

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความเหมาะสมของการกระจายต้นเสม็ดขาว
(*Melaleuca cajuputi* Powell) ในประเทศไทย
Environmental Factors Affecting the Distribution Suitability
of Cajuput Tree (*Melaleuca cajuputi* Powell) in Thailand

จันทิมา อยู่ถาวร¹Janthima Yoothaworn¹ยงยุทธ ไตรสุรัตน์^{1*}Yongyut Trisurat^{1*}วัฒนชัย ตาเสน¹Wattanachai Tasen¹อชฎา ชิตโชติ²Auschada Chitechote²¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

² สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Protected Area Rehabilitation and Development Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforyyt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 5 สิงหาคม 2564

รับแก้ไข 4 ตุลาคม 2564

รับลงพิมพ์ 10 ตุลาคม 2564

ABSTRACT

We aimed to study the environmental factors affecting the suitability distribution of Cajuput tree (*Melaleuca cajuputi* Powell) in Thailand and to determine the relationship between ecological factors and or occurrence of Cajuput tree. Suitable areas for its distribution across Thailand were assessed using plant specimens at the Forest Herbarium-BKF, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation and the Botanical Garden Organization. These included the occurrence data from BIEN (Botanical Information and Ecology Network). A predicted distribution map was constructed using the Maximum Entropy (MaxEnt) method.

The research indicated that 5 related ecological factors were important to determine the occurrence of Cajuput tree. These included the mean sea level (41.5%), the distance from the sea (15.8%), relative humidity (15.1%), soil group (5%), and the rainfall (4.8%). The areas suitable for the distribution of Cajuput tree were determined based on an AUC value of 0.98 indicating high reliability, while the accuracy of prediction was 84%.

The distribution of total suitability area of the tree was 13,451 square kilometers, located in 24 provinces (2.64% of the country area). The area on the South Eastern coast covered 9,012 square kilometers (67% of the suitable distribution area), followed by the Eastern region (2,360 square kilometers or 17.55%), Southern Western coast (1,984 square kilometers or 14.75%), and other areas estimated at around 95 square kilometers. The most suitable area for the distribution of Cajuput tree is located in Nakhon Si Thammarat province, with a total area of 2,206 square kilometers, with the conservation status of the Cajuput tree as a vulnerable species as determined by the extent of occurrence (EOO) of less than 20,000 square kilometers.

Keywords: Environmental factors, *Melaleuca cajuputi* Powell, Species distribution modelling, MaxEnt

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความเหมาะสมของการกระจายต้นเสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi* Powell) ในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านนิเวศกับการปรากฏของต้นเสม็ดขาว และประเมินพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวทั้งประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจุดปรากฏของพรรณไม้แห้งจาก สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ BIEN (botanical information and ecology network) และจุดปรากฏจากการสำรวจ วิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยด้านนิเวศ ด้วยแบบจำลอง Maximum Entropy (MaxEnt) ในการสร้างแผนที่การกระจาย

ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวปัจจัยที่มีอิทธิพลสำคัญ 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (41.5%) 2) ระยะห่างจากทะเล (15.8%) 3) ความชื้นสัมพัทธ์ (15.1%) 4) กลุ่มชุดดิน (5%) 5) ปริมาณน้ำฝนรายปี (4.8%) โดยแบบจำลอง MaxEnt มีค่า AUC เท่ากับ 0.98 หมายถึง แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือสูง และให้ค่าความถูกต้องแผนที่ เท่ากับ ร้อยละ 84

พื้นที่ที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวในประเทศไทย มีขอบเขตการกระจาย 13,451 ตารางกิโลเมตร ใน 24 จังหวัด (ร้อยละ 2.64 ของพื้นที่ประเทศ) ปรากฏทางภาคใต้ฝั่งตะวันออก 9,012 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 67 ของพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจาย) ภาคตะวันออก 2,360 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 17.55) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก 1,984 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 14.75) และพื้นที่อื่น ๆ 95 ตารางกิโลเมตร จังหวัดที่พบพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวมากที่สุด คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 2,206 ตารางกิโลเมตร และสถานภาพการอนุรักษ์เสม็ดขาวอยู่ในเกณฑ์ มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์เนื่องจากมีขอบเขตการกระจายน้อยกว่า 20,000 ตารางกิโลเมตร

คำสำคัญ: ปัจจัยแวดล้อม เสม็ดขาว แบบจำลองการกระจาย โปรแกรม MaxEnt

คำนำ

ยุทธศาสตร์และแผนการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจแบบครบวงจร มีวิสัยทัศน์ว่า “ไม้เศรษฐกิจนำประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน บนฐานการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม” เป็นความต่อเนื่องจากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้านการสร้างความเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กำหนดเป้าหมายการเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้ได้ร้อยละ 55 ของพื้นที่ประเทศ ภายใน 20 ปี ทั้งนี้ต้องเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจอีกประมาณ 26 ล้านไร่ (Royal Forest Department, 2017) รวมทั้งความต้องการใช้ไม้ภายในประเทศที่เพิ่มสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดย ปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณการใช้ไม้ 58 ล้านตัน และคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 156 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2579 อีกทั้งในตลาดไม้เศรษฐกิจไทยมีมูลค่าการนำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ประมาณ 44,000 ล้านบาท จึงเห็นได้ว่ามีแนวโน้มที่จะขาดแคลนวัตถุดิบไม้มากยิ่งขึ้นในอนาคต (Royal Forest Department, 2017)

