นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ปัทมา จิตต์ระเบียบ

GRAD VRU

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
พ.ศ. 2565

INNOVATIVE WASTE MANAGEMENT OF TREE AND BRANCH WASTE IN VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY UNDER THE ROYAL PATRONAGE

PATTAMA JITRABIAB

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCES
IN INNOVATION OF ENVIRONMENTAL
GRADUATE SCHOOL
VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
UNDER THE ROYAL PATRONAGE PATHUM THANI
2022

GRAD VRU

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ชื่อนักศึกษา	ปัทมา จิตต์ระเบียบ
รหัสประจำตัว	60G54800104
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	นวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา พักตร์วิไล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.ศศิธร หาสิน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา พักตร์วิไล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนัสพรรัศม์ สวัสดี)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ
(ศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ พิสุทธิ์ไพศาล)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 19 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

GRAD VRU

ปัทมา จิตต์ระเบียบ. (2565). นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ ผศ.ดร.นิสา พักตร์วิไล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ เพื่อนำไปสู่นวัตกรรมเชิงกระบวนการ ในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ 3) ประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุน และจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายด้านการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้ 1) การจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานอาคารสถานที่จำนวน 7 คน เพื่อประเมินสภาพและสร้างแนวทางการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ เพื่อเตรียมความพร้อมการปฏิบัติการตามแนวทางที่เหมาะสมทั้งด้านแรงงานและงบประมาณ 2) การสร้างผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมกระบวนการจัดการขยะอินทรีย์ประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ และ 3) คำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุน เพื่อนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายด้านการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ

ผลการวิจัยพบว่า 1) งานอาคารสถานที่ของมหาวิทยาลัยฯ ทำหน้าที่รวบรวม คัดแยก และจัดการขยะเศษกิ่งไม้และใบไม้ ส่วนที่มีขนาดเล็กสามารถบดย่อยจะนำไปกองรวมกับใบไม้และปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติซึ่งสามารถย่อยสลายได้น้อยทำให้ปริมาณมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ตัดทิ้ง เปิดให้บุคคลภายนอกมานำไปใช้โดยไม่คิดมูลค่า หากสามารถแปรรูปไม้เหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ จะสามารถสร้างมูลค่าได้ ส่วนกิ่งไม้ขนาดใหญ่สามารถผลิตเป็นถ่านชีวภาพที่มีคุณภาพสูง เศษกิ่งไม้ที่สามารถย่อยบดและใบไม้ สามารถนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ตามวิธีการที่เหมาะสม 2) การสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าขยะกิ่งไม้และใบไม้ที่เหมาะสม ได้แก่ (1) ถ่านชีวภาพจากกิ่งไม้ขนาดใหญ่เพื่อเป็นถ่านความร้อนสูงสำหรับการปิ้งย่างเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับกลิ่นและความชื้น และปรับปรุงคุณภาพดินในการเกษตร (2) งานหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่าไม้ขนาดใหญ่ โดยสร้างความร่วมมือกับสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นหน่วงงานภายในที่มีความพร้อมทั้งด้านบุคลากรและเครื่องมือ และ (3) ปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่พัฒนาจากวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 เพื่อประหยัดต้นทุนและเหมาะสมกับสภาพการจัดการ การทดลองพบว่า ขยะกิ่งไม้และใบไม้ของมหาวิทยาลัยฯ สามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูงในเวลา 60 วัน โดย ใช้มูลโคที่มีปริมาณน้อยกว่าวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ถึง ร้อยละ 5 ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายค่ามูลโค จากการเปรียบเทียบ t-test ระหว่างปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี พบว่า แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ผลตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่ได้มีคุณภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 14.25 หมายถึงการย่อยสลายดีมาก และมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ สารหนู 2.15 แคดเมียม 0.17 โครเมียม 9.46 ทองแดง 46.99 ตะกั่ว 8.30 ในหน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ ปรอทมีปริมาณต่ำมาก 3) ผลการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนพบว่า การเผาถ่านชีวภาพจากขยะกิ่งไม้และปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่ผลิตขึ้นสามารถเพิ่มมูลค่าขยะกิ่งไม้และใบไม้ โดยถ่านชีวภาพมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 289 บาท ต่อการเผา 1 เตา (กิ่งไม้ 17 กิโลกรัม) และปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 1,130 บาท ต่อการผลิต 1 หน่วย (ขยะกิ่งไม้ใบไม้ 400 กิโลกรัม มูลโค 100 กิโลกรัม ได้ผลผลิตปุ๋ย VRU 200 กิโลกรัม) และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 1 เดือน 11 วัน ส่วนงานหัตถกรรมเครื่องไม้ไม่มีต้นทุนการผลิตจึงเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้นตามชิ้นงานที่สรรค์สร้างขึ้นตามลักษณะเนื้อไม้

นวัตกรรมที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมเชิงกระบวนการการจัดการขยะกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยฯ และนำไปสู่ข้อเสนอเชิงนโยบายการจัดการเศษกิ่งไม้ และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อสอดคล้องกับข้อปฏิบัติในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวด้านการจัดการของเสียต่อไป

คำสำคัญ : ขยะอินทรีย์ ขยะกิ่งไม้ ขยะใบไม้ นวัตกรรมการจัดการขยะ ปุ๋ยอินทรีย์

GRAD VRU

Pattama Jitrabiab. (2022). Innovative Waste Management of Tree and Branch Waste in Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. Master of Sciences (Innovation of Environmental Management). Advisors: Asst. Prof. Dr.Ananya Popradit, Asst. Prof. Dr.Nisa Pakvilai

ABSTRACT

The following are the goals of this quasi-experimental study: 1) to investigate the state of waste management of trees and branches at Valaya Alongkorn Rajabhat University under Royal Patronage (VRU); 2) study the development of potential goods and process innovation for the management of trees and branch waste at VRU; 3) calculate the net present value and payback time and propose a policy recommendation for the management of tree and branch waste in the VRU area. Three phases were carried out as follows: 1) the study of the problem of tree and branch waste management in VRU using a focus group of 7 key informants from the premises office to assess the condition of the tree and branch waste management at VRU and establish guidelines for managing the waste stemming from branches and leaves and prepare for the implementation of appropriate guidelines, both in terms of labor and budget; 2) investigate suitable innovations for the management of tree and branch waste management at VRU; and 3) calculate the net present value and payback period in support of the waste management policy proposals for the tree and branch waste management at VRU.

The results were as follows. 1) The VRU premises office is in charge of collecting, sorting, and disposing of debris from trees and branches. The small twig bits are crushed and stacked up with leaves to degrade naturally. As a result, it may be less biodegradable, increasing the number of tree and branch waste collected. A vast number of trees is available for use. The wood could be converted into high-quality biochar, while the leaves and crushed twig remnants could be used to create organic fertilizer compositions using the necessary processes. 2) Concerning potential improvements in the management of discarded trees and branches at VRU; (1) biochar could be produced for huge branches for high-heat grilling charcoal, odor-absorbing charcoal, and soil-improving charcoal; (2) some of the wood could be transformed into handicrafts in collaboration with the program of industrial product design, faculty of industrial technology to add value; (3) VRU organic fertilizers could be produced following a comparative study of Maejo-1 to find suitable cost-saving methods for VRU management conditions. The crushed small twigs and leaves can be decomposed into high-quality organic fertilizer in 60 days using cow dung, which is 5% faster than the Maejo-1 method. The VRU organic fertilizer was found to be of greater quality than the Thai Department of Agriculture's organic fertilizer standard, with a C/N ratio of 14.25. This implies that the degradation is high. Heavy metal content does not exceed the standard norms of 2.15 mg/kg arsenic, 0.17 mg/kg cadmium, 9.46 mg/kg chromium, 46.99 mg/kg copper, 8.30 mg/kg lead, and mercury. 3) The net present value (NPV) calculation and payback period of biochar from branch waste and organic fertilizers can increase the value of the tree and branch waste with an NPV of 223 baht per burn set of biochar (17 kg of branches) and an NPV of 1,130 baht of organic fertilizer per 1 unit of production (400 kg of small twig and leaf waste), as there is no production cost, there is an increase in value.

The final products may lead to process innovations in the tree and branch waste management at VRU, as well as a policy proposal on tree and branch waste management that is consistent with VRU's practice of being a green institution in waste management.

Keywords: Organic Waste, Branch Waste, Leaf Waste, Waste Management Innovation, Organic Fertilizer

GRAD VRU

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่นนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะความเมตตากรุณาชี้แนะและช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ และ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา พักตร์วิไล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ศศิธร หาสิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วนัสพรรัศม์ สวัสดี และ อาจารย์ ดร. สุนทรี จีนธรรม อาจารย์หลักสูตร นวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความเมตตากรุณาช่วยเหลือ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณ กองงานอาคารสถานที่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธราพงษ์ พัฒนศักดิ์ภิญโญ คุณมานพ สุขสุขเดช และคุณลุงคนงานทุกท่านที่ช่วยเหลือการทำงานวิจัย ขอขอบพระคุณพี่ๆ ดุษฎีบัณฑิต และเพื่อนๆ มหาบัณฑิต ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือกันประคับประคองมาได้ตลอดรอดฝั่ง

ขอขอบพระคุณกำลังใจที่ยิ่งใหญ่จากคุณยายทวดเต็มจิตต์ และ คุณตาทวดเชาว์ ที่เป็นกำลังใจให้มาตลอดเวลา กล่าวเพื่อระถึงถึงบุญคุณสูงสุดของท่าน และหลานจะประพฤติตนในสิ่งที่ดีตลอดไป ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และญาติ พี่ น้อง ทุกท่าน ที่ไว้วางใจให้ทำในสิ่งที่เกิดประโยชน์ ขอขอบพระคุณคุณแม่หฤทัย ที่เป็นครูคนแรกและให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในทุกด้านตลอดมา ขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ คุณครูผู้ให้ความรู้ ผู้สร้างแนวทางและแรงบันดาลใจให้กับลูกศิษย์คนนี้มามากกว่าครึ่งชีวิต และขอขอบคุณกำลังใจจากคุณรมย์ธีรา หอมจันทึก ที่อยู่เคียงข้างกันมาตั้งแต่เริ่มศึกษาจนจบ

ขอระลึกถึงคุณครูบาอาจารย์ทุกท่าน ความศรัทธาเป็นที่ยึดเหนี่ยวจิตใจทำให้มีกำลังใจที่จะพัฒนาตนเองทั้งด้านงานวิชาการ การใช้ชีวิต ด้านจิตใจ ขอเคารพด้วยความนอบน้อม

ปัทมา จิตต์ระเบียบ

GRAD VRU

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 คำถามการวิจัย 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 3

1.5 สมมติฐานงานวิจัย 3

1.6 ขอบเขตการวิจัย 3

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในวิจัย 3

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ 4

บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ประเภทของขยะมูลฝอย 5

2.2 การจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้โดยกระบวนการต่าง ๆ 7

2.3 มหาวิทยาลัยสีเขียว 18

2.4 นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ 20

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

GRAD VRU

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 25
3.1 รูปแบบวิธีวิจัย 25
3.2 การศึกษาบริบทด้านการจัดการขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัย 25
3.3 วิธีการดำเนินวิจัย 26
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 31
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 32
4.1 ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาของขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่ศึกษา 32
4.2 ระยะที่ 2 การหานวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย 37
4.3 ระยะที่ 3 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการนำเสนอเป็นนโยบายการจัดการเศษกิ่งไม้และใบไม้ 59
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 63
5.1 ข้อเสนอแนะ 64
บรรณานุกรม 65
ภาคผนวก 68
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 69
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 75
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง 81
ประวัติผู้วิจัย 85

GRAD VRU

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ธาตุองค์ประกอบหลักของถ่าน 10

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ 14

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยคอกในการปรับปรุงคุณภาพดินทางกายภาพ 14

ตารางที่ 4 คุณค่าทางธาตุอาหารพืชของตอซังพืชชนิดต่าง ๆ 16

ตารางที่ 5 การออกแบบการทดลองโดยมีอัตราส่วนของเศษกิ่งไม้และใบไม้ต่อมูลโคขุน 28

ตารางที่ 6 กระบวนการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก ปริมาณคาร์บอนในดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 29

ตารางที่ 7 มาตรฐานของการขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร 30

ตารางที่ 8 ประเด็นด้านการบริหารจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย ราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในระยะเวลาที่ผ่านมาในด้านต่าง ๆ 33

ตารางที่ 9 ประเด็นด้านการสร้างแนวทางการจัดการขยะเศษกิ่งไม้ – ใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 35

ตารางที่ 10 ประเด็นด้านความพร้อมในการปฏิบัติการตามแนวทางที่คาดหวัง 36

ตารางที่ 11 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี 54

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ VRU 55

ตารางที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติของพารามิเตอร์ 13 พารามิเตอร์ต่อกองปุ๋ย 56

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านชีวภาพ 59

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปุ๋ยชีวภาพ 59

GRAD VRU

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย 3
ภาพที่ 2 สถานที่การดำเนินงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์..... 25
ภาพที่ 3 การตัดและขนย้ายเศษกิ่งไม้และใบไม้จากบริเวณมหาวิทยาลัย 26
ภาพที่ 4 การจัดการกิ่งไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 26
ภาพที่ 5 การจัดประชุมกลุ่มย่อย โดยจัดประชุมผ่าน โปรแกรม zoom วันที่ 27 มีนาคม 2564 เวลา 10.00 – 12.00 น. 37
ภาพที่ 6 กิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดย่อยได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 เซนติเมตร 38
ภาพที่ 7 ลักษณะการเรียงกิ่งไม้ที่คัดเลือกและลงในเตาเผาไบโอชาร์ 38
ภาพที่ 8 การให้ความร้อนในการเผาโดยใช้ฟืน 39
ภาพที่ 9 ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจนมีเปลวไฟออกจากปล่อง..... 39
ภาพที่ 10 ถ่านชีวภาพหลังจากเผาแล้วมีลักษณะคงรูปร่างเดิม..... 40
ภาพที่ 11 บรรจุภัณฑ์ถ่านความร้อนสูงสำหรับการปิ้ง ย่าง..... 41
ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์สำหรับถ่านดูดกลิ่นและความชื้น..... 42
ภาพที่ 13 การนำถ่านชีวภาพมาป่นเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน 42
ภาพที่ 14 ไม้ขนาดใหญ่ที่ถูกตัดและรวบรวมไว้ที่บริเวณถนน 43
ภาพที่ 15 คัดเลือกและตัดท่อนไม้ที่มีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้ 44
ภาพที่ 16 การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้ ออกแบบของของ อาจารย์วิศวรรธน์ พัชรวิชญ์ และคุณสุธารักษ์ แสงเทศ 44
ภาพที่ 17 กระบวนการผลิตชิ้นงานไม้..... 45
ภาพที่ 18 การออกแบบกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นฐานรองกระถางต้นไม้ 45
ภาพที่ 19 ชิ้นงานที่ได้จากการนำเศษไม้ขนาดใหญ่ไปประดิษฐ์เป็นฐานรองกระถางต้นไม้ 46
ภาพที่ 20 เตรียมฐานกองปุ๋ยอินทรีย์ VRU 47

GRAD VRU

ภาพที่ 21 การตวงใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่สับย่อยแล้ว ลงในกองปุ๋ยอินทรีย์ VRU 47

ภาพที่ 22 โรยมูลโคขุนด้านบนใบไม้และกิ่งไม้ที่วางเป็นชั้นจนครบ 12-14 ชั้น โดยชั้นบนสุดปิดทับด้วยมูลโคขุน..... 48

ภาพที่ 23 การแทงกองปุ๋ยให้เกิดช่องเพื่อเติมน้ำลงภายในกอง ทุก ๆ 7 วัน..... 48

ภาพที่ 24 การเติมน้ำกองปุ๋ยหลังจากการแทงกองปุ๋ย..... 49

ภาพที่ 25 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 1..... 49

ภาพที่ 26 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 2..... 50

ภาพที่ 27 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 3..... 50

ภาพที่ 28 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 4..... 51

ภาพที่ 29 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 5..... 51

ภาพที่ 30 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 6..... 52

ภาพที่ 31 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 7..... 52

ภาพที่ 32 การแผ่ตากกองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 8 53

ภาพที่ 33 ปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่ตากแห้งแล้วทั้ง 3 กอง..... 53

ภาพที่ 34 ตัวอย่างปุ๋ยทั้ง 3 กอง..... 55

ภาพที่ 35 เปรียบเทียบธาตุอาหารหลักกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 56

ภาพที่ 36 การออกแบบถุงปุ๋ยอินทรีย์ 58

ภาพที่ 37 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ VRU..... 58

GRAD VRU

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการด้านขยะยังคงเป็นปัญหาสำคัญของทุกภูมิภาคและทวีความรุนแรงมากขึ้นตามความเจริญทางเทคโนโลยี และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยประเภทต่าง ๆ มีในทุกสถาบัน นักวิชาการด้านสิ่งแวดล้อมต่างร่วมมือกันเพื่อพัฒนานวัตกรรมการจัดการขยะมูลฝอยประเภทต่าง ๆ อยู่อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการจัดการปัญหาขยะมูลฝอยในแต่ละแหล่งต้องมีความสอดคล้องกับประเภทของขยะของแหล่งนั้น ๆ โดยเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่และประเภทของขยะที่เกิดขึ้นนั้น เช่น การจัดการขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัยจะจัดการขยะมูลฝอยตามรูปแบบเฉพาะของตนเองให้สอดคล้องกับประเภทขยะที่เกิดขึ้น มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีการจัดการขยะที่เหมาะสมกับปริมาณและประเภทของขยะที่เกิดขึ้น แต่การขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ที่ยังคงเป็นปัญหาสำคัญของมหาวิทยาลัย เนื่องจากมหาวิทยาลัยมีพื้นที่สีเขียว ประกอบด้วย พันธุ์ไม้ขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก การตัดแต่งกิ่งไม้เป็นประจำก่อให้เกิดขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ จำนวนมาก ในแต่และรอบปี ดังนั้น เพื่อเป็นประโยชน์กับการจัดการขยะที่สมบูรณ์แบบของมหาวิทยาลัย และสอดคล้องกับการพัฒนาไปสู่ความเป็น มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green university) ซึ่งหมายถึง มหาวิทยาลัยที่มีการบริหารจัดการที่ดี มีประสิทธิภาพ ภายใต้แนวคิดการมีส่วนร่วม ในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมและการประหยัด พลังงาน มีการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่า ส่งเสริม การใช้พลังงานทดแทน มีการบูรณาการด้านการอนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อมเข้าไปในการเรียนการสอน การวิจัย และในทุกกิจกรรมของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการทำงานใน บรรยากาศที่มีความปลอดภัย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน อันก่อให้เกิดผลดี ต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน (คุณธรรม สันติธรรม, 2548; ตรึงใจ บูรณะสมภพ และคณะ, 2546) สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มุ่งเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในมหาวิทยาลัย โดยยุทธศาสตร์ที่ 5 ยังเน้นด้านการพัฒนาระบบการบริหารจัดการที่เป็นเลิศ มีธรรมาภิบาล มุ่งเน้นกลยุทธ์การพัฒนามหาวิทยาลัยให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีเนื้อที่ทั้งหมด 381 ไร่ 2 งาน 91 ตารางวา พบไม้ต้น (Tree) ในพื้นที่ศึกษา ทั้งที่ปลูกและเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทั้งหมด 65 ชนิด 3,904 ต้น 23 วงศ์ (มัทนภรณ์ ใหม่คามิ และคณะ, 2562) จากการศึกษาข้อมูลขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ถูกรวบรวมโดยกองอาคารสถานที่มีปริมาณมากถึง 9,200 ลูกบาศก์เมตรต่อปี การตัดแต่งกิ่งไม้ดังกล่าวทำให้เกิดเศษไม้จำนวนมากและกองไว้ทำให้เสียทัศนียภาพและคุณค่า การจัดการในปัจจุบันของกองอาคารสถานที่ได้นำขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ขนาดเล็กที่สามารถบดได้ ไปทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ แต่ระบบการจัดการกองปุ๋ยยังมีประสิทธิภาพไม่ได้ตามมาตรฐานที่เหมาะสม ทำให้ไม่ย่อยสลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ตามเวลา อีกทั้งมีกิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดย่อยได้ทำเป็นปุ๋ยได้แต่น่าจะนำมาประยุกต์ผลิตเป็นถ่านชีวภาพ และเพิ่มมูลค่าโดยการผลิตเป็นสิ่งของต่าง ๆ การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมกระบวนการในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ที่เกิดขึ้นใน

มหาวิทยาลัย ให้มีการจัดการที่เหมาะสมสอดคล้องกับประเภทและปริมาณบนฐานความร่วมมือของทุกหน่วยงาน เพื่อให้เกิด นวัตกรรมกระบวนการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ที่มีรูปแบบเฉพาะของมหาวิทยาลัย และเสนอเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย อันสอดคล้องกับการพัฒนาไปสู่ความเป็น มหาวิทยาลัยสีเขียวต่อไป

1.2 คำถามการวิจัย

นวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ควรมีกระบวนการอย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

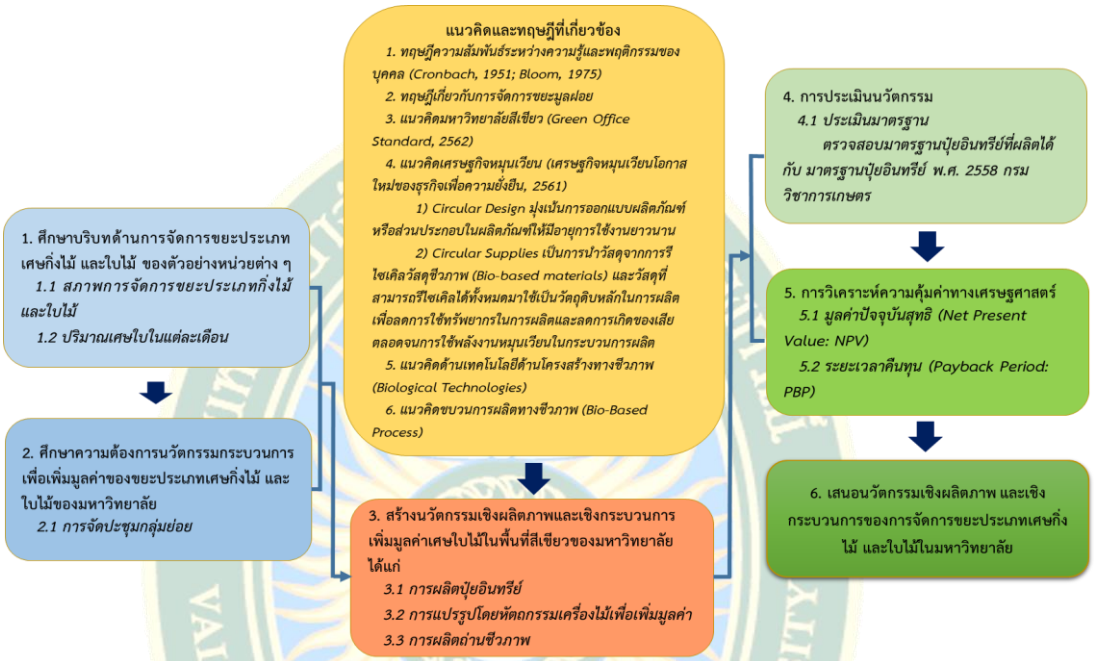
1.3.2 เพื่อหานวัตกรรมเชิงผลิตภาพ ในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1.3.3 เพื่อนวัตกรรมเชิงกระบวนการ ในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1.3.4 เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายด้านการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

GRAD VRU

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

1.5 สมมติฐานงานวิจัย

มีนวัตกรรมเชิงผลิตภาพและนวัตกรรมเชิงกระบวนการในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเพื่อนำไปสู่มหาวิทยาลัยสีเขียวของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1.6 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานวัตกรรมเชิงผลิตภาพ และนวัตกรรมเชิงกระบวนการในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

GRAD VRU

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในวิจัย

ขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ หมายถึง ขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ หมายถึง การจัดการขยะประเภท กิ่งไม้และใบไม้ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยด้วยแนวทางการมีส่วนร่วมในการจัดการ และการแปรรูปเป็นถ่านชีวภาพ การแปรรูป และปุ๋ยหมักอินทรีย์

นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ หมายถึง นวัตกรรมกระบวนการที่เกิดขึ้นจากทางการมีส่วนร่วมในการจัดการและการแปรรูปเป็นถ่านชีวภาพ และปุ๋ยหมักอินทรีย์

การเพิ่มมูลค่า หมายถึง กระบวนการนำขยะประเภทเศษกิ่งไม้และใบไม้ที่มีอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ มาสร้างเป็นนวัตกรรมการจัดการเพื่อเพิ่มมูลค่า สามารถช่วยเพิ่มความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การแปรรูปหัตถกรรมเครื่องไม้ หมายถึง การสร้างเครื่องมือเครื่องใช้ที่สร้างขึ้นด้วยมือเป็นหลักโดยการนำเศษกิ่งไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ มาออกแบบให้เป็นเครื่องใช้ ของประดับตกแต่ง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.8.1 ทราบถึงประเภทของขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1.8.2 ได้นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ทั้งเชิงกระบวนการและผลิตภาพในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1.8.3 ได้ข้อเสนอเพื่อนำไปสู่นโยบายด้านการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

