

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับในการประเมินสุขภาพ
ของป่าแสมบริเวณอ่าวไทยตอนบนHealth assessment of *Avicennia* spp. forest through an Unmanned
Aerial Vehicle located at the Upper Gulf of Thailandปรีชัม ภูมิรัตน์¹Peeruch Poommirat¹อริษฐ์ เล้งทัน¹Athit Sengtan¹พศิน มาประสพ^{2,3}Pasin Maprasop^{2,3}นฤดล ลิมปณสิทธิชัย²Naludol Limpanasittichai²ออ พรานไชย^{1,3*}Aor Pranchai^{1,3*}¹ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

² กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

Department of Marine and Coastal Resources, Lak Si, Bangkok 10210, Thailand

³ หน่วยวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านวนวัฒนวิทยาป่าชายเลน คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Special Research Unit for Mangrove Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author, Email: fforaor@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 27 เมษายน 2564

รับแก้ไข 21 มิถุนายน 2564

รับลงพิมพ์ 29 มิถุนายน 2564

ABSTRACT

The health of trees requires a visual assessment of symptoms or more elaborate measurements of chlorophyll fluorescence and the spectral reflectance of foliage. A lack of reliable and feasible health indicators severely limits the current ability to assess the vitality of mangrove trees. In this study, the crown recovery of *Avicennia* spp. was monitored after a severe insect defoliation event in December 2017 using UAV-based surveys. The objective was to identify the reliable indicators of a tree's health status that can be assessed from the ground.

Two aerial surveys were conducted in the Mahachai mangrove forest (Samut Sakhon), in January 2018 and April 2019, respectively. In addition, a ground-based survey of health symptoms, specifically the presence of stem wounds, fungal fruiting bodies, and signs of woodborers, was conducted in 28 sample plots (20 m × 20 m) which were distributed along five line transects. Aerial images were used to delineate and calculate the area of crown defoliation (gaps) in each

plot. The relationships between the presence of certain health issues and the recovery of defoliated crowns, within each plot, were analyzed using an ordinary least squares (OLS) model.

The results showed that the *Avicennia* trees were able to recover rapidly after an initial defoliation, indicating a high resilience to such disturbances. However, only stem wounds should be used as vitality indicators as their presence was associated with a significant reduction in crown recovery, whereas the association with the presence of wood borers and fungal fruiting bodies was insignificant. In conclusion, the monitoring of mangrove health should not only rely on a visual ground-based assessment but should be accompanied by aerial surveys which can provide more reliable vitality indicators.

Keywords: Mangrove health, Drone, Tree crown, Urban forest, *Hyblaea puera*

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางสุขภาพต้นไม้โดยทั่วไปทำได้ด้วยการประเมินอาการทางสายตาหรือวัดค่า Chlorophyll Fluorescence การขาดตัวบ่งชี้ลักษณะทางสุขภาพต้นไม้ที่นำไปใช้ได้และน่าเชื่อถือ ทำให้เกิดข้อจำกัดในการประเมินสุขภาพต้นไม้ป่าชายเลน การศึกษานี้ ติดตามการฟื้นตัวของเรือนยอดไม้แสม (*Avicennia* spp.) หลังจากการระบาดของหนอนแมลงกินใบในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 โดยสำรวจภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ วัดอุณหภูมิเพื่อศึกษาตัวชี้วัดที่เป็นไปได้ในการบ่งชี้ลักษณะทางสุขภาพต้นไม้ป่าชายเลนจากการประเมินภาคพื้นดิน

วิธีการโดยสำรวจทางอากาศในพื้นที่ศึกษา จำนวน 2 ครั้ง ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 และเมษายน พ.ศ. 2562 สำรวจลักษณะทางสุขภาพของต้นไม้ภาคพื้นดิน สังเกตอาการที่ปรากฏบาดแผลบริเวณลำต้น เชื้อราปรากฏเป็นดอกเห็ด และร่องรอยหนอนเจาะ เก็บข้อมูลภาคพื้นดินภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 x 20 ม.² ใช้ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อคำนวณช่องว่างระหว่างเรือนยอด และใช้วิธี Ordinary Least Squares เพื่อหาความสัมพันธ์ของการปรากฏปัญหาทางสุขภาพกับการฟื้นตัวของช่องว่างระหว่างเรือนยอด

