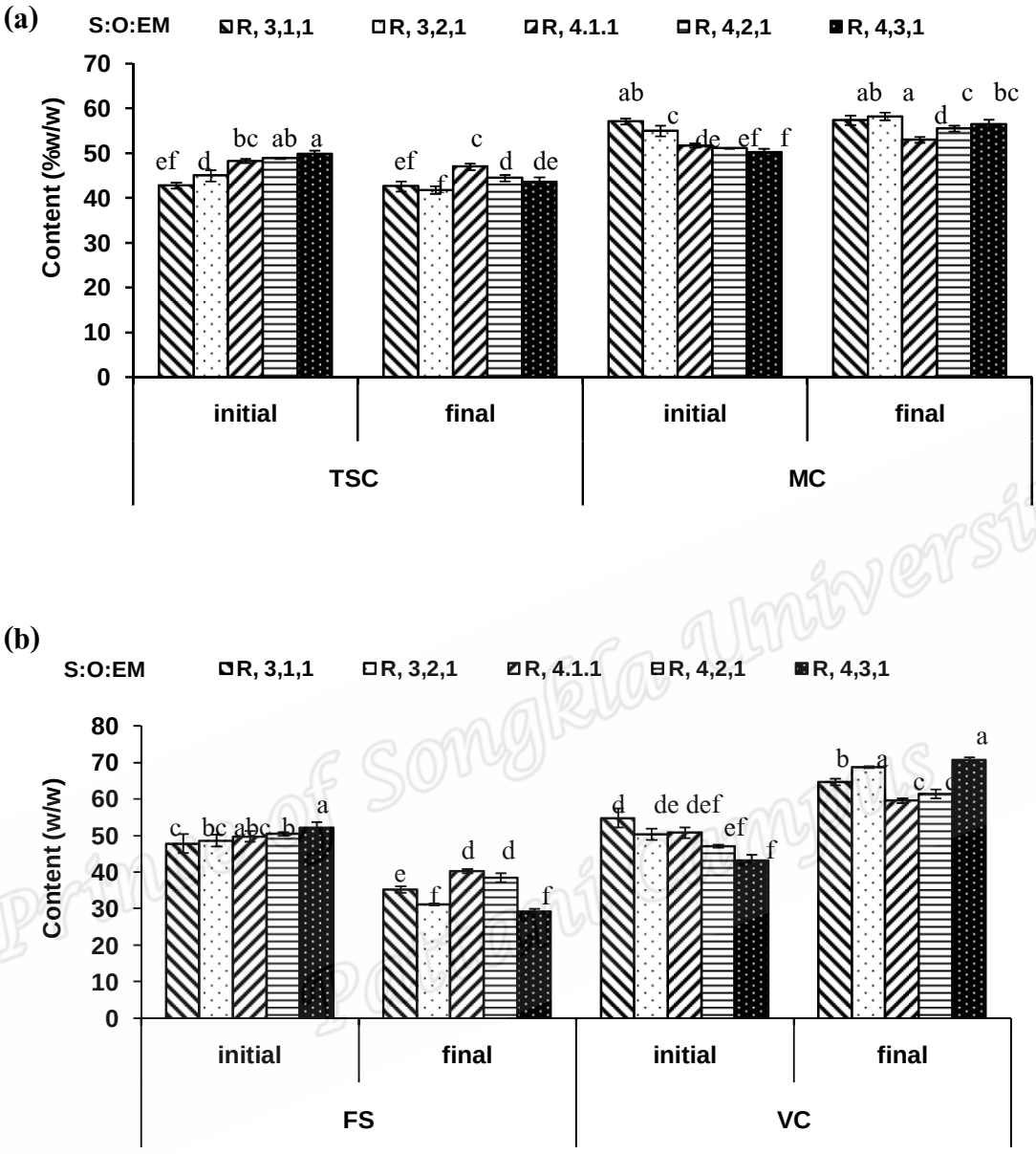
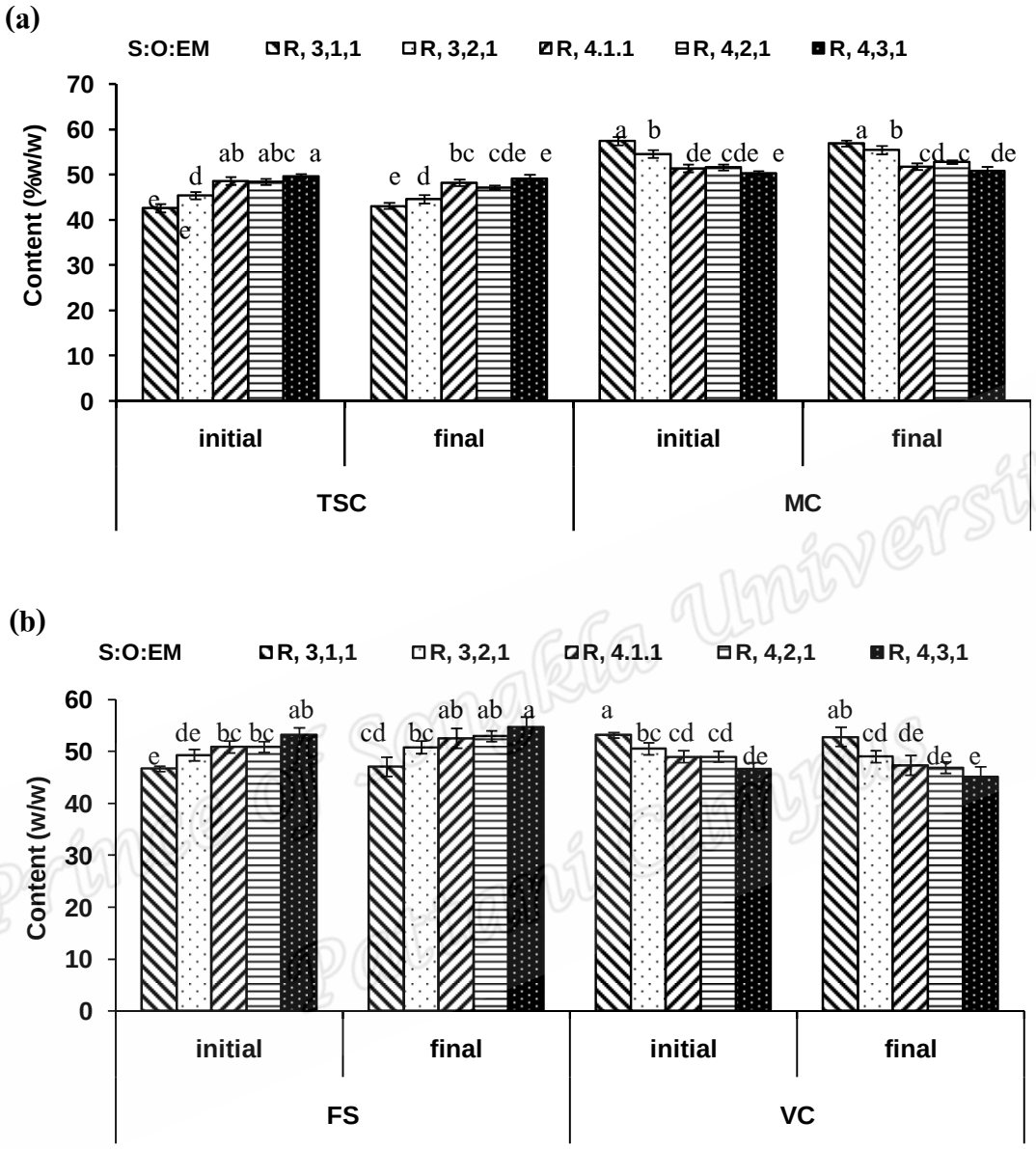
4.4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดก่อนและหลังการหมัก

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น ของแข็งที่ระเหยได้ และของแข็งที่คงอยู่ ของกากขี้แป้งผสมกากอินทรีย์ และ EM ขยายส่วนในอัตราส่วนต่างๆ หลังหมักเป็นเวลา 24 วัน แสดงดังรูปที่ 4.21-4.22 ในระบบเปิดมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้มากกว่าระบบปิด โดยช่วงเริ่มต้นก่อนทำการหมัก พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น ของแข็งที่ระเหยได้ และของแข็งที่คงที่ อยู่ในช่วง 42.8-49.8, 50.2-57.2, 47.8-52.1 และ 43.1-54.8 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งการหมักในระบบเปิด พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น มีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 15 ดังนี้ ของแข็งทั้งหมดมีปริมาณลดลงในช่วงร้อยละ 0.4-12.5 ความชื้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.3-12.5 ส่วนของแข็งที่ระเหยได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 18.9-47.7 ส่วนของแข็งที่คงอยู่มีปริมาณลดลงในช่วงร้อยละ 19.1-43.8 เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ โดยจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนสายโซ่ยาวให้กลายเป็นคาร์บอนที่มีสายโซ่โมเลกุลสั้นๆ ซึ่งสามารถระเหยได้ง่าย ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง และของแข็งที่ระเหยได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bernal *et al.* (2008) รายงานว่าการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์จะทำให้ปริมาณคาร์บอนที่ระเหยได้มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการหมัก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ระเหยได้และของแข็งที่คงอยู่ในแต่ละอัตราส่วน พบว่าในอัตราส่วนที่ใช้ กากขี้แป้ง: กากอินทรีย์:EM ขยายส่วน เท่ากับ 4:3:1 มีของแข็งที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 3:2:1, 3:1:1, 4:2:1 และ 4:1:1 ตามลำดับ แสดงว่าอัตราส่วนที่ใช้ กากขี้แป้ง: กากอินทรีย์:EM ขยายส่วน เท่ากับ 4:3:1 มีการย่อยสลายได้ดีที่สุด สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (รูปที่ 4.15) และจำนวนจุลินทรีย์ (รูปที่ 4.23) ระหว่างการหมัก

สำหรับในระบบปิด ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น ของแข็งที่ระเหยได้ และของแข็งที่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น ของแข็งที่ระเหยได้ ของแข็งที่คงที่ มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในช่วง 0.8-2.6, 0.8-2.4, 0.8-4.1 และ 0.7-4.3 ตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการหมักในระบบปิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนจุลินทรีย์ที่มีน้อย และมีจำนวนลดลงจนถึงวันที่ 24 (รูปที่ 4.24)



รูปที่ 4.21 สมบัติทางกายภาพก่อนและหลังการหมัก (a) ของแข็งทั้งหมด (TSC) ความชื้น (MC) (b) ของแข็งที่ระเหยได้ (VC) และของแข็งที่คงอยู่ (FS) ในระบบเปิด



รูปที่ 4.22 สมบัติทางกายภาพก่อนและหลังการหมัก (a) ของแข็งทั้งหมด (TSC) ความชื้น (MC) (b) ของแข็งที่ระเหยได้ (VC) และของแข็งที่คงอยู่ (FS) ในระบบปิด