การทำสวนป่าเศรษฐกิจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันมีแนวทางปลูกสวนป่าสามารถตัดไปใช้ประโยชน์ได้ภายใน 3-5 ปี โดยไม่ต้องมีการขออนุญาตตัดด้วยการปลูกไม้โตเร็ว 5 ชนิด ประกอบด้วย กระถินเทพา กระถินยักษ์ สน ประติพท์ ยูคาลิปตัส และเสม็ดขาว (Haruthaithanasan *et al.*, 2016)

เสม็ดขาว มีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า *Melaleuca cajuputi* Powell เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ สูงประมาณ 5-25 เมตร เป็นชนิดไม้โตเร็วที่มีค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของสกุล *Melaleuca* เติบโตได้และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น พื้นที่ดินกรด ดินเค็ม พื้นที่น้ำท่วมขัง และเติบโตได้ดีในพื้นที่พรุ (Bunyavejchevin and Buasalee, 2011) ซึ่งพื้นที่เหล่านี้การปลูกพืชเกษตรจะให้ผลผลิตที่ไม่คุ้มค่า และ

หากใช้ประโยชน์พื้นที่ไม่ถูกต้องจะเกิดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อระบบนิเวศ ดังนั้นจึงควรปล่อยให้ป่าธรรมชาติ หรือ ป่าชุมชน ไม้ที่ขึ้นได้ (Land Development Department, 2020A) ซึ่งต้นเสม็ดขาวสามารถเติบโตได้ในพื้นที่ดังกล่าว จึงนับว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงเหมาะสำหรับการที่จะส่งเสริมให้ปลูกไม้เสม็ดขาวในพื้นที่เหล่านี้ เพื่อเปลี่ยนพื้นที่รกร้างให้เกิดประโยชน์ด้วยการพัฒนาเป็นสวนป่าเศรษฐกิจหรือป่าเพื่อการอนุรักษ์ เพราะเกือบจะทุกส่วนของเสม็ดขาวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ได้แก่ เนื้อไม้ ประชาชนในท้องถิ่นนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน งานก่อสร้าง งานประดิษฐ์กรรมไม้ (Sonthivanit and Benjachaya, 1999) เปลือกลำต้นใช้ทำขี้ได้ให้แสงสว่าง ใช้มุงหลังคา ใบใช้ชงดื่มแทนน้ำชา

ในธรรมชาติต้นเสม็ดขาวขึ้นกระจายบริเวณพื้นที่ต่ำ ปลูกได้ในพื้นที่พรุเสื่อมโทรม พื้นที่ลุ่มน้ำขังได้โดยไม่จำเป็นต้องทำโคก ซึ่งมีผู้ปลูกเสม็ดขาวเป็นสวนป่าเศรษฐกิจแล้วในจังหวัดนครศรีธรรมราช ปัจจุบันจังหวัดนครศรีธรรมราชมีผู้ปลูกไม้เสม็ดขาวเป็นสวนป่าเศรษฐกิจแล้ว (Nuyim, 2001) และยังมีจังหวัดอื่นที่มีศักยภาพเช่นเดียวกันนี้ แต่ยังไม่ได้มีการศึกษาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมกับต้นเสม็ดขาวในภาพรวมของทั้งประเทศ เพื่อเป็นการส่งเสริมการปลูกต้นเสม็ดขาว จึงดำเนินการศึกษา ดังนั้นการประยุกต์ Species Distribution Modeling (SDM) ด้วยแบบจำลอง Maximum Entropy (MaxEnt) จะทำให้เห็นถึงภาพรวมของพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายตัวของเสม็ดขาวในประเทศไทยได้ด้วย ทั้งนี้สามารถจะเป็นนำไปใช้ในเรื่องของการส่งเสริมการปลูกป่าเศรษฐกิจ ป่าเพื่อการอนุรักษ์และการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของต้นเสม็ดขาว รวมถึงเป็นข้อมูลเชิงวิชาการให้แก่เกษตรกรประชาชนทั่วไป องค์กรหรือหน่วยงานที่สนใจได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การรวบรวมข้อมูลการปรากฏและลักษณะทางนิเวศ

1. ข้อมูลการปรากฏ

จุดปรากฏต้นเสม็ดขาวจากตัวอย่างพรรณไม้แห้ง ของหอพรรณไม้ สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช รวมทั้งจากฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จุดตัวอย่างการปรากฏของต้นเสม็ดขาวจาก BIEN : Botanical Information and Ecology Network (<http://bien.nceas.ucsb.edu/bien/>)

2. ลักษณะทางนิเวศ

ข้อมูลลักษณะทางนิเวศ วิเคราะห์จากลักษณะทางกายภาพของการปรากฏ และลักษณะสัณฐานต้นเสม็ดขาวของตัวอย่างพรรณไม้แห้ง จากการที่ผู้พบการปรากฏได้บันทึกข้อมูลไว้ รวมทั้งการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับต้นเสม็ดขาว