GRAD VRU

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของขยะมูลฝอย

“มูลฝอย” หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น (พระราชบัญญัติรักษาความสะอาด และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535, 2560)

การจัดการขยะมูลฝอย หมายถึง การดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการลด คัดแยกขยะ การทิ้งขยะ การเก็บขยะไว้ในภาชนะ การเก็บรวบรวม เพื่อให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ดำเนินการขนส่งนำไปกำจัด ณ สถานที่กำจัดขยะที่ถูกหลักวิชาการ โดยคำนึงถึงผลประโยชน์สูงสุดของราชการทั้งด้านสุขอนามัย ทัศนียภาพ เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

2.1.1 ประเภทของขยะมูลฝอย

2.1.1.1 ขยะอินทรีย์ เป็นขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น แต่ไม่รวมถึงซาก หรือเศษของพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

2.1.1.2 ขยะรีไซเคิล เป็นขยะที่สามารถนำไปแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น ขวดพลาสติก ขวดแก้ว กระดาษ กระป๋องเครื่องดื่มอะลูมิเนียม เศษพลาสติก เศษโลหะ กล่องเครื่องดื่มแบบยูเอชที เป็นต้น

2.1.1.3 ขยะอันตราย เป็นขยะที่มีความเป็นอันตรายหรือมีส่วนประกอบเป็นสารที่มีอันตราย เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ กระป๋องสเปรย์บรรจุสารเคมี ตลับหมึก หลอดไฟ น้ำยาล้างห้องน้ำ เป็นต้น ขยะประเภทนี้ต้องมีการแยกทิ้งจากขยะประเภทอื่น ๆ อย่างชัดเจน เนื่องจากต้องนำไปกำจัดหรือบำบัดด้วยวิธีเฉพาะเพื่อป้องกันความเป็นพิษปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

2.1.1.4 ขยะทั่วไป เป็นขยะอื่นนอกเหนือจากขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยาก และไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมา ใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ถุงขนม ขบเคี้ยว ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป กระดาษห่ออาหาร ถุงพลาสติก กล่องโฟม หลอดกาแฟ ซองกาแฟ ซองครีมเทียม และซองน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งเป็นขยะที่ต้องนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง เช่น การฝังกลบอย่างถูกหลัก สุขาภิบาล การเผาในเตา (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

2.1.2 รูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันมีทั้งหมด 7 วิธีดังต่อไปนี้

1) การกำจัดขยะโดยการเทกอง (Refuse Disposal by Open Dump)

วิธีการกำจัดขยะโดยการนำขยะเทกองทิ้งไว้กลางแจ้ง ขยะจะถูกทิ้งไว้บริเวณข้างถนนของทางหลวงซึ่งเป็นวิธีการกำจัดขยะควรหลีกเลี่ยง ของเสียที่กำจัดด้วยวิธีนี้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวันและหนูซึ่งเป็นพาหะนำโรคบางชนิด (อหิวาตกโรค และไข้ลาสซา) ส่งผลกระทบทำให้เกิดกลิ่นที่น่ารังเกียจต่อสังคม

GRAD VRU

2) การกำจัดขยะโดยการนำไปเป็นอาหารสัตว์ (Refuse Disposal by Animal Feeding)

สัตว์เลี้ยง เช่น แพะ สุนัข และแกะ จะถูกเลี้ยงด้วยของเสีย เช่น เปลือกมันเทศ เปลือกมันสำปะหลัง ใบไม้ และเศษอาหาร เศษอาหารอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคและนำไปสู่การติดเชื้อในสัตว์ที่กินของเสียโดยตรง และส่งผลกระทบต่อมนุษย์ที่ให้อาหารสัตว์เหล่านั้น

3) การกำจัดขยะโดยการนำไปทิ้งลงแม่น้ำหรือมหาสมุทร (Refuse Disposal by River and Ocean Dumping)

ของเสียที่มีสารเคมีจำนวนมากถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและอาจทำให้น้ำเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและมนุษย์ อาจมีการขยายภาพทางชีวภาพ (Biomagnification) จากของเสียที่เป็นพิษจากมนุษย์ ส่งผลกระทบต่อการบริโภคสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ อุตสาหกรรมบางแห่งตั้งอยู่ใกล้แม่น้ำหรือมหาสมุทรเพื่อปล่อยของเสียลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ในประเทศกำลังพัฒนาและด้อยพัฒนาบางประเทศทำการปล่อยของเสียลงแหล่งน้ำเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะ การสร้างบ้านบริเวณริมน้ำเพื่อให้ของเสียจากบ้านเรือลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง โดยน้ำเสียจะไหลรวมกับแหล่งน้ำสาธารณะที่และอาจทำให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อก่อโรค ซึ่งอาจทำให้เกิดการติดเชื้อแก่ผู้ที่ใช้น้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ภายในบ้านได้ เชื้อโรคที่เกิดจากน้ำดังกล่าว ได้แก่ *Vibrio* sp., *Salmonella* sp. และ *Shigella* sp.

4) การจัดการขยะโดยการเผา (Refuse Dump by Incineration)

กระบวนการเผาขยะที่อุณหภูมิสูง วิธีนี้ช่วยลดปริมาณของเสียดังกล่าวได้ 90% ส่วนที่เหลือจากการเผาวัสดุ เช่น ขี้เถ้า แก้ว และโลหะ จะถูกกำจัดในหลุมฝังกลบ วิธีนี้จะช่วยลดปริมาณขยะมากกว่าวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมา และยังเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการเผาไหม้สามารถผลิตเป็นพลังงานนี้เป็นพลังงานที่พึงประสงค์มากกว่าพลังงานที่ผลิตจากถ่านหิน วิธีนี้สามารถผลิตพลังงานได้ประมาณ 2 - 260 ล้านตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

5) การจัดการขยะโดยการอัดลงบ่อลึก (Refuse Disposal by Deep-Well Injection)

การจัดการขยะโดยการอัดลงบ่อลึก คือ วิธีการอัดของเสียที่อาจบำบัดแล้วหรือยังไม่ได้บำบัด ผ่านบ่อหรือท่อลงไปในชั้นใต้ดิน เป็นวิธีการที่ใช้ในการกำจัดของเสียอุตสาหกรรมที่เป็นของเหลวอันตราย เช่น สารเคมีที่มีความเป็นกรดและกัดกร่อน น้ำเกลือจากแหล่งน้ำมันและกากกัมมันตภาพรังสีจากโรงงานแปรรูปยูเรเนียมจะถูกกำจัดโดยใช้วิธีนี้ ก่อนที่ของเสียจะถูกกำจัดโดยใช้วิธีนี้ ควรพิจารณาธรณีวิทยาใต้ผิวดินของท้องถิ่นเพื่อป้องกันมลพิษจากน้ำบาดาล ข้อเสียที่เกี่ยวข้องกับวิธีนี้คือสามารถนำไปสู่การปนเปื้อนน้ำบาดาล

6) การกำจัดขยะโดยหลุมฝังกลบสุขาภิบาล (Refuse Disposal by Sanitary Landfills)

วิธีการกำจัดของเสียนี้เกี่ยวข้องกับการใช้ของเสียเป็นหลุมฝังกลบ กระบวนการนี้ดำเนินการโดยการกระจายของเสียในชั้นบาง ๆ และบดอัดด้วยรถแทรกเตอร์เกลี่ยดินเมื่อเพิ่มแต่ละชั้น เมื่อขยะสูงประมาณ 3 เมตร จะถูกปกคลุมด้วยชั้นบาง ๆ ของดินที่สะอาดและบีบอัดอีกครั้ง กระบวนการนี้ทำซ้ำจนกว่าหลุมจะเต็ม ของเสียที่กำจัดด้วยวิธีนี้สามารถเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ก่อโรคหรือสารเคมีที่เป็นพิษซึ่งเป็นเป็นอันตรายต่อดินและสิ่งมีชีวิตในดิน เช่นเดียวกับมนุษย์ (โดยการสูดดม

อากาศเสียหรือการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อน) การกระทำที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ได้ใช้วิธีนี้ในการทิ้งขยะที่ไม่ได้รับการสนับสนุนโดยรัฐสมาชิกสหภาพยุโรป โดยส่งเสริมวิธีการอื่น ๆ ในการกำจัดของเสีย เช่น การบำบัดของเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน และการนำพลังงานกลับมาใช้

7) การกำจัดขยะโดยการทำปุ๋ยหมัก (Refuse Disposal by Composting)

การทำปุ๋ยหมักสามารถกำจัดขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ ของเสียอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้เรียกว่าของเสียที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ การทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลในการเปลี่ยนของเสียอินทรีย์ต่าง ๆ ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยและนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยชีวภาพ (Ayilara, et al. 2020)

2.1.3 แนวทางการจัดการขยะมูลฝอย

แนวทางการปฏิบัติเพื่อการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า ก่อให้เกิดขยะน้อยลง จึงมีแนวทางการลด คัดแยก และนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่

1) Reduce หมายถึง ลดการใช้ ลด ละ เลิก การใช้สิ่งของที่ไม่จำเป็นลง เช่น เลิกใช้แก้วน้ำพลาสติกเปลี่ยนใช้กระติกใสน้ำแทน ใช้ปิ่นโตแทนกล่องโฟม ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก หรือ ลดการใช้กระดาษทิชชู ใช้ผ้าเช็ดหน้า ลดการใช้ คือ จุดเริ่มต้นที่สำคัญที่สุดของการจัดการขยะเหลือศูนย์

2) Reuse หมายถึง ใช้ซ้ำ เป็นการใช้อย่างรู้คุณค่า ใช้ซ้ำ ๆ จนกว่าของสิ่งนั้นจะใช้การไม่ได้ เช่น การนำขวดน้ำที่ไม่ใช้แล้วไปทำประดิษฐ์เป็นสิ่งของเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เลือกซื้อสินค้าที่สามารถใช้ซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง แทนการใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง หรือ ดัดแปลงเสื้อผ้าเก่าเพื่อนำมาใช้ใหม่

3) Recycle หมายถึง นำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการนำขยะบางประเภท เช่น พลาสติก กระดาษ ขวดแก้ว ไปผ่านกระบวนการแปรรูป กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่แล้วจึงนำกลับมาใช้ เช่น การแปรรูปขวดน้ำ พลาสติก เป็นเส้นใยพอลิเอสเตอร์ จากนั้นนำไปทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม กล่อง UHT นำไปทำเป็นกระดาษ รีไซเคิล ฝาจุกจากกระป๋องอลูมิเนียมนำไปผลิตเป็นขาเทียม หัวใจสำคัญที่ทำให้การรีไซเคิล มีประสิทธิภาพก็คือ การคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง แค่เราแยกขยะ รีไซเคิลออกจากขยะประเภทอื่น ๆ จะช่วยให้ผู้ประกอบการรับซื้อของเก่าสามารถนำขยะเหล่านั้นไปรีไซเคิลได้ง่ายขึ้น (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561)

2.2 การจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้โดยกระบวนการต่าง ๆ

2.2.1 ขยะเชื้อเพลิง Refuse - Derived Fuel (RDF)

Refuse - Derived Fuel (RDF) คือ เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตจากขยะชุมชน โดยมีการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น แก้ว โลหะต่าง ๆ ออกเหลือแต่ส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้แล้วนำมาผ่านกระบวนการจัดการ เพื่อปรับเปลี่ยนสภาพให้มีลักษณะตามที่ต้องการนำไปเป็นเชื้อเพลิงแข็ง เช่น การบด ย่อยการผสม หรือการอัดแท่งขยะเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จะมีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่นที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนให้กับ หม้อไอน้ำ หรือเตาเผา หรือ ในเตาแก๊สซิไฟร์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อนต่อไป ข้อดีของขยะเชื้อเพลิง คือ มีค่าความร้อนสูง มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าการใช้ขยะมูลฝอยที่รวบรวมมาใช้โดยตรง ง่ายต่อการจัดเก็บ การขนส่งการจัดการ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่า ประเภทหรือชนิดของขยะที่จะมาผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม

1) ขยะที่ย่อยสลายยากและให้ความร้อนสูง เช่น ถุงพลาสติก กล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก เช่น กล่องนม กล่องขนม เศษกระดาษ โฟม ผ้า ยาง หนังสัตว์เป็นต้นซึ่งกลุ่มขยะประเภทนี้โดยทั่วไปจะมีค่าความร้อนสูงแต่มักจะมีปัญหาด้านมลพิษจากก๊าซที่เผาไหม้หากไม่มีการควบคุมการเผาไหม้ที่ดีพอ

2) ขยะชีวมวล เช่น เศษกิ่งไม้ เปลือกแข็ง และเมล็ดผลไม้ ซึ่งขยะกลุ่มนี้ โดยทั่วไปนี้จะมีค่าความร้อนต่ำ และปัญหามลพิษจากก๊าซที่เผาไหม้ก็ต่ำด้วย สามารถนำไปใช้แทนไม้ฟืนได้ง่าย และหากมีการนำขยะชีวมวลกลุ่มนี้ผสมกับขยะกลุ่มแรกอย่างเหมาะสม ก็จะทำให้ได้ขยะเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง สามารถลดปัญหามลพิษจากการนำขยะเชื้อเพลิงที่ได้ไปใช้งาน ขยะชีวมวลกลุ่มนี้จะมีปริมาณไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่น เศษใบไม้ เปลือกผลไม้ เป็นต้น (รุ่งนภา จุลศักดิ์ และวรพจน์ โพธาเจริญ, 2561)

2.2.2 ถ่านชีวภาพ (Biochar)

ถ่านชีวภาพ คือสารที่มีเนื้อละเอียดและมีรูพรุนซึ่งมีสัณฐานคล้ายกับถ่านที่เกิดเผาไหม้ตามธรรมชาติ ถ่านชีวภาพผลิตได้โดยการสลายตัวมวลชีวภาพด้วยความร้อนภายใต้สภาวะไร้ก๊าซออกซิเจนหรือจำกัดก๊าซออกซิเจน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเป็นประโยชน์ต่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีความเสถียรสูง ผลิตได้จากการนำมวลชีวภาพ (Biomass) ผ่านกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนในสภาวะไร้ก๊าซออกซิเจนหรือใช้ก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด (Pyrolysis) ในระหว่างการเผาไหม้ (Xu, Ferrante, Hall, Briens & Berruti, 2011) จะได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ของแข็งสำดำ (Biochar) ของเหลวสีดำข้น (tar) และก๊าซสังเคราะห์ (syngas) กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพด้วย กระบวนการไพโรไลซีสทำให้คาร์บอนภายในมวลชีวภาพถูกเก็บไว้ในรูปถ่านชีวภาพ ซึ่งเป็นของแข็งคงตัวแทนที่จะถูกเผาให้เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนกระบวนการเผาไหม้หรือเผาในสภาวะไดออกไซด์ ที่มีก๊าซออกซิเจน ถ่านชีวภาพมีความคงตัวสูงสามารถกักเก็บไว้ในดินได้นาน มนุษย์ใช้ประโยชน์จากถ่านชีวภาพมาเป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว เช่นชาวพื้นเมืองแถบ ลุ่มน้ำอะเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ได้เผาเศษพืชและมูลสัตว์จากครัวเรือนและพื้นที่เพาะปลูกให้กลายเป็นถ่านชีวภาพที่เรียกชื่อตามภาษาท้องถิ่นว่า Terra Preta ซึ่งมีความหมายว่าโลกดำ (Black earth) หมายถึง สีของดินบริเวณนั้นมีสีคล้ำจนเกือบดำ (Brown, 2009) พื้นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจะเป็นพื้นที่สำคัญเพื่อการเพาะปลูกพืชผัก เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์สารในดินสูงกว่าพื้นที่ซึ่งไม่ใส่ถ่านชีวภาพ 3 เท่ามีธาตุอาหารที่อุดมสมบูรณ์และความชื้นสูงด้วยสมบัติที่มีความคงตัวสูงถ่านชีวภาพเหล่านั้นยังปรากฏอยู่จนถึงปัจจุบัน (Sohi, Krull, Lopez-Capel, & Bol, 2010)

วัสดุที่ใช้ผลิตถ่านชีวภาพ สามารถผลิตได้จากไม้ชนิดต่าง ๆ ทั้งไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ เช่น เศษไม้ ปลายไม้ กิ่งไม้ผลที่ได้ตัดแต่งกิ่งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือซากพืชที่เกษตรกรต้องดำเนินการ เพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนฤดูกาลเพาะปลูกครั้งต่อไป เช่น ข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกผลไม้หรือแม้กระทั่งมูลสัตว์ เป็นต้น ซึ่งวัสดุดังกล่าวต้องดำเนินการทำให้แห้งก่อนทำการเผาให้เป็นถ่านชีวภาพ เพื่อประหยัดเชื้อเพลิง ดังนั้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี มีต้นไม้จำนวนมากมีเศษไม้ กิ่งไม้จากการตัดแต่งกิ่งถูกนำไปกองทิ้งไว้เกิดการรบกวนทัศนวิสัย จึงได้นำมาทดลองผลิตเป็นถ่านชีวภาพ

GRAD VRU

กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพ ถ่านชีวภาพผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิดที่เหลือทิ้งจากเศษกิ่งไม้ เศษหญ้า ฟาง ข้าว แกลบ เป็นต้น โดยระหว่างผ่านกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนที่เรียกว่า กระบวนการไพโรไลซีส (Pyrolysis) ซึ่งมวลชีวภาพจะถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปของแข็ง คือ ถ่านชีวภาพ ของเหลว คือ น้ำมันชีวภาพ (Bio-oil) และก๊าซ คือ ก๊าซสังเคราะห์ (syngas) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุและอุณหภูมิที่ใช้ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุและอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต กระบวนการไพโรไลซีสแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า (Slow pyrolysis) เป็นกระบวนการสลายตัวของมวลชีวภาพที่ใช้เวลานาน โดยให้ความร้อนในอัตรา 20 - 100 องศาเซลเซียสต่อนาที และอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 600 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน ใช้เวลาในการผลิตเป็นเวลาหลายชั่วโมง วัตถุดิบในการผลิตต้องแห้งมีลักษณะเป็นเม็ดหรือเป็นชิ้นก็ได้ มีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี 3 ชนิด คือ ก๊าซซึ่งเกิดจากก๊าซที่ไม่ผ่านการควบแน่น ตัวอย่างเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีเทน ไฮโรเจน และก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำ น้ำมันชีวภาพ (Pyrolysis oil or Bio-oil) เป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงของเหลวหรือสกัดเป็นสารเคมี ซึ่งน้ำมันชีวภาพที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวสีดำ น้ำตาลเข้ม หรืออาจเป็นน้ำตาลแดงเข้ม ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ ถ่านชีวภาพ โดยคุณภาพของถ่านชีวภาพที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบเนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมี และกายภาพแตกต่างกัน การผลิตกระบวนการในการผลิตถ่านชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซีสแบบช้า

2) กระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็ว (Fast pyrolysis) เป็นการผลิตถ่านชีวภาพที่ใช้เวลาน้อย เนื่องจากการให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว อัตราการให้ความร้อนประมาณ 100 องศาเซลเซียสต่อวินาที ถึง 1,000 องศาเซลเซียสต่อวินาที ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 650 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน วัตถุดิบในการผลิตต้องมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี 3 ชนิด คือ ก๊าซซึ่งเกิดจากก๊าซที่ไม่ผ่านการควบแน่น ตัวอย่างเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอน มอนนอกไซด์ มีเทน ไฮโรเจน และก๊าซที่มีมวลโมเลกุลต่ำ น้ำมันชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ปริมาณ มากเนื่องจากการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วจะสกัดน้ำมันภายในวัตถุดิบออกมาปริมาณมาก น้ำมัน ชีวภาพที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวสีดำ น้ำตาลเข้ม หรืออาจเป็นน้ำตาลแดงขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัตถุดิบและถ่านชีวภาพ

สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพ (Physicochemical Properties of Biochar) จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิใน การผลิตถ่านชีวภาพ จากการรายงานของ JRC-IES (2010) ถ่านชีวภาพมีสมบัติ ดังนี้

1) องค์ประกอบโครงสร้าง (Structural composition) การสลายตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 250 องศาเซลเซียส ถึง 350 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้สูญเสียมวลในรูปของน้ำและสารอินทรีย์ระเหย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารกลุ่มอะโรมาติกอินทรีย์จะหลุดออกมา จนถึงอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส องค์ประกอบภายในส่วนใหญ่จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก ในรูปของอะมอร์ฟัสคาร์บอน และมีธาตุอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจนไนโตรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ เป็นต้น

GRAD VRU

2) องค์ประกอบทางเคมี (Chemical Composition) ปริมาณขององค์ประกอบของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่เตรียมเพื่อปริมาณขององค์ประกอบของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่เตรียมเพื่อผลิตถ่านชีวภาพและอุณหภูมิในการเผา อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักของถ่านชีวภาพประกอบด้วย คาร์บอน มากที่สุด รองลงมา คือ สารระเหย ความชื้นและเถ้า ตามลำดับตารางที่ 4 องค์ประกอบ หลักของถ่านชีวภาพ

3) ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบแตกต่างกันจะมีธาตุองค์ประกอบทางเคมีและค่า pH แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้ว ธาตุองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และมีค่า pH มากกว่า 7 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ธาตุองค์ประกอบหลักของถ่าน

	pH	C ($g\ Kg^{-1}$)	N ($g\ Kg^{-1}$)	$N(No_3^-+NH_4^+)$ ($mg\ Kg^{-1}$)	C:N	P ($g\ Kg^{-1}$)	K ($g\ Kg^{-1}$)
Rang form	6.2	172	1.7	0.0	7	0.015	1.0
to	9.6	905	78.2	2.0	500	11.6	58

ที่มา : พินิจภณ ปิตุยะ และคณะ (2560)

4) ปริมาณคาร์บอนในถ่านชีวภาพ ปริมาณคาร์บอนรวมในถ่านชีวภาพอยู่ในช่วงระหว่าง 172 - 905 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณไนโตรเจนรวมระหว่าง 1.8 - 56.4 กรัมต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 2.7 - 480 และ 1.0 - 58.0 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5) การกระจายขนาดของอนุภาค (Particle size distribution) การกระจายขนาดของอนุภาคของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซีส โดยทั่วไปแล้วการกระจายขนาดของอนุภาคจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ขนาดอนุภาคของถ่านชีวภาพมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเผาโดยทั่วไปแล้วถ้าอุณหภูมิ ในการเผาต่ำเกินไป (ต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียส) อนุภาคภายในถ่านชีวภาพจะมีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำแต่มีปริมาณคาร์บอนสูง แต่ถ้าอุณหภูมิในการเผาสูงเกินไป (มากกว่า 800 องศาเซลเซียส) อนุภาคภายในถ่านชีวภาพจะมีขนาดเล็กมีความพรุนสูงแต่มีพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำและมีปริมาณคาร์บอนต่ำ

6) การกระจายขนาดของช่อง (Pore size distribution) ขนาดรูพรุนของถ่านชีวภาพจะแบ่งตามเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน แบ่งได้เป็น รูพรุนขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 นาโนเมตร รูพรุนขนาดกลาง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ระหว่าง 2 - 50 นาโนเมตร และรูพรุนขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นาโนเมตร โดยขนาดรู พรุนของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะทำให้ถ่านชีวภาพมีรูพรุนที่เหมาะสมและมีพื้นที่ผิวจำเพาะภายในมากอยู่ในช่วงระหว่าง 200 - 500 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิ สูงเกิน 800 องศาเซลเซียสจะได้ถ่านชีวภาพที่มีรูพรุนขนาดใหญ่แต่มีพื้นที่ผิวจำเพาะภายในน้อย

GRAD VRU

7) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) และ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และค่าเป็นกรด - ด่างของถ่านชีวภาพมีความสัมพันธ์กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านชีวภาพเนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดมีปริมาณธาตุองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพ อยู่ในช่วงระหว่าง 0 - 40 เซนติโมลต่อกรัม เนื่องจากขั้นตอนการผลิตถ่านชีวภาพ จะมีเถ้าเกิดร่วมด้วย ทำให้ถ่านชีวภาพที่ได้มีค่าความเป็นกรด - ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 6.2 – 9.6 หรือมีค่าความเป็นกรด - ด่าง เฉลี่ย 8.1

8) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Holding Capacity) ความสามารถในการดูดซับน้ำของถ่านชีวภาพ มีความสัมพันธ์กับชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิต เช่น วัสดุที่เป็นไม้เนื้ออ่อนโครงสร้างภายในมีรูพรุนจำนวนมากและมีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าไม้ เนื้อแข็ง ซึ่งการผลิตถ่านชีวภาพควรคำนึงถึงความเหมาะสมของชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ และระยะเวลา ในการผลิตถ่านชีวภาพ เพื่อให้ได้คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีขนาดของรูพรุนที่ใหญ่ เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับเก็บกักน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น ดังนั้นกระบวนการดูดซับ (Adsorption process) การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสาร หรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (Interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่าง 2 สภาวะใด ๆ เช่น ของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็งโดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่ถูกดูดจับเรียกว่าสารถูกดูดซับ (adsorbents) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับ เรียกว่า สารดูดซับ (adsorbent)

9) สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับปัจจัย สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 อย่าง คือ ชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซีส เนื่องจากวัตถุดิบต่างชนิดกันมีองค์ประกอบ พื้นฐานทางเคมีแตกต่างกันจะเปลี่ยนเป็นถ่านชีวภาพที่มีสมบัติแตกต่างกัน เช่นเดียวกับอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซีสที่ต่างกันก็มีประสิทธิภาพในการสลายตัวขององค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของ วัตถุดิบได้แตกต่างกันอย่างไรก็ตามทางเลือกที่เหมาะสมของชนิดวัตถุดิบและอุณหภูมิในกระบวนการ ไพโรไลซีสที่ใช้ผลิตถ่านชีวภาพควรจะคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ได้ถ่านชีวภาพที่มีปริมาณ คาร์บอนคงตัวสูง มีราคาต่ำและหาได้ง่าย การศึกษาเกี่ยวกับชนิดวัตถุดิบและอุณหภูมิในกระบวนการ ไพโรไลซีสที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านชีวภาพเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ถ่านชีวภาพที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ดินและการกักเก็บคาร์บอน

10) ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของถ่านชีวภาพ ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ถูกใช้เป็นทางเลือกในการกักเก็บคาร์บอน เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากถ่านชีวภาพเป็นอินทรียวัตถุที่มีสมบัติคงทนต่อ การถูกย่อยสลายตามธรรมชาติ ซึ่งจะเปลี่ยนอินทรียวัตถุให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ การเปลี่ยนอินทรีย์วัตถุให้กลายเป็นถ่านชีวภาพผ่านกระบวนการไพโรไลซีส แล้วนำไปกักเก็บลงในพื้นที่เกษตรกรรม จึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ ทั้งทางตรงจากคาร์บอนของถ่านชีวภาพที่ใส่ลงในดินและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนทางอ้อมจากการ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่ส่งผลให้เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในพืชเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหมายถึงการ เพิ่มผลผลิตพืชให้สูงขึ้น อันจะนำไปสู่การเพิ่มความมั่นคงทางอาหารให้แก่มนุษย์ ถ้าถ่านชีวภาพที่ใส่ลงในดินไม่เกิดการย่อยสลาย

GRAD VRU

11) ความคงทนและเสถียรภาพของถ่านชีวภาพ โดยทั่วไปแล้วการใส่มวลชีวภาพและมูลสัตว์ลงในดินที่ปริมาณคาร์บอนเริ่มต้น ร้อยละ 100 หลังจากนั้นภายใน 5 ถึง 10 ปี จะถูกย่อยสลายให้เหลือเพียงร้อยละ 10 จากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน ขณะที่การเผาไหม้มวลชีวภาพจะเหลือคาร์บอนร้อยละ 3 การเพิ่มปริมาณคาร์บอนคงตัวในดิน โดยเพิ่มความต้านทานการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน และลดอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายเป็นธาตุอาหาร ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงการ ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบหนึ่งด้วย ถ่านชีวภาพซึ่งผลิตโดยการสลายตัวด้วยความร้อน ของมวลชีวภาพ มีปริมาณคาร์บอนถึงร้อยละ 50 หรือมากกว่านั้นขึ้นกับโครงสร้างภายในของคาร์บอน และด้วยสมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพ จึงคงตัวต่อการย่อยสลายได้หลายร้อย หรือหลายพันปี นอกจากสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศแล้ว ความคงตัวของถ่านชีวภาพยังขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและ ชนิดของวัตถุดิบในการผลิตอีกด้วย

2.2.2.1 ผลของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดิน

1) สมบัติทางกายภาพของดิน การใส่ถ่านชีวภาพลงในดินมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลายอย่าง ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความพรุนของดิน และความร่วนเหนียวของดิน โดยดินที่ผสมกับถ่านชีวภาพจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวจำเพาะรวม การกระจายขนาดของช่องว่าง ขนาดของอนุภาค ความหนาแน่นและความแน่นทึบของดิน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากความลึกของการซึมผ่านน้ำ และอากาศที่พืชใช้ประโยชน์ได้ถูกกำหนดโดยสมบัติทาง กายภาพของชั้นดิน ถ่านชีวภาพส่งผลต่อการตอบสนองต่อน้ำของดิน เนื่องจากการใส่ถ่านชีวภาพลง ในดินมีผลต่อการเกิดเม็ดดิน ความสามารถพองตัวเมื่อดินได้รับน้ำและหดตัวเมื่อดินสูญเสียน้ำ และสภาพให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน โดยทั่วไปแล้วถ่านชีวภาพมีพื้นที่ผิวจำเพาะรวมสูงกว่าทรายและดิน เหนียว ดังนั้น จึงเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะรวมของดินให้สูงขึ้นเมื่อเติมถ่านชีวภาพลงในดิน ถ่านชีวภาพสามารถปรับปรุงโครงสร้างดินหรือการถ่ายเทอากาศของดินเนื้อละเอียด ความพรุนปริมาณ มากตามธรรมชาติของถ่านชีวภาพเป็นสมบัติอีกอย่างที่สำคัญ ถ่านชีวภาพจึงถูกประยุกต์ใช้กับดินเพื่อปรับปรุงการถ่ายเทอากาศของดินปรับปรุงความสามารถอุ้มน้ำและลดความแข็งของดิน ถ่านชีวภาพที่ ผลิตจากเศษไม้ สามารถดูดซับน้ำได้ 2 – 4 เท่าของน้ำหนักเดิม การใส่ถ่านชีวภาพลงในดินจึง ส่งผลให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้สูงขึ้น นอกจากนี้ถ่านชีวภาพยังมีผลต่อการปรับปรุงการถ่ายเทอากาศใน ดินโดยเป็นส่วนที่เพิ่มช่องขนาดใหญ่ของดิน ทำให้ความพรุนช่องบรรจุอากาศสูงขึ้น และปรับปรุงการ ถ่ายเทก๊าซออกซิเจนลงในดิน ในสภาวะมีน้ำในดินปริมาณมาก อย่างไรก็ตามขอบเขตของการ เปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของความพรุนของถ่านชีวภาพแต่ละชนิดที่แตกต่างกันและ อัตราการใส่ถ่านชีวภาพลงในดิน การกระจายขนาดของช่องของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับโครงสร้างของวัตถุดิบและสภาวะของกระบวนการผลิต

พลวัตรของธาตุอาหารในดิน ถ่านชีวภาพเป็นอินทรียวัตถุที่สามารถดูดซับ แคตไอออนได้ดีกว่าอินทรียวัตถุอย่างอื่น เนื่องจากถ่านชีวภาพมีพื้นที่ผิวจำเพาะและความหนาแน่นของประจุมากกว่า จึงทำให้ถ่านชีวภาพสามารถกักเก็บธาตุอาหารได้มาก ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ่านชีวภาพมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (CEC) จึงสามารถกักเก็บแคตไอออนได้ดี ทำให้สามารถดูดซับฟอสเฟตซึ่งเป็นแอนไอออนได้อย่างแข็งแรง แม้ว่าถ่านชีวภาพเป็นแอนไอออน (Anion) อย่างหนึ่งก็ตาม ความสามารถดูดซับไอออนได้ดีของถ่านชีวภาพ ทำให้ถ่าน

ชีวภาพเป็นอินทรียวัตถุพิเศษอย่างหนึ่งที่สามารถกักเก็บไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งเป็นธาตุอาหารในดินที่พืชใช้ประโยชน์ได้ (พินิจภณ ปิตุยะ, 2561)

2.2.3 ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer)

ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งได้มาจากซากพืชซากสัตว์ เศษเหลือสารอินทรีย์ต่าง ๆ เซลล์จุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์ จะเป็นประโยชน์เมื่อผ่านกระบวนย่อยสลายโดยกระบวนการของจุลินทรีย์เสียก่อน ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อการปรับปรุงดินมาก ดังนี้

1) ปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไป จะมีธาตุรอง และจุลธาตุพอเพียง หรือเกือบพอเพียงตามความต้องการของพืช ในระยะแรก ๆ ปุ๋ยอินทรีย์อาจทำให้พืชมีผลผลิตไม่สูงมากนัก แต่ถ้าพิจารณาในระยะยาวแล้วผลผลิตของพืชจะสูงมากเนื่องจากสมบัติของดินดีขึ้นเรื่อย ๆ

2) ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยให้ความเป็นกรดเป็นด่าง ของดินเปลี่ยนแปลงได้ยากขึ้น รวมทั้งช่วยดูดยึดธาตุอาหารต่าง ๆ เอาไว้ไม่ให้สูญเสียไปจากดินได้โดยง่าย

3) ส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดดิน ดินไม่อัดตัวกันแน่น มีการถ่ายเทอากาศดี การอุ้มน้ำ และการไหลซึมของน้ำในดินดีขึ้น

4) ส่งเสริมการเจริญเติบโต ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเฮทเทอโรโทรพ ซึ่งต้องใช้สารอินทรีย์จากดินเป็นแหล่งของอาหาร การเติมปุ๋ยอินทรีย์ลงในดินจึง เป็นการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย

5) สามารถหาปุ๋ยอินทรีย์ได้ตามท้องถิ่น ตามฟาร์มทั่วไป บางกรณีอาจไม่ต้องซื้อหรือซื้อในราคาถูก

6) คุณค่าของปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดินนอกจากปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์แล้วยังมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ การรักษาสมบัติของดิน ในระยะยาว ปุ๋ยอินทรีย์ จะมีราคาถูกกว่าปุ๋ยเคมี

7) วิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ยุ่งยาก ใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับปุ๋ยเคมี

8) ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์จะมีโอกาสสูญเสียน้อย เพราะธาตุอาหารบางส่วนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในปุ๋ย และบางส่วนจะถูกยึดในปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของคีเลต

การทำปุ๋ยหมักมีวิธีการที่แตกต่างกัน โดยแต่ละวิธีการที่มีข้อดีและข้อเสีย ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและประเภทของวัสดุที่จะทำการหมักจึงกำหนดเป็นสิ่งที่ใช้กำหนดวิธีการทำปุ๋ยหมัก มีวิธีการและประเภทของปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรนิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสดซึ่งความแตกต่างของปุ๋ยอินทรีย์แต่ละประเภทมีดังนี้

2.2.3.1 ปุ๋ยคอก (Farm manure) คือ ปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งสัตว์ขับถ่ายออกมาในรูปของแข็งและของเหลว รวมไปถึงสิ่งที่ปูหรือรองไว้ให้สัตว์ เช่น ฟาง หญ้า แกลบ โดยสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ต้องผ่านการหมัก สลายตัวก่อนนำไป ใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม คุณภาพของมูลสัตว์เหล่านี้ในการปลดปล่อยธาตุอาหารได้มาก ขึ้นอยู่กับชนิดของ อาหารที่สัตว์ชนิดนั้น ๆ กินเข้าไป และขึ้นอยู่กับอุจจาระและปัสสาวะของสัตว์จะรวมอยู่ในที่เดียวกัน (ทฤษฎี ภัทรดิลก, 2538) ซึ่งแสดงให้เห็นในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ามูลสัตว์แต่ละชนิดมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ

ประเภทของปุ๋ยคอก	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
โค	1.91	0.56	1.40
กระบือ	1.23	0.69	1.66
ไก่	3.77	1.89	1.76
เป็ด	2.15	1.33	1.15
สุกร	3.11	12.2	1.84
ค้างคาว	5.28	8.42	0.58
นกนางแอ่น	2.04	1.66	1.83
แกะ	2.33	0.83	1.31
ม้า	2.80	1.36	1.18

ที่มา : บัญชา รัตนีทู (2552)

ประโยชน์ของปุ๋ยคอก ปุ๋ยคอกมีความสำคัญในการปรับปรุงสภาพดิน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินทางด้านกายภาพของดิน ปุ๋ยคอก ส่งเสริมทำให้เกิดเม็ดดิน (Soil aggregate formation) ตามเสถียรภาพของเม็ดดิน ถ้าใช้อย่างต่อเนื่องจะทำให้ความหนาแน่นรวม (Bulk density) และความแข็ง (Hardness) ลดลงแต่เพิ่มการเกิด เม็ดดิน (Aggregation) ความพรุน (Porosity) และการถ่ายเทอากาศ (Aeration) ดังแสดงในตาราง จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยคอกติดต่อกันเป็นเวลา 5 ปีจะทำให้คุณภาพของดินดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ทางด้านเคมีของดินปุ๋ยคอก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพธาตุอาหารพืชในดิน เนื่องจากปุ๋ยคอกเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนและกำมะถัน นอกจาก นี้การใส่ปุ๋ยคอกอย่างต่อเนื่องจะทำให้ดินมีค่า CEC เพิ่มขึ้น และทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2551) และทางด้านชีวภาพของดิน ปุ๋ยคอกเป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารของจุลินทรีย์ การใส่ปุ๋ยคอกดังตัวอย่างในตารางที่ 3 เป็นการเพิ่มชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ดินรวมทั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ด้วย

GRAD VRU

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยคอกในการปรับปรุงคุณภาพดินทางกายภาพ

สมบัติของดิน	ใช้ปุ๋ย NPK	ใช้ปุ๋ยคอก
ความหนาแน่นรวม (ก/ลบ.ซม.)	1.37	1.22
ความพรุน (%)	48.3	54
การถ่ายเทอากาศ (ซม./วินาที)	0.27	0.41
การเกิดเม็ดดิน (%)	33.6	45.6

ที่มา : Jung and Yang (2000)

ปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยคอก มีดังนี้คือ

1) ชนิดของอาหารที่สัตว์บริโภค เป็นอาหาร เช่น แมลง ปลา และหอยจะมีธาตุอาหารที่ขับถ่ายมากกว่ามูลสัตว์ ที่ได้จากสัตว์ที่บริโภคพืชเป็นอาหาร เช่น มูลนก และค้างคาว มูลสัตว์เลี้ยงที่เป็นสัตว์ปีก จะมีธาตุอาหารพืช เป็นองค์ประกอบมากกว่ามูลจากสุกร วัว และช้าง เป็นต้น

2) สัดส่วน คาร์บอน และไนโตรเจน ของปุ๋ยคอก จะเป็นสมบัติของปุ๋ยคอกที่บอกถึงองค์ประกอบทางเคมี ปุ๋ยคอกที่มาจากสัตว์ที่บริโภคพืชเป็นอาหาร จะมีคาร์บอน และไนโตรเจน สัดส่วนที่กว้างแสดงว่าปริมาณธาตุไนโตรเจนน้อยและเนื่องจากมีซากพืชในรูปของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในมูลสัตว์เหล่านั้น แต่มูลค้างคาว และมูลนกที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูง จึงพบว่ามีส่วนคาร์บอน และไนโตรเจนที่แคบกว่า

3) อายุสัตว์ สัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีการย่อยสลายและดูดซึมธาตุอาหารดี จึงทำให้มูลสัตว์มีธาตุอาหารน้อย แต่ในสัตว์อายุมากการย่อยสลายและการดูดซึมธาตุอาหารจะมีน้อยจึงทำให้มูลสัตว์อายุมากมีธาตุอาหารมาก

4) วัสดุรองพื้นคอก ควรเลือกใช้วัสดุที่มีคาร์บอน และไนโตรเจน แคบหรือต่ำ เช่น หญ้าขนผักตบชวา ปอเทือง เปลือกมันสำปะหลัง ต้นข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง ฟางข้าวตามลำดับ โดยหญ้าขนจะมีคาร์บอน และไนโตรเจนแคบที่สุดและฟางข้าวจะมี คาร์บอน และไนโตรเจนกว้างมาก ถ้าใช้ข้าวโพดอาจใช้ของปริมาณมูลสัตว์ทั้งหมดที่ถ่าย (ทั้งของเหลว และของแข็ง) วัสดุรองพื้นคอกต้องดูดซับธาตุอาหารที่อยู่ในของเหลวของสัตว์ได้ดี พวกธัญพืชข้าวโพด ข้าวฟ่าง ตอซังข้าว จะดูดซับน้ำได้ประมาณ 2 - 3 เท่าของน้ำหนักแห้ง

5) การเก็บรักษาปุ๋ยคอก การสลายตัวของปุ๋ยคอกจะเกิดขึ้นในเวลาสั้นกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารได้ง่าย เช่น ถ้าเก็บปุ๋ยคอกในที่ที่มีความชื้นสูงจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่มีอากาศ จะเกิดการสูญเสียธาตุอาหารในรูป CO_2 และ NH_3 ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยคอกลดลง (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547)

อัตราการใส่ปุ๋ยการใส่ปุ๋ยคอกให้แก่พืชชนิดต่าง ๆ จะมีอัตราการใส่แตกต่างกัน ดังนี้

1) การใส่ปุ๋ยคอกในพืชไร่ ใส่ในอัตรา 2 - 4 ตัน ต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยคอกทุกปีพืชจะเจริญได้ดีเป็นลำดับ เพราะสมบัติของดินดี รากเจริญได้ดี นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังมีผลตกค้างนานถึงปี การใส่ปุ๋ยคอก รวมกับปุ๋ยเคมีจะทำให้ลดการใส่ปุ๋ยเคมีลงได้มาก

2) ในพืชสวนและไม้ยืนต้นจะใส่อัตรา 1 กิโลกรัม ต่อไม้ยืนต้น 1 ต้น

3) ในแปลงผักใช้อัตรา 1 กิโลกรัม ต่อ 1 ตารางเมตร

2.2.3.2 ปุ๋ยหมัก (Compost) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่าง ๆ นำมาหมักรวมกันแล้วปรับสภาพให้เกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลายสีน้ำตาลปนดำ ปุ๋ยหมักมีความสำคัญและมีคุณค่าสูงในทางการเกษตร แต่ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

1) เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่เห็นความสำคัญที่แท้จริงของปุ๋ยหมักว่า มีคุณค่าเพียงใดในการปรับปรุง หรือช่วยรักษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีอยู่เสมอ

2) เกษตรกรขาดความรู้ และความเข้าใจในการทำปุ๋ยหมักอย่างถูกวิธี ทำให้ประสบความล้มเหลว หรือได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร มีผลให้หมดกำลังใจ และเสียความตั้งใจในการทำปุ๋ยหมักไปได้

GRAD VRU

3) การขาดความเข้าใจในการใช้ปุ๋ย การใช้ปุ๋ยหมักอย่างเดียวปรับปรุงดินต้องใช้ปริมาณมาก และมักไม่เห็นผลอย่างชัดเจนในระยะเวลาอันสั้น

4) การทำปุ๋ยหมักที่จะให้ผลดีนั้น ต้องใช้แรงงานและความเอาใจใส่ดูแลอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น เกษตรกรต้องมีความรู้ความเข้าใจในการทำปุ๋ยหมักตลอดจนคุณประโยชน์ที่แท้จริงของปุ๋ยหมัก ต้องมีความตั้งใจจริงที่จะปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพในการเพาะปลูก

การผลิตปุ๋ยหมักบรรลุเป้าหมายได้ ความสำคัญและประโยชน์ของปุ๋ยหมัก ประโยชน์ของปุ๋ยหมักแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1) ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2) ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน

3) ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 4 คุณค่าทางธาตุอาหารพืชของตอซังพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิด	คาร์บอน/ไนโตรเจน	ปริมาณธาตุอาหารร้อยละ		
		N	P	K
ฟางข้าว	89	0.69	0.08	1.56
ต้นข้าวโพด	37	0.71	0.11	1.38
ซังข้าวโพด	80	1.41	0.05	0.49
ยอดอ้อย	105	0.49	0.1	0.25
ใบสับปะรด	48	1.12	0.22	1.23
ต้นมันสำปะหลัง	32	1.28	0.24	1.2
ตอซัง ถั่วเหลือง	42	1.31	0.15	1.14

ที่มา : ประเสริฐ สองเมือง และวิทยา ศรีทานนท์ (2531) Pintukanok (1989)

GRAD VRU

การปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดิน ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีสมบัติในการปรับปรุงของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดิน ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียดอัดตัวกันแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักจะช่วยให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้นอัดตัวกันแน่นทึบทำให้การระบายน้ำและการระบายอากาศดีขึ้น ช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้ม หรือดูดซับน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มากขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้เร็ว แข็งแรงแตกแขนงได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์จึงดูดซับแร่ธาตุต่าง ๆ และน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทรายส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สารอินทรีย์อยู่น้อยทำให้ไม่อุ้มน้ำ การใส่ปุ๋ยหมักก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทำให้ดินเหล่านั้น สามารถดูดซับน้ำไว้ให้พืชได้มากขึ้นในดินเนื้อหยาบจึงควรต้องใส่ปุ๋ยหมักให้มากกว่าปกติ

นอกจากสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถช่วยปรับปรุงดินในแง่อื่น ๆ อีก เช่น ช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน (Soil crust) ทำให้การงอกของเมล็ด และการซึมของน้ำไหลลงไปในดินสะดวกขึ้น ช่วยลดการไหล่บ่าของน้ำขณะฝนตก เป็นการลดการพัดพาหน้าดินที่สมบูรณ์ไป

2.2.3.3 ปุ๋ยพืชสด (Reen manure) ความหมายและความสำคัญของปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบพืชและคลุกเคล้าลงสู่ดินเพื่อปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น โดยได้จากการปลูกพืชบางชนิดเมื่อเจริญเติบโตถึงระยะที่พืชเริ่มออกดอกถึงระยะดอกบานจะไถกลบลงในดิน หรือได้จากการไถกลบเศษซากพืชจากตอซังพืชที่เหลือทิ้งในไร่นา หลังจากซากพืชย่อยสลายโดยสมบูรณ์จึงปลูกพืชหลัก หรือพืชเศรษฐกิจต่อไป การพิจารณาคัดเลือกพืชที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นปุ๋ยพืชสด ในการพิจารณาควรคำนึงถึงลักษณะต่าง ๆ ของพืชที่จะปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด ดังนี้ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547)

1) ควรเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ในดินทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินเลวและทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี

2) เมล็ดมีความงอกดี งอกได้รวดเร็วแม้ความชื้นในดินจะต่ำ

3) เจริญเติบโตรวดเร็ว ออกดอกในเวลาสั้นประมาณ 1 - 2 เดือน และให้น้ำหนักสดสูง

4) มีความต้านทานต่อโรคและแมลงได้ดี

5) สามารถไถกลบได้ง่าย ลำต้นเปราะ และสลายตัวรวดเร็วเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินสูง

6) เป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้ง่ายเพื่อประโยชน์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ และเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ในฤดูต่อ ๆ ไป

7) กำจัดได้ง่ายและไม่มีลักษณะที่จะเป็นวัชพืชต่อไป

ประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ประเภทหนึ่งที่ช่วยในการปรับปรุงดินให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นดังนั้นปุ๋ยพืชสด มีประโยชน์ดังนี้

1) เพิ่มอินทรียวัตถุในดินและเป็นการทดแทนอินทรียวัตถุในดินที่สูญเสียไปเนื่องจากการเพาะปลูก โดยช่วยส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมการย่อยสลายซากพืชของจุลินทรีย์ในดิน อินทรียวัตถุที่ได้จากการไถกลบซากพืช และย่อยสลายแล้วจะแทรกอยู่ระหว่างดินทั่วไปทำให้ดินร่วนซุย และอุ้มน้ำได้ดี จึงเป็นการช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ให้เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช

2) เพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดิน การไถกลบปุ๋ยพืชสดที่เป็นพืชตระกูลถั่วจะมีแบคทีเรียที่ชื่อ *Rhizobium* Spp. อาศัยอยู่ในรากพืชตระกูลถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาสะสมในเซลล์พืช เมื่อไถกลบซากพืชเหล่านี้จะมีการปลดปล่อยไนโตรเจนลงสู่ดิน จึงเป็นการช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง

3) รักษาปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เนื่องจากพืชที่ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด จะใช้ประโยชน์จากปุ๋ยซึ่งตกค้างอยู่จากการใส่ให้พืชหลัก หรือพืชเศรษฐกิจอันเป็นการป้องกันการสูญเสียมิให้ธาตุอาหารพืชนั้น ๆ ถูกชะล้างไป และเมื่อไถกลบปุ๋ยพืชสดนั้นแล้ว ปริมาณธาตุอาหารก็จะกลับลงไปสู่ดินใหม่ให้พืชหลักในฤดู ธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดินลึกซึ่งพืชชนิดอื่น ๆ ที่ระบบรากสั้น และเมื่อมีการไถกลบพืชตระกูลถั่วนั้นก็จะเป็นการเพิ่ม ธาตุอาหารในชั้นบนได้ และรากของพืชเหล่านี้ที่ซอนไชอยู่ในดิน จะทำให้มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศในดิน มากขึ้น

4) ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ พืชที่ปลูกเป็นพืชคลุมดินก็จะช่วยไม่ให้หน้าดินเกิดการชะล้างพังทลายอันเกิดจากน้ำและลมได้ และเมื่อซากใบหรือกิ่งของพืชคลุมนั้นหมดอายุก็หลุดร่วงลงทับถมในหน้าดินและต่อมาจะสลายตัวเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินอีกด้วยและการคลุมดินของพืชเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณวัชพืชและเป็นการลดต้นทุนในการซื้อสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดวัชพืช (บัญชา รัตนีทู, 2552)

