

ผลของน้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม ปลาแป้นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ผักกาดหอมห่อและดาวเรือง

Effects of Bioextract from Waste of Fish Meal Factory on Growth and Marketable Yield of Head Lettuce and Marigold

อารีรัตน์ ขณะรัตน์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตบางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์ และอนันต์ ปิริยะภักติกิจ

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เทคโนโลยี ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 10220

Areerat Kanarat and Kanita Tungkananuruk*

Department of Environmental Science, Faculty of environment, Kasetsart University,

Bangkheng Campus, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

Rochana Tangkoonboribun and Anan Piriya-phattarakit

Expert Center of Innovative Agriculture (InnoAg), Thailand Institute of Science and Technological Research,

Technopolis, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani 10220

Received: July 8, 2018; Accepted: August 15, 2018

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำของเหลือทิ้งจากโรงงานปลาแป้นมาใช้ประโยชน์ด้วยการนำมาผลิตเป็นน้ำหมักคุณภาพดี โดยศึกษาสัดส่วนวัตถุดิบและวิธีการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งโรงงานปลาแป้น ซึ่งพบว่าสัดส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสม คือ เลือดปลา 15 ลิตร : ก้างปลา 1 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 5 ลิตร และหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก 0.2 ลิตร หมักในถังหมักที่มีการกวนเป็นระยะ ๆ เป็นเวลา 21 วัน ทำให้ได้น้ำหมักที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) สูงที่สุดเท่ากับ 1.08-1.73-2.04 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งให้ธาตุอาหารรอง Mg, Ca และ S สูงที่สุดเท่ากับ 0.21, 0.19 และ 0.14 mg/L เมื่อนำน้ำหมักไปใช้พ่นเป็นปุ๋ยทางใบในอัตราการเจือจางด้วยน้ำ 1:150 สำหรับผักกาดหอมห่อ เปรียบเทียบกับปุ๋ยปลาทางการค้า พบว่าน้ำหมักจากวัสดุเหลือทิ้งโรงงานปลาแป้นช่วยให้ผักกาดหอมห่อมีการเจริญเติบโตมากกว่า โดยผักกาดที่ได้มีน้ำหนักสด 91.68 และ 81.39 กรัม ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำหมักที่ได้ไปปรุงเป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมีสูตร 3-3-3 แล้วนำไปทดสอบกับดาวเรือง เปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ พบว่าปุ๋ยอินทรีย์เคมี 3-3-3 ช่วยให้ต้นดาวเรืองมีการเจริญเติบโต

ทางต้น แต่ปริมาณและคุณภาพของดอกได้ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี โดยต้นดาวเรืองที่ให้ปุ๋ยอินทรีย์เคมีมีดอกขนาด 6.56 ซม. จำนวน 4.33 ดอกต่อต้น ขณะที่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตดอกขนาด 6.71 ซม. จำนวน 4.67 ดอกต่อต้น

คำสำคัญ : น้ำหมักชีวภาพ; กากของเสีย; โรงงานปลาป่น

Abstract

This study aimed to utilize waste of fish meal factory by converting waste into bioextract for plant. The recipe of making bioextract of major waste such as fish blood and bones together with other materials, molasse and lactic acid bacteria (LAB) was figured out. The trials revealed that the proper ratio of fish blood: fish bones: molasse: LAB suspension to obtain best quality of bioextract regarding its plant nutrients was 15 kg: 1 kg: 5 L: 0.2 L. The fermentation was done in plastic container with daily agitation for 21 days. The obtained emulsion contained 1.08-1.73-2.04 % of N-P-K, and 0.21, 0.19 and 0.14 mg/L of Mg, Ca and S that could be used as foliar fertilizer with 1 : 150 of dilution for leafy vegetable such as head lettuce. The growth promotion of lettuce by the fish waste bioextract was better than commercial fish emulsion providing 91.68 g FW of lettuce, while the commercial one was 81.39 g FW. Additionally, once the fish waste bioextract was brought to formulate as chemical organic fertilizer of 3-3-3 and used as side dressing fertilizer for marigold comparing with recommended chemical fertilizer application. The results turned out that there was no significant difference in terms of flower quantity and quality per plant. Flower diameter of 6.56 cm, 4.33 flowers/plant obtained when the marigold was applied with chemical organic fertilizer 3-3-3 from fish waste, while the diameter of 6.71 cm, 4.67 flowers/plant obtained from the marigold with recommended chemical fertilizer application.

