



วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำหรับวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 38 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2564

E-ISSN 2630-0206

การเจริญและการพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Black Genoa ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ วิรัชพร ปันฉาย และนพพร บุญปลอด.....	1-11
ผลของสารโพแทสเซียมคลอเรตต่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเขตรากพืชการชักนำการเปิดปิดของปากใบ และคุณภาพของผลลำไย วินัย วิริยะอลกรณ์.....	12-27
อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเคปทูลเบอร์รี่บนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ ณัฐชนน สันทรทรัพย์ พ้าไพหลิน ไชยวรรณ พิมพ์ใจ สีหะนาม และชูชาติ สันทรทรัพย์.....	28-39
การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัดเม็ดและการใช้ปุ๋ยเคมีต่อผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ในระบบการผลิตข้าว อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ และจิระศักดิ์ ขอบแต่ง.....	40-51
การใช้วัสดุเหลือทิ้งยาสูบเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยเทคโนโลยีกองสติดูดอากาศ บุญรัตน์ โฉลานันท์ และเกศสุดา สิทธิสันติกุล.....	52-64
ผลของการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ในอาหารเปิดไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ระดับค่าคลอเลสเทอรอล และวิตามินเอในไข่แดง พิรวัฒน์ ชูเพ็ง จิรวัฒน์ มาลา และณัฐพร จุ้ยจุลเจิม.....	65-74
การศึกษาในภาคสนาม: ผลการใช้น้ำมันมะพร้าวในการลดการเจริญของแบคทีเรีย <i>Vibrio</i> spp. ในทางเดินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม (<i>Litopenaeus vannamei</i>) วรรณภา ศิริมานะพงษ์ ณัฐภัทร รุจจนเวท วสุธร ยั่งยืนเศรษฐ สุรวัด หลิมรักษาสิน ก้องภพ พงศ์ศรีณย์ และกิตติพัฒน์ อังโชคชัชวาล.....	75-83
การยับยั้งอนุมูลอิสระและเอนไซม์เมทริกซ์เมทัลโลโปรตีนเนสของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และผลิตภัณฑ์ลดการอักเสบ อุเทน จำใจ ญาณิ พงษ์ไพบูลย์ นริศรา ไส้เลิศ และดวงพร อมรเลิศพิศาล.....	84-94
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนบุคคลในการเลี้ยงไก่เนื้อ พัชรี ผาสุข รณกร กิตติพรเดชาร และณัฐวุฒิ เกิดรัตน์.....	95-107
ความเป็นผู้ประกอบการ การจัดการความรู้ กลยุทธ์การตลาด ความสามารถทางนวัตกรรมและผลการดำเนินงาน ของธุรกิจเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย กิตติรัช บุญทวี ปิยภิญโญ ไข่อ้วนนิช และเอกสิทธิ์ อ่อนสอาด.....	108-125
การพัฒนาสมรรถนะเกษตรกรสู่การเป็นผู้นำเกษตรกรรุ่นใหม่ วิทเอก สว่างจิตร.....	126-134
การยอมรับการส่งเสริมปลูกพืชผักในระบบการเพาะปลูกที่ดีของเกษตรกรชนเผ่ากะเหรี่ยง ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ จังหวัดเชียงใหม่ พุดิสร์ศรี เครือคำ พหล ศักดิ์กะทัศน์ นภารัตน์ เวชสิทธิ์นिरภัย และปภพ จีรัตน์.....	135-143
ความต้องการวิธีการส่งเสริมการทำสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อยในจังหวัดสตูล ปฐวิชญ์ พิทยาภินันท์ และพลากร สัตย์เชื้อ.....	144-154
ความต้องการในการส่งเสริมการเลี้ยงโคนมตามมาตรฐานฟาร์มที่ดีของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในเขตเทศบาลตำบลอนใต้ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ นภารัตน์ เวชสิทธิ์นिरภัย พุดิสร์ศรี เครือคำ และปภพ จีรัตน์.....	155-165
การถ่ายทอดความรู้การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากมูลวัวและวัสดุอินทรีย์ในท้องถิ่นของเกษตรกรในตำบลหนองตา อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ศุภปรณ์ ละเอียดอ่อน และสมหมาย ปะติงโข.....	166-176

ASIAN
RURAL
EXTENSION
STATION

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จำเนียร ยศราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิณ มะโนชัย

บรรณาธิการอำนวยการ รองศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ข้ามสี่ รองศาสตราจารย์ ดร. จำเนียร บุญมาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีราภรณ์ อินทสาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์วัลย์ เมฆกมล
บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

กองบรรณาธิการ ศาสตราจารย์เฉลิมพล แชมเพชร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร. สัญชัย จตุรสิทธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สิทธิกรกุล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ศาสตราจารย์ ดร. ประพนธ์ จันทโรนัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร. อุทัยรัตน์ ณ นคร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร. วรทัศน์ อินทร์คัมพร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร. วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์ ดร. ปราโมช ศีตะโกเศศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ จรรยาสุภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร. นพมณี โทปัญญานนท์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์อ้อมทิพย์ เมฆรักษานิช แคมป์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ประวิตร พุทธานนท์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการดำเนินงาน นางสาววารี ระหงษ์ นางธัญรัตน์ ธวัชมงคลศักดิ์
นางสาวรังสิมา อัมพวัน นางทิพย์สุดา ปุ๊กมณี
นายสมยศ มีสุข นางสาวอัมภา สันทราย
นางจิรนนท์ เสนานาญ นางสาวรัญญา ขยัน

ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ นายปริญญา เพียรสุดาห์ นายประสิทธิ์ ใจคำ
นางประไพศรี ทองแจ้ง

จัดทำโดย กองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 0-5387-3411 โทรสาร 0-5387-3418
E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th
Web site: www.jare.mju.ac.th

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารทางวิชาการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการด้านการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-ISSN 2630-0206) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร

การใช้วัสดุเหลือทิ้งยาสูบเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์
โดยเทคโนโลยีกองสติดูดอากาศ

Tobacco Waste Residue as the N-source for Composting
by Using Negative Pressure Mode Operation