2.3 มหาวิทยาลัยสีเขียว

การศึกษาแนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนและวิธีการดำเนินการในการพัฒนาเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ศึกษาวิเคราะห์แนวทางการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว และเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการเข้าสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวของ มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยครอบคลุมการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ศึกษาหลักเกณฑ์ข้อปฏิบัติในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

2) ศึกษาแนวทางการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

3) จัดลำดับความสำคัญแนวทางการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวจากแบบสอบถาม

4) ศึกษาเปรียบเทียบแต่ละมหาวิทยาลัยในประเทศไทยว่ามีแนวทางในการทำเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

5) ศึกษากำหนดแนวทางการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวของมหาวิทยาลัยในกรณีศึกษา

6) จัดทำและนำเสนอแนวทางการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

2.3.1 การศึกษาหลักเกณฑ์ข้อปฏิบัติในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

ในการศึกษาหลักเกณฑ์ข้อปฏิบัติในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ได้ใช้แนวทางจากการศึกษากระบวนการการจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวซึ่งดำเนินการโดย University of Indonesia หรือ UI Greenmetric World University Ranking (2012) ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินไว้ 6 ด้าน ดังนี้

1) ที่ตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน (Setting and Infrastructure)

2) การจัดการพลังงานและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Energy and Climate Change)

3) การจัดการของเสีย (Waste Management)

4) การจัดการน้ำ (Water Usage Management)

5) การคมนาคมขนส่ง (Transportation)

6) การศึกษา (Education for Sustainable Environment and Development)

โดยกระบวนการให้คะแนนด้วยเกณฑ์คะแนนเต็มรวม 10,000 คะแนน จากคะแนนเต็มของแต่ละด้านจะมีสัดส่วนคะแนนแตกต่างกัน ประกอบด้วย

ด้านที่ 1 ที่ตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน (1,500 คะแนน) แบ่งเป็น

- สัดส่วนพื้นที่เปิด/พื้นที่ทั้งหมด (300 คะแนน)
- สัดส่วนพื้นที่เปิด/จำนวนประชากร (300 คะแนน)

GRAD VRU

- จำนวนพื้นที่สีเขียวในสภาพที่เป็นป่า (200 คะแนน)
- จำนวนพื้นที่สีเขียวในสภาพที่เป็นสวน สนาม ต้นไม้ (200 คะแนน)
- จำนวนพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง/พื้นที่ทั้งหมด (300 คะแนน)
- งบพัฒนาสิ่งแวดล้อม/งบรวมของมหาวิทยาลัย (200 คะแนน)

ด้านที่ 2 การจัดการพลังงานและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (2,100 คะแนน) แบ่งเป็น

- การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน(300 คะแนน)
- นโยบายการใช้พลังงานทดแทน (300 คะแนน)
- สัดส่วนจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า/ประชากรทั้งหมด (300 คะแนน)
- โครงการประหยัดพลังงาน (300 คะแนน)
- อาคารสีเขียว (300 คะแนน)
- โครงการลดโลกร้อน (300 คะแนน)
- โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (300 คะแนน)

ด้านที่ 3 การจัดการของเสีย (1,800 คะแนน) แบ่งเป็น

- โครงการเพื่อรณรงค์รีไซเคิลขยะ (300 คะแนน)
- การรีไซเคิลขยะมีพิษ (300 คะแนน)
- การกำจัดขยะอินทรีย์ (300 คะแนน)
- การกำจัดขยะอนินทรีย์ (300 คะแนน)
- การบำบัดน้ำเสีย (300 คะแนน)
- นโยบายลดการใช้กระดาษและพลาสติก (300 คะแนน)

ด้านที่ 4 การจัดการน้ำ (1,000 คะแนน)

- โครงการประหยัดน้ำและการใช้น้ำ (1,000 คะแนน)

ด้านที่ 5 การคมนาคมขนส่ง (1,800 คะแนน) แบ่งเป็น

- จำนวนรถยนต์ที่เข้ามาในมหาวิทยาลัย/จำนวนประชากร (200 คะแนน)
- จำนวนจักรยาน/จำนวนประชากร (200 คะแนน)
- นโยบายเกี่ยวกับการจำกัดจำนวนรถยนต์ (400 คะแนน)
- นโยบายเกี่ยวกับการจำกัดหรือลดจำนวนที่จอดรถยนต์ (400 คะแนน)
- รถเมล์ขนส่งภายใน (300 คะแนน)
- นโยบายเอื้อต่อการเดินทางและขี่จักรยาน (300 คะแนน)

ด้านที่ 6 การศึกษา (1,800 คะแนน) แบ่งเป็น

- จำนวนรายวิชาและหลักสูตรที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม/จำนวนรายวิชา และหลักสูตรทั้งหมดที่เปิดสอน (300 คะแนน)
- จำนวนเงินวิจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่อปี (เฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี)/จำนวนเงิน วิจัย ทั้งหมด (เฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี) (300 คะแนน)
- จำนวนผลงานตีพิมพ์เกี่ยวกับเรื่องสิ่งแวดล้อมต่อปี (เฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี) (300 คะแนน)

GRAD VRU

- จำนวนงานวิชาการเกี่ยวกับเรื่องสิ่งแวดล้อมต่อปี (เฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี) (300 คะแนน)

- จำนวนองค์กรของนักศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม (300 คะแนน)

- จำนวนของเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลสิ่งแวดล้อม (300 คะแนน) (สุรีวรรณ วัฒนธรรม, 2558)

2.4 นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้

นวัตกรรม หมายถึง การกระทำหรือสิ่งที่ทำขึ้นใหม่หรือแปลกจากเดิมซึ่งอาจจะเป็นความคิด วิธีการ หรืออุปกรณ์ เป็นต้น (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2554) การศึกษาเรื่องนวัตกรรม (Innovation) ได้มีการศึกษาและกล่าวถึงมาเป็นระยะเวลาค่อนข้างนานแล้ว แต่การให้คำนิยามหรือความหมายของนวัตกรรม ตลอดจนความเข้าใจก็ยังมีความแตกต่างกัน ตามมุมมองและภูมิหลังของนักวิชาการแต่ละคน ซึ่งก็ยังไม่สามารถกำหนดคำนิยามให้เป็นที่ ยอมรับกันทั่วไป (Gopalakrishnan & Bierly, 1997) สำหรับ รากศัพท์ของคำว่า นวัตกรรม (Innovation) นั้นมาจากภาษา ลาตินคำว่า “Innovare” แปลว่า “ทำสิ่งใหม่ขึ้นมา” สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, (2550)

นวัตกรรม คือ “สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้ และความคิด สร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม” จากการให้ความหมายของนวัตกรรมดังข้างต้น จะพบว่ามีนัยสำคัญที่มีความหมายแตกต่างจากคำว่า “Invention” คือ ประเด็นในส่วนของการแสวงหาผลประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ และสังคม เนื่องจากคำว่า Invention ที่แปลว่า สิ่งประดิษฐ์ หรือประดิษฐกรรม มีความหมายเพียงการทำให้ความคิดใหม่ เป็นความจริงขึ้นมา และสามารถจับต้องได้ (พันธุ์อาจ ชัยรัตน์, 2547; Smith, 2006)

ประเภทของนวัตกรรม การจำแนกประเภทของนวัตกรรม แบ่งได้หลาย ประเภทตามลักษณะขอบเขต และวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ การจำแนกที่พบบ่อย และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงการวิจัย และการจัดการนวัตกรรมค่อนข้างมาก ประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ (1) การจำแนกตามเป้าหมายของนวัตกรรม (The Target of Innovation) แบ่งเป็น นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) และ นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) (2) การจำแนกตามระดับของการเปลี่ยนแปลง (The Degree of Change) จะแบ่งนวัตกรรมออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ นวัตกรรมในลักษณะเฉียบพลัน (Radical Innovation) และนวัตกรรมในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation) และการจำแนกประเภทของนวัตกรรมในลักษณะที่ (3) การจำแนกตาม ขอบเขตของผลกระทบ (The Area of Impact) จำแนกได้ 2 ประเภท คือ นวัตกรรมทางเทคโนโลยี (Technological Innovation) และนวัตกรรมทางการบริหาร (Administrative Innovation) (Gopalakrishnan & Damanpour, 1997; Smith, 2006; Bessant & Tidd, 2007; Schilling, 2008) สามารถสรุปและอธิบายรายละเอียดของการจำแนก ประเภทของนวัตกรรมในแต่ละลักษณะ ได้ดังนี้

2.4.1 การจำแนกตามเป้าหมายของนวัตกรรม

2.4.1.1 นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไว้ว่า นวัตกรรม ผลิตภัณฑ์ คือ การพัฒนาและนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ว่าจะเป็นด้านเทคโนโลยี หรือวิธีการใช้ก็ดี รวมไปถึงการปรับปรุง

GRAD-VRU

ผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (รักษ์ วรกิจโภคาทร, 2547) นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ถือเป็น ผลิตผล (Outputs) ขององค์การหรือธุรกิจ โดยอาจจะอยู่ในรูปของตัวสินค้า (Goods) หรือการบริการ (Services) ก็ได้ (Smith, 2006; Schilling, 2008) และตัวแปรหลักที่สำคัญของการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์มี 2 ตัวแปร คือ (1) โอกาส ทางด้านเทคโนโลยี หมายถึง องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เครื่องมือ อุปกรณ์ และกระบวนการที่จะทำให้ สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เกิดขึ้นได้ (2) ความต้องการ ของตลาด หมายถึง ความต้องการของผู้ใช้ ที่มีความต้องการ ในผลิตภัณฑ์ใหม่นั้น และพร้อมที่จะซื้อหรือใช้ และส่งผลทำให้ผู้เป็นเจ้าของนวัตกรรมได้รับประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ หรือสังคม (Capon et al, 1992; Ettlit & Reza, 1992; Gopalakrishnan & Damanpour, 1997)

2.4.1.2 นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ให้ความหมายของนวัตกรรมกระบวนการ หมายถึง การประยุกต์ใช้แนวคิด วิธีการหรือกระบวนการใหม่ๆ ที่ส่งผลให้กระบวนการผลิต และการทำงานโดยรวมมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ ในการออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ เป็นต้น (รักษ์ วรกิจโภคาทร, 2547) จากความหมายดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า นวัตกรรมกระบวนการเป็นเรื่องของการเปลี่ยนแปลงในองค์การ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือ กรรมวิธีการผลิต การจัดจำหน่าย หรือรูปแบบการจัดการองค์การ ทั้งนี้โดยมีเป้าหมาย ที่จะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ให้ไปถึงมือผู้บริโภคหรือผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อองค์การมากที่สุด (Capon et al, 1992; Ettlit & Reza, 1992; Gopalakrishnan & Damanpour, 1997)

2.4.2 การจำแนกตามระดับของการเปลี่ยนแปลง

2.4.2.1 นวัตกรรมในลักษณะเฉียบพลัน (Radical Innovation) เป็นนวัตกรรมที่มีระดับความใหม่ ในลักษณะที่มีความแตกต่างไปจากกรรมวิธี และแนวคิดเดิมไปอย่างสิ้นเชิง หรือเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบถอนรากถอนโคน (Schilling, 2008) ดังนั้น นวัตกรรมที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบเฉียบพลัน จึงมีนัยสำคัญมากกว่าการ ปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิม แต่เป็นการออกแบบและใช้แนวคิดใหม่ ทั้งหมดในการพัฒนานวัตกรรม (Smith, 2006) นอกจากนี้ หากพิจารณาการให้ความหมายของ Henderson & Clark’s (1990) นวัตกรรมในลักษณะเฉียบพลัน (Radical Innovation) จะทำให้เกิดการออกแบบที่เป็นต้นแบบใหม่ของนวัตกรรม (New Dominant Design) รวมถึงแนวคิดของการ ออกแบบ และรายละเอียดขององค์ประกอบและโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม ด้วย Rothwell & Gardner (1989) ได้ประมาณว่า นวัตกรรมที่มีลักษณะเฉียบพลันจะมีเพียง 10% ของนวัตกรรมทั้งหมด (พักตร์ผจง วัฒนสินธุ์ และคณะ, 2553)

1) หลอดดูดน้ำจากต้นไผ่หลอด มีความแข็งแรง สามารถใช้ซ้ำได้ถึง 100 ครั้ง วิธีการดูแลรักษา ควรล้างให้สะอาดด้วยแปรงล้าง หลอดขนาดเล็กหลังใช้งานทุกครั้ง และนำไปต้มด้วยน้ำผสมน้ำส้มสายชูอาทิตย์ละครั้ง เพื่อให้หลอด ดูดน้ำจากไม้ไผ่ยังคงความขาวสะอาดน่าใช้ต่อไป

2) หลอดดูดจากก้านผักบุ้ง หลอดดูดน้ำจากก้านผักบุ้ง ที่เส้นผ่าศูนย์กลางกว้าง ทำให้สามารถดูดน้ำได้ปริมาณมาก กระบวนการทำหลอดนั้น ต้องนำผักบุ้งมาแช่ในน้ำ ผสมเบกกิ้งโซดา 15 นาที ล้างน้ำสะอาดอีก 3 ครั้ง แล้วนำมาใช้ เหมาะสำหรับใช้งานครั้งเดียวทิ้ง ย่อยสลายภายใน 3 - 5 วัน

3) หลอดดูดน้ำจากตะไคร้ อีกหนึ่งทางเลือกของหลอดดูดน้ำจากผักสวนครัว ที่มีการนำไปใช้จริงที่โรงแรมบ้านท้องทราย บนเกาะสมุย เป็นเวลากว่า 2 ปีแล้ว

4) หลอดจากซังข้าว หลอดดูดน้ำที่เกิดขึ้นในช่วงการเก็บเกี่ยวต้นข้าว มีการใช้จริงแล้วที่ชุมชนเกาะยาวใหญ่ ประโยชน์ของหลอดชนิดนี้ทั้งปลอดภัย แถมยัง สามารถลดขยะอินทรีย์จากการเกษตรได้อีกด้วย

5) Bioware กล่องอาหารธรรมชาติที่ผลิตจากข้าวโพดและอ้อย 100% ถึงแม้ว่าวัสดุและสีสันจะมาจากธรรมชาติ ทั้งหมดก็ตาม แต่ความแข็งแรงและคุณภาพกลับ ไม่ได้ด้อยไปกว่าพลาสติกแต่อย่างใด สามารถใส่อาหารร้อนได้ถึง 130 องศาเซลเซียส เข้าตู้เย็นหรือ อุ่นในไมโครเวฟได้ สามารถนำเข้าเครื่องล้างจานหรือ เครื่องอบฆ่าเชื้อโรคได้ Bioware อาจจะมีดีกว่าพลาสติกด้วยซ้ำ เพราะการใช้ของ จากธรรมชาติทั้งหมด ทำให้เรามั่นใจได้ว่ากล่อง อาหารใบนี้ ปราศจากสารพิษและสารก่อมะเร็ง 100% นอกจากนี้ Bioware ยังถูกออกแบบมาให้มี น้ำหนักเบา ทำให้ใช้งานได้ง่าย มีระบบล็อกพิเศษ ป้องกันการเข้าของอากาศและระบบ Double wall ที่ช่วยกันความร้อนจากอาหาร สัมผัสมือและเก็บ รักษาอุณหภูมิของอาหารได้นานยิ่งขึ้น ที่สำคัญ สามารถย่อยสลายได้ 97.9% ภายใน 1 เดือน ด้วยการฝังกลบลงสู่ดินโดยไม่มีผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

6) Leaf-Republic จานใบไม้ นวัตกรรมจากกลุ่ม Leaf-Republic ประเทศเยอรมนี พัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ใช่แค่เป็น มิตรกับธรรมชาติ แต่ทำมาจากธรรมชาติ เกิดจาก การนำใบไม้มาเย็บต่อกันด้วยเส้นใยปาล์ม จากนั้น นำเข้ากระบวนการกดทับและขึ้นรูปโดยเครื่องจักร เกิดเป็นจานหลายรูปทรงซึ่งประกอบจากวัสดุ 3 ชั้น ด้วยกัน โดยชั้นบนและชั้นล่างทำจากใบไม้ ส่วนชั้นกลางเป็นชั้นของกระดาษซึ่งทำจากใบไม้ มีคุณสมบัติกันน้ำได้ ทำให้รองรับการใช้งานกับ อาหารทุกประเภท และปลอดภัย ที่สำคัญจานนี้ สามารถย่อยสลายได้ในเวลา 28 วันเท่านั้น

7) Edible Chopsticks ตะเกียบกินได้ของบริษัท Marushige ทำมาจาก ต้นกกออร์แกนิก นำมาแปรรูปด้วยการบดและอบ จากนั้นขึ้นรูปจนกลายเป็นตะเกียบกินได้ นอกจาก จะปลอดภัยต่อธรรมชาติแล้ว ตะเกียบต้นกก 1 คู่ มีคุณค่าทางโภชนาการมากเท่ากับการกินสลัด 1 จานเลยทีเดียว (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.), 2562)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาของ พินิจภณ ปิตุยะ (2558) ศึกษาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพจากไม้กระถินยักษ์และกะลามะพร้าวที่ผลิตโดยกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าด้วยสภาวะที่แตกต่างกัน 9 สภาวะ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านชีวภาพจากไม้กระถินยักษ์ด้วยเตาเผาไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ คือ ที่อุณหภูมิในการเผา 434.8 $^{\circ}$C ในเวลา 1 ชั่วโมง และนำถ่านชีวภาพจากไม้กระถินยักษ์มาผสมกับดินห้วยทรายและทดลองปลูกงาดำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปลูกงาดำด้วยดินทรายให้ได้ผลผลิตที่ดีควรเติมทั้งปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพในสัดส่วนระหว่าง 5-10% อย่าไรก็ตามหากใช้ถ่านชีวภาพในสัดส่วนที่มากเกินไปจะส่งผลให้ผลผลิตงาดำลดลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของจามร อยู่เย็น ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพในแปลงเพาะปลูกถั่วเหลืองเพื่อการเพิ่มผลผลิตและกักเก็บคาร์บอน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาถ่านชีวภาพป่าเต็ง จังหวัดเพชรบุรี ผลการศึกษาพบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพ สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) เมื่อ

GRAD VRU

เปรียบเทียบกับตำรับการทดลองควบคุม การใส่ถ่านชีวภาพสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดถั่วเหลือง โดย ความสูงลำต้น จำนวนข้อ น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งใบ และความยาวรากของถั่วเหลือง เพิ่มสูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Amonette et al., 2010)

การศึกษาของ ทิวา ตันสถิต และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาถ่านไบโอชาร์จากตอซังและฟางข้างมาประยุกต์ใช้ในการอุ้มน้ำในดิน โดยการผลิตถ่านไบโอชาร์จากเตาเผาไบโอชาร์แบบถัง 200 ลิตร ให้ได้ปริมาณของถ่านไบโอชาร์มากที่สุด แล้วนำถ่านไบโอชาร์ที่ได้ไปทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำในดิน โดยใช้ทรายแทนดินในอัตราส่วนต่าง ผลทดสอบพบว่า ถ่านไบโอชาร์ที่ได้จากเตาเผาแบบถัง 200 ลิตร ได้ปริมาณถ่าน 45 % ผลการทดสอบความสามารถอุ้มน้ำในดินพบว่า เมื่อใช้ถ่านไบโอชาร์ผสมกับทราย 10 % ต่อดินทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 100 จะสามารถอุ้มน้ำได้มากที่สุดและเก็บความชื้นได้นานที่สุด 104 ชั่วโมง

สมชาย บุตรนันท์ และคณะ (2558) พบว่า ถ่านมีศักยภาพในการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายที่เสื่อมโทรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาจากคุณสมบัติถ่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารระเหยและเถ้า ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ของพืช การทดลองทำในเรือนทดลอง โดยเปรียบเทียบการใส่ถ่านที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสที่เผาปกติโดยวิธีพื้นบ้านของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเผาที่อุณหภูมิต่ำ (~350˚C) (ถ่านมีปริมาณสารระเหยได้สูง และเถ้าต่ำ) กับถ่านที่ผลิตด้วยวิธีสมัยใหม่ (Flash carbonizationTM, FC) ซึ่งใช้อุณหภูมิสูง 800˚C อย่างฉับพลัน (ถ่านมีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ และเถ้าสูง) ในชุดดินโคราช (Kandiustults) ถ่านทั้งสองชนิดลดความเป็นพิษของ Al และ Mn ต่อข้าวโพด อย่างไรก็ตาม ถ่านที่มีปริมาณเถ้าสูง (ถ่าน FC) ทำให้เกิดปรากฏการณ์การเป็นปฏิปักษ์ระหว่างธาตุ K กับ Ca และ Mg ในข้าวโพด ทำให้การเจริญเติบโตลดลง สรุปได้ว่า ถ่านผลิตโดยวิธีพื้นบ้านสามารถเพิ่มความความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยปริมาณเถ้าที่ต่ำไม่ส่งผลด้านลบต่อพืช

อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ และสมชาย ชคตระการ (2560) ใช้ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพในอัตราที่ต่างส่วนต่าง ๆ สำหรับการปลูกผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพแปลงที่เป็นดินกรด พบว่าทำให้สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 รอบ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการปลูก โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่เป็นอัตราการใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพดินกรด

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร (2558) ค้นคว้าวิจัยของคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ตั้งแต่ พ.ศ. 2552 เป็นต้นมาจนสรุปเป็น นวัตกรรมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ไม่ต้องพลิกกลับกอง เกษตรกรสามารถผลิตได้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดีปริมาณมากครั้งละ 10 – 100 ตัน ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้มีค่าตามมาตรฐาน ปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2551 เสร็จภายในเวลาเพียง 60 วัน เรียกว่า วิธี “วิศวกรรมแม่โจ้ 1” ที่ไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีกลิ่นและน้ำเสีย วัตถุดิบมีเพียงเศษพืชกับมูลสัตว์ ถ้าเศษพืชเป็นฟางข้าว เศษข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือผักตบชวา อัตราส่วนระหว่างฟางข้าว เศษข้าวโพด หรือผักตบชวา กับมูลสัตว์ คือ 4 ต่อ 1 โดยปริมาตร และถ้าเป็นเศษใบไม้จะใช้อัตราส่วน 3 ต่อ 1 โดยปริมาตร เกษตรกรจะสามารถผลิตปุ๋ย

อินทรีย์คุณภาพสูงได้ในปริมาณมากในการผลิตต่อครั้ง โดยไม่ต้องพลิกกลับกอง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้เผยแพร่นวัตกรรมนี้ตั้งแต่ปี 2552 พบว่าเกษตรกรที่นำนวัตกรรมนี้ไปใช้สามารถผลิตพืชผัก และข้าวอินทรีย์ได้ผลดียิ่ง ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตและปลอดภัยจากสารเคมี และปุ๋ยเคมี อีกทั้งยังช่วยลดหนี้สิน เพิ่มกำไร เพิ่มคุณภาพผลผลิต เป็นการอนุรักษ์ดินในพื้นที่เพาะปลูก ช่วยลดการเผา และยังสามารถสร้างรายได้จากการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จำหน่ายในชุมชนได้อีกด้วย

รุจิรา เดชสูงเนิน (2559) ศึกษาผลของวัสดุในการย่อยสลายกิ่งไม้ที่ย่อยแห้งต่อการเจริญเติบโตของไม้ประดับในกระถาง ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุต่าง ๆ เช่น กิ่งไม้ที่ย่อยแล้วทั้งสด และแห้ง ปุ๋ยคอก ผักตบชวา และ พด.1 โดยแต่ละชุดการทดลองได้ทดสอบในแปลงขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1 ใส่วัสดุเป็นชั้น ๆ สลับกันจำนวน 4 ชุดการทดลอง และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการย่อยสลายกิ่งไม้ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) 6.8 - 7.0 นอกจากนี้ พบว่ามีธาตุอาหารที่จำเป็น ได้แก่ ธาตุ ไนโตรเจน (N) ร้อยละ 1.25 - 1.59 ธาตุฟอสฟอรัส (P) ร้อยละ 0.59 - 0.92 และธาตุโพแทสเซียม (K) ร้อยละ 0.56 - 0.98 ซึ่งปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช หลังจากนั้นนำปุ๋ยหมัก แต่ละชุดการทดลองมาผสมกับดินสำหรับปลูกต้นเขียวหมื่นปี (*Aglaonena modestum* Schott.) วงศ์ ARACEAE พบว่าในช่วงเดือนแรกของการปลูกเลี้ยงต้นเขียวหมื่นปี การเจริญเติบโตค่อนข้างช้าและใบมีสีเหลือง แต่มีการเจริญเติบโตดีและใบมีสีเขียวเข้มเป็นมันในเวลา 2 เดือน จึงสรุปว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการย่อยสลายเศษวัสดุต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้ประโยชน์สูงสุดและปลอดภัยกับพืช คือ ประมาณ 60 - 90 วัน