Keywords: bioextract; waste; fishmeal factory

1. คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตปลาป่นจำนวนมาก โดยร้อยละ 65 ผลิตปลาป่นจากเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ เช่น การผลิตทูน่ากระป๋อง การผลิต Surimi การผลิตปลาสดแช่เย็นแช่แข็ง และอีกร้อยละ 35 ผลิตจากสัตว์น้ำที่จับได้จากธรรมชาติ ในกระบวนการผลิตปลาป่นนั้นจะเกิดของเสีย/ของเหลือทิ้งจากการขนส่ง คือ เลือดปลา และจากการคัดแยกวัตถุดิบ คือ เศษปลาและกระดูก โดยของเหลือทิ้งที่ผ่านการคัดแยกหากปล่อยทิ้งไว้ จะมีการเน่าเสียและมีแมลงวันมาไข่ทำให้เกิดหนอนเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาด้านอาชีวอนามัย

การนำของเหลือทิ้งจากปลา มาผลิตเป็นปุ๋ยปลาเป็นการใช้ประโยชน์ของเหลือทิ้ง (waste utilization) อีกทางหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูง โดยทั่วไปแล้วการหมักปุ๋ยปลา มักจะทำโดยใช้ปลาทั้งตัวเป็นวัตถุดิบในการหมัก ทำให้มีราคาต้นทุนค่อนข้างสูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) ธาตุอาหารพืชที่พบในน้ำหมักปลาและวัสดุเหลือใช้จากปลา ได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก ทองแดง แมงกานีส สังกะสี ซิลิกา ไอโอดีน โบรอน โซเดียม และธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังมีกรดอะมิโน และโปรตีนที่เกิดจากการย่อยสลาย โดยส่วนประกอบดังกล่าวนี้จะส่งผลในเชิงบวกต่อพืช เช่น

ช่วยเร่งการแตกยอดของพืช เร่งการออกดอกของพืช ช่วยให้ดอกไม้มีสีสด หรืออาจทำให้คุณภาพของผลไม้ในด้านรสชาติดีขึ้น (สุริยา, 2544) ดังนั้นการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากเลือดและเศษปลาจะเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานผลิตปลาแป้น และลดปัญหาที่เกิดจากการจัดการของเสียจากกระบวนการผลิตได้อีกทางหนึ่งด้วย

ประเด็นปัญหาและความเป็นไปได้ที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาวิธีการหมักที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานปลาแป้น และผลของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตด้วยวิธีการที่คัดเลือกได้ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของตัวแทนผักกาดใบ ได้แก่ ผักกาดหอมห่อและตัวแทนไม้ดอก ได้แก่ ดาวเรือง อันเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของน้ำหมักที่ผลิตได้อีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาสัดส่วนวัตถุดิบเพื่อการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมปลาแป้น

ของเหลือทิ้งจากโรงงานที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ได้แก่ น้ำเลือดปลา กระดูก และหัวปลา ใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน หัวเชื้อที่ใช้ในการหมัก ได้แก่ *Lactococcus lactis* IAA010 จากศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ วว. (เตรียมตามวิธีของกนกอร อัมพรายน, ไม่ได้ระบุในงานทดลองนี้) โดยแปรผันปริมาณวัตถุดิบในการหมักตามตำรับต่าง ๆ ดังนี้ (1) ตำรับที่ 1 เลือดปลาสด 15 ลิตร : ก้างปลา 1 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 5 ลิตร (2) ตำรับที่ 2 เลือดปลาต้มสุก 15 ลิตร : ก้างปลา 1 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 5 ลิตร (3) ตำรับที่ 3 เลือดปลาสด 15 ลิตร : ก้างปลา 1 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 5 ลิตร : หัวเชื้อ 0.2 ลิตร และ (4) ตำรับที่ 4 เลือดปลาต้มสุก 15 ลิตร : ก้างปลา 1 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 5 ลิตร : หัวเชื้อ 0.2 ลิตร ซึ่งหรือตัววัตถุดิบตามปริมาณที่กำหนดใส่ลงในถัง

พลาสติกขนาด 25 ลิตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน ปิดปากถังพลาสติกให้สนิท เปิดฝาดังเพื่อควนให้เข้ากันนานประมาณ 2-3 นาที วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 21 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากแต่ละตำรับไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช และสมบัติบางประการตามที่กำหนดในมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่อง electrical conductivity ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) ด้วยวิธี spectrophotometric molybdo-vanado-molybdate โพแทสเซียมทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (K_2O) แคลเซียม (Ca) และโซเดียม (Na) ด้วยวิธี flame photometric และปริมาณธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม และโลหะหนักด้วยวิธี atomic absorption spectroscopy (กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย, 2541)

2.2 ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

2.2.1 ผักกาดหอมห่อ

ทดสอบผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมห่อ โดยก่อนการนำน้ำหมักไปใช้ ผสมน้ำหมักกับเบนโทไนท์ในสัดส่วน 1 : 1 (w/v) ควนให้เข้ากันและพักไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นรินเอาส่วนของเหลวไปทดสอบ

เมล็ดผักกาดหอมห่อที่ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ยี่ห้อศรแดง มีอัตราการงอก 97 % นำมาเพาะในพีทมอส 15 วัน แล้วย้ายลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่บรรจุดินร่วนจังหวัดสระแก้ว แผนการทดลองเป็นแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์จำนวน 7 ตำรับ ตำรับละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้ (1) ตำรับทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) (2) ตำรับทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 0.6 กรัม ต่อต้น) (3) ตำรับทดลองที่ 3 ปุ๋ยปลาทางการค้า อัตรา 12.5 กรัม ต่อต้น (4) ตำรับทดลองที่ 4 น้ำ

