Research Articles

Received : 9 January 2023
Revised : 12 November 2023
Accepted : 16 December 2023

แผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์[1]

Vertical Planting Wall Panel from Landscaping Waste

ดนุพล มากผ่อง
Danuphon Markphong
วีระยุทธ นาคทิพย์
Weerayut Nakthip
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Corresponding author e-mail: weerayut_n@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การดูแลรักษาภูมิทัศน์และการตกแต่งภูมิทัศน์ ก่อให้เกิดขยะ เช่น ถุงเพาะชำต้นไม้ ถุงดินปลูกสำเร็จรูป และอื่นๆ รวมถึงเศษใบไม้ กิ่งไม้ ที่เกิดจากการร่วงหล่นตามธรรมชาติ เศษหญ้าที่เกิดจากการตัดหญ้า ซึ่งบางส่วนสามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยพืชสดและบางส่วนที่ย่อยสลายไม่ได้ ถูกนำไปกำจัดทิ้งโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาวิจัยทางด้านวัสดุตกแต่งทางภูมิทัศน์ จากขยะในงานภูมิทัศน์ที่ย่อยสลายไม่ได้เป็นส่วนผสม : งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะในงานภูมิทัศน์ 2) เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง 3) เพื่อทดลองการขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์ 4) เพื่อนำเสนอรูปแบบและวิธีการติดตั้งที่เหมาะสมสำหรับสวนแนวตั้ง ซึ่งการทดลองจะมี 3 แบบ การทดลองแบบที่ 1 ถุงเพาะชำต้นไม้ แบบที่ 2 ถุงดินปลูกสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 70 กรัม และแบบที่ 3 ถุงเพาะชำต้นไม้และถุงดินปลูกสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 35:35 กรัมต่อ ขนาด 0.15x100 ซม. การทดสอบในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การรับน้ำหนักแรงดึงของชิ้นงาน การดูดซับน้ำ น้ำหนักแผ่น ผลการศึกษาพบว่าชิ้นงานจากถุงเพาะชำต้นไม้ เหมาะสมในการผลิตแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์ โดยมีค่าการรับแรงดึงไม่ต่ำกว่า 15 กก./ลบ.ฟ การดูดซับน้ำเฉลี่ยแล้วไม่มากกว่า ร้อยละ 0.06 น้ำหนักไม่เกิน 70 กรัม

[1]นักวิจัยรุ่นใหม่ กองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ 2564

ต่อขนาดแผ่น 0.15x100 เซนติเมตร ให้เป็นไปตามหลักการการออกแบบผลิตภัณฑที่เป็นมิตรตอสิ่งแวดลอม

คำสำคัญ : แผ่นผนังปลูกต้นไม้, BCG โมเดล, สวนแนวตั้ง, ขยะในงานภูมิทัศน์

Abstract

Landscape maintenance and landscape decoration cause waste such as nursery bags, Bags of ready-made planting soil and others, including leaf scraps, natural branches, caused by natural fall, grass clippings from mowing. Some of which can be used to make green manure and some that are not biodegradable are disposed of without use. In this research, it is on landscape decorative materials from non-biodegradable landscape waste: The objectives of this research were:- 1) to analyze the quantity and value addition of landscape waste, 2) to study and search for the design process of vertical planting wall panels set, 3) to experiment on forming vertical planting wall panels from waste in landscape work and 4) to present and installation methods that are suitable for vertical gardens and to study the properties of waste in landscape work. There will be 3 types of experiments, type 1 plant nursery bags, type 2 ready-made planting soil bags in the ratio of 70 grams, and type 3 plant nursery bags and ready-made planting bags in the ratio of 35:35 grams per size 0.15x100 cm. The tests in this research consisted of the tensile load of the specimens, the water absorption, and the sheet weight. The results showed that the specimens from the nursery bags were suitable for the production of vertical planting wall panels from waste in landscape work with no tensile strength by less than 15 kg/cubic feet, an average water absorption not more than 0.06 percent, weight not more than 70 grams per sheet size 0.15x100 cm, in accordance with the principle of environmentally friendly product design.

