



วัสดุผสมจากมวลรวมและเยื่อแฟกโดยใช้ยางธรรมชาติเป็นตัวประสาน Composite from aggregates and vetiver grass fiber using natural rubber latex as a binder

พิไลวรรณ พรประสิทธิ์¹ และฐิตินันท์ รัตนพรหม^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*Corresponding Author, E-mail: tithinun@mju.ac.th

Received: 20 April 2019 | Revised: 3 September 2019 | Accepted: 15 November 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติเชิงกลและกายภาพของวัสดุผสมที่ได้จากการผสมระหว่างมวลรวมและเยื่อแฟก มวลรวมได้แก่ ดินเหนียว ทราย สีลาแลงและหินคลุกโดยมีปริมาณอัตราส่วนระหว่างมวลรวมแต่ละประเภทต่อเยื่อแฟกเท่ากับ 100:0 30:70 50:50 70:30 และ 0:100 ตามลำดับ งานวิจัยนี้นำนํ้ายางคอมพาวนด์ที่ความเข้มข้น 20% เนื่อยางแห้งมาเป็นตัวประสาน สมบัติของวัสดุผสมที่ศึกษาได้แก่ ความต้านทานแรงดัดก่อนและหลังบ่มแรง ความหนาแน่น และการดูดซึมนํ้าเป็นต้น จากผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมมีค่าความต้านทานแรงดัดก่อนบ่มแรงที่อัตราส่วนมวลรวมต่อเยื่อแฟก 30:70 ของแต่ละสูตรมีค่ามากที่สุด งานวิจัยนี้จึงเลือกวัสดุผสมระหว่าง สีลาแลงต่อเยื่อแฟกที่มีค่าความต้านทานแรงดัดก่อนบ่มแรงและการดูดซึมนํ้าที่สูงที่สุดคือ 1,182 กิโลปาสกาล และ 98.65% เพื่อนำไปทดสอบการย่อยสลายในดินและความเป็นพิษต่อดิน พบว่าวัสดุผสมระหว่างสีลาแลงต่อเยื่อแฟกย่อยสลายในดินหลังจากฝังดินภายใน 90 วัน และมีปริมาณแคดเมียมและโครเมียมในดินไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยไม่เปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน

ABSTRACT

The main objective of this research is to study the mechanical and physical properties of the composites made from aggregates (such as clay, sand, laterite and crushed stone) and vetiver grass fiber. The compositions of aggregates and vetiver grass fiber were varied at 100:0, 30:70, 50:50, 70:30 and 0:100, respectively. Latex compound with 20% dry rubber content (DRC) was used as a binder. The properties of composites including the bending test before and after aging, density and water absorption were investigated. The results indicated that composites with the ratio of aggregates and vetiver grass at 30:70 of each formula gave highest flexural strength before aging. Due to the highest flexural strength before aging (1,182 kPa) and water absorption (98.65%), composite made from laterite and vetiver grass fiber were chosen to study degradation test and the toxicity of composite on soil quality. It was found that composites made from laterite and vetiver grass fiber degraded after buried in soil for 90 days. The content of cadmium and chromium in soil were lower than those of the standard of soil quality for household

and agriculture. Moreover, the degradation of composites caused an increase in the content of soil organic matter but did not alter in pH value of soil.

คำสำคัญ: เยื่อแฟก มวลรวม น้ำยางพารา ความต้านทานแรงดัด การย่อยสลาย

Keywords: Vetiver grass fiber, Aggregates, Rubber latex, Flexural strength, Degradable

บทนำ

วัสดุปลูกมักใช้ถุงพลาสติกสีดำเพื่อการเพาะชำกล้าไม้ ซึ่งถุงพลาสติกเหล่านี้จะถูกทิ้งให้เป็นขยะทันทีที่กล้าไม้ได้รับการปลูกลงดิน รวมถึงการย้ายกล้าไม้ไปปลูกในพื้นที่เพาะปลูกก็อาจทำให้ระบบรากกระทบกระเทือน และรากอาจหลุดจากดินได้ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่พัฒนาวัสดุปลูกที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ และรากของกิ่งสามารถชอนไชออกจากกันของกระถางได้ดี เช่นกระถางจากขุยมะพร้าวจากอนุสิทธิบัตรของจิตต์บุรณ์ (2546) และภาชนะสำหรับปลูกต้นไม้ (สุทธัยและเจนจิรา, 2559) ซึ่งตัวภาชนะทำจากผักตบชวาและเส้นใยเปลือกข้าวโพด ผสมสารเชื่อมให้วัสดุจับตัวกัน เม็ดดินเผา รูพรุนเพื่อดูดซับน้ำ สารสกัดน้ำสะเดาเพื่อไล่แมลง รวมถึงเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับภาชนะปลูก โดยส่วนผสมจะถูกผสมให้เข้ากันแล้วขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรูป

หญ้าแฝก (Vetiver grass) เป็นพืชที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 มีพระราชดำริในการรณรงค์ให้มีการปลูกหญ้าแฝก เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน หญ้าแฝก (Vetiver grass) เป็นพืชตระกูลหญ้าขึ้นเป็นกอหนาแน่น เจริญเติบโตโดยการแตกกออย่างรวดเร็ว และต้องตัดใบเหนือพื้นดินประมาณ 30 เซนติเมตร ทุกระยะเวลาประมาณ 6 เดือน เพื่อให้หญ้าแฝกแตกต้นขยายพันธุ์ต่อไป ทั้งนี้ใบหญ้าแฝกที่ถูกตัดทิ้งจะถูกจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ใบหญ้าแฝกมีจุดเด่นคือปลูกใหม่ได้อีก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แข็งแรง มีความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา

งานวิจัยที่มีความมุ่งหวังในการเพิ่มมูลค่าให้ใบหญ้าแฝก โดยนำเอาใบหญ้าแฝกมาสกัดเป็นเยื่อเซลลูโลสเพื่อใช้งาน เช่น Pornprasit and Rattanaplome (2015) ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลและกายภาพของวัสดุผสมที่ได้จากการผสมระหว่างเยื่อแฟกกับเศษชีวมวล พบว่าความต้านทานการดัดโค้งก่อนการบ่มแรงของวัสดุผสมระหว่างเยื่อแฟกกับกะลาปากแฟ (50:50) มีค่าปานกลาง และเมื่อผ่านการบ่มแรงค่าความต้านทานการดัดโค้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก การดูดซึมน้ำ ที่ 320 ชั่วโมงค่อนข้างสูงคือ

มากกว่า 90% ซึ่งเป็นแนวโน้มที่วัสดุผสมจะย่อยสลายได้ดี รวมถึงงานของพันธ์ศักดิ์และฐิตินันท์ (2561) ได้ทดสอบการถ่ายเทความร้อนของแผ่นวัสดุที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยมีปูนซีเมนต์เป็นตัวประสานเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านพักอาศัยหรืออาคารขนาดเล็กในกรณีไม่ปรับอากาศ พบว่าแผ่นวัสดุทดสอบที่เหมาะสมมากที่สุดในการนำไปใช้เพื่อลดความร้อนคือคอนกรีตผสมเยื่อหญ้าแฝก

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับหญ้าแฝกและใช้วัสดุมวลรวมที่หาได้ในท้องถิ่น เช่น ดินเหนียว (clay, C) หินทราย (sand, S) คีลาแลง (laterite, L) และหินคลุก (crushed stone, CS) มาเสริมแรงเพื่อเพิ่มความคงตัวของวัสดุ (dimension stability) มาทำเป็นวัสดุปลูกที่ย่อยสลายได้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสมบัติเชิงกลและกายภาพของวัสดุผสมรวมถึงการทดสอบผลของการย่อยสลายต่อความเป็นพิษของดินตามมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมที่ระบุในประกาศของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเยื่อหญ้าแฝก

นำหญ้าแฝกแห้งแช่โซดาไฟ (NaOH) 24 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง หญ้าแฝก : โซดาไฟ : น้ำ เป็น 1 กิโลกรัม : 0.1 กิโลกรัม : 5 กิโลกรัม จากนั้นต้มหญ้าแฝกที่แช่น้ำด้วยโซดาไฟที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 5 ชั่วโมง ล้างน้ำจนน้ำล้างมีค่า pH เท่ากับ 7 นำไปปั่นเปื่อยด้วยเครื่องปั่น Imaflex IF-300 super blender นานประมาณ 15 นาที บิดน้ำออกแล้วนำมาตากแดดให้แห้งประมาณ 2 วัน จึงจะได้เยื่อหญ้าแฝกสำหรับใช้ในการทดลอง โดยใบแฝกแห้ง 1 กิโลกรัมจะได้เยื่อแฟก (VGF) ประมาณ 0.5 กิโลกรัม

2. การเตรียมน้ำยางคอมพาวนด์

งานวิจัยนี้ใช้น้ำยางคอมพาวนด์สูตรการคงรูปแบบดั้งเดิมดังที่ระบุไว้ใน Pornprasit and Rattanaplome (2015) นั่นคือประกอบด้วย (1) น้ำยางชั้น 60% ชนิดปริมาณแอมโมเนียสูง 100 phr (2) ดิสเพิซชันกำมะถัน 50% 1.5 phr (3) ดิสเพิซชันแซดอีซีดี 50% (zinc diethyl dithiocarbamate, ZDEC) 1.0 phr (4) ดิสเพิซชันซิงค์ออกไซด์ 50% (zinc oxide, ZnO) 1.8 phr โดยสารเคมีทุกชนิดซื้อจาก บริษัทล็กกี้ไฟร์จำกัด จ.นนทบุรี ประเทศไทย

