

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558

1. ชุดโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

2. โครงการวิจัย การพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์พืชและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

กิจกรรมที่ 1 พัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ย พืช ดิน น้ำ สารอินทรีย์ สารควบคุมการเจริญเติบโต พืช สารสกัด และวัตถุอันตรายทางการเกษตร

กิจกรรมย่อยที่ 1.1 พัฒนาเทคนิคระบบการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย

3. ชื่อการทดลอง 1.1.4 ศึกษาเทคนิคการตรวจสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์

ชื่อการทดลอง Study on Compost Maturity Evaluation Techniques in Organic Fertilizer

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าโครงการ นางจิตติมา ยถาภูษานนท์ สังกัด กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.

หัวหน้าการทดลอง พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.

ผู้ร่วมงาน ศรีสุดา รื่นเจริญ สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.

รัฐกร สืบคำ สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.

ทิวาพร ผดุง สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.

บทคัดย่อ

ศึกษาเทคนิคการตรวจสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ ใช้วิธีวิเคราะห์ 6 วิธี ได้แก่ 1) การทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) 2) การทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) 3) หาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) 4) หาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N} / \text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) 5) หาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และ 6) หาปริมาณเถ้า (Ash) ดำเนินการศึกษาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์โดยผลิตปุ๋ยอินทรีย์ด้วยวิธีการหมักปุ๋ย จากวัสดุ 5 ชนิด ได้แก่ 1) มูลวัวกับฟางข้าว ในสัดส่วน มูลวัว:ฟางข้าว เท่ากับ 2:1 2) มูลไก่ 3) มูลวัวกับกากตะกอนอ้อย ในสัดส่วน มูลวัว:กากตะกอนอ้อย เท่ากับ 2:1 4) มูลวัวกับลีโอไนดาไต์ ในสัดส่วน มูลวัว:ลีโอไนดาไต์ เท่ากับ 2:1 5) มูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส ในสัดส่วน มูลวัว:กากตะกอนโรงงานผงชูรส เท่ากับ 2:1 และสุ่มเก็บตัวอย่างจากการหมักปุ๋ย ทุก 7 วันมาวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์ ผลการทดลองพบว่า 1) ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลวัวกับฟางข้าว ในสัดส่วน 2 ต่อ 1 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่ามี

การย่อยสลายที่สมบูรณ์เกิดขึ้น เพราะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (> 80%) ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการหมักปุ๋ย และไม่มีปฏิสัมพันธ์กับวิธีการอื่นๆ ขณะที่ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาของการหมักปุ๋ย มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับปริมาณเถ้า (Ash) และมีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่มีค่าลดลง 2) ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลไก่ ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (> 80%) เมื่อปุ๋ยหมักมีอายุ 133 วัน (19 สัปดาห์) โดยดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) มีค่าสูงขึ้นปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับการงอกของเมล็ด (PG) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) ขณะที่ปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ ratio) ที่มีค่าลดลงขณะที่สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ปริมาณค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) และเถ้า (Ash) 3) ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย ในสัดส่วน 2 ต่อ 1 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่ามีการย่อยสลายที่สมบูรณ์เกิดขึ้น เพราะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (> 80%) ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการหมักปุ๋ย และไม่มีปฏิสัมพันธ์กับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ ratio) ขณะที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับปริมาณเถ้า (Ash) มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาของการหมักปุ๋ย และมีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่มีค่าลดลง 4) ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลวัวกับสลิโอนาไดต์ ในสัดส่วน 2 ต่อ 1 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน คือปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุของปุ๋ยหมัก ในขณะที่สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) จะมีปริมาณลดลงตามอายุของปุ๋ยหมัก ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) 5) ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส ในสัดส่วน 2 ต่อ 1 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน คือปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุของปุ๋ยหมัก ในขณะที่สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) จะมีปริมาณลดลงตามอายุของปุ๋ยหมัก ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI)

จากผลการทดลองการตรวจสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้วิธีดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ไม่มีผลต่อการประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัตถุดิบบางชนิด คือ มูลวัวกับฟางข้าว มูลวัวกับกากตะกอน

อ้อย ยกเว้น มูลไก่ มูลวัวกับสปีโอนาไดต์ และมูลวัวกับกากตะกอนจากโรงงานผงชูรส ในขณะที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุการหมักของปุ๋ยหมัก ที่ผลิตจากวัตถุดิบทุกชนิด และมีความสัมพันธ์กันไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่มีปริมาณลดลง ในวัตถุดิบทุกชนิด ดังนั้นการพิจารณาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก จากวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 6 วิธี ไม่สามารถบ่งบอกการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ได้ทุกชนิด โดยเกณฑ์การประเมินจะขึ้นอยู่กับแต่ละวิธี การทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) มีความสัมพันธ์เป็นไปในทางเดียวกันกับการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ที่เป็นวิธีการทดสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550

Abstract

Study on compost maturity evaluation techniques to monitor the degradation of organic fertilizers. Analyzed six methods: 1) Test the germination index (Germination index, GI), 2) Test the germination of seeds (Plant germination, PG), 3) determine the ion exchange capacity (cation exchange capacity, CEC), 4) ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen. ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio). 5) ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio), and 6) the amount of ash (Ash). Conducted a study of the degradation of organic fertilizers by organic fertilizer by composting five types of materials: 1) cow manure with rice straw in proportion cow manure: rice straw was 2:1 2) chicken manure 3) cow manure and fillter cake in proportion cow manure: fillter cake 2:1 4) cow manure with leonadite in proportion cow manure : leonadite 2:1 5) cow manure with sludge monosodium glutamate (MSG) factory in proportion cow manure:MSG, 2:1. And samples were collected every seven days of composting were analyzed by six methods. The results showed that 1) compost produced from cow manure with rice straw has germination index (GI) and Plant germination (PG) does not indicate that a complete decomposition occurs. This is higher than a certain threshold (> 80%) since the first week of composting. And not interaction with other methods while the capacity of the ion exchange (cation exchange capacity, CEC). The higher the duration of composting Interact in the same way as ash (Ash) and interact with the opposite ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) and the ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) has decreased 2) compost produced from chicken manure germination index (GI) and seed germination (Plant germination, PG) is higher than a certain threshold (> 80%) when compost aged 133 days (19 weeks). The increased interaction in the same way as

the germination of seeds (Plant germination, PG). The capacity of ion exchange (cation exchange capacity, CEC) and ash content (Ash) while interacting with the contrast ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) has decreased while the ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) is not interaction with the germination index (GI). The capacity of ion exchange (cation exchange capacity, CEC) and ash content (Ash). 3) compost produced from cow manure with filter cake has germination Index (GI) and germination (Plant Germination, PG) does not imply that there is degradation the perfect place. This is higher than a certain threshold (> 80%) since the first week of composting and not interaction with the ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio). The ion exchange capacity (cation exchange capacity, CEC) Interact in the same way as ash (Ash). The higher the duration of composting and interact in a way contrary to the ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) which decreased. 4) compost produced from cow manure on Leonardite germination index (GI) and germination (Plant germination, PG) capacity ion exchange (cation exchange capacity, CEC) and ash content (Ash) are related in the same way the amount is an increase over the compost while the ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) and the ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) will decline over the compost. This is in contrast to the relative germination index (GI) 5) compost produced from cow manure with sludge monosodium glutamate (MSG) factory has germination index (GI) and germination (Plant germination, PG), cation exchange capacity (CEC), and ash content (Ash) are related in the same way. The amount is an increase over the compost while the ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) and the ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) will decline over the compost. This is in contrast to the relative germination index (GI)

The results validated the complete degradation of organic fertilizers. Use germination index (GI) and germination (Plant germination, PG) does not affect the rate of degradation of the organic fertilizer produced from certain raw material is cow manure with rice straw and cow manure with filter cake, except chicken manure, cow manure with Leonardite and cow manure with sludge monosodium glutamate (MSG) factory while the capacity of the ion exchange (cation exchange capacity, CEC), and ash content (Ash) has increased over the time fermentation of compost. Produced from raw materials of all kinds and are related to the contrary the ratio of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) and the ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) has decreased. The raw materials of all kinds thus the degradation of the compost on six methods analyzed. How does the way of analysis can

indicate the degradation of organic fertilizers of all kinds. The evaluation criteria are based on the methods of testing seed germination (Plant germination, PG) in relation to the same tests germination index (GI) is a way to test the complete decomposition of organic manure from fertilizers Act B.E. 2518 amended by fertilizer Act (No. 2) B.E. 2550.

คำนำ

ปุ๋ยอินทรีย์ผลิตมาจากวัสดุอินทรีย์ที่ต้องมีการย่อยสลายตามธรรมชาติจนกลายเป็นสารสีดำหรือน้ำตาลคล้ายดิน ซึ่งการหมักต้องคำนึงถึงกิจกรรมจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเท่านั้น แต่เมื่อมีการย่อยแบบไม่ใช้อากาศหรือมีอากาศไม่เพียงพอจะเกิดสารพิษ และการย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ เมื่อนำไปเป็นปุ๋ยจะเป็นอันตรายกับพืชได้ ในการหมักเริ่มต้นต้องอาศัยสัดส่วนของ C ต่อ N ที่เหมาะสม คือ 25-30:1 เมื่อมีการย่อยสลาย C/N ลดลงเรื่อยๆ ความร้อนที่เกิดขึ้นระยะแรกจะค่อยๆ ลดลง มีการเปลี่ยนแปลงสี, ความชื้น และกลิ่นหมักจะหายไป เมื่อนำไปทดสอบความงอก และความยาวรากแล้วจะอยู่ในสภาพปกติ และต้องอยู่ในเกณฑ์ที่เมื่อเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความงอก และความยาวของรากที่เพาะในน้ำกลั่นอย่างน้อย 50% จึงจะถือว่าปลอดภัย