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจ 1) ดำเนินการสำรวจในตำบลที่เคยพบการปรากฏของต้นเสม็ดขาว และตำบลใกล้เคียง 2) พื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศ ดำเนินการสำรวจในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศตรงตามลักษณะนิเวศ คือ พื้นที่ราบต่ำมีน้ำท่วมขัง พื้นที่ชั้นดินอินทรีย์หรือพีทขอบพรุ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ระหว่าง 0-14 เมตร ปริมาณน้ำฝน 1,000 ถึง มากกว่า 4,000 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ย 26-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 60-96 โดยสำรวจตำบลที่ติดกับชายฝั่งทะเล (Sasaki *et al.*, 1995; Nuyim

and Boonchub, 1999; Forestry Research Center, 1999; Pholpoke, 2001; Santisuk and Larsen, 2002; Gradner *et al.*, 2018) ต้นเสม็ดขาวสามารถเติบโตได้ในดินแทบทุกประเภท แต่พื้นที่เหล่านั้นต้องมีน้ำท่วมขัง ทั้งชั่วคราวหรือตลอดเวลา และมีการระบายน้ำเร็ว (Boland *et al.*, 1997)

พื้นที่สำรวจทั้งสิ้น 21 จังหวัด 350 ตำบล ชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน การสำรวจจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1) 8 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด สมุทรปราการ สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม

ส่วนที่ 2) 7 จังหวัด ได้แก่ เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา

ส่วนที่ 3) 6 จังหวัด ได้แก่ ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล

โดยเมื่อพบต้นเสม็ดขาวจะทำการบันทึกตำแหน่งพิกัด สำรวจลักษณะสภาพแวดล้อม โดยทั่วพื้นที่บริเวณนั้น พร้อมถ่ายภาพและบันทึกข้อมูล

การจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยด้านนิเวศ

การจัดเตรียมปัจจัยด้านนิเวศ ดำเนินการด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) จัดเตรียมข้อมูล (Table 1) ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ขนาดรายละเอียดข้อมูล 1x1 กิโลเมตร จากนั้นบันทึกข้อมูลในรูปแบบของ ASCII (.asc) แล้วนำเข้าแบบจำลอง MaxEnt (maximum entropy) Version 3.4.0 จากนั้นนำผลที่ได้ กลับเข้าสู่ Arc GIS เพื่อวิเคราะห์ผล และนำเสนอในรูปแบบแผนที่

Table 1 Ecological factors used to assess the distribution of *Melaleuca cajuputi* Powell.

No	Ecological factors	Reference
Geographical factors		
1	Mean Sea Level ¹	NASA Alaska satellite facility (2020)
2	Slope ¹	NASA Alaska satellite facility (2020)
3	Distance from the sea	Land Development Department (2019B)
4	Coordinate Universal Transverse Mercator (X)	Land Development Department (2019A)
5	Soil Group	Land Development Department (2020C)
6	Soil texture	Land Development Department (2020B)
7	Soil drainage	Land Development Department (2020C)
8	Soil Reaction	Land Development Department (2020C)
9	Soil Depth	Land Development Department (2020C)
10	Nutrient (N)	Land Development Department (2020C)
11	Nutrient (P)	Land Development Department (2020C)
12	Nutrient (K)	Land Development Department (2020C)
Climate factors		
13	Average temperature	Meteorological Department of Thailand (2020B)
14	Annual rainfall	Meteorological Department of Thailand (2020A)
15	Relative humidity	Meteorological Department of Thailand (2020C)
Other factors		
16	Land Use	Land Development Department (2020B)
17	NDVI	USGS Earth explorer (2020)

¹ Estimated using the Digital Elevation Model.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. จุดพบการปรากฏ แบ่งข้อมูลจุดพบการปรากฏของต้นเสม็ดขาวเป็น 2 ชุด ด้วยวิธีการสุ่มเลือก

(stratified random sampling) 1) ข้อมูลร้อยละ 80 สำหรับนำไปวิเคราะห์และสร้างแผนที่ความน่าจะเป็นในการกระจาย (training data) 2) ข้อมูลร้อยละ 20

สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ (testing data) จากนั้นนำเข้าจุดพบการปรากฏ ชุดที่ 1 และปัจจัยทางด้านนิเวศสู่แบบจำลอง MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) เพื่อประมาณความน่าจะเป็นของแผนที่การกระจาย กำหนดการแสดงผลแบบ logistic ส่วนอื่น ๆ กำหนดตามค่าของแบบจำลอง และวิเคราะห์ข้อมูล จำนวน 5 ครั้ง (replication) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการจำลองข้อมูล (Trisurat *et al.*, 2014) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของการปรากฏ (probability of presence) มีค่าระหว่าง 0-1 ค่าบทบาทของปัจจัยแวดล้อมต่อการกระจายและค่าความน่าเชื่อถือแบบจำลอง area under curve (AUC) ของสมการถ้าว้าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองจะมีความน่าเชื่อถือมาก (Philips and Dudik, 2008)

2. ความน่าจะเป็นการกระจายของต้นเสม็ดขาว ได้จากค่าจุดตัดของการวิเคราะห์ด้วยค่าพารามิเตอร์ (logistic thresholds) ที่ได้จากแบบจำลอง MaxEnt ตามวิธีของ Liu *et al.* (2005) จำนวน 4 ค่า มาแบ่งชั้นการปรากฏและไม่ปรากฏ เพื่อสร้างแผนที่ความน่าจะเป็นในการกระจายของต้นเสม็ดขาว 1) Minimum Training Presence 2) 10 Percentile Training Presence 3) Equal Training Sensitivity and Specificity และ 4) Maximum Training Sensitivity Plus Specificity

3. การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ โดยใช้ข้อมูลจุดพบการปรากฏ ชุดที่ 2 ที่สุ่มเลือกไว้ร้อยละ 20 มาซ้อนทับกับแผนที่ความน่าจะเป็นขอบเขตการกระจาย ให้ผลออกมาในรูปแบบของสัดส่วนร้อยละ และเลือกแผนที่ที่ให้ค่าความถูกต้องสูงสุดในการจัดทำแผนที่พื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวในประเทศไทย

ผลและวิจารณ์

จุดพบการปรากฏต้นเสม็ดขาว

จากการสำรวจต้นเสม็ดขาวในพื้นที่เป้าหมายทั้งสิ้น 3 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 พบการปรากฏของต้นเสม็ดขาว 41 จุด ในพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด โดยลักษณะพื้นที่เป็นราบลุ่มแม่น้ำและที่ราบลอนลาดและพื้นที่ราบชายฝั่งทะเล

ส่วนที่ 2 พบการปรากฏของต้นเสม็ดขาว 184 จุด ในพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา และนราธิวาส โดยพื้นที่เป็นที่ราบชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณชายฝั่งทะเลจากจังหวัดชุมพรเป็นที่ราบลงไปจนถึงจังหวัดนราธิวาส เนื่องจากชายฝั่งอ่าวไทยเป็นลักษณะของฝั่งทะเลแบบยกตัว บริเวณที่เคยเป็นทะเลตื้นริมฝั่งได้เปลี่ยนสภาพเป็นพื้นดินโดยการทับถมของโคลนตะกอนที่แม่น้ำและกระแสน้ำในทะเลพัดพามาจนเกิดเป็นที่ราบขึ้น อีกทั้งลักษณะของชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยมีแนวค่อนข้างเรียบตรง ที่มีบริเวณน้ำตื้นกว้างขวาง ชายหาดหลายแห่งเป็นหาดทราย เนื่องจากธรณิวิทยาเป็นหินทรายในหมู่หินโคราช และตั้งแต่บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานีลงไปจะเป็นหาดโคลน โดยมีป่าชายเลนปกคลุมตามบริเวณริมฝั่ง และพบหาดทรายที่สวยงามอีกบริเวณแหลมสมิหรา อำเภอเมืองจังหวัดสงขลา เนื่องจากมีหินแกรนิตอยู่ในบริเวณนั้น

ส่วนที่ 3 พบการปรากฏของต้นเสม็ดขาว 26 จุด ในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ พังงา กระบี่ ตรัง และสตูล โดยเป็นพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลอันดามันเป็นชายฝั่งทะเลแบบยุบตัว จึงมีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างจากฝั่งทะเลอ่าวไทยอย่างชัดเจน คือ บริเวณที่ราบชายฝั่งอันดามันมีลักษณะแคบ บางแห่งพบภูเขา

จรดชายฝั่ง ทำให้ตามแนวฝั่งทะเลมีหน้าผาชันและมีลักษณะเว้าแหว่งมาก มีอ่าวใหญ่น้อยและเกาะต่าง ๆ มากมาย นอกแนวฝั่งออกไปในทะเลพื้นทะเลลาดชัน ลึกลงอย่างรวดเร็วจึงไม่ค่อยมีบริเวณน้ำตื้นกว้างขวาง เช่นฝั่งทะเลอ่าวไทย นอกจากนี้จะเห็นได้จากการพบปากแม่น้ำที่มีความกว้างมากกว่าปกติ (ชะวากทะเล) จนมีลักษณะคล้ายอ่าวมากกว่าปากแม่น้ำและจะพบลำน้ำเป็นแม่น้ำสายสั้น ๆ จากการยุบตัวของชายฝั่งทำ

ให้พื้นแผ่นดินหลายบริเวณถูกน้ำทะเลไหลท่วมกลายเป็นพื้นที่น้ำตื้น เช่น อ่าวพังงา และจะมีส่วนยอดของภูเขาหินปูนโผล่พ้นน้ำขึ้นมา กลายเป็นเกาะขนาดเล็กอยู่เป็นจำนวนมาก

รวมตำแหน่งพบปรากฏของต้นเสม็ดขาว 251 จุด โดยพบการปรากฏของเสม็ดขาวมากที่สุดในส่วนการสำรวจที่ 2 ประกอบไปด้วย 7 จังหวัด บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก (Table 2)

Table 2 Point presence of *Melaleuca cajuputi* Powell.

Survey	Point presence		Total
	Training data	Testing data	
Part 1	33	8	41
Part 2	147	37	184
Part 3	21	5	26

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านนิเวศและการกระจายของต้นเสม็ดขาว

เมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละความสำคัญ (percent contribution) ของปัจจัยด้านนิเวศที่มีความสัมพันธ์ต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวโดยมีอิทธิพลที่แตกต่างกัน และสามารถจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาก 5 ลำดับแรก ได้แก่ 1) ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ร้อยละความสำคัญ 41.70 2) ระยะห่างจากทะเล ร้อยละความสำคัญ 15.8 รองมาคือ 3) ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละความสำคัญ 15.1 4) กลุ่มดิน ร้อยละความสำคัญ 5 และ 5) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน ร้อยละความสำคัญ 4.8 ตามลำดับ