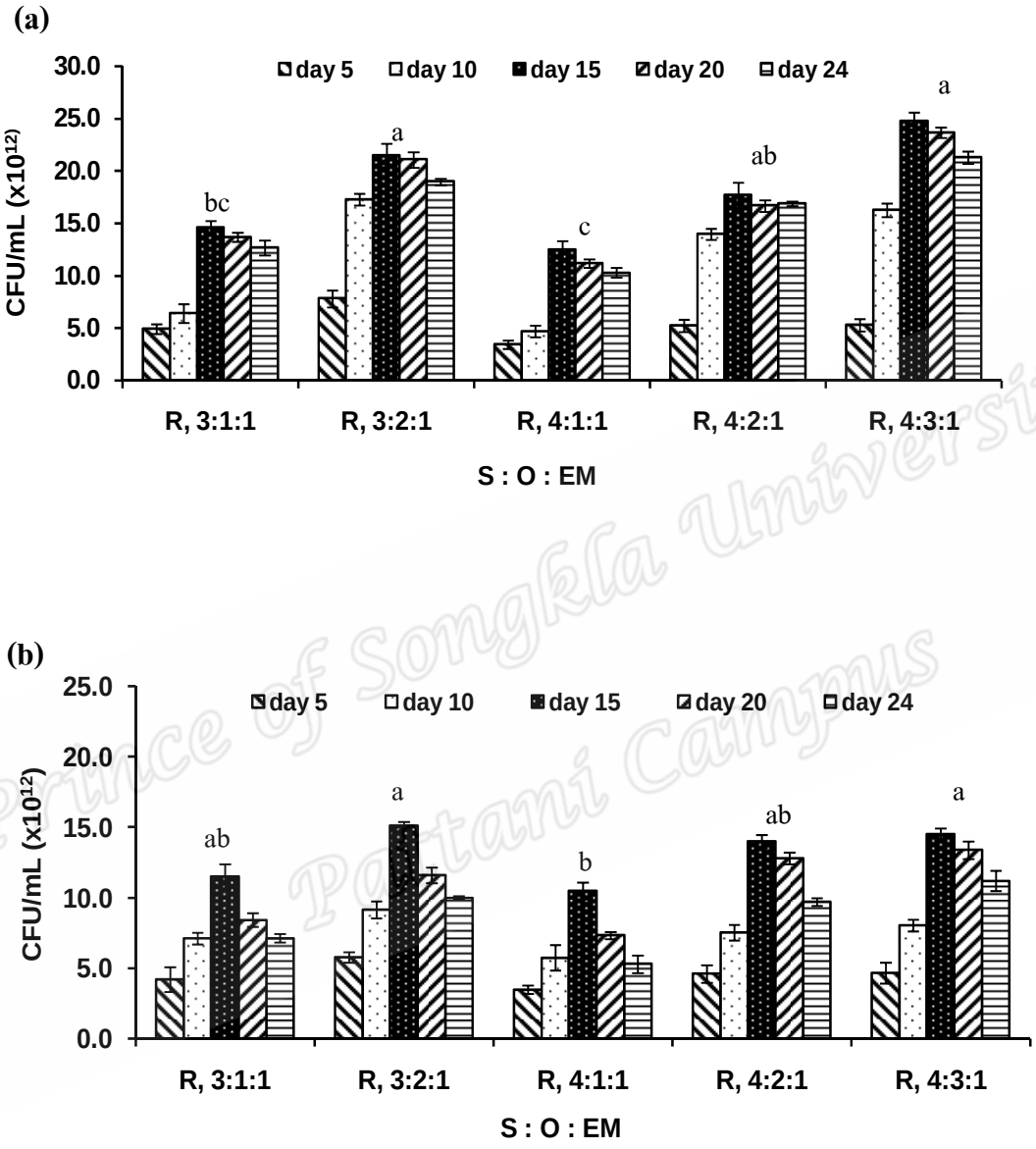
4.4.5 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก

กระบวนการหมักจะประสบผลสำเร็จได้ต้องอาศัยจุลินทรีย์หลายชนิด (Ryckebore *et al*., 2003) ผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ที่เวลาต่างๆของการหมัก ในระบบเปิดที่ระยะเวลาต่างๆ (5, 10, 15, 20 และ 24 วัน) พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรามีจำนวนเพิ่มขึ้น และมีจำนวนมากสุดในวันที่ 15 โดยช่วงแรกจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ง่าย

ก่อน จากนั้นจะย่อยสลายสารที่ย่อยสลายได้ยากหรือมีโมเลกุลใหญ่โดยในช่วงนี้อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นมาก (Wu *et al.*, 2005) หลังจากนั้นจำนวนจุลินทรีย์มีปริมาณลดลงเล็กน้อย (รูปที่ 4.23) กระบวนการหมักในทุกชุดการทดลองตรวจพบจำนวนแบคทีเรียบนอาหาร NA อยู่ในช่วง 3.4 -24.8 $x10^{12}$ CFU/mL และจำนวนจุลินทรีย์บนอาหาร PDA อยู่ในช่วง 3.5 -14.5 $x10^{12}$ CFU/mL จะเห็นได้ว่า จำนวนแบคทีเรียมีมากกว่าเชื้อยีสต์และรา ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ได้รวดเร็วกว่ายีสต์และรา (Bernal *et al.*, 2008) ส่วนเชื้อราพบว่ามีจำนวนมากกว่าแบคทีเรียเมื่อมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 35 แต่จะหยุดการทำงาน (non active) เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60^{o}C โดยเชื้อราจะสามารถย่อยสลายสารประกอบ polysaccharides และ polyphosphates ได้ดี (Bernal *et al.*, 2008) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ในแต่ละอัตราส่วนบนอาหาร NA ที่เวลา 24 วัน พบว่าทุกอัตราส่วนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่มีอัตราส่วน กากขี้แป้ง:กากอินทรีย์ :EM ขยายส่วน เท่ากับ 4:3:1 พบจุลินทรีย์จำนวนมากที่สุด รองลงมา คือ 3:2:1, 4:2:1, 3:1:1 และ 4:1:1 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23 a) ส่วนการทดลองที่ใช้อาหาร PDA ชุดทดลองที่มีกากขี้แป้ง:กากอินทรีย์ :EM ขยายส่วน เท่ากับ 4:3:1, 3:2:1 และ 4:2:1 พบจุลินทรีย์จำนวนสูงรองลงมาคือ 3:1:1 ส่วนอัตราส่วน 4:1:1 พบจุลินทรีย์น้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าชุดทดลอง กากขี้แป้ง:กากอินทรีย์ :EM ขยายส่วน เท่ากับ 4:3:1 และ 3:2:1 เป็นอัตราส่วนที่มีจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุด เหมาะสมที่จะใช้ในการเตรียมสารปรับปรุงดิน อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้มีการใช้ทุกอัตราส่วนที่ได้จากการหมักไปเตรียมสารปรับปรุงดิน เพื่อศึกษาให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

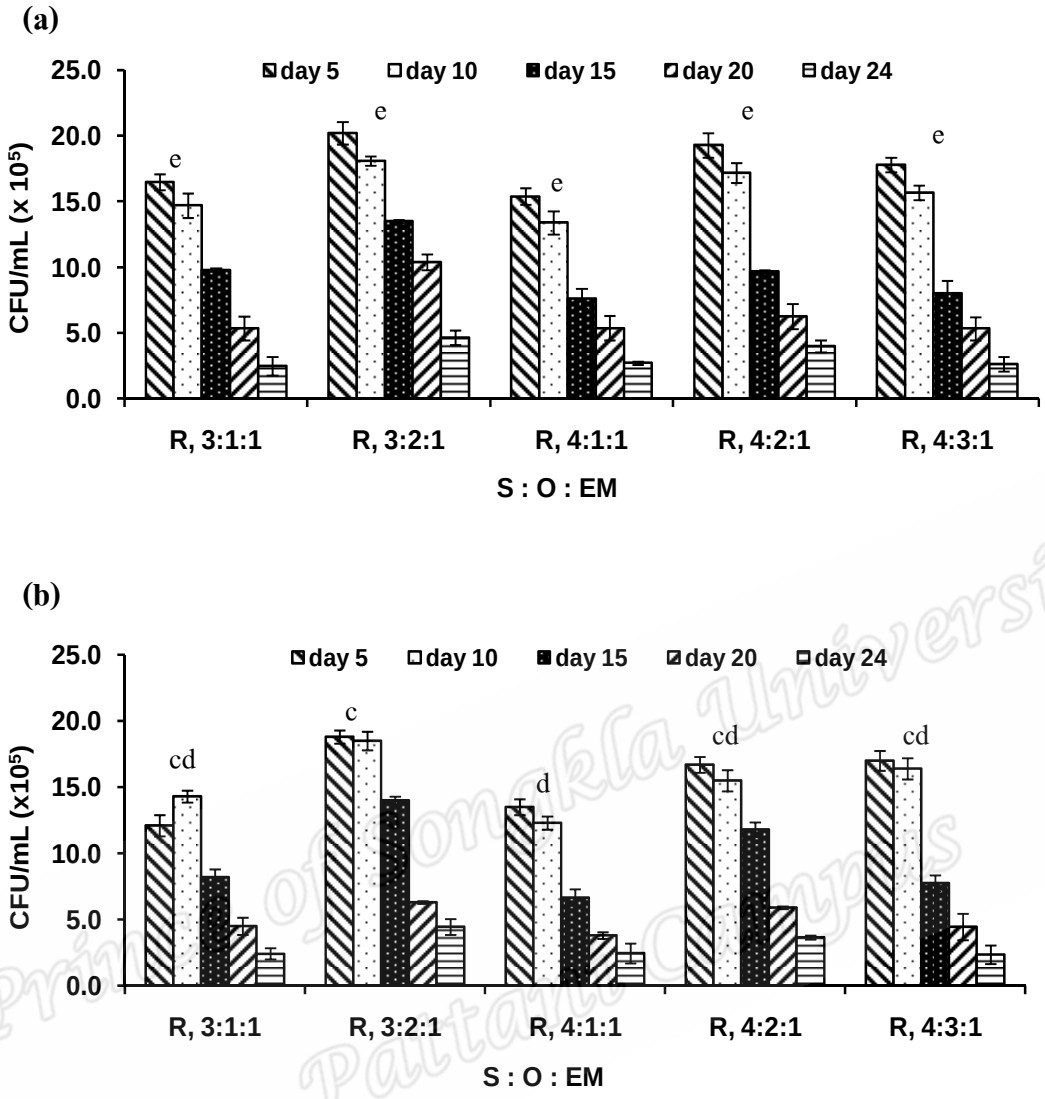
จำนวนจุลินทรีย์ในระบบปิดแตกต่างจากในระบบเปิดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (รูปที่ 4.24) ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และเชื้อรา มีจำนวนลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยจุลินทรีย์บนอาหาร NA (เชื้อแบคทีเรีย) จะมีจำนวนใกล้เคียงกับจำนวนจุลินทรีย์บนอาหาร PDA (ยีสต์และรา) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ในแต่ละชุดการทดลอง บนอาหาร NA พบว่าจุลินทรีย์มีจำนวนไม่แตกต่างกัน2.7-(20.2 $x10^{5}$ CFU/mL) ส่วนบนอาหาร PDA แตกต่างกันเพียงเล็กนอย (2.3-18.8 $x10^{5}$ CFU/mL)

ผลจากการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ สามารถยืนยันได้ว่า ในระบบเปิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ดี โดยการย่อยสลายเกิดขึ้นได้มากที่สุดในวันที่ 15 สอดคล้องกับอุณหภูมิและพีเอช โดยในช่วงแรกจุลินทรีย์จะมีการย่อยสลายพวกกากอินทรีย์ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ง่ายก่อน ต่อจากนั้นจึงย่อยสลายกากขี้แป้งโดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่าลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างหมักเปลี่ยนแปลงไปคือ ของแข็งที่คงอยู่มีค่าลดลง ของแข็งที่ระเหยได้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการย่อยของจุลินทรีย์ สำหรับในระบบปิด กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้น้อย เนื่องจากจุลินทรีย์มีจำนวนลดลง และอุณหภูมิ พีเอช การนำไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (รูปที่ 4.15-4.19) ดังนั้นระบบเปิดจึงเป็นระบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้เตรียมกากขี้แป้งเป็นสารปรับปรุงดินต่อไป



รูปที่ 4.23 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการหมักที่เวลาต่างๆ ของชุดทดลองในระบบเปิดบน (a) อาหาร NA และ (b) อาหาร PDA