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ต้องผ่านกระบวนการหมักนั้น จะต้องมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วเท่านั้นจึงจะนำไปใช้ได้โดยไม่เป็นพิษกับพืชที่ปลูก ถึงแม้ว่าจะมีปุ๋ยมูลสัตว์หรือปุ๋ยวัสดุเหลือใช้บางประเภทนี้มีสมบัติเหมาะสมแต่เมื่อนำไปใส่ดินจะมีปฏิกิริยาย่อยสลายที่รุนแรง เมื่อมีต้นพืชอยู่ด้วยอาจเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ซึ่งหมายถึงได้ผ่านการย่อยสลายไปเกือบถึงที่สุดแล้ว โดยจะไม่ปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่เป็นพิษจากขบวนการย่อยสลายออกมานั้นคือ จะได้สารคงตัวหรือฮิวมัสที่ปลอดภัยจึงมีสมบัติอุ้มน้ำหรือดูดซับปุ๋ยและน้ำ และเป็นสาร buffer ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ความเป็นกรดด่าง หรือความเป็นพิษต่างๆ ได้ จึงมีการหาตัวชี้วัดที่เหมาะสมโดยเฉพาะการทดสอบหาดัชนีความงอก (Germination Index,GI) ซึ่งเป็นวิธีที่ปฏิบัติไม่ซับซ้อนนักสำหรับเกษตรกรและผู้ประกอบการซึ่งเป็นการยืนยันผลการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ถูกต้องและเหมาะสม อย่างไรก็ตามยังมีวิธีการอื่นซึ่งต้องทำในห้องแล็บ เช่น สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) , ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ปริมาณเถ้า ฯลฯ

วิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ปุ๋ยอินทรีย์
2. อุปกรณ์การเกษตร เช่น จอบ พลั่ว ข่ง ฯลฯ
3. สารเคมี ตู้อบ เครื่องมือวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

วิธีการ

วิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์จากวิธีการวิเคราะห์ 6 วิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1) การทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index)

กรรมวิธีที่ 2) การทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination)

กรรมวิธีที่ 3) หาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC)

กรรมวิธีที่ 4) หาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio)

กรรมวิธีที่ 5) หาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

กรรมวิธีที่ 6) หาปริมาณเถ้า (Ash)

ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ โดยผลิตปุ๋ยหมักจากวัตถุดิบ ได้แก่ 1) มูลวัวกับฟางข้าว ในสัดส่วน มูลวัว:ฟางข้าว เท่ากับ 2:1 2) มูลไก่ 3) มูลวัวกับกากตะกอนอ้อย ในสัดส่วน มูลวัว:กากตะกอนอ้อย เท่ากับ 2:1 4) มูลวัวกับลีโอนาดอต ในสัดส่วน มูลวัว:ลีโอนาดอต เท่ากับ 2:1 5) มูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส ในสัดส่วน มูลวัว:กากตะกอนโรงงานผงชูรส เท่ากับ 2:1 โดยวางเรียงวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยเป็นชั้นในครั้งแรกของการผลิต รดน้ำให้ชุ่มพอสมควรในแต่ละชั้น และให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 60 % เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักและกลับกองปุ๋ยหมักทุกสัปดาห์ ตามระยะเวลาของการหมักปุ๋ย คือ ปุ๋ยหมักระยะหมัก 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 และ 63 วัน หรือมากกว่า 63 วัน ดำเนินการทดลองการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักตามวิธีวิเคราะห์ในกรรมวิธี ได้แก่

การทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) โดยการวัดดัชนีการงอก (Germination Index) ทดสอบการงอกโดยการใช้น้ำปุ๋ยอินทรีย์ อัตราส่วน 1:10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เปรียบเทียบกับน้ำกรอง เพาะเมล็ดพืช ทั้งไว้ 48 ชั่วโมง วัดเปอร์เซ็นต์การงอกและความยาวรากของต้นพืช

$$\text{Germination index (\%)} = \frac{\text{Seed germination (\%)} \times \text{Root length of treatment} \times 100\%}{\text{Seed germination (\%)} \times \text{Root length of control}}$$

การทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ทดสอบการงอกโดยการใช้น้ำปุ๋ยอินทรีย์ อัตราส่วน 1:10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เปรียบเทียบกับน้ำกรอง เพาะเมล็ดพืช ทั้งไว้ 48 ชั่วโมง นับจำนวนเมล็ดงอก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

$$\text{Plant Germination (\%)} = \frac{\text{Seed germination} \times 100\%}{\text{Total Seed}}$$

หาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) นำตัวอย่างปุ๋ยหมักอิมตัวด้วย NH_4^+ โดยใช้ 1 N NH_4OAc pH 7 เพื่อให้ NH_4^+ เข้าแทนที่ประจุบวกต่างๆ แล้วล้างปุ๋ยหมักด้วย ethyl alcohol 95 % แล้วแทนที่ adsorbed NH_4^+ ด้วย 10 % acidified NaCl Solution แล้ววิเคราะห์ NH_4^+ ที่ถูกแทนที่ออกมาในสารละลาย (leachate)

$$\text{CEC} = \frac{N \times (T - B) \times A \times 100\%}{\text{ml. of aliquot ที่ใช้} \times \text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก}}$$

- เมื่อ N = Normality ของ standard H₂SO₄
 T = ปริมาณของ standard H₂SO₄ ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง
 B = ปริมาณของ standard H₂SO₄ ที่ใช้ไตเตรท blank
 A = ปริมาณทั้งหมดของ aliquot

สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน (NH₄⁺-N/NO₃⁻-N ratio) สกัดตัวอย่างปุ๋ยหมักด้วยน้ำยาสกัดโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) กรอง แล้วกลั่นหาปริมาณ NH₄⁺ และ NO₃⁻ ในสารละลายที่สกัดได้ โดยทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมออกไซด์ และ devarda alloy เพื่อกลั่น NH₄⁺ และ NO₃⁻ ออกมา แล้วไตเตรทหาปริมาณ NH₄⁺ และ NO₃⁻

$$\text{NH}_4^+ \text{ หรือ NO}_3^- = \frac{(A - B) \times C \times 14 \times 1,000}{\text{aliquot (ml)} \times \text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก}}$$

- เมื่อ A = ปริมาณของ standard H₂SO₄ ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง
 B = ปริมาณของ standard H₂SO₄ ที่ใช้ไตเตรท blank
 C = Normality ของ standard H₂SO₄
 14 = น้ำหนักสมมูล (equivalent weight) ของไนโตรเจน

สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) หาปริมาณอินทรียคาร์บอน (OC) ประยุกต์วิธีของ Walkley and Black (1965) โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดกำมะถัน (H₂SO₄) เข้มข้นและ K₂Cr₂O₇ หาปริมาณคาร์บอนโดยการไตเตรทด้วยสารละลาย Ammonium ferrous sulfate และหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (T-N) โดยวิธี Kjeldahl Method ย่อยตัวอย่างด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น แล้วนำสารละลายที่ได้ไปกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน

$$\text{OC (\%)} = \frac{(B - A) \times C \times 0.3896}{B \times \text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก}}$$

- เมื่อ A = ปริมาตรของ (NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง
 B = ปริมาตรของ (NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O ที่ใช้ไตเตรท blank

C = ปริมาตร $K_2Cr_2O_7$

$$\text{Total Nitrogen (\%)} = \frac{(A - B) \times C \times 1.4007}{\text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก}}$$

เมื่อ A = ปริมาณของ standard H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = ปริมาณของ standard H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท blank

C = Normality ของ standard H_2SO_4

หาปริมาณเถ้า (Ash) โดยใช้ LOI method ซึ่งน้ำหนักปุ๋ยหมักใส่ใน crucible จดบันทึก นำไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง แล้วนำมาทำให้เย็นใน desicator ซึ่งน้ำหนัก แล้วจดบันทึกไว้ หลังจากนั้นนำตัวอย่างปุ๋ยหมักไปเผา ด้วยเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วนำมาทำให้เย็นใน desicator ซึ่งน้ำหนัก แล้วบันทึกไว้

$$\text{LOI (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก หลังอบที่ 105 °C} - \text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก หลังเผาที่ 550 °C}}{\text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก หลังเผาที่ 550 °C}}$$

$$\text{Ash (\%)} = 100 - \text{LOI (\%)}$$

ระยะเวลา เดือน ตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

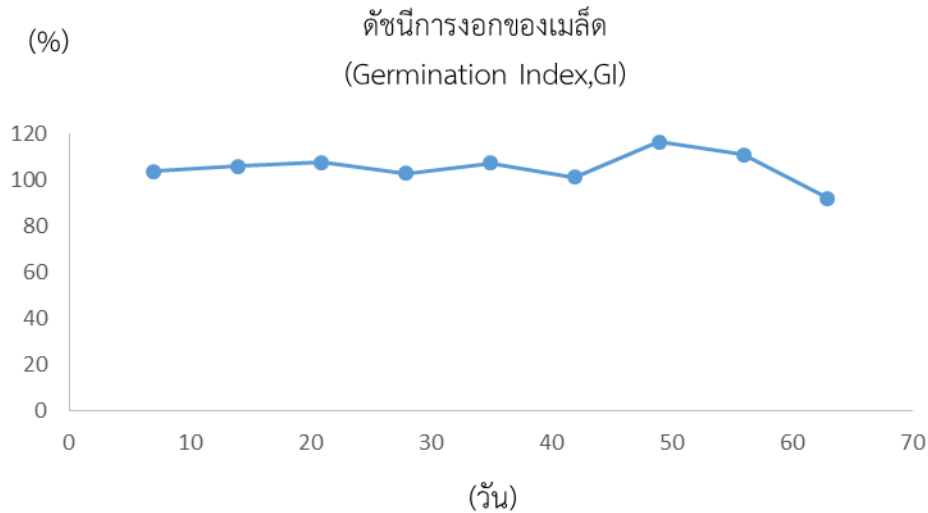
สถานที่ทำการทดลอง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองวิจารณ์

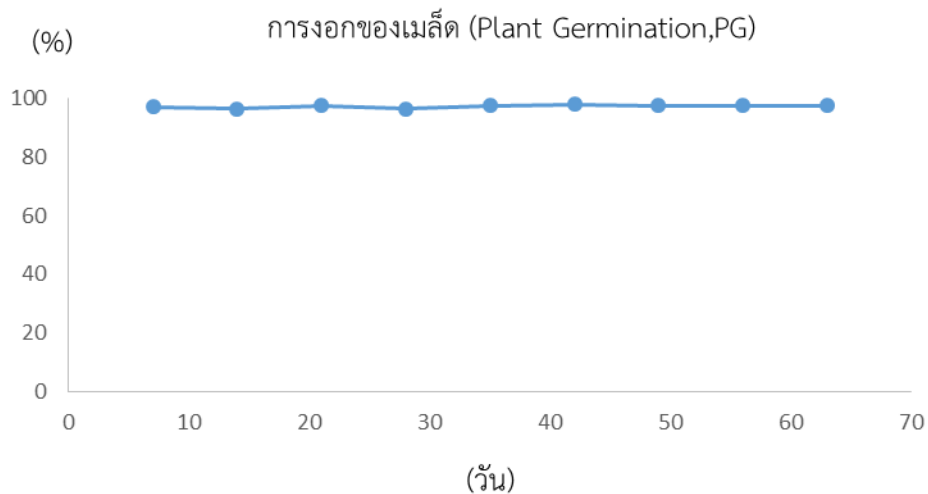
ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว) พบว่า