3. การวิเคราะห์ลักษณะกายภาพของมวลรวม

สังเกตลักษณะสัณฐานวิทยาโดยนำมวลรวมไปเคลือบทองแล้วทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) บริษัท JEOL รุ่น JSM-5410 LV พร้อมทั้งหาองค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิค Energy dispersive X-ray spectrometer (EDXS) ส่วนการหาปริมาณพื้นที่ผิวและขนาดรูพรุนวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณพื้นที่ผิวและขนาดรูพรุน (surface area and pore size analyzer) รุ่น Autosorb 1 MP ยี่ห้อ Quantachrome พื้นที่ผิววิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีของ Brunauer, Emmett, Teller (BET theory) และดูดซับด้วยไนโตรเจน ที่อุณหภูมิของก๊าซเป็น 150 องศาเซลเซียส

4. การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

คัดขนาดมวลรวมกรองผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช (ประมาณ 420 ไมครอน) และ 80 เมช (ประมาณ 177 ไมครอน) โดยใช้ปริมาณอย่างละครึ่ง มวลรวมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ดินเหนียวสีน้ำตาลจากลำปาง ทรายเบอร์ 1 และหินคลุกจากร้านวัสดุก่อสร้าง สีลาแสงสีแดงจากชัยภูมิ นำมวลรวมมาผสมกับ เชื้อแฟก และน้ำยางคอมพาวนด์ 100 กรัมมาผสมให้เข้ากัน โดยที่การแปรอัตราส่วนมวลรวมต่อเชื้อแฟกคือ 100:0 30:70 50:50 70:30 และ 0:100 แล้ววางผึ่งลมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที อัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ยี่ห้อ OOMN รุ่น HPC-100(D) Shanghai Zimmerli Weili Rubber and Plastic Machinery Co. Ltd. จีน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ขนาดชิ้นงานเท่ากับ 500 × 150 × 150 มิลลิเมตร (ยาว×กว้าง×หนา)

5. การทดสอบ

5.1 ความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ทดสอบโดยใช้แรงกระทำแบบสามจุด (3 – point bending test) ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ TM 115 ดังรูปที่ 1 แล้วคำนวณค่าความต้านทานแรงดัดโดยใช้สมการที่ (1) (จินตมัย, 2547) โดยใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ชิ้น งานวิจัยนี้มีการทดสอบความต้านทานแรงดัดทั้งก่อนและหลังบ่มแรง โดยการอบชิ้นงานในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เพื่อศึกษาความทนทานต่อความร้อนของวัสดุผสม

$$\sigma = \frac{3FL}{2wh^2} \quad (1)$$

เมื่อ F คือ แรงกดที่ทำให้ชิ้นงานแตกหัก (N)
 L คือ ระยะห่างระหว่างจุดรองรับ (m)
 W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (m)
 h คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ (m)



รูปที่ 1 การทดสอบความต้านทานแรงดัด

5.2 การดูดซึมน้ำ (Water absorption) คำนวณจากสมการที่ (2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ} = \frac{(W_a - W_b)}{W_b} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W_a คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (g)
 W_b คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (g)

โดยแช่น้ำจนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุผสมคงที่เมื่อแช่ประมาณ 120 ชั่วโมง หลังจากนั้นเลือกสูตรที่มีความทนแรงดัดและการดูดซึมน้ำสูงที่สุดไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป (Pornprasit and Rattanaplome, 2015)

5.3 ความหนาแน่นของชั้นงานคำนวณโดยใช้สมการที่ (3) โดยแต่ละสูตรใช้ชั้นงานสำหรับการคำนวณจำนวน 5 ชั้น

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)

m คือ มวล (kg)

v คือ ปริมาตร (m^3)

5.4 การย่อยสลายในดิน เริ่มจากนำชั้นงานฝังดินและเป็นเวลา 63 วัน แล้วทดสอบเฉพาะวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงและเยื่อแฟกเป็นเวลา 90 วัน โดยรดน้ำประมาณ 1,000 มิลลิลิตร สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้น

5.5 ความเป็นพิษต่อดิน ทดสอบตามมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมดังระบุไว้ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (2557) ปริมาณแคดเมียม โครเมียม สังกะสี และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) หาโดยวิธี In-house method based on EPA detected by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy (ICPMS) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนค่าความเป็นกรดต่างวัดโดยใช้ pH meter เปรียบเทียบผลของคุณภาพดินก่อนและหลังการฝังดินด้วยวัสดุผสม โดยที่ดินควบคุม คือดินที่ไม่มีการฝังชั้นงานทดสอบวิเคราะห์ตัวอย่างดิน จำนวน 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