ผลการศึกษาพบว่าเรือนยอดของไม้แสมสามารถฟื้นตัวอย่างรวดเร็วหลังจากถูกแมลงทำลาย ซึ่งเห็นว่าไม้แสมมีความยืดหยุ่นสูงต่อการระบาด อย่างไรก็ตาม ในการประเมินสุขภาพของต้นไม้ป่าชายเลนอาจใช้ลักษณะของลำต้นที่พบบาดแผลเป็นตัวบ่งชี้ได้ เนื่องจากการปรากฏอาการสัมพันธ์กับการฟื้นตัวของเรือนยอดอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่า สุขภาพต้นไม้ป่าชายเลนไม่สามารถประเมินด้วยสายตาจากภาคพื้นดินเพียงอย่างเดียว ควรมีการสำรวจทางอากาศที่ได้ภาพความละเอียดสูง จึงสามารถให้ดัชนีชี้วัดที่มีความน่าเชื่อถือ

คำสำคัญ: สุขภาพต้นไม้ อากาศยานไร้คนขับ เรือนยอด ป่าแสม หนอนผีเสื้อกินใบสัก

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นป่าที่ให้บริการด้านระบบนิเวศที่สำคัญสำหรับชุมชนชายฝั่งทั่วประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าชายเลนที่อยู่ในบริเวณเขตเมืองซึ่งช่วยในเรื่องการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง บำบัดน้ำเสียก่อนลงสู่ทะเล รวมไปถึงการท่องเที่ยวเชิงนิเวศซึ่งป่าชายเลนเป็นหนึ่งในระบบนิเวศที่มีโอกาสสูญหายไปจากโลกใบนี้ เห็นได้จากอัตราการทำลายป่าชายเลนที่สูงและต่อเนื่อง ป่าชายเลนที่เหลืออยู่มีสภาพเป็นผืนเล็กๆ กระจายตัวกันอยู่ห่างกัน (Tran and Fischer, 2017) นอกจากนี้ คุณภาพน้ำในป่าชายเลนก็อยู่ในระดับต่ำเนื่องจากเป็นพื้นที่รับน้ำเสียจากภาคการเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ น้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม น้ำเสียจากชุมชนและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานบริเวณชายฝั่ง (Lewis *et al.*, 2011) โลหะหนัก (Yim and Tam, 1999) รวมไปถึงการรั่วไหลของน้ำมัน (Lewis and Pryor, 2013) ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการเติบโตและสุขภาพของต้นไม้ป่าชายเลนโดยตรง (Lewis *et al.*, 2016) ป่าชายเลนสามารถคงอยู่ได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่วิกฤตมานานหลายสิบปีโดยไม่แสดงอาการหรือตายลง (Lovelock *et al.*, 2015) แต่หากถึงจุดที่ต้นไม้ป่าชายเลนแสดงอาการตายตั้งแต่เรือนยอดลงมาแล้วจะไม่สามารถแก้ไขอะไรได้และแน่นอนว่าจะสูญเสียต้นไม้ป่าชายเลนต้นนั้นไป (Eslami-Andersgol *et al.*, 2015) ดังนั้น ในการตรวจพบตั้งแต่เริ่มต้นว่าต้นไม้ป่าชายเลนมีสุขภาพเป็นอย่างไรจะช่วยให้การรักษาต้นไม้นั้นเป็นไปได้อย่างทันท่วงที ซึ่งถือเป็นการป้องกันการสูญเสียป่าชายเลน

ไม้แสม เป็นไม้เบิกนำที่สามารถขึ้นและเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีสภาวะเครียดทางปัจจัยสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ไม้แสมมีความสามารถในการปรับตัว

อย่างมาก แต่อย่างไรก็ตาม ไม้แสมที่ขึ้นอยู่บริเวณอ่าวไทยตอนบนก็มีสถานะทางสุขภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ดีนัก ดังนั้น การติดตามตรวจสอบสถานะทางสุขภาพของไม้แสมบริเวณนี้จึงมีความสำคัญ ซึ่งสุขภาพของต้นไม้ส่งผลกระทบต่อเกิดการเติบโตของเรือนยอด จึงสามารถประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเรือนยอด ไม้แสมมักได้รับผลกระทบจากการระบาดของหนอนผีเสื้อกินใบสัก (*Hyblaea pueria*) ในป่าชายเลนทั่วทั้งโลกมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่เป็นการรายงานการระบาดที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่เท่านั้น (Piyakarnchana, 1981; Biswas *et al.*, 2017) ประเทศที่พบการระบาดของหนอนชนิดนี้ในบริเวณป่าชายเลนคือ ประเทศไทย (Piyakarnchana, 1981) อินเดีย (Arun and Mahajan, 2012; Biswas *et al.*, 2017) และบราซิล (Mehlig and Menezes, 2005; Fernandes *et al.*, 2009) โดยทั่วไปการระบาดของหนอนชนิดนี้ในบริเวณป่าชายเลนทั่วโลกมักเกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูฝน (Mehlig and Menezes, 2005) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางภูมิอากาศมีผลต่อการระบาดของหนอนชนิดนี้ ในประเทศไทยพบการระบาดบริเวณป่าชายเลนอ่าวไทยตอนบนตั้งแต่ปากแม่น้ำท่าจีนจนถึงปากแม่น้ำบางปะกง ในช่วงเดือนตุลาคมของทุกปี โดยหนอนจะกินใบแสม (*Avicennia* spp.) และใช้ใบแสมบางส่วนในการม้วนใบเพื่อเป็นที่พักตัวในระยะดักแด้ ใบแสมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งต้น หลังจากนั้นราวเดือนธันวาคมจนถึงเดือนมกราคมต้นแสมจะผลิใบใหม่ จากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณใบ พื้นที่ผิวใบ และสีของใบแสมบริเวณป่าชายเลน ทำให้สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของเรือนยอดได้จากภาพถ่ายทางอากาศ