อัญชลี จาละ (2557) ศึกษาการผลิตเห็ดหลินจือ โดยใช้เศษใบไม้และกิ่งไม้หมักเป็นส่วนผสมของขี้เลื่อยยางพาราสำหรับทำก้อนเชื้อในแนวเศรษฐกิจพอเพียง จากการนำใบไม้และกิ่งไม้หมักเป็นส่วนผสมร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการทำเห็ดถุง โดยใช้ส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อใบไม้และกิ่งไม้หมักในอัตราส่วนต่างกัน พบว่าส่วนผสมของ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ต่อ ใบไม้และกิ่งไม้หมัก ในอัตราส่วน 75 : 25 ให้ผลผลิต น้ำหนักดอกเห็ดหลินจือ ใกล้เคียงกับก้อนเชื้อที่มีแต่ขี้เลื่อยไม้ยางพาราอย่างเดียว ผลที่ได้แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อตรวจวัดคุณค่าทางโภชนาการด้านความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางโภชนาการทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน เป็นงานวิจัยที่บ่งชี้ได้ว่าเศษใบไม้และกิ่งไม้ ยังคุณค่าในการนำมาใช้ร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการทำก้อนเห็ดได้

GRAD VRU

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาสภาพปัญหา และหานวัตกรรมการจัดการกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการวิจัย ขั้นตอนระยะต่าง ๆ พร้อมทั้งการดำเนินการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 รูปแบบวิธีวิจัย

3.2 การศึกษาบริบทด้านการจัดการขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ

3.3 วิธีการดำเนินวิจัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - experimental research) และประยุกต์ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาสภาพการจัดการขยะเศษกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 โดยระยะที่ 1 เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ และระยะที่ 2 และ 3 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง

3.2 การศึกษาบริบทด้านการจัดการขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยพื้นที่นี้มีขนาด มีเนื้อที่ทั้งหมด 381 ไร่ 2 งาน 91 ตารางวา ตั้งอยู่เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 สถานที่การดำเนินงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีพื้นที่สีเขียวเพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศและเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของบุคลากร และนักศึกษา ต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ปลูกมาเป็นระยะเวลานานหลายสิบปี จำเป็นต้องมีการดูแลอย่างต่อเนื่อง โดยงานอาคารสถานที่ของมหาวิทยาลัยฯ ทั้ง

การตัดแต่งกิ่ง ก้าน เพื่อความเรียบร้อยความสวยงาม และเพื่อรักษาความสะอาด ปลอดภัยจากการที่กิ่งไม้ผุและหักลง (ภาพที่ 3) ส่วนการเก็บกวาดใบไม้ที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวันนั้น ทำให้ได้ใบไม้สะสมจำนวนมาก (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 การตัดและขนย้ายเศษกิ่งไม้และใบไม้จากบริเวณมหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4 การจัดการกิ่งไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

GRAD VRU

3.3 วิธีการดำเนินวิจัย

วิธีการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะตามวัตถุประสงค์ภายใต้ขอบเขตการวิจัย โดยมีรายละเอียดในแต่ละระยะดังต่อไปนี้

3.3.1 ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาของขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่ศึกษาดำเนินการดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้เป็นรายเดือนจากสถิติของกองอาคารสถานที่ได้บันทึกไว้ในช่วงระยะเวลา 1 ปี

2) ศึกษาสภาพปัญหาโดยใช้เครื่องมือสอบถามสภาพปัญหาโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

3.3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ จะดำเนินการในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยการจัดประชุมกลุ่มย่อยจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 คนที่เลือกโดย Purposive sampling จากมีส่วนเกี่ยวข้องจำนวน 7 คน ประกอบด้วย

1) ผู้ช่วยอธิการบดี ฝ่ายอาคารสถานที่

2) อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ผู้ดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับประเด็นศึกษา

3) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ชำนาญการ หัวหน้างานภูมิทัศน์และสิ่งแวดล้อม กองกลาง สำนักงานอธิการบดี

4) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป งานภูมิทัศน์และสิ่งแวดล้อม กองกลาง สำนักงานอธิการบดี

5) ผู้ปฏิบัติหน้าที่หัวหน้างานอาคารสถานที่ / ช่างก่อสร้าง

6) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

7) เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

3.3.1.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งได้แก่ ประเด็นคำถามและแบบบันทึกการประชุมกลุ่ม (Focus Group Discussion) โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือและตรวจคุณภาพเครื่องมือ ตามลำดับต่อไปนี้

1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ร่างแบบบันทึกการสนทนากลุ่มตามปัจจัยที่สำคัญ

3) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ

4) นำเครื่องมือที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของถ้อยคำ

5) นำเครื่องมือมาปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

6) จัดทำเครื่องมือฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้ในการวิจัย

3.3.1.3 การสังเคราะห์ข้อมูล สภาพปัญหาจากการสนทนากลุ่มโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

3.3.2 ระยะที่ 2 การหานวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย

เพื่อให้ให้เกิดมูลค่าสูงสุดของเศษกิ่งไม้ใบไม้ ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัย จะมีการดำเนินการสอดคล้องกับผลที่ได้จากการประชุมกลุ่มย่อย ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ โดยเสนอทางเลือกด้านต่าง ๆ เช่น

3.3.2.1 การผลิตถ่านชีวภาพ

1) วัสดุในการผลิตถ่านชีวภาพได้กิ่งไม้ทำให้แห้งโดยตากแดดในที่โปร่ง

2) เชื้อเพลิงใช้เศษไม้จากการตัดแต่งกิ่งต้นไม้ในมหาวิทยาลัย กิ่งไม้ นำมาตากให้แห้ง ตัดเป็นท่อนมีความยาวประมาณ 40 - 50 เซนติเมตร ใช้น้ำหนักของเชื้อเพลิง จำนวน 15 กิโลกรัมต่อการเผา 1 เตา

GRAD VRU

3) เตาเผาถ่านใช้ถังโลหะขนาด 200 ลิตรสำหรับบรรจุวัสดุผลิตถ่านชีวภาพ

4) กระบวนการเผาไหม้ใช้วิธีการแยกสลายด้วยความร้อนแบบช้าที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิปกติ (พินิจภณ ปิตุยะ, 2560)

5) นำถ่านชีวภาพที่ได้บรรจุลงบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และฉลากสินค้าสำหรับถ่านชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

3.3.2.2 การแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่า

1) การจัดการกิ่งไม้ขนาดใหญ่ ซึ่งโดยปกติถูกวางกองไว้ด้านหลังมหาวิทยาลัย และเปิดโอกาสให้บุคคลภายนอกเข้ามานำไปใช้ประโยชน์โดยไม่คิดมูลค่า

2) คัดเลือกและตัดไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านคุณภาพไม้และขนาด เพื่อนำไปแปรรูปเป็นหัตถกรรมเครื่องไม้

3) การแปรรูป และการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับการจำหน่าย

3.3.2.3 การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากเศษใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่สามารถบดย่อยได้

1) วิธีการผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพด้วยวิธีการ วิศวกรรมแม่โจ้ 1 เนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่สะดวกต่อดูแลรักษากองปุ๋ยหมัก และใช้เวลาการผลิตปุ๋ยรวดเร็ว เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการย่อยที่สภาวะต่าง ๆ จึงวางแผนการทดลองกองปุ๋ยตามอัตราส่วนตามตารางที่ 5 โดยกำหนดกรอบฐานกองปุ๋ย ขนาด 2 x 2 ตารางเมตร นำเศษใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่บดย่อยแล้วกองเป็นชั้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร สลับกับมูลโคขุน ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยไม่ต้องกลับพลิกกองปุ๋ย โดยรดน้ำทุกวันและแทงกองปุ๋ยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

ตารางที่ 5 การออกแบบการทดลองโดยมีอัตราส่วนของเศษกิ่งไม้และใบไม้ต่อมูลโคขุน

การทดลองที่	เศษกิ่งไม้และใบไม้ (กก.)	มูลโคขุน (กก.)	รวม (กก.)	อัตราส่วนคิดเป็น
1	375	125	500	3:1
2	400	100	500	4:1
3	416	84	500	5:1

GRAD VRU

การออกแบบการทดลองและการกำหนดอัตราส่วนเศษกิ่งไม้ และใบไม้กับมูลโคขุน เนื่องจากต้องการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการหมักปุ๋ยอินทรีย์วิศวกรรมแม่โจ้ 1 ที่ใช้เศษใบไม้ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งอาจมีชนิดของใบไม้ที่ใช้หมักปุ๋ยที่แตกต่างกันและสภาพอากาศที่แตกต่างกัน โดยอัตราส่วนเศษใบไม้กับมูลโคขุนของวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ใช้อัตราส่วน 3 : 1 หากในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ มีการลดอัตราส่วนมูลโคขุนลงเป็นอัตราส่วน 4 : 1 และ 5 : 1 จะมีผลการทดลองแตกต่างกันอย่างไร

3.3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อกองปุ๋ย ครบกำหนด 60 วัน นำปุ๋ยอินทรีย์ ที่ได้ไปตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพเพื่อหาปริมาณธาตุอาหารและค่าการตกค้างของสารเคมีตามพารามิเตอร์ในตารางที่ 6 ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เคมี ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 กระบวนการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก ปริมาณคาร์บอนในดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

รายการวิเคราะห์	กระบวนการวิเคราะห์	เอกสารอ้างอิง
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	N contents were determined according to the Kjeldahl method.	Bremmer & Mulvaney (1982)
ปริมาณฟอสฟอรัส (Total P_2O_5)	Bray II solution (0.03 N NH_4F, 0.1 N HCl) as an extract, and the extracted P contents were measured colorimetrically with a spectrophotometer (Hitachi U-2000) based on the reaction with ammonium molybdate and the development of molybdenum blue color.	Murphy & Riley (1962)
ปริมาณโพแทสเซียม (Total K_2O)	1 M NH_4OAc solution (pH 7.0); the extracted K contents were also measured colorimetrically with a spectrophotometer (Flame Photometer BWB-XP).	Harris (1940)
OM/OC ปริมาณคาร์บอนในดิน/ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน	The Walkley-Black chromic acid wet oxidation method, and oxidizable matter in the soil was oxidized by 1 N $K_2Cr_2O_7$ solution.	Heanes (1984) Walkley & Black (1934)
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	EC meter	Liu et al. (2007)
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)
สารหนู (Arsenic)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)
แคดเมียม (Cadmium)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)
โครเมียม (Chromium)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)
ทองแดง (Copper)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)
ตะกั่ว (Lead)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)
ปรอท (Mercury)	Wet digestion (nitric perchloric), ICP-OES	Olesik (1991)

GRAD VRU

ตารางที่ 7 มาตรฐานของการขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH)	5.5 - 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C-N)	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (Total N) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก - โพรแทสเซียม (Total K_2O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ที่มา: ราชกิจจานุเบกษา (2550)

GRAD VRU

3.3.3 ระยะที่ 3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายด้านการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

3.3.3.1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3.3.3.1.1 ต้นทุน (Cost) คือค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงกิจกรรมการผลิต โดยต้นทุนสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fix costs) ต้นทุนที่มีพฤติกรรมคงที่ หมายถึง ต้นทุนรวมที่มิได้เปลี่ยนแปลงไปตามระดับของการผลิตในช่วงของการผลิตระดับหนึ่ง แต่ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยก็จะเปลี่ยนแปลงในทางลดลงถ้าปริมาณการผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ต้นทุนคงที่ยังแบ่งออกเป็นต้นทุนคงที่อีก 2 ลักษณะ คือ ต้นทุนคงที่ระยะยาว (Committed fixed cost) เป็นต้นทุนคงที่ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะสั้น เช่น สัญญาเช่าระยะยาว ค่าเสื่อมราคา เป็นต้น และต้นทุนคงที่ระยะสั้น (Discretionary fixed cost) จัดเป็นต้นทุนคงที่ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวจากการประชุมหรือตัดสินใจของผู้บริหาร เช่น ค่าโฆษณา ค่าใช้จ่ายในการวิจัย

2) ต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ต้นทุนที่จะมีต้นทุนรวมเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงในระดับกิจกรรมหรือปริมาณการผลิต ในขณะที่ต้นทุนต่อหน่วยจะคงที่เท่ากันทุก ๆ หน่วย โดยทั่วไปแล้วต้นทุนผันแปรนี้จะสามารถควบคุมได้โดยแผนกหรือหน่วยงานที่ทำให้เกิดต้นทุนผันแปรนั้น

3.3.3.1.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV)

เป็นผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาในโครงการนั้นแล้ว โดยพิจารณาถึงโครงการที่กำลังดำเนินการ หรือเริ่มดำเนินการอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่ นั่นคือ ถ้าค่า NPV ที่ได้มีค่ามากกว่าศูนย์หรือเป็นบวก แสดงว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน และในกรณีค่า NPV ที่ได้มีค่าลบหรือต่ำกว่าศูนย์ แสดงว่า การลงทุนตามโครงการนั้นไม่คุ้มค่า สามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณได้ดังนี้ (PIMAC, 2008)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ
B_t คือ ผลตอบแทน ณ ปีที่คำนวณ
C_t คือ ต้นทุน ณ ปีที่คำนวณ
i คือ อัตราคิดลด
t คือ อายุของโครงการ

GRAD VRU

3.3.3.1.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)

ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุน โดยคิดจากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสมที่เปลี่ยนจากค่าลบเป็นค่าบวก (PIMAC, 2008)

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ซึ่งประกอบด้วย ความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยที่กำหนดจากคุณสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ด้วย t-test independent

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องนวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นการวิจัยเพื่อค้นหานวัตกรรมการจัดการกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นการวิจัยการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพในการหาแนวทางในการจัดการ ผู้แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ตามวัตถุประสงค์ภายใต้ขอบเขตการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาของขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่ศึกษา

ระยะที่ 2 การหานวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย

ระยะที่ 3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายด้านการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

4.1 ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาของขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่ศึกษา

จากการสนทนากลุ่ม ซึ่งมีผู้ให้ข้อมูลสำคัญ จำนวน 7 คน ได้แก่

1. ผู้ช่วยอธิการบดี ฝ่ายอาคารสถานที่
2. อาจารย์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ในด้านการจัดการขยะเศษกิ่งไม้ – ใบไม้
3. เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ชำนาญการ หัวหน้างานภูมิทัศน์และสิ่งแวดล้อม กองกลาง สำนักงานอธิการบดี
4. เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป งานภูมิทัศน์และสิ่งแวดล้อม กองกลาง สำนักงานอธิการบดี
5. ผู้ปฏิบัติหน้าที่หัวหน้า (งานอาคารสถานที่ / ช่างก่อสร้าง)
6. เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป (งานอาคารสถานที่ / ช่างก่อสร้าง)
7. เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน (งานอาคารสถานที่ / ช่างก่อสร้าง)

ได้ผลตามประเด็นสำคัญตามหัวข้อที่กำหนดไว้ เป็น 3 ประเด็น ดังตารางที่ 8 ถึง ตารางที่ 10 ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกเทปการสนทนา และนำข้อมูลมาสรุปสาระสำคัญที่ได้แยกรายประเด็น และใส่ลงในตารางเพื่อง่ายต่อความเข้าใจ ดังนี้

GRAD VRU

ตารางที่ 8 ประเด็นด้านการบริหารจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในระยะเวลาที่ผ่านมาในด้านต่าง ๆ

สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุนเพื่อการศึกษาวิจัย
1.1 การบริหารจัดการ	
การจัดการขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ เจ้าหน้าที่งานอาคารสถานที่เป็นผู้รับผิดชอบหน้าที่ทั้งหมดของพื้นที่มหาวิทยาลัย โดยแยกคนละส่วนกับการจัดการขยะของคณะต่าง ๆ และหอพัก โดยคณะและหอพักยังไม่มีสถานที่รวบรวมเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ จึงได้นำมารวบรวมไว้ที่เดียวกันคือบริเวณสถานที่ของกองอาคารสถานที่ด้านหลังมหาวิทยาลัยฯ โดยทำปุ๋ยเศษกิ่งไม้ -ใบไม้ โดยกิ่งไม้ขนาดเล็กจะถูกบดย่อยโดยเครื่องย่อยกิ่งไม้ นำมากองและรดน้ำ พลิกกลับกองปุ๋ย ปุ๋ยที่ได้จะนำไปใช้ดูแลต้นไม้ของมหาวิทยาลัย แต่ยังคงมีการซื้อปุ๋ยจากภายนอกมาใช้ในงานการดูแลต้นไม้ใหญ่ในมหาวิทยาลัยอยู่	1. ผู้ปฏิบัติงานมีการคัดแยกและจัดการขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ โดยการจำแนกตามขนาดของไม้ ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ซม. จะถูกบดย่อยรวมกับกองใบไม้และหมักทำปุ๋ยอินทรีย์
	2. การซื้อปุ๋ยจากภายนอกมาใช้นอกจากสิ้นเปลืองงบประมาณและยังถือว่าเป็นการใช้ทรัพยากรที่อยู่ไม่คุ้มค่า ดังนั้น การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ ที่คุณภาพและปริมาณที่มากพอ จะเป็นประโยชน์กับมหาวิทยาลัย
	3. งานอาคารสถานที่มหาวิทยาลัย มีการดำเนินงานดังกล่าวนี้อยู่แล้วเพียงแต่ต้องการการจัดระบบการทำงานให้สมบูรณ์ขึ้น บนฐานทรัพยากรที่มีอยู่ อันได้แก่ แรงงาน เครื่องจักร และ งบประมาณ
1.2 ปริมาณขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	
จากข้อมูล งานอาคารสถานที่ พบว่า 1.2.1. เศษใบไม้ การเก็บรวบรวมใบไม้โดยรถกระบะบรรทุกขนาดบรรจุ 7.92 ลูกบาศก์เมตร ได้วันละประมาณ 3 คันรถ คิดเป็น 23.76 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (1,900.8 กิโลกรัมต่อวัน) คิดเป็น 8,672.4 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (693,792 กิโลกรัมต่อปี) 1.2.2 เศษกิ่งไม้ การตัดกิ่งไม้ หรือต้นไม้ใหญ่ปีละ 5 ครั้ง ครั้งละประมาณ 15 คันรถขนาด 7.29 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 546.75 ลูกบาศก์เมตร ต่อ ปี 1.2.3 รวมปริมาณเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ ทั้งหมด 9,219.15 ลูกบาศก์เมตร ต่อ ปี	1. งานอาคารสถานที่ มีข้อมูลขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ในมหาวิทยาลัยที่มีปริมาณชัดเจน ทำให้ทราบข้อมูลและสามารถนำไปวางแผนในการศึกษา พัฒนาต่อไปได้สะดวก

GRAD VRU

ตารางที่ 8 (ต่อ)

1.3 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน	
1.3.1 ปัญหาด้านการจัดการกิ่งไม้ขนาดใหญ่ในมหาวิทยาลัยฯ ไม่สามารถบดย่อยได้ด้วยเครื่องบดที่มีอยู่ จึงตัดวางทิ้งไว้อย่างไร้ค่า แม้จะเปิดให้บุคคลภายนอก และบุคลากรนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ก็ยังเหลือคงค้างอยู่ในพื้นที่เก็บเป็นจำนวนมาก บางส่วนผุไป เป็นที่น่าเสียดาย	1. ไม้ขนาดใหญ่จำนวนมาก สามารถใช้แปรรูป หรือสร้างมูลค่า
1.3.2 ปัญหาด้านการเก็บรวบรวม พื้นที่ในการกองรวมเศษกิ่งไม้ - ใบไม้มีพื้นที่จำกัด แต่การกองรวมโดยขาดระบบ อาจทำให้เศษกิ่งไม้ - ใบไม้ ไม่สามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักได้ในเวลาที่เหมาะสม เป็นเหตุให้ กองของเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ	2. พื้นที่กองรวมเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ มีความเหมาะสมหากจัดการกองปุ๋ยให้ถูกต้องเหมาะสม จะทำให้ เศษกิ่งไม้ -ใบไม้ ไม่ค้างทับถมเป็นปริมาณมาก
1.3.3 ปัญหาด้านการปฏิบัติงานของคนงาน เมื่อกองเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ มีขนาดใหญ่ การพลิกกลับกองจึงเป็นไปโดยยาก ต้องใช้เครื่องจักรทำงาน เกิดความไม่สะดวก	3. มีแรงงานเพียงพอในการจัดการอย่างเป็นระบบ
1.3.4 ปัญหาด้านคุณค่าและมลทัศน์ ต้นไม้และเศษกิ่งไม้ขนาดใหญ่ ถูกกองรวมไว้ ทำให้เสียคุณค่าและสร้างทัศนียภาพ ที่ไม่น่ามอง โดยเฉพาะบริเวณที่เศษกิ่งไม้ - ใบไม้กองอยู่ด้านหลังมหาวิทยาลัยฯ ทำให้มีความไม่น่ามอง	4. สามารถสร้างมูลค่าจากเศษกิ่งไม้ขนาดใหญ่ และเศษใบไม้ โดยการแปรรูปและสร้างทัศนียภาพที่น่ามองของพื้นที่มหาวิทยาลัย
1.3.5 ปัญหาด้านความร่วมมือ เนื่องจากคณะต่าง ๆยังขาดความร่วมมือกันอย่างเป็นระบบในการทิ้งขยะเศษไม้ - ใบไม้ อันเกิดขึ้น จากการตัดของแต่ละหน่วยงานนั้น จึงทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปอย่างสอดคล้อง	5. ควรส่งเสริมความร่วมมือกันในระหว่างหน่วยงานคณะต่าง ๆ ให้มีความร่วมมือสอดคล้อง และยึดปฏิบัติเป็นรูปแบบเดียวกัน

GRAD VRU

ตารางที่ 9 ประเด็นด้านการสร้างแนวทางการจัดการขยะเศษกิ่งไม้ – ใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

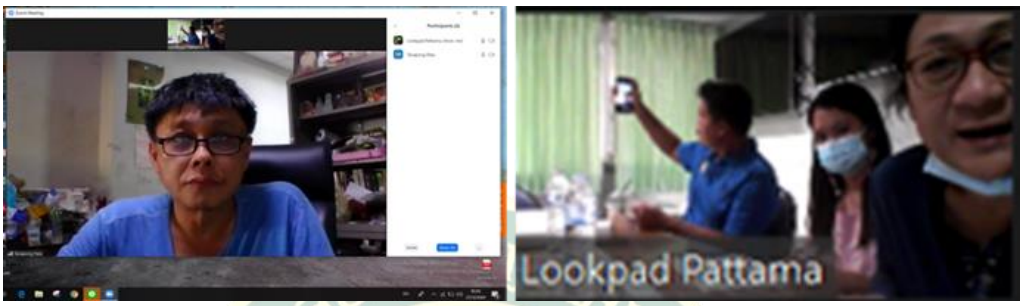
สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุนเพื่อการศึกษาวิจัย
2.1 แนวทางในการพัฒนาการเพิ่มมูลค่าของเศษกิ่งไม้ขนาดใหญ่ กิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดย่อยได้ มีความเห็นชอบว่าควรนำไปสร้างมูลค่า โดยผลิตเป็นถ่านชีวภาพที่มีคุณภาพสูง ด้วยกระบวนการเผาภายใต้อุณหภูมิสูง มีขั้นตอนการควบคุมก๊าซปริมาณออกซิเจนในการเผา จากนั้น นำถ่านชีวภาพที่ได้มาเพื่อสร้างมูลค่าโดยการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ถ่านความร้อนสูงสำหรับการปรุงอาหาร และถ่านชีวภาพเพื่อดูดซับกลิ่น	1. มีกิ่งขนาดใหญ่ที่ยังกองไว้พร้อมสำหรับการศึกษาวิจัย
2.2 แนวทางในการพัฒนาการเพิ่มมูลค่าของเศษกิ่งไม้ขนาดเล็กที่ย่อยได้ และใบไม้ จากข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม พบว่าปัจจุบันมีการกองเศษใบไม้ ไว้ เพียงอย่างเดียว และปล่อยให้ มีการย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงเห็นว่าควรมีการศึกษาจากต้นแบบวิธีการทำปุ๋ยไม่พลิกกลับกองที่ใช้เวลาสั้นลงในการทำปุ๋ย ใช้หลักการวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ของ ผศ.ธีระพงษ์ สว่างปัญญากูร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยการหมักปุ๋ยแบบไม่พลิกกลับกองในการหมัก จะได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพและมีธาตุอาหารครบถ้วนตามมาตรฐาน ใช้ระยะเวลาที่สั้นลงจากการหมักปุ๋ยอินทรีย์แบบพลิกกลับกองแบบเดิม ซึ่งมีข้อดีในการลดการใช้เครื่องจักรและแรงงานในการพลิกกลับกองปุ๋ยอินทรีย์ ในการนี้ ได้ผลผลิตเป็นปุ๋ยหมักกองจากเศษใบไม้ที่มีมูลค่า และสามารถเพิ่มมูลค่าโดยการจัดจำหน่ายหลังจากเหลือใช้ในมหาวิทยาลัย	2. ปัจจุบันมีการกองเศษใบไม้พร้อมทั้งเศษกิ่งไม้ที่ย่อยบดแล้ว จำนวนมาก สามารถดำเนินการทำปุ๋ยหมักกอง ตามหลักการวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ และ มีความพร้อมด้านแรงงานและเครื่องจักร
3.1 ด้านแรงงาน มีระบบการจัดการรวบรวมกิ่งไม้ ใบไม้ในทุก ๆ วัน และนำขยะกิ่งไม้ ใบไม้ มารวบรวมไว้ที่กองปุ๋ยด้านหลังมหาวิทยาลัย โดยจำนวนแรงงานมีจำนวน 11 คน ทางงานอาคารสถานที่มีความยินดีให้ความร่วมมือในการดำเนินการศึกษาวิจัย	1. มีความพร้อมด้านแรงงาน และการใช้เครื่องจักร ในการดำเนินงาน

GPAD VRU

ตารางที่ 10 ประเด็นด้านความพร้อมในการปฏิบัติการตามแนวทางที่คาดหวัง

สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุนเพื่อการศึกษาวิจัย
3.2 ด้านงบประมาณ กองงานอาคารสถานที่ได้รับงบประมาณจากมหาวิทยาลัย ด้วยงบประมาณจำกัด ในด้านต่าง เช่น จ้างคนงาน การดูแลรักษาเครื่องมือเครื่องจักร การบริหารจัดการงานด้านภูมิทัศน์ อาคาร และสถานที่ ดังนั้นการดำเนินการวิจัยจึงไม่สามารถมีงบประมาณมาสนับสนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้	2. การศึกษาวิจัยนี้ ต้องการเพียงแรงงานและเครื่อง จักรกลสำคัญสำหรับดำเนินการ จึงไม่จำเป็นต้องให้ งบประมาณมากนัก ซึ่งผู้วิจัยสามารถขอความอนุเคราะห์ จากส่วนงานที่เกี่ยวข้องได้
3.3 ด้านเครื่องมือเครื่องใช้ งานอาคารสถานที่มีเครื่องจักรที่พร้อมใช้ในการจัดการกิ่งไม้และใบไม้ ดังนี้ 1) เครื่องบดย่อยกิ่งไม้เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 เซนติเมตร 2) เครื่องบดย่อยปุ๋ย 3) รถตักขนาดเล็ก 4) รถบรรทุกเศษใบไม้และกิ่งไม้ 5) เครื่องอัดปุ๋ย	3. งานอาคารสถานที่มีเครื่องจักรที่พร้อมใช้ในการจัดการกิ่งไม้ ใบไม้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถขอความอนุเคราะห์ จากส่วนงานที่เกี่ยวข้องได้
3.4 ด้านเวลาและดำเนินการ การดำเนินการจัดการใบไม้และกิ่งไม้ แบ่งออกเป็น 2 ขบวนการ 1. ขบวนการจัดการใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็ก 1.1 การรวบรวมใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กใช้เป็นประจำทุกวัน 1.2 สับย่อยกิ่งไม้ที่มีขนาดเล็ก ไม่เกิน 10 เซนติเมตร 1.3 นำกิ่งไม้ที่สับย่อยแล้วไปกองรวบรวมกับใบไม้จะได้กองปุ๋ยอินทรีย์ 1.4 ดูแลกองปุ๋ยโดยการรดน้ำ ใช้เวลา 2 เดือน ในการย่อยปุ๋ยอินทรีย์ 1.5 นำปุ๋ยที่ได้ไปใช้ในการบำรุงต้นไม้ใหญ่ในมหาวิทยาลัย 2. ขบวนการจัดการกิ่งไม้ขนาดใหญ่ 2.1 มีการตัดแต่กิ่งต้นไม้ใหญ่ ปีละ 5 ครั้ง 2.2 มีการสับย่อยกิ่งไม้ที่มีขนาดไม่เกิน 10 เซนติเมตรและนำไปรวบรวมกับกองปุ๋ย ส่วนกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่นำไปตัดเป็นท่อน 2.3 ตัดท่อนไม้ให้มีความยาวเท่ากันและเข้ากระบวนการเผาถ่านชีวภาพ กระบวนการเผาไหม้ใช้วิธีการแยกสลายด้วยความร้อนแบบช้าที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิปกติ	4. การศึกษาวิจัยมีการกำหนดขอบเขตของเวลาชัดเจน เนื่องจากมีปริมาณขยะประเภทกิ่งไม้ ใบไม้เพียงพอในการศึกษาวิจัย

GRAD VRU



ภาพที่ 5 การจัดประชุมกลุ่มย่อย โดยจัดประชุมผ่าน โปรแกรม zoom วันที่ 27 มีนาคม 2564 เวลา 10.00 – 12.00 น.