บุญจรัตน์ โฉลนันท์^{1*} และเกศสุดา สิทธิสันติกุล²

Banjarata Jolanun^{1*} and Katesuda Sitthisuntikul²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

²คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand 50300

²Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: bjolanun@gmail.com

Received: March 26, 2020

Revised: July 15, 2020

Accepted: September 16, 2020

Abstract

The objectives of this research were 1) to apply the tobacco waste residues as major nutrient sources for community-based composting and 2) to investigate the effectiveness of negative pressure mode composting and compost quality for agricultural use of toxic free farming groups of On-Tai municipality, Chiang mai. Two exterior composting piles (1 ton/pile) with dry weight ratio of tobacco waste residues: dry leaves at 300:300 kg (1:1) amended with the organic fertilizer pellets as an inoculum of about 5% per pile (wt,db) were demonstrated. The initial condition of the C/N ratio and moisture content was controlled of 20-25 and 60-65%, respectively. Changes in the physical and chemical properties of the compost were monitored throughout the study (60 days) and the cost-benefit analysis of negative pressure mode composting was also examined. Results revealed that the tobacco waste residues were comprised of high content of the N (3.08%) and organic matter, whereas the content of heavy metals (Pb, Cr, Hg) found was low (<0.05 mg/kg). The performance of negative pressure mode composting rapidly achieved the thermophilic temperatures and leveled off at 61.7-63.0°C for 36 days. The final quality of compost was acceptable according to the recommended Thai standard criteria regulated by Department of Agriculture of Thailand (2548/2551 B.E.). The application of negative pressure mode composting offers the average production rate of compost of about 12 ton/year (wt,db), while the payback period and the cost per kg-compost are 1.36 year (16.32 month) and 0.75 Baht/kg-compost.

Keywords: tobacco residues, nitrogen source, compost, composting, negative pressure

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 1) เพื่อประยุกต์ใช้วัสดุเหลือทิ้งยาสูบเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ระดับชุมชน และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีกองสเถียรดูอากาศและคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการใช้ประโยชน์ด้านเกษตรของกลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษ เทศบาลตำบลออนใต้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษากองหมักขั้นนำร่องขนาด 1 ตันต่อกอง (จำนวน 2 ซ้ำ) วัสดุเหลือทิ้งยาสูบและเศษใบไม้แห้งถูกผสมที่อัตราส่วน 300:300 กิโลกรัม (1:1) โดยมีมูลและผสมปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดร้อยละ 3-5 เป็นต้นเชื้อจุลินทรีย์ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) และค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 20-25 และร้อยละ 60-65 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการหมักได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยหมักจนสิ้นสุดการสังเกตการณ์ (60 วัน) รวมทั้งการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ผลการศึกษาพบว่าวัสดุเหลือทิ้งยาสูบมีปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ 3.08 โดยน้ำหนัก) และปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ขณะที่ปริมาณสารกลุ่มโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม และปรอท มีค่าต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การหมักวัสดุเหลือทิ้งยาสูบร่วมกับเศษใบไม้แห้งโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบกองสเถียรดูอากาศให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายและเข้าสู่ช่วงการหมักแบบเทอร์โมฟิลิก (61.7-63.0°C) อย่างรวดเร็วและนานถึง 36 วัน คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งกำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548/2551) ระบบการหมักแบบกองสเถียรดูอากาศสามารถผลิตปุ๋ยหมักที่อัตราเฉลี่ย 12 ตันต่อปี (มูลเปียก) โดยระบบการหมักมีระยะเวลาคืนทุน 1.36 ปี (16.32 เดือน) และค่าใช้จ่ายในการผลิตเฉลี่ย 0.75 บาทต่อกิโลกรัมปุ๋ยหมัก

คำสำคัญ: วัสดุเหลือทิ้งยาสูบ แหล่งธาตุไนโตรเจน ปุ๋ย การหมักปุ๋ย ดูดอากาศ

คำนำ

จากปัญหาการปนเปื้อนสารเคมีที่ตรวจพบในเลือดของเกษตรกร และการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเนื่องจากการใช้สารเคมีในการผลิตติดต่อกันค่อนข้างนานในปริมาณมาก ส่งผลให้ชุมชนเกษตรกรในเทศบาลตำบลออนใต้ได้ตระหนัก ประกอบกับการสนับสนุนจากหน่วยงานด้านการเกษตร และด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ จึงได้รวมกลุ่มทำการเกษตรโดยเน้นการผลิตพืชและผักปลอดสารพิษ ซึ่งการรวมกลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษดังกล่าว ทำให้เกษตรกรในพื้นที่ได้ค้นพบความเปลี่ยนแปลงในทางบวกที่เกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปทั้งด้านอาชีพและสุขภาพ อย่างไรก็ตามจากการลงพื้นที่สำรวจของคณะผู้วิจัย พบว่ากลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษ (เทศบาลตำบลออนใต้) ได้ประสบปัญหาการพึ่งพาตนเองด้านปัจจัยการผลิตอย่างมาก เนื่องจากปัจจุบันกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์ในชุมชนได้เก็บรวบรวมมูลสัตว์ไว้จำหน่ายเองโดยตรง ซึ่งแต่เดิมจะให้กลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษนำไปกำจัดโดยผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษเทศบาลตำบลออนใต้จึงขาดแคลนมูลสัตว์สำหรับการใช้เป็นวัตถุดิบและแหล่งธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน/ฟอสฟอรัส/โพแทสเซียม) ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การขาดแคลนวัตถุดิบหรือวัสดุเหลือทิ้งที่มีศักยภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก โดยเฉพาะแหล่งธาตุไนโตรเจนสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ส่งผลกระทบต่อการทำเกษตรปลอดสารพิษและความยั่งยืนของกลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษเทศบาลตำบลออนใต้

ด้วยพื้นที่เทศบาลตำบลออนใต้ จัดเป็นพื้นที่หนึ่งในเขตภาคเหนือตอนบนที่เกษตรกรได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ (โรงงานยาสูบ) ให้ทำการเพาะปลูกพืชยาสูบเป็น

