



วัสดุปลูกหญ้าคาทะเล

Enhalus Acoroides Planting Material

กันติชา ไชยหนู กันติชา ทองถิ่น
กนกรัตน์ สิงห์น้อย¹ วชิร รวยรื่น²

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช ตำบลบางจาก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80330

²มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 272 หมู่ 9 ตำบลขุนทะเล อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

Email: 6706342@pccnst.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวัสดุปลูกหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) จากกะลามะพร้าว เส้นใยมะพร้าว ขุยมะพร้าว และกากมะพร้าว เพื่อเสริมการยึดเกาะของรากและอัตราการรอดของหญ้าคาทะเลโดยแบ่งเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ การพัฒนาคอนกรีตปลูกพืชและวัสดุเพาะกล้า ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของคอนกรีตปลูกพืชที่เหมาะสมที่สุดคือกะลามะพร้าวต่อเส้นใยมะพร้าวอัตราส่วน 40:1 ซึ่งมีค่า pH เฉลี่ย 8.16 ซึ่งใกล้เคียงกับสภาวะ pH ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าคาทะเล นอกจากนั้นยังทำให้หญ้าคาทะเลรับแรงได้เฉลี่ย 93.33 นิวตัน สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ในส่วนของวัสดุเพาะกล้า พบว่าอัตราส่วนกากมะพร้าวต่อขุยมะพร้าว 1:4 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.53 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 15.47 mS/cm

คำสำคัญ : หญ้าคาทะเล, วัสดุปลูก, คอนกรีตพูน, การฟื้นฟูระบบนิเวศ, คาร์บอนสีน้ำเงิน

1. บทนำ

ในปัจจุบัน มีการให้ความสำคัญกับระบบนิเวศทางทะเลเพื่อเพิ่มการดูดซับ Blue Carbon ตามข้อมูลขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติระบุว่า หญ้าคาทะเลสามารถดูดซับและกักเก็บคาร์บอนได้มากกว่าป่าบนบกถึง 7-10 เท่า เนื่องจากมีระบบรากที่ซับซ้อน

อย่างไรก็ตาม Michelle Waycott (2009) กล่าวว่าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา แหล่งหญ้าคาทะเลทั่วโลกได้ตายลงไปแล้วกว่าร้อยละ 29 และการปลูกมีอัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อนต่ำ เนื่องจากต้นอ่อนไม่แข็งแรงและไม่สามารถยึดเกาะกับดินได้ดีพอ (John Statton, 2017)

คณะผู้จัดทำเห็นความสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการนำคอนกรีตปลูกพืช ซึ่งสามารถควบคุมการไหลผ่านของน้ำและอากาศ รวมทั้งความ

แข็งแรงของคอนกรีตปลูกพืชผ่านรูปพูน และทำหน้าที่เป็นช่องว่างให้รากพืชสามารถเจริญเติบโต มาผลิตวัสดุปลูกพืชขึ้น โดยมีส่วนประกอบได้แก่ วัสดุเพาะกล้าจากขุยมะพร้าวและกากมะพร้าว คอนกรีตปลูกพืชที่มีมวลรวมหยาบเป็นกะลามะพร้าวและมวลรวมละเอียดเป็นเส้นใยมะพร้าว

2. วิธีดำเนินการ

2.1 ทำวัสดุเพาะกล้า

2.1.1 ผสมกากมะพร้าวและขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.2 วิธีการทดลองสมบัติวัสดุเพาะกล้า

2.2.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุเพาะกล้า
ก. ความหนาแน่นรวม ดัดแปลงจากวิธีของ Handreck and Black (1994) โดยชั่งกระบอกหรือ



ภาษาเนเปล่า (m_1) จากนั้นบรรจุวัสดุเพาะกล้าลงไปจนถึงระดับสูงสุดของกระบอก เคาะกระบอกจำนวน 5 ครั้ง วัดปริมาตรวัสดุ (V) จากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หามวลของวัสดุเพาะกล้า (m_2) คำนวณหาความหนาแน่นรวมจากสมการ

$$\text{ความหนาแน่นรวมวัสดุเพาะกล้า} = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \text{ (g/ml)}$$