หมักชีวภาพตำรับที่ 1 เจือจางด้วยน้ำ 1:150 อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อต้น (5) ตำรับทดลองที่ 5 น้ำหมักชีวภาพตำรับที่ 2 เจือจางด้วยน้ำ 1:150 อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อต้น (6) ตำรับทดลองที่ 6 น้ำหมักชีวภาพตำรับที่ 3 เจือจางด้วยน้ำ 1:150 อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อต้น และ (7) ตำรับทดลองที่ 7 น้ำหมักชีวภาพตำรับที่ 4 เจือจางด้วยน้ำ 1:150 อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อต้น

โดยให้ปุ๋ยและน้ำหมักตำรับต่าง ๆ ด้วยการฉีดพ่นทางใบทุก 1 สัปดาห์ หลังการย้ายกล้า บันทึกความสูงต้น ความกว้างใบ และจำนวนใบทุก ๆ 7 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง 4 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวส่วนที่บริโภคได้ไปหาค่าอาหารและน้ำหนักรากแห้ง นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

2.2.2 ดาวเรือง

เลือกน้ำหมักชีวภาพตำรับที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด (สูตรที่ 1) เพื่อนำไปทดสอบกับดาวเรือง โดยก่อนนำน้ำหมักไปใช้ผสมกับเบนโทไนท์ในสัดส่วน 1:1 (w/v) กวนให้เข้ากันในตำรับที่ 5-7 นำน้ำหมักผสมเบนโทไนท์ไปผสมกับปุ๋ยเคมีและวัสดุอื่น ๆ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมีสูตรต่าง ๆ หลังจากคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันดี นำไปอัดเม็ด ผึ่งแดดจนแห้งดีก่อนนำไปใช้ทดสอบกับพืช รายละเอียดตำรับปุ๋ยที่ใช้ในการทดสอบกับดาวเรืองดังต่อไปนี้ (1) ตำรับการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) (2) ตำรับการทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (สูตร 15-15-15 อัตรา 10 กรัม/กระถาง) (3) ตำรับการทดลองที่ 3 ปุ๋ยปลาทางการค้า อัตรา 12.5 กรัม ต่อต้น (4) ตำรับการทดลองที่ 4 น้ำหมักชีวภาพ + เบนโทไนท์ อัตรา 10 กรัม/กระถาง (5) ตำรับการทดลองที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์เคมี สูตร 3-3-1 (น้ำหมักชีวภาพ+เบนโทไนท์ + ยูเรีย 34 กรัม + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟส 43 กรัม + ซีอิ๊วกลาย

ปาล์ม 0 กรัม) อัตรา 10 กรัม ต่อกระถาง (6) ตำรับการทดลองที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์เคมี สูตร 3-3-2 (น้ำหมักชีวภาพ + เบนโทไนท์ + ยูเรีย 34 กรัม + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟส 43 กรัม + ซีอิ๊วกลายปาล์ม 65 กรัม) อัตรา 10 กรัม ต่อกระถาง และ (7) ตำรับการทดลองที่ 7 ปุ๋ยอินทรีย์เคมี สูตร 3-3-3 (น้ำหมักชีวภาพ + เบนโทไนท์ + ยูเรีย 34 กรัม + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟส 43 กรัม + ซีอิ๊วกลายปาล์ม 130 กรัม) อัตรา 10 กรัม ต่อกระถาง

การทดลองกระทำแบบสุ่มสมบูรณ์ 7 ตำรับ สำหรับละ 3 ซ้ำ โดยเฉพาะเมล็ดดาวเรือง (ยี่ห้อสรแดง อัตราการงอก 97 เปอร์เซ็นต์) ในถาดเพาะกล้าที่บรรจุพีทมอส เมื่อต้นกล้ามีใบแท้ 1 คู่ ย้ายปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ใส่ปุ๋ยเมื่อดาวเรืองมีอายุ 28 วัน ซึ่งต้นดาวเรืองจะมีใบจริงครบ 4 คู่ และเด็ดปลายยอดทิ้งเพื่อกระตุ้นให้แตกกิ่งข้าง ดูแลรดน้ำวันละ 2 ครั้ง ในช่วง 7 วันแรก จากนั้นลดเหลือวันละ 1 ครั้ง หลังจากย้ายต้นกล้าปลูก 35 วัน บันทึกความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ จำนวนดอก เส้นผ่านศูนย์กลางดอก ความยาวก้านดอก และน้ำหนักรากและน้ำหนักรากแห้งของต้น และดอกดาวเรือง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 สัดส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งอุตสาหกรรมปลาป่น

การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวของ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2550) ของน้ำหมักชีวภาพทั้ง 4 ตำรับ พบว่ามีค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ค่า EC ปริมาณ Na และค่า pH ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (ตารางที่ 1) โดยทุกตำรับมีค่า EC สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน 1.05-1.24 เท่า ซึ่งอาจเป็น