รายได้เสริมหลังฤดูทำนา โดยเฉพาะพืชยาสูบสายพันธุ์ เวอร์รี่เนียร์ ประกอบกับพืชยาสูบเป็นพืชที่ใช้น้ำน้อยให้ ผลผลิตสูงในระยะเวลาอันสั้น (ประมาณ 90 วัน) รวมถึง เป็นพืชที่ได้รับโควตาในการปลูกและการประกันราคารับ ซื้อล่วงหน้าจากโรงงานยาสูบ จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อ ภัยแล้ง และการขาดทุนให้แก่เกษตรกรร่อนได้ ซึ่งแตกต่าง จากการปลูกพืชไร่ชนิดอื่นที่อาจมีความต้องการน้ำสูงกว่า และมีความผันผวนของราคาซื้อขาย จากการลงพื้นที่ สสำรวจและรวบรวมข้อมูลการผลิตพืชยาสูบและเศษวัสดุ เหลือทิ้ง พบว่าในพื้นที่เทศบาลตำบลออนใต้มีอัตราการ ผลิตพืชยาสูบมากกว่า 100 ตัน (มวลเปียก) ต่อปี และมี โรงบ่มยาสูบทั้งของเอกชน (สหกรณ์เครดิตยูเนี่ยน) และ เตาบ่มชุมชนกระจายในพื้นที่มากกว่า 50 เตาบ่ม โดย ได้รับโควตาการบ่มใบยาจากโรงงานยาสูบประมาณ 3 ตัน ต่อเตาบ่ม ดังนั้น พื้นที่เทศบาลตำบลออนใต้จึงมีเศษ ชีวมวลเหลือทิ้งยาสูบ (ก้านยาสูบ เศษใบยาสูบ และเศษฝุ่น ใบยา) ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการปลูกพืช ยาสูบ (เศษสด) และการบ่มใบยา (เศษก้านและใบยา) ใน ปริมาณสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 10 ตันต่อปี ซึ่งหากมีการ จัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น การเผาทำลาย อาจก่อให้เกิด ปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมสู่ชุมชน (ดิน น้ำ อากาศ) ได้โดยง่ายและยากที่จะหลีกเลี่ยง

วัสดุเหลือทิ้งยาสูบจัดเป็นของเสียที่เป็นพิษต่อ สิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมอย่าง ถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสาร มลพิษสู่สิ่งแวดล้อมของชุมชน อย่างไรก็ตาม จากรายงาน Shakeel (2014) พบว่าวัสดุเหลือทิ้งยาสูบมีปริมาณธาตุ ไนโตรเจน (ร้อยละ 2.35) และโพแทสเซียม (ร้อยละ 1.95) ค่อนข้างสูง และยังมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (937 ไมโครกรัม ต่อกรัม) ที่เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโต ของพืช นอกจากนี้ งานวิจัยที่ผ่านมาหลายผลงานได้บ่งชี้ ว่า สารสกัดจากพืชยาสูบ (*Nicotiana tabacum* L.) ซึ่งมี นิโคติน (Nicotine) เป็นสารประกอบอัลคาลอยด์ชนิดหนึ่ง สามารถให้ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดและฆ่าแมลง

ศัตรูพืชด้านการเกษตรได้ดี เช่นเดียวกับกับพืชสมุนไพร และพืชท้องถิ่นชนิดอื่น เช่น หางไหล บอระเพ็ด และ ยูคาลิปตัส เป็นต้น (Yodsing, 2009; Shakeel, 2014) ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งยาสูบ ในท้องถิ่นในเทศบาลตำบลออนใต้ สู่การใช้ประโยชน์ด้าน บังคับการผลิตให้แก่กลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษอย่างเป็น รูปธรรมและถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยใช้วัสดุเหลือทิ้ง ยาสูบเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักทดแทนการใช้มูลสัตว์ในการ ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีกองสติดูดอากาศ (Negative pressure mode composting) ภายใต้เงื่อนไขอัตราการดูด อากาศและการใช้พลังงานที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งสามารถส่งเสริม ให้กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ในช่วงต้นของ การหมักเกิดขึ้นได้ดี สามารถพัฒนาอุณหภูมิการหมักแบบ เทอร์โมฟิลิก (Thermophilic composting) และควบคุม ความชื้นของกองหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Jolanun *et al.*, 2016) ประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมที่เกิดขึ้น นอกจาก เป็นการลดค่าใช้จ่าย (มูลสัตว์) ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ให้แก่เกษตรกร ส่งเสริมบังคับการผลิต การบำรุงและ ปรับปรุงธาตุอาหารให้แก่ดิน ผลลัพธ์ที่ได้ยังถือเป็นการ ส่งเสริมและขับเคลื่อนเกษตรกรปลอดสารพิษ ซึ่งมีความ ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเป็นมิตรต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยรวมของชุมชนเทศบาลตำบลออนใต้

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดของการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย (Figure 1) ได้อธิบายถึง ความเชื่อมโยงระหว่างบริบทของกลุ่มเกษตรกรร่อนได้และ การจัดการวัสดุเหลือทิ้งด้วยเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย โดย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกองสติดูดอากาศ (Negative pressure mode composting) ภายใต้เงื่อนไขการใช้ พลังงานที่ค่อนข้างต่ำ ขณะเดียวกัน การดำเนินระบบไม่ ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องการแรงงานและผู้เชี่ยวชาญในการ ควบคุมระบบ มีต้นทุนต่ำ จึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่

เหมาะสมในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งยาสูบเป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่กลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษของเทศบาลตำบลออนใต้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบจึงสามารถส่งผลกระทบต่อฐานเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมโดยรวมให้แก่ชุมชนเกษตรกรออนใต้ ทั้งในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รายได้ครัวเรือน และการพัฒนาอย่างยั่งยืน

วัสดุทดลองและอุปกรณ์

วัสดุเหลือทิ้งยาสูบ และเศษใบไม้แห้ง (ปลั๊กเอเจนท์) ที่ใช้ในการศึกษารวบรวมในพื้นที่เทศบาลตำบลออนใต้ โดยวัตถุดิบจะถูกสับย่อยเพื่อลดขนาดลงและทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีก่อนนำไปขึ้นกองหมักปุ๋ย (Table 1) สำหรับระบบเทคโนโลยีกองสัติดูดอากาศที่ใช้ในการทดสอบ Figure 2