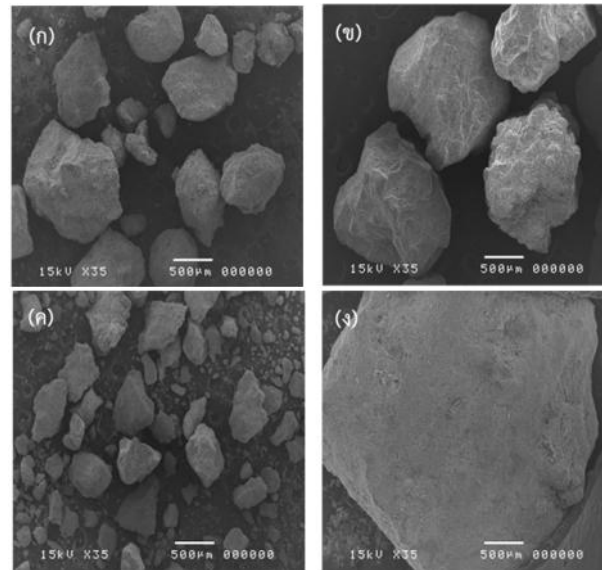
ลักษณะทางกายภาพของมวลรวม

ลักษณะพื้นผิวเบื้องต้นของมวลรวมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 35 เท่า แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าพื้นผิวค่อนข้างเรียบ มีการกระจายขนาดกว้างเพราะการคัดขนาดผ่านตระแกรงในช่วง 177-420 ไมครอน และมีการรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ส่วนผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุจากเทคนิค Energy dispersive X-ray spectrometer (EDXS) แสดงในรูปที่ 3 พบว่ามวลรวมมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ดินเหนียวมีธาตุออกซิเจน (O) 70.07wt% อลูมิเนียม (Al) 8.08wt% ซิลิคอน (Si) 15.61wt% โพแทสเซียม (K) 1.54wt% และเหล็ก (Fe) 4.70wt% ซึ่งสอดคล้องกับปรีดา (2532) และ

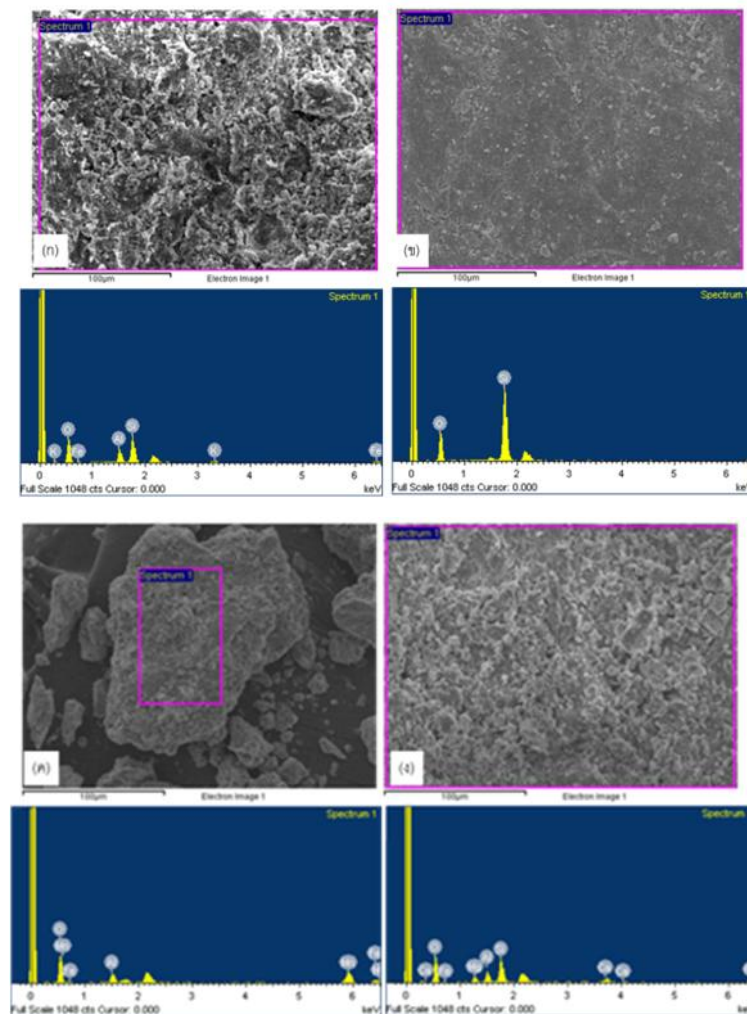
วดี (2544) ได้อธิบายไว้ว่าดินเหนียวเป็นแร่ มาจากแร่ดิน kaolinite ดินเหนียวจะมีโครงสร้างเป็นชั้น (layer structure) ของสารประกอบพวกไฮดรอลูมินัสซิลิเกต (hydrous aluminous silicate) นั่นคือ ประกอบไปด้วยแร่อลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) ที่มีส่วนผสมของน้ำแทรกอยู่ในโครงสร้างด้วย และอาจมีไอออนของพวก Fe, Mg, Ca, K, Na ส่วนทรายนั่นองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิคอนไดออกไซด์ หรือซิลิกา (SiO_2) มี O 70.86wt% Si 29.14wt% ศิลาแลงมีสีโทนแดง มีองค์ประกอบหลักเป็น O 59.58wt% , Al 7.11wt%, Mn 26.05wt% และ Fe 7.26wt% (วงศ์พัทธ์, 2557) หินคลุก เป็นหินที่มีขนาดแตกต่างกันมาปนกัน ไม่ได้ขนาด ได้จากหินปลายตระแกรงการคัดขนาดของหินปูนเพื่องานก่อสร้าง กล่าวคือ เป็นวัสดุด้วยคุณภาพสำหรับงานก่อสร้าง มักใช้ถมถนนราบ (ทวีศักดิ์, 2556) มีองค์ประกอบของธาตุเป็น O 69.45wt%, Al 5.53wt%, Si 12.33wt%, Mg 3.91wt%, Ca 2.73wt% และ Fe 7.04wt% ลักษณะรูพรุนของมวลรวมแสดงในตารางที่ 1 พบว่าศิลาแลงมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุด ปริมาตรและขนาดของรูพรุนใหญ่ที่สุด ส่วนทรายมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อยที่สุด ปริมาตรและขนาดของรูพรุนเล็กที่สุด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดก่อนการบ่มเร่งแสดงในรูปที่ 4 พบว่าชั้นทดสอบที่มีเยื่อแฟกเพียงชนิดเดียวมีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด น่าจะเป็นเพราะเยื่อแฟกดูดซับน้ำอย่างคอมพาวนด์ได้ดีส่งผลให้เกิดการยึดติดที่ติระหว่างเยื่อแฟกและน้ำยาง ในขณะที่ความแข็งแรงของวัสดุผสมระหว่างมวลรวมและเยื่อแฟกขึ้นกับชนิดของส่วนประกอบ ความเข้ากันได้ของส่วนประกอบแต่ละชนิด จากรูปที่ 4 ยังพบอีกว่าอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุดคือวัสดุผสมระหว่างอัตราส่วนมวลรวมต่อเยื่อแฟก 30:70 โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงและเยื่อแฟก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะศิลาแลงมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุด ปริมาตรและขนาดของรูพรุนใหญ่ที่สุด จึงดูดซับน้ำยางได้ดี น้ำยางจึงสามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานแต่ละส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 ภาพถ่ายพื้นผิวมวลรวมจากกล้อง SEM (ก) ดินเหนียว (ข) ทราย (ค) ศิลาแลง และ (ง) หินคลุก



