

การพัฒนาเทคนิควัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทย
(*Caulerpa lentillifera*) โดยการวัดพื้นที่ภาพถ่าย

Developmental Technique for Growth Rate Measurement of Macroalgae
(*Caulerpa lentillifera*) by Photographic Area Method

เบญจมาส จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล เบญจพร อุทัยศรี และ ชลธิ์ ไพบูลย์กิจกุล

Benjamas Chantapa Paibulkichakul Benjaporn Uthaisri and Chalee Paibulkichakul

คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดใหญ่ (*Caulerpa lentillifera*) ที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การชั่งน้ำหนักเปียก วัดความยาว และการวัดพื้นที่ภาพถ่าย จากสาหร่ายจำนวน 500 ตัวอย่าง นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการวัดการเจริญเติบโตต่าง ๆ ด้วยสมการวิเคราะห์ความถดถอย ผลการศึกษาพบว่า สมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างวิธีการชั่งน้ำหนักเปียกกับการวัดพื้นที่ภาพถ่ายเท่ากับ $y = 0.488911x + 0.091231$ ($R^2 = 0.9099$) สมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดความยาวกับการวัดพื้นที่ภาพถ่ายเท่ากับ $y = 15.9460x + 6.8446$ ($R^2 = 0.8273$) และสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการชั่งน้ำหนักเปียกกับความยาวเท่ากับ $y = 28.6909x + 11.7185$ ($R^2 = 0.7035$) สมการที่ได้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยการวัดพื้นที่จากภาพถ่ายได้

คำสำคัญ : วิธีวิเคราะห์พื้นที่ภาพถ่าย, การเจริญเติบโต, สาหร่ายขนาดใหญ่, สาหร่ายช่อพริกไทย

Abstract

This study was compared 3 techniques for growth measurement of *Caulerpa lentillifera* including wet weight measurement, length determination and photographic area methods. Five hundred datasets were used to determine relationship among method by regression analysis. The consequence demonstrated equation of regression analysis between wet weight measurement and photographic area methods was $y = 0.488911x + 0.091231$ ($R^2 = 0.9099$). Equation of regression analysis between length determination and photographic area methods was $y = 15.9460x + 6.8446$ ($R^2 = 0.8273$). Finally,

equation of regression analysis between wet weight measurement and length determination was $y = 28.6909x + 11.7185$ ($R^2 = 0.7035$). This study illustrated that photographic area method could apply for growth rate measurement of *Caulerpa lentillifera*.

Keywords: Photographic area method, Growth rate, Macroalgae, *Caulerpa lentillifera*

1. บทนำ

สาหร่ายจัดเป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศที่สำคัญเนื่องจากสามารถสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) และในกระบวนการดังกล่าวสามารถผลิตออกซิเจนและนำผู้สมมูลในระบบนิเวศแหล่งน้ำ สาหร่ายทะเล (Seaweed) มีประโยชน์มากมาย เช่น นำมาทำเป็นอาหารทั้งในรูปแบบของสาหร่ายแปรรูป การรับประทานสด ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นยารักษาโรค นำมาใช้เป็นวัตถุเติมในอุตสาหกรรม และ ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นต้น สาหร่ายข้อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) เป็นสาหร่ายที่มีผู้นิยมนำมาใช้ประโยชน์มากเนื่องจากการมีศักยภาพในเรื่องการเจริญเติบโตได้ดี อีกทั้งทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้จึงสนองต่อความต้องการข้างต้น

อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดต่อการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายข้อพริกไทยอยู่บางประการ คือ การติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายต้องใช้เวลามาก (โดยการชั่งน้ำหนักเปียก, การวัดความยาว) หรือทำลายตัวอย่างโดยการหาน้ำหนักแห้งหรืออาจทำให้สาหร่ายเกิดการบอบช้ำในระหว่างการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เป็นต้น ดังนั้นจึงได้นำวิธีการใหม่ที่ได้รับรับการยอมรับในการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินถึงการเจริญเติบโต หรือการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตต่างๆ นั่นคือ การวัดพื้นที่ภาพถ่าย มาใช้กับสาหร่ายข้อพริกไทย ดังตัวอย่างงานวิจัยเพื่อประเมินความหลากหลาย และความอุดมสมบูรณ์ของปะการัง [1 – 2] เพื่อศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล [3] และ ศึกษาโครงสร้างของสวนวนเกษตรเพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินเชิงวนเกษตร [4 – 5]

โปรแกรมอิมเมจ เจ (Image J) คือโปรแกรมในการวิเคราะห์ภาพถ่าย เป็นโปรแกรมรหัสเปิด (Open sources) หน่วยงานที่คิดค้นพัฒนาโปรแกรมนี้ขึ้นมาคือ National Institutes of Health (NIH) ประเทศฝรั่งเศส สามารถใช้ได้กับเครื่อง PC (Personal Computer) ตัวโปรแกรมสามารถทำงานได้โดยมีคำสั่ง Analyze, Process และคำสั่งอื่น ไฟล์ที่ตัวโปรแกรมอ่านได้ต้องบันทึกด้วยนามสกุลเหล่านี้คือ TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS และ Raw โปรแกรมนี้สามารถคำนวณ Fraction Area หรือสัดส่วนพื้นที่ และสามารถหาพื้นที่ในการวัดได้ เช่น ตารางมิลลิเมตร หรือ ค่าในหน่วย pixel ของรูปนั้น สามารถจัดทำค่าต่างๆในรูปสถิติได้ วัดระยะความยาวของเซลล์ วัดความหนาแน่นของรูปภาพแล้วแสดงใน

รูปแบบแผนภูมิแท่งหรือ Histograms และยังสนับสนุน Function ต่างๆ และตัว Plugin ในโปรแกรมได้อีกด้วย

สาหร่ายช่อพริกไทยจัดอยู่ในดิวิชัน Chlorophyta Order Caulerpales ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caulerpa lentillifera* เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะนิ่มและอวบน้ำ มักพบขึ้นอยู่บนก้อนหิน หรือพื้นทรายที่น้ำตื้นๆ ใกล้แนวปะการัง ทัลลัสประกอบด้วยสโตลอน (Stolon) ที่คืบคลานไปตามพื้นและแตกแขนงได้ ส่วนของแขนงที่ตั้งตรงสูงประมาณ 1 – 6 เซนติเมตร มักเกิดเดี่ยวๆ ไม่ค่อยแตกแขนงประกอบด้วยรามาูลัส (Ramulus) เล็กๆ ลักษณะ กลมๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร มีก้านสั้นๆ เรียงคล้ายช่อพริกไทย แต่รามาูลัสมีรอยคอดระหว่างก้าน และส่วนที่เป็นเม็ดกลมสีเขียวใส [6] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ก) ภาพถ่ายสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*)

ข) ภาพวาดสาหร่ายช่อพริกไทย

จากตัวอย่างงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันได้มีการพัฒนาคิดค้นวิธีการใหม่ ที่จะประเมินติดตามการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต หรือเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ ต่อช่วงเวลา หรือต่อพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำเทคนิคดังกล่าว คือ การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลแล้วนำมาคำนวณพื้นที่ของภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (Image J) มาใช้กับสาหร่ายสีเขียว *Caulerpa lentillifera* โดยศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเปียก ความยาวและพื้นที่ภาพถ่ายของสาหร่าย ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการติดตามอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดใหญ่ ทั้งยังสะดวก ประหยัดเวลา และไม่ทำให้สาหร่ายได้รับความบอบช้ำหรือตายจากการติดตามการเจริญเติบโต

2. วิธีการวิจัย

2.1 การรวบรวมพันธุ์สาหร่ายและการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