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลปานกลาง ได้แก่ ลักษณะเนื้อดินและปัจจัยที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (x:ละติจูด) ร้อยละความสำคัญ 3.2 ปฏิกริยาของดิน (pH) ร้อยละความสำคัญ 2.7 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ร้อยละความสำคัญ 2.5 อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ร้อยละความสำคัญ 1.3 และความลึกของดิน ร้อยละความสำคัญ 1

3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อย คือ มีค่าร้อยละความสำคัญ น้อยกว่า 1 ได้แก่ ธาตุอาหารของดิน (P) การระบายในดิน ดัชนีพืชพรรณ NDVI (normalized difference vegetation index) ความลาดชันของพื้นที่ ธาตุอาหารดิน (N) และธาตุอาหารดิน (K) (Figure 1)

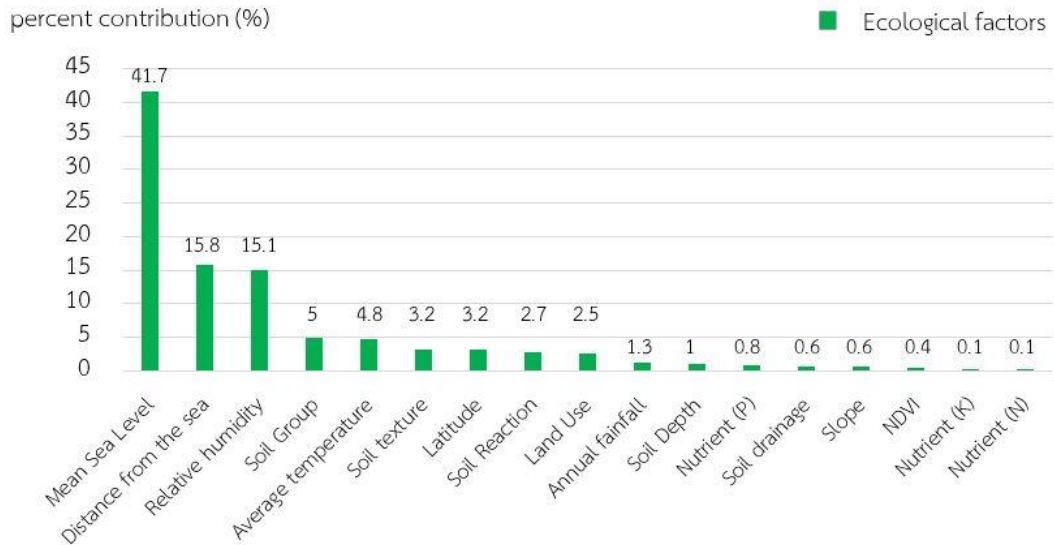


Figure 1 Relative percent contribution of various ecology variables to the occurrence distribution of *Melaleuca cajuputi* Powell.

ผลการวิเคราะห์ระหว่างความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านนิเวศ เมื่อพิจารณาจากกราฟโอกาสความน่าจะเป็นของความเหมาะสมพื้นที่ต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาว พบว่า แต่ละปัจจัยมีช่วงความเหมาะสมที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาว ดังนี้

1. ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (Figure 2A) ระหว่าง 0-20 เมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Forestry Research Center (1999) และ Thai Engineering Consultants (1998) รายงานว่าเสม็ดขาวขึ้นในพื้นที่ราบมีความสูงเหนือระดับทะเล 0-14 เมตร เนื่องจากต้นเสม็ดขาวเป็นชนิดไม้ที่มีความต้องการที่อยู่เฉพาะ (ecological niche) ในสังคมนิเวศของลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ราบต่ำ

2. ระยะห่างจากทะเล (Figure 2B) ระหว่าง 0-14 กิโลเมตร เป็นระยะที่เหมาะสมต่อการกระจายและมีแนวโน้มที่สามารถพบการกระจายของต้นเสม็ดขาวได้อยู่ในระยะห่างจากทะเลไปจนถึง 30 กิโลเมตร เนื่องจากเสม็ดขาวเป็นชนิดพรรณไม้ที่เมล็ดมีขนาด

เล็กน้ำหนักเบา ปลิวไปตามลมหรือลอยน้ำได้ไกล อัตราการงอกสูง ทนทานต่อดินเค็ม น้ำกร่อย ไอคี้มจากทะเล รวมทั้งเติบโตได้ดีในพื้นที่ท่วมขังตื้น ๆ หรือน้ำทะเลท่วมถึงเป็นครั้งคราว ตรงกับการศึกษาของ Bunyavejchevin and Buasalee (2011) ที่ระบุว่านิเวศวิทยาของเสม็ดขาวมีลักษณะทางภูมิศาสตร์อยู่ใกล้กับชายฝั่งทะเล แนวชายเขตป่าชายเลนรอยต่อป่าบก

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Figure 2 C) ร้อยละ 81-83 เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาว อยู่ใกล้ทะเลซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณไอน้ำในอากาศมาก จึงส่งผลให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

4. กลุ่มชุดดิน (Figure 2 D) ชุดดินที่ 10 ชุดดินที่ 14 และชุดดินที่ 42 เป็นกลุ่มดินที่เหมาะสมต่อการกระจายของเสม็ดขาว มีลักษณะเป็นดินเปรี้ยว ดินทรายที่มีชั้นดานอินทรีย์ภายในความลึก 100 เซนติเมตร ค่า pH 5.5-6.0 มีสภาพเป็นกรดอย่าง