Keyword : Vertical planting, Bcg model, Vertical garden, landscaping waste

1. บทนำ

ตามที่กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มุ่งขับเคลื่อน BCG โมเดล หนึ่งในนโยบายเศรษฐกิจของรัฐบาลที่ได้แถลงต่อรัฐสภา BCG Model เป็นรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ ที่เร่งให้เศรษฐกิจเติบโตแบบก้าวกระโดดอย่างทั่วถึงบนฐานการพัฒนาที่ยั่งยืนสอดคล้องกับ

หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ส่งเสริมการเติบโตโดยไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง และการพัฒนาที่ยั่งยืน BCG โมเดล ประกอบด้วย 3 เศรษฐกิจหลัก คือ B bioeconomy ระบบเศรษฐกิจชีวภาพ มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า เชื่อมโยงกับ C circular economy ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่คำนึงถึงการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และทั้ง 2 เศรษฐกิจนี้ อยู่ภายใต้ G green economy ระบบเศรษฐกิจสีเขียว ซึ่งมุ่งแก้ไขปัญหามลพิษ เพื่อลดผลกระทบต่อโลกอย่างยั่งยืน BCG โมเดล มุ่งพัฒนาตอบโจทย์ครอบคลุมทุกภาคส่วน ทั้งในภาคการเกษตร ด้านพลังงานและวัสดุ และด้านอื่นๆ โดยมุ่งจะนำประเทศไปสู่การขับเคลื่อน BCG Model อย่างไร เพื่อตอบโจทย์ประเทศไทยสู่ความยั่งยืน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2564)

ตามหลักนโยบายการจัดการขยะต้นทางประกอบด้วย นโยบายขยะเหลือศูนย์ นโยบายการจัดการขยะแบบบูรณาการ และนโยบาย 3R นโยบายการจัดการขยะกลางทาง ประกอบด้วย การคัดแยก การรวบรวม การเก็บขน และนโยบายการจัดการขยะปลายทาง ประกอบด้วย การกำหนดขนาดของพื้นที่และวิธีในการกำจัด และการจัดการขยะแบบรวมศูนย์ เช่น การแปรรูปนำกลับมาใช้ใหม่ (ปานศรี มารุต, 2558) หนึ่งในกระบวนการที่ก่อในเกิดขยะในงานภูมิทัศน์ คือ จากการตกแต่งภูมิทัศน์และการดูแลรักษางานภูมิทัศน์ ซึ่งทำให้เกิดขยะและมีเศษวัสดุต่าง ๆ ที่เหลือทิ้งจากงานดังกล่าว เช่น ถุงที่ใช้ในการเพาะปลูกต้นไม้ และวัสดุธรรมชาติในการตกแต่งงาน ภูมิทัศน์ ซึ่งการตกแต่งและการดูแลรักษาภูมิทัศน์มีขั้นตอนตั้งแต่การตัดหญ้า ตกแต่งต้นไม้ ซึ่งทำให้เกิดเศษหญ้าทั้งที่เป็นเศษหญ้าเศษวัสดุจากการตัดตกแต่ง นอกจากนี้ยังมีเศษใบไม้ กิ่งก้าน ที่เกิดจากการร่วงหล่นตามธรรมชาติที่ โดยมีทั้งที่เป็นกิ่งขนาดเล็ก และกิ่งขนาดใหญ่ ซึ่งก่อให้เกิดขยะทั้งที่เป็นใบไม้แห้ง กิ่งแห้ง ทั้งหมดเป็นขยะอินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนในงานภูมิทัศน์ และเป็นการปรับปรุงรูปแบบบล็อกปลูกต้นไม้ต่างๆ ให้เกิดประโยชน์การใช้งานมากยิ่งขึ้น

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่ขับเคลื่อน BCG Model เพื่ออนุรักษ์ ฟื้นฟู จัดการ การใช้ประโยชน์และเพิ่มพูนทรัพยากรเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยการนำขยะในงานภูมิทัศน์กลับไปใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยคำนึงถึงการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้เห็นความสำคัญของขยะในงานภูมิทัศน์ และการนำขยะกลับไปใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ จึงทำการศึกษากระบวนการออกแบบแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง ศึกษาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะในงานภูมิทัศน์ เพื่อเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา รูปทรงที่ทันสมัย และติดตั้งง่ายในพื้นที่ที่พักอาศัย ทั้งภายในและภายนอก รวมถึงระบบในเรื่องการดูรักษาต้นไม้ และออกแบบแผ่นผนัง ปลูกต้นไม้แนวตั้ง เป็นงานวิจัยที่ลดปริมาณขยะในงานภูมิทัศน์และการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ สามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็นไปตามหลักการการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ (ตระกูลพันธ พัชรเมธา, 2557)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะในงานภูมิทัศน์