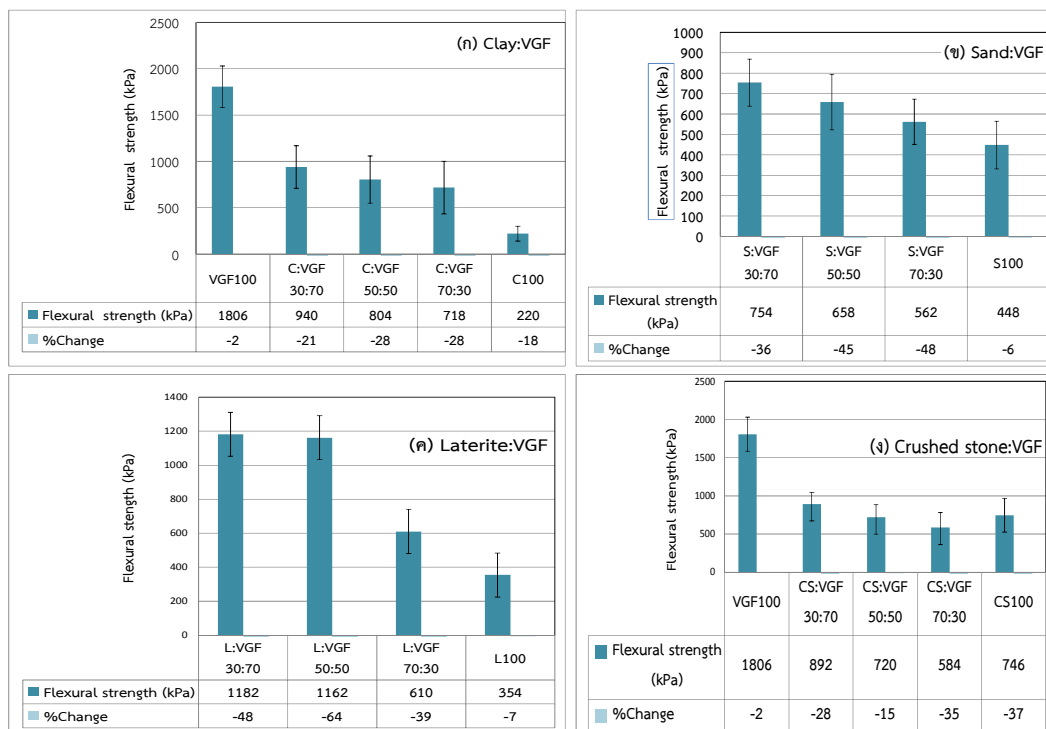
รูปที่ 3 สเปกตรัม EDXS ของมวลรวม (ก) ดินเหนียว (ข) ทราย (ค) ศิลาแลง และ (ง) หินคลุก

ตารางที่ 1 ขนาด พื้นที่ผิวและขนาดรูพรุนของมวลรวม

ชนิดของมวลรวม	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m ² /g)	ปริมาตรรูพรุน (CC/g)	รัศมีเฉลี่ยของรูพรุน (Å)
ดินเหนียว	45.57	0.1112	48.81
ทราย	7.53	0.0152	40.25
ศิลาแลง	50.76	0.1319	51.98
หินผุ	12.95	0.0269	41.54