ข. ความพรุนช่องอากาศ ดัดแปลงจากวิธีของ Handreck and Black (1994) โดยนำภาษาเนเปล่าที่มีขนาดเดียวกันกับข้อ 1 บรรจุวัสดุเพาะกล้า ให้น้ำจนวัสดุตัวอย่างอิ่มตัวแล้วระบายน้ำทิ้งเป็นเวลา 30 นาที วัดปริมาตรน้ำที่ระบายออกมาจากวัสดุเพาะกล้า (V_a) แล้วหาความพรุนของวัสดุเพาะกล้าซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ร้อยละความพรุนของวัสดุเพาะกล้า} = \frac{V_a}{V} \times 100 \text{ (ร้อยละโดยปริมาตร)}$$

2.2.2 สมบัติทางเคมีของวัสดุเพาะกล้า

ก. ค่าความเป็นกรดเบส (pH)

วิเคราะห์โดยวิธี Electrometric method ใช้อัตราส่วนวัสดุเพาะกล้า:น้ำ เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นทำการวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ HI98107 pHep® (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก; 2553ข)

ข. ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) วิเคราะห์โดยวิธี Electrometric method ในอัตราส่วนวัสดุเพาะกล้า:น้ำ เท่ากับ 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นทำการวัดค่าด้วยเครื่อง EC meter ยี่ห้อ HI98301 DiST1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก; 2553ข)

2.3 ทำคอนกรีตปลูกพืช

2.3.1 นำกะลามะพร้าวไปอบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ใช้ค้อนทุบและคัดเลือกกะลามะพร้าวที่มีขนาดประมาณ 625 ตารางมิลลิเมตร และตัดเส้นใยมะพร้าวขนาด 1-3 เซนติเมตร

2.3.2 เทกะลามะพร้าวและเส้นใยมะพร้าวรวมกัน โดยมีอัตราส่วนโดยมวลกะลามะพร้าวต่อเส้นใยมะพร้าว ดังนี้ 40:0 35:1 30:2 จากนั้นนำทุก

อัตราส่วนไปผสมปูนซีเมนต์ 20 กรัม กับน้ำ 15 มิลลิตร แล้วเทส่วนผสมที่ได้ลงในแม่พิมพ์ จากนั้นบ่มไว้ 7 วัน โดยฉีดน้ำให้ชุ่มทุกวัน ก่อนไปทดลองเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุด

2.4 วิธีการทดลองสมบัติคอนกรีตปลูกพืช

2.4.1 สมบัติทางเคมีของคอนกรีตปลูกพืช

ก. ค่า pH ดัดแปลงมาจากมาตรฐาน EA NEN 7375:2004 (Netherlands Standardization Institute, 2004) โดยนำก้อนคอนกรีตปลูกพืชแล้วแช่ในน้ำ จากนั้นติดตามวัดค่า pH ของน้ำด้วยเครื่อง pH meter ในวันที่ 1 ถึงวันที่ 7

ข. ค่า EC ดัดแปลงมาจากมาตรฐาน EA NEN 7375:2004 (Netherlands Standardization Institute, 2004) โดยนำก้อนคอนกรีตปลูกพืชแล้วแช่ในน้ำ จากนั้นติดตามวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำด้วยเครื่อง EC meter ในวันที่ 1 ถึงวันที่ 7

2.5 วิธีการทดลองหาการเจริญเติบโตของหญ้าคาทะเล

นำคอนกรีตปลูกพืชใส่ไว้ในภาษาเนเปล่า แล้วใส่วัสดุเพาะกล้าไว้ด้านบนคอนกรีตปลูกพืช จากนั้นเพาะหญ้าคาทะเลที่เก็บมาจากเกาะท่าไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.5.1 ลักษณะทางกายภาพของหญ้าคาทะเล