2.2 เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง

2.3 เพื่อทดลองการขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์

2.4 เพื่อนำเสนอรูปแบบและวิธีการติดตั้งที่เหมาะสมสำหรับสวนแนวตั้ง

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

วิเคราะห์ปริมาณขยะในงานภูมิทัศน์ เพื่อนำมาศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุธรรมชาติในการตกแต่งงานภูมิทัศน์ และศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design) และ BCG Model เพื่อศึกษาแนวคิดด้านวัสดุตกแต่งทางภูมิทัศน์นำมาออกแบบและติดตั้งรวมถึงการดูแลรักษาแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง

3.2 ขอบเขคด้านเวลา

ตลอดปีงบประมาณ 2564 (1 ตุลาคม 2563 - 30 กันยายน 2564)

3.3. ขอบเขตด้านสถานที่

อาคาร 70 ปี สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิทัศน์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

4.1.1 แนวคิดที่เกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

4.1.2 แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design)

4.1.3 แนวคิดด้านวัสดุตกแต่งทางภูมิทัศน์

4.1.4 กระบวนการดูแลรักษาภูมิทัศน์ และวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากกระบวนการ

4.2 ศึกษากระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์จากขยะในงานภูมิทัศน์

4.2.1 วิเคราะห์รูปแบบของแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง ในปัจจุบัน

4.2.2 สรุปข้อปัญหาต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์สู่ขั้นตอนของการออกแบบ

4.2.3 ออกแบบชิ้นงานเพื่อให้มีขนาดเบา รูปทรงทันสมัย และระบบการดูแลรักษาเพื่อหาขนาดขนาดที่เหมาะสม โดยออกแบบให้การสอดคล้องกับศึกษา คุณสมบัติของขยะแต่ละประเภทที่ทำการแยกจากของขยะในงานภูมิทัศน์

4.3 ศึกษาและกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

4.3.1 ตัวแปรต้น : ขยะในงานภูมิทัศน์ ที่ย่อยสลายไม่ได้ เช่น ถุงเพาะชำ ถุงดินปลูก

4.3.2 ตัวแปลตาม : แผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ , การทดสอบคุณสมบัติ

4.3.3 ตัวแปรควบคุม : วัสดุ , ความร้อน และอัตราส่วนวัสดุที่ใช้ในการทำแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง

4.4 ศึกษาประเภทขยะในงานภูมิทัศน์

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขยะในงานภูมิทัศน์ ด้วยการเก็บข้อมูลจากสถานประกอบการด้านภูมิทัศน์ เกี่ยวกับข้อมูลขยะที่มีในงานภูมิทัศน์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ คือ ถุงเพาะชำต้นไม้ ร้อยละ 75 และ ถุงดินสำเร็จรูป ร้อยละ 60

4.5 ศึกษาเทคนิคและทดลองขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์

4.5.1 กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานวิจัย

4.5.2 นำต้นแบบของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ มาสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบ

4.5.3 ขึ้นรูปชิ้นงาน โดยส่วนผสมตั้งต้นในการขึ้นรูปจะใช้สัดส่วนของการผสมคอนกรีตเป็นหลักโดยปัจจัยหลักต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสม และเมื่อชิ้นงานแห้งแล้วต้องมีน้ำหนักเบา โดยมีส่วนผสมของขยะในงานภูมิทัศน์ ที่ทำการแยกประเภทไว้ข้างต้น (เบื้องต้น 3 อัตราส่วน เพื่อทำการทดลองเพื่อหาสัดส่วน/น้ำหนัก/รูปทรง ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงานจริง)

4.5.4 การขึ้นรูปชิ้นงานผลิตภัณฑ์จริง (ตามพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งและทดลองปลูก)

4.5.5 ทำการออกแบบโครงสร้างแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง

4.6 การเตรียมการทดลอง

การขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้สวนแนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ โดยมีการเก็บข้อมูลของขยะ และพฤติกรรมของผู้ใช้งาน แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะในงานภูมิทัศน์ ที่มีคุณสมบัติไม่ย่อยสลาย เช่น ถุงเพาะชำและถุงดินปลูก แล้วทำการคัดเลือกขยะในงานภูมิทัศน์ ที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เพื่อทดสอบ และเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการศึกษาการทำกระถางปลูกต้นไม้สวนแนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์ จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสามารถกำหนดวัสดุที่จะนำมาใช้ในการ ขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง รวมถึงขนาดที่ใช้ในการทดลองก่อนการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นผนังปลูกต้นไม้จากขยะในงานภูมิทัศน์ โดยมีขนาดชิ้นงาน 0.15x100 เมตร และใช้อัตราส่วนที่กำหนดเบื้องต้น 3 แบบ ดังนี้