Pornprasit and Rattanaprome (2015) ค้นพบเช่นกันว่าวัสดุที่มีปริมาตรและขนาดรูพรุนสูงเช่นร่าสกักน้ำมันสามารถดูดซับน้ำยางได้ดีความต้านทานแรงดัดจึงสูง รูปที่ 4 ยังแสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความต้านทานแรงดัด (%change) หลังบ่มแรงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง โดยที่ %change มีค่าเป็นลบแสดงว่าความต้านทานแรงดัดลดลงหลังการบ่มแรง อาจเป็นเพราะว่าการได้รับความร้อนนานเกินไปทำให้สายโซ่ของยางสั้นลง เกิดการเสื่อมสภาพประสิทธิภาพการเป็นตัวเชื่อมประสานลดลง ความต้านทานแรงดัดจึงลดลง ยิ่ง %change มาก แสดงว่าความต้านทานแรงดัดหลังบ่มแรงลดลงมาก ความต้านทานต่อความร้อนต่ำ ดังนั้น

อัตราส่วนที่มี %change ต่ำ เช่นอัตราส่วนที่มีเยื่อแฟก 100% หรือมีมวลรวม 100% มีความต้านทานต่อความร้อนสูง โดยที่ขึ้นทดสอบที่มีเยื่อแฟก 100% มีความต้านทานความร้อนสูงที่สุด อนึ่ง %change ของขึ้นทดสอบที่มีมวลรวม 100% แตกต่างกันอย่างเห็นเป็นเพราะมวลรวมแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการนำความร้อนแตกต่างกัน ส่วนวัสดุผสมมวลรวมและเยื่อแฟกที่มี %change ต่ำที่สุดคือวัสดุผสมระหว่างหินคลุกและเยื่อแฟกที่อัตราส่วน 50:50 แสดงว่ามีความต้านทานความร้อนสูงที่สุด อาจเป็นเพราะวัสดุผสมระหว่างหินคลุกและเยื่อแฟกมีประสิทธิภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด

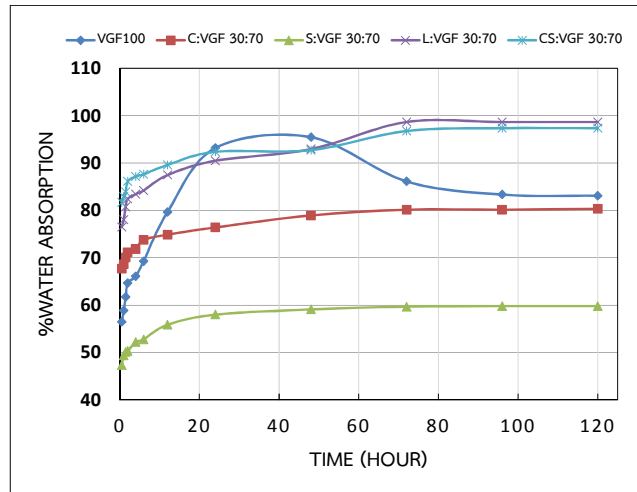


รูปที่ 4 ผลการทดสอบแรงดัดของวัสดุผสมและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการบ่มแรงของวัสดุผสมระหว่าง (ก) ดินเหนียวและเยื่อแฟก (ข) ทรายและเยื่อแฟก (ค) ศิลาแลงและเยื่อแฟก (ง) หินคลุกและเยื่อแฟก

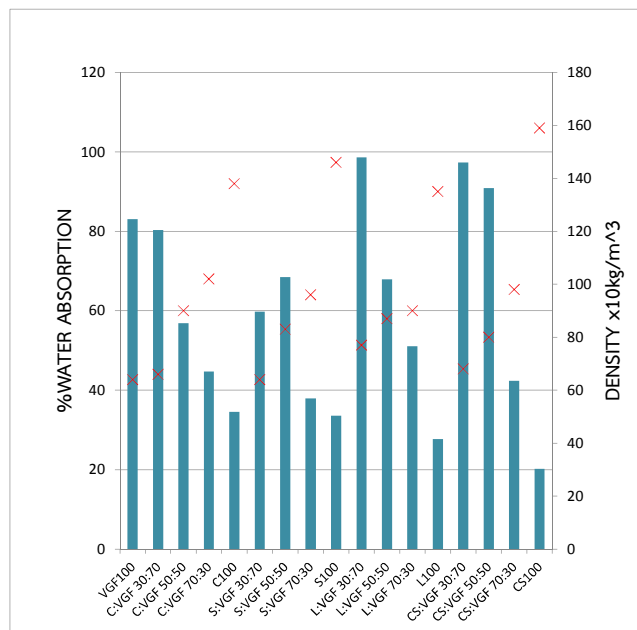
ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

จากการนำชิ้นงานทดสอบไปแช่น้ำเป็นเวลา 120 ชั่วโมง คำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำตามสมการที่ 2 ได้กราฟ แสดงการดูดซึมน้ำเป็นไปตามรูปที่ 5 คือการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก แล้วเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งคงที่เมื่อแช่น้ำ