ก. วัดความยาวใบหญ้าคาทะเลก่อนและหลังปลูกในคอนกรีตปลูกพืช

ข. วัดความยาวเหง้าหญ้าคาทะเลก่อนและหลังปลูกในคอนกรีตปลูกพืช

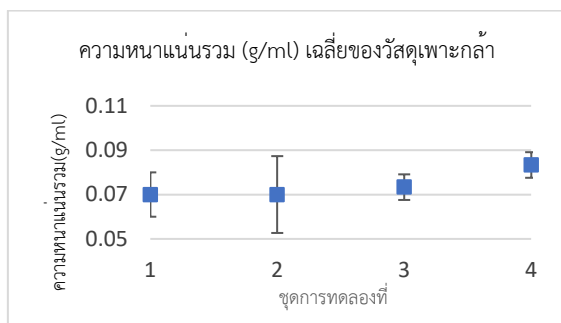
ค. วัดความยาวรากหญ้าคาทะเลก่อนและหลังปลูกในคอนกรีตปลูกพืช

2.5.2 ปลูกหญ้าคาทะเลบนคอนกรีตรูปทรงทั้ง 3 กลุ่ม คัดเลือกต้นที่ขนาดใกล้เคียงกันมากกลุ่มละ 3 ต้น ผูกเชือกไว้ที่โคนต้นแล้วตั้งในแนวตั้งฉากกับลำต้น วัดแรงที่ได้ด้วยเครื่องวัดแรงดึง

3. ผลและอภิปรายผล

3.1. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุเพาะกล้า

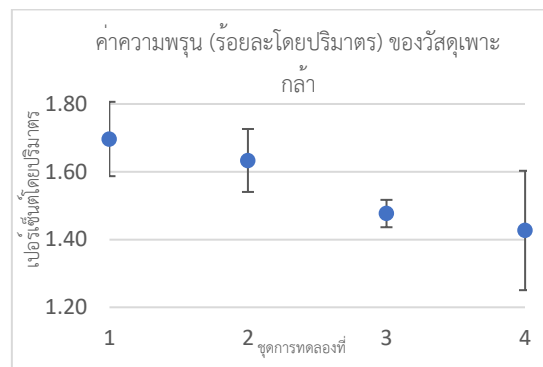
จากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่นรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.07 - 0.08 g/mL โดยสัดส่วนของขุยมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามความแตกต่างของค่าความหนาแน่นรวมระหว่างชุดการทดลองที่ 1-3 กับชุดการทดลองที่ 4 มีเพียง 0.01 g/mL สอดคล้องกับรายงานของงานวิจัยของ Yanming Liu et al. (2024) ที่ระบุว่า การอัตราส่วนผสมของวัสดุชีวภาพชนิดเดียวกันที่มีขนาดแตกต่างกัน จะส่งผลให้สมบัติเชิงมวลเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ทำให้วัสดุยังคงรักษาโครงสร้างที่โปร่งและเอื้อต่อการขนถ่ายของรากพืชได้



ภาพที่ 3.1 กราฟแสดงความรวมหนาแน่น (g/mL) เฉลี่ยของวัสดุเพาะกล้า

3.2. ผลการทดสอบค่าพรุนของวัสดุเพาะกล้า

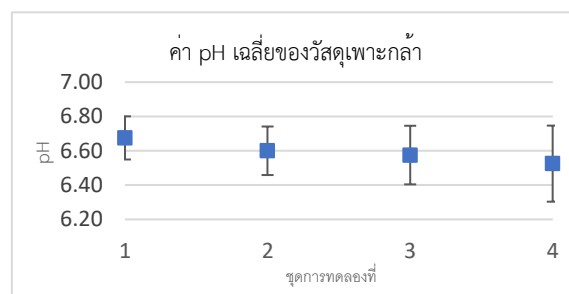
จากการทดลองพบว่า ความไม่สอดคล้องกันเชิงทฤษฎีระหว่างความพรุนอากาศร้อยละ 1.43 - 1.7 และค่าความหนาแน่นรวม 0.07 - 0.08 g/mL แสดงถึงข้อจำกัดเชิงเทคนิคของวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เมื่อสัดส่วนของขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้น วัสดุจะเล็กลง ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดและแรงแคปิลลารีสูงจนน้ำถูกกักเก็บไว้ในโครงสร้างและไม่สามารถไหลระบายออกได้ นอกจากนี้สมบัติการพองตัวของขุยมะพร้าวเมื่ออิมมิดด้วยน้ำยังเข้าไปได้พื้นที่ระหว่าง ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ Carlile et al. (2015) เกี่ยวกับพฤติกรรมการอุ้มน้ำและการตอบสนองต่อความชื้นของวัสดุประเภทขุยมะพร้าว ทว่าในการใช้งานจริง กระแสน้ำจะช่วยหมุนเวียนน้ำและถ่ายเทอากาศ