ผลมาจากการที่วัตถุดิบเป็นปลาทะเลจึงมีความเค็มสูง ตำรับที่มีค่า EC สูงที่สุด คือ ตำรับที่ 4 รองลงมาคือ ตำรับที่ 2, 1 และ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.45, 22.18, 21.34 และ 20.49 dS/m ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตำรับที่มีค่า EC สูงสุด 2 อันดับแรก คือ ตำรับที่ใช้เลือดปลาต้มสุก อาจเป็นเพราะการต้มทำให้น้ำระเหยไปบางส่วน จึงทำให้เลือดปลาที่เหลือเข้มข้น ปริมาณไอออนต่อปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า EC ที่วัดได้สูงกว่าเลือดปลาสด และเมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ EC จะเห็นว่าค่า EC แปรผันตรงกับปริมาณ Na ที่ตรวจพบในน้ำหมักชีวภาพ กล่าวคือ ทุกตำรับมีปริมาณ Na สูงเกินมาตรฐาน (2.25-2.75 เท่า) และตำรับที่ 4 ที่มีค่า EC สูงที่สุด ก็มีปริมาณ Na สูงสุดเช่นกัน นั่นเป็นเพราะค่า EC คือ ค่าความสามารถในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าของน้ำ ซึ่งเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น ไอออนลบของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต หรือไอออนบวกของโซเดียม แมกนีเซียม แคล슘 และอะลูมิเนียมนั่นเอง (การประปานครหลวง, 2561) นอกจากนี้ น้ำหมักชีวภาพที่ได้เกือบทุกตำรับมีค่า pH ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ยกเว้นตำรับที่ 2 ที่มีค่าเท่ากับ 5.37 ผ่านตามเกณฑ์ ส่วนตำรับที่ 4 มีค่า 4.45 ต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ตำรับที่ 1 และ 3 มีค่าค่อนข้างต่ำ จะเห็นว่าตำรับที่ใช้วัตถุดิบในการหมักเป็นเลือดปลาต้มสุก (ตำรับ 2 และ 4) ได้น้ำหมักชีวภาพที่มีค่า pH สูงกว่าตำรับที่ใช้เลือดปลาสด (ตำรับ 1 และ 3)

เมื่อพิจารณาธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้ พบว่าการใช้วัตถุดิบเป็นเลือดปลาสุกจะให้ธาตุอาหาร N-P-K สูงกว่าการใช้วัตถุดิบเลือดปลาสด และตำรับที่มีการเติมหัวเชื้อ *L. lactis* IAA010 น้ำหมักให้ธาตุอาหาร N-P-K สูงกว่าตำรับที่ไม่เติม และสิ่งที่สังเกตได้อีกประการหนึ่ง คือ ตำรับที่เติมหัวเชื้อมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ระหว่างการหมักน้อยกว่าตำรับที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อ

ซึ่ง McDonald และคณะ (1991) กล่าวว่ากรดแลคติกภายใต้สภาพไร้ออกซิเจนทำให้ค่า pH ในพืชหมักลดลง มีผลทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการลดจำนวนลง เนื่องจากไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความเป็นกรดได้ ถ้าปริมาณกรดแลคติกที่จุลินทรีย์ผลิตได้มีมาก แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเองก็จะหยุดการเจริญเติบโตด้วยเช่นกัน ทำให้พืชหมักเข้าสู่สภาวะคงที่ แบคทีเรียหยุดการใช้สารอาหาร ทำให้เหลือปริมาณสารอาหารในพืชหมักมากขึ้น ลดการสูญเสียโภชนา เช่น โปรตีน ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) สำหรับปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ Mg, Ca, S และธาตุอาหารเสริม Fe, Cu, Zn ในน้ำหมัก จากผลวิเคราะห์พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ได้มีปริมาณ Mg 0.17-0.21 mg/L, Ca 0.12-0.19 mg/L และ S 0.09-0.14 mg/L ปริมาณธาตุอาหารเสริม Fe 21.69-22.29 mg/L, Cu 0.74-0.92 mg/L และ Zn 1.97-2.94 mg/L เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบพบว่าปริมาณ Mg และ S ของน้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งอุตสาหกรรมปลาป่นที่ได้มีค่าต่ำกว่าปริมาณ Mg และ S (0.24 mg/L และ 0.20 mg/L) ที่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลาที่ระบุในเอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีของ กรมพัฒนาที่ดิน (2549) อยู่เล็กน้อย แต่ปริมาณ Ca ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้มีค่าต่ำกว่า Ca (1.66 mg/L) ที่พบในน้ำหมักชีวภาพจากปลาของกรมพัฒนาที่ดินถึงประมาณ 10 เท่า

โดยน้ำหมักชีวภาพตำรับที่ 3 มีปริมาณธาตุอาหารหลักและรองมากที่สุด แต่เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพที่ได้มีสมบัติบางประการไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้กับพืช โดยเฉพาะค่า EC และปริมาณ Na ที่สูงมากเกินไป จึงได้มีการเติมเบนโทไนท์ในอัตราส่วน 1:1 (w/v) เพื่อปรับลดค่าดังกล่าว และเมื่อนำของเหลวที่ได้หลังจากการเติมเบนโทไนท์ไปตรวจวิเคราะห์ค่า EC ปริมาณ Na และ pH ผลปรากฏดังแสดงในตารางที่ 2 นั่นคือ ค่า pH