รุนแรง (ดินแห้งมี pH ต่ำกว่าดินเปียก) ซึ่งสภาพการณ์นี้มีเพียงเสม็ดขาวที่สามารถขึ้นได้ เป็นกลุ่มดินที่เกิดจากตะกอนน้ำทะเลและน้ำกร่อยพามาทับถมบนที่ราบน้ำทะเลท่วมถึง เป็นที่ราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ที่ลุ่มต่ำหรือพื้นที่พรุ พบตามบริเวณหาดทรายเก่าหรือสันทรายเก่า ตามแนวชายฝั่งทะเล ด้านตะวันออกของภาคใต้และพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

5. ปริมาณน้ำฝนรายปี (Figure 2 E) ช่วงระหว่าง 1,650 ถึงมากกว่า 2,500 มิลลิเมตรต่อปี เนื่องจากเสม็ดขาวเป็นชนิดพรรณในชีวนิเวศ (biome) ของภูมิอากาศเขตร้อน (tropical climate) กล่าวคือมีฝนตกมากและมีอุณหภูมิสูงตลอดปี ส่งผลให้ในพื้นที่ต่ำมีน้ำท่วมขัง พื้นที่ใกล้ชายฝั่งมีน้ำทะเลท่วมถึง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นคุณสมบัติเหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวตามธรรมชาติ

นอกจากนี้ยังพบต้นเสม็ดขาวในที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 400 เมตร สำหรับการนำไปปลูกโดยมนุษย์ พบว่าในหลายพื้นที่ถึงแม้ว่าจะมีบางปัจจัย

แวดล้อมที่ไม่มีความเหมาะสมกับเสม็ดขาวและไม่พบการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ หลังจากปลูกก็สามารถเจริญเติบโตได้ดี (Nuyim, 2002) อีกทั้งมีการทดลองนำเสม็ดขาวไปปลูกในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นดินเค็ม ค่าความเค็ม 5.56 ppt มีค่า pH 7.8 เมื่อปลูกได้อายุ 32 เดือน การเจริญเติบโตทางความสูง 2.32 เมตร มีอัตราการรอดตายร้อยละ 44 ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าต้นเสม็ดขาวสามารถเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากเสม็ดขาวสามารถปรับตัวได้ดี แม้ในที่พื้นที่แห้งแล้งและมีความเค็ม (Aksornkoae, 1992)

ผลการวิเคราะห์ระหว่างความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านนิเวศต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาว ด้วยแบบจำลอง MaxEnt พบว่า AUC มีค่าเท่ากับ 0.98 หมายถึง แบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือสูง กล่าวคือปัจจัยด้านนิเวศมีความสัมพันธ์ต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวเป็นอย่างดี โดยแผนที่ความน่าจะเป็นในการกระจายของต้นเสม็ดขาวที่มีค่าต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 0.00–0.93