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงค่าความพรุน (ร้อยละโดยปริมาตร) ของวัสดุเพาะกล้า

3.3. ผลการศึกษาค่า pH ของวัสดุเพาะกล้า

จากการทดลองพบว่า วัสดุเพาะกล้ามีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.60 ซึ่งน้อยกว่าสภาพแวดล้อมในทะเลที่มีค่า pH เท่ากับ 7.60 แต่อย่างไรก็ตาม Weiying Luan et al. (2023) ระบุว่า หอยาคะเลมีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพน้ำทะเลที่มีค่า pH ต่ำ

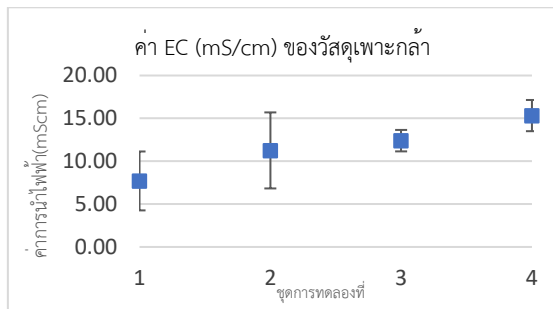


ภาพที่ 3.3 กราฟแสดงค่า pH ของวัสดุเพาะกล้า

3.4. ผลการทดสอบค่า EC ของวัสดุเพาะกล้า

จากการทดลอง ชุดที่ 4 มีการปลดปล่อยไอออนอิสระ เช่น K^+ , Na^+ และ Cl^- ออกมามากที่สุด หากพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะพบว่าชุดที่ 1 และ 2 มีค่า S.D. ค่อนข้างสูง (3.44 และ 4.43) ขณะที่ชุดที่ 3 และ 4 มีค่า S.D. ต่ำลงอย่างชัดเจน (1.25 และ 1.82) แสดงให้เห็นว่าค่า EC ของวัสดุปลูกในชุดที่ 3 และ 4 มีความสม่ำเสมอกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ 1 และ 2 ทั้งนี้ ค่า S.D. ที่ลดลงอาจสะท้อนถึงการกระจายตัวขององค์ประกอบภายในวัสดุที่สม่ำเสมอขึ้น ส่งผลให้รักษาระดับค่าการนำไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกันทั้งก่อน นอกจากนี้ แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า EC ยังสอดคล้องกับรายงานของ Carlile et al. (2015) ที่ระบุว่าขุยมะพร้าวมีเกลือและไอออนที่

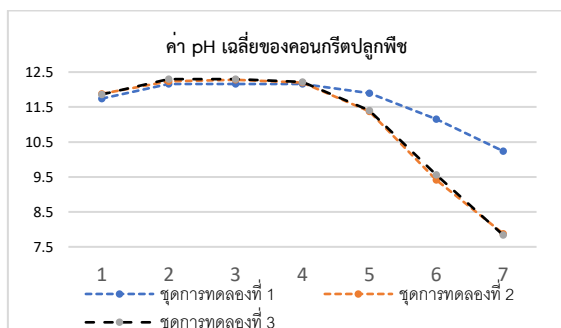
ละลายน้ำได้ตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่า EC ของวัสดุ



ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงค่า EC (mS/cm) ของวัสดุเพาะกล้า