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสุขภาพของพรรณไม้ป่าชายเลนต่อการฟื้นตัวของเรือนยอดภายหลังจาก

การระบาดของแมลงกินใบแสม ด้วยการสำรวจภาคพื้นดินด้วยการวางแปลงตัวอย่างและทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับหลังจากมีการระบาดของหนอนผีเสื้อกินใบสักในปี พ.ศ. 2560 และหลังจากนั้นอีก 1 ปี 6 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษามีสถานะเป็น ป่าชายเลนธรรมชาติที่มีการบริหารจัดการโดยการปลูกเสริมตามแนวทางเดินศึกษาธรรมชาติของศูนย์วิจัยและถ่ายทอด

เทคโนโลยีทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดสมุทรสาคร พื้นที่ตั้งอยู่ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าพันท้ายนรสิงห์ ตำบลโคกขาม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร (Figure 1) มีเนื้อที่ประมาณ 500 ไร่ พรรณไม้เด่นคือ แสมทะเลและแสมขาว และ บริเวณนี้มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล สูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 1.00 - 2.00 ม. ระหว่างปี พ.ศ. 2561 - 2562 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,300 มม.ต่อปี ไม้แสมในบริเวณนี้ได้รับผลกระทบจากการระบาดของหนอนแมลงกินใบในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2560



Figure 1 Study area at the Ao Mahachai Mangrove Forest Natural Education Center.

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลภาคพื้นดินและทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับในแนวสำรวจจำนวน 5 แนว แต่ละแนวห่างกัน 60 ม. ในแต่ละแนววางแปลงขนาด 20×20 ม.² แต่ละแปลงห่างกัน 40 ม. (Figure 2) ในแต่ละแปลงสำรวจลักษณะทางสุขภาพของพรรณไม้ ป่าชายเลนทางภาคพื้นดินโดยการประเมินรอยแผล บริเวณลำต้น ร่องรอยหนอนเจาะลำต้น และเห็ดรา (Figure 3) สำรวจทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ขนาดกลางสีไบพัด ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4-Pro

บินถ่ายภาพในแนวเส้นตรงให้แกนกล้องอยู่ในแนวตั้ง บินสูงจากพื้นดิน 90 ม. (Figure 4A) กำหนดให้ภาพมีการซ้อนทับด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้าง ร้อยละ 80 (Figure 4B) ความละเอียดของภาพ 2.5 ซม.ต่อพิกเซล เก็บข้อมูลสองครั้ง เนื่องจากหอนกบินใบแสม ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2560 จึงทำการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศในเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 หลังจากการระบาดของสิ้นสุด และในเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2562 ซึ่งระยะเวลาบันทึกภาพห่างจากภาพแรก 15 เดือน