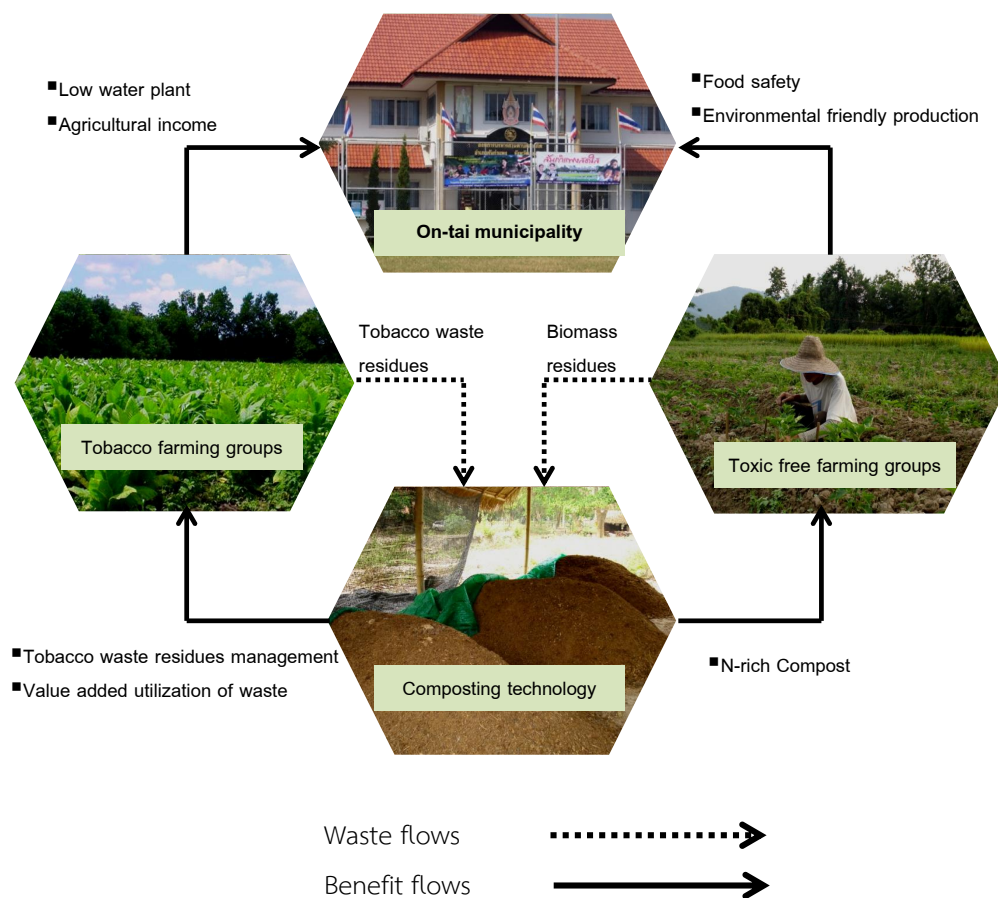


Figure 1 Conceptual framework of research

Table 1 Physical and chemical characteristics of composting materials

Properties	Experimental materials	
	Tobacco waste residues	Bulking agent
Bulk density (g/cm ³)	0.87	0.84
Moisture content (%)	12.01	18.34
pH	6.06	6.79
EC (dS/m)	1.96	0.13
N (%)	3.08	1.29
C (%)	40.23	50.19
Ash (%)	27.58	9.66
C/N	13.23	38.46
Pb (mg/kg)	<0.005	–
Cr (mg/kg)	0.008	–
Cd (mg/kg)	0.021	–
Hg (mg/kg)	<0.005	–

Note: The values are means in duplicates

**Figure 2** Negative pressure mode composting system

การดำเนินงาน

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของเทคโนโลยีระบบกองสติดูดอากาศ ในการเริ่มต้นการหมัก วัสดุหมักจะถูกผสมให้เข้ากันระหว่างปริมาณใบไม้แห้ง:วัสดุเหลือทิ้งยาสูบ ที่อัตราส่วน 1:1 ประมาณ 300:300 กก. (มวลแห้ง) โดยผสมปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด

สำหรับใช้เป็นต้นเชื้อจุลินทรีย์ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 โดยมวลต่อกอง (30 กก./กอง) หลังจากนั้นทำการขึ้นกองหมักจำนวน 2 กอง (2 ชั้น) ทำการปรับความชื้นเริ่มต้นให้แก่กองหมักอยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 โดยมวลผสมของวัสดุหมักหลังปรับความชื้นมีค่าประมาณ 1 ตันต่อกอง (มวลเปียก) สำหรับค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

(C/N) เริ่มต้นของการหมักทั้งสองกองมีค่าประมาณ (20-25) และความสูงเริ่มต้นของกองหมักทั้งสองกองสูงประมาณ 1.20 เมตร ตามลำดับ

ตลอดระยะเวลาการศึกษา ได้กำหนดช่วงเวลาการดูอากาศ (0.30 ลบ.ม.ต่อวันต่อกอง) ให้สัมพันธ์กับกิจกรรมการย่อยสลายและการพัฒนาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในกองหมัก โดยใช้พัดลมดูอากาศขนาด 0.5 แรงม้า (Figure 2) และกำหนดช่วงเวลาการดูอากาศเริ่มต้นที่ 2 ชม.ต่อวัน ควบคู่กับการตรวจวัดการพัฒนาอุณหภูมิของกองหมัก หากการพัฒนาอุณหภูมิช่วงเทอร์โมฟิลิกของกองหมักลดลงต่ำกว่า 60°C. จะทำการปรับลดช่วงเวลาการดูอากาศเหลือเพียง 1 ชม.ต่อวัน และเมื่ออุณหภูมิของกองหมักลดลงประมาณ 50°C. หรือต่ำกว่า จะทำการหยุดการดูอากาศ โดยจะดำเนินระบบการหมักแบบกองกลางแจ้งไม่มีการพลิกกลับกองแทน (Windrow composting) จนสิ้นสุดการหมัก