เพิ่มขึ้นและค่า EC ลดลงจนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้ในภาคสาหร่ายของ วัฒรัตน์ (2553) มีค่า pH ที่ใกล้เคียงกัน และค่า EC มีปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำหมักที่ทดลองเพียงเล็กน้อย ปริมาณ Na ลดลงเพียงเล็กน้อยในทุกตัวรับ อาจเป็นเพราะเบนโทไนท์เป็นดินเหนียวที่มีโครงสร้างที่ผิวหน้าละเอียดสามารถ

ดูดยึดไอออนบวกและตกตะกอนโปรตีนที่ไวต่อความร้อนได้ดี ไอออนบวกชนิดอื่น ๆ ยกเว้น Na ที่มีอยู่ในน้ำหมักอาจไปแทนที่ Na⁺ ในเบนโทไนท์ทำให้ค่า EC ลดลง แต่ปริมาณ Na ไม่ลดลง และในสภาวะที่เป็นกรดจะช่วยเพิ่มประจุบวกให้กับโปรตีนทำให้เบนโทไนท์ทำหน้าที่ตกตะกอนได้ดีขึ้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2558)

ตารางที่ 1 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมปลาป่นตัวรับต่าง ๆ

ลำดับที่	สมบัติ	ค่ามาตรฐาน	ปริมาณที่พบในน้ำหมักชีวภาพ			
			ตัวรับที่ 1	ตัวรับที่ 2	ตัวรับที่ 3	ตัวรับที่ 4
1	Total N (%)	>0.5	1.01	1.06	1.08	1.13
	Total P ₂ O ₅ (%)	>0.5	1.67	1.27	1.73	1.37
	Total K ₂ O (%)	>0.5	1.23	1.61	2.04	1.53
2	EC (dS/m)	<10*	21.34	22.18	20.49	22.45
3	OM (%)	>10	12.77	13.13	19.49	13.10
4	Na (%)	<1	3.50	3.50	3.25	3.75
5	pH	4.5-8.5	4.28	5.37	4.21	4.45
6	Mg (mg/L)	-	0.18	0.17	0.21	0.19
7	Ca (mg/L)	-	0.12	0.17	0.19	0.18
8	S (mg/L)	-	0.09	0.11	0.14	0.10
9	Fe (mg/L)	-	22.29	21.69	22.21	22.29
10	As (mg/L)	<50	0.92	0.24	0.96	0.77
11	Cd (mg/L)	<5	0.01	0.01	0.01	0.01
12	Cr (mg/L)	<300	0.01	0.01	0.01	0.02
13	Cu (mg/L)	<500	0.81	0.74	0.92	0.75
14	Pb (mg/L)	<500	0.92	0.24	0.96	0.61
15	Zn (mg/L)	<5.00	2.12	1.97	2.35	2.94

3.2 ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งอุตสาหกรรมปลาป่นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

3.2.1 ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกาดหอมห่อ

พบว่าปุ๋ยและน้ำหมักมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมห่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักกาดหอมในตำรับการทดลองที่ 2 (ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ) มีความสูงต้น จำนวนใบและขนาดใบ

ใหญ่ที่สุด (16.7 ใบ 81.66 ตร.ซม.) รองลงมา คือ ผักกาดหอมที่ฟันใบในตำรับการทดลองที่ 6 (น้ำหนักชีวภาพตำรับที่ 3) (14.0 ใบ 61.70 ตร.ซม.) ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3 เช่นเดียวกันกับชีวมวลส่วนเหนือดินของผักกาดหอมในตำรับการทดลองที่ 2 (ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ) มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุดเท่ากับ 130.16 ± 1.37 และ 1.27 ± 1.21 กรัม ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 รองลงมา คือ ผักกาดหอมที่ฟันใบในตำรับการทดลองที่ 6 (น้ำหนักชีวภาพตำรับที่ 3) มีน้ำหนักสดและแห้งของต้นเท่ากับ 91.68 ± 0.99 และ 0.85 ± 0.66 กรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ สุพจน์ (2544) ที่พบว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพจากปลาส่งผลให้ผักกาดหอม

มีการเจริญเติบโตด้านความกว้างและความสูงของใบในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 สมบัติทางประการของน้ำหมักชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงหลังการเติมเบนโทไนท์

น้ำหมักชีวภาพหลังปรับปรุงด้วยเบนโทไนท์	pH	EC (dS/m)	Na (%)
ตำรับที่ 1	5.30	9.41	3.40
ตำรับที่ 2	5.27	9.68	2.84
ตำรับที่ 3	4.94	8.96	3.41
ตำรับที่ 4	5.18	9.22	3.01

ตารางที่ 3 จำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และพื้นที่ใบของผักกาดหอมห่อที่ได้รับธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