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.2-116.5 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 7 – 63 วัน ซึ่งมีความมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 (มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) แสดงว่าปุ๋ยที่ผลิตได้มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว (รูปที่1)



รูปที่ 1 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว

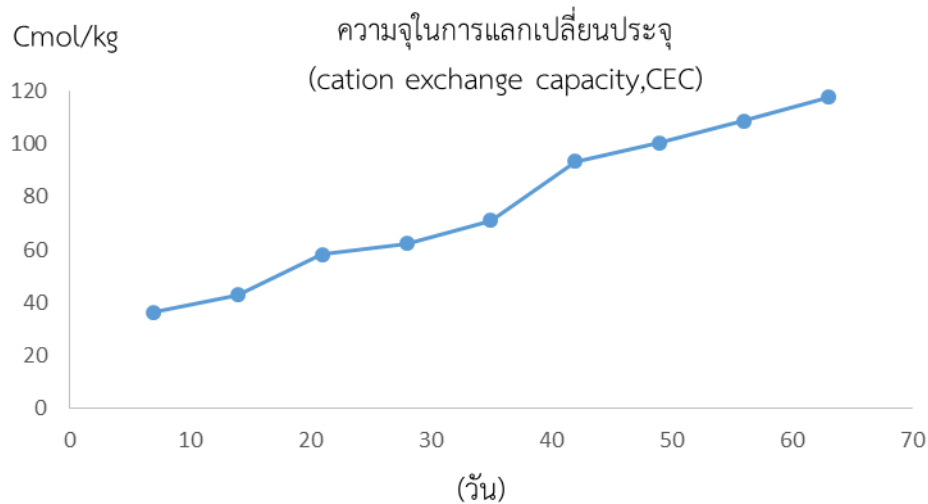
วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96.5-98 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 7-63 วัน มีค่ามากกว่าเกณฑ์ของ compost maturity tests ที่กำหนดว่าควรมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การงอกของเมล็ด (Plant Germination) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว

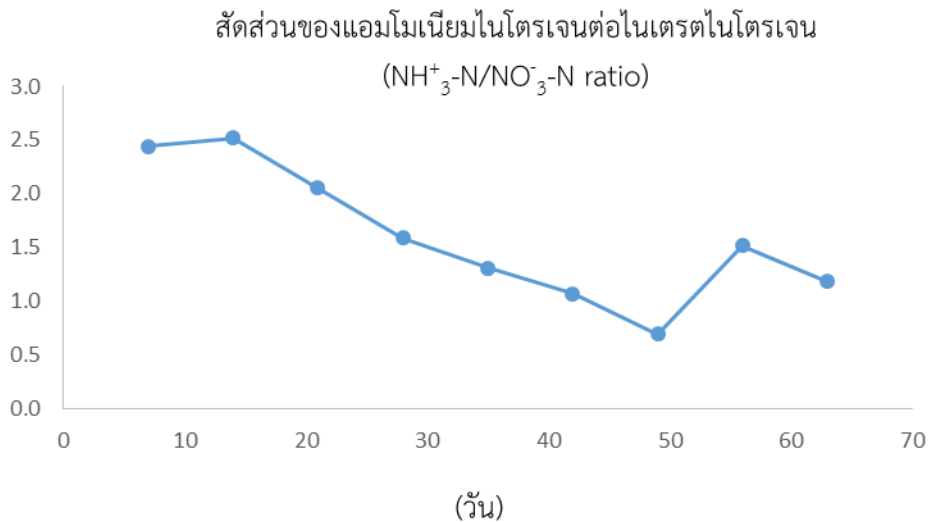
วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว จะมีค่าเฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นของการหมักที่อายุ 7 วันเท่ากับ 36.4 Cmol/Kg และที่อายุ 28 วันหลังหมักมีค่าเท่า 62.4 Cmol/Kg เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา

หมักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งที่อายุ 63 วันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 117.6 Cmol/Kg ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Harada and Inoko (1980) ที่พบว่าเมื่อปุ๋ยอินทรีย์ย่อยสลายสมบูรณ์หรือที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) มากกว่า 60 Cmol/Kg แสดงว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์ที่อายุ 28 วันหลังหมัก (รูปที่ 3)



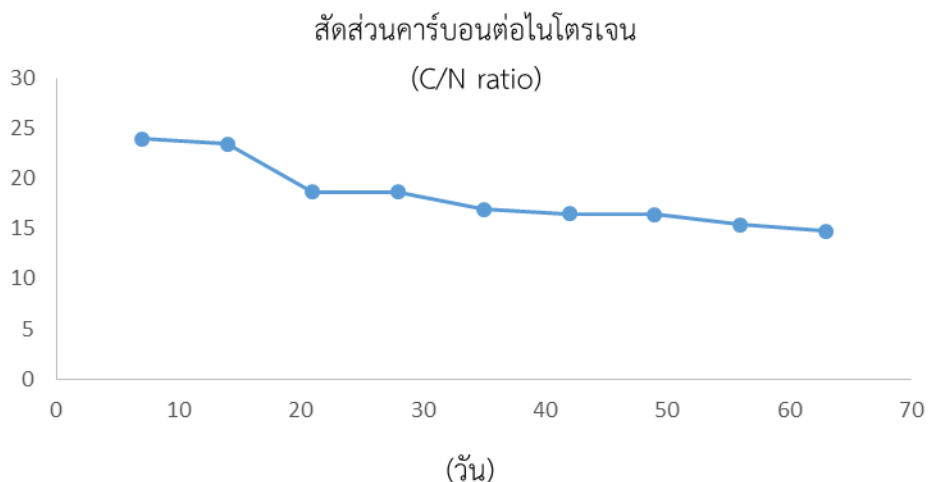
รูปที่ 3 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.7-2.52 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนสามารถใช้เป็นเกณฑ์การประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์หรือการเจริญเต็มที่ของปุ๋ยหมักได้ ซึ่งเมื่อมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนควรมีค่าต่ำกว่า 1 (Bernal et al.1998) แสดงว่าไม่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) (รูปที่ 4)



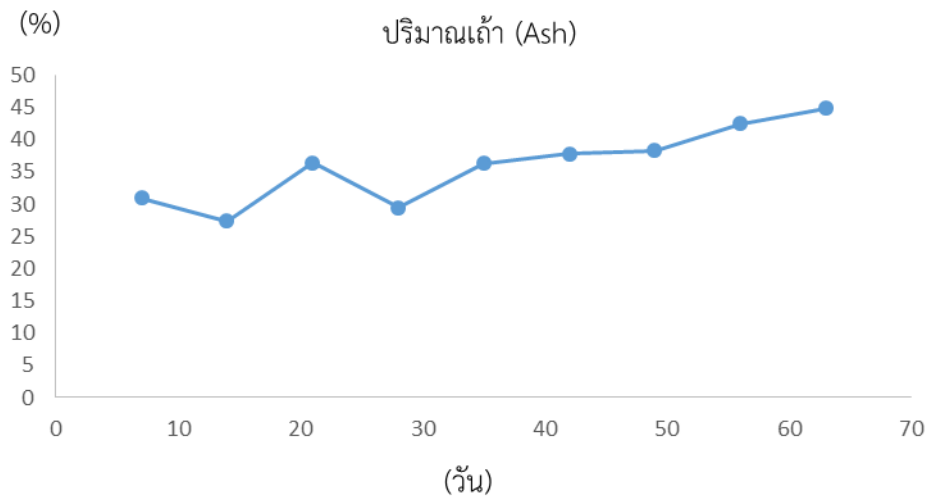
รูปที่ 4 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรตไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 23.9 ที่อายุ 7 วันหลังหมัก และลดลงต่ำกว่า 20 ที่ 21-63 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.7-18.7 ปุ๋ยที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วควรมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต่ำกว่า 20 (Aparna et al. 2007) และเป็นไปเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (น้อยกว่า 20) (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 31.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 7 วันหลังหมัก และจะเพิ่มขึ้นจนอายุ 14-63 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.3-44.8 เปอร์เซ็นต์ การที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งปริมาณเถ้าเริ่มมีค่าคงที่ แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักหรือเจริญเต็มที่ (Yang et al. 1993) (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว

ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (ตารางที่ 1) พบว่า

วิธีการในการวิเคราะห์เพื่อหาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ หรือ Maturity ของปุ๋ยอินทรีย์ ที่ผลิตจากการหมักมูลวัวกับฟางข้าว โดยดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับวิธีการวิเคราะห์ใดๆ เลย การทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับปริมาณเถ้า (Ash) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับปริมาณเถ้า (Ash) และมีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) แต่มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับปริมาณเถ้า (Ash) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (มูลวัวกับฟางข้าว, 2:1)

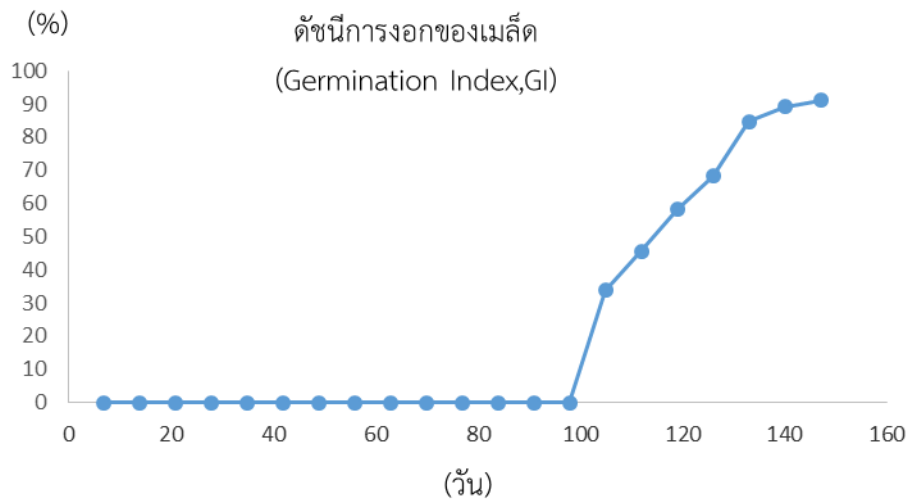
	GI	PG	CEC	$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Ash	C/N
GI	1	-0.205 ns	-0.09 ns	-0.091 ns	-0.134 ns	0.047 ns

PG	1	-0.491 ns	-0.132 ns	0.676 *	-0.526 ns
CEC		1	-0.828 **	0.901 **	-0.921 **
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$			1	-0.662 ns	0.868 **
Ash				1	-0.860 **
C/N					1