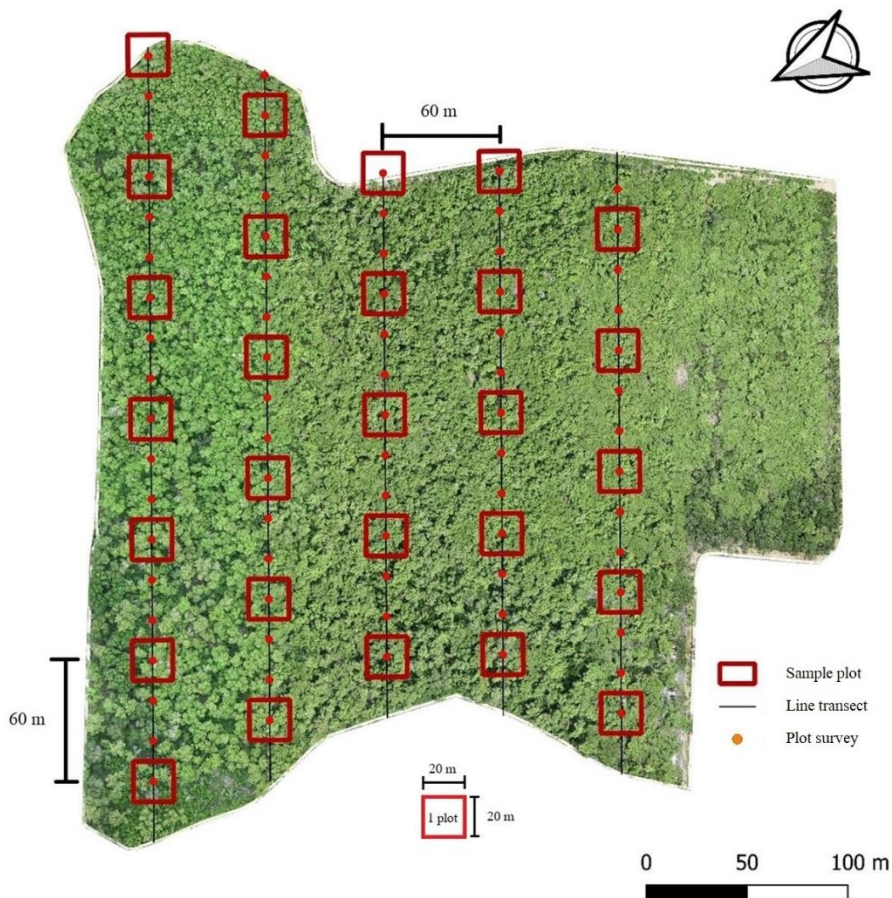


Figure 2 Five line transects distributed systematically at 60-m intervals. Sample plots (20×20 m²) established every 40 m. (April 2019)



Figure 3 Selected symptoms of health issues observed in the *Avicennia* spp. trees.

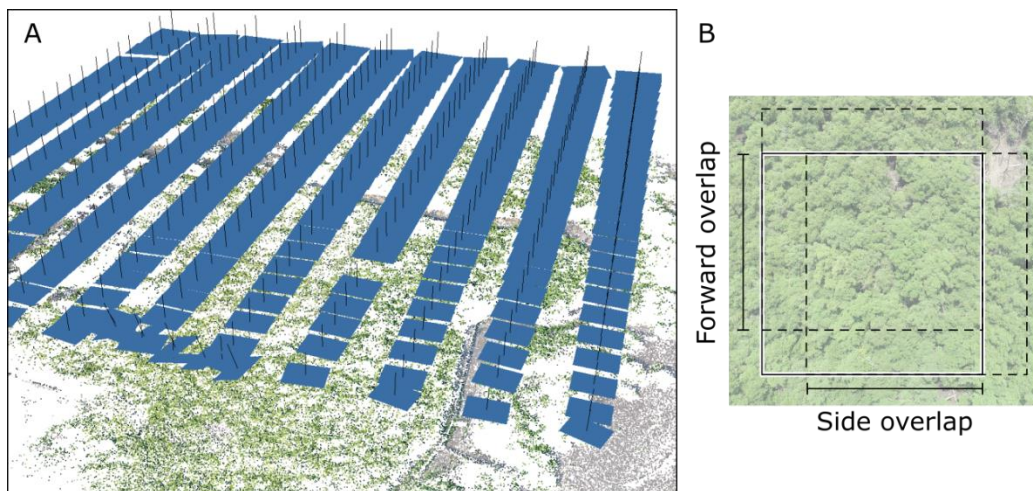


Figure 4 Camera locations over the study area (A). A side and forward overlap between aerial images of 80% (B).

การวิเคราะห์ภาพถ่าย

ประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม Agisoft Photoscan จำแนกขนาดและการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดในแปลงตัวอย่างด้วยมือโดยใช้โปรแกรม QGIS

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการเปรียบเทียบร้อยละของการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดในแปลงตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของสุขภาพของต้นไม้ และวิเคราะห์การฟื้นตัว