4.2 ระยะที่ 2 การหานวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย

เพื่อให้เกิดมูลค่าสูงสุดของขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ จะจัดดำเนินการตามผลสอดคล้องการประชุมกลุ่มย่อย ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ ดังนี้

แนวทางที่ได้จากการประชุมกลุ่มย่อย จะใช้เป็นแนวทางสร้างนวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย โดยจะแบ่งเป็น (1) การจัดการกิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดย่อยได้ (2) การจัดการไม้ขนาดใหญ่ และ (3) การจัดการใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่สามารถบดย่อยได้ โดยพิจารณาเป็น 3 รูปแบบดังนี้ (1) การผลิตถ่านชีวภาพ (2) การแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่า และ (3) การผลิตปุ๋ยชีวภาพ ตามลำดับ โดยมีผลการดำเนินวิจัยดังนี้

4.2.1 การผลิตถ่านชีวภาพ

จากสถิติพรรณไม้ในมหาวิทยาลัย ฯ พบว่า มีไม้ยืนต้นจำนวนมากถึง 3,904 ต้น ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ยืนต้น สายพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งหมด 65 ชนิดพันธุ์ (มัทนภรณ์ ใหม่คามิ และคณะ, 2562) ดังนั้นในทุก ๆ ฤดูฝน ต้นไม้จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องมีการตัดแต่งกิ่งไม้มากขึ้น ประกอบกับไม้ที่มีขนาดใหญ่บางประเภทจำเป็นต้องตัดทิ้งเนื่องจากความเปราะบางของกิ่ง ก้าน หรือการผุของลำต้น จึงทำให้มีเศษกิ่งไม้ที่เกิดขึ้นจาการตัดแต่งจำนวนมาก (ภาพที่ 6) ซึ่งไม้เหล่านี้ถูกนำมากองไว้โดยไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ ดังนั้น เพื่อการเพิ่มมูลค่ากิ่งไม้ขนาดใหญ่เหล่านี้ จึงคัดเลือกไปผลิตถ่านชีวภาพด้วยเตาเผาไบโอชาร์ อนึ่ง เตาเผาไบโอชาร์ ได้มีการดำเนินการจัดซื้อไว้เรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 6 กิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดย่อยได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 เซนติเมตร

4.2.1.1 กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพ

กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพเป็นกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนที่เรียกว่า กระบวนการไพโรไลซีส (Pyrolysis) มวลชีวภาพจะถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปของแข็ง คือ ถ่าน ชีวภาพของเหลว คือ น้ำมันชีวภาพ (Bio oil) และก๊าซ คือ ก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) ในสัดส่วนที่ แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุและอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต (พินิจภณ ปิตุยะ, 2558) ในการเผากิ่งไม้ขนาดใหญ่ครั้งนี้ เลือกใช้เตาเผาไบโอชาร์อย่างง่าย (ภาพที่ 7) ที่มีอยู่แล้วเพื่อให้ลดต้นทุนและเกิดมูลค่าสูงสุด

ภาพที่ 7 ลักษณะการเรียงกิ่งไม้ที่คัดเลือกและลงในเตาเผาไบโอชาร์

โดยขั้นตอนแรกจะนำไม้ที่ถูกคัดเลือกแล้วเรียงลงในเตาไบโอชาร์ (ภาพที่ 7) เพื่อให้สามารถใส่ไม้ลงไปในปริมาณที่พอดีกับเตา ไม่แน่นเกินไปเนื่องจากจะทำให้ความร้อนกระจายได้ไม่ทั่วถึง หลังจากนั้นจึงปิดฝาเตาให้สนิท เพื่อกันความร้อนดันออกจากฝาด้านบน

ภาพที่ 8 การให้ความร้อนในการเผาโดยใช้ฟืน

การให้ความร้อนในการเผาถ่านชีวภาพทั่วไปในปัจจุบัน เป็นกระบวนการไพโรไลซีสแบบช้า เป็นกระบวนการสลายตัวของมวลชีวภาพที่ใช้ เวลานาน โดยให้ความร้อนในอัตรา 20 -100 องศาเซลเซียสต่อนาที และอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 450 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจนหรือสภาวะที่ใช้ก๊าซออกซิเจนน้อย ใช้เวลาทั้งหมดในการผลิตเป็นเวลาหลายชั่วโมง (พินิจภณ ปิตุยะ, 2558) โดยงานวิจัยนี้ จะใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9 ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจนมีเปลวไฟออกจากปล่อง

เมื่อเริ่มให้ความร้อนถึงจุดหนึ่ง จะเกิดกลุ่มควันสีขาวจำนวนมากออกมาจากปล่อง (ภาพที่ 9) เมื่อให้ความร้อนผ่านไป 1 ชั่วโมง ควันสีขาวจะเริ่มลดลงจนกลายเป็นเปลวไฟสีใส ออกจากปล่องด้านบนของฝาเตา ในเวลากลางวันอาจมองเห็นไม่ชัดเจนนัก กระบวนการนี้เป็นการไล่ความชื้นออกจากเนื้อไม้ กระบวนการนี้ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความชื้นของเนื้อไม้

ภาพที่ 10 ถ่านชีวภาพหลังจากเผาแล้วมีลักษณะคงรูปร่างเดิม

ไม้ในเตาสะสมความร้อนเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง เมื่อความชื้นในเตาหมด สารแทรกในเนื้อไม้เริ่มระเหยออกมาทางปากปล่อง สังเกตจากสีของควันจะเป็นสีขาวปนสีเหลือง (สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี พพ., 2554) หลังจากนี้ยังคงให้ความร้อนต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นปิดปล่องทุกปล่องและปิดหน้าเตา เพื่อหยุดกระบวนการเผา และทิ้งเตาไว้ 1 คืน เมื่อถ่านไบโอชาร์ที่ได้เย็นตัวลง จึงนำออกจากเตาเผาและนำไปคัดเลือกขนาดเพื่อบรรจุในกล่องเป็นถ่านไบโอชาร์ความร้อนสูงสำหรับจำหน่ายต่อไป

4.2.1.2 การสร้างบรรจุภัณฑ์

ถ่านชีวภาพที่เผาได้ มีรูพรุนสูง เนื้อแกร่ง อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ ไม่ได้นำไปศึกษาความพรุนและองค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ แต่จะเน้นการเพิ่มมูลค่าของกิ่งไม้เท่านั้น

ลักษณะเนื้อถ่านไบโอชาร์ที่ได้ ชิ้นที่สมบูรณ์จะถูกนำมาบรรจุในกล่องเป็นถ่านความร้อนสูงสำหรับการปิ้ง ย่าง เพื่อขายเพิ่มมูลค่าใด้ (ภาพที่ 11) บางส่วนที่มีความสมบูรณ์และรูปร่างสวยงามจะนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นถ่านไบโอชาร์สำหรับดูความชื้นและกลิ่นอับ (ภาพที 12) และส่วนแตกป่น สามารถนำไปผสมในดินเพื่อเพาะปลูก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ภาพที่ 11 บรรจุภัณฑ์ถ่านความร้อนสูงสำหรับการปิ้ง ย่าง

1) ถ่านความร้อนสูงสำหรับการปิ้งย่าง

การผลิตถ่านแบบดังเดิมในการใช้ในครัวเรือน หรือในร้านอาหาร ประสิทธิภาพในการให้ความร้อนของถ่านเป็นเวลาไม่ยาวนานนัก การแตกประทุของสะเก็ดไฟทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ระหว่างการใช้งาน และอาจต้องใช้ถ่านจำนวนมากในการใช้งาน การให้ความร้อนระยะเวลาหนึ่งอาจต้องใช้ถ่านจำนวนมากในการทำอาหาร ในปัจจุบันจึงมีนวัตกรรมการผลิตถ่านที่มีความแกร่ง ให้ความร้อนได้นานขึ้น จึงทำให้ประหยัดการใช้ถ่านในการให้ความร้อน การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับการนำถ่านชีวภาพไปประกอบอาหาร เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสีสันตามธรรมชาติ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม น่าสนใจ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านชีวภาพที่ผลิตโดยมหาวิทยาลัย ก่อให้เกิดรายได้ทางหนึ่งให้กับมหาวิทยาลัย และคนงาน

ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์สำหรับถ่านดูดกลิ่นและความชื้น

2) ดูดกลิ่นและความชื้น

คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีรูพรุนสูง สามารถดูดกลิ่นและความชื้นได้ดี การนำไปใช้ดูกลิ่น เช่น ในตู้เย็น ในรถ เป็นรูปแบบที่ใช้กันมายาวนานและมีประสิทธิภาพ และไม่มีสารเคมีตกค้าง ในใช้ถ่านชีวภาพในการดูดกลิ่น ดังภาพที่ 12

ภาพที่ 13 การนำถ่านชีวภาพมาป่นเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน
ที่มา : พินิจภณ ปิตุยะ (2558)

3) ใช้ในการเกษตร

ในปัจจุบันปัญหาสำคัญในการเพาะปลูกพืชไร่ พืชสวน คือ สภาพสภาพดินที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เช่น การใช้สารเคมีเป็นระยะเวลานาน การปลูกพืชหมุนเวียนโดยไม่มีการเติมธาตุอาหารที่เหมาะสมในดิน ทำให้ธาตุอาหารในดินบางประเภทขาดหายไป และปัญหาภัยแล้ว การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก เกษตรกรในปัจจุบันความรู้เรื่องการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดิน โดยการนำถ่านชีวภาพที่ผลิตจากเตาไบโอชาร์ด้วยความร้อนสูง ทำให้ถ่านมีรูพรุนสูง นำมากักเก็บธาตุอาหารและความชื้นในดินทำการปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชดังภาพที่ 13

4.2.2 กระบวนการแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่า

ไม้ขนาดใหญ่ที่ตัดออกถูกทิ้งไว้ไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาพที่ 14) ในส่วนนี้ สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นสิ่งของเครื่องใช้ที่สามารถเพิ่มมูลค่า และเป็นรายได้ให้กับมหาวิทยาลัย และคนงานในส่วนงานอาคารสถานที่ได้

ภาพที่ 14 ไม้ขนาดใหญ่ที่ถูกตัดและรวบรวมไว้ที่บริเวณถนน

คัดเลือกไม้ที่สามารถนำมาใช้ในงานประดิษฐ์จึงมีความจำเป็นต้องเลือกใช้ไม้ที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์หรือไม้ที่สามารถออกแบบดัดแปลงและสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ สำหรับการใช้งานและเป็นของที่ระลึก เนื่องจากไม้ใหญ่ที่ตัดออกส่วนใหญ่เป็นไม้ที่มีอายุมาก เนื้อไม้อาจผุ หรือมีแมลง ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ไม้บางส่วนที่ยังมีคุณภาพดีเพื่อนำไปออกแบบ (ภาพที่ 15) ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงขึ้นอยู่กับสภาพขนาดและเนื้อไม้

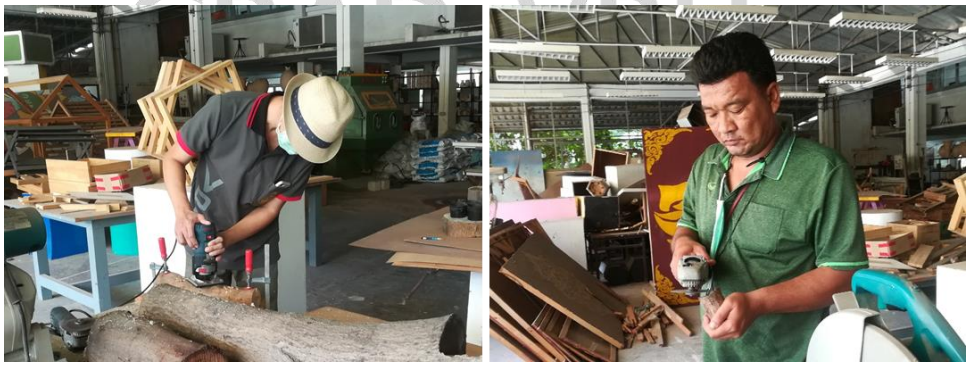
GRAD VRU

ภาพที่ 15 คัดเลือกและตัดท่อนไม้ที่มีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้

การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการสร้างชิ้นงาน จากต้นไม้ขนาดใหญ่ ได้ดำเนินการขอความร่วมมือกับหน่วยงานภายในที่มีศักยภาพด้านดังกล่าว เนื่องจากมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งมีความพร้อมในด้าน เครื่องกล เครื่องมือต่าง ๆ ในการออกแบบ และประดิษฐ์งานหัตถกรรมจากไม้ ดังนั้น เพื่อสอดคล้องกับนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว ซึ่ง มุ่งเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในมหาวิทยาลัย โดยยุทธศาสตร์ที่ 5 ที่มุ่งเน้นด้านการพัฒนาระบบการบริหารจัดการที่เป็นเลิศ มีธรรมาภิบาล เพื่อสนับสนุนการพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว จึงขอร่วมมือด้านการออกแบบและการสร้างผลิตภัณฑ์จากกิ่งไม้ ทั้งนี้ อาจารย์วิศวรรธน์ พัชรวิชญ์ อาจารย์สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคุณสุธารักษ์ แสงเทศ นักปฏิบัติการออกแบบ-เซรามิกส์ ได้ให้ความอนุเคราะห์ ในการร่วมผลิตชิ้นงานต้นแบบเพื่อเป็นแนวทาง ไม่เฉพาะเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ยังสนับสนุนความร่วมมือ เพื่อส่งเสริมการใช้ศักยภาพของหน่วยงานภายในดังกล่าวมาแล้วด้วย

4.2.2.1 กระบวนการออกแบบและผลิต

ไม้ขนาดใหญ่ดังกล่าวนี้ ใหญ่เป็นเป็นไม้เนื้ออ่อน ถึง ไม้เนื้อปานกลาง ดังนั้น มักถูกรบกวนโดยแมลงต่าง ๆ ทำให้เนื้อไม้มีความเสียหาย การออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเฉพาะ แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ และขนาดของไม้



ภาพที่ 16 การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้ ออกแบบของของ อาจารย์วิศวรรธน์ พัชรวิชญ์ และคุณสุธารักษ์ แสงเทศ

ภาพที่ 17 กระบวนการผลิตชิ้นงานไม้

4.2.2.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

จากการออกแบบของของ อาจารย์วิศวรรธน์ พัชรวิชญ์ และคุณสุธารักษ์ แสงเทศ ได้รูปแบบเป็น แท่นวางกระถางต้นไม้โดยการคงลักษณะของเนื้อไม้เดิมไว้ให้ดูเป็นธรรมชาติดังภาพที่ 16 – 17 โดยแนวความคิดการออกแบบของอาจารย์ ตระหนักว่า สังคมปัจจุบัน บุคคลออกจากครอบครัวมาอยู่อาศัยในเมือง ซึ่งอาจเป็นห้องเช่าหรือคอนโดมิเนียม และมีความนิยมปลูกต้นไม้ขนาดเล็กไว้ในห้องเพื่อบรรยากาศการพักผ่อน อีกทั้ง กระแสนิยมการปลูกไม้ตระกูลกระบองเพชร และพืชอวบน้ำ จึงออกแบบฐานตั้งกระถางต้นไม้ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ (ภาพที่ 18)

GRAD VRU

ภาพที่ 18 การออกแบบกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นฐานรองกระถางต้นไม้

การออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับวางกระถางต้นไม้ประดับขนาดเล็กที่กำลังเป็นที่นิยมในช่วงเวลานี้ ใช้ตกแต่งกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเมื่อนำมาออกแบบใช้งาน จึงเกิดความรู้สึกสวยงาม เป็นที่น่าสนใจสำหรับผู้รักไม้ประดับขนาดเล็ก สามารถใช้ประดับตกแต่งได้อย่างดูเป็นธรรมชาติ (ภาพที่ 19)

ภาพที่ 19 ชิ้นงานที่ได้จากการนำเศษไม้ขนาดใหญ่ไปประดิษฐ์เป็นฐานรองกระถางต้นไม้

ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกิ่งไม้ที่ไม่มีมูลค่า สร้างเป็นงานหัตถกรรมจากการออกแบบให้สอดคล้องกับขนาดและคุณภาพไม้ที่มี ก่อเกิดชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ในการตกแต่งอาคารสถานที่และยังสามารถจัดจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้อีกด้วย

4.2.3 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ VRU จากเศษใบไม้ และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่บดย่อยได้

ปริมาณเศษกิ่งไม้ขนาดเล็กและใบไม้ ที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้โดยกองงานอาคารสถานที่นั้นมีจำนวนมากถึง 8,672.4 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 693,792 กิโลกรัมต่อปี เศษกิ่งไม้ขนาดเล็ก และใบไม้ ถูกนำไปกองรวมโดยระบบการจัดการแบบเดิมคือการกองรวมไว้ในพื้นที่เรือนเพาะชำหลังมหาวิทยาลัย ทำให้เศษกิ่งไม้และใบไม้เหล่านี้ ไม่สามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักได้ในเวลาที่เหมาะสม จึงทำให้กองของเศษกิ่งไม้ และใบไม้ มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จากการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในงานอาคารสถานที่ของมหาวิทยาลัยฯ ได้มีมิติร่วมกัน ในการจัดการเศษกิ่งไม้ขนาดเล็กและใบไม้ด้วยวิธีการหมักปุ๋ยอินทรีย์ โดยออกแบบการทดลองโดยประยุกติ วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ซึ่งเป็นวิธีที่แสดงถึงความสำเร็จในการจัดการขยะอินทรีย์ในเวลาที่รวดเร็วและไม่สิ้นเปลืองงบประมาณและสะดวกในการจัดการ อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ ต้องการปรับปรุงกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อได้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ VRU จากเศษกิ่งไม้และใบไม้ ที่มีความเหมาะสมกับสภาพการจัดการ ประหยัดต้นทุน และสะดวก จึงออกแบบการทดลองโดยปรับปรุงวิธี วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 แต่ปรับเปลี่ยนปริมาณของมูลโคขุน เนื่องจากมูลโคขุนมีต้นทุนสูง ดังนั้น จึงต้องการเปรียบเทียบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่ได้นั้น หากใช้มูลโคขุนปริมาณแตกต่างกัน จะมีคุณภาพต่างกันอย่างไร

4.2.3.1 การเตรียมความพร้อมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ VRU

กระบวนการเตรียมความพร้อมเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ VRU เริ่มต้นความร่วมมือจากงานอาคารสถานที่ในการจัดทำฐานกองปุ๋ยอินทรีย์จากเศษไม้อัด ขนาด 2 x 2 ตารางเมตร ขอบฐานสูง 0.5 เมตร (ภาพที่ 20) จำนวน 3 การทดลอง เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบตามอัตราส่วนระหว่างปริมาณมูลโคขุนและเศษกิ่งไม้ใบไม้ ตามตารางที่ 5 ในบทที่ 3

ภาพที่ 20 เตรียมฐานกองปุ๋ยอินทรีย์ VRU

เมื่อเตรียมฐานกองปุ๋ยเรียบร้อยแล้ว ตวงใบไม้เพื่อวางใบไม้ในชั้นแรก 6 เข่ง สลับกับต่อมูลโคขุน 1 เข่ง และรดน้ำพอประมาณโดยในแต่ละชั้นอย่าให้น้ำซึมออกมานอกกองมากเกินไป ใช้คราดเกลี่ยผสมเศษใบไม้กับมูลโคขุนให้เข้ากัน เนื่องจากเศษใบไม้จะทำการอุ้มน้ำไว้ไม่ให้น้ำซึมผ่านไปด้านล่างได้ง่ายด้วยคุณสมบัติที่เรียกว่า Field capacity (Singh et al, 1988) ดำเนินการดังนี้ จนกระทั่งได้ตามอัตราส่วน เศษกิ่งไม้และใบไม้ : มูลโคขุน มีอัตราส่วนดังนี้ กองที่ 1 มีอัตราส่วน 3:1 กองที่ 2 มีอัตราส่วน 4 : 1 และกองที่ 3 มีอัตราส่วน 5 : 1

ภาพที่ 21 การตวงใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่สับย่อยแล้ว ลงในกองปุ๋ยอินทรีย์ VRU

โรยมูลโคเป็นชั้นกระจายให้ทั่วกอง (ภาพที่ 22) รดน้ำและเกลี่ยกองทุกชั้น เมื่อถึงชั้นที่ 8 จึงลดจำนวนใบไม้และ มูลโคขุนลง เพื่อที่จะทำให้กองปุ๋ยเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม เพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศได้สะดวก เมื่อถึงชั้นสุดท้าย ใช้มูลโคขุนปิดด้านบนกองเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นและความร้อนในกองปุ๋ย ทำการติดข้อมูลกองปุ๋ย และถ่ายภาพเพื่อบันทึกผล

ภาพที่ 22 โรยมูลโคขุนด้านบนใบไม้และกิ่งไม้ที่วางเป็นชั้นจนครบ 12-14 ชั้น โดยชั้นบนสุดปิดทับด้วยมูลโคขุน

4.2.3.2 การดูแลกองปุ๋ย VRU

การดูแลความชื้นของกองปุ๋ยอินทรีย์ VRU ดำเนินการตามกระบวนการในเอกสารคู่มือการผลิตปุ๋ยไม่พลิกกลับกอง (2558) สังเกตและบันทึกผลการทดลอง ทุก 7 วัน จากการวัดอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยพบว่าในการทดลองวันที่ 15 อุณหภูมิกลางกองปุ๋ยอินทรีย์ขึ้นสูงสุดถึง 70 องศาเซลเซียส รดน้ำทุกวัน วันละ 1 ครั้ง เพื่อให้กองปุ๋ยมีความชื้นอยู่เสมอ ข้อสังเกตในการรดน้ำกองปุ๋ยแต่ละครั้ง พบว่า แม้ชั้นนอกของกองปุ๋ยจะมีความชื้น อย่างไรก็ตามภายในกองจะยังแห้ง จึงต้องมีการแทงกองปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเติมน้ำให้ภายในกองปุ๋ยอินทรีย์ได้ กองปุ๋ยจะมีความชื้นเพียงพอสำหรับกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์