3.5 ผลการศึกษาค่า pH ของคอนกรีตปลูกพืช

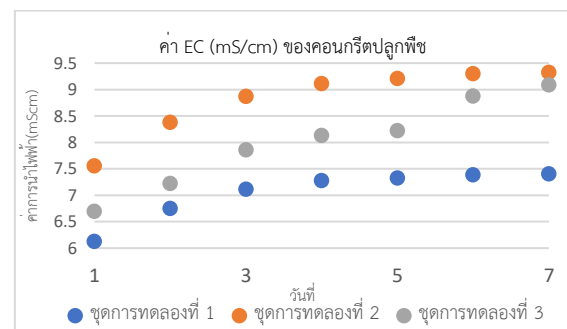
จากการทดลองพบว่า ค่า pH พบว่าคอนกรีตปลูกพืชใหม่มีความเป็นด่างสูงมากในช่วงแรก เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ซึ่งทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (Neville, 2011; Taylor, 1997) แต่เมื่อผ่านกระบวนการแช่น้ำ ค่าความเป็นด่างจะค่อยๆ ลดลง โดยชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการลดลงของค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในทะเลที่สุด (8.16) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 ที่ยังคงมีค่า pH สูงถึง 10.24 สาเหตุมาจากเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวมีสารประกอบพวกแทนนินซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ เมื่อแช่น้ำ สารเหล่านี้จะละลายออกมาช่วยสะท้อนความเป็นด่างของปูนซีเมนต์ (Mohan et al., 2006) และการแทรกตัวของเส้นใยช่วยให้สามารถซึมผ่านและชะล้างความเป็นด่างออกจากเนื้อคอนกรีตได้ทั่วถึงกว่า (Ali et al., 2012)



ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงค่า pH ของคอนกรีตปลูกพืช

3.1. ผลการทดสอบค่า EC ของคอนกรีตปลูกพืช

จากการทดลองพบว่า ค่า EC มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการแช่น้ำในทุกชุดการทดลอง ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการคาย $\text{Ca}(\text{OH})_2$ และไอออนต่างๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน รวมถึงสารละลายที่มีอยู่ในกะลามะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว (Neville, 2011; Taylor, 1997) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีค่า EC ต่ำที่สุด ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่า EC สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด ระบุได้ว่าการเติมเส้นใยมะพร้าวลงในคอนกรีตมีส่วนช่วยเพิ่มการปลดปล่อยประจุไฟฟ้า อาจเนื่องมาจากมีสารละลายในตัวเส้นใยที่ละลายน้ำได้ง่ายกว่ากะลามะพร้าวที่มีความแข็ง (Carlile et al., 2015)



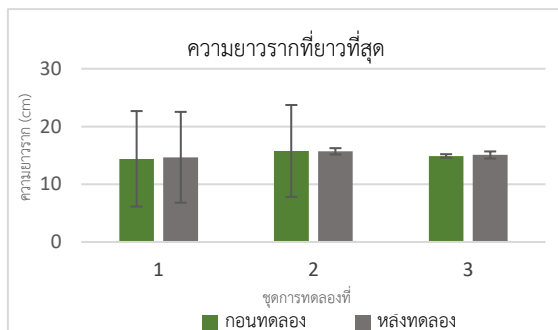
ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงค่า EC (mS/cm) ของคอนกรีตปลูกพืช

3.2. ผลการทดสอบการเจริญเติบโตของหญ้าคา

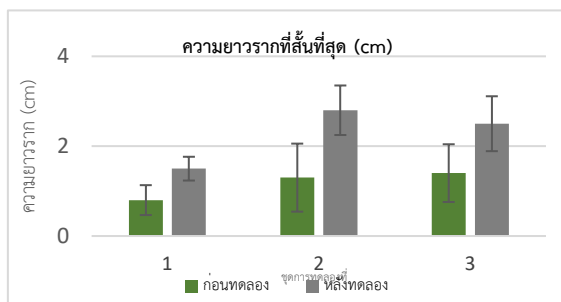
ทะเล

จากการทดลองพบว่า แม้ระยะเวลาการทดลอง 7 วัน เป็นเพียงเวลาที่ต้นหญ้าคาทะเลยังอยู่ในช่วงการปรับตัวหลังจากย้ายปลูก แต่เริ่มเห็นแนวโน้มเชิงบวกในความยาวราก โดยชุดการทดลองที่ 1 แม้จะมีความยาวรากสูงสุดในตอนเริ่มต้น แต่ไม่สามารถงอกขึ้นในคอนกรีตปลูกพืชได้ เนื่องจากคอนกรีตรูพรุนไม่ต่อเนื่องกัน ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 3 มีความยาวรากเพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 7.60 เซนติเมตร เป็น 15.07 เซนติเมตร เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวช่วยเชื่อมต่อโครงอากาศในคอนกรีต ทำให้รากสามารถงอกขึ้นไปได้ดีกว่าชุดอื่น สอดคล้องกับ Yanming Liu et al. (2024) ที่ระบุว่าโครงสร้างวัสดุที่มีความต่อเนื่องของรูพรุนจะเอื้อต่อการงอกขึ้นและแผ่ขยายของระบบรากพืช ในส่วนของความยาวรากสั้นสุด พบว่า