ไปประมาณ 72 ชั่วโมง จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนเยื่อแผ่นเพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 5 วัสดุผสมระหว่างซิลาลงและเยื่อแผ่นที่อัตราส่วน 30:70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงที่สุด (98.65%) อาจเป็นเพราะปริมาตรรูพรุนในซิลาลงมากที่สุด



รูปที่ 5 เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 120 ชั่วโมงของวัสดุผสมบางชนิด



รูปที่ 6 เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของวัสดุผสม

ผลการทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นของวัสดุผสมแสดงดังรูปที่ 6 ชิ้นทดสอบที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (0.64 g/cm^3) คืออัตราส่วนที่มีเยื่อแผ่น 100% และวัสดุผสมระหว่างทรายและเยื่อแผ่นที่อัตราส่วน 30:70 จากรูปที่ 6 ยังอธิบายได้อีกว่าวัสดุผสมที่มีสัดส่วนเยื่อแผ่น

เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง วัสดุผสมที่มีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา การขนย้ายสะดวก ดังนั้นเมื่อวัสดุผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างมวลรวมต่อเยื่อแผ่น 30:70 จึงมีความหนาแน่นต่ำที่สุด

ผลการทดสอบการย่อยสลายในดิน

ภาพขั้นตอนทดสอบวัสดุผสมเมื่อฝังดินเป็นเวลา 63 วัน แสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง ขึ้นงานเสียรูป และมีน้ำหนักลดลงเล็กน้อย งานวิจัยนี้ได้เลือกวัสดุผสมที่มีความทนแรงดัดและการดูดซึมน้ำสูงที่สุดฝังดินต่อไปนานถึง

90 วัน สาเหตุที่เลือกวัสดุผสมที่มีการดูดซึมน้ำสูงเพราะวัสดุผสมที่ดูดซึมน้ำสูงมีแนวโน้มการย่อยสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) สูง รูปที่ 7 เป็นภาพแสดงวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงและเยื่อแฟกที่อัตราส่วน 30:70 พบว่าวัสดุเชิงประกอบแตกสลาย เสียรูปไปจากเดิม



รูปที่ 7 ชิ้นงานวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงและเยื่อแฟกที่อัตราส่วน 30:70 หลังจากฝังดินเป็นเวลา 90 วัน

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อดิน

จากการทดสอบดินที่ฝังวัสดุผสมตามมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมดังระบุไว้ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 ปี 2557 แสดงในตารางที่ 3 พบว่าดินที่ฝังวัสดุผสมมีปริมาณ แคดเมียม โครเมียม และสังกะสีเพิ่มขึ้น แต่ยังมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพดิน ดินที่ฝังวัสดุผสมมีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะในสูตรน้ำยางมีการใส่ ZnO และ ZDEC สุนทรี (2560) ได้อธิบายไว้ว่าปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) เป็นดัชนีบ่งชี้ อัตราเร็วการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ และอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทั้งนี้อัตราส่วน C:N ไม่ควรเกิน 20 หากเกินดินชนิดนั้นควรเพิ่มปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจน จากตารางที่ 4 วัสดุผสมทำให้ดินมีอัตราส่วน C:N เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) คือส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพและกิจกรรมโดยสิ่งมีชีวิตในดิน และควรมีปริมาณมากกว่า 3

มิลลิกรัมต่อกรัม จากการทดลองพบว่าการฝังวัสดุผสมลงในดินทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นและเกินมาตรฐาน เหมาะแก่การเป็นดินปลูกเพื่อเกษตรกรรม ในกรณีค่าความเป็นกรด-ด่าง วัสดุผสมไม่ได้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วัสดุผสมในงานวิจัยนี้เหมาะสมเป็นวัสดุปลูกย่อยสลายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงต่อเยื่อแฟกที่มีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งก่อนบ่มแรงและการดูดซึมน้ำที่สูงที่สุด เมื่อนำเอาไปย่อยสลายในดินและทดสอบความเป็นพิษต่อดิน พบว่าวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงต่อเยื่อแฟกย่อยสลายในดิน หลังจากฝังดินภายใน 90 วัน และทำให้ดินมีปริมาณแคดเมียม และโครเมียมไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและไม่เปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่างในดินอีกด้วย

ตารางที่ 2 ภาพชิ้นงานและน้ำหนักของวัสดุผสมหลังจากฝังดิน 63 วัน

ชนิดวัสดุผสม	ก่อนการฝังดิน	เมื่อฝังดินนาน 63 วัน
C:VGF 30:70	ลักษณะชิ้นทดสอบ	สีของชิ้นงานจางลง
	น้ำหนัก (g)	7.60
		7.00
S:VGF 30:70	ลักษณะชิ้นทดสอบ	สีของชิ้นงานจางลง ชิ้นงานหลุดออกบางส่วน
	น้ำหนัก (g)	8.47
		7.78
L:VGF 30:70	ลักษณะชิ้นทดสอบ	สีลาแสงหลุดออกบางส่วน
	น้ำหนัก (g)	9.27
		8.23
CS:VGF 30:70	ลักษณะชิ้นทดสอบ	สีของชิ้นงานจางลง ชิ้นงานเสียรูปเล็กน้อย
	น้ำหนัก (g)	8.26
		8.34