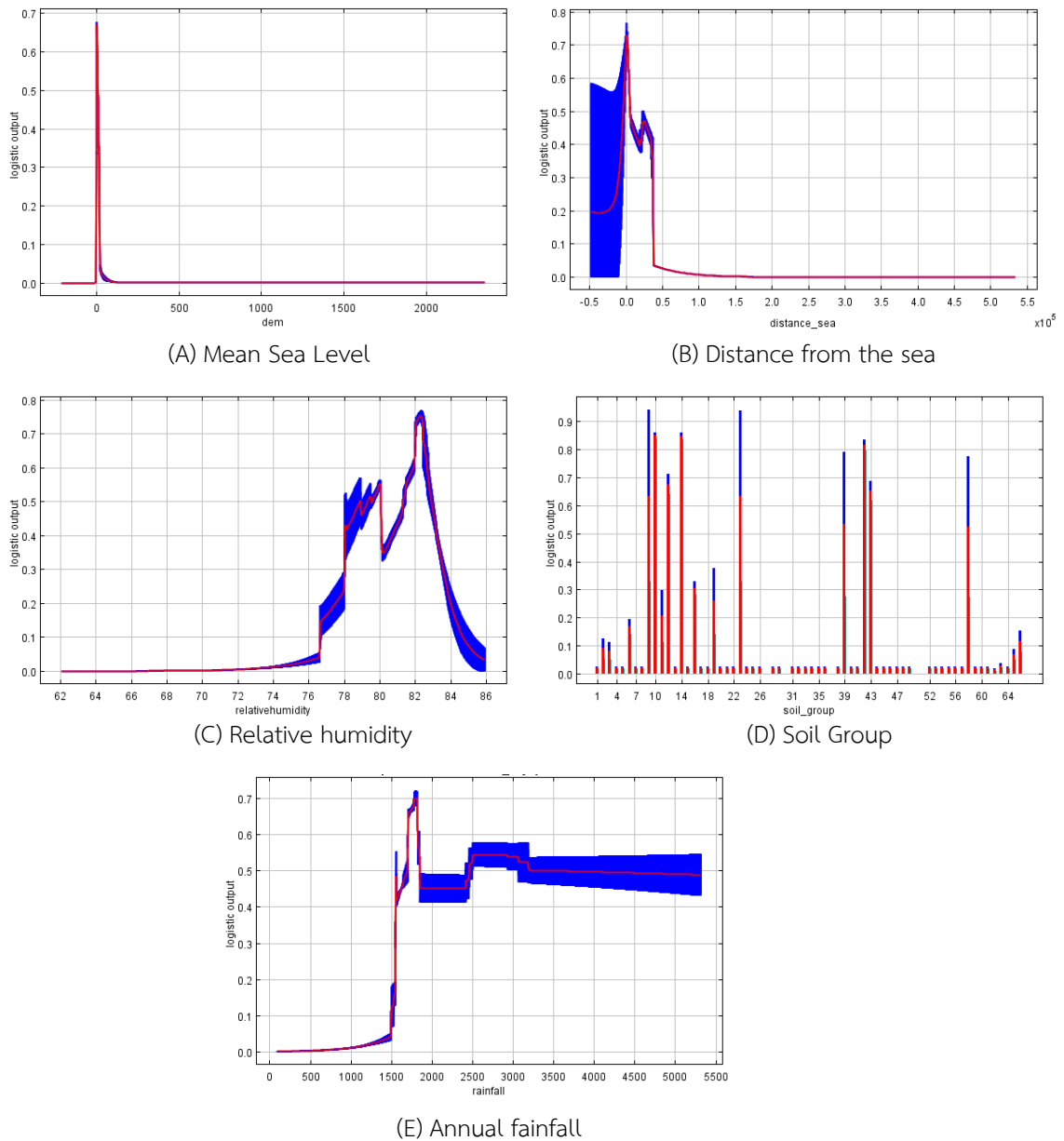


Figure 2 Response curves indicating the ecological factors affecting the MaxEnt prediction of *Melaleuca cajuputi* Powell.

การตรวจสอบความถูกต้องแผนที่ขอบเขตการกระจาย

การนำแผนที่ความน่าจะเป็นขอบเขตการกระจายมาตรวจสอบความถูกต้อง ด้วยข้อมูลจุดพบ

การปรากฏ ชุดที่ 2 ที่สุ่มเลือกไว้ร้อยละ 20 จำนวน 50 จุด มาซ้อนทับกับแผนที่ความน่าจะเป็นขอบเขตการกระจาย ปรากฏว่า จุดพบการปรากฏซ้อนทับกับแผนที่จาก Minimum Training Presence จำนวน

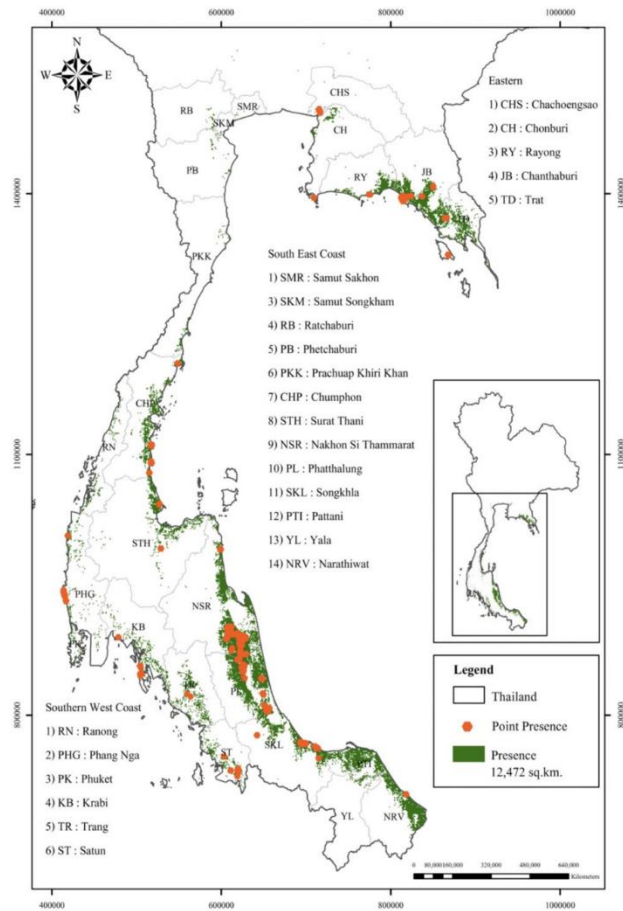
43 จุด ให้ความถูกต้องของแผนที่ เท่ากับร้อยละ 86 ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องที่สูง แต่เนื่องจากพารามิเตอร์ (logistic threshold) มีค่าเท่ากับ 0.023 ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าน้อยกว่า 0.1 จะไม่นิยมนำมาทำแผนที่ ดังนั้นในการจัดทำแผนที่ความเหมาะสมพื้นที่การกระจายของต้นเสม็ดขาวในประเทศไทยจึงเลือกใช้แผนที่ความน่าจะเป็นขอบเขตการกระจายที่ให้ค่าความถูกต้องลำดับถัดไป คือ Equal Training Sensitivity and Specificity และ Maximum Training Sensitivity Plus Specificity ให้ค่าความถูกต้องเท่ากัน เท่ากับ