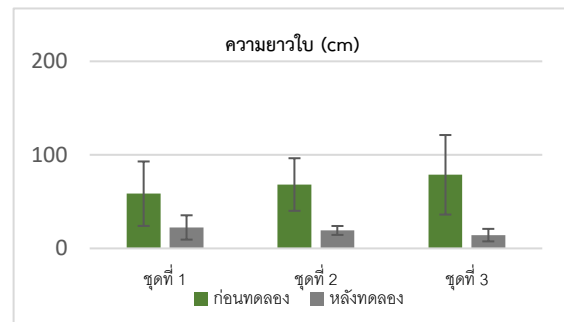
ชุดการทดลองที่ 2 มีการเพิ่มขึ้นชัดเจนที่สุด จาก 1.33 เซนติเมตร เป็น 3.33 เซนติเมตร แสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของรากฝอย เนื่องจากความหนาแน่นที่เหมาะสมของเส้นใยมะพร้าว ช่วยให้เนื้อวัสดุไม่โปร่งหรือร่วนซุยเกินไปจนสูญเสียความสามารถในการกักเก็บความชื้นและสารอาหารรอบๆ รากอ่อน สอดคล้องกับพฤติกรรมการอุ้มน้ำและการตอบสนองต่อความชื้นของวัสดุชีวภาพที่รายงานโดย Carlile et al. (2015) และจากการทดลองวัดความยาวใบพบว่าทุกชุดการทดลองมีความยาวใบเฉลี่ยลดลง เป็นกลไกการปรับตัวตามธรรมชาติของหญ้าทะเลจากการย้ายที่ปลูก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการย้ายที่ปลูกและการอนุบาลต้นอ่อนหญ้าทะเลของ Elena Balestri และ Claudio Lardicci (2012) ที่พบว่าต้นอ่อนหญ้าทะเลในระยะแรกของการย้ายปลูกจะมุ่งเน้นการพัฒนาและยืดเกาะของระบบรากมากกว่าการเจริญเติบโตของส่วนใบด้านบนเพื่อความอยู่รอดในสภาวะไหลเวียนของน้ำ



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิแสดงผลการเปรียบเทียบรากที่มี ความยาวมากที่สุดของหญ้าคาทะเล



ภาพที่ 3.6 แผนภูมิแสดงผลการเปรียบเทียบรากที่มี ความยาวน้อยที่สุดของหญ้าคา



ภาพที่ 3.7 แผนภูมิแสดงผลการเปรียบเทียบใบของหญ้า คาทะเล

3.3. ผลการทดลองวัดแรงดึงที่ต้นอ่อนหญ้าทะเลรับ ได้เมื่อปลูกบนคอนกรีตรูพรุน

จากการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีแรงยึดเกาะน้อย เนื่องจากช่องว่างจากกะลามะพร้าวมีลักษณะ ขาดความต่อเนื่อง ทำให้รากไม่สามารถชอนไชลงไปได้ ประกอบกับระยะเวลาการทดลองเพียง 7 วัน ทำให้ราก พืชยังไม่สามารถสร้างแรงเสียดทานกับผิววัสดุที่เรียบลื่น ของกะลามะพร้าวได้ทัน แต่เมื่อเติมเส้นใยมะพร้าวในชุด การทดลองที่ 2 และ 3 พบว่าเส้นใยเหล่านี้สร้างความ ต่อเนื่องของรูพรุนภายในก้อนคอนกรีต ส่งผลให้รากพืช สามารถชอนไชผ่านช่องว่างเหล่านี้เข้าไปยึดเกาะกับ โครงสร้างภายในได้จึงรับแรงดึงได้สูงกว่มาก (Li et al., 2018)