การรักษาความชื้นภายในกองปุ๋ยให้มีความเหมาะสมอยู่เสมอ ความชื้นมีค่าประมาณ ร้อยละ 60 – 70 โดยมี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 รดน้ำภายนอกกองปุ๋ยวันละ 1 ครั้ง โดยไม่ให้มีน้ำไหลนองออกมาจากกองปุ๋ยมากเกินไป

2) ขั้นตอนที่ 2 แทงกองปุ๋ย ทุก ๆ 7 วัน ใช้ไม้หรือแท่งเหล็กขนาดเหล็กแทงกองปุ๋ยให้เป็นรูลึกถึงฐานกองปุ๋ย กรอกน้ำลงไป ระยะห่างของรูประมาณ 40 เซนติเมตร (ภาพที่ 23)

ภาพที่ 23 การแทงกองปุ๋ยให้เกิดช่องเพื่อเติมน้ำลงภายในกอง ทุก ๆ 7 วัน

ภาพที่ 24 การเติมน้ำกองปุ๋ยหลังจาการแทงกองปุ๋ย

หลังจากเติมน้ำเสร็จ ให้ปิดรูเพื่อไม่ให้สูญเสียความร้อนภายในกองปุ๋ย จากข้อมูลการผลิตปุ๋ยด้วยวิธีแม่โจ้ 1 กล่าวว่า น้ำฝนไม่สามารถชะเข้าไปในกองปุ๋ยได้เนื่องจากวัสดุชั้นนอกกันไว้ด้วยคุณสมบัติ Field capacity จึงสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ด้วยวิธีนี้ในฤดูฝน

4.2.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพตลอดระยะเวลาการหมัก

จากการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและบันทึกผลตลอดระยะเวลาการหมักของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 กอง มีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ พบว่าปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวลงเล็กน้อย ในขณะที่ ปุ๋ยกองที่ 2 และ 3 ยังไม่พบว่ายุบตัวลง และใบไม้และกิ่งไม้ชั้นนอกแห้งกรอบไม่มีการย่อย วัดอุณหภูมิภายในกองปุ๋ย ได้ 67 63 และ 61 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ภาพที่ 25 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 1

สัปดาห์ที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวลง 10 เซนติเมตร ปุ๋ยกองที่ 2 และ 3 ยุบตัวลง 5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 26 วัดอุณหภูมิภายในกองปุ๋ย ได้ 66 63 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

กองปุ๋ยที่ 1 กองปุ๋ยที่ 2 กองปุ๋ยที่ 3

ภาพที่ 26 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 2

สัปดาห์ที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวลงมาก ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้งกรอบ กิ่งไม้ขนาดเล็กเริ่มมีการผุ มีอุณหภูมิขึ้น ปุ๋ยกองที่ 2 และ 3 ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้ง ยุบตัวลงมาก วัดอุณหภูมิภายในกองได้ 64 61 และ 57 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังภาพที่ 27

กองปุ๋ยที่ 1 กองปุ๋ยที่ 2 กองปุ๋ยที่ 3

GRAD VRU

ภาพที่ 27 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 3

สัปดาห์ที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวลง ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้งกรอบกิ่งไม้ขนาดเล็กมีการผุ ป่นมากขึ้น มีอุณหภูมิขึ้น ปุ๋ยกองที่ 2 และ 3 ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้ง ยุบตัวลงเล็กน้อย วัดอุณหภูมิภายในกองได้ 60 54 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังภาพที่ 28

ภาพที่ 28 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 4

สัปดาห์ที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวลง ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้งกรอบ กิ่งไม้ขนาดเล็กมีการผุป่นมากขึ้น วัดอุณหภูมิภายในกองได้ 57 54 และ 54 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังภาพที่ 29

ภาพที่ 29 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 5

สัปดาห์ที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวลงครึ่งหนึ่งหลังจากตั้งกองวันแรก ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้งกรอบ กิ่งไม้ขนาดเล็กผุ ย่อยสลาย มีอุณหภูมิกองปุ๋ยลดลง ปุ๋ยกองที่ 2 และ 3 ใบไม้บริเวณนอกกองมีลักษณะแห้ง ยุบตัวลง โดยเฉพาะกองที่ 2 กับ 3 ยุบลงจนใกล้เคียงกองที่ 1 ใบไม้ค่อนข้างเปื่อยมาก วัดอุณหภูมิภายในกองได้ 55 53 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังภาพที่ 30

GRAD VRU

กองปุ๋ยที่ 1 กองปุ๋ยที่ 2 กองปุ๋ยที่ 3

ภาพที่ 30 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 6

สัปดาห์ที่ 7 สังเกตได้ว่าปุ๋ยกองที่ 1 ยุบตัวเนื้อปุ๋ยค่อนข้างป่นละเอียด ใบไม้ภายนอกยังคงรูปเห็นได้ชัด อุณหภูมิลดลง กองที่ 2 และ 3 เนื้อปุ๋ยหยาบเห็นส่วนที่เป็นเศษใบไม้ วัดอุณหภูมิภายในกองได้ 53 52 และ 54 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังภาพที่ 31

กองปุ๋ยที่ 1 กองปุ๋ยที่ 2 กองปุ๋ยที่ 3

ภาพที่ 31 กองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 7

สัปดาห์ที่ 8 ครบกำหนดการทำปุ๋ยอินทรีย์ทำการผากองปุ๋ยด้วยการเกลี่ยกองปุ๋ยให้มีความสูงไม่เกิน 30 เซนติเมตรเพื่อตากให้เนื้อปุ๋ยแห้งและเป็นการหยุดกระบวนการหมักปุ๋ยลง ตากจนกว่าจะมีความชื้นลดลงและสามารถเก็บปุ๋ยในรูปแบบบรรจุถุง หรือกองไว้ในที่ร่มได้

GRAD VRU

ภาพที่ 32 การแผ่ตากกองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 8

4.2.3.3 การตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ VRU

เมื่อกองปุ๋ยอายุครบ 60 วัน หยุดรดน้ำให้ความชื้นกองปุ๋ยอินทรีย์ ความสูงของกองปุ๋ย เหลือประมาณ 1 เมตร จากนั้นทำปุ๋ยอินทรีย์ให้แห้งเพื่อให้จุลินทรีย์สงบตัว (Stabilization period) และไม่ให้เป็นอันตรายต่อรากพืช วิธีการทำปุ๋ยอินทรีย์ให้แห้งอาจทำโดยทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน หรือทำการแผ่กระจายให้มีความหนาประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร วิธีนี้เนื้อปุ๋ยจะแห้งภายในเวลา 3 – 4 วัน เมื่อแห้งดีแล้วนำไปตีป่นให้มีขนาดเล็กลง ดังภาพที่ 33

กองปุ๋ยที่ 1 กองปุ๋ยที่ 2 กองปุ๋ยที่ 3

GRAD VRU

ภาพที่ 33 ปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่ตากแห้งแล้วทั้ง 3 กอง

เพื่อตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยที่ผลิตได้ทั้ง 3 กอง ว่ามีคุณภาพสอดคล้อง ตามมาตรฐานมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร จึงส่งตัวอย่างทั้ง 3 กอง ไปตรวจวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการ และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ที่ได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ โดยจะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพและ เคมีดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH)	5.5 - 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C-N)	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (Total N) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก - โพรแทสเซียม (Total K_2O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ที่มา : ราชกิจจานุเบกษา (2550)

ตัวอย่างปุ๋ยทั้ง 3 กอง ถูกนำไปตากแห้งและส่งไปตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการศูนย์ศึกษาค้นคว้าวิจัยและห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

GRAD VRU

ภาพที่ 34 ตัวอย่างปุ๋ยทั้ง 3 กอง

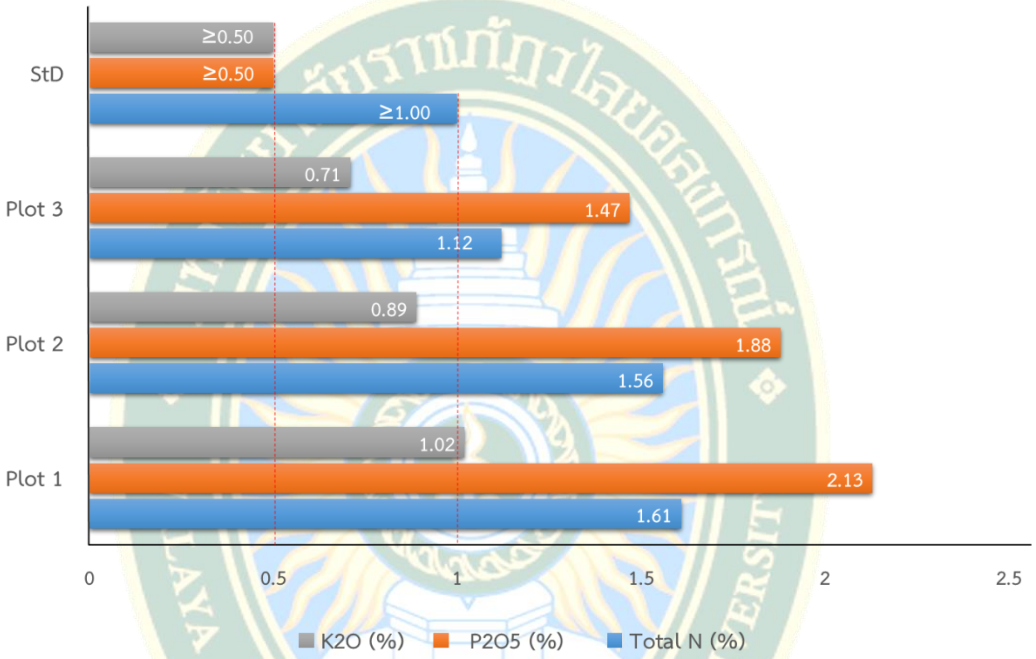
ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ VRU

ค่าวิเคราะห์	ปุ๋ยอินทรีย์ กองที่ 1	ปุ๋ยอินทรีย์ กองที่ 2	ปุ๋ยอินทรีย์ กองที่ 3	มาตรฐานปุ๋ย อินทรีย์
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.61	1.56	1.12	ไม่น้อยกว่า 1
ปริมาณฟอสฟอรัส (%)	2.13	1.88	1.47	ไม่น้อยกว่า 0.5
ปริมาณโพแทสเซียม (%)	1.02	0.89	0.71	ไม่น้อยกว่า 0.5
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	13.24	14.25	15.77	ไม่เกิน 20
ปริมาณอินทรียวัตถุรับรอง (%)	36.72	38.4	30.47	ไม่น้อยกว่า 30
ค่ากรด - ด่าง (pH)	8.01	7.8	7.93	5.5 - 8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	4.235	4.62	2.315	ไม่เกิน 6
สารหนู (mg/kg)	2.05	2.51	3.7	ไม่เกิน 50
แคดเมียม (mg/kg)	0.59	0.71	0.92	ไม่เกิน 5
โครเมียม (mg/kg)	9.17	9.46	14.84	ไม่เกิน 300
ทองแดง (mg/kg)	50.32	46.99	32.81	ไม่เกิน 500
ตะกั่ว (mg/kg)	7.99	8.3	12.06	ไม่เกิน 500
ปรอท (mg/kg)	Non detected	Non detected	Non detected	ไม่เกิน 2

จากตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 13 พารามิเตอร์ มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร และยังมีแนวโน้มที่มีคุณภาพสูงอีกด้วย โดยเฉพาะในกลุ่มธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิด คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%) ปริมาณ

GRAD VRU

ฟอสฟอรัส (%) และปริมาณโพแทสเซียม (%) มีค่าสูงมาก เป็นการรับรองได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์ VRU ที่ผลิตขึ้นนี้ มีคุณค่าต่อการนำไปใช้ในการเกษตร อย่างไรก็ตาม การตรวจวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ ชี้ให้เห็นว่า มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้



ภาพที่ 35 เปรียบเทียบธาตุอาหารหลักกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
หมายเหตุ : เส้นประสีแดงแสดง จุดอ้างอิงตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2550)

จากภาพที่ 35 ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นจากเศษกิ่งไม้ และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ทั้ง 3 กอง มีคุณภาพได้มาตรฐานตามเกณฑ์ ของกรมวิชาการเกษตร ตามราชกิจจานุเบกษา พระราชบัญญัติ ปุ๋ย (ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550)

ตารางที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติของพารามิเตอร์ 13 พารามิเตอร์ต่อกองปุ๋ย

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่าง ๆ ของปุ๋ย VRU ทั้ง 3 กอง	**t**	**Sig.**
กองปุ๋ยที่ 1- กองปุ๋ยที่ 2	0.0037	0.9970
กองปุ๋ยที่ 1- กองปุ๋ยที่ 3	0.1987	0.8490
กองปุ๋ยที่ 2 - กองปุ๋ยที่ 3	0.2009	0.8426

จากตารางที่ 13 ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปุ๋ยทั้ง 3 กอง ที่ได้ทำการทดลองนี้ ด้วยการทดสอบ Independent t-test พบว่า ปุ๋ยทั้ง 3 กอง

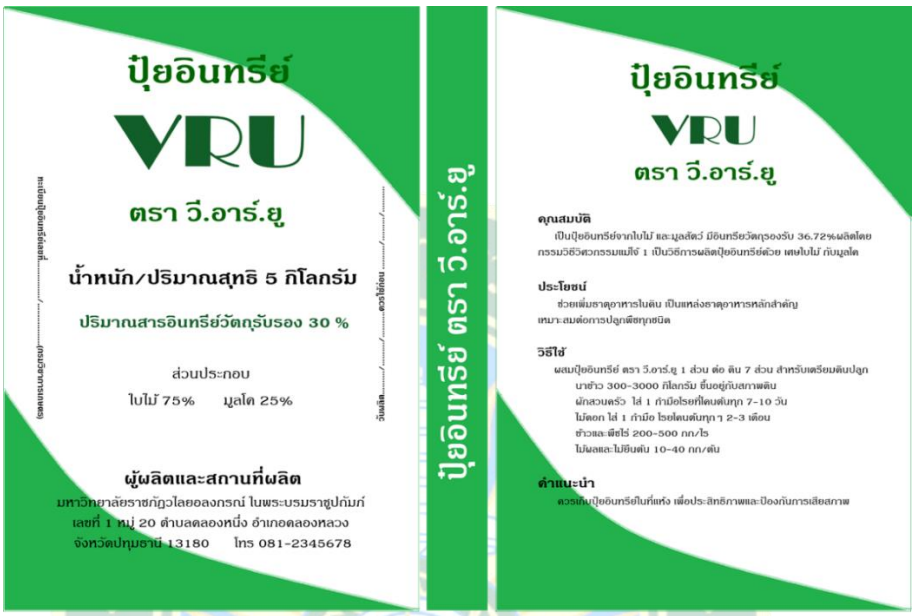
มีความสัมพันธ์ในเชิงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพทั้ง 13 พารามิเตอร์ โดยทั้ง 3 กอง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

จากผลการศึกษานี้ แม้ผลการศึกษา จะแสดงความสอดคล้องกับรายงานการศึกษาการทำปุ๋ยหมักกอง วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณมูลโคที่ใช้นั้นไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น หากการดำเนินการทำปุ๋ยหมักกองในพื้นที่ที่ขาดแคลนมูลโค หรือ จำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตลงให้มากที่สุด การใช้มูลโคในอัตราที่น้อยลงกว่าวิธี วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 กำหนดไว้ ย่อมมีความเป็นไปได้ในการย่อยเศษกิ่งไม้และใบไม้ โดยไม่ส่งผลถึงคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ ที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ที่แสดงในตารางที่ 14 ซึ่ง C/N Ratio นี้ แสดงถึงอัตราการย่อยสลายของเศษกิ่งไม้และใบไม้ พบว่า ปุ๋ยกองที่ 1 2 และ 3 มีค่าดังกล่าว อยู่ที่ 13.24 14.25 และ 15.77 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณมูลโคต่างกัน อัตราการย่อยสลายมีความใกล้เคียงกันและยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมการเกษตรซึ่งระบุไว้ว่า C/N Ratio ต้อง ไม่เกิน 20

4.2.3.3 การออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อจัดจำหน่าย

ปุ๋ยที่ได้ สามารถนำมา ขายเพื่อสร้างรายได้ให้กับมหาวิทยาลัย ดังการให้ข้อมูลของ อาจารย์ธีระพงษ์ ซึ่ง กล่าวว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 สามารถนำไปผสมกับดินดำเพื่อใช้ในการเพาะปลูก ดินดำ 7 ส่วน ต่อ ปุ๋ยหมัก 1 ส่วน การใช้ในนาข้าว หรือพืชไร่ 300 - 3000 ต่อไร่ ขึ้นอยู่ กับสภาพดินเดิม ซึ่งอ้างอิงจากกรมวิชาการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่เป็นสมาชิกในกลุ่มของอาจารย์ธีระพงษ์ ใช้ปุ๋ยหมักนี้ในข้าวอินทรีย์ 200-300 ต่อไร่ ราคาซื้อขายปุ๋ยอินทรีย์วิศวกรรมแม่โจ้ 1 อาจารย์ธีระพงษ์จำหน่ายอยู่ที่ ราคา 4000 บาท ต่อ 1ตัน ในเดือนหนึ่งสามารถขายปุ๋ยอินทรีย์ได้ในราคา 15,000 บาท สามารถจ้าง คนงาน 2 คนรายได้ส่วนนี้เป็นค่าใช้จ่ายในการดูแลคนงานในการผลิต 2 คน อาจารย์ธีระพงษ์กล่าว (ธีระพงษ์ สว่างปัญญูกูร, 2560)

GRAD VRU



ภาพที่ 36 การออกแบบถุงปุ๋ยอินทรีย์

และการออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อจำหน่ายอ้างอิงจากกรมวิชาการเกษตร จำเป็นต้องมีข้อมูลที่กำหนดให้ครบถ้วน (ภาพที่ 39) เพื่อเป็นไปตามพระราชบัญญัติควบคุมปุ๋ย การนำไปบรรจุถุง (ภาพที่ 40)

ภาพที่ 37 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ VRU

4.3 ระยะที่ 3 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการนำเสนอเป็นนโยบายการจัดการเศษกิ่งไม้และใบไม้

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในการวิจัยนี้ จะคำนวณเพียงสองส่วนคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP) ซึ่งได้ผลการคำนวณ ดังนี้

4.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)

4.3.1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนของถ่านชีวภาพ

ต้นทุนต่อการผลิตถ่านชีวภาพจากการทดลองทำถ่านชีวภาพ 1 เตา ได้ถ่านน้ำหนักสุทธิ 17 กิโลกรัม บรรจุถุงละ 1 กิโลกรัม ได้ถ่านชีวภาพทั้งสิ้น 17 ถุง จากนั้นนำมาคำนวณหาต้นทุนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านชีวภาพ

พารามิเตอร์การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	223
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)	6.00 ครั้ง

จากตารางที่ 14 – 16 การเผาถ่านชีวภาพ 1 เตามีต้นทุนการเผา ประกอบด้วย ต้นต้นทุนค่าเตาเผา 1800 บาท (ต้นทุนคงที่) และ ค่าบรรจุภัณฑ์ 221 บาท (ต้นทุนผันแปร) ซึ่งในกรณีของการปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์นี้ จะนับว่าไม่มีต้นทุนด้านแรงงาน เนื่องจาก มหาวิทยาลัยมีคนงานที่จ้างไว้แล้ว ซึ่งพร้อมจะปฏิบัติหน้าที่ในการเผาถ่านชีวภาพ

4.3.1.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนของของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ต้นทุนต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากการทดลองทำปุ๋ยอินทรีย์ 3 กอง ได้ปุ๋ยน้ำหนักสุทธิ 600 กิโลกรัม บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัมได้ทั้งสิ้น 120 ถุง จากนั้นนำมาคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดังตารางภาคผนวก ค ที่ 1 - 2

GRAD VRU

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปุ๋ยชีวภาพ

พารามิเตอร์การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	4800
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)	1.11 เดือน

จากตารางที่ 15 พบว่า ต้นทุนในการผลิตปุ๋ยชีวภาพต่อ 1 ครั้ง ในขนาดกองทดลองจะได้ปุ๋ยจำนวน 600 กิโลกรัม ซึ่งนำมาบรรจุถุง ได้ 120 ถุง โดยใช้ต้นทุนการผลิตทั้งหมด 1,410 บาท ซึ่งเป็น

ต้นทุนที่มาจาก มูลโคขุนและบรรจุภัณฑ์เท่านั้น เมื่อทำการจำหน่ายปุ๋ยทั้งหมดในราคากิโลกรัมละ 40 บาท จะได้ผลตอบแทนทั้งสิ้น 4,800 บาท ดังนั้น ระยะคืนทุนของการผลิตปุ๋ยชีวภาพ จึงสั้นมากโดยถึงระยะคืนทุนในเวลา 1 เดือน 11 วัน (ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 600 กิโลกรัม ซึ่งมาจากเศษใบไม้จำนวน 300 กิโลกรัม และมูลโคขุน 300 กิโลกรัม)

GRAD VRU

4.3.2 ร่างข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแนวทางจัดการเพื่อเพิ่มมูลค่าขยะกิ่งไม้และใบไม้ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

“ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแนวทางจัดการเพื่อเพิ่มมูลค่าขยะกิ่งไม้และใบไม้ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์” เป็นข้อเสนอแนะที่ร่างขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียว โดยเสนอ วิธีการดำเนินการเพื่อพัฒนาเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ตามหลักเกณฑ์ข้อปฏิบัติในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวโดยใช้แนวทางจากการศึกษากระบวนการการจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวซึ่งดำเนินการโดย University of Indonesia หรือ UI Greenmetric World University Ranking (2012) ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินไว้ 6 ด้าน 10,000 คะแนน คือ

1) ที่ตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน (Setting and Infrastructure) 1500 คะแนน

2) การจัดการพลังงานและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Energy and Climate Change) 2100 คะแนน

3) การจัดการของเสีย (Waste Management) 1800 คะแนน

4) การจัดการน้ำ (Water Usage Management) 1000 คะแนน

5) การคมนาคมขนส่ง (Transportation) 1800 คะแนน

6) การศึกษา (Education for Sustainable Environment and Development) 1800 คะแนน

ซึ่งส่วนนี้จะเสนอแนวทางการจัดการการจัดการของเสีย ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัย คือ ขยะอินทรีย์ประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในด้านที่ 3 การจัดการของเสียมีคะแนนรวมทั้งสิ้น (1,800 คะแนน) แบ่งเป็น โครงการเพื่อรณรงค์รีไซเคิลขยะ (300 คะแนน) การรีไซเคิลขยะมีพิษ (300 คะแนน) การกำจัดขยะอินทรีย์ (300 คะแนน) การกำจัดขยะอนินทรีย์ (300 คะแนน) การบำบัดน้ำเสีย (300 คะแนน) นโยบายลดการใช้กระดาษและพลาสติก (300 คะแนน)

ในส่วนการจัดการขยะอินทรีย์ ได้แก่ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็วและสามารถนำไปหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีพื้นที่สวนและมีไม้ยืนต้นจำนวนมากถึง 3,904 ต้น ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ยืนต้น สายพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งหมด 65 ชนิดพันธุ์ ดังนั้นในทุก ๆ ฤดูฝน ต้นไม้จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องมีการตัดแต่งกิ่งไม้มากขึ้น ประกอบกับไม้ที่มีขนาดใหญ่บางประเภทจำเป็นต้องตัดทิ้งเนื่องจากความเปราะบางของกิ่ง ก้าน หรือการผุของลำต้น จึงทำให้มีเศษกิ่งไม้ที่เกิดขึ้นจาการตัดแต่งจำนวนมาก เพื่อให้เกิดมูลค่าสูงสุดของขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ จึงได้ศึกษาแนวทางที่จะใช้เป็นรูปแบบการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ โดยสร้างนวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็น

(1) การจัดการกิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดย่อยได้

(2) การจัดการไม้ขนาดใหญ่

(3) การจัดการใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่สามารถบดย่อยได้

โดยพิจารณาการสร้างนวัตกรรมเชิงผลิตภาพและนวัตกรรมเชิงกระบวนการ เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ (1) การผลิตถ่านชีวภาพ (2) การแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่า และ (3) การผลิตปุ๋ยชีวภาพ ตามลำดับ ทั้งนี้ร่างข้อเสนอแนะเชิงนโยบายฉบับย่อนี้ ประกอบด้วย 4 ประเด็น ดังนี้

1. การแก้ไขสถานการณ์ขยะกิ่งไม้และใบไม้ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการกวาดใบไม้ประจำวัน การเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มบริการจัดเก็บขยะกิ่งไม้และใบไม้ให้เข้าถึงทุกบริเวณ จำเป็นต้องจัดดำเนินการอย่างมีส่วนร่วมโดยความร่วมมือกับคณะต่าง ๆ ทุกคณะ ให้เก็บกวาดใบไม้ในส่วนที่คณะรับผิดชอบมารวมไว้ในจุดที่กำหนด อย่างสม่ำเสมอ เป็นระบบ