**,* : significant at p< 0.01 and 0.05, ns not signification

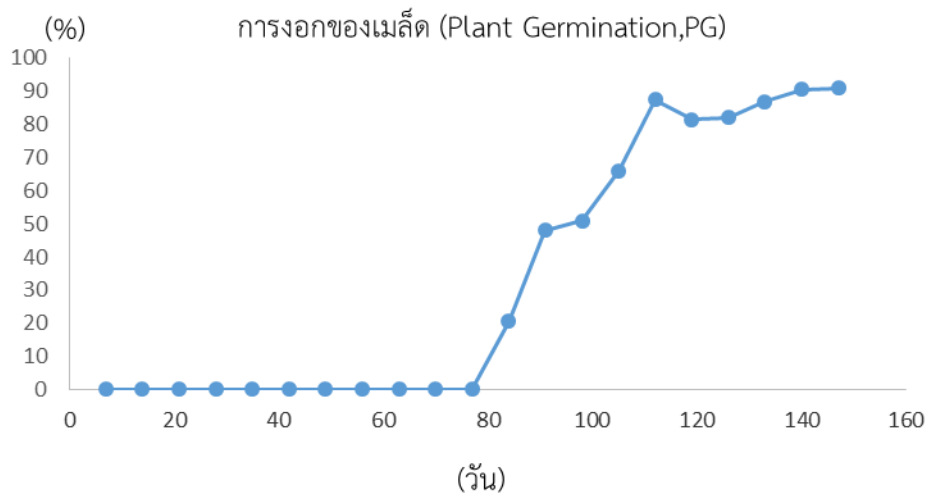
ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักมูลไก่) พบว่า

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ของปุ๋ยหมักมูลไก่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 7-98 วัน และค่อยๆสูงขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับเป็น 33.8-91.1 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 105-147 วัน และมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) ที่ปุ๋ยหมักมีอายุ 133-147 วัน แสดงว่าปุ๋ยมีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว (รูปที่ 7)



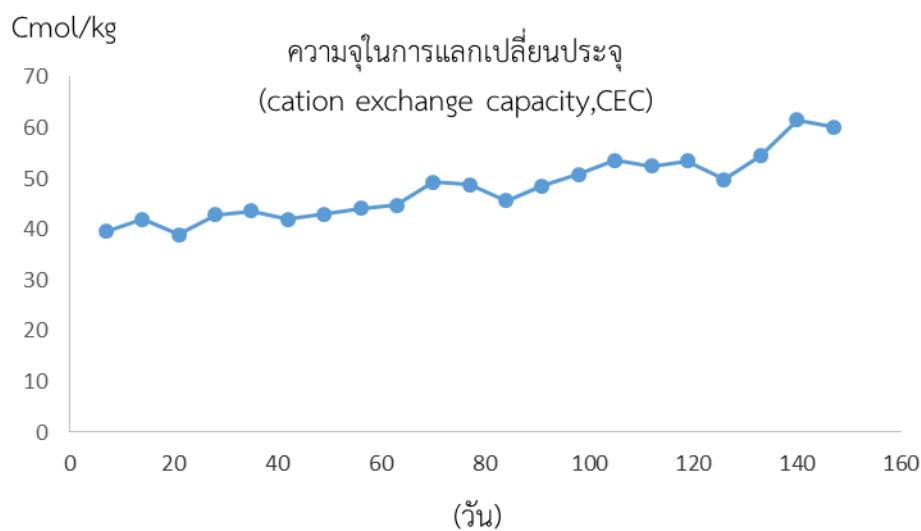
รูปที่ 7 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) ของปุ๋ยหมักมูลไก่

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ของปุ๋ยหมักมูลไก่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 7-98 วัน และค่อยๆสูงขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับเป็น 20.5-91 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 105-147 วัน แต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 112-147 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับเป็น 81.5-91 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าเกณฑ์ของ compost maturity tests ที่กำหนดว่าควรมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ (รูปที่ 8)



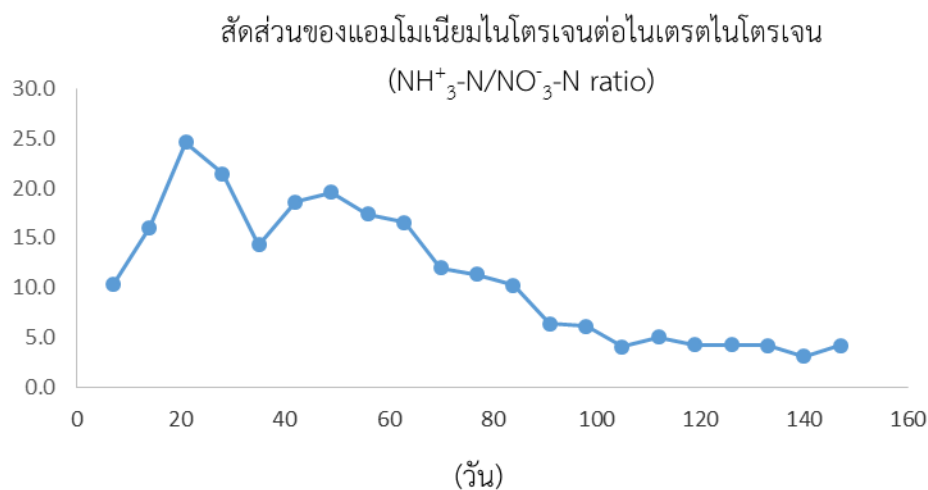
รูปที่ 8 การงอกของเมล็ด (Plant Germination) ของปุ๋ยหมักมูลไก่

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ของปุ๋ยหมักมูลไก่ จะมีค่าเฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นของการหมักที่อายุ 7 วัน เท่ากับ 39.6 Cmol/Kg และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งที่อายุ 140-147 วันมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 60.2-61.6 Cmol/Kg ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Harada and Inoko (1980) ที่พบว่าเมื่อปุ๋ยอินทรีย์ย่อยสลายสมบูรณ์หรือที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) มากกว่า 60 Cmol/Kg แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์ที่อายุ 140 วันหลังหมัก (รูปที่ 9)



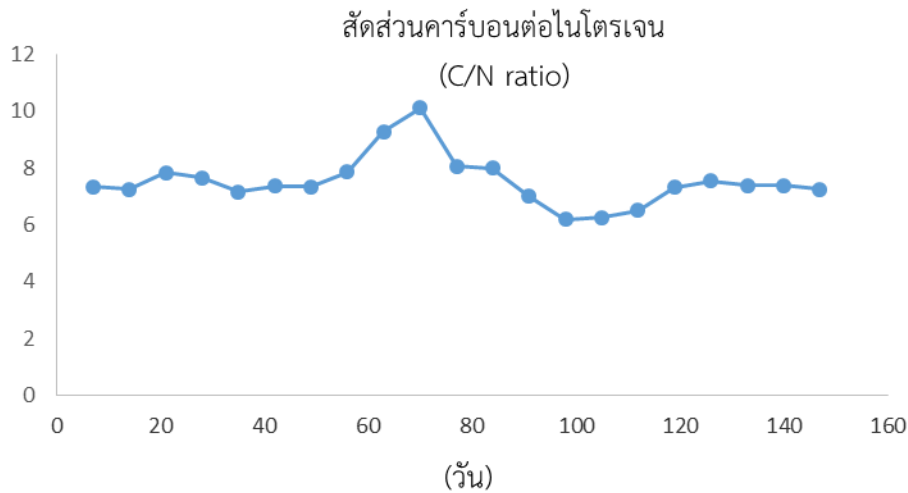
รูปที่ 9 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ของปุ๋ยหมักมูลไก่

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลไก่ จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.1-24.6 ตั้งแต่ปุ๋ยหมักอายุ 7-147 วัน ซึ่งมีค่าสูงกว่า สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนสามารถใช้เป็นเกณฑ์การประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์หรือการเจริญเต็มที่ของปุ๋ยหมักได้ ซึ่งเมื่อมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนควรจะมีค่าต่ำกว่า 1 (Bernal et al.1998) แสดงว่าไม่มี การย่อยสลายที่สมบูรณ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) (รูปที่ 10)



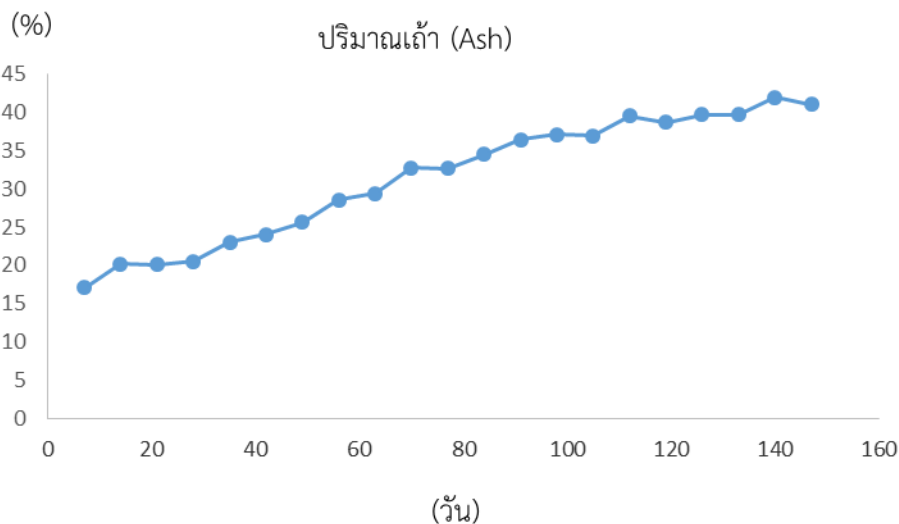
รูปที่ 10 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลไก่

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลไก่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.2-10.1 ที่ปุ๋ยหมักอายุ 7-147 วัน และเป็นไปเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (น้อยกว่า 20) แต่ไม่สามารถนำมาประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยได้ (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลไก่

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลไก่ จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 17.1 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 7 วันหลังหมัก และจะเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก 14-147 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.1-41.9 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุการหมักที่ 140 และ 147 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.9 และ 41.0 เปอร์เซ็นต์ การที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งปริมาณเถ้าเริ่มมีค่าคงที่แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักหรือเจริญเต็มที่ (Yang et al. 1993) (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 ปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลไก่

ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (ตารางที่ 2) พบว่า

วิธีการในการวิเคราะห์เพื่อหาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ หรือ Maturity ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) ขณะที่ปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio) การงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีปฏิสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณเถ้า (Ash) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