4.6.1 แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานใช้ปริมาณวัสดุ 70 กรัม จำนวน 3 ชิ้นงาน ใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

4.6.2 แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานใช้ปริมาณวัสดุ 70 กรัม จำนวน 3 ชิ้นงาน ใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

4.6.3 แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ+ถุงดินสำเร็จรูป โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานใช้ปริมาณวัสดุ 35+35 กรัม จำนวน 3 ชิ้นงาน ใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

5. ประโยชน์ของการวิจัย

แผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์ เป็นนวัตกรรมที่สามารถลดปริมาณขยะในงานภูมิทัศน์ โดยการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับที่พักอาศัย ทั้ง ภายใน และภายนอกอาคาร เช่น สวนแนวตั้ง หรือ สวนผนัง อีกทั้งยังสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผู้ประกอบการ ประชาชนที่เกี่ยวข้องในธุรกิจ รับจัดสวน รับดูแลรักษา และงานตกแต่งเกี่ยวกับภูมิทัศน์

6. การวิเคราะห์/ผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์ ได้ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ศึกษากระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์จากขยะในงานภูมิทัศน์ และศึกษาเทคนิคและทดลองขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ ทางคณะผู้วิจัยขอรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามรายวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะในงานภูมิทัศน์ จากการวิจัยพบว่า ศึกษาประเภทขยะในงานภูมิทัศน์ เพื่อหาศักยภาพต่อการนำไปใช้เพื่อทำแผ่นผนังปลูกต้นไม้สวนแนวตั้งนั้นเป็นขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ มีลักษณะที่เป็นพลาสติก เพื่อนำมาขึ้นรูปแบบด้วยการเก็บข้อมูลจากสถานประกอบการด้านภูมิทัศน์ และจากกลุ่มประชากร ได้แก่

1) ถุงเพาะชำต้นไม้
2) ถุงดินสำเร็จรูป

รูปที่ 1 ถุงเพาะชำและถุงดินสำเร็จรูป
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

แล้วนำข้อมูลที่ได้ มาเฉลี่ยหาปริมาณว่าวัสดุชนิดใดมีมากที่สุด เพื่อนำมาวิเคราะห์ และกำหนดวัตถุดิบในการกำจัดขยะและจัดทำแผ่นผนัง ปลูกต้นไม้แนวตั้ง

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากการศึกษากระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์จากขยะในงานภูมิทัศน์ ปัจจุบันนี้แนวทางในการออกแบบตกแต่ง ไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัยหรือร้านค้าต่าง ๆ เริ่มมีการนำธรรมชาติหรือต้นไม้เข้ามาเป็นองค์ประกอบในงานมากขึ้น หนึ่งในแนวทางนั้นคือ การใช้ Vertical Garden หรือสวนแนวตั้ง อาจมีความหมายที่กว้าง และมีรูปแบบที่ไม่ตายตัว แต่โดยรวมแล้วอาจกล่าวได้ว่าสวนแนวตั้งคือการตกแต่งสถานที่ด้วยต้นไม้และวัสดุธรรมชาติต่าง ๆ โดยเฉพาะในมิติ แนวดิ่ง อาจจะหมายถึงสถานที่ซึ่งเป็นโครงสร้างถาวรที่มีอยู่เดิมแล้ว อันได้แก่ กำแพง เสา ผนังตึก หรืออาจหมายถึงวัสดุโครงสร้างที่มีการสร้างขึ้นชั่วคราว เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดสวนแนวตั้ง

1) กระบวนการออกแบบแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จึงใช้รูปแบบแผ่นผนังประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 อย่าง คือ โครงเหล็กสำหรับ รับน้ำหนักของสวนแนวตั้งทั้งหมด แผ่นพีวีซียึดกับโครงเหล็กทำหน้าที่เป็นชั้นกันน้ำ และถุงผ้า ทำหน้าที่แทนภาชนะปลูกอาจทำจากวัสดุพอลิอาไมด์ (polyamide) หรือผ้าใยสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันมาก คือ จีโอเท็กซ์ไทล์ เพราะทนทานรากพืชสามารถยึดเกาะได้ แล้วใช้ลวดเย็บยึดติดกับ แผ่นผนังเว้นระยะของถุงผ้าเพื่อระบายอากาศเป็นช่วงๆ แล้วเดินระบบน้ำหยดไปตามโครงสร้างเพื่อให้น้ำและสารอาหารวัสดุปลูก กาบมะพร้าวสับละเอียด ใยมะพร้าว ใยปาล์ม สแฟกนัมมอสส์ เวอร์มิคูไลท์ พรรณไม้เลือกใช้ตามปริมาณแสงแดดที่ได้รับ เน้นไม้โตช้าและดูแลรักษาง่าย ถ้าปลูกพรรณไม้ที่โตเร็วต้องหมั่นตัดแต่งสม่ำเสมอเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต

รูปที่ 2 Eco green wall
ที่มา : อรวีร์ เผ่าวัฒน์ชัย (2562)

2) การทดสอบคุณสมบัติ

- การทดสอบสมบัติเชิงกล เป็นการทดสอบการทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Testing)

- การทดสอบทางกายภาพ เป็นการทดสอบการทดสอบการดูดซับน้ำ (water absorption)

วัตถุประสงค์ที่ 3 เพื่อทดลองการขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งจากขยะในงานภูมิทัศน์

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสามารถกำหนดวัสดุที่จะนำมาใช้ในการ ขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง รวมถึงขนาดที่ใช้ในการทดลองก่อนการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นผนังปลูกต้นไม้จากขยะในงานภูมิทัศน์ โดยมีขนาดชิ้นงาน 0.15x100 เมตร และใช้อัตราส่วนที่กำหนดเบื้องต้น 3 แบบ ดังนี้

- แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานใช้ปริมาณวัสดุ 70 กรัม จำนวน 3 ชิ้นงาน ใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

- แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานใช้ปริมาณวัสดุ 70 กรัม จำนวน 3 ชิ้นงาน ใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

- แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ+ถุงดินสำเร็จรูป โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานใช้ปริมาณวัสดุ 35+35 กรัม จำนวน 3 ชิ้นงาน ใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

1) ขั้นตอนการผลิต จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสามารถกำหนดวัสดุที่จะนำมาใช้ในการ ขึ้นรูปแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง รวมถึงขนาดที่ใช้ในการทดลองก่อนการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นผนังปลูกต้นไม้จากขยะในงานภูมิทัศน์ต่อไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป

รูปที่ 3 กรอบแม่พิมพ์ไม้, แผ่นฟอยล์, เตารีด

ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

อุปกรณ์สำหรับทดสอบ

รูปที่ 4 เครื่องชั่งดิจิตอล, เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร, อุปกรณ์ทดสอบแรงดึง
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน

1.การเตรียมวัสดุ ได้แก่ ถุงเพาะชำ และถุงดินสำเร็จรูปตัดหรือฉีกเป็นชิ้น

รูปที่ 5 การเตรียมวัสดุ
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

2. นำแผ่นฟอยล์ ลองชั้นล่างสุด 1 ชั้น วางทับด้วยกรอบแม่พิมพ์ไม้ นำถุงเพาะชำและถุงดินสำเร็จรูปที่ผ่านการตัดหรือฉีกเป็นชิ้น (ปริมาณวัสดุตามอัตราส่วนเบื่องต้นที่กำหนด) แล้วว่างซ้อนทับกันประมาณ 2-3 ชั้น วางทับชั้นบนสุดด้วยฟอยล์ 1 ชั้น และใช้เตารีดรีดเพื่อประสานเนื้อพลาสติกให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ความร้อนที่ 150 °C, 180 °C, และ 200 °C

วัสดุ 70 กรัม วัสดุ 70 กรัม วัสดุ 35+35 กรัม

รูปที่ 6 การทดลองขึ้นรูป ทั้ง 3 อัตราส่วน
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

2) ผลการทดลองการผลิตขึ้นรูป

- แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ ปริมาณวัสดุ 70 กรัม ชิ้นงานที่ 1 ความร้อน 150 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่เนื้อพลาสติกติดกันน้อย ชิ้นงานที่ 2ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ 3 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่ พลาสติกติดกับแผ่นฟอยล์

- แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป ปริมาณวัสดุ 70 กรัม ชิ้นงานที่ 1 ความร้อน 150 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่เนื้อพลาสติกติดกันน้อย ชิ้นงานที่ 2 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ 3 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่ พลาสติกติดกับแผ่นฟอยล์

- แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ +ถุงดินสำเร็จรูป ปริมาณวัสดุ 35+35 กรัม ชิ้นงานที่ 1 ความร้อน 150 ℃ ไม่สามารถขึ้นรูปเนื่องจากความร้อนไม่เพียงพอ ชิ้นงานที่ 2 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ 3 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่พลาสติกติดกับแผ่นฟอยล์

รูปที่ 7 ชิ้นงานการขึ้นรูป
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

3) ผลการทดสอบด้านกายภาพและคุณสมบัติมีผลการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ผลการทดสอบการขึ้นรูปแผ่นผนังเปรียบเทียบอัตราส่วน

- แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ ชิ้นงานที่ 1 มีความหนา 1.50 มม. น้ำหนัก 68 กรัม ชิ้นงานที่ 2 มีความหนา 1.53 มม. น้ำหนัก 68 กรัม ชิ้นงานที่ 3 มีความหนา 1.52 มม. น้ำหนัก 69 กรัม สรุปทั้ง 3 ชิ้นงาน มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 1.51 มม. และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 68.33 กรัม

- แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป ชิ้นงานที่ 1 มีความหนา 0.80 มม. น้ำหนัก 63 กรัม ชิ้นงานที่ 2 มีความหนา 0.89 มม. น้ำหนัก 65 กรัม ชิ้นงานที่ 3 มีความหนา 0.90 มม. น้ำหนัก 65 กรัม สรุปทั้ง 3 ชิ้นงาน มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 0.86 มม. และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 64.33 กรัม

- แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ+ถุงดินสำเร็จรูป ชิ้นงานที่ 1 มีความหนา 1.32 มม. น้ำหนัก 65 กรัม ชิ้นงานที่ 2 มีความหนา 1.30 มม. น้ำหนัก 62 กรัม ชิ้นงานที่ 3 มีความหนา 1.32 มม. น้ำหนัก 64 กรัม สรุปทั้ง 3 ชิ้นงาน มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 1.31 มม. และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 63.66 กรัม

- ผลการทดสอบการขึ้นรูปแผ่นผนังเปรียบเทียบความร้อน

- แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ ปริมาณวัสดุ 70 กรัม ชิ้นงานที่ 1 ความร้อน 150 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่เนื้อพลาสติกติดกันน้อย ชิ้นงานที่ 2 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ 3 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่ พลาสติกติดกับแผ่นฟอยล์

- แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป ปริมาณวัสดุ 70 กรัม ชิ้นงานที่ 1 ความร้อน 150 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่เนื้อพลาสติกติดกันน้อย ชิ้นงานที่ 2 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ 3 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่ พลาสติกติดกับแผ่นฟอยล์

- แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ+ถุงดินสำเร็จรูป ปริมาณวัสดุ 35+35 กรัม ชิ้นงานที่ 1 ความร้อน 150 ℃ ไม่สามารถขึ้นรูปเนื่องจากความร้อนไม่เพียงพอ ชิ้นงานที่ 2 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้ ชิ้นงานที่ 3 ความร้อน 180 ℃ สามารถขึ้นรูปได้แต่พลาสติกติดกับแผ่นฟอยล์

- ผลการทดสอบแรงดึง

- แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ ชิ้นงานที่ 1 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 15 กิโลกรัม/ฟุต ชิ้นงานที่ 2 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 18 กิโลกรัม/ฟุต ชิ้นงานที่ 3 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 17 กิโลกรัม/ฟุต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการรับน้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ 16.66 กิโลกรัม/ฟุต

- แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป ชิ้นงานที่ 1 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 11 กิโลกรัม/ฟุต ชิ้นงานที่ 2 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 13 กิโลกรัม/ฟุต ชิ้นงานที่ 3 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 15 กิโลกรัม/ฟุต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการรับน้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ 13 กิโลกรัม/ฟุต

- แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ+ถุงดินสำเร็จรูป ชิ้นงานที่ 1 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 12 กิโลกรัม/ฟุต ชิ้นงานที่ 2 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 12 กิโลกรัม/ฟุต ชิ้นงานที่ 3 มีค่ารับน้ำหนักสูงสุด 14 กิโลกรัม/ฟุต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการรับน้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ 12.66 กิโลกรัม/ฟุต