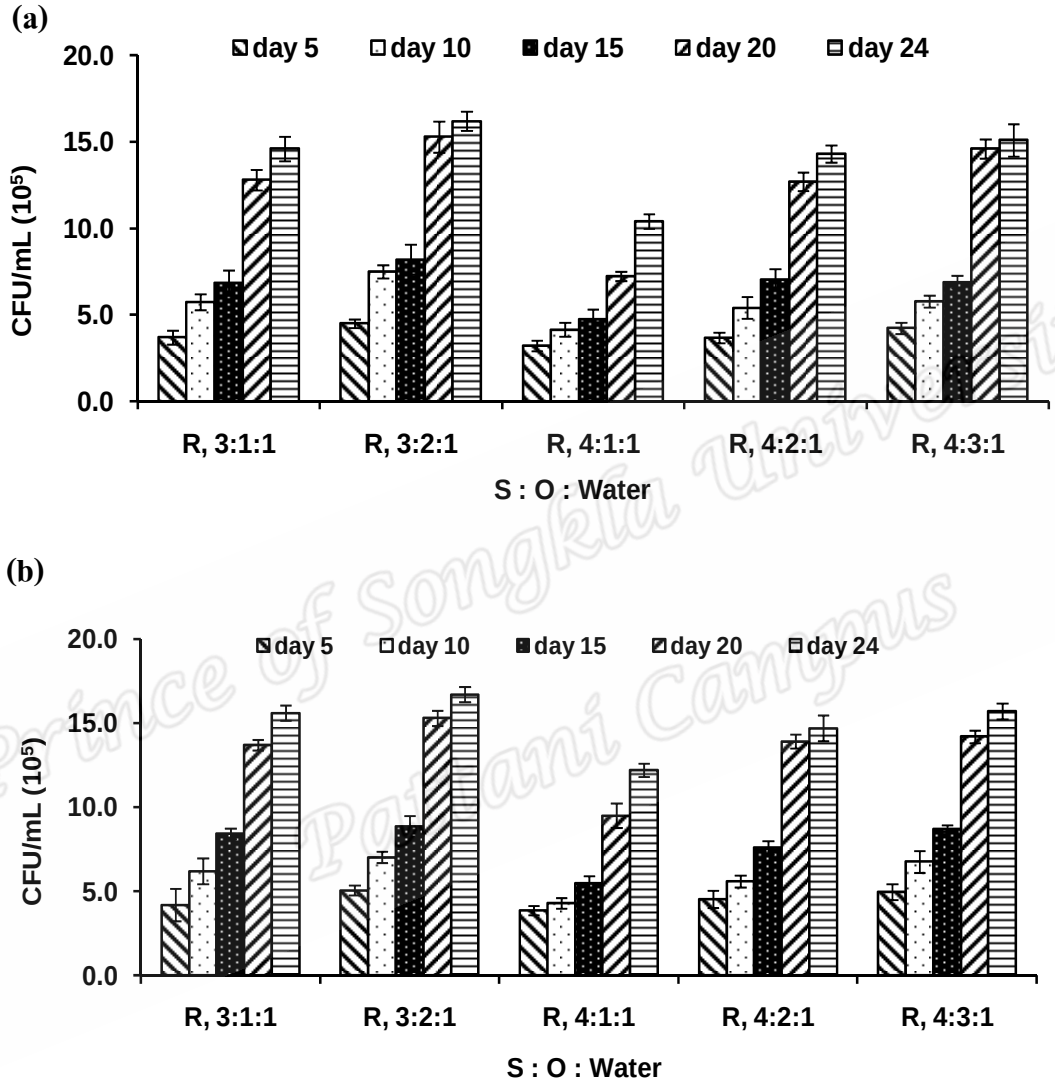
Prince of Songkla University Pattani Campus



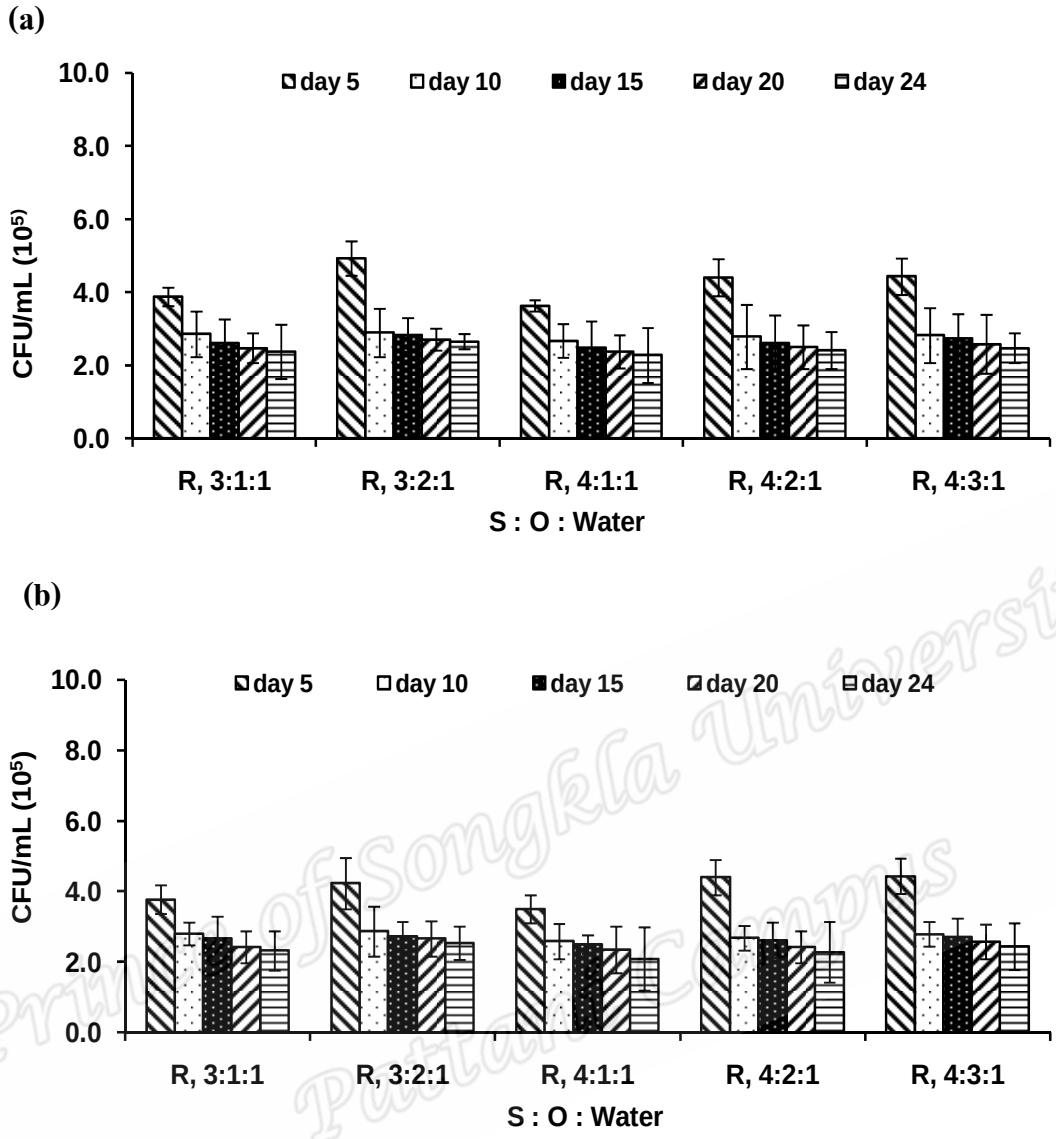
รูปที่ 4.24 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการหมักที่เวลาต่างๆ ของชุดทดลองในระบบปิดบน (a) อาหาร NA และ (b) อาหาร PDA

ในชุดควบคุมที่ใช้น้ำแทนจุลินทรีย์ EM ในระบบเปิด พบว่าแบคทีเรีย มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหมัก (รูปที่ 4.25) โดยมีจำนวนแบคทีเรียในช่วง 3.8-16.7 $x10^5$ CFU/mL ยีสต์และรามีจำนวนอยู่ในช่วง 3.2-16.2 $x10^5$ CFU/mL เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และราในระบบเปิดที่ใช้จุลินทรีย์ EM ขยายส่วน พบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มควบคุมมีจำนวนน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้จุลินทรีย์ EM ส่วนในระบบปิดจุลินทรีย์มีจำนวนลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก โดยมีจำนวนแบคทีเรียในช่วง 2.2-4-4 $x10^5$ CFU/mL ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 2.1-4.4 $x10^5$ CFU/mL (รูปที่ 4.26) ผลการทดลองของชุดควบคุมนี้ ทำให้ทราบว่าจุลินทรีย์มีอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาหมักและสามารถเจริญเติบโตได้ แต่มีจำนวนและประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้เชื้อจุลินทรีย์ EM ในการหมัก

นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งที่มีอยู่ในวัสดุที่ใช้ในการหมัก และเชื้อจุลินทรีย์ใน EM ขยายส่วน สามารถเจริญได้ดีในระบบที่มีการให้อากาศ



รูปที่ 4.25 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดทดลองกลุ่มควบคุมในระบบเปิดบน (a) อาหาร NA และ (b) อาหาร PDA



รูปที่ 4.26 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดทดลองกลุ่มควบคุมในระบบปิดบน (a) อาหาร NA และ (b) อาหาร PDA

4.4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารก่อนและหลังการหมัก

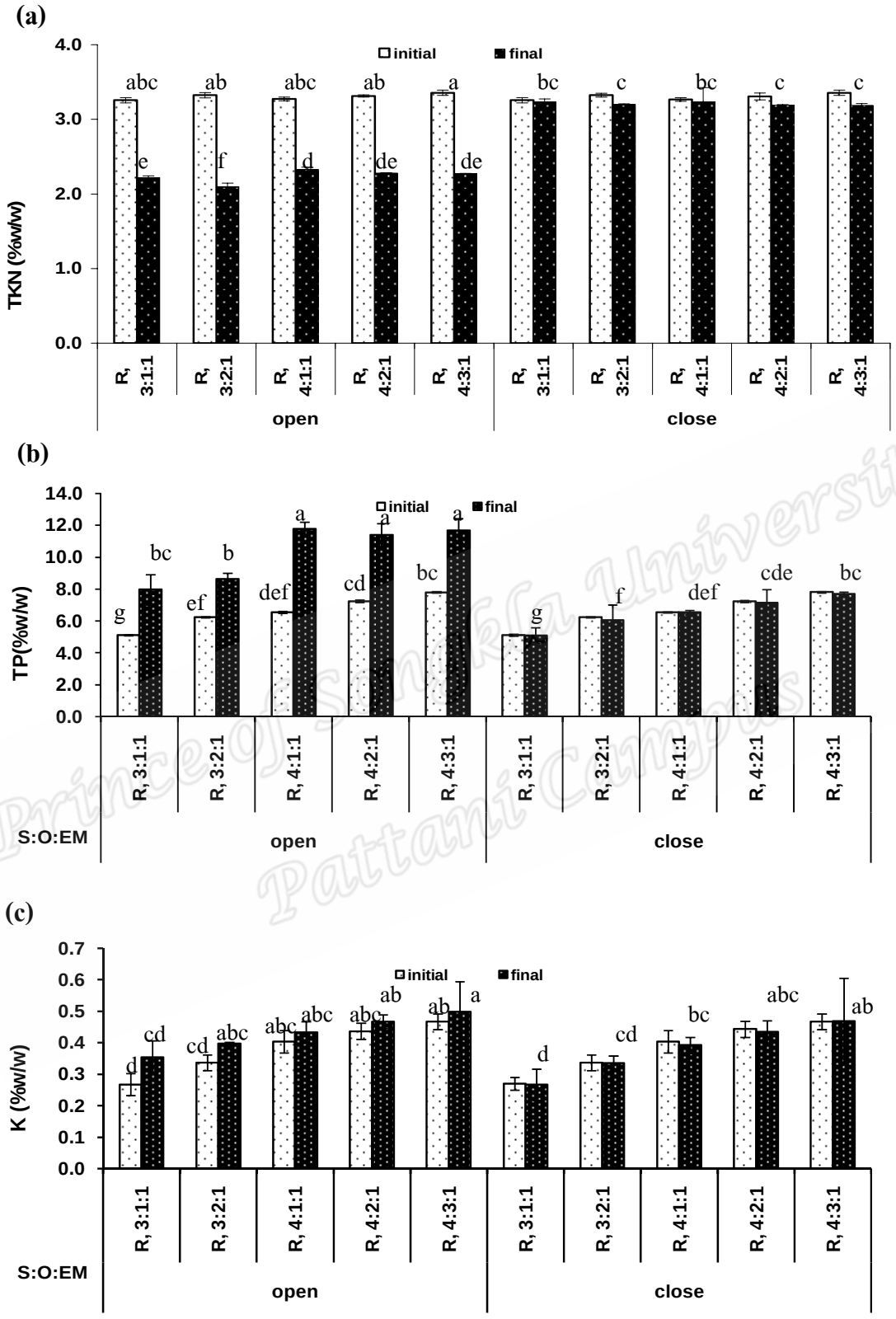
การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลังการหมักจากการแปรสภาพโดยการหมักที่ใช้อัตราส่วนของกากขี้แป้ง: กากอินทรีย์ผสม : EM ขยายส่วน 3:1:1, 3:2:1, 4:1:1, 4:2:1 และ 4:3:1 พบว่าการหมักกากขี้แป้งในระบบปิด ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) โพแทสเซียม มีค่าที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย กล่าวคือเริ่มต้นก่อนทำการหมักมีธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม มีปริมาณอยู่ในช่วง 3.26-3.36, 5.12-7.80 และ 0.27-0.47 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ หลังจากการหมักเป็นเวลา 24 วัน ในระบบปิด มีธาตุอาหารหลักลดลงเล็กน้อย (รูปที่ 4.27) โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และ