ตำรับการทดลอง	จำนวนใบ	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
ตำรับการทดลองที่ 1 (A)	11.67 ± 1.53^c	7.63 ± 0.65^c	4.30 ± 0.82^c	5.30 ± 0.80^c	18.17 ± 0.95^c
ตำรับการทดลองที่ 2 (B)	16.67 ± 0.58^a	13.33 ± 1.08^a	8.90 ± 0.98^a	11.40 ± 1.45^a	81.66 ± 0.74^a
ตำรับการทดลองที่ 3 (C)	13.33 ± 0.58^b	11.57 ± 0.93^b	5.53 ± 0.94^b	7.67 ± 0.80^b	34.77 ± 0.68^b
ตำรับการทดลองที่ 4 (D)	11.33 ± 0.58^{bc}	11.70 ± 0.46^b	6.97 ± 1.00^{ab}	8.60 ± 0.95^b	47.80 ± 0.42^b
ตำรับการทดลองที่ 5 (E)	12.33 ± 0.58^{bc}	10.87 ± 0.72^b	7.58 ± 0.95^b	8.47 ± 0.74^b	49.84 ± 0.57^b
ตำรับการทดลองที่ 6 (F)	14.00 ± 1.00^a	12.43 ± 0.93^{ab}	8.17 ± 0.70^a	9.60 ± 0.75^a	61.74 ± 0.77^a
ตำรับการทดลองที่ 7 (G)	13.33 ± 0.58^b	9.13 ± 0.60^{bc}	6.50 ± 0.82^b	8.03 ± 0.65^b	41.63 ± 0.51^b
F-test	*	*	*	*	*
C.V. (%)	0.16	0.18	0.23	0.22	0.42

^{a,b,c} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละพารามิเตอร์/แถวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT; * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

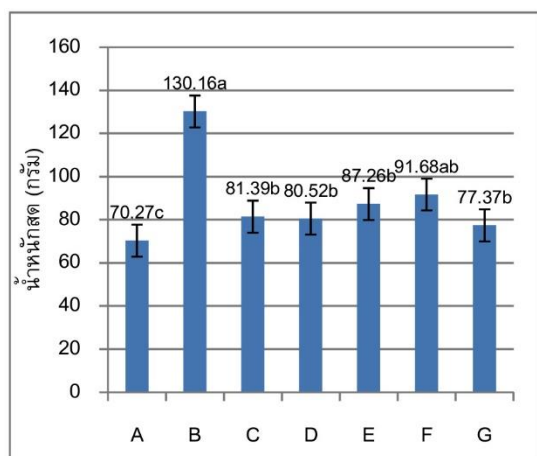
3.2.2 ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรือง

พบว่าตำรับการทดลองที่ 2 (ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ) ส่งผลให้ต้นดาวเรืองมีขนาดลำต้น

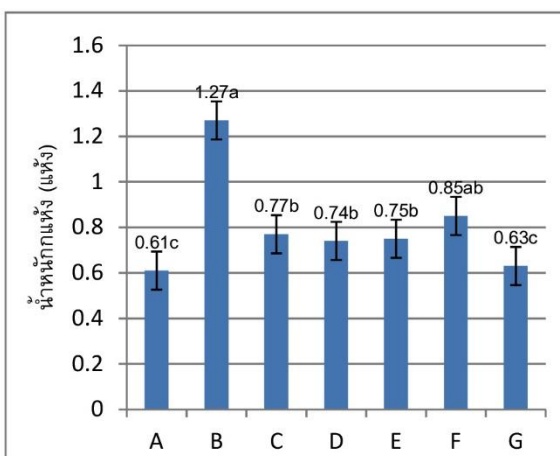
ใหญ่ที่สุดเท่ากับ 1.46 ซม. รองลงมา คือ ต้นดาวเรืองในตำรับการทดลองที่ 7 (ปุ๋ยอินทรีย์เคมีสูตร 3-3-3) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้น 1.10 ซม. แต่ในด้านความสูง ต้นดาวเรืองที่ได้รับปุ๋ยเคมี

มีความสูงน้อยกว่าตารับอื่น ๆ ยกเว้นต้นดาวเรืองในตำรับการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) อยู่เพียงเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาปริมาณและคุณภาพของดอกดาวเรืองพบว่าจำนวนดอกต่อต้นของดาวเรืองที่ได้รับธาตุอาหารต่างกันไม่มีความแตกต่างกันในทุกตำรับการทดลอง โดยดอกดาวเรืองในตำรับการทดลองที่ 4 (น้ำหมักชีวภาพ + เบนโทไนท์) มีขนาดเล็กกว่าดอกดาวเรืองที่ได้รับสารอาหารในรูปแบบอื่น ๆ ทุกชนิด ยกเว้นตำรับการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แต่มีความยาวของก้านดอกมากที่สุด ในขณะที่ดอกดาวเรืองจากตำรับการทดลองที่ 2

(ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ) มีขนาดดอกใหญ่ที่สุด (6.71 ซม.) แต่มีความยาวก้านดอกสั้นที่สุด (7.33 ซม.) (ตารางที่ 4) โดยสามารถเรียงลำดับขนาดของดอกได้ดังนี้ ตำรับการทดลองที่ 1 < ตำรับการทดลองที่ 4 < ตำรับการทดลองที่ 3 < ตำรับการทดลองที่ 5 < ตำรับการทดลองที่ 6 < ตำรับการทดลองที่ 7 < ตำรับการทดลองที่ 2 ส่วนความยาวของก้านดอกเรียงลำดับได้ดังนี้ ตำรับการทดลองที่ 2 < ตำรับการทดลองที่ 1 < ตำรับการทดลองที่ 6 < ตำรับการทดลองที่ 3 < ตำรับการทดลองที่ 5 < ตำรับการทดลองที่ 7 < ตำรับการทดลองที่ 4



(ก) น้ำหนักสดผักกาดหอมต่อ



(ข) น้ำหนักแห้งผักกาดหอมต่อ

รูปที่ 1 น้ำหนักสดผักกาดหอมต่อ (ก) และน้ำหนักแห้งผักกาดหอมต่อ (ข)

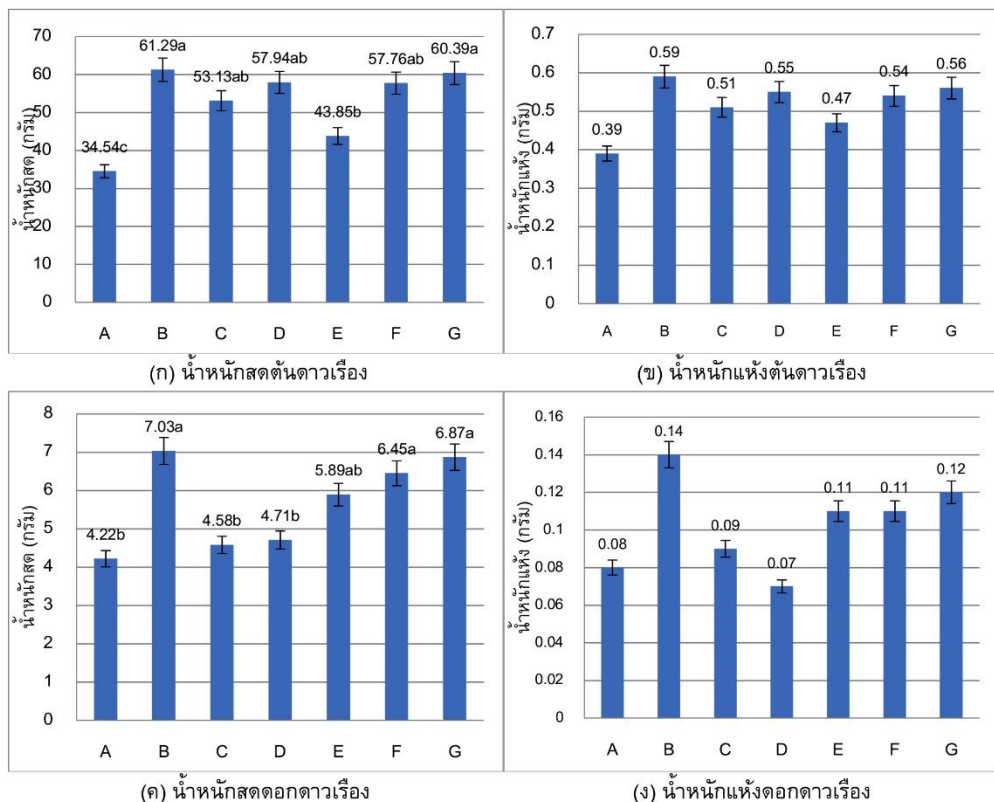
เมื่อพิจารณาน้ำหนักดอกดาวเรืองพบว่าดอกดาวเรืองที่ได้จากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์สูตร 3-3-2 และ 3-3-3 มีน้ำหนักดอกมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 2 อาจเนื่องมาจากน้ำหมักชีวภาพที่ได้มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการค่อนข้างสูง เมื่อผสมกับปุ๋ยเคมีกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมีจึงส่งเสริมให้ดาวเรืองมีการเจริญเติบโตที่ดี และการเติมขี้เถ้าทลายปาล์มลงไปในปุ๋ยทำให้ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งธาตุอาหารโพแทสเซียมช่วยในการพัฒนาดอกดีขึ้น ส่งผลต่อ

ขนาดของดอกของดาวเรือง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิธนา (2556) ที่พบว่าผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง จากการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้น้ำหนักดอกรวมของดาวเรืองสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใช้น้ำหมักชีวภาพจากปลาร่วมกับปุ๋ยเคมีที่ให้อัตราการเจริญของน้ำหนักดอกเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์เคมี 3-3-3

ตารางที่ 4 ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นและดอกของดาวเรือง