ในการศึกษานี้ได้รวบรวมพันธุ์สาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) มาจากสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา แล้วนำมาเลี้ยงไว้ที่ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัย

บูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ด้วยถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1000 ลิตร เลี้ยงสาหร่ายในตะกร้าพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 19 X 24 X 6 เซนติเมตร จำนวน 5 ใบต่อถัง ให้ตะกร้าพลาสติกอยู่ต่ำจากระดับผิวน้ำประมาณ 2 เซนติเมตร ความเค็มน้ำ 30 พีพีที ให้อากาศผ่านหัวทรายตลอดเวลาและติดตั้งตัวกรองอย่างง่าย เติมน้ำสูตร N:P:K (20:20:20) ในอัตราส่วน 15 กรัม/ 1000 ลิตร โดยเติมเดือนละ 1 ครั้ง สถานที่เลี้ยงสาหร่ายมีหลังคาโปร่งแสงมีความเข้มแสงอยู่ในช่วง 4,000 – 6,000 ลักซ์ ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) ระยะเวลาการเลี้ยงต้นพันธุ์สาหร่ายประมาณ 6 เดือน

2.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย

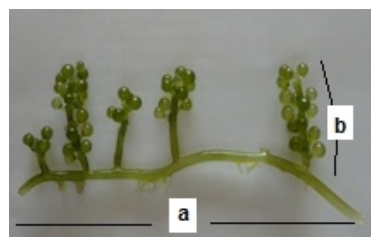
ศึกษาการเจริญเติบโตของ ทำโดยเปรียบเทียบ 3 วิธีการซึ่งแต่ละวิธีใช้ใช้ต้นพันธุ์ในการทดลองทั้งหมด 500 ต้นพันธุ์ โดยหนึ่งต้นพันธุ์จะใช้ทั้งสามวิธีเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ได้แก่ 1) การชั่งน้ำหนักเปียกด้วยตาชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง 2) การวัดความยาว และ 3) การวัดพื้นที่ภาพถ่ายโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล ทำการปรับมาตรฐานระยะภาพจริงกับขนาดภาพในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเปรียบเทียบกับภาพถ่าย Microscale นำภาพสาหร่ายที่ถ่ายไว้ไปคำนวณหาสัดส่วนพื้นที่ของเซลล์สาหร่ายต่อพื้นที่ทั้งหมดด้วยโปรแกรม Image J

2.2.1 วิธีการวิเคราะห์น้ำหนักเปียก

นำตัวอย่างสาหร่ายมาสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเปียก ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้

2.2.2 วิธีการวัดความยาว

ทำการวัดความยาวทั้งหมดของกิ่งสาหร่าย คือทั้งส่วน a และ b ดังรูปที่ 2 แล้วบันทึกค่าที่ได้



รูปที่ 2. ระยะการวัดความยาวรวมทั้งหมดของสาหร่าย ทั้งช่วง a และช่วง b

2.2.3 วิธีการถ่ายภาพ

นำตัวอย่างสาหร่ายช่อพริกไทย 1 ชิ้น มาวางบนพื้นที่ที่ทำด้วยฟิวเจอร์บอร์ดสีขาวที่ทำสเกลไว้ในหน่วยเซนติเมตร กว้าง และยาวเท่ากับ 15 x 20 เซนติเมตร และทำการถ่ายภาพให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด โดยไม่ต้องควบคุมสภาวะแสง ระยะโฟกัส และความลึกของภาพ แต่พยายามถ่ายภาพให้สีของภาพสาหร่ายมีความแตกต่างจากสีของพื้นหลังมากที่สุด นำภาพถ่ายที่ได้เข้าในโปรแกรม Image J ทำการคำนวณสัดส่วนพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมดโดยการปรับ threshold ของภาพให้ครอบคลุมพื้นที่ผิวของสาหร่ายทั้งหมดแล้วให้โปรแกรม Image J ทำการคำนวณพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. การถ่ายภาพตัวอย่างสาหร่ายโดยขนาดของทุกภาพจะครอบคลุมพื้นที่ฟิวเจอร์บอร์ด