โพแทสเซียม ลดลงร้อยละ 0.5-5.1, 0.3-1.2 และ 0.4-2.0 ตามลำดับ ส่วนในระบบเปิด ฟอสฟอรัสทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นมาจากระยะเริ่มต้น คือ ร้อยละ 38.3-73.9 โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.8-30.4 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการหมัก อินทรียวัตถุจะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ ทำให้ธาตุอาหารต่างๆ ที่จับตัวกันแน่นหรือแตกตัวได้ยากถูกเปลี่ยนเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลง (Garrison *et al*., 2001) นอกจากนี้น้ำหนักแห้งของตัวอย่างลดลงในระหว่างการหมัก ทำให้ความเข้มข้นของธาตุต่างๆเพิ่มขึ้น (Bernal *et al*., 1996) สำหรับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบเปิดมีค่าลดลงร้อยละ 28.7-32.3 ซึ่งอาจเนื่องจากสารอินทรียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูป แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในระบบเปิดช่วงที่อุณหภูมิของการหมักสูง (Thermophilic phase) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออนมากที่สุด ที่ค่าพีเอชมากกว่า 7.5 และกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nirification) จะเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้น้อย ทำให้แอมโมเนียมไอออนในรูปของแอมโมเนีย ระเหยออกสู่บรรยากาศ ดังนั้นปริมาณของไนโตรเจนจึงมีค่าลดลง (Tiquia, 2002)

ธาตุอาหารรองซึ่งได้แก่แมกนีเซียม และธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อย ได้แก่สังกะสี (รูปที่ 4.23) พบว่า ก่อนเริ่มทำการหมัก ธาตุแมกนีเซียม และสังกะสีมีปริมาณอยู่ในช่วง 3.60-3.95 และ 0.11-0.26 ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง หลังการหมักในระบบปิดเป็นเวลา 24 วัน พบว่าแมกนีเซียมและสังกะสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยอยู่ในช่วงร้อยละ 3.6-4.0 และ 0.1-0.3 ส่วนในระบบเปิด แมกนีเซียมและสังกะสีมีปริมาณเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.8-4.3 และ 0.2-0.5 ตามลำดับ คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.9-9.6 และ 34.9-97.8 ตามลำดับ สังกะสีมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารชนิดอื่น อาจเนื่องมาจากในเซลล์ของจุลินทรีย์มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ เมื่อการหมักสิ้นสุดลงเชื้อจุลินทรีย์บางส่วนตายไป ทำให้ปริมาณสังกะสีที่วิเคราะห์ได้เพิ่มขึ้น

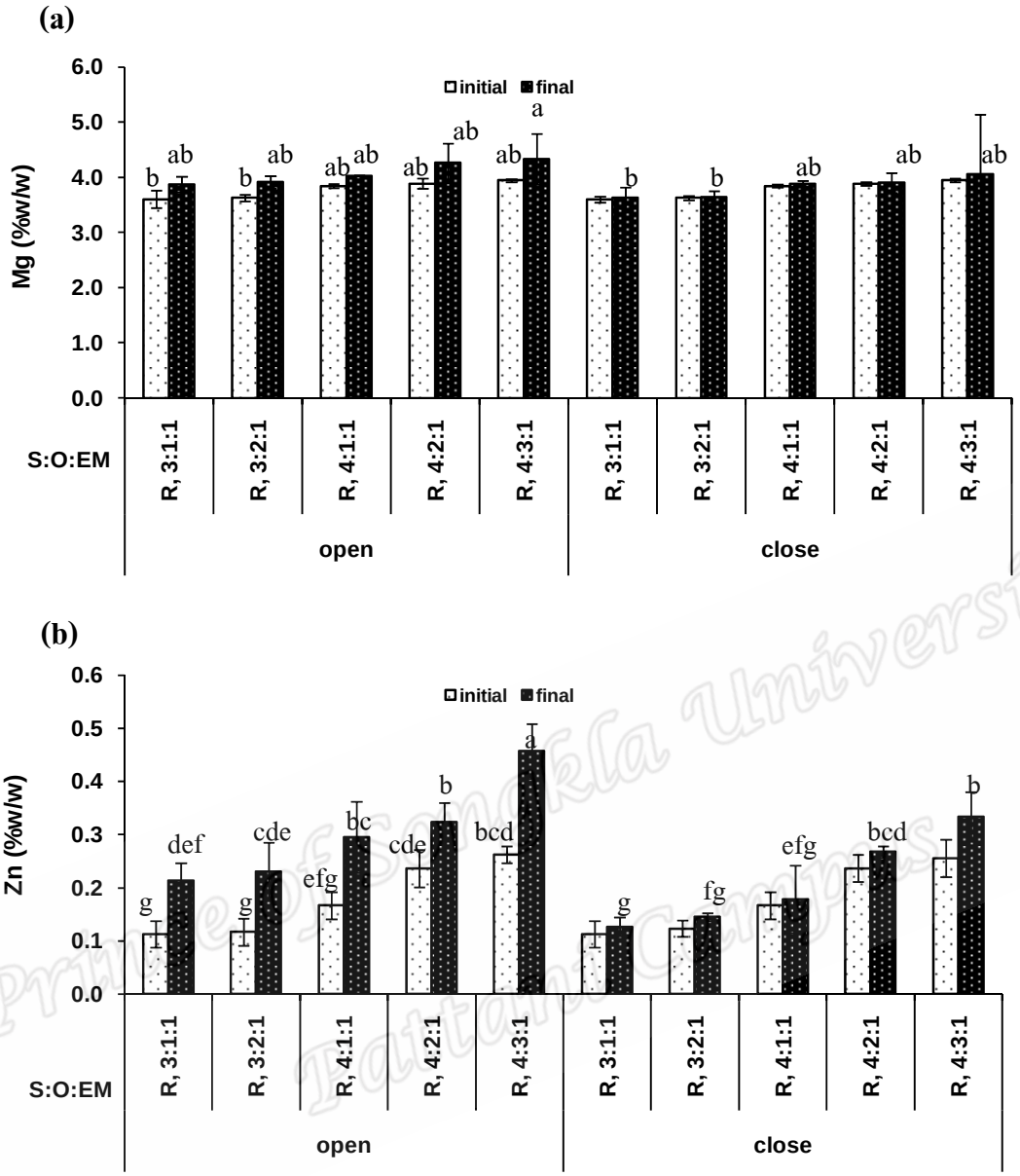
จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลังหมักที่มีความเข้มข้นสูง ดังนั้นสารที่ได้จากการหมักกากขี้แป้งกากอินทรีย์ร่วมกับจุลินทรีย์ EM ขยายส่วน ก่อนนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงดินสำหรับต้นทานตะวันจะต้องมีการเจือจางก่อนเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.27 ปริมาณธาตุอาหารหลักของการหมักชุดต่างๆ ก่อนและหลังการหมักในระบบเปิดและระบบปิด 24 วัน (a) ในโตรเจนทั้งหมด (b) ฟอสฟอรัสทั้งหมดและ (c) โพแทสเซียม

Prince of Songkla University Pattani Campus

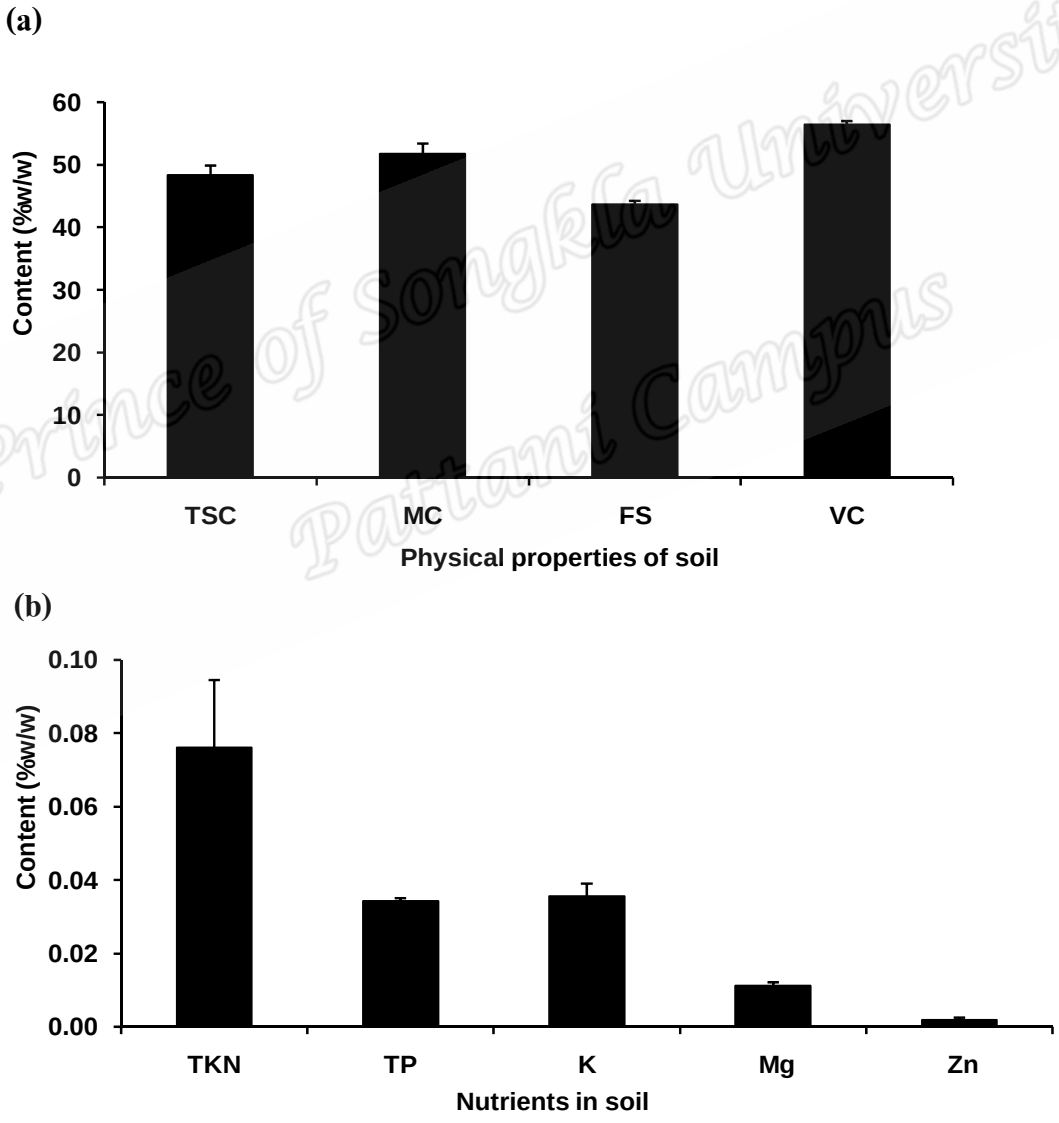


รูปที่ 4.28 ปริมาณ (a) แมกนีเซียม และ (b) สังกะสี ก่อนก่อนและหลังการหมักในระบบเปิดและระบบปิด 24 วัน