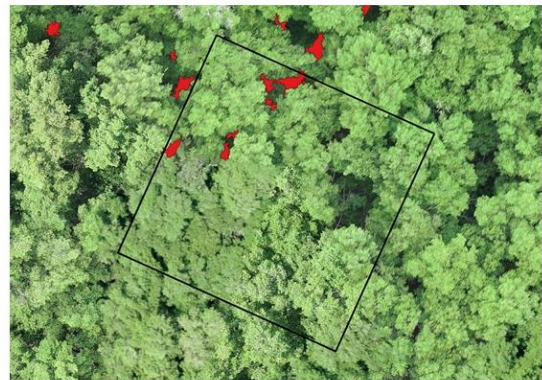
ของเรือนยอดโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของขนาดของช่องว่างระหว่างเรือนยอดสัมพันธ์กับลักษณะทางสุขภาพของต้นไม้ในแปลงศึกษาโดยสมการถดถอยเส้นตรง (linear regression model) กำหนดให้ตัวแปรอิสระ คือ ตำแหน่งของต้นไม้ในแปลง (latitude, longitude), ร้อยละความหนาแน่นของต้นไม้ในแปลง (relative number of *Avicennia* spp.), ร้อยละการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดในปี พ.ศ. 2561 (gap fraction in 2018), ลักษณะทางสุขภาพของต้นไม้ (health problem) ได้แก่ รอยแผลที่ลำต้น (wound), เห็ดรา (fungi), ร่องรอยของแมลงเจาะลำต้น (woodborer), ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดในปี พ.ศ. 2561 และลักษณะทางสุขภาพของต้นไม้ (interaction between gap fraction in 2018 and health problem) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม R (R Core Team, 2020)

ผลและวิจารณ์

ตัวอย่างใน Figure 5 แสดงความแตกต่างระหว่างขนาดของช่องว่างระหว่างเรือนยอดในเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 และเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2562 ในแปลงตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งขนาดของช่องว่างระหว่างเรือนยอดจากแปลงตัวอย่างทั้งหมดลดลงจาก 967.97 ม.² ในเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2561 เหลือ 216.77 ม.² ในเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2562 คิดเป็นค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 77.60 ภายในระยะเวลา 1 ปี 6 เดือน Figure 6 แสดงร้อยละการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Wilcoxon-test ที่ p-value <0.001) แสดงให้เห็นว่าไม้แสมมีการฟื้นตัวของเรือนยอดจากการระบาดของหนอนกินใบสัก ไม่ได้เกิดจากการเติบโตของกล้าไม้ขนาดเล็กบริเวณพื้นป่า แต่เกิดจากการฟื้นตัวของเรือนยอดของไม้แสมต้นเต็มวัย



January 2018



April 2019

Figure 5 Examples of different gap fraction in the same plot in January 2018 and April 2019.

การฟื้นตัวของเรือนยอดโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างร้อยละการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดกับลักษณะทางสุขภาพ

ของต้นไม้ คือ หนอนเจาะลำต้น (Figure 7A) เห็ดรา (Figure 7B) และลำต้นที่มีบาดแผล (Figure 7C) จาก Figure 7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการ

กระจายช่องว่างระหว่างเรือนยอดในปี พ.ศ. 2561 (gap fraction 2018) กับร้อยละการฟื้นตัวของการปกคลุมเรือนยอด (gap recovery) ในระดับแปลงเป็นไปในทางบวก ในแปลงที่มีร้อยละการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดมากจะมีร้อยละการฟื้นตัวของการปกคลุมเรือนยอดมากเท่ากับช่องว่างที่เกิดขึ้นในต้นไม้ที่ไม่ปรากฏปัญหาสุขภาพมีการฟื้นตัวของเรือนยอดได้มากเท่ากับร้อยละของช่องว่างระหว่างเรือนยอด ลักษณะที่เป็นปัญหาทางด้านสุขภาพของต้นไม้มีผลกระทบต่อร้อยละการฟื้นตัวของเรือนยอด จาก Figure 7A ต้นไม้ในแปลงร้อยละ 40 พบร่องรอยจากหนอนเจาะบริเวณลำต้นซึ่งต้นไม้เหล่านี้มีโอกาสที่เรือนยอดจะฟื้นตัวได้น้อยกว่าต้นไม้ที่ไม่พบร่องรอย

จากหนอน Figure 7B ต้นไม้ในแปลงร้อยละ 7 มีการปรากฏของเห็ดราซึ่งร้อยละการฟื้นตัวของเรือนยอดของต้นไม้เหล่านี้มีอัตราต่ำกว่าต้นไม้ที่มีความสมบูรณ์เนื่องจากลักษณะที่ปรากฏของเห็ดรานั้นสังเกตได้ยากหรือในบางต้นไม้แสดงอาการออกมา ในที่นี้ต้นไม้ที่มีความสมบูรณ์คือต้นไม้ที่ไม่ปรากฏเห็ดราบนลำต้น และ Figure 7C พบลำต้นที่มีบาดแผลร้อยละ 30 ซึ่งมีร้อยละการฟื้นตัวของเรือนยอดต่ำกว่าต้นไม้ที่สมบูรณ์ในที่นี้ต้นไม้ที่มีความสมบูรณ์คือต้นไม้ที่ไม่ปรากฏบาดแผลใดใด Figure 7B และ Figure 7C มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ Table 1 แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างร้อยละการกระจายของช่องว่างระหว่างเรือนยอดและร้อยละการฟื้นตัวของเรือนยอด