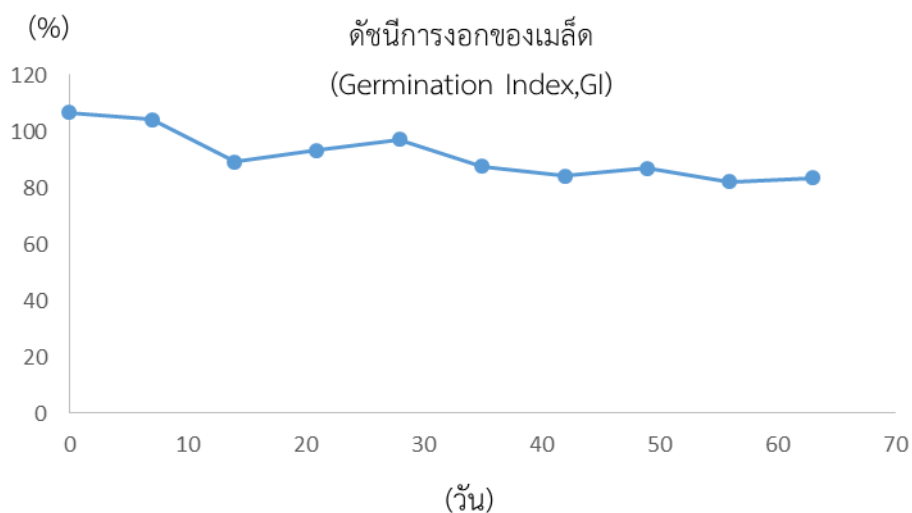
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (มูลไก่)

	GI	PG	CEC	$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Ash	C/N
GI	1	0.874 **	0.736 **	-0.640**	0.708 **	-0.208 ns
PG		1	0.748 **	-0.769 **	0.832 **	-0.405 **
CEC			1	-0.703 **	0.812 **	-0.176 ns
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$				1	-0.777 **	0.424 **
Ash					1	-0.156 ns
C/N						1

**,* : significant at $p < 0.01$ and 0.05 , ns not signification

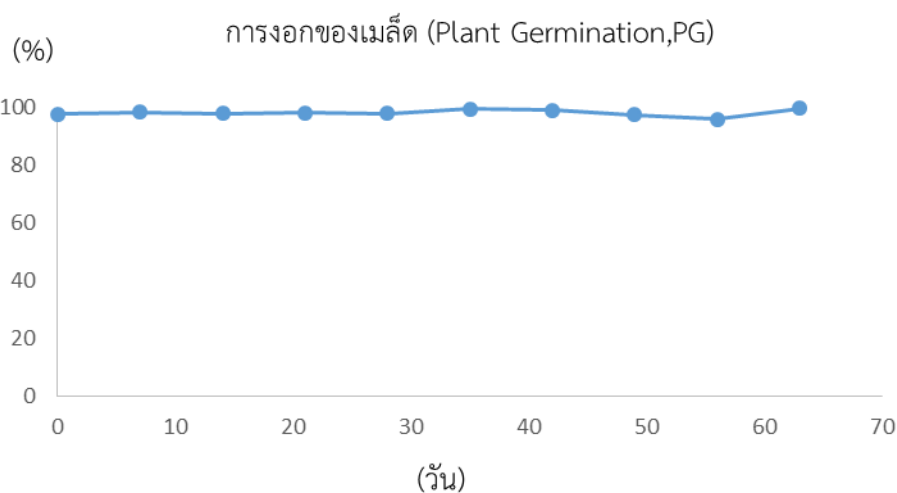
ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย) พบว่า

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82.1-106.8 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 7 – 63 วัน ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 (มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) แสดงว่าปุ๋ยที่ผลิตได้มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว (รูปที่13)



รูปที่ 13 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย

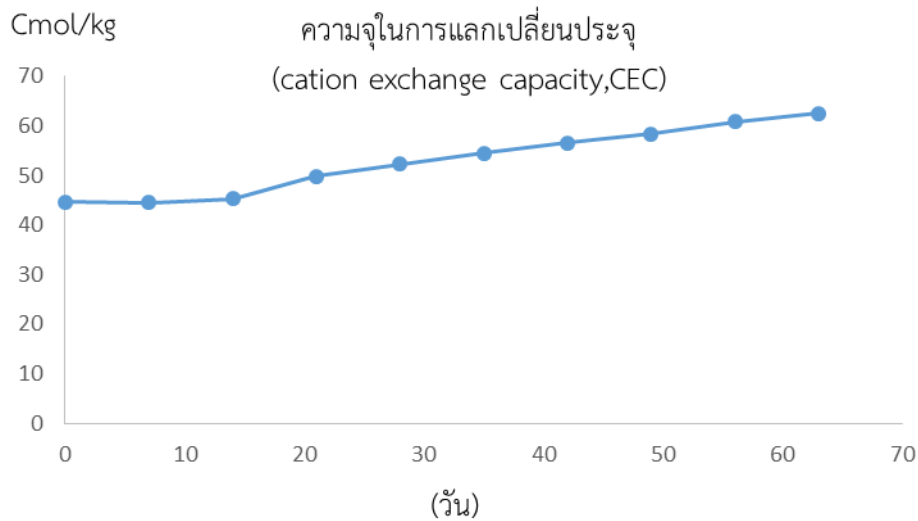
วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 96.0-99.8 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 7-63 วัน มีค่ามากกว่าเกณฑ์ของ compost maturity tests ที่กำหนดว่าควรมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 การงอกของเมล็ด (Plant Germination) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย

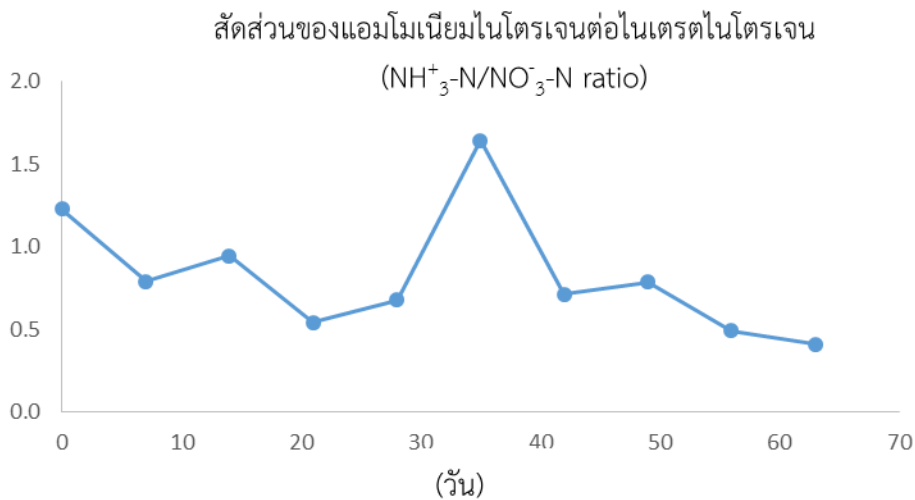
วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย จะมีค่าเฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นของการหมักที่อายุ 7 วันเท่ากับ 44.6 Cmol/Kg และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งที่อายุ 56 และ 63 วันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.8-62.4 Cmol/Kg ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Harada and Inoko (1980) ที่พบว่าเมื่อ

ปุ๋ยอินทรีย์ย่อยสลายสมบูรณ์หรือที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) มากกว่า 60 Cmol/Kg แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์ที่อายุ 56 วันหลังหมัก (รูปที่ 15)



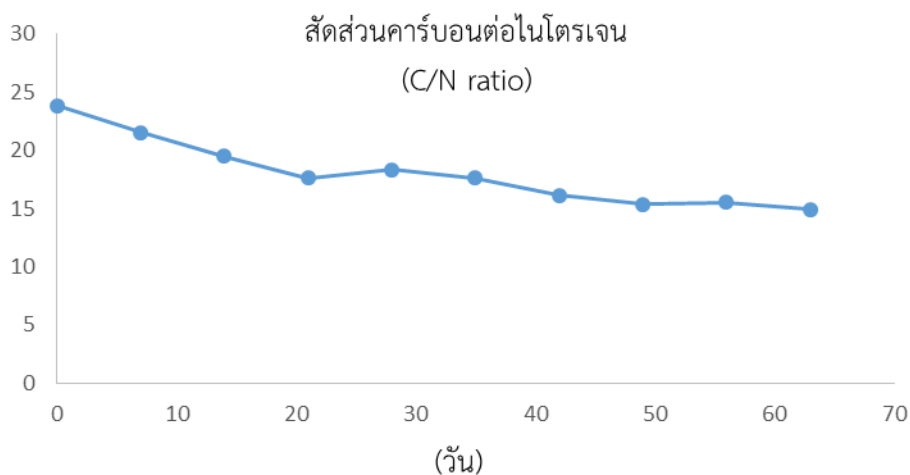
รูปที่ 15 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.41-1.64 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนสามารถใช้เป็นเกณฑ์การประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์หรือการเจริญเต็มที่ของปุ๋ยหมักได้ ซึ่งเมื่อมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนควรมีค่าต่ำกว่า 1 (Bernal et al.1998) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน มีค่าน้อยกว่า 1 ตั้งแต่ 7 วันหลังหมักปุ๋ย ยกเว้นที่ 35 วันหลังหมักมีการเพิ่มขึ้นมากกว่า 1 ปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์ที่อายุ 42 วันหลังหมัก (รูปที่ 16)



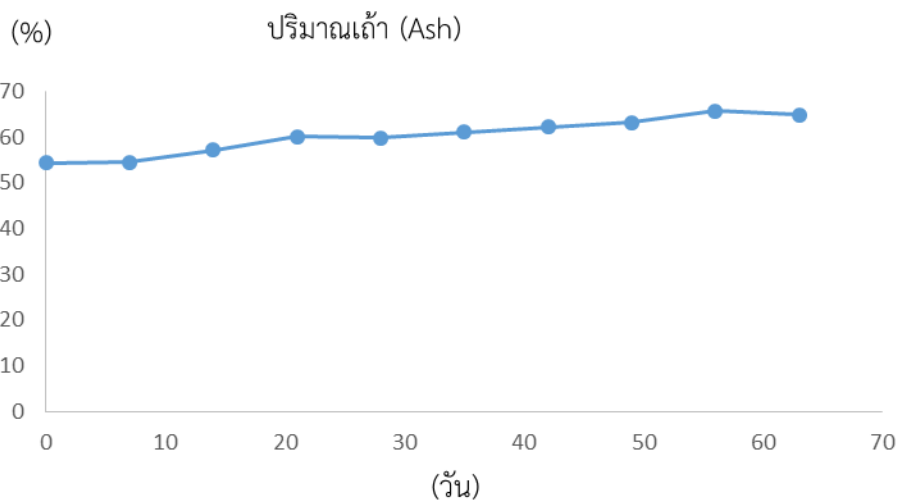
รูปที่ 16 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรตไนโตรเจน (NH₄⁺-N/NO₃⁻-N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 23.9 ที่วันแรกของการหมัก และลดลงต่ำกว่า 20 ที่ 14-63 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.9-19.5 สุดท้ายปุ๋ยที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วควรมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต่ำกว่า 20 (Aparna et al. 2007) และเป็นไปเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (น้อยกว่า 20) (รูปที่ 17)