2.3 การประมวลผลการวิจัย

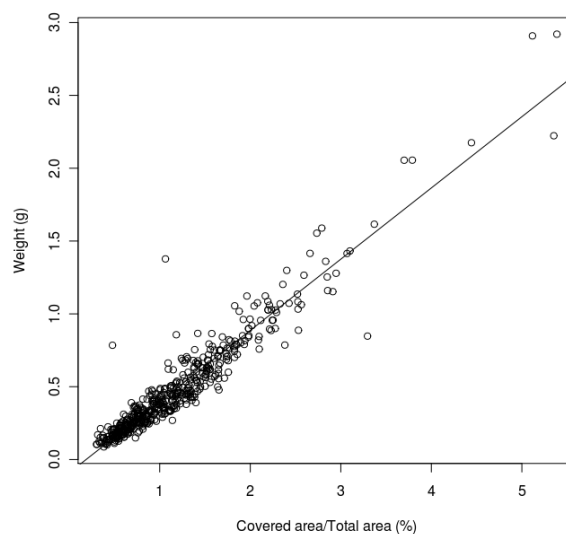
หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการวัดเจริญเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทยด้วยวิธีการวัดพื้นที่ภาพถ่ายกับน้ำหนักเปียก และวัดความยาวด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย (Regression analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยโดยโปรแกรม R ตามวิธีของ [7]

3. ผลการวิจัย

3.1 การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C. lentillifera* ด้วยการชั่งน้ำหนักเปียกและวัดพื้นที่ภาพถ่าย

ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเปียกของสาหร่ายและการวัดพื้นที่ภาพถ่าย ดังรูปที่ 4 โดยค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมดแสดงในแนวแกน X กับน้ำหนักเปียกแสดงในแนวแกน Y การวัดการเจริญเติบโตทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์ใน

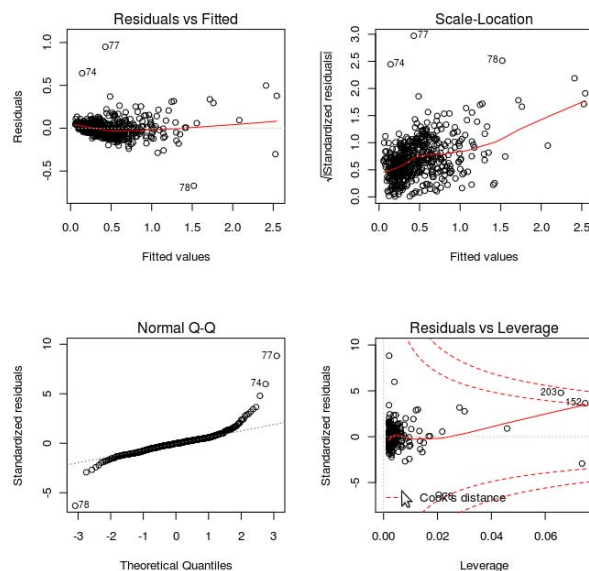
ทางบวก ค่าทั้งสองแปรผันตรงต่อกัน และสมการวิเคราะห์ความถดถอยเท่ากับ $y = 0.488911x + 0.091231$ ($R^2 = 0.9099$, $n = 500$) การวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเปียกและการวัดพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าสมการที่คำนวณได้เป็นตัวแทนของข้อมูลที่คิดรูปที่ 5