4.5 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพในดินที่เก็บจาก ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี (รูปที่ 4.29 a) พบว่าในดินค่าพีเอชเท่ากับ 6.84 ความหนาแน่น 1.12 g/mL เนื้อดินเป็นแบบดินร่วนปนทราย (silt loam) เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ พบว่ามีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 48 ความชื้นร้อยละ 52 ของแข็งที่ระเหยได้ร้อยละ 56 และของแข็งที่คงอยู่ร้อยละ 44

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในดิน (รูปที่ 4.29b) พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี (0.076, 0.034, 0.035, 0.011 และ 0.002 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ) เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารของดินและสารปรับปรุงดิน (อัตราส่วนที่ผ่านการหมัก) พบว่าสารปรับปรุงดินมีธาตุไนโตรเจนปริมาณสูงกว่าประมาณ 25 เท่า ฟอสฟอรัสสูงกว่าประมาณ 275 เท่า โพแทสเซียมสูงกว่าประมาณ 10 เท่า แมกนีเซียมสูงกว่าประมาณ 200 เท่า และสังกะสี สูงกว่าในดินประมาณ 200 เท่า ดังนั้น การนำสารปรับปรุงดินมาผสมดินในสัดส่วนที่เหมาะสม จึงเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารแก่ดินเพื่อนำมาใช้ในการปลูกทานตะวันโดยจะศึกษาปรับสัดส่วนของดินและสารปรับปรุงดินให้เหมาะสมก่อนนำไปปลูกพืช ดังหัวข้อ 4.6

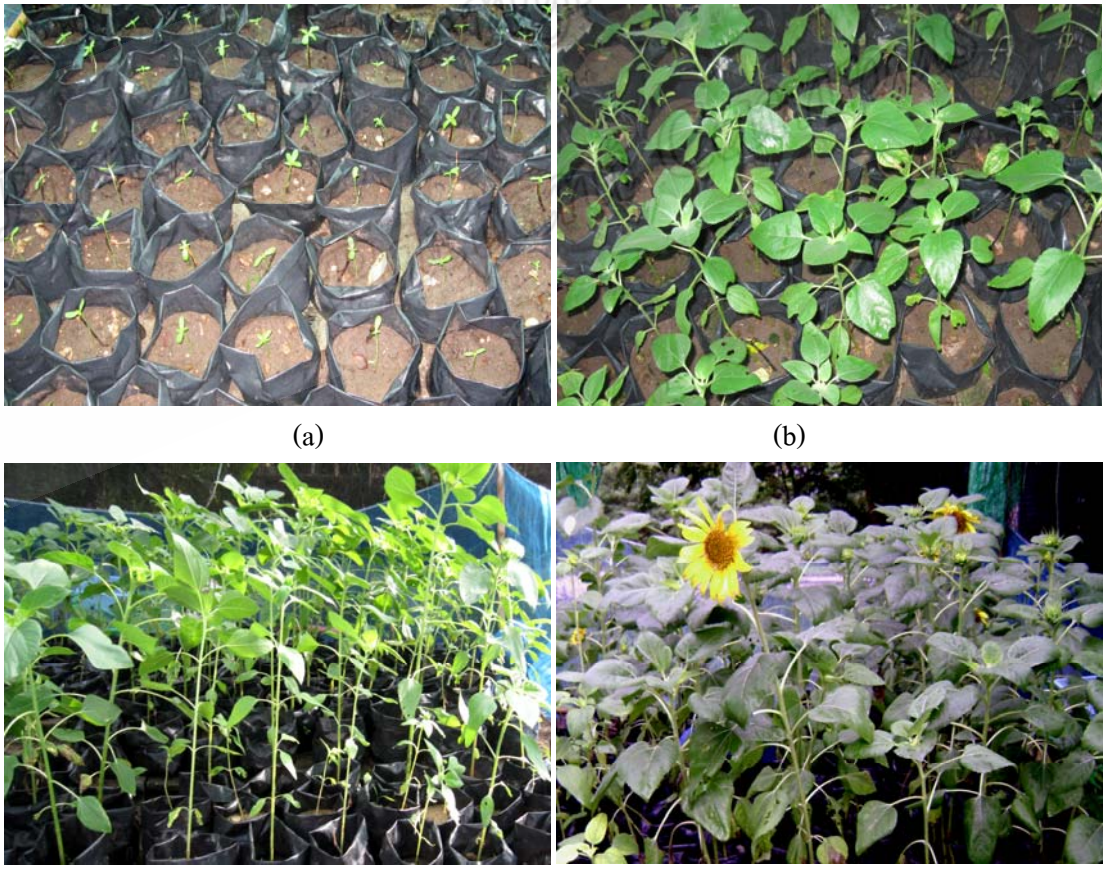


รูปที่ 4.29 (a) สมบัติทางกายภาพของดิน และ (b) ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในดิน

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.6 การศึกษาอัตราส่วนของสารปรับปรุงดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกต้นทานตะวัน

นำสารปรับปรุงดิน ซึ่งเตรียมจากอัตราส่วนระหว่างกากขี้แป้ง กากอินทรีย์ และ EM ขยาย ส่วนหมักในระบบเปิดเป็นเวลา 24 วัน จำนวน 5 ชุด คือ 3:1:1, 3:2:1, 4:1:1, 4:2:1 และ 4:3:1 ผสมกับดินในสัดส่วนสารปรับปรุงดิน (SA) : ดิน (Soil) เท่ากับ 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยปริมาตร ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวนี้ต้นทานตะวันมีโอกาศการรอดชีวิต ร้อยละ 80-100 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ช) โดยเตรียมให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 2 ลิตร นำต้นกล้าต้นทานตะวัน *Helianthus annuus* L. พันธุ์ Sun-smile มาทำการปลูกโดยใช้ต้นทานตะวันชุดการทดลองละ 10 ต้น เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 0.06 กิโลกรัม ต่อพื้นที่ปลูก 2.4 ตารางเมตร หรือ 6 กรัมต่อต้น โดยใส่รองพื้นก่อนปลูก และหลังปลูกได้ 30 วัน ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในอัตรา 0.0375 กิโลกรัม ต่อพื้นที่ 2.4 ตารางเมตร หรือ 3.75 กรัมต่อต้น เรียกว่ากลุ่ม positive control (Pos) กลุ่มควบคุมที่ใช้ดินทราย เรียกว่า negative control (Neg) และกลุ่มควบคุมที่มีการใช้ดินปกติ (Con) ติดตามการเจริญเติบโตทุกๆ 10 วันเป็นระยะเวลา 60 วัน ตัวอย่างการเจริญของต้นทานตะวันเมื่อทำการปลูกโดยใช้สารปรับปรุงดินในอัตราส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.30

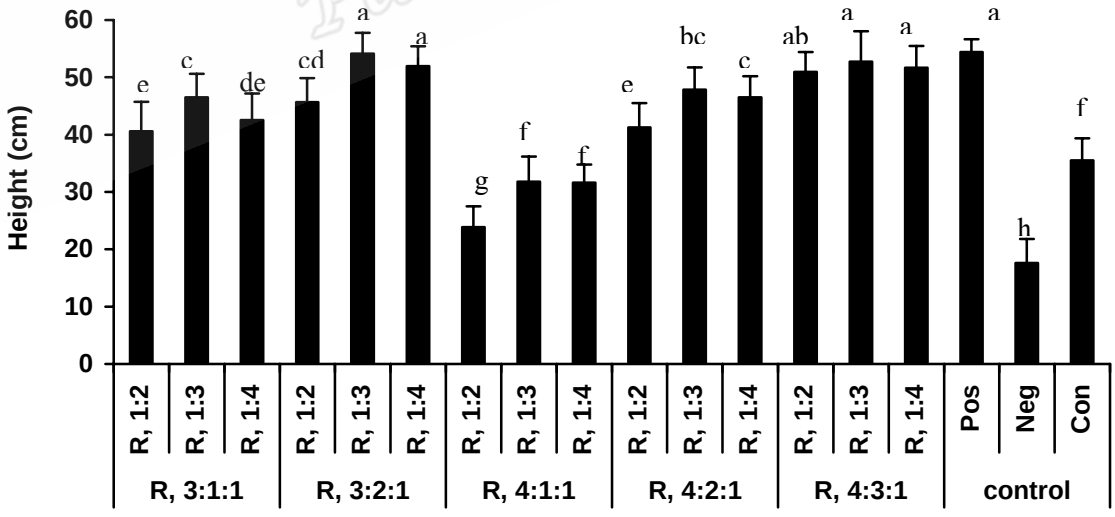


(a) (b)

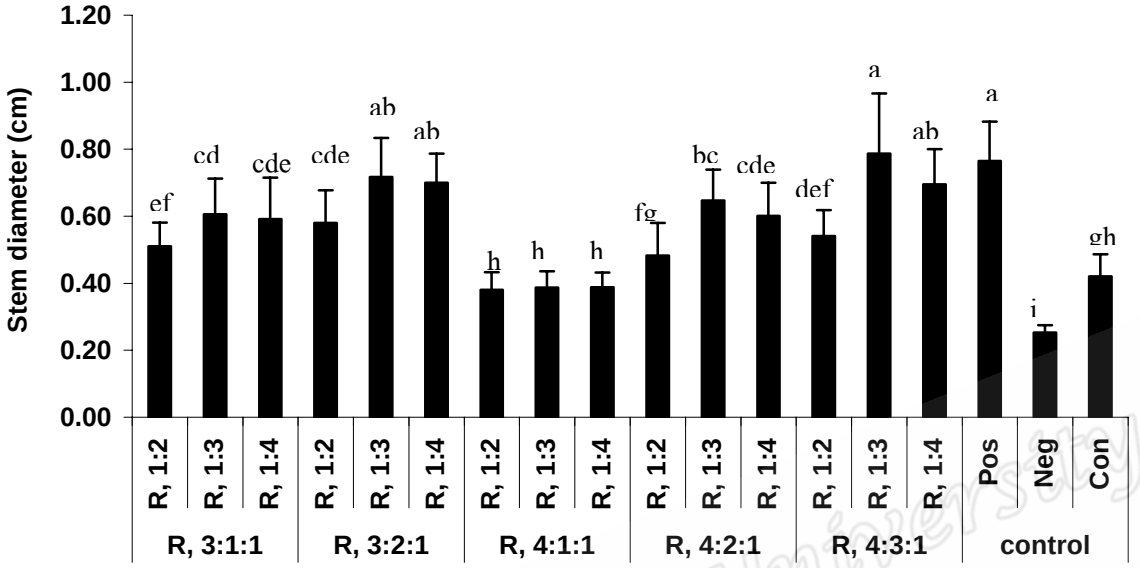
(c) (d)