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ข้อมูล

กรณีการเก็บตัวอย่างจากกองหมักทั้งสองกอง ตลอดช่วงระยะการหมักปุ๋ย ทำการแบ่งความสูงและความกว้างของกองหมักออกเป็น 3 ส่วน แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุหมัก ณ ตำแหน่งที่ระดับ 1/3 และ 2/3 ของความสูงและความกว้างของกองหมักให้ทั่วถึง หลังจากนั้นจึงคลุกเคล้าตัวอย่างให้เป็นตัวแทนของวัสดุหมักก่อนนำไปวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทั้งในส่วนของวัสดุทดลอง ได้แก่ วัสดุเหลือทิ้งยาสูบและเศษใบไม้แห้ง รวมทั้งวัสดุหมักซึ่งสุ่มเก็บจากกองหมัก จะทำการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการแบ่งสี่ (Quartering) โดยแบ่งกองวัสดุออกเป็น 4 ส่วน ที่ใกล้เคียงกัน แล้วเลือก 2 ส่วน ที่กองอยู่ตรงกันข้ามมารวมกัน ส่วนที่เหลือแยกทิ้งไป ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างวัสดุเพื่อการวิเคราะห์อย่างน้อยประมาณ 2 กก. เพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (จำนวน 2 ซ้ำ) สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ อ้างอิง Soil and Plant Analysis Council, Inc. (1999)

นอกจากนี้ ทำการประเมินผลเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ Paired t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุหมัก

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการหมักปุ๋ยด้วยเทคโนโลยีกองสติดูอากาศ ที่อัตราส่วนผสมใบไม้แห้ง: วัสดุเหลือทิ้งยาสูบประมาณ 1:1 หรือ 300:300 กก. (มวลแห้ง) และผสมปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดสำหรับใช้เป็นต้นเชื้อจุลินทรีย์ที่อัตราส่วนผสมโดยมวลร้อยละ 5 ต่อกอง (30 กก./กอง) ทำการขึ้นกองหมักขนาด 1 ตันต่อกอง จำนวน 2 ซ้ำชุดการทดลอง ภายใต้เงื่อนไขการปรับค่าความชื้นเริ่มต้นในช่วงร้อยละ 50-60 และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เริ่มต้นประมาณ 20-25 พบว่าการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ และเคมีของวัสดุหมักตลอดช่วงระยะเวลาการหมัก (60 วัน) มีดังนี้

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของกองหมักทั้ง 2 ชุดการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 19.3-19.7°C. หลังจากนั้นอุณหภูมิของกองหมักทั้งสองกองได้พัฒนาเข้าสู่ช่วงการหมักแบบเทอร์โมฟิลิก (45-65°C.) อย่างรวดเร็วภายใน 5 วันแรกของการหมักปุ๋ย โดยอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้เฉลี่ยทั้งสองกองอยู่ในช่วง 61.7-63°C. ซึ่งระยะเวลาการพัฒนาอุณหภูมิในช่วงเทอร์โมฟิลิกของทั้งสองกองพบว่ามีนานประมาณ 36 วัน หลังจากนั้นอุณหภูมิของกองหมักทั้งสองกองจึงค่อยๆ คลายตัวลดต่ำลงเข้าสู่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ตลอดช่วงระยะเวลาการหมัก อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วงประมาณ 19-30°C. และที่สิ้นสุดการหมัก (60 วัน) พบว่าอุณหภูมิกองหมักของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 34-36°C. ตามลำดับ (Figure 3)

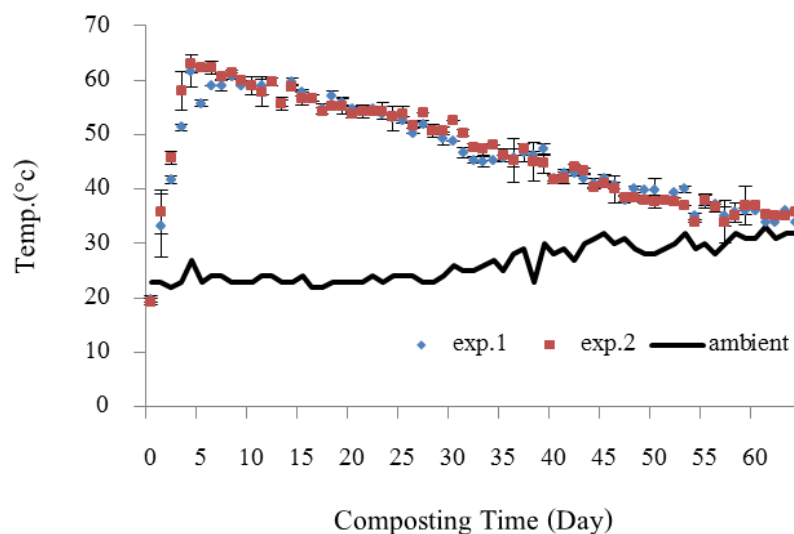


Figure 3 Changes of temperature profiles

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิในกองหมักเป็นผลของความร้อน (Metabolic heat) ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ในวัสดุหมักโดยจุลินทรีย์ ดังนั้น การพัฒนาอุณหภูมิของทั้งสองกองที่เข้าสู่ช่วงการหมักแบบเทอร์โมฟิลิคอย่างรวดเร็วและสามารถรักษาอุณหภูมิช่วง 61.7-63°C. ได้อย่างรวดเร็วและนานถึง 36 วัน บ่งชี้ว่าการหมักปุ๋ยวัสดุเหลือทิ้งจากยาสูบร่วมกับเศษใบไม้แห้งโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดเป็นต้นเชื้อจุลินทรีย์ให้ประสิทธิภาพการหมักที่ดี การควบคุมปัจจัยเริ่มต้นของการหมัก คือ ค่า C/N (20-25) และค่าความชื้น (50-60%) ของกองหมักอยู่ในช่วงที่เหมาะสม นอกจากนี้ เนื่องจากระบบการหมักทั้งสองกองสามารถรักษาอุณหภูมิของกองหมักให้สูงกว่า 55°C. ได้นานกว่า 15 วัน จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดและลดปริมาณเชื้อโรค

ในกองหมัก (Process to Further Reduced Pathogens, PFRPs/App.B of 40CFR Part 503) (Jolanun, 2013; Epstein, 1997; Polprasert, 1996)