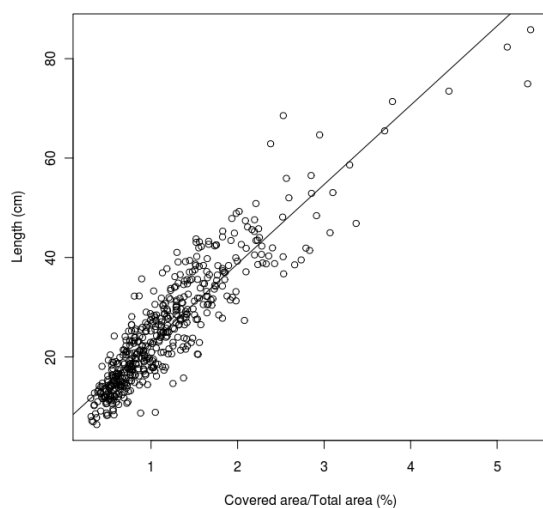
รูปที่ 4. ความสัมพันธ์ของการวัดอัตราการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ระหว่างการชั่งน้ำหนักเปียกของสาหร่าย และการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด

3.2 การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C. lentillifera* ด้วยการวัดความยาวรวมและวัดพื้นที่ภาพถ่าย

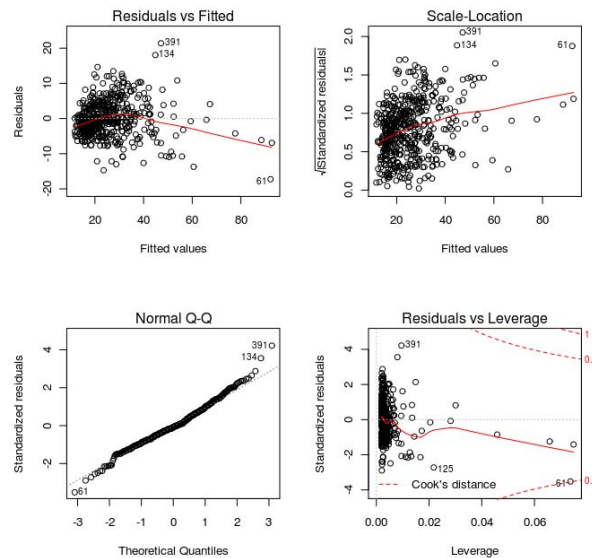
ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการวัดความยาวรวมและการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด ดังรูปที่ 6 โดยค่าการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมดแสดงในแนวแกน X กับความยาวรวมของสาหร่ายแสดงในแนวแกน Y การวัดการเจริญเติบโตทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์ในทางบวก ค่าทั้งสองแปรผันตรงต่อกัน และสมการวิเคราะห์ความถดถอยเท่ากับ $y = 15.9460x + 6.8446$ ($R^2 = 0.8273$, $n = 500$) การวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการวัดความยาวรวมของสาหร่ายและการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าสมการความสัมพันธ์ที่คำนวณได้เป็นตัวแทนของข้อมูลที่คิดในช่วงที่ความยาวรวมของสาหร่ายไม่มากดังรูปที่ 7



รูปที่ 5. การวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเปียกและค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด



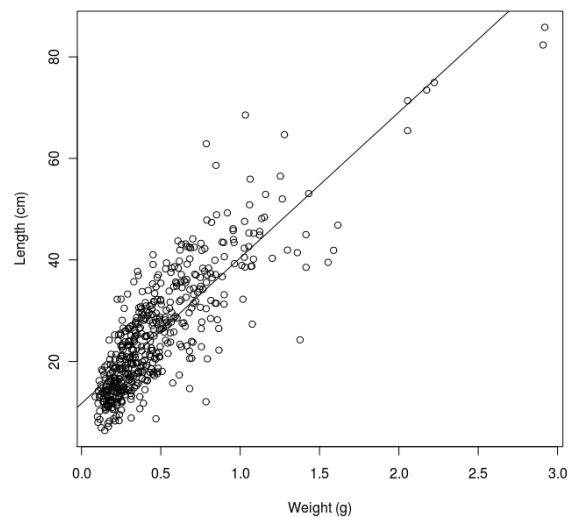
รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ของการวัดอัตราการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ระหว่างการวัดความยาวรวมของสาหร่ายและการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด



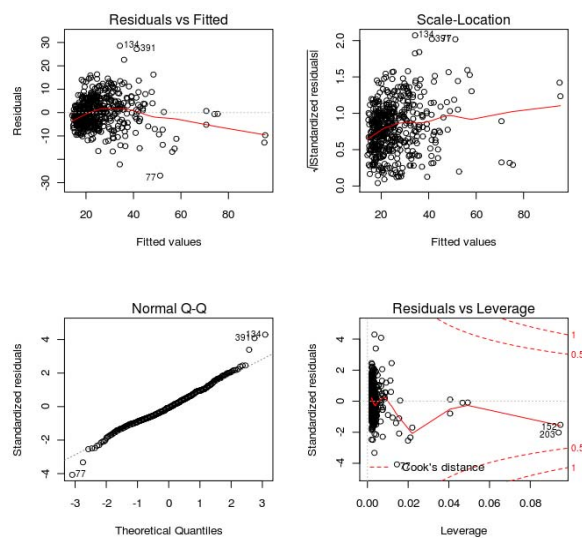
รูปที่ 7. การวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดการเจริญเติบโตด้วยวิธีการวัดความยาวรวมของสาหร่ายและการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด

3.3 การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C. lentillifera* ด้วยการชั่งน้ำหนักเปียกและวัดความยาว

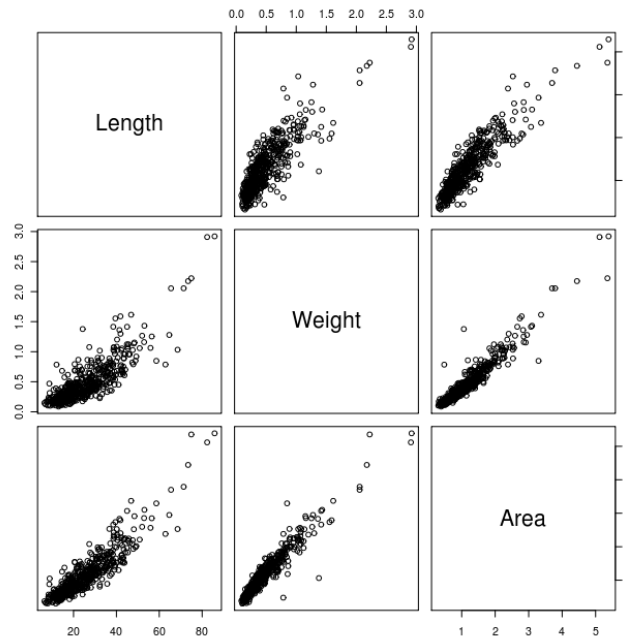
ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเปียกของสาหร่ายและวัดความยาวรวมของสาหร่ายดังรูปที่ 8 โดยค่าน้ำหนักเปียกของสาหร่ายแสดงในแนวแกน X กับค่าความยาวของสาหร่ายแสดงในแนวแกน Y การวัดการเจริญเติบโตทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์ในทางบวก ค่าทั้งสองแปรผันตรงต่อกัน และสมการวิเคราะห์ความถดถอยเท่ากับ $y = 28.6909x + 11.7185$ ($R^2 = 0.7035$, $n = 500$) การวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเปียกของสาหร่ายและวัดความยาวรวมของสาหร่ายแสดงดังรูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการวัดการเจริญเติบโตทั้ง 3 วิธีแสดงให้เห็นว่าการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้ง 3 วิธีมีความสอดคล้องกันดังรูปที่ 10



รูปที่ 8. ความสัมพันธ์ของการวัดอัตราการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ระหว่างการชั่งน้ำหนักเปียกของสาหร่ายและ การวัดความยาวรวมของสาหร่าย



รูปที่ 9 การวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเปียก และการวัดความยาวรวม