รูปที่ 4.30 ต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมชุดต่างๆ (a) 10 วัน, (b) 30 วัน, (c) 50 วัน และ (d) 60 วัน

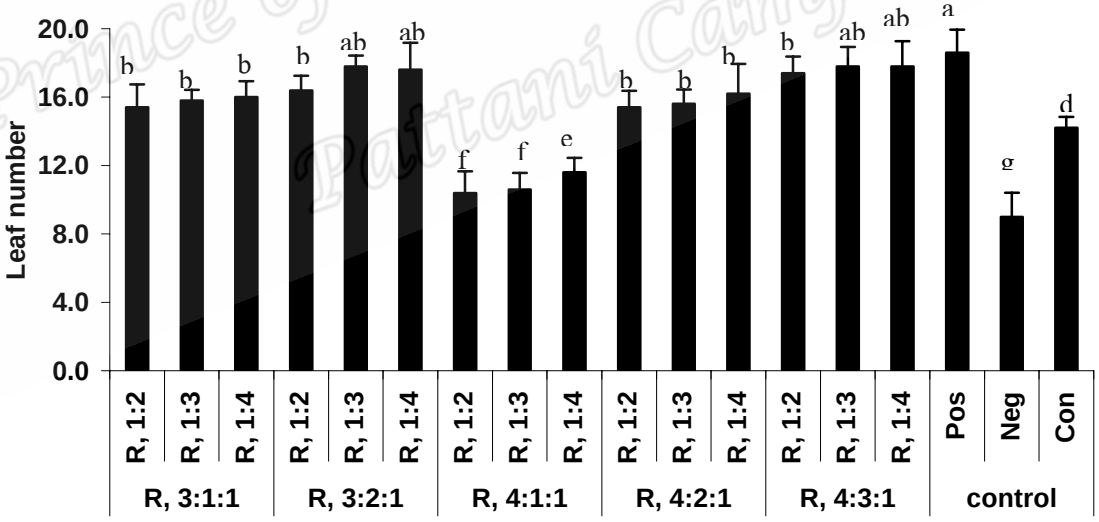
วัดความสูงของต้น ด้วยการเริ่มวัดที่ระยะห่างจากดิน 1 เซนติเมตร วัดขนาดของลำต้น (เส้นรอบวง) ตรงตำแหน่งเหนือข้อแรก (ใบเลี้ยงหลุดออก) ของแต่ละต้น และนับจำนวนใบ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.31-4.33 จะเห็นได้ว่า เมื่อเวลาปลูกนานขึ้น ต้นทานตะวันมีความสูง ขนาดลำต้น และจำนวนใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แสดงว่าต้นทานตะวันสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสัดส่วนของดิน : สารปรับปรุงดิน โดยชุดการทดลองที่ใช้สารปรับปรุงดิน กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM ขยายส่วน ในอัตราส่วน 4:3:1 ผสมกับดินในอัตราส่วนระหว่างสารปรับปรุงดิน: ดิน คือ 1:3 สามารถปลูกต้นทานตะวัน มีความสูง ขนาดลำต้น และจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใช้สารปรับปรุงดิน กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM ขยายส่วน เท่ากับ 3:2:1 ผสมกับดินในอัตราส่วน 1:3 โดยชุดการทดลองทั้งสองต้นทานตะวันมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการปลูกชุดควบคุมกลุ่มที่มีการเติมปุ๋ยทางการค้า นอกจากนี้การเปรียบเทียบทุกชุดการทดลองกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ทรายในการปลูก (Neg) พบว่าต้นทานตะวันมีความสูง ขนาดลำต้น และจำนวนใบ มากกว่า และต้นทานตะวันมีการเจริญเติบโตมากกว่าชุดควบคุมที่ใช้ดินอย่างเดียว (Con) ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM 4:1:1 ซึ่งต้นทานตะวันมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาการออกดอกของทานตะวัน พบว่าสอดคล้องกับ ความสูง ขนาดลำต้น และจำนวนใบ คือ ในชุดการทดลองที่ใช้สารปรับปรุงดินกากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM ขยายส่วน ในอัตราส่วน 4:3:1 พืชมีการออกดอกใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ปุ๋ยเคมี โดยเริ่มออกดดอกที่เวลา 37 วัน (ตารางที่ 4.5) ส่วนชุดการทดลองที่ใช้กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM 4:1:1 และชุดการทดลองที่ใช้ทรายเป็นกลุ่มควบคุม จะใช้เวลาในการออกดอกนานที่สุด (46 วัน)



รูปที่ 4.31 ความสูงของต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมชุดต่างๆ ที่เวลา 60 วัน



รูปที่ 4.32 ขนาด (เส้นรอบวง) ต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมชุดต่างๆ ที่เวลา 60 วัน



รูปที่ 4.33 จำนวนใบของต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมชุดต่างๆ ที่เวลา 60 วัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

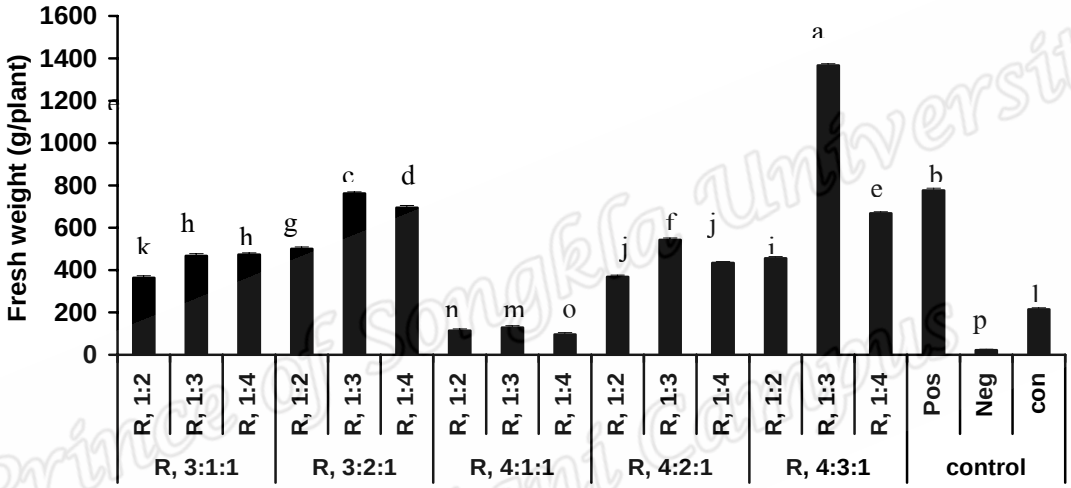
ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ทานตะวันเริ่มออกดอก

S:O:EM	SA:Soil	เวลาที่เริ่มออกดอก (วัน) (±SD)
R, 3:1:1	R, 1:2	39.2 (0.4)
	R, 1:3	39.0 (0.5)
	R, 1:4	39.3 (0.7)
R, 3:2:1	R, 1:2	39.0 (0.7)
	R, 1:3	38.2 (0.4)
	R, 1:4	38.4 (0.7)
R, 4:1:1	R, 1:2	47.2 (0.6)
	R, 1:3	46.9 (0.3)
	R, 1:4	46.6 (0.7)
R, 4:2:1	R, 1:2	38.5 (0.7)
	R, 1:3	38.1 (0.6)
	R, 1:4	38.5 (0.8)
R, 4:3:1	R, 1:2	37.7 (0.8)
	R, 1:3	37.2 (0.8)
	R, 1:4	37.1 (0.7)
Positive control	-	36.4 (0.7)
Negative control	-	52.5 (2.2)
control	-	44.3 (0.8)

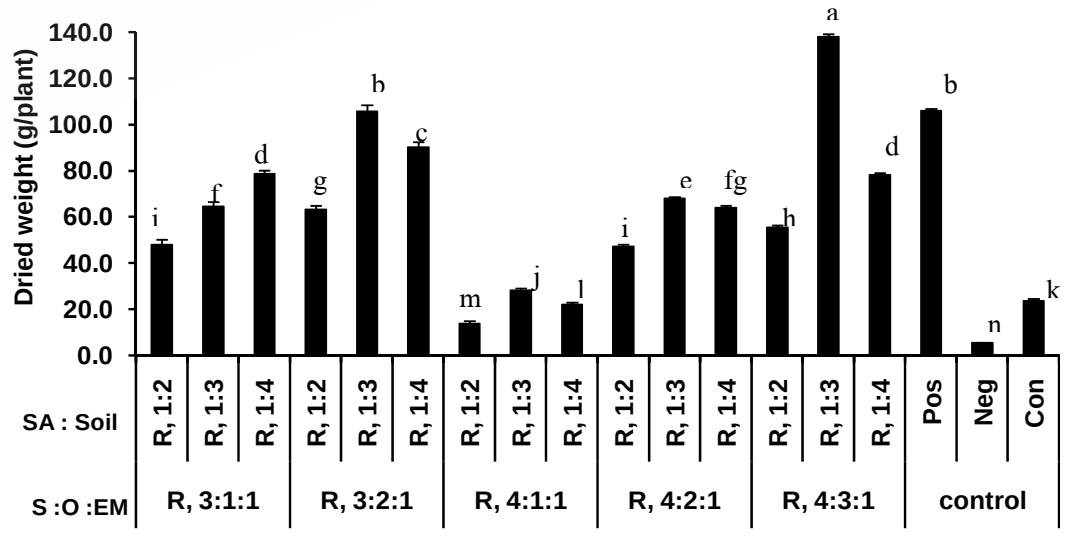
ผลการวิเคราะห์น้ำหนักสอ และน้ำหนักแห้งของต้นทานตะวันหลังการปลูก 60 วัน แสดงในรูปที่ 4.34-4.35 จะเห็นได้ว่าหลังจากเก็บเกี่ยวต้นทานตะวันที่เวลา 60 วัน น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นทานตะวันมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน ชุดการทดลองของสารปรับปรุงดินที่มี กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM ขยายส่วน อัตราส่วน 4:3:1 ผสมกับดินในอัตราส่วน 1:3 ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชมีค่าสูงสุด และมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้สารปรับปรุงดิน กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์ : EM ขยายส่วน เท่ากับ 3:2:1 ผสมกับดินในอัตราส่วน 1:3 ซึ่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นทานตะวันมีค่าเท่ากับชุดการทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมี การเจริญเติบโตของพืชในชุดการทดลองเหล่านี้ที่แตกต่างกันพบว่าสอดคล้องกับกรณีชุดการทดลองเหล่านี้มีจุลินทรีย์ในขั้นตอนการหมักจำนวนมากที่สุด (รูป 4.23)

Prince of Songkla University Pattani Campus

จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นทานตะวัน โดยมีแนวโน้มเดียวกับผลการทดลองของ Wu *et al.* (2005) ซึ่งศึกษาการปลูกข้าวโพด พบว่าจุลินทรีย์มีส่วนช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย รากพืชสามารถดูดแร่ธาตุเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตได้ง่ายขึ้น ทำให้ในระบบปลูกที่มีจำนวนจุลินทรีย์มากพืชมีการเจริญสูงกว่าในระบบปลูกที่มีจำนวนจุลินทรีย์น้อย นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์ของ EM ในการปลูกพืชหลายชนิด ได้แก่ ฝ้าย โดย Khaliq *et al.* (2006) ซึ่งรายงานการใช้สารอินทรีย์ร่วมกับ EM และการใช้ปุ๋ย NPK ร่วมกับ EM และสารอินทรีย์ทำให้ผลผลิตฝ้ายเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ในการปลูกยางพารา จรัญ (2542) พบว่า ต้นยางที่ได้รับ EM จะให้น้ำยางพาราสูงกว่าต้นยางที่ได้รับปุ๋ยเคมี