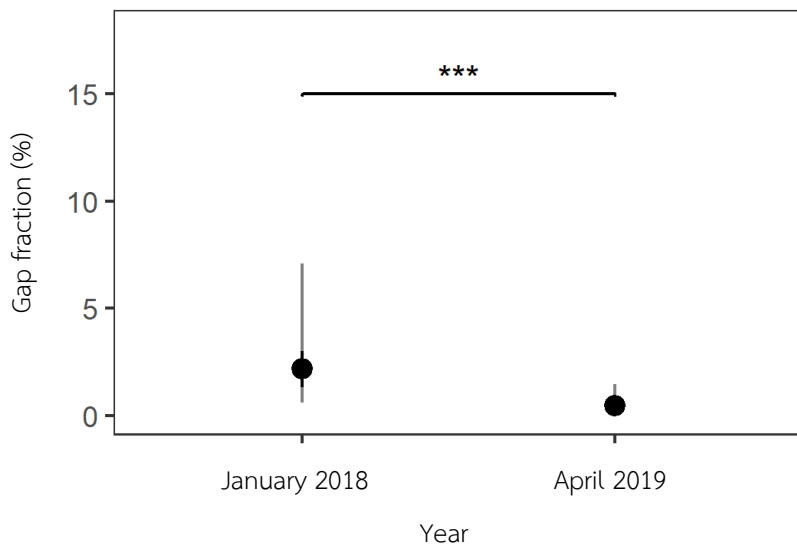


Figure 6 Fraction of canopy gaps (mean with 95% confidence interval) significantly declined between January 2018 and April 2019 (Wilcoxon-test, p-value < 0.001).

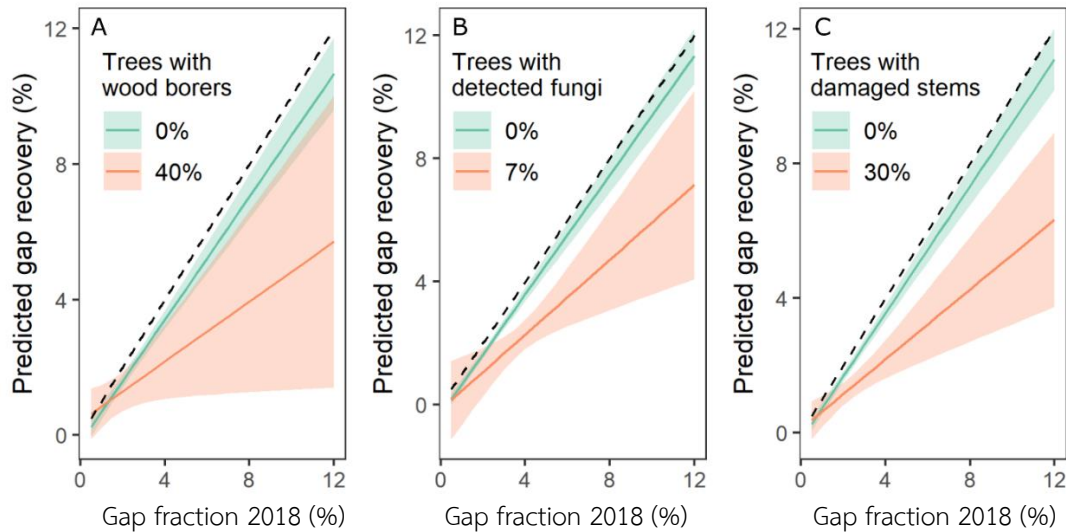


Figure 7 Interaction plots show the relationships between gap fraction in 2018 and tree health issues, visible presence of woodborers (A), presence of fungi fruiting bodies (B), and stem damage (C). The dashed line indicates a complete recovery. Green line (next to the dashed line) indicates recovery rates in the absence of health problems.