รูปที่ 17 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 54.4 เปอร์เซ็นต์ ที่วันแรกของการหมัก และจะเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก 7-63 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 54.5-65.8 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุการหมักที่ 35, 42, 49, 56 และ 63 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.1, 62.2, 63.3, 65.8 และ 65.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งปริมาณเถ้าเริ่มมีค่าคงที่ แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก (Yang et al. 1993) (รูปที่ 18)



รูปที่ 18 ปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย

ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (ตารางที่ 3) พบว่า

วิธีการในการวิเคราะห์เพื่อหาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ หรือ Maturity ของปุ๋ยอินทรีย์ ที่ผลิตจากการหมักมูลวัวกับกากตะกอนอ้อย โดยดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับวิธีการวิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ขณะที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) และปริมาณเถ้า (Ash) การทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับทุกวิธีการวิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณเถ้า (Ash) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับปริมาณเถ้า (Ash) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

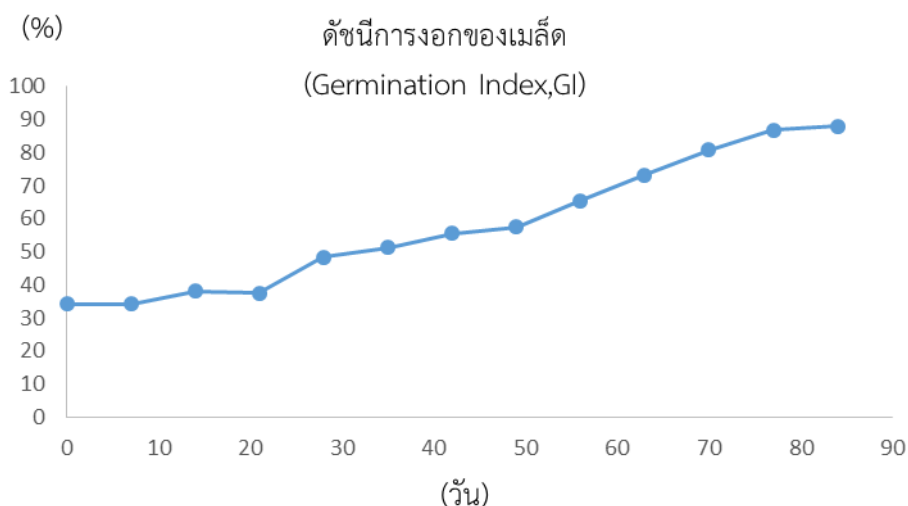
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (มูลวัวกับกากตะกอนอ้อย,2:1)

	GI	PG	CEC	NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻	Ash	C/N
GI	1	-0.026 ns	-0.882 **	0.300 ns	0.921 ns	-0.919 **
PG		1	0.019 ns	0.246 ns	-0.056 ns	-0.071 ns
CEC			1	-0.397 ns	0.911 **	0.972 **
NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻				1	-0.469 ns	-0.438 ns
Ash					1	-0.956 **
C/N						1

**,* : significant at p< 0.01 and 0.05, ns not signification

ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอไนดาไต์) พบว่า

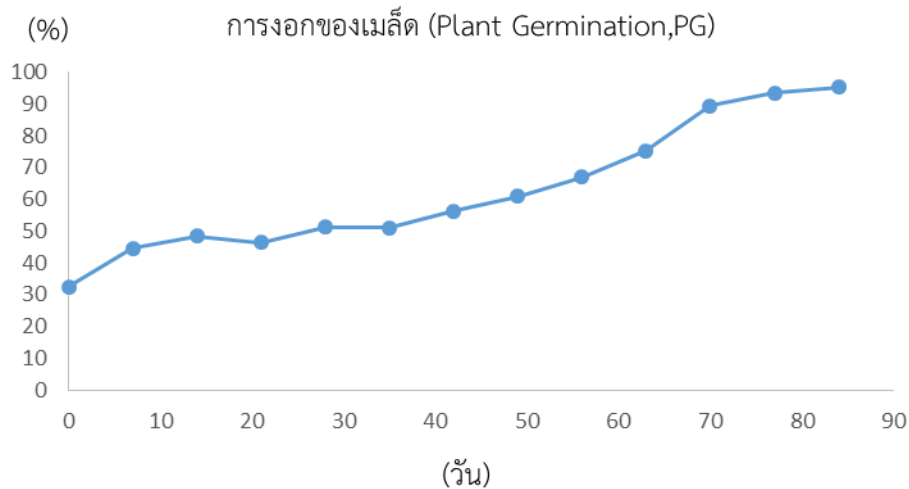
วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอไนดาไต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.3-88.0 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 0 – 84 วัน ปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ที่อายุ 70, 77 และ 84 วันหลังหมัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 80.8, 86.8 และ 88.0 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม โดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 (มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) แสดงว่าปุ๋ยที่ผลิตได้มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว (รูปที่19)



รูปที่ 19 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอไนดาไต์

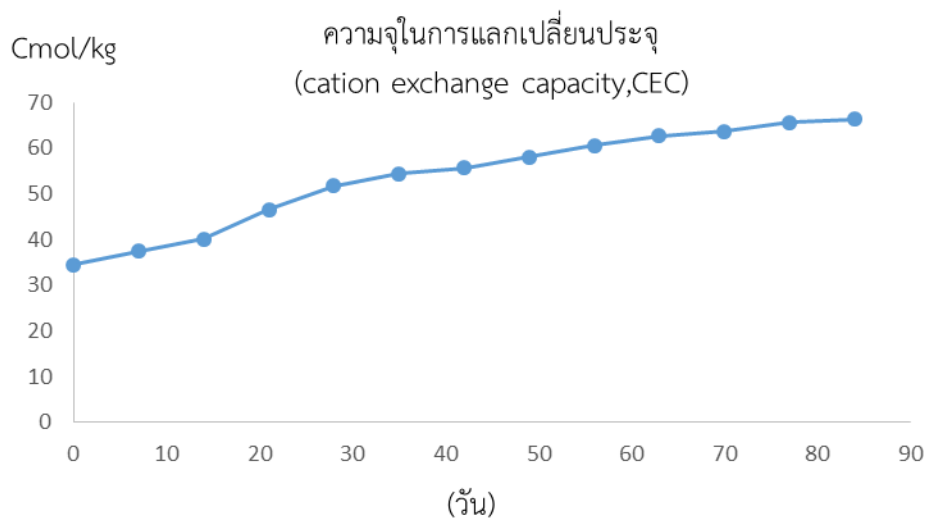
วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอไนดาไต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.5-95.3 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมี

อายุ 7-84 วัน ปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ที่อายุ 70, 77 และ 84 วันหลังหมัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 89.5, 93.5 และ 95.3 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าเกณฑ์ของ compost maturity tests ที่กำหนดว่าควรมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ (รูปที่ 20)



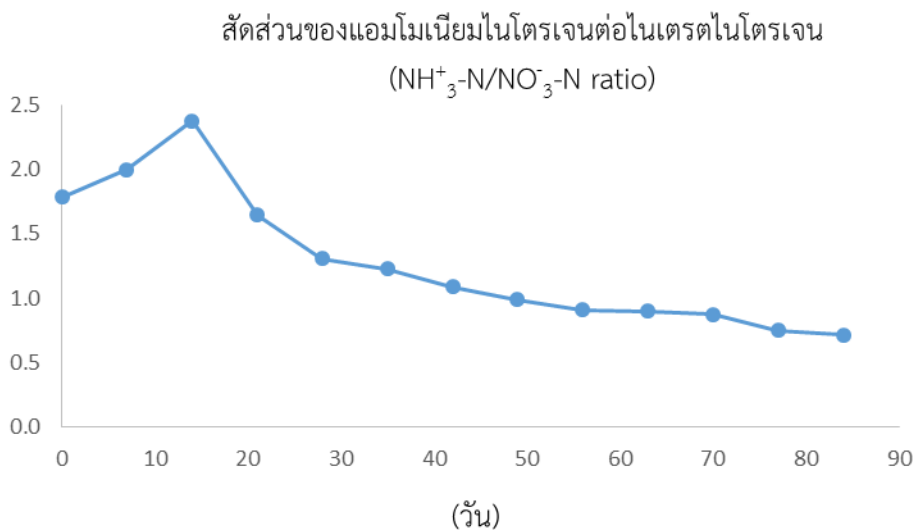
รูปที่ 20 การงอกของเมล็ด (Plant Germination) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดิต

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดิต จะมีค่าเฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นของการหมักที่อายุ 7 วันเท่ากับ 34.6 Cmol/Kg และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งที่อายุ 56 และ 84 วันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.6-66.4 Cmol/Kg ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Harada and Inoko (1980) ที่พบว่าเมื่อปุ๋ยอินทรีย์ย่อยสลายสมบูรณ์หรือที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) มากกว่า 60 Cmol/Kg แสดงว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์ที่อายุ 56 วันหลังหมัก (รูปที่ 21)



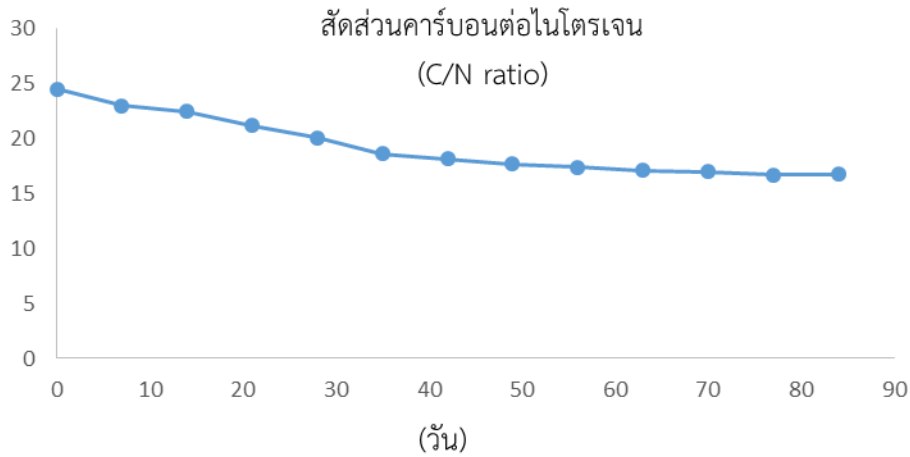
รูปที่ 21 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัว กับลีโอนาดิต์