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง

ในช่วงแรกของการหมัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้นของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ 6.6-6.8 หลังจากนั้นค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่อนข้างเป็นด่างอยู่ในช่วง 8.5-10.0 ภายใน 15 วันแรกของการหมัก หลังจากวันที่ 25 ของการหมักเป็นต้นไป ค่า pH ของทั้งสองกองหมักมีค่าลดลงและแปรปรวนเล็กน้อยอยู่ในช่วง 8.0-9.0 จนถึงสิ้นสุดการหมัก (Figure 4)

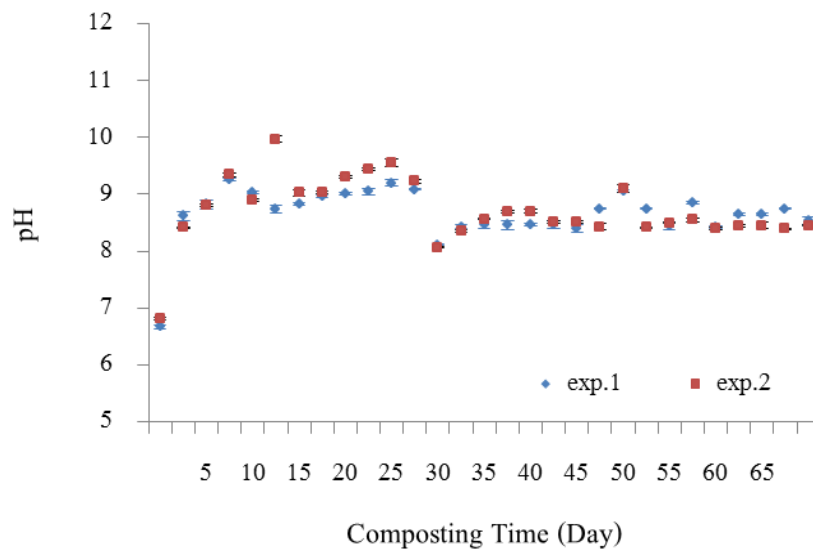


Figure 4 Changes of pH profiles

ในช่วงแรกของการหมัก การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิของกองหมัก ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากกระบวนการ Mineralization ของสารประกอบไนโตรเจนที่เปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมไอออน ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) ที่ละลาย จึงส่งผลให้ค่า pH ของวัสดุหมักเพิ่มสูงขึ้นมีค่าเป็นต่างในช่วงประมาณ 8.5-10.0 อย่างไรก็ตาม ในทางทฤษฎีเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นและวัสดุหมักมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น ค่า pH ของวัสดุหมักค่อยๆ ลดต่ำลงเข้าสู่ค่า pH ที่เป็นกลาง และค่อนข้างคงที่เมื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ใกล้สิ้นสุดลง (Jolanun *et al.*, 2014; Jolanun, 2013; Jolanun and Towprayoon, 2010; Jolanun *et al.*, 2005; Epstein, 1997; Polprasert, 1996). ซึ่งค่า pH ที่สิ้นสุดการหมัก (8.4-8.5) ของทั้งสองกองพบว่า เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2548/2551) ซึ่งกำหนดอยู่ใน ช่วง 5.5-8.5

การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดและค่าจลนศาสตร์การหมัก

จากการศึกษาพบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) เริ่มต้นของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 39.1-43.4 และในช่วง 14 วันแรกของการหมัก พบว่าค่าอินทรีย์คาร์บอนของทั้งสองชุดการทดลองลดลงอย่างรวดเร็วอยู่ในช่วงร้อยละ 30-35 หลังจากนั้นค่าอินทรีย์คาร์บอนของทั้งสองชุดการทดลองจึงค่อยๆ ลดต่ำลงมีค่าประมาณร้อยละ 30 จนถึงสิ้นสุดการสังเกตการณ์ (60 วัน) สำหรับค่าจลนศาสตร์การหมัก (k-rate) พบว่าค่าคงที่การย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนของทั้งสองชุดการทดลองเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ($r^2=0.84-0.87$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.004-0.006 ต่อวัน (Figure 5)

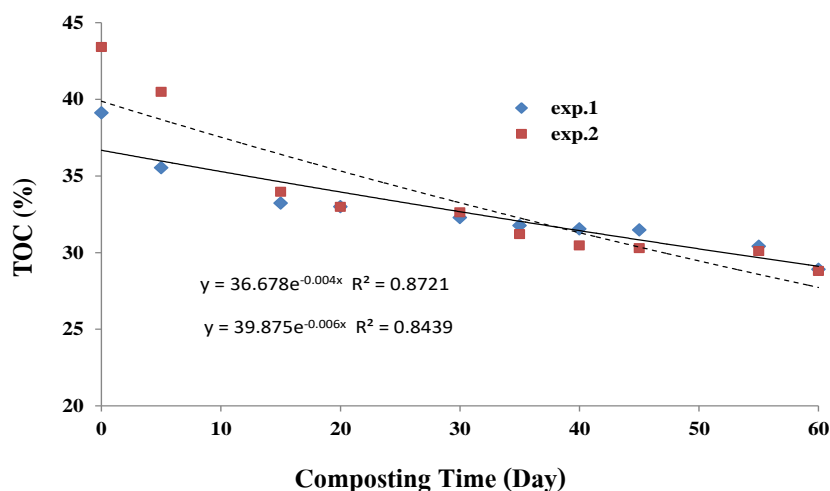


Figure 5 Changes of total organic carbon and the kinetic plot of composting

สำหรับการลดลงของอินทรีย์คาร์บอน (TOC) เป็นผลจากกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในกองหมัก ดังนั้น การพัฒนาอุณหภูมิของกองหมักที่สูงในช่วงการหมักแบบเทอร์โมฟิลิก (61.7-63°C) ประกอบกับการควบคุมความชื้นที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการหมัก (50-60%) จึงส่งผลให้ค่าอินทรีย์คาร์บอนของวัสดุหมักทั้งสองกองลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการลดลงของค่าอินทรีย์คาร์บอนอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการหมักบ่งชี้ว่า เทคโนโลยีการหมักแบบกองสติดูดอากาศสามารถประยุกต์ใช้ในการหมักวัสดุเหลือทิ้งยาสูบร่วมกับเศษใบไม้แห้งอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ กระบวนการย่อยสลายทางชีวเคมีในกองหมักพบว่า เป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (Jolanun *et al.*, 2016; Jolanun and Towprayoon, 2010; Jolanun *et al.*, 2005) และไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดระหว่างทั้งสองกองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

คุณภาพปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบ

หลังจากวันที่ 60 ของการหมัก (สิ้นสุดการสังเกตการณ์) ผลการศึกษาพบว่า วัสดุหมักของทั้งสองกองได้แปรสภาพเป็นปุ๋ยหมัก เนื้อวัสดุและกลิ่นมีลักษณะคล้ายดินและมีสีน้ำตาลเข้ม จากผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมัก (Table 2) พบว่าปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบมีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548/2551) นอกจากนี้ยังพบว่า ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก (N) ทดแทนการใช้มูลสัตว์ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่กลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษ เทศบาลตำบลออนใต้ ได้เป็นอย่างดีตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย เนื่องจากปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงถึง 4.6% โดยน้ำหนัก ขณะที่ปริมาณธาตุไนโตรเจนในมูลสัตว์ (มูลวัว) ซึ่งรายงานโดย Jolanun *et al.* (2014) มีค่าอยู่ในช่วง 1-2% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบยังมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (52% โดยน้ำหนัก) ที่ค่อนข้างสูงและไม่ส่งผลเป็นพิษต่อพืช (ค่าดัชนีการออก, GI 86%)

Table 2 Properties of final compost produced from tobacco waste residues

Parameters	Compost (tobacco waste residues)
Size (passing sieve 12.5x12.5 mm) of particle (%)	100
Moisture (%)	30% (after curing)
Stones and other consolidated mineral	none
Foreign materials (glass, plastic, metal)	none
Organic matter (% by wt)	52%
pH	8.4
C/N ratio	6.2-6.4
EC (dS m ⁻¹)	0.46 dS m ⁻¹
N (% by wt)	4.6%
P ₂ O ₅ (% by wt)	0.4%
K ₂ O (% by wt)	5.8%
Germination index (GI,%)	86%

Note: The values are means in duplicates

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของระบบเทคโนโลยีกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบ ทำการประเมินที่อัตราการผลิตปุ๋ยหมัก (วัสดุเหลือทิ้งยาสูบ+เศษใบไม้แห้ง) เฉลี่ยประมาณ 10 ตันต่อปี (มวลเปียก) ทำการขึ้นกองหมักพร้อมกันจำนวน 2 กอง (ขนาด 1 ตันต่อกอง) ดังนั้นรวมวัสดุหมัก (วัสดุเหลือทิ้งยาสูบ+เศษใบไม้แห้ง) ทั้งหมดเฉลี่ย 20 ตันต่อปี (มวลเปียก) เพื่อคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของระบบ และผลตอบแทน โดยไม่คิดค่าเสื่อมราคาของระบบ (อายุการใช้งาน >5 ปี) ซึ่งได้กำหนดเงื่อนไขและข้อมูลประกอบการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ดังนี้

- ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ของระบบ (จำนวน 2 กอง) รวมประมาณ 15,000 บาท (Table 3)

- ค่าแรงงานคน 300 บาทต่อคนต่อวัน (สำหรับการขึ้นกองปุ๋ยหมัก จำนวน 2 คน สำหรับระบบการหมักแบบ 2 กอง)

- ระยะเวลาเต็มอากาศใช้พัดลมขนาด 0.373 kW, Eff. 50% ใช้เวลา 2 ชั่วโมงต่อวัน

- ราคาโรงเรือนชั่วคราวขนาด 4x6 เมตร ต้นทุนประมาณ 25,000 บาท

- ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดราคาเฉลี่ย 350 บาทต่อ 1 กระสอบ (50 กก.) หรือคิดเป็นราคาเฉลี่ย 7 บาท/กก.

- ราคาปุ๋ยหมัก คิดที่อัตรา 3 บาทต่อกก.-ปุ๋ยหมัก

- ไม่คิดราคาเศษวัสดุดิบในการหมัก เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งภายในชุมชน

- ระบบผลิตปุ๋ยหมักนี้ผลิตได้ในอัตรา 600 กก. ต่อกอง (วัสดุหมักเริ่มต้น 1 ตันต่อกอง หรือ 1,000 กก. ต่อกอง) หรือคิดเป็นร้อยละ 60 โดยมวล (มวลเปียก)

- ค่าไฟฟ้า อัตราหน่วยละ 3 บาท

Table 3 Cost estimation for system and equipment

Descriptions	System installation (2 Piles)	
	No.	Baht
PVC Ø 4 in (class 8.5, 4 m)	1 pcs	629
PVC Ø 3 in (class 8.5, 4 m)	2 pcs	750
PVC ball valve Ø 4 in	1 pcs	300
PVC ball valve Ø 3 in	2 pcs	560
PVC reducing socket Ø 4 in to Ø 3 in	2 pcs	94
PVC three way elbow Ø 4 in	2 pcs	198
PVC cap Ø 4 in	1 pcs	110
PVC elbow Ø 4 in	2 pcs	198
Triangle steel bracket with PVC net (1.70 m)	2 set	2,000
Blower 1/2 hp (max. air flow rate 250 m ³ /h)	1 set	5,500
Electric wire VCT no.2 x 2.5 BCC (50 m)	1 set	2,060
Electric control cabinet	1 set	800
Sun shade net (20 m)	1 set	700
Miscellaneous other material	-	1,000
Total	-	14,899≈15,000

Cost estimation was based on the year of 2016-2017. Total cost estimation was approximately 15,000 Baht (2 Piles).