2. การแก้ไขจำนวนขยะกิ่งไม้และใบไม้ที่สะสมจำนวนมาก โดยการเร่งนำขยะเหล่านั้นมาผลิตเป็นรูปแบบนวัตกรรมเชิงผลิตภาพและเชิงกระบวนการเพื่อเพิ่มมูลค่าดังนี้คือ

2.1 กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพ

ถ่านชีวภาพที่เผาได้ มีรูพรุนสูง เนื้อแกร่งสามารถการเพิ่มมูลค่าของกิ่งไม้โดยสามารถนำไปใช้ในหลายรูปแบบ ดังนี้

1) ถ่านความร้อนสูงสำหรับการปิ้ง ย่าง
2) ดูดกลิ่นและความชื้น
3) ใช้ในการเกษตร

2.2 กระบวนการแปรรูปโดยหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่า จากไม้ขนาดใหญ่

2.3 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ VRU จากเศษใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กที่บดย่อยได้

3. กลไกภาพรวม โดยการกำหนดให้มีขอบเขตหน้าที่รับผิดชอบที่ชัดเจนที่เอื้อต่อการบริหารจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในระดับมหาวิทยาลัย

4. กลไก การตลาด เนื่องจากผลผลิตที่สร้างขึ้นทั้ง 3 ประเภท สามารถ ก่อให้เกิด รายได้มากเพียงพอที่จะใช้สำหรับการจ้างงานเจ้าหน้าที่ เข้ามาจัดการดูแลประสานงานในส่วนนี้โดยตรง ซึ่งจากการวิเคราะห์มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า โอกาสการคุ้มทุนเกิดขึ้นได้ในระยะเวลาเพียงประมาณ 1 เดือน เนื่องจากมีต้นทุนทั้งหมดต่ำมาก

GRAD VRU

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในปัจจุบันหน่วยงานอาคารสถานที่ทำหน้าที่รวบรวม คัดแยก และจัดการขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ โดยการจำแนกตามขนาดของเศษกิ่งไม้เพื่อนำเศษกิ่งไม้ขนาดเล็ก บดย่อยรวมกับใบไม้เพื่อหมักปุ๋ย แต่ยังมีการซื้อปุ๋ยจากภายนอกมาใช้ นอกจากสิ้นเปลืองงบประมาณและยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่อยู่ไม่คุ้มค่า ดังนั้น การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ ที่คุณภาพและปริมาณที่มากพอ จะเป็นประโยชน์กับมหาวิทยาลัย ซึ่งมีการดำเนินงานดังกล่าวนี้อยู่แล้วเพียงแต่ปรับปรุงการจัดระบบการทำงานให้สมบูรณ์ขึ้น บนฐานทรัพยากรที่มีอยู่ อันได้แก่ แรงงาน เครื่องจักร และงบประมาณ ด้านการเก็บรวบรวมข้อมูลขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ในมหาวิทยาลัยมีข้อมูลเชิงปริมาณชัดเจน ทำให้ทราบข้อมูลและสามารถนำไปวางแผนในการศึกษา พัฒนาต่อไป ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงานเศษกิ่งไม้ขนาดใหญ่จำนวนมากที่ถูกกองทิ้งไว้ สามารถนำไปแปรรูป หรือสร้างมูลค่าได้ ส่วนพื้นที่กองรวมเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ มีความเหมาะสมหากจัดการกองปุ๋ยให้ถูกต้อง เหมาะสม จะทำให้เศษกิ่งไม้ -ใบไม้ ไม่ค้างทับถมเป็นปริมาณมาก มีแรงงานเพียงพอในการจัดการอย่างเป็นระบบ สามารถสร้างมูลค่าจากเศษกิ่งไม้ขนาดใหญ่ และเศษใบไม้ โดยการแปรรูปและสร้างทัศนียภาพที่น่ามองของพื้นที่มหาวิทยาลัยควรส่งเสริมความร่วมมือกันในระหว่างหน่วยงานคณะต่าง ๆ ให้มีความร่วมมือสอดคล้อง และยึดปฏิบัติเป็นรูปแบบเดียวกัน

แนวทางในการพัฒนาการเพิ่มมูลค่าของเศษกิ่งไม้ขนาดเล็กและใบไม้ที่ย่อยได้ โดยกิ่งไม้ขนาดใหญ่ที่ยังกองไว้พร้อมสำหรับการศึกษาวิจัย ผลิตเป็นถ่านชีวภาพที่มีคุณภาพสูง ด้วยกระบวนการเผาภายใต้อุณหภูมิสูง มีขั้นตอนการควบคุมก๊าซปริมาณออกซิเจนในการเผา จากนั้น นำถ่านชีวภาพที่ได้มาเพื่อสร้างมูลค่าโดยการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ถ่านความร้อนสูงสำหรับการปรุงอาหารและถ่านชีวภาพเพื่อดูดซับกลิ่น ส่วนกองเศษใบไม้พร้อมทั้งเศษกิ่งไม้ที่ย่อยบดแล้ว จำนวนมากสามารถดำเนินการทำปุ๋ยหมักกอง ตามหลักการวิศวกรรมแม่โจ้ 1 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้และมีความพร้อมด้านแรงงานและเครื่องจักร

การสร้างแนวทางการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ความพร้อมในการปฏิบัติการตามแนวทางที่เหมาะสม ในด้านแรงงาน มีความพร้อมด้านแรงงาน และการใช้เครื่องจักร ในการดำเนินงาน ด้านงบประมาณ การศึกษาวิจัยนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่า ต้องการเพียงแรงงานและเครื่อง จักรกลสำคัญสำหรับดำเนินการ จึงไม่จำเป็นต้องใช้งบประมาณมากนัก ซึ่งผู้วิจัยสามารถขอความอนุเคราะห์ จากส่วนงานที่เกี่ยวข้องได้ ด้านเวลาและการดำเนินการ การศึกษาวิจัยมีการกำหนดขอบเขตของเวลาชัดเจนในช่วงเวลาประมาณ 2 เดือน ในการสร้างต้นแบบเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติและเป็นนโยบายในการจัดการขยะในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อไป

ผลการวิจัยการหานวัตกรรมการจัดการเชิงผลิตภาพและนวัตกรรมเชิงประบวนการการจัดการกิ่งไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สรุปได้ว่า มีการผลิตนวัตกรรม 3 รูปแบบ คือ การผลิตถ่านชีวภาพซึ่งเป็นการจัดการกิ่งไม้เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดไม่เกิน

GRAD VRU

10 เซนติเมตร เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้ 3 รูปแบบ คือ การผลิตถ่านหุงต้ม การผลิตถ่านดูดกลิ่นและความชื้น และใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินในการเกษตร กิ่งไม้ขนาดใหญ่และต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ถูกตัดออกในแต่ละช่วง ยังคงเป็นประโยชน์ในการแปรรูปเป็นงานหัตถกรรมเครื่องไม้เพื่อเพิ่มมูลค่า ซึ่งในกรณีนี้ มหาวิทยาลัยสามารถใช้ศักยภาพที่มีอยู่ เช่น การสร้างความร่วมมือภายในหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่มีความพร้อมทั้งด้านบุคลากร และด้านเครื่องมือ เครื่องจักร ในการพัฒนานวัตกรรมเศษไม้ขนาดใหญ่นี้ ได้รับความอนุเคราะห์ จากอาจารย์วิศวรรธน์ พัชรวิชญ์ อาจารย์สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคุณสุธารักษ์ แสงเทศ นักปฏิบัติการออกแบบ-เซรามิกส์ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่ได้นั้นเป็นในการออกแบบด้วยแนวคิดของการใช้เนื้อไม้ที่ยังคงความเป็นธรรมชาติประดิษฐ์เป็นแท่นวางกระถางต้นไม้โดยการคงลักษณะของเนื้อไม้เดิมไว้ให้ดูเป็นธรรมชาติ อย่างไรก็ตามลักษณะและคุณภาพของเนื้อไม้ในมหาวิทยาลัยนี้มีความไม่สมบูรณ์นัก จึงไม่สามารถสร้างงานที่มีรูปแบบตายตัว ดังกล่าวมานี้ เป็นกระบวนการการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ขนาดใหญ่ที่ตัดทิ้ง เป็นการสนับสนุนนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว ซึ่ง มุ่งเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในมหาวิทยาลัย โดยยุทธศาสตร์ที่ 5 ซึ่ง เน้นด้านการพัฒนาระบบการบริหารจัดการที่เป็นเลิศ มีธรรมาภิบาล มุ่งเน้นกลยุทธ์การพัฒนามหาวิทยาลัยให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว

นวัตกรรมรูปแบบสุดท้ายที่ได้คือ นวัตกรรมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ด้วยการผลิตปุ๋ยอินทรีย์วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 จะใช้เศษใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็ก โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ทดสอบปริมาณการใส่มูลโคขุนที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลทาสถิติ พบว่า ทั้ง 3 การทดลองมีความแตกต่างกันโดยไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากการใช้เศษใบไม้รวมในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับใช้มูลโคขุนในปริมาณที่น้อยกว่าวิธีการทางวิศวกรรมแม่โจ้ 1 มีความเหมาะสมกับพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการประหยัดเวลาและพื้นที่ในการกองเศษใบไม้ทิ้งไว้เป็นเวลานาน และมีคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการผลิตปุ๋ยตามกรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้ นวัตกรรมเชิงผลิตภาพและนวัตกรรมเชิงกระบวนการที่ได้จึงเป็นวิธีที่สามารถเพิ่มมูลค่าจากไม้ในมหาวิทยาลัยที่ถูกทิ้งไว้ไม่ได้ใช้ประโยชน์ และเสียทัศนียภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำมาใช้ภายในมหาวิทยาลัยและยังสามารถเพิ่มรายได้ให้กับมหาวิทยาลัยได้อย่างคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และสามารถนำเสนอเป็นนโยบายการจัดการเศษกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ประสบความสำเร็จต่อไป

5.1 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 มหาวิทยาลัยฯ ควรเร่งดำเนินการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้ ใบไม้ เนื่องจากปริมาณขยะประเภทกิ่งไม้ - ใบไม้ มีปริมาณมากและต้องใช้เวลาในการจัดการเศษกิ่งไม้ - ใบไม้

5.1.2 งานอาคารสถานที่ และส่วนงานอื่นที่มีการจัดการขยะเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ ความมีการให้ความร่วมมือกันในการจัดการเศษกิ่งไม้ - ใบไม้ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันเพื่อการจัดการที่เป็นระบบและมีความชัดเจนต่อเนื่องของการจัดการเศษกิ่งไม้ – ใบไม้

บรรณานุกรม

กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). **แนวทางการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายระดับพื้นที่**. นนทบุรี: สำนักงานสิ่งแวดลอมภาคที่ 6.

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). **คู่มือการดำเนินการลด คัดแยกขยะมูลฝอยภายในอาคารสำนักงาน.**พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัท ฮีซ์ จำกัด.

คุณธรรม สันติธรรม. (2548). **แนวทางการวางผังและจัดการสู่มหาวิทยาลัยเขียวสะอาด มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.** วิทยานิพนธ์ สถ.ม. สถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ตรึงใจ บูรณะสมภพ และคณะ. (2545). **โครงการมหาวิทยาลัยสีเขียว.** หน้าจั่ว: สถาปัตยกรรมการออกแบบ และสภาพแวดล้อม. 19, 115-115.

ทิวาตัน สถิตย์, สุธรรม โรจนเมฆา และรณกร เทพวงษ์. (2559). การผลิตไบโอชาร์จากตอฟางข้าว. **ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1**. วันที่ 10-11 สิงหาคม 2559, (401-410) นครปฐม: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

ทฤษฎี ภัทรดิลก. (2538). ปุ๋ยอินทรีย์. หน่วยที่ 11 คุณภาพน้ำกับการผลิตพืช. **ในเอกสารประกอบการสอนชุดวิชาดินน้ำและปุ๋ยหน่วยที่ 8-15.** (พิมพ์ครั้งที่ 1) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2558). **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบไม่พลิกกลับกอง วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1.** เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บัญชา รัตนีทู. (2552). **ปุ๋ยอินทรีย์ฟื้นฟูสภาพดิน.** วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร. 1(2), 1–16.

ประเสริฐ สองเมือง และวิทยา ศรีทานนท์. (2531). **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดินนาในภาคตะวันออกเฉียง- เหนือ.** ใน รายงานการสัมมนาเรื่องการปลูกพืชในดินเลวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

มัทนภรณ์ ใหม่คามิ, พรรณวิภา แพงศรี, วัฒนา อัจฉริยะโพธา, ตีรณรรถ ศรีสุนนท์, พิมพ์นารา นิลฤทธิ์ และนฤมล ธนานันต์. (2562). การสำรวจไม้ต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์**. 14(2), 1-11.

มุกดา สุขสวัสดิ์. (2547). **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. (2551). **ปุ๋ยพืชการเกษตรยั่งยืน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พักตร์ผจง วัฒนสินธุ์ และคณะ. (2553). นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ. **วารสารบริหารธุรกิจ**. 33(128). 49.

พินิจภณ ปิตุยะ. (2561). **ผลของการผสมถ่านชีวภาพในดินทรายบริเวณพื้นที่เงาฝนเพื่อเพิ่มผลผลิตงาดำ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พินิจภณ ปิตุยะ และอนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์. (2560). การพัฒนาและฟื้นฟูดินทรายในเขตเงาฝนด้วยถ่านชีวภาพ. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 12(3), 27–38.

รุจิรา เดชสูงเนิน. (2559). **ผลของวัสดุในการย่อยสลายกิ่งไม้ที่ย่อยแห้งต่อการเจริญเติบโตของไม้ในกระถาง.** ปทุมธานี: กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยราชมงคล.

รุ่งนภา จุลศักดิ์ และวรพจน์ โพธาเจริญ. (2561). **การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (อาร์ดีเอฟ 5) เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน**. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

สุรีวรรณ วัฒนธรรม. (2558). **แนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียว.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). (2562). **GO ZERO WASTE ชีวิตใหม่ไร้ขยะ.** กรุงเทพฯ: ศูนย์เรียนรู้สุขภาวะ.

สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2562). **การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักการพิมพ์ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร ถนนประดิพัทธ์ เขตพญาไท.

สมชาย บุตรนันท์ และคณะ. (2558). คุณสมบัติถ่านที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในดินทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือนออกเฉียงเหนือ. **แก่นเกษตร.** 43(ฉบับพิเศษ 1), 357.

อัญชลี จาละ. (2557). **ศึกษาการผลิตเห็ดหลินจือโดยใช้เศษใบไม้และกิ่งไม้หมักเป็นส่วนผสมของขี้เลื่อยยางพาราสำหรับทำก้อนเชื้อในแนวเศรษฐกิจพอเพียง**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อิสรี รอดทัศนา. (2558). มหาวิทยาลัยสีเขียว. **วารสาร มฉก. วิชาการ.** 18(36), 171-188.

อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ และสมชาย ชคตระการ. (2560). ประสิทธิภาพของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อความสามารถในการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพดินกรด. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 28(7). 1267-1278.

Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. Sustainability, 12(11), 4456.Nichols, W., & Smith, N. (2019). **Waste generation and recycling indices 2019: Overview and findings**.

Bremmer, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). **Total nitrogen. Methods of Soil Analysis, Agronmy Monograph No. 9**, Part II: Chemical and microbiological properties. Am. Soc. Argon., Madison, WI, USA.

Harris, T. M. (1940). Caytonia. Annals of Botany, 4(16), 713-734.

Heanes, D. L. (1984). Determination of total organic‐C in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. **Communications in soil**

science and plant analysis, 15(10), 1191-1213.

Liu, J. X., Srivastava, R., Che, P., & Howell, S. H. (2007). An endoplasmic reticulum stress response in Arabidopsis is mediated by proteolytic processing and nuclear relocation of a membrane-associated transcription factor, bZIP28. **The Plant Cell**, 19(12), 4111-4119.

Murphy, J. A. & Riley, J. P. (1962). **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** Analytica chimica acta, 27, 31-36.

Olesik, J. W. (1991). Elemental analysis using icp-oes and icp/ms. **Analytical Chemistry**. 63(1), 12A-21A.

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**, 105(1), 47–82.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science.** 37(1), 29-38.

Xu, R., Ferrante, L., Hall, K., Briens, C., & Berruti, F. (2011). Thermal self-sustainability of biochar production by pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 91(1), 55–66.

GRAD VRU

ภาคผนวก

GRAD VRU

ในพระบรมราชูปถัมภ์

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

GRAD VRU

ชุดที่ 1 แบบสัมภาษณ์เชิงลึก
เพื่อศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้
ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เพื่อทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรมหาบัณฑิตบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

คำชี้แจง

เนื่องด้วย นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรนวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำงานวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องขอความร่วมมือ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง กับงานดังกล่าวเพื่อข้อมูลที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัยต่อไป

ตอนที่ 1 ประเด็นสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ตอนที่ 2 แบบบันทึกผลการสนทนากลุ่ม การศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ข้อมูลที่ได้ ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์โดยภาพรวม จึงไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมาพร้อมนี้

(นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ)
นักศึกษาระดับปริญญาโท
หลักสูตรมหาบัณฑิต สาขานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

GRAD VRU

ตอนที่ 1 ประเด็นการศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ประเด็นที่ 1 ศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในระยะเวลาที่ผ่านมาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การบริหารจัดการขยะประเภทกิ่งไม้ ใบไม้

1.2 ปริมาณขยะประเภทกิ่งไม้แต่ละประเภท ในแต่ละเดือน

1.3 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน

1.4 ด้านงบประมาณในการดำเนินการ และการความสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย

ประเด็นที่ 2 การสร้างแนวทางการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ประเด็นที่ 3 ความพร้อมในการปฏิบัติการตามแนวทางที่คาดหวัง

3.1 ด้านแรงงาน

3.2 ด้านงบประมาณ

3.3 ด้านเครื่องมือเครื่องใช้

3.4 ด้านเวลาและดำเนินการ

GRAD VRU

ตอนที่ 2 แบบบันทึกผลการสนทนากลุ่ม การศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
วันที่จัดสนทนากลุ่ม.วันเสาร์ที่ 27 มีนาคม 2564 เวลา 10.00.-12.00 น. สถานที่ ณ ห้องงานอาคารสถานที่ ชั้น 1 อาคาร 100 ปี พระศรีนครินทร์

ประเด็นที่ 1 ศึกษาสภาพการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในระยะเวลาที่ผ่านมาในด้าน ๆ ดังนี้

สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุน
1.1 การบริหารจัดการ	
1.2 ปริมาณขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	
1.3 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน	

GRAD VRU

ประเด็นที่ 2 การสร้างแนวทางการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุน
การสร้างแนวทางการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	

ประเด็นที่ 3 ความพร้อมในการปฏิบัติการตามแนวทางที่คาดหวัง

สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุน
3.1 ด้านแรงงาน	

GRAD VRU

สาระการสนทนา	ข้อสนับสนุน
3.2 ด้านงบประมาณ	
3.3 ด้านเครื่องมือเครื่องใช้	
3.4 ด้านเวลาและดำเนินการ	

GRAD VRU

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

GRAD VRU

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๔๔๑๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน อาจารย์ ดร.เจษฎานันท์ เวียงนนท์

ด้วยนางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ รหัสนักศึกษา ๖๐G๕๔๘๐๐๑๐๔ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๖-๑๕๙๑๕๖๔ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กันตฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓
โทรสาร ๐- ๒๕๒๙ ๑๖๓๘ , ๐-๒๕๒๙ ๔๐๔๖ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๗๗๙

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน อาจารย์ ดร.ปธานิน แสงอรุณ

ด้วยนางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ รหัสนักศึกษา ๖๐G๕๔๘๐๐๑๐๔ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๖-๑๕๙๑๕๖๔ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กันตฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓
โทรสาร ๐- ๒๕๒๙ ๑๖๓๘, ๐-๒๕๒๙ ๔๐๔๖ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๗๙๓

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๒๙ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระวัฒน์ อุ่นเสน่หา

ด้วยนางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ รหัสนักศึกษา ๖๐G๕๔๘๐๐๑๐๔ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๖-๑๕๙๑๕๖๔ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓
โทรสาร ๐- ๒๕๒๙ ๑๖๓๘ , ๐-๒๕๒๙ ๔๐๔๖ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/ ๗๒๕

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐสิมา โทขันธ์

ด้วยนางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ รหัสนักศึกษา ๖๐๘๕๔๘๐๐๑๐๔ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๖-๑๕๙๑๕๖๔ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓
โทรสาร ๐- ๒๕๒๙ ๑๖๓๘, ๐-๒๕๒๙ ๔๐๔๖ ต่อ ๔๐๖

ที่ อว ๐๖๓๐.๑๒/๗๙๕

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปณจ. ประตูน้ำพระอินทร์
จ.ปทุมธานี ๑๓๑๘๐

๒๓ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติกร อ่อนโยน

ด้วยนางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ รหัสนักศึกษา ๖๐G๕๔๘๐๐๑๐๔ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "นวัตกรรมการจัดการขยะประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้แก่นักศึกษา ทั้งนี้ได้มอบหมายให้นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๖-๑๕๙๑๕๖๔ เป็นผู้ติดต่อประสานงานโดยตรง บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ ๐-๒๕๒๙ ๑๖๓๘ ต่อ ๔๐๑, ๔๐๒, ๔๐๓
โทรสาร ๐- ๒๕๒๙ ๑๖๓๘, ๐-๒๕๒๙ ๔๐๔๖ ต่อ ๔๐๖

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง

GRAD VRU

แบบรายงานผลวิเคราะห์ทางเคมี
ศูนย์ศึกษาค้นคว้าวิจัยและห้องปฏิบัติการกลาง
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทร. 043-202370 โทรสาร. 043-202370

ใบขอรับบริการเลขที่ 154/2564 **วันรับตัวอย่าง** 04/09/2564

ผู้ส่งตัวอย่าง น.ส. ปัทมา จิตต์ระเบียบ **วันรายงานผล** 17/09/2564

ที่อยู่ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ฯ

ตัวอย่าง	pH (1:10)	EC (1:10) (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	C/N
Plot 1	8.01	4.235	36.72	1.61	2.13	1.02	13.24
Plot 2	7.80	4.620	38.40	1.56	1.88	0.89	14.25
Plot 3	7.93	2.315	30.47	1.12	1.47	0.71	15.77

ตัวอย่าง	Cu (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)
Plot 1	50.32	0.59	2.05	7.99	9.17
Plot 2	46.99	0.71	2.51	8.30	9.46
Plot 3	32.81	0.92	3.70	12.06	14.84

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์นี้ไม่อนุญาตให้นำไปอ้างอิงเพื่อผลทางกฎหมายหรือโฆษณาและรับรอง เฉพาะตัวอย่างที่ส่งมานี้เท่านั้น

วิธีการวิเคราะห์

pH = pH meter

EC = EC meter

Organic matter = Walkley and Black method

Total N = Kjeldahl method

Total P = Wet digestion(nitric perchloric), Spectrophotometry

Total K = Wet digestion(nitric perchloric), Atomic Absorption Spectrophotometry

Total Cu Cr Cd As Pb = Wet digestion(nitric perchloric), ICP-OES

ลงชื่อ .....
(นางดวงสมร ตุลาพิทักษ์)
หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เคมี

ลงชื่อ .....
(นางดวงสมร ตุลาพิทักษ์)
หัวหน้าศูนย์ศึกษาค้นคว้าวิจัยและห้องปฏิบัติการกลาง

การคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านชีวภาพ

ตารางที่ 1 ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตถ่านชีวภาพ

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
เตา	1	เตา	1800	1800
บรรจุภัณฑ์	17	กล่อง	13	221
รวม				**2021**

ตารางที่ 2 ผลตอบแทนต่อการเผาถ่านชีวภาพ 1 ครั้ง

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ถ่าน VRU	17	กิโลกรัม	30	510

ตารางที่ 3 ระยะเวลาคืนทุนของการผลิตถ่านชีวภาพ

การเผาครั้งที่	ต้นทุน	ผลตอบแทน	NPV	NPV สะสม
1	-2,021	510	-1,511.00	-1,511.00
2	-221	510	289.00	-1,222.00
3	-221	510	289.00	-933.00
4	-221	510	289.00	-644.00
5	-221	510	289.00	-355.00
6	-221	510	289.00	-66.00
7	-221	510	289.00	223.00

GRAD VRU

การคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตปุ๋ยชีวภาพ

ตารางที่ 4 การคำนวณต้นทุนทั้งหมดในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
มูลโคขุน	300	กิโลกรัม	2.7	810
บรรจุภัณฑ์	120	ถุง	5	600
รวม				**1410**

ตารางที่ 5 การคำนวณมูลค่าสุทธิของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
ปุ๋ย VRU	600	กิโลกรัม	8	4800

ตารางที่ 6 ระยะเวลาคืนทุนของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ปีที่	ต้นทุน	ผลตอบแทน	NPV	NPV สะสม
0	-1,410	4,800	3,390.00	3,390.00

GRAD VRU

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวปัทมา จิตต์ระเบียบ
วัน เดือน ปี เกิด	5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ที่อยู่ปัจจุบัน	79 หมู่ 7 ตำบล ลำตาเสา อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

GRAD VRU