การฟื้นตัวของการปกคลุมเรือนยอดของต้นไม้ป่าชายเลนถือเป็นตัวบ่งชี้ความแข็งแรงของต้นไม้ที่เชื่อถือได้ ซึ่งโดยปกติแล้วการตรวจวัดความแข็งแรงของต้นไม้ทำได้ยาก การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาผลของการศึกษาสถานะทางสุขภาพของต้นไม้จากภาคพื้นดิน ผลปรากฏว่าสิ่งที่ส่งผลต่อการฟื้นตัวของการปกคลุมเรือนยอดคือ บาดแผลบริเวณลำต้น ในขณะที่หนอนเจาะไม้และเห็ดราเป็นตัวบ่งชี้ที่ไม่สามารถใช้ได้ ซึ่งการทำลายของหนอนเจาะไม้ที่พบบริเวณลำต้นของไม้แสมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นไปได้ว่าต้นไม้จำนวนมากในแปลงเก็บตัวอย่างมีร่องรอยของหนอนเจาะบริเวณลำต้นทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการทำลายของเห็ดราก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าต้นไม้จำนวนมากในแปลงเก็บตัวอย่างไม่มีการปรากฏของเห็ดราให้พบเห็น

หรือไม้แสมมีเห็ดราอาศัยอยู่บนต้นแต่ก็ยังมีสามารถในการฟื้นตัวของเรือนยอดได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม้แสมเป็นชนิดพันธุ์ไม้ที่มีความยืดหยุ่น (resilience)

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ในระดับแปลง แต่คณะนักวิจัยมีข้อสังเกตหากมีการวิเคราะห์ข้อมูลในระดับรายต้นโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางสุขภาพกับการฟื้นตัวของเรือนยอดน่าจะให้ผลการศึกษาที่แม่นยำ แต่จะทำได้ก็ต่อเมื่อมีเครื่องมือในการกำหนดตำแหน่งของต้นไม้จากภาคพื้นดินกับภาพเรือนยอดของต้นไม้จากภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับที่มีความถูกต้องสูง แต่ในการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดคือไม่มีเครื่องมือดังกล่าว อย่างไรก็ตาม จากข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้ คณะนักวิจัยคาดว่าผลการศึกษาที่ได้ อาจไม่แตกต่างกัน

Table 1 Linear regression models for the plot-wise recovery of tree crowns between January 2018, April 2019 and values in brackets indicate the 95% confidence interval. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

	Presence of woodborers	Presence of fungal fruiting bodies	Presence of stem wound
Plot latitude	0 (-0.01;0.01)	0 (0;0.01)	0 (0;0.01)
Plot longitude	0.01 (0;0.02)	0 (0;0.01)	0.01 (0;0.01)
Relative density of <i>Avicennia</i> spp.	-3.23 (-9.25;2.79)	-0.91(-5.79;3.97)	-1.23 (-6.29;3.83)
Gap fraction in 2018 (%)	0.91*** (0.79;1.02)	0.97*** (0.87;1.06)	0.94*** (0.85;1.04)
Presence of woodborers	5.71 (-3.93;15.34)		
Gap fraction (2018) × woodborers	-1.06 (-2.12;0)		
Presence of fungal fruiting bodies		7.99 (-82.79;98.77)	
Gap fraction (2018) × fungal fruiting bodies		-5.16 (-10.97;0.65)	
Presence of stem wounds			4.32 (-6.29;14.92)
Gap fraction (2018) × stem wound			-1.41** (-2.44; -0.39)
R ²	0.97	0.98	0.98

สรุป

จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการประเมินสุขภาพของไม้แสมต้องมีการสำรวจลักษณะของเรือนยอด เนื่องจากลักษณะของเรือนยอดของต้นไม้ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ชี้ให้เห็นถึงความแข็งแรงของต้นไม้ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าไม้แสมสามารถฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วหลังจากถูกทำลายจากแมลงกินใบ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าไม้แสมมีความยืดหยุ่นสูงในต้นไม้ที่มีสุขภาพดี แต่ในต้นไม้ที่พบปัญหาสุขภาพความสามารถในการฟื้นตัวจะลดลง โดยปัญหาที่มี

ผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ต้นไม้ที่พบบาดแผลบริเวณลำต้น อาจกล่าวได้ว่าบาดแผลบริเวณลำต้นเป็นลักษณะทางสุขภาพเพียงลักษณะเดียวที่อาจเป็นตัวบ่งชี้สถานะทางสุขภาพได้จากพื้นดิน ผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นประโยชน์จากการนำอากาศยานไร้คนขับมาสำรวจเรือนยอดของป่าไม้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการตรวจสอบประเมินสุขภาพของต้นไม้เพื่อการจัดการป่าชายเลนให้มีสภาพดีขึ้นได้ การศึกษาต่อจากนี้ควรมีการนำวิธีการสำรวจทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับวิเคราะห์