ตารางที่ 3.5 แรงดึงที่หญ้าคาทะเลรับได้ (N) เมื่อปลูกบน คอนกรีตรูพรุน

ชุดการทดลอง	A	B	C
ชุดที่ 1	100	100	0
ชุดที่ 2	40	0	100
ชุดที่ 3	140	40	100

4. สรุปผล

จากการทดลองสรุปได้ว่า วัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสม ที่สุดคือ สูตรอัตราส่วนกาบมะพร้าวต่อขุยมะพร้าว 1:4 มีความพรุนร้อยละ 1.43 ความหนาแน่นรวม 0.08 g/mL ค่า pH 6.53 และค่า EC 15.33 mS/cm สำหรับ คอนกรีตปลูกพืชที่เหมาะสมที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 3



เพราะเส้นใยมะพร้าวเข้าไปช่วยสร้างโครงสร้างรูพรุน
 เชื่อมต่อ ส่งผลให้รากหลักของไหลงไปยึดเกาะภายใน
 เนื้อวัสดุได้ลึก สามารถรับแรงด้านการดึงในแนวตั้งฉาก
 ได้ดีที่สุดที่ 93.33 N อีกทั้งสารประกอบกรดอ่อนในเส้น
 ใยยังช่วยสะท้อนความเป็นด่างจากการปฏิกิริยาไฮเดร
 ซันของปูนซีเมนต์ ทำให้ค่า pH ของน้ำลดลงสู่ระดับ
 8.16 ภายในระยะเวลา 7 วัน ซึ่งปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต
 ในทะเล

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีคณะผู้จัดทำ
 ขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆ และผู้ที่เกี่ยวข้อง
 โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ นางกนกรัตน์
 สิงห์น้อย ที่ให้คำแนะนำ ให้ความรู้และตรวจทานแก้ไข
 และการเขียนโครงการวิทยาศาสตร์ และทุกๆ ท่าน
 สนับสนุนการทำโครงการในครั้งนี้คุณประโยชน์อันเกิด
 จากโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

Asep Bayu Dani Nandiyanto, Alin Parlina Hotimah,
 Muhammad Naufal Daffa, Rahma Maulida,
 Risti Ragadhita, Shafwa Faza Nadhira, Sri
 Anggraeni. (2022). The effect of the
 addition of coconut fibers and coconut
 shells on the mechanical characteristics of
 porous concrete . Journ al of Engineering
 Science and Technology 17 (3), 1755-
 1763.

Elena Balestri ,Claudio Lardicci. (2012). Nursery-
 propagated plants from seed: a novel tool
 to improve the effectiveness and
 sustainability of seagrass restoration.
 Journal of Applied Ecology. 49 (6), 1426-
 1435

Farooq, A., Saleem, A., & Ahmad, R. (2017). Effect
 of Coconut Fibre on the Mechanical and
 Corrosion Properties of Reinforced

Concrete in Marine Environment. Journal
 of Steel Structures & Construction, 3(2),
 132.

Milica Stankovic, Naruemon Tantipisanuh, Anchana
 Prathep. (2018). Carbon storage in
 seagrass ecosystems along the Andaman
 coast of Thailand. Botanica Marina 61 (5),
 429-440.

Susan S Bell, Alexander Tewfik, Margaret O H a
 ll, Mark SFonseca . (2008) . Evaluation of
 Seagrass Planting and Monitoring
 Techniques: Implications for Assessing
 Restoration Success and Habitat
 Equivalency. Restoration Ecology 16 (3),
 407-416.

Wang, L., et al. (2022). Study on Alkali Reduction
 Treatments and Plant Growth Properties of
 Planting Concrete. Sustainability, 14(19),
 12228.

WR Carlile, Costantino Cattivello, Patrizia Zaccheo.
 (2015). Organic Growing Media:
 Constituents and Properties. Vadose Zone
 Journal 14 (6) , vj2014 . 09.0125.

Yanming Liu, Bin Wang, Zhuohao Qian, Jie Yu, Tao
 Shi, Yujian Fan, Yang Zhou, Yingjie Ning,
 Xiangming Zhou. (2024). State-of-the art
 on preparation, performance, and
 ecological applications of planting
 concrete. Case Studies in Construction
 Materials 20, e03131.