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ \text{-N}/\text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดิต์ จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.72-2.38 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนสามารถใช้เป็นเกณฑ์การประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์หรือการเจริญเต็มที่ของปุ๋ยหมักได้ ซึ่งเมื่อมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนควรมีค่าต่ำกว่า 1 (Bernal et al.1998) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน มีค่าน้อยกว่า 1 ที่ปุ๋ยอายุ 49 วันหลังหมัก (รูปที่ 22)



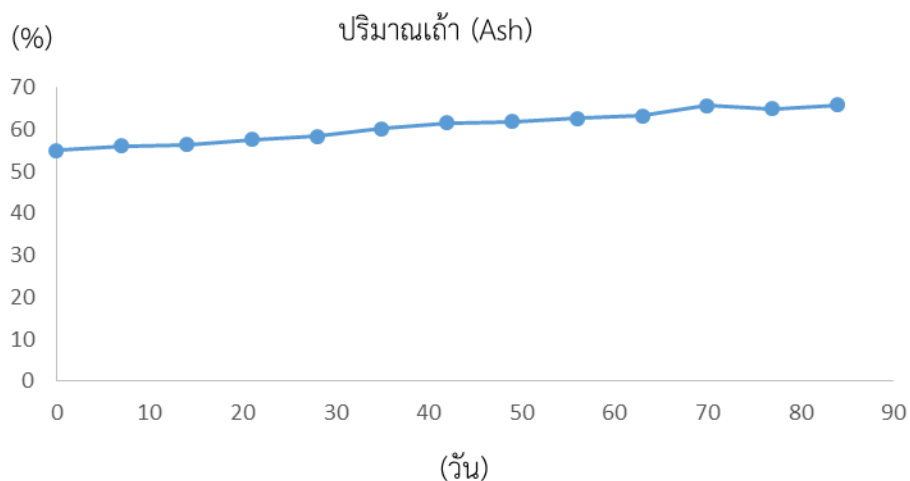
รูปที่ 22 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ \text{-N}/\text{NO}_3^- \text{-N}$ ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดิต์

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดิต์ จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 24.4 ที่วันแรกของการหมัก และลดลงต่ำกว่า 20 ที่ 35-84 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.6-18.5 สุดท้ายปุ๋ยที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วควรมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต่ำกว่า 20 (Aparna et al. 2007) และเป็นไปเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (น้อยกว่า 20) (รูปที่ 23)



รูปที่ 23 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดัตต์

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดัตต์ จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 54.1 เปอร์เซ็นต์ ที่วันแรกของการหมัก และจะเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก 7-84 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 56.2-65.9 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุการหมักที่ 70, 77 และ 84 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.8, 65.0 และ 65.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งปริมาณเถ้าเริ่มมีค่าคงที่ แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก (Yang et al. 1993) (รูปที่ 24)



รูปที่ 24 ปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับลีโอนาดัตต์

ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (ตารางที่ 4) พบว่า

วิธีการในการวิเคราะห์เพื่อหาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ หรือ Maturity ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) ขณะที่ปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N} / \text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) การงอกของเมล็ด (PG) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N} / \text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N} / \text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N} / \text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีปฏิสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณเถ้า (Ash) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

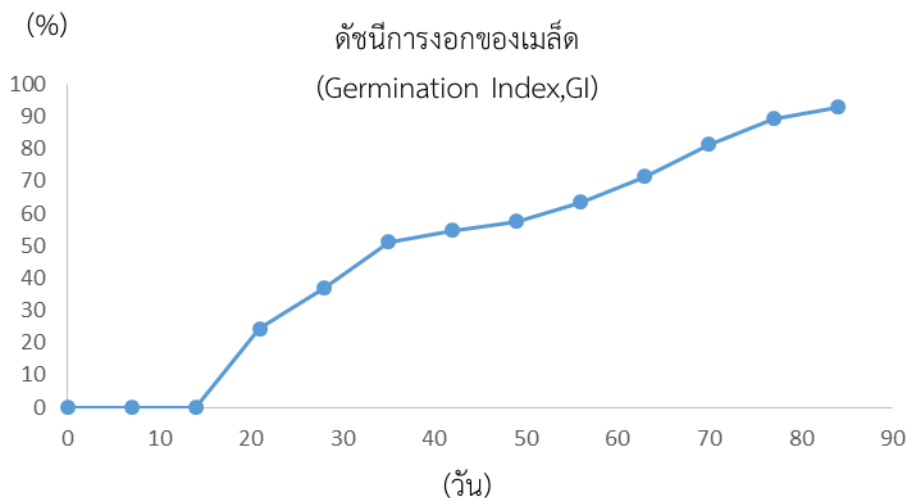
ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (มูลวัวกับลีโอนาดัด,2:1)

	GI	PG	CEC	$\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$	Ash	C/N
GI	1	0.978**	0.936**	-0.874**	0.972**	-0.892 **
PG		1	0.893**	-0.785**	0.948**	-0.846**
CEC			1	-0.938**	0.972**	-0.989**
$\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$				1	-0.909**	0.921**
Ash					1	-0.955**
C/N						1

**,* : significant at $p < 0.01$ and 0.05 , ns not signification

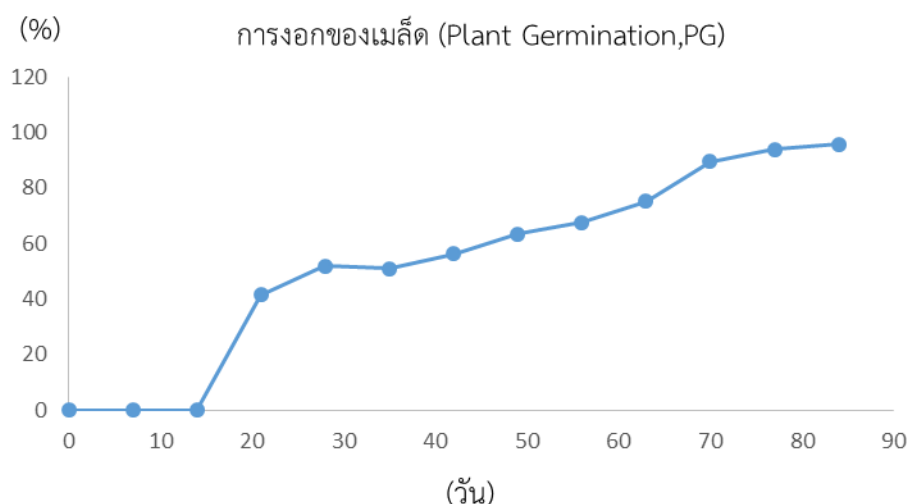
ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส) พบว่า

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0-93.0 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 0-84 วัน ปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ที่อายุ 70, 77 และ 84 วันหลังหมัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 81.3, 89.3 และ 93.0 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 (มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) แสดงว่าปุ๋ยที่ผลิตได้มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว (รูปที่25)



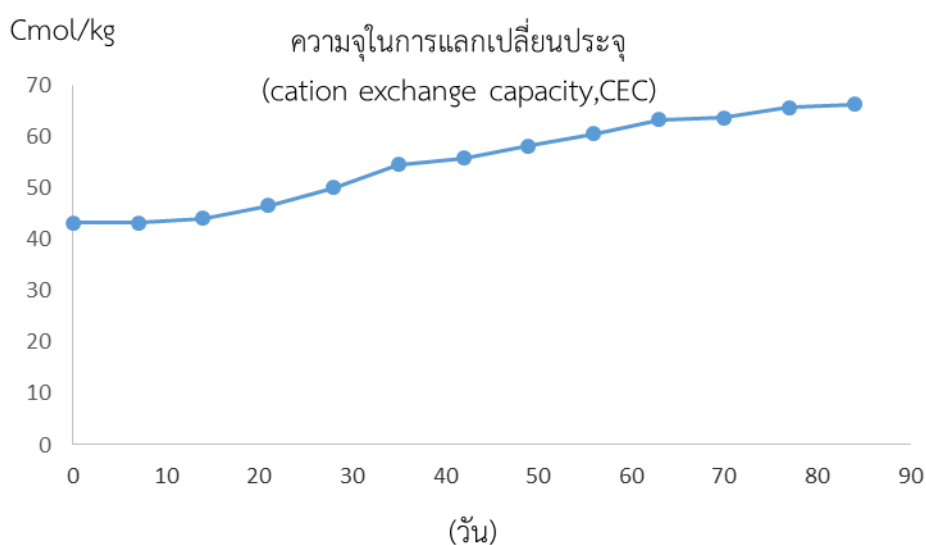
รูปที่ 25 ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการทดสอบการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0-95.8 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ปุ๋ยหมักมีอายุ 0-84 วัน ปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ที่อายุ 70, 77 และ 84 วันหลังหมัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 89.5, 94.0 และ 95.8 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าเกณฑ์ของ compost maturity tests ที่กำหนดว่าควรมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ (รูปที่ 26)



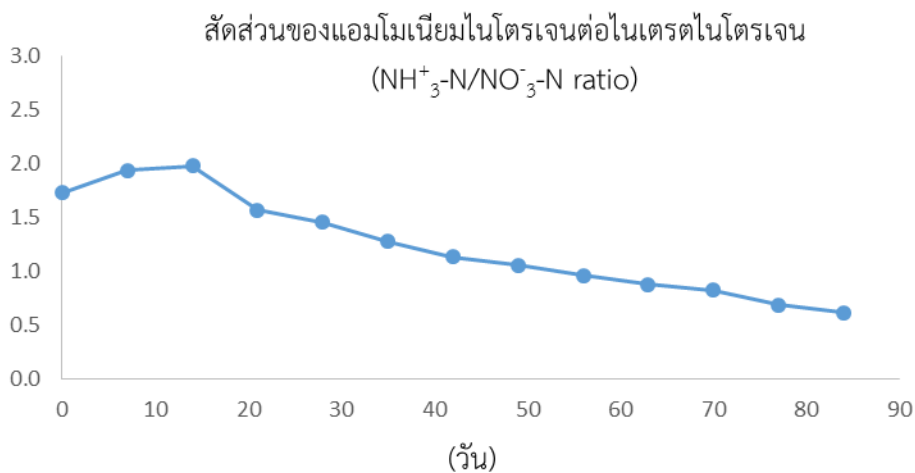
รูปที่ 26 การงอกของเมล็ด (Plant Germination) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส จะมีค่าเฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นของการหมักที่อายุ 0 วันเท่ากับ 43.2 Cmol/Kg และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งที่อายุ 56-84 วันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.6-66.3 Cmol/Kg ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Harada and Inoko (1980) ที่พบว่าเมื่อปุ๋ยอินทรีย์ย่อยสลายสมบูรณ์หรือที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) มากกว่า 60 Cmol/Kg แสดงว่าปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์ที่อายุ 56 วันหลังหมัก (รูปที่ 27)