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพดินของดินที่ฝังวัสดุผสมระหว่างศิลาแลงและเยื่อแฟก (30:70)

รายการทดสอบ	ชนิดดิน		มาตรฐาน
	ดินควบคุม	ดินที่ฝังวัสดุผสม	
ปริมาณแคลเซียม*	5.0 (8.6)	9.9 (8.6)	37
ปริมาณโครเมียม*	114.4 (1.3)	104.9 (5.0)	300
ปริมาณสังกะสี*	66.2 (4.4)	113.2 (29.4)	ไม่ได้ระบุ
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน C:N	23:1 (2.0)	22:1 (4.2)	≤20:1
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	3.3 (0.4)	4.1 (0.5)	>3
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	8.5 (0.1)	8.1 (0.2)	ไม่ได้ระบุ

*ปริมาณโลหะหนัก หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

**ตัวเลขในวงเล็บคือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เรียบเรียงจาก (1) โครงการงานนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวัสดุศาสตร์ (อุตสาหกรรมการยาง) เรื่อง “วัสดุเชิงประกอบจากเยื่อแฟกและมวลรวมโดยมีน้ำยางเป็นตัวประสาน” (2) รายงานโครงการขยายผลการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกสู่ชุมชน โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และ (3) รายงานวิจัยคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร เรื่อง “ความเป็นพิษของวัสดุปลูกย่อยสลายได้ต่อคุณภาพดิน” ชุมชน โดยได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25. (2557). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ว่าด้วย มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม แหล่งข้อมูล http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil01.html#s1 ค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2559
- จิตต์บุรณ์ ขาววนิชย์นันท์. (2546). กรรมวิธีทำกระถางปลูกต้นไม้จากใยมะพร้าว อนุสิทธิบัตรประเทศไทยเลขที่ 983 วันที่ออกสิทธิบัตร 17 เมษายน 2546
- จินตมัย สุวรรณประทีป 2547 การทดสอบทางกลของพลาสติก สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ส.ส.ท.
- ฐิตินันท์ รัตนพรหม นภัสร์ จันทรมี ตรีญา มุลชัย พิไลวรรณ พรประสิทธิ์ วรวรรณ เพชรอุไร พันธุ์ศักดิ์ ภักดี. (2557). รายงานโครงการขยายผลการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกสู่ชุมชน สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

- ฐิตินันท์ รัตนพรหม พิไลวรรณ พรประสิทธิ์. (2560). ความเป็นพิษของวัสดุปลูกย่อยสลายได้ต่อคุณภาพดิน. รายงานวิจัยคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร.
- ทวีศักดิ์ ปิติคุณพงศ์สุข. (2556). การแปรรูปหินคลุกด้วยคุณภาพเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุงานทาง วิศวกรรมวารสารฉบับวิจัยและพัฒนา 24(3): 1-7
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2532). เซรามิก. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรสุตา ต้นตะกุดเกียรติ และ เขวลิต กรรมใจ. (2555). วัสดุเชิงประกอบจากเยื่อแฟกและมวลรวมโดยมีน้ำยางเป็นตัวประสาน. โครงการงานนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวัสดุศาสตร์ (อุตสาหกรรมการยาง) คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- พันธุ์ศักดิ์ ภักดี และฐิตินันท์ รัตนพรหม. (2561). การทดสอบการถ่ายเทความร้อนของแผ่นวัสดุที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยมีปูนซีเมนต์เป็นตัวประสาน. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/ผังเมือง 15(1): 1-11.
- ภาวดี อังศ์วัฒนะ. (2544). เซรามิกส์เชิงอุตสาหกรรมและวัตถุดิบ ในเอกสารเผยแพร่ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นด้านวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- วงศ์พัทธ์ พิบูลศุภประดิษฐ์. (2557). หน่วยน้ำหนัก กำลังอัด และการดูดซึมน้ำ ของบล็อกศิลาแลงเทียมที่ใช้เศษ ศิลาแลงเป็นมวลรวมหยาบ รายงานโครงการงานวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- สุทธัย พงศ์พัฒนศิริ และเจนจิรา หมื่นเร็ว. (2559). เลขที่สิทธิบัตร : 11922 สิ่งประดิษฐ์ภาชนะสำหรับปลูกต้นไม้
- สุนทรี ยิ่งชัชวาล. (2560). ใช้อินทรียวตดูให้ถูกประเภท แหล่งข้อมูล http://www.cab.ku.ac.th/suntaree/pdf/5_4_OrganiMatter_Explains.pdf ค้นเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2560
- Pornparasit, P. and Rattanaplome, T. (2015). Composite from biomass using natural rubber latex as a binder. RMUTJ Journal 1(Special): 458-463.