ร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อการติดตามสุขภาพของไม้ป่าชายเลนในระยะยาวและมีความต่อเนื่อง และในปัจจุบันนี้ข้อมูลจากดาวเทียมมีความละเอียดมากขึ้นกว่าในอดีตและมีแนวโน้มที่จะมีความละเอียดมากยิ่งขึ้นไปในอนาคต นอกจากนี้ข้อมูลจากดาวเทียมยังมีการกำหนดรอบการบันทึกข้อมูลเป็นประจำ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำหรับการติดตามตรวจสอบสุขภาพของพรรณไม้

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ แหล่งทุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ทรัพยากร สพท.-วช. 1/2561 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันออนไลน์เพื่อการประเมินสุขภาพของต้นไม้ป่าชายเลนโดยใช้อากาศยานไร้คนขับในการถ่ายภาพของคุณ ผศ. ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับในปี พ.ศ. 2561 ขอขอบคุณ Michael Jenke สำหรับความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R ขอขอบคุณคุณวรัทยา พรหมชู กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ในการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา ขอขอบคุณข้อเสนอแนะจากนักวิจัยของเครือข่ายหน่วยวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านวนวัฒนวิทยาป่าชายเลน (special research unit for mangrove silviculture) คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

REFERENCES

- Arun, P.R. and M. Mahajan. 2012. Ecological costs and benefits of teak defoliator (*Hyblaea puera* Cramer) outbreaks in a mangrove ecosystem. **Mar. Sci.** 2: 48–51.
- Biswas, O., B. Panja, P.Kr. Garain., S.Kr. Shah, B.Kr. Modak. and B. Mitra. 2017. *Hyblaea puera* (Cramer, 1777) [Lepidoptera: Hyblaeidae] infestation on *Avicennia alba* Blume in Sunderban Biosphere Reserve, West Bengal, India. **Proc. Zool. Soc.** 71: 331–335.
- Eslami-Andergol, L., P.E.R. Dale, J.M. Knight. and H. McCallum. 2015. Approaching tipping points: A focused review of indicators and relevance to managing intertidal ecosystems. **Wetlands Ecol. Manage.** 23: 791–802.
- Fernandes, M.E.B., A.A.M. Nascimento. and M.L. Carvalho. 2009. Effects of herbivory by *Hyblaea puera* (Hyblaeidae: Lepidoptera) on litter production in the mangrove on the coast of Brazilian Amazonia. **J. Trop. Ecol.** 25: 337–339.
- Lewis, R.R., E.C. Milbrandt, B. Brown, K.W. Krauss, A.S. Rovai, J.W. Beever. and L.L. Flynn. 2016. Stress in mangrove forests: Early detection and preemptive rehabilitation are essential for future successful worldwide mangrove forest management. **Mar. Pollut. Bull.** 109: 764–771.
- Lewis, M. and R. Pryor. 2013. Toxicities of oils, dispersants and dispersed oils to algae and aquatic plants: Review and

- database value to resource sustainability. **Environ. Pollut.** 180: 345–367.
- Lewis, M., R. Pryor and L. Wilking. 2011. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. **Environ. Pollut.** 159: 2328–2346.
- Lovelock, C.E., D.R. Cahoon, D.A. Friess, G.R. Guntenspergen, K.W. Krauss, R. Reef, K. Rogers, M.L. Saunders, F. Sidik, A. Swales, N. Saintilan, L.X. Thuyen. and T. Triet. 2015. The vulnerability of Indo-Pacific mangrove forests to sea-level rise. **Nature** 526: 559–563.
- Mehlig, U. and M. Menezes. 2005. Mass defoliation of the mangrove tree *Avicennia germinans* by the moth *Hyblaea puera* (Lepidoptera: Hyblaeidae) in Equatorial Brazil. **Ecotropica** 11: 87–88.
- Piyakarnchana, T. 1981. Severe defoliation of *Avicennia alba* Bl. by Larvae of *Cleora injectaria* Walker. **J. Sci. Soc. Thailand.** 7: 33–36.
- R Core Team. 2020. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna, Austria.
- Tran, L.X. and A. Fischer. 2017. Spatiotemporal changes and fragmentation of mangroves and its effects on fish diversity in Ca Mau province (Vietnam). **J. Coast. Conserv.** 21: 355–368.
- Yim, M.W. and N.F.Y. Tam. 1999. Effects of wastewater-borne heavy metals on mangrove plants and soil microbial activities. **Mar. Pollut. Bull.** 39: 179–186.
-