ตำรับการทดลอง	ต้น			ดอก		
	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนใบ	ความยาวก้านดอก (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (ซม.)	จำนวนดอก
ตำรับการทดลองที่ 1 (A)	0.70±0.06 ^c	35.70±0.65 ^c	14.33±1.53 ^c	8.33±1.53 ^{ab}	4.33±0.54 ^c	1.67±0.57 ^b
ตำรับการทดลองที่ 2 (B)	1.46±0.25 ^a	45.67±1.15 ^b	31.33±2.08 ^a	7.33±1.54 ^b	6.71±0.92 ^a	4.67±0.58 ^a
ตำรับการทดลองที่ 3 (C)	1.00±0.10 ^{ab}	41.83±1.26 ^b	27.33±1.53 ^{ab}	9.67±0.58 ^a	6.00±0.10 ^{ab}	3.67±1.15 ^a
ตำรับการทดลองที่ 4 (D)	1.07±0.15 ^{ab}	47.83±1.04 ^b	28.67±2.08 ^{ab}	10.50±1.00 ^a	5.86±0.49 ^b	3.67±0.58 ^{ac}
ตำรับการทดลองที่ 5 (E)	0.87±0.12 ^b	52.00±1.32 ^a	24.67±1.53 ^{bc}	10.00±0.82 ^a	6.27±0.15 ^{ab}	4.00±1.00 ^a
ตำรับการทดลองที่ 6 (F)	1.07±0.15 ^b	52.50±1.32 ^a	22.67±1.53 ^{bc}	9.25±0.50 ^a	6.40±0.20 ^{ab}	4.00±1.00 ^a
ตำรับการทดลองที่ 7 (G)	1.10±0.20 ^{ab}	53.17±0.76 ^a	27.33±1.53 ^b	10.25±0.95 ^a	6.56±0.97 ^a	4.33±0.58 ^a
F-test	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	0.23	0.14	4.55	0.12	0.13	0.49

a,b,c ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละพารามิเตอร์แถวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT; * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 2 น้ำหนักสดต้นดาวเรือง (ก) น้ำหนักแห้งต้นดาวเรือง (ข) น้ำหนักสดดอกดาวเรือง (ค) และน้ำหนักแห้ง (ง)

4. สรุป

การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมปลาป่นที่เหมาะสม คือ ใช้เล็ดยปลาสด 15 ลิตร : ก้างปลา 1 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 5 ลิตร : หัวเชื้อแลคติก 0.2 ลิตร หมักในถังขนาด กวนเข้า-เย็น เป็นเวลา 21 วัน หลังจากได้น้ำหมักชีวภาพจากปลาแล้ว เติมน้ำ 20 กิโลกรัม แช่เป็นเวลา 30 นาที ก่อนรินเอาส่วนเหลวมาใช้เป็นปุ๋ยทางใบสำหรับผักใบ เช่น ผักกาดหอม โดยใช้ในอัตราเจือจางกับน้ำ 1 : 150 ส่วน ฉีดพ่นทุก 7 วัน หรือนำส่วนผสมน้ำหมักชีวภาพและเบนโทอินท์ทั้งหมด มาปรุงสูตรเป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมี 3-3-1, 3-3-2 และ 3-3-3 และนำไปใช้กับไม้ดอก เช่น ดาวเรือง อัตรา 10 กรัม พบว่าปุ๋ยอินทรีย์เคมีจากน้ำหมักชีวภาพจากของเหลือทิ้งโรงงานปลาป่นส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นจำนวนและขนาดดอกไม่แตกต่างจากปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ คือ 15-15-15 โดยปุ๋ยอินทรีย์เคมีสูตร 3-3-3 ให้ผลผลิตดอกขนาดใหญ่ที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทดลองงานวิจัย และสนับสนุนทุนการวิจัยภายใต้โครงการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอกประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

6. รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2542, คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, แหล่งที่มา : <http://www.lds-smp.net/index.php/90-t3-framework-and3/445-2015-02-23-15-37-12>, 16 มิถุนายน 2561.
กรมพัฒนาที่ดิน, 2549, การผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำโดยใช้สารเร่ง พด.2, เอกสาร

เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยี, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

การประปานครหลวง, ค่าการนำไฟฟ้า, แหล่งที่มา : https://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=13321, 20 มิถุนายน 2561.

กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย, 2541, คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย, กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธยา รัตนพานนท์, 2558, Benzoic acid / กรดเบนโซอิก, แหล่งที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1132/benzoic-acid-กรดเบนโซอิก>, 10 มิถุนายน 2561.

วีณา นิลวงศ์, 2556, การศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร, รายงานผลการวิจัย, สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 74 น.

วินารัตน์ มุลรัตน์, 2553, ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากสาเหล้มทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผักบั้งจีน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

สุริยา สาสนรักกิจ, 2544, ปุ๋ยน้ำชีวภาพ เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยปลาหมัก, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ ชัยวิมล. 2544, ปุ๋ยน้ำชีวภาพ, เอกสารวิชาการ, กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550,

คำมาตรฐานของกลุ่มควบคุมปุ๋ย, แหล่งที่มา :
<http://www.doa.go.th>, 27 สิงหาคม 2560.
McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron,

S. J. E. , 1991, The Biochemistry of Silage,
2nd Ed. , Chalombe Publications, Marlow,
England.