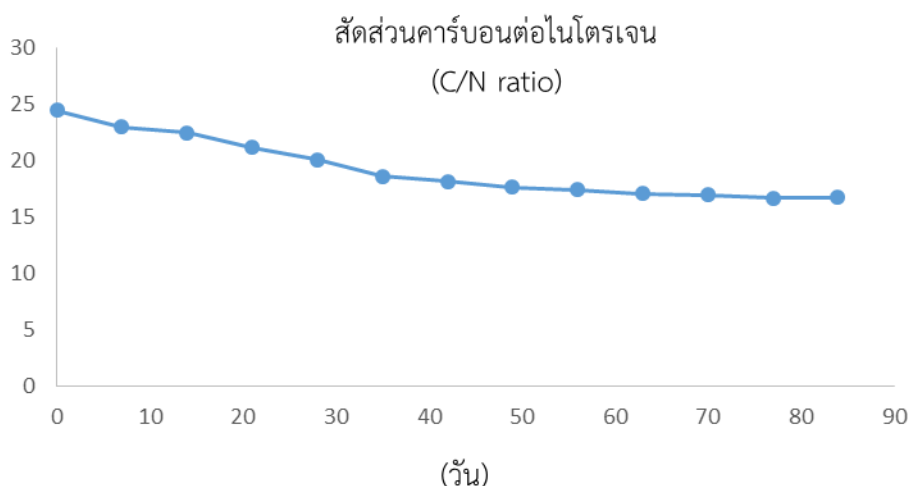
รูปที่ 27 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity, CEC) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N ratio}$) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.62-1.98 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนสามารถใช้เป็นเกณฑ์การประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์หรือการเจริญเต็มที่ของปุ๋ยหมักได้ ซึ่งเมื่อมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์ สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจนควรจะมีค่าต่ำกว่า 1 (Bernal et al.1998) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน มีค่าน้อยกว่า 1 ที่ปุ๋ยอายุ 56 วันหลังหมัก (รูปที่ 28)



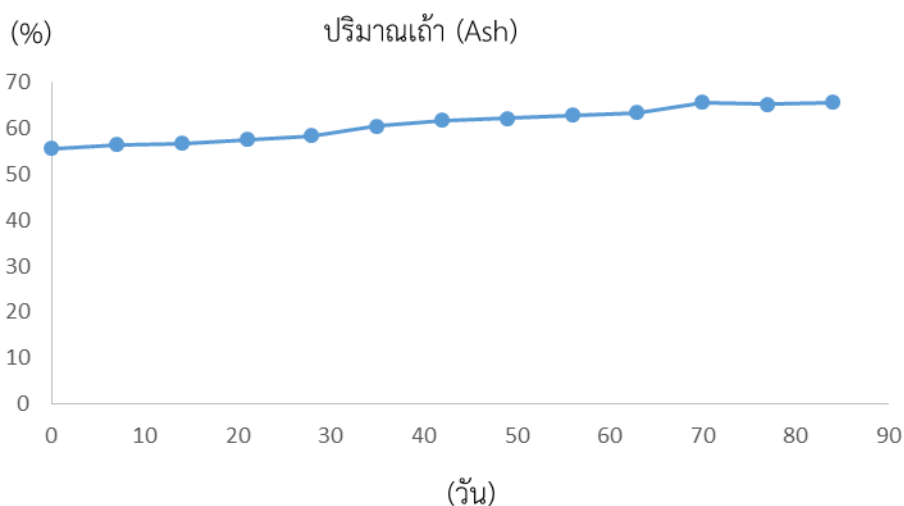
รูปที่ 28 สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N ratio}$) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 24.4 ที่วันแรกของการหมัก และลดลงต่ำกว่า 20 ที่ 35-84 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.6-18.5 สุดท้ายปุ๋ยที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วควรมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ต่ำกว่า 20 (Aparna et al. 2007) และเป็นไปเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (น้อยกว่า 20) (รูปที่ 29)



รูปที่ 29 สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส

วิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการหาปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส จะมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการหมักเท่ากับ 55.6 เปอร์เซ็นต์ ที่วันแรกของการหมัก และจะเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก 7-84 วันหลังหมัก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 56.3-65.5 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุการหมักที่ 70, 77 และ 84 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.5, 65.2 และ 65.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่ปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งปริมาณเถ้าเริ่มมีค่าคงที่ แสดงถึงการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก (Yang et al. 1993) (รูปที่ 30)



รูปที่ 30 ปริมาณเถ้า (Ash) ของปุ๋ยหมักมูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส

ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (ตารางที่ 5) พบว่า

วิธีการในการวิเคราะห์เพื่อหาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ หรือ Maturity ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) มีปฏิสัมพันธ์ในทางเดียวกับการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) ขณะที่ปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) การงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) และปริมาณเถ้า (Ash) และเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณเถ้า (Ash) และเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) สัดส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณเถ้า (Ash) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณเถ้า (Ash) มีปฏิสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ของอินทรีย์ (มูลวัวกับกากตะกอนโรงงานผงชูรส,2:1)

	GI	PG	CEC	$\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$	Ash	C/N
GI	1	0.978**	0.960**	-0.931**	0.949**	-0.934**
PG		1	0.943**	0.931**	0.927**	-0.935**
CEC			1	-0.933**	0.931**	-0.930**
$\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$				1	0.910**	0.887**
Ash					1	-0.907**
C/N						1

**,* : significant at $p < 0.01$ and 0.05 , ns not signification

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการตรวจสอบการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้วิธีดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index, GI) และการงอกของเมล็ด (Plant Germination, PG) ไม่มีผลต่อการประเมินการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัตถุดิบบางชนิด ในการทดลองนี้ คือ มูลวัวกับฟางข้าว มูลวัว

กับกากตะกอนอ้อย ยกเว้น มูลไก่ มูลวัวกับลีโอไนต์ และมูลวัวกับกากตะกอนจากโรงงานผงชูรส ในขณะที่ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity,CEC) และปริมาณเถ้า (Ash) มีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามอายุของปุ๋ยหมัก ที่ผลิตจากวัตถุดิบทุกชนิด และมีความสัมพันธ์กันไปในแนวทางตรงกันข้ามกับสัดส่วน แอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่มีปริมาณลดลง ในวัตถุดิบทุกชนิด ดังนั้นการพิจารณาการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก จากวิธีการ วิเคราะห์ทั้ง 6 วิธี ไม่สามารถบ่งบอกการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ได้ทุกชนิด ทั้งนี้จากการตรวจ เอกสาร แต่ละวิธีจะมีเกณฑ์กำหนดว่าควรมีปริมาณเท่าไร จึงถือได้ว่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ดังนี้ ทดสอบ ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) มีค่ามากกว่า 80 % (Zucconi *et al.* 1981) ทดสอบการงอก ของเมล็ด (Plant Germination) มีค่ามากกว่า 80 % (Compost Maturity Tests) ความจุในการแลกเปลี่ยน ประจุ (cation exchange capacity,CEC) มีค่ามากกว่า 60 Cmol/kg (Harada *et al.* 1971) สัดส่วน แอมโมเนียมไนโตรเจนต่อไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3^-\text{-N}$ ratio) มีค่าน้อยกว่า 1 (Bernal *et al.* 1998) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) มีค่าน้อยกว่า 20 (Juste 1980) และปริมาณเถ้า (Ash) เพิ่มขึ้นจน คงที่ (Yang *et al.* 1997)

การนำไปใช้ประโยชน์

1. สามารถใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงตัวชี้วัดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในท้องตลาด

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ ISBN: 974-436-452-1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 45 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยคอกในพื้นที่ทำการเกษตร ISBN: 974-436-521-8. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 216 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. ๒๕๑๘ แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐. ฝ่ายปุ๋ยเคมี ส่วนใบอนุญาตและขึ้นทะเบียน สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 66 หน้า.
- พรบ.ปุ๋ย .2550. พรบ.ปุ๋ย 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 2552.
- Bell, R.G. 1971. The role of compost and composting in modern agriculture. *Compost Science*, V.14, No.6, p.14.
- Bernal M.P., C. Paredes, M.A. Sanchez-Monedero & J.Cegarra. 1998 Maturity and Stability Parameters of Composts Prepared with a Wide Range of Organic Wastes. *Bioresource Technology* 63, 91–99.

- Harada Y. and A. Inoko. 1980. The Measurement of The Cation-Exchange Capacity of Composts for The Estimation of The Degree of Maturity. *Soil Sci. Plant Nurt.*,26(1), 128-134.
- Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1990. Virginia, USA. 684p.
- Shang-Shyng Yang. 1997. Preperation of Compost and Evaluation its maturity. Food &Fertility Technology Center Extention bulletin 445. 10-20.
- Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y. and Hodgkiss, I.J. 1996. Effect of composting on phytotoxic of spent pig manure sawdust litter. *Environment Pollut.* 93: 249-256.
- Walkley,A.and I.A.Black. 1934. An examination of wet digestion method for determination soil organic matter and a propose modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37 : 29-38.
- Wong, J.W.C., Mak, K.F., Chan, N.W., Lam, A., Fang, M., Zhou, L. X. Wu, O.T. and Liao, X.D. 2001. Co-compost of soybean residues and leaves in Hong Kong Biores. *Technol.* 76 : 99-106.
- Yang, S. S. 1997. Preparation and characterization of compost. *Journal of the Biomass Energy of Chaina.* 16: 47-62.
- Yang, S. S. 1997. Preparation of compost and evaluating its maturity. Food and Fertilizer Technology Center Extension Bullentin 455: 1-23.
- Zucconi, F., Forte, M., Monac, A., Beritodi, M., 1981. Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle* 22, 27-29.
- [www.http. Savasota .ifas. ufl. Edu/compost-maturity-test.](http://www.ifas.ufl.edu/compost-maturity-test)