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนและค่าใช้จ่ายในการผลิตเฉลี่ยต่อกิโลกรัมปุ๋ยหมัก (Table 4) พบว่า งบลงทุนเริ่มต้น ซึ่งรวมทั้งการจัดสร้างโรงเรือนชั่วคราว (25,000 บาท) และค่าวัสดุอุปกรณ์ (15,000 บาท) ทั้งหมดรวมเป็นเงิน 40,000 บาท สำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบต่อปี ซึ่งประกอบด้วยค่าไฟฟ้า (900 บาทต่อปี) ค่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (2,100 บาทต่อปี) และค่าแรง (6,000 บาทต่อปี) รวมทั้งสิ้น 9,000 บาทต่อปี ขณะที่ระบบการหมัก (จำนวน 2 กอง) สามารถผลิตปุ๋ยหมักรวมกันได้

ที่อัตราประมาณ 12 ตันต่อปี (มวลเปียก) และหากกำหนดราคาปุ๋ยหมักในอัตรา 3 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้น ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เบื้องต้นพบว่า การประยุกต์ใช้ระบบการหมักแบบกองสัณฐานอากาศให้ผลตอบแทนจากการขายปุ๋ยหมักประมาณ 36,000 บาทต่อปี ระบบการหมักมีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 1.36 ปี (16.32 เดือน) และค่าใช้จ่ายในการผลิต (Operating cost) เฉลี่ย 0.75 บาทต่อกิโลกรัมปุ๋ยหมัก ตามลำดับ

Table 4 Cost-benefit analysis of negative pressure mode composting (2 piles)

Items	Baht
Fixed capital investment	
Equipment	15,000
Building	25,000
Total	40,000
Annual operating cost (Baht/year)	
Electricity (3 Baht/unit/day x 60 day/time x 5 time/year)	900
Labor (4 person/time x 300 Baht/day/person x 5 time/year)	6,000
Organic fertilizer pellets (300 kg/yr x 7 Baht)	2,100
Total	9,000
Yearly income (Baht/year)	
Quantity of compost (kg-compost/year)	12,000
Price of compost (3 Baht/kg-compost)	36,000
Payback period (year)	1.36
Operating cost per kg-compost (Baht/kg-compost)	0.75

Cost-benefit analysis was based on two piles of composting operation.

สรุปผลการวิจัย

ในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งยาสูบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการสู่การใช้ประโยชน์ด้านปัจจัยการผลิตให้แก่กลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษเทศบาลตำบลออนใต้สามารถสรุปผลได้ดังนี้

วัสดุเหลือทิ้งยาสูบบ่มองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมและสามารถประยุกต์ใช้เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนทดแทนมูลสัตว์ในการหมักปุ๋ยให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดีเนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งยาสูบบ่มมีปริมาณไนโตรเจน (3.08% โดยมวลแห้ง) และปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง นอกจากนี้ไม่พบการปนเปื้อนของสารกลุ่มโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม และปรอท ในปริมาณที่จะส่งผลเป็นพิษต่อกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในกระบวนการ

หมักหรือการดูดซับของพืชเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร (ต่ำกว่า 0.05 มก./กก.)

การหมักวัสดุเหลือทิ้งยาสูบร่วมกับเศษใบไม้แห้งโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบกองสไลด์ดูอากาศให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองหมักค่อนข้างเร็ว โดยค่าคงที่การย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดพบว่าเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับหนึ่งและมีค่าอยู่ในช่วง 0.004-0.006 ต่อวัน นอกจากนี้การพัฒนาอุณหภูมิของกองหมักพบว่าเข้าสู่ช่วงการหมักแบบเทอร์โมฟิลิก (61.7-63°C.) อย่างรวดเร็วภายใน 5 วันแรกของการหมักและคงระดับอุณหภูมิที่สูงนานประมาณ 36 วัน จึงให้ประสิทธิภาพในการกำจัดและลดปริมาณเชื้อโรคในกองหมัก รวมทั้งคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งกำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548/2551)

ระบบการหมักแบบกองสติดูดอากาศสำหรับชุมชนสามารถผลิตปุ๋ยหมัก (ขึ้นพร้อมกันจำนวน 2 กอง) ที่อัตราเฉลี่ย 12 ตันต่อปี (มวลเปียก) โดยให้ผลตอบแทนจากการขายปุ๋ยหมักประมาณ 36,000 บาทต่อปี ขณะเดียวกัน ระบบการหมักมีระยะเวลาคืนทุน 1.36 ปี (16.32 เดือน) และค่าใช้จ่ายในการผลิตเฉลี่ย 0.75 บาทต่อกิโลกรัมปุ๋ยหมัก

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การใช้วัสดุเหลือทิ้งยาสูบเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์สำหรับกลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษ เทศบาลตำบลออนใต้ จังหวัดเชียงใหม่ สนับสนุนโดย ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยในภูมิภาคเอเชียของมูลนิธิเกาหลีเพื่อการศึกษาขั้นสูง ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ รวมทั้งกลุ่มเกษตรกรปลอดสารพิษ เทศบาลตำบลออนใต้ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Epstein, E. 1997. **The Science of Composting**. Lancaster: A Technomic Publishing. 487 p.
- Jolanun, B., S. Tripetchkul, C. Chiemchaisri, P. Chaiprasert and S. Towprayoon. 2005. Effect of moisture content on fed batch composting reactor of vegetable and fruit wastes. **Environmental Technology** 26: 293-301.
- Jolanun, B. and S. Towprayoon. 2010. Novel bulking agent from clay residue for food waste composting. **Bioresource Technology** 101(12): 4484-4490.
- Jolanun, B. 2013. **Composting: Science & Technology Simplified**. Chiang Mai: Mr.James Design and Print. 155 p. [in Thai].
- Jolanun, B., C. Kaewkam, O. Bauoon and C. Chiemchaisri. 2014. Turned windrow composting of cow manure as appropriate technology for zero discharge of mulberry pulp wastewater. **Environmental Technology** 35(16): 2104-2114.
- Jolanun, B., K. Sasudjit and M. Maungrung. 2016. Negative Pressure Mode for Composting of Wastewater from Mulberry Pulp and Paper Handicraft. pp. 22-27. *In Proceedings of the 2nd Environment and Natural Resources International Conference (ENRIC 2016) 16-17 November 2016*. Ayutthaya: Mahidol University.
- Polprasert, C. 1996. **Organic Waste Recycling 2nd Edition**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 412 p.
- Shakeel, S. 2014. Consideration of tobacco dust as organic amendment for soil: A soil & waste management strategy. **Earth Sciences** 3(5): 117-121.
- Soil and Plant Analysis Council, Inc. 1999. **Soil Analysis Handbook of Reference Methods**. Boca Raton: CRC Press. 247 p.
- Yodsing, N. 2009. **Production of Crude Extract from Herbs for Insecticides**. Master Thesis. Ubon Ratchathani Rajabhat University. 95 p. [in Thai].