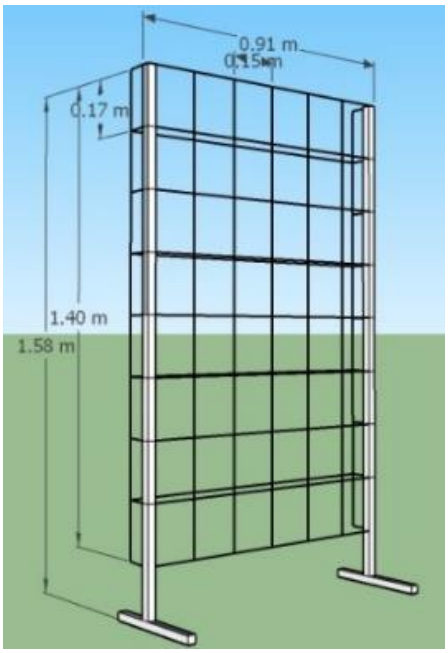
- อัตราเปรียบเทียบการดูดซับน้ำ (24 ชม.)

- แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ ชิ้นงานที่ 1 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 20.50 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 20.51 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.05 ชิ้นงานที่ 2 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 20.73 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 20.74 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.05 ชิ้นงานที่ 3 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 21.03 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 21.05 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.10 สรุปทั้ง 3 ชิ้นงานมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 0.06

- แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป ชิ้นงานที่ 1 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 20.42 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 20.44 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.10 ชิ้นงานที่ 2 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 21.03 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 21.05 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.10 ชิ้นงานที่ 3 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 21.03 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 21.07 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.19 สรุปทั้ง 3 ชิ้นงานมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 0.13

- แบบที่ 3 ถุงเพาะชำ+ถุงดินสำเร็จรูป ชิ้นงานที่ 1 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 20.73 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 20.75 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.10 ชิ้นงานที่ 2 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 21.34 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 21.35 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.05 ชิ้นงานที่ 3 มีน้ำหนักก่อนทดลอง 20.73 กรัม น้ำหนักหลังทดลอง 20.74 กรัม อัตราการดูดซับน้ำ ร้อยละ 0.05 สรุปทั้ง 3 ชิ้นงานมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 0.06

วัตถุประสงค์ที่ 4 เพื่อนำเสนอรูปแบบและวิธีการติดตั้งที่เหมาะสมสำหรับสวนแนวตั้ง โดยการวิจัยจะทำการออกแบบโครงสร้างแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง การติดตั้งชิ้นงานผลิตภัณฑ์ และการทดลองปลูกต้นไม้จากชิ้นงาน



รูปที่ 8 รูปแบบโครงสร้างแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

1) การขึ้นรูปชิ้นงานผลิตภัณฑ์จริง (จำนวนตามพื้นที่ ที่จะทำการติดตั้งและทดลองปลูก)

- การประกอบขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังปลูกต้นไม้สวนแนวตั้งเป็นการประกอบโครงเหล็กโดยโครงเหล็กจะออกแบบเป็นชุด เพื่อเป็นการนำเอาโครงเหล็กมาต่อกันได้ง่าย

รูปที่ 9 การประกอบโครงเหล็ก
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

- การติดตั้งนำแผ่นผนังมาประกอบขึ้นรูปเป็นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง โดยวัดแต่ละช่องให้ได้ 5 นิ้ว เท่า ๆ กัน โดยการติดตั้งแผ่นผนังปลูกต้นไม้ ให้ติดตั้งให้ครบทุกช่อง

รูปที่ 10 การติดตั้งแผ่นปลูกต้นไม้
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

- การนำต้นไม้มาทดลองปลูกจริง โดยการเลือกต้นไม้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศ รวมถึงการเลือกดินและการดูแลรักษาให้เหมาะสมกับชนิดของพันธุ์ไม้

รูปที่ 11 การทดลองปลูกต้นไม้
ที่มา : ดนุพล มากผ่อง และ วีรยุทธ นาคทิพย์ (2565)

7. การสรุปผลและการอภิปรายผล

จากการดำเนินการวิจัยผลิตแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ จากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาสรุปผลของการวิจัยตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.1 การขึ้นรูปของแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ ทั้ง 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป และแบบที่ 3 ถุงเพาะชำต้นและถุงดินสำเร็จรูป โดยอัตราส่วนผสมโดยใช้อัตราส่วนเท่า ๆ กัน คือใช้วัตถุดิบเฉลี่ยแล้ว จะใช้วัตถุดิบไม่เกิน 70 กรัม/สูตร เพื่อทำการทดสอบโดยสูตรที่ 1 ขึ้นรูปได้ง่ายกว่าสูตรอื่น และรับน้ำหนักได้ดี

7.2 การทดสอบแรงดึงของแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในภูมิทัศน์ ทั้ง 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ แบบที่ 2 ถุงดินสำเร็จรูป และแบบที่ 3 ถุงเพาะชำต้นและถุงดินสำเร็จรูป โดยแบบที่ 2 และแบบที่ 3 สามารถรับแรงดึงได้น้อยที่สุดซึ่งมีผลต่อการรับน้ำหนัก สามารถรับน้ำหนักได้น้อย และยังโค้งงอได้ยากกว่าแบบที่ 1 ดังนั้น จึงเลือกแบบที่ 1 มาใช้ในการผลิต คือถุงเพาะชำ เนื่องด้วยการรับแรงดึง สามารถรับแรงดึงและรับน้ำหนักได้มากกว่าแบบอื่น และโค้งงอง่ายกว่าสูตรอื่น

7.3 การเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ และ แผ่นผนังปลูกต้นไม้ทั่วไป ซึ่งแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ มีน้ำหนักเฉลี่ยแล้วไม่เกิน 70 กรัมต่อแผ่น ซึ่งแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งที่ขายท้องตลาดทั่วไปทั่วไป (Flora Felt) มีน้ำหนักเฉลี่ยโดยประมาณ 100-150 กรัมต่อแผ่น

7.4 การดูดซับน้ำของแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ ทั้ง 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ถุงเพาะชำ แบบที่2 ถุงดินปลูกสำเร็จรูป และแบบที่ 3 ถุงเพาะชำต้นและถุงดินสำเร็จรูป โดยแต่ละอัตราส่วนผสมทุกอัตราส่วนซึ่งจะดูดซับน้ำโดยมีความคาดเคลื่อน ที่ไม่ต่างกันเฉลี่ยแล้ว ร้อยละ 0.06 ดังนั้น ค่าการดูดซับน้ำของแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหมด เพื่อต้องการให้การดูดซับน้ำได้น้อยที่สุด เพื่อลดปัญหาของระบบรากเน่าเสีย ลดสาเหตุของเชื้อราและตะไคร่น้ำเมื่อชิ้นงานดูดซับน้ำได้น้อยขึ้นก็ทำให้น้ำหนักชิ้นงานเบาและเคลื่อนย้ายง่ายมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้งที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปทั่วไป (Flora Felt) หรือใยผ้าอัดแน่นสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ซึ่งอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราและตะไคร่น้ำมากขึ้นในการจัดการระยะยาว

8. ข้อเสนอแนะงานวิจัย

8.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

ควรนำผลการวิจัยที่ได้ไปต่อยอดให้เกิดเป็นรูปธรรมในเชิงพาณิชย์ เผยแพร่ออกสู่ชุมชน ประชาชนโดยทั่วไป หรือโรงงานที่สนใจในการผลิตแผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ โดยวิธีการผลิตสามารถทำขึ้นเองได้โดยไม่ต้องมีอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งจะทำให้เกิดธุรกิจและสร้างรายได้ให้เกิดขึ้นและเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนซึ่งเกิดจากวิธีการกำจัดขยะในงานภูมิทัศน์แบบเดิมที่ใช้การเผาซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการไปพัฒนาในรูปแบบอื่น ๆ ควรมีการวิจัยคุณสมบัติทางวิศวกรรมทางด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น การขึ้นรูป การนำความร้อน ความสวยงาม ผิวสัมผัสเรียบเนียน เป็นต้น เพราะในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตกแต่งทางภูมิทัศน์ และแนวทางในการเพิ่มมูลค่าจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการตกแต่งงานภูมิทัศน์

9. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง แผ่นผนังปลูกต้นไม้แนวตั้ง จากขยะในงานภูมิทัศน์ ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยทุนนักวิจัยรุ่นใหม่ เงินงบประมาณกองทุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมและผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands On)

10. เอกสารการอ้างอิง

ตระกูลพันธ พัชรเมธา. (2557). การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร,* 34(1), 119-135.

ปานศรี มารุต. (2558). การศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการจัดการขยะของประเทศไทยกับนโยบายการจัดการขยะของต่างประเทศ. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 8 (ฉบับพิเศษ), 529-540.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2564, 17 มีนาคม). *BCG Model.* https://www.bcg.in.th

อรวีร์ เผ่าวัฒน์ชัย. (2562, 5 มีนาคม) *แผงสวนแนวตั้งราคาประหยัด Eco green wall.* https://www.nanagarden.com/product/307552