รูปที่ 10. ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ทั้ง 3 วิธีคือ การชั่งน้ำหนักเปียก (wet weight), การวัดความยาวรวม (length) และการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด (area)

4. วิจัยและสรุปผลการทดลอง

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ซึ่งใช้เทคนิคการถ่ายภาพในการเก็บข้อมูลและตรวจสอบการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต [2 – 4, 8 - 9] การนำเทคนิคภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้กับการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น สาหร่ายข้อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการเก็บตัวอย่างจำนวนมาก เทคนิคนี้สามารถช่วยให้การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลสามารถทำได้ง่ายขึ้น ยึดระยะเวลาการเก็บข้อมูล โดยที่ข้อมูลยังคงอยู่ในสภาพเดิมที่มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ ยังช่วยประหยัดเวลา และลดค่าใช้จ่ายในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล แต่การใช้เทคนิคการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายข้อพริกไทยโดยใช้การวัดพื้นที่ที่ภาพถ่ายจำเป็นต้องมีข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดการเจริญเติบโตโดยวิธีวัดพื้นที่ที่ภาพถ่ายกับการวัดการเจริญเติบโตด้วยวิธีอื่น

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายข้อพริกไทยด้วยวิธีการวัดพื้นที่ที่จากภาพถ่าย โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานคือ การชั่งน้ำหนักเปียก และการวัดความยาว พบว่าวิธีการวัดพื้นที่ที่

ภาพถ่ายมีความสัมพันธ์กับวิธีการวัดการเจริญเติบโตที่ได้รับการยอมรับ ซึ่งแสดงให้เห็นโดยความสัมพันธ์ของการวัดการเจริญเติบโตด้วยวิธีวัดพื้นที่ภาพถ่ายกับการวัดการเจริญเติบโตด้วยวิธีอื่นพบว่าข้อมูลมีการกระจายในเชิงเส้นตรง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณถึง 500 ข้อมูล

การใช้เทคนิคการถ่ายภาพสามารถนำมาใช้ในการนับจำนวนและวัดการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เทคนิคการถ่ายภาพเพื่อวัดการเจริญเติบโตจะช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ ประหยัดค่าใช้จ่าย และยังช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเก็บข้อมูล ซึ่ง [10] ได้ทำการศึกษานับจำนวนลูกปลา *Dicentrarchus labrax* ด้วยวิธีการถ่ายภาพโดยเปรียบเทียบกับวิธีการชั่งน้ำหนักและการนับด้วยมือ พบว่ามีความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าการชั่งน้ำหนักและการนับด้วยมือ อีกทั้งงานวิจัยของ [11] ศึกษาความหลากหลายของปะการังด้วย 2 วิธีการในอุทยานแห่งชาติหาดขนอม-หมู่เกาะทะเลใต้ โดยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลได้นำภาพถ่ายปะการังและนำเข้าประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการดำน้ำแบบผิวน้ำ (Snorkel diving) โดยมีเทคนิคศึกษาความหลากหลาย 2 วิธีการดังนี้ 1) การถ่ายภาพใต้น้ำแบบสุ่ม (Random photograph technique) ซึ่งไม่มี ควบคุมทิศทางและไม่มีการอ้างอิงสเกล และ 2) การถ่ายภาพใต้น้ำแบบสุ่มที่มีมีควบคุมทิศทางกว้าง X ยาว เท่ากับ 50 X 50 เซนติเมตร และมีการอ้างอิงสเกลด้วย ภาพถ่ายที่ได้จะถูกนำไปจัดจำแนกชนิดของปะการัง และคำนวณค่าความหลากหลายโดยใช้ดัชนี Shannon-Wiener index และ Simpson index ผลการศึกษาพบว่า ค่าความหลากหลายของปะการังโดยวิธีการศึกษาด้วยภาพถ่ายนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และยังพบว่าในอุทยานนี้มีความหลากหลายของปะการังอยู่สูง