รูปที่ 4.34 น้ำหนักสดของต้นทานตะวันหลังปลูกในดินผสมชุดต่างๆ เป็นเวลา 60 วัน

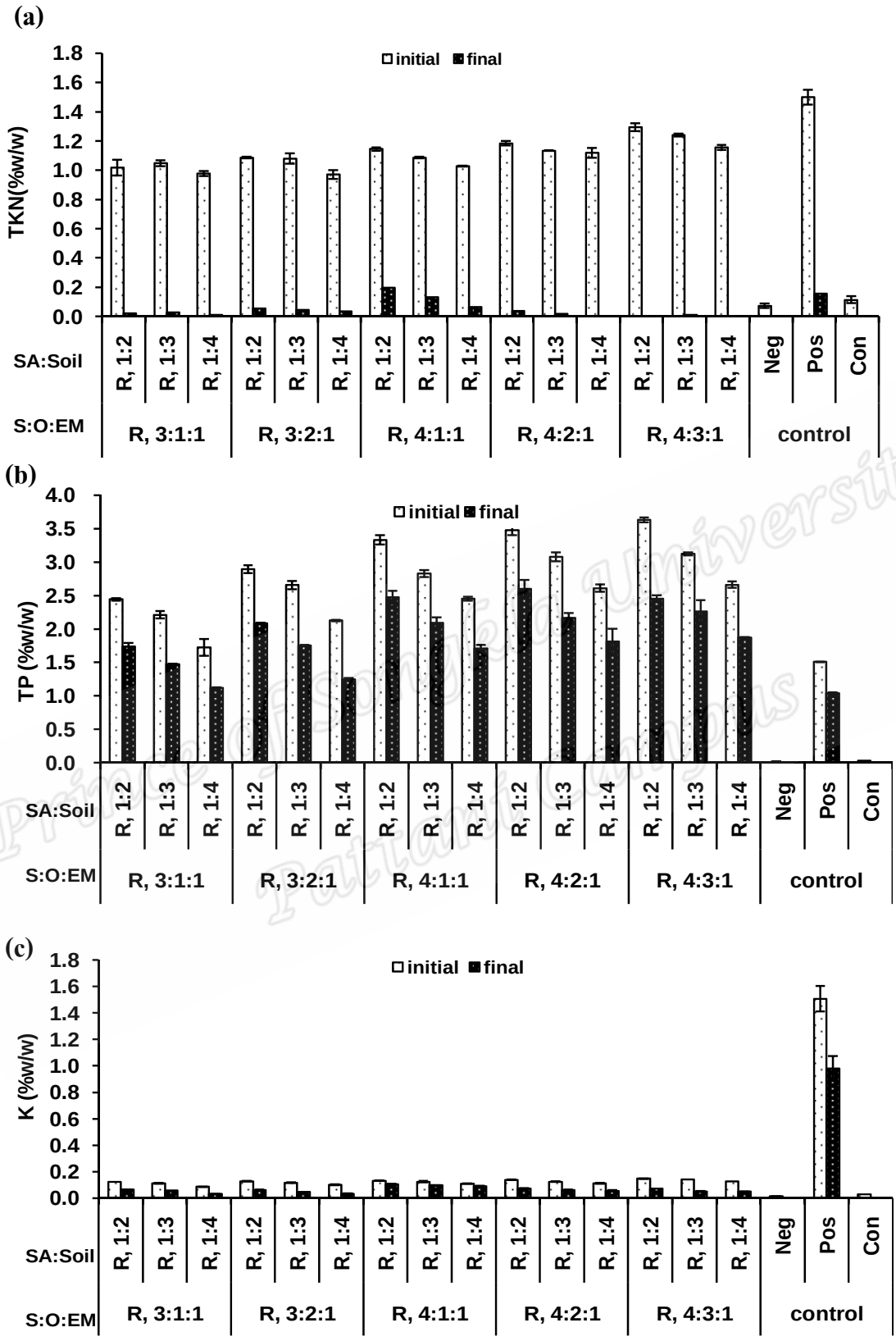


รูปที่ 4.35 น้ำหนักแห้งของต้นทานตะวันหลังปลูกในดินผสมชุดต่างๆ เป็นเวลา 60 วัน

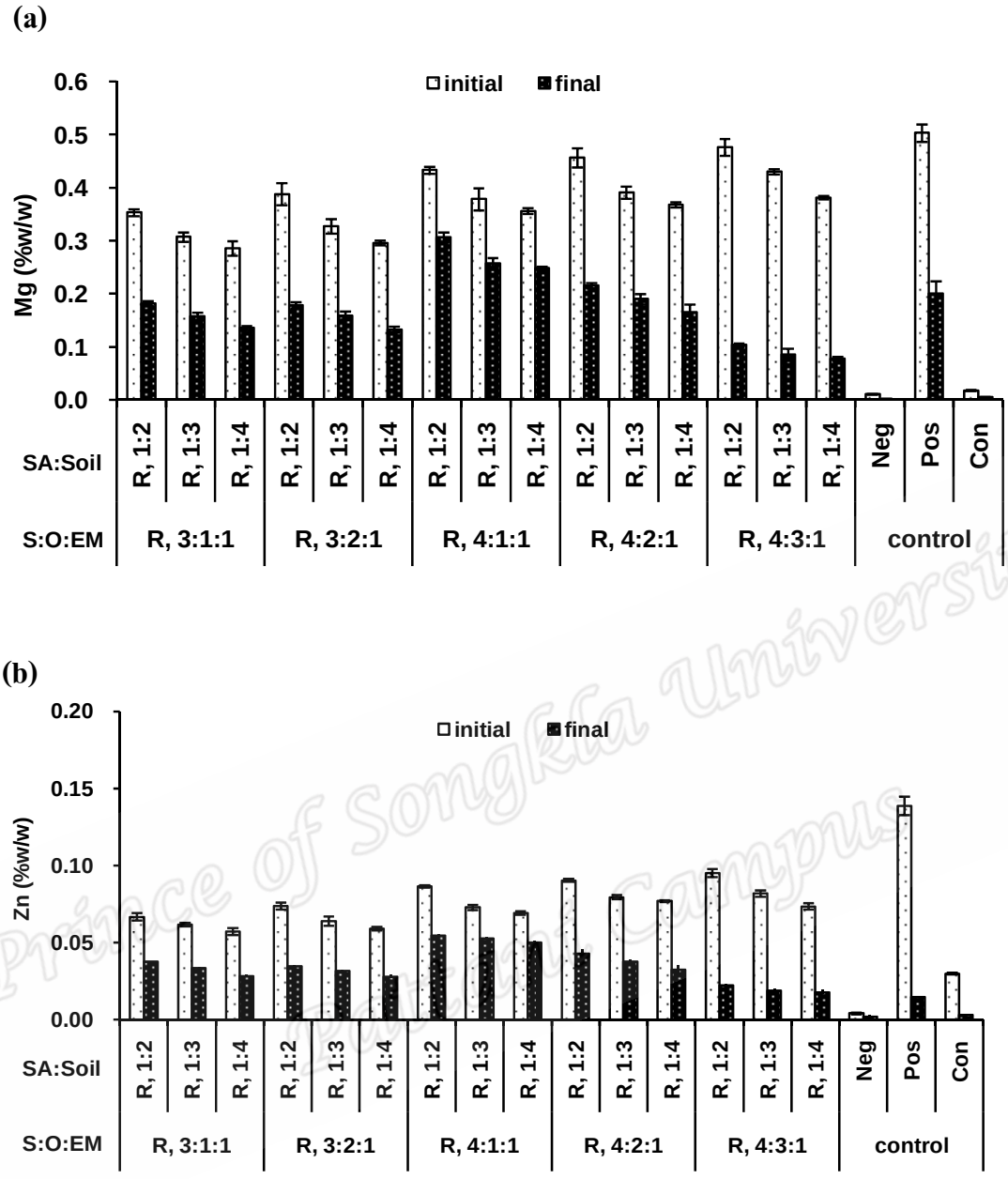
4.7 ปริมาณธาตุอาหารก่อนและหลังการปลูกทานตะวัน

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการหมักหลังการปลูกทานต้นตะวันที่ 60 วัน พบว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียม มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ภาคผนวก ซ) เริ่มต้นธาตุอาหารหลักในชุดการทดลองที่มีการเติมสารปรับปรุงดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.97-1.29 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.72-3.63 โพแทสเซียม 0.09-0.15 ตามลำดับ (รูปที่ 4.36) หลังปลูกที่ 60 วัน พบว่าไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณลดลงมากที่สุดในช่วงร้อยละ 83.0-99.8 เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ไนโตรเจนบางส่วนจะถูกเปลี่ยนจากแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งสามารถระเหยออกสู่บรรยากาศได้ จึงทำให้ไนโตรเจนส่วนหนึ่งหายไปด้วย สำหรับฟอสฟอรัสทั้งหมด มีปริมาณลดลงร้อยละ 25.7-41.3 ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่มากนัก เนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่ทำการวิเคราะห์เป็นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ อยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} (Mohanty *et al.*, 2006) สำหรับโพแทสเซียมลดลงในช่วงร้อยละ 17.3-62.7 เนื่องจากเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญในการสร้างและการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้งและน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโตและส่งไปเก็บไว้เป็นเสบียงที่หัวหรือที่ลำต้น (Soumaré *et al*., 2002)

นอกจากนี้การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย พบว่าชุดการทดลองที่มีการเติมสารปรับปรุงดินช่วงเริ่มต้นมีปริมาณร้อยละของธาตุอาหาร (รูปที่ 4.37) โดยมีปริมาณ แมกนีเซียมในช่วง 0.29-0.48 และสังกะสีในช่วง 0.06-0.10 ตามลำดับ หลังการปลูกต้นทานตะวัน 60 วัน พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 29.2-80.2 และ 27.5-77.0 ตามลำดับ โดยธาตุแมกนีเซียม มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการหายใจ ส่วนสังกะสีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์เมมเบรน และเอนไซม์บางชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วนระหว่าง กากขี้แป้ง :กากอินทรีย์ :EM 4:3:1 เป็นอัตราส่วนที่มีการลดลงของธาตุอาหารทุกชนิดมากที่สุด คือ TKN, TP, K, Mg และ Zn มีปริมาณลดลงร้อยละ 99.8, 27.7, 62.8, 80.3 และ 77.0 หากเปรียบเทียบการลดลงของธาตุอาหารกับชุดการทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี พบว่า TKN, TP, K, Mg และ Zn ลดลงร้อยละ 89.6, 31.2, 34.9, 60.2 และ 89.4 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารถูกใช้ไปในดินชุดทดลองต้นทานตะวันใช้ในการเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกันกับการใช้ปุ๋ยเคมี



รูปที่ 4.36 ปริมาณธาตุอาหารหลักก่อน และหลังการปลูกในดิน (60 วัน) ที่เติมสารปรับปรุง ดิน อัตราส่วนต่างๆ (a) ไนโตรเจนทั้งหมด (b) ฟอสฟอรัสทั้งหมดและ (c) โพแทสเซียม



รูปที่ 4.37 ปริมาณธาตุอาหารก่อน และหลังการปลูกในดิน (60 วัน) ที่เติมสารปรับปรุงดิน อัตราส่วนต่างๆ (a) แมกนีเซียม และ (b) สังกะสี

ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ในตัวอย่างต้นทานตะวันหลังการปลูก 60 วัน แสดงในรูปที่ 4.38 และ 4.39

ไนโตรเจนทั้งหมดในต้นทานตะวันที่ปลูกในดินที่ผสมสารปรับปรุงดินสัดส่วนต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.94-1.29 (รูปที่ 4.38) หากเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี มีไนโตรเจนร้อยละ 1.37 ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มที่ปลูกโดยการเติมสารปรับปรุงดิน ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่พืช

Prince of Songkla University Pattani Campus

ต้องการปริมาณมาก เป็นธาตุอาหารหลัก พืชโดยทั่วไปต้องการไนโตรเจน 1-2.5 โดยน้ำหนัก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบหลายชนิดในพืช เช่น โปรตีน คลอโรฟิลล์ (จำเป็น, 2547) ต้นทานตะวันที่ได้รับธาตุไนโตรเจนปริมาณพอเพียงสามารถเจริญเติบโตได้ดี ใบมีขนาดใหญ่และสีเขียวเข้ม นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ผลผลิตของพืชมีคุณภาพ (Putnam, 1990)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นทานตะวันพบว่าอยู่ในช่วง 0.61-1.28 (รูปที่ 4.38) ส่วนกลุ่มควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมี ฟอสฟอรัสทั้งหมดมีปริมาณร้อยละ 0.76 ซึ่งอยู่ในช่วงของกลุ่มที่ปลูกโดยการเติมสารปรับปรุงดิน ซึ่งโดยทั่วไปพืชมีความต้องการฟอสฟอรัสร้อยละ 0.3–0.5โดยน้ำหนักแห้ง โดยฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ อยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} จะช่วยในการเจริญของต้นอ่อน การเติบโตของเมล็ด ทำให้การออกดอกเป็นไปด้วยความปกติ (Thompson and Troeh, 1978) ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิดในพืช เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟไลปิด โปรตีน และเป็นองค์ประกอบของ ATP ทำให้การเจริญของรากและดอกเป็นไปตามปกติ (Jones, 1979)

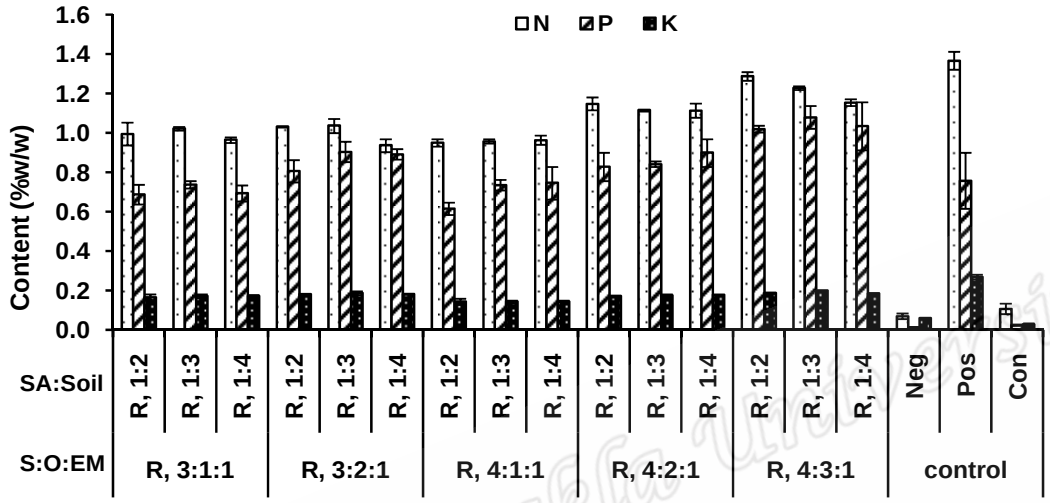
สำหรับธาตุโพแทสเซียมในต้นทานตะวัน มีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 0.14-0.20 ส่วนกลุ่มควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมีมีปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 0.27 (รูปที่ 4.38) จากข้อมูลของศรีสม (2544) รายงานว่า โดยทั่วไปปริมาณโพแทสเซียมส่วนใหญ่ที่พบในพืชมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.2-3.5 มีความสำคัญในการสร้างและการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้งและน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโตและส่งไปเก็บไว้ที่หัวหรือที่ลำต้น

ธาตุแมกนีเซียมและสังกะสีในต้นทานตะวัน (รูปที่ 4.39) อยู่ในช่วง 0.12-0.33 และ 0.02-0.06 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมี มีปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีร้อยละ 0.31 และ 0.12 ตามลำดับ จะเห็นว่าธาตุแมกนีเซียมและสังกะสีที่ปลูกในดินชุดทดลองมีปริมาณน้อย เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย (ธาตุอาหารรอง) พืชโดยทั่วไปต้องการแมกนีเซียมร้อยละ 0.15-0.35 โดยน้ำหนักแห้ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ส่วนธาตุสังกะสีเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อย โดย EPA (Environmental Protection Agency) ได้กำหนดให้กากตะกอนที่จะนำไปใช้ในการเกษตรกรรมได้ ต้องมีปริมาณสังกะสีต่ำกว่า 7500 ส่วนในล้านส่วน หรือ ร้อยละ 0.75 (Brady and Weil, 2002) ซึ่งสารปรับปรุงดินที่ใช้ในการปลูกทานตะวันมีปริมาณน้อยกว่าที่ EPA กำหนด จึงสามารถนำไปใช้ได้

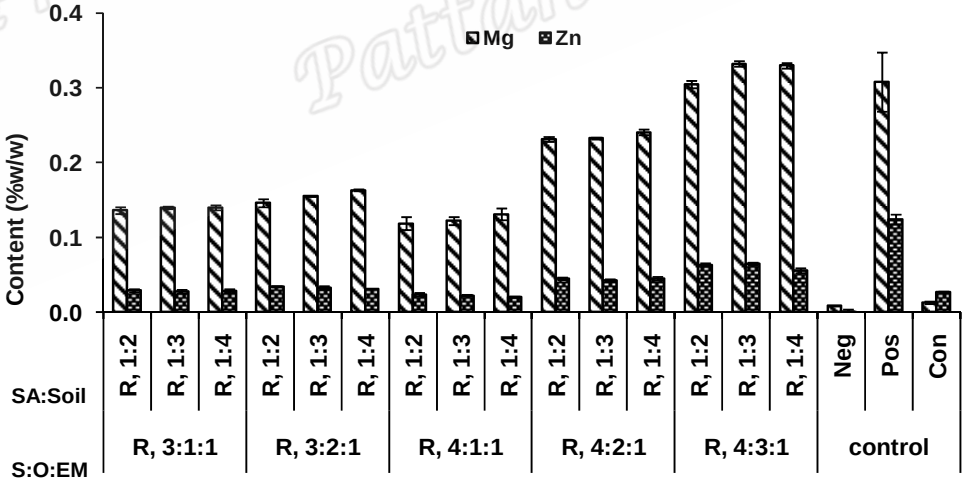
สารปรับปรุงดินที่ประกอบด้วย กากขี้แป้ง :กากอินทรีย์ : EM ขยายส่วน ในอัตราส่วน 4:3:1 และใช้สารปรับปรุงดิน: ดิน 1:3 ในการปลูกพืชทานตะวัน พบว่าปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในต้นพืชมีค่าสูงที่สุด คือมี TKN, TP, K, Mg และ Zn มีปริมาณร้อยละ 1.23, 1.08, 0.20, 0.33 และ 0.06

Prince of Songkla University Pattani Campus

เปรียบเทียบกับธาตุอาหารที่ตรวจพบซึ่งปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ TKN, TP, K, Mg และ Zn ร้อยละ 1.37, 0.76, 0.27, 0.31 และ 0.12 ตามลำดับ (ภาคผนวก ซ) แสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปใช้ในการปลูกทานตะวันแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้



รูปที่ 4.38 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียม ในต้นทานตะวันหลังปลูก 60 วัน



รูปที่ 4.39 ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในต้นทานตะวันหลังปลูก 60 วัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.8 การประเมินต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าของผลการตอบแทน

การนำสารปรับปรุงดินมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชทำได้โดยการเก็บกากขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นที่อยู่ในท้องถิ่น ซึ่งเป็นของเหลือใช้ที่โรงงานไม่ต้องการและหาวิธีกำจัด โดยเตรียมเป็นสารปรับปรุงดินประกอบด้วยกากขี้แป้ง:กากอินทรีย์: EM ขยายส่วน อัตราส่วน 4:3:1 โดยปริมาตร ซึ่งจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด

การประเมินต้นทุนการผลิตสารปรับปรุงดินจากกากขี้แป้งโรงงานน้ำยางข้นแสดงได้ดังนี้ ในขั้นตอนการเตรียมใช้กากขี้แป้ง : กากอินทรีย์: EM ขยายส่วน ในอัตราส่วน 8:6:2 โดยปริมาตร ต้องใช้กากขี้แป้ง 8 ลิตร หรือ 8.16 กิโลกรัม กากอินทรีย์ คือ มูลไก่ ขี้เลื่อย และรำข้าว อย่างละ 2 ลิตร (อัตราส่วน 1:1:1) 2.5, 1.9, และ 2.2 กิโลกรัมตามลำดับ

เตรียม EM ขยายส่วนปริมาตร 2 ลิตร โดยใช้ หัวเชื้อ EM 91 mL กากน้ำตาล 91 mL และ น้ำ 1820 mL (อัตราส่วน 1:1:20)

ในขั้นตอนการหมักต้องมีการปรับพีเอชกากขี้แป้งด้วยน้ำสมสายชู 5% โดยกากขี้แป้ง 8L ใช้น้ำส้มสายชู 300 mL (ขวดละ 750 mL) ทำการหมักเป็นเวลา 24 วัน จุลินทรีย์ EM ขยายส่วน สารปรับปรุงดินที่เตรียมได้จะถูกทำให้แห้งเพื่อจำหน่าย โดยสารปรับปรุงแบบเปียก 100 กิโลกรัม ได้สารปรับปรุงดินแบบแห้ง 43.6 กิโลกรัม

เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเป็นราคาต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับราคาขายของปุ๋ยเคมีในท้องตลาด คือ กิโลกรัมละ 30-50 บาท พบว่าการเตรียมสารปรับปรุงดินมีต้นทุน 6 บาทต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง (ไม่รวมค่าแรงงานและค่าขนส่ง) (ดังตารางที่ 4.6) แสดงว่าสารปรับปรุงดินที่เตรียมได้มีราคาต้นทุนการผลิตน้อย สามารถนำไปผลิตได้จริงและมีความคุ้มทุนในเชิงการค้า

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินต้นทุนการผลิต

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปริมาณที่ใช้	อัตราการคิดค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าวัสดุ			
กากขี้แป้ง	8.2 กิโลกรัม	กิโลกรัมละ 0 บาท	0
กากน้ำตาล	91 มิลลิลิตร	กิโลกรัมละ15 บาท	1
มูลไก่	2.5 กิโลกรัม	กิโลกรัมละ 1 บาท	3
รำข้าว	2.2 กิโลกรัม	กิโลกรัมละ 9 บาท	20
ขี้เลื่อย	1.9 กิโลกรัม	กิโลกรัมละ 2 บาท	4
หัวเชื้อ EM	91 มิลลิลิตร	ลิตรละ 90 บาท	8
น้ำส้มสายชู	300 มิลลิลิตร	ลิตรละ 13.3 บาท	4
น้ำหนักเปียกรวม~15.3 กิโลกรัม			
น้ำหนักแห้งรวม~ 6.7 กิโลกรัม			
ราคาต้นทุน			40
ราคาต้นทุน/กิโลกรัม			6 *

* ไม่รวมค่าแรงงานและค่าขนส่ง

Prince of Songkla University Pattani Campus