โดยภาพรวมสามารถสรุปได้ว่าการวัดพื้นที่ที่ภาพถ่ายสามารถประยุกต์ใช้วัดการเจริญเติบโตของ *C. lentillifera* ได้ สมการวิเคราะห์ความถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ของการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C. lentillifera* ระหว่างการน้ำหนักเปียก ความยาวรวม กับการวัดพื้นที่ที่ภาพถ่ายแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. สมการความสัมพันธ์ของการชั่งน้ำหนักเปียก, การวัดความยาวรวม และการวัดค่าพื้นที่ที่สาหร่ายครอบคลุมต่อพื้นที่ทั้งหมด

พารามิเตอร์	สมการวิเคราะห์ความถดถอย	R ²
Wet weight-photographic area method	$y = 0.488911x + 0.091231$	0.9099
Total length-photographic area method	$y = 15.9460x + 6.8446$	0.8273
Wet weight - total length method	$y = 28.6909x + 11.7185$	0.7035

ในการศึกษาครั้งนี้เทคนิคที่ใช้ในการวัดการเจริญเติบโตคือ การถ่ายภาพครอบคลุมในเชิง 2 มิติ (กว้าง X ยาว) งานวิจัยที่กำลังพัฒนาในขณะนี้คือ การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วยวิธีการวัดพื้นที่ภาพถ่ายในเชิง 3 มิติ และการถ่ายภาพสาหร่ายได้น้ำเพื่อประเมินการเจริญเติบโต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ที่อนุเคราะห์พันธุ์สาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) เพื่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Yaiprasert, C., Jaroensutasinee, K. and Jaroensutasinee, M., 2007. Coral Biodiversity at Khanom - Mu Koh Tale Tai Marine National Park. Annual Conferences, Abstracts: Research and Thesis. 11th BRT, Udonthani.
- [2] Dumas, P., Bertaud, A., Peignon, C., Leopold, M. and Pelletier, D., 2009. A quick and clean photographic method for the description of coral reef habitats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 368, 161-168.
- [3] Ninio, R., Delean, S., Osborne, K., Sweatman, H., 2003. Estimating cover of benthic organisms from underwater video images: variability associated with multiple observers. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 265, 107 – 116.
- [4] Zehm, A., Nobis, M. and Schwabe, A., 2003. Multiparameter analysis of vertical vegetation structure based on digital image processing. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 198, 142 - 160.
- [5] มณฑล จำเริญพุกภัย และ อภิสิทธิ์ เสนาวงศ์, 2548. การประยุกต์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบและพื้นที่หน้าตัดของสวนไม้ตัวอย่างเพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินเชิงวนเกษตร. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
Monton Jamroenprucksa and Apisith Senawong, 2005. Application of Leaf Area Index (LAI) and Basal Area (BA) Relationship of the Sample Platation for Agroforestry – based Landuse Planning. The Proceeding of 43rd Kasetsart University Annual Conference, Bangkok. (in Thai)]

- [6] Lewmanomont, K. and Ogawa, H., 1995. Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand. Faculty of Fisheries, Kasetsart University. Integrate Promotion Technology Co., Ltd. Bangkok.
- [7] Crawley, M. J., 2005. Statistics an Introduction Using R. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex.
- [8] Igathinathane, C., Pordesimo, L.O. and Batchelor, W.D., 2009. Major orthogonal dimensions measurement of food grains by machine vision using Image J. *Food Research International*, 42, 76 – 84.
- [9] Shinn, E.A., 2006. Coral reef recovery in Florida and the Persian Gulf. *Environmental Geology*, 1, 241 - 254.
- [10] Chatain, B., Debas, L. and Bourdillon, A., 1996. A photographic larval fish counting technique: comparison with other methods, statistical appraisal of the procedure and practical use. *Aquaculture*, 141, 83 - 96.