ร้อยละ 84 จุดพบการปรากฏซ้อนทับกับแผนที่การกระจาย 42 จุด

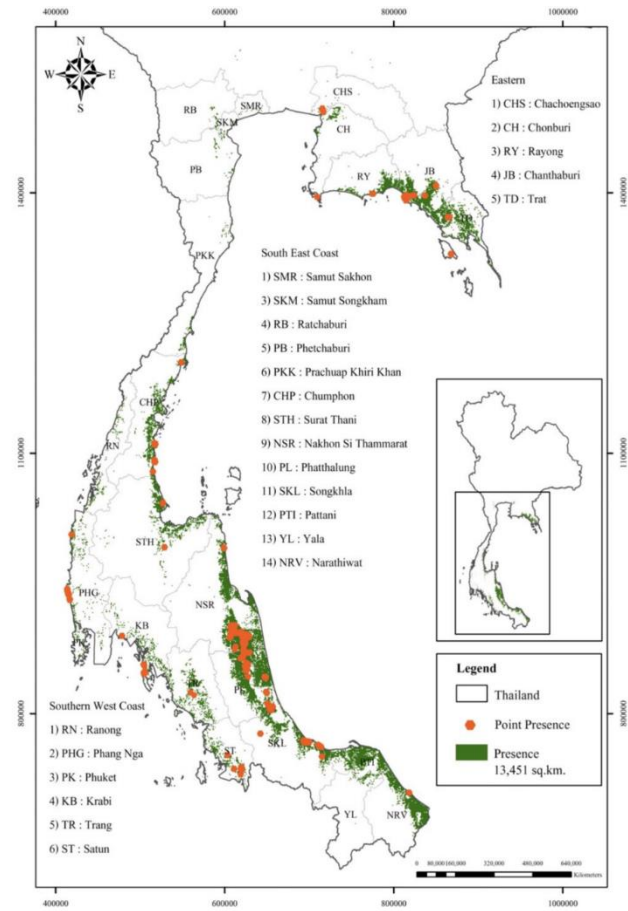
โดยพบพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวในประเทศไทย มีขอบเขตการกระจาย เท่ากับ 13,451 ตารางกิโลเมตร ใน 24 จังหวัด (ร้อยละ 2.64 ของพื้นที่ประเทศ) ปรากฏทางภาคใต้ฝั่งตะวันออก 9,012 ตารางกิโลเมตร ภาคใต้ฝั่งตะวันตก 2,360 ตารางกิโลเมตร ภาคใต้ฝั่งตะวันตก 1,984 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่อื่น ๆ 95 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (Table 3 และ Figure 3)

Table 3 Logistic threshold and probability scope of the presence and absence of *Melaleuca cajuputi* Powell as determined by MaxEnt.

Description	Logistic threshold	Presence Point	Accuracy (%)	Area (sq.km.)
Minimum training presence	0.023	43	86	26,419
10 percentile training presence	0.306	40	80	4,906
Equal training sensitivity and specificity	0.119	42	84	12,472
Maximum training sensitivity plus specificity	0.107	42	84	13,451



(A) Map of Distribution Suitability Areas by Equal training sensitivity and specificity.



(B) Map of Distribution Suitability Areas by Maximum training sensitivity plus specificity.

Figure 3 The Distribution areas of *Melaleuca cajuputi* Powell in Thailand as determined by MaxEnt model.

สถานภาพอนุรักษ์เสม็ดขาว

จากรายงานในระดับโลกของ IUCN ปี 1994-2001 Version 3.1-2001 เสม็ดขาวจัดอยู่ในสถานภาพ “มีความเสี่ยงน้อย (least concerned)” โดยแนวโน้มประชากร “กำลังลดลง (decreasing)” การประเมินล่าสุด เมื่อ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2561 จากขอบเขตการประเมินทั่วโลก ทั้งนี้การดำเนินการอนุรักษ์ระบุว่า เสม็ดขาวสำหรับพื้นที่สามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขงกำลังลดลง เนื่องจากไม่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ถูกทำลายอย่างรุนแรงต่อโครงสร้างและการเติบโตของต้นไม้ ขอแนะนำให้มีการปรับปรุงพันธุ์กรรมสำหรับเพาะปลูกเชิงพาณิชย์ การอนุรักษ์ในแหล่งกำเนิด มีความสำคัญสำหรับการใช้งานและวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต และภัยคุกคามจาก 3 สาเหตุหลัก ได้แก่ 1) การใช้ทรัพยากรชีวภาพ คือ การตัดไม้และการเก็บเกี่ยวไม้ 2) การเปลี่ยนแปลงระบบธรรมชาติ คือ อัคคีภัยหรือไฟป่า 3) สายพันธุ์อื่นและโรคที่รุกรานและมีปัญหาอื่น ๆ ยังไม่มีการบันทึกโรคในสายพันธุ์นี้ (IUCN, 2021)

สถานภาพการอนุรักษ์เสม็ดขาวของประเทศไทยจัดว่า “ยังไม่ได้รับการประเมิน” อาจเนื่องมาจากการศึกษาด้านพรรณพืชที่มีอยู่อย่างจำกัดทั้งบุคลากร ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน งบประมาณ ตลอดจนนโยบาย ส่งผลการจัดทำบัญชีรายชื่อชนิดพรรณพืชตามสถานภาพการอนุรักษ์ยังไม่เป็นระบบ (Royal Forest Department, 2021; Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2021A; Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2021B)

การศึกษานี้ด้วยหลักเกณฑ์ IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1 โดยหลักเกณฑ์ตามข้อ B ขอบเขตการกระจายทางภูมิศาสตร์ (geographic range) รูปแบบ B1 ขอบเขต

การแพร่กระจาย (extent of occurrence) พบว่าขอบเขตการแพร่กระจายของเสม็ดขาว จากแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง MaxEnt มีพื้นที่การกระจายของเสม็ดขาวมีขอบเขต เท่ากับ 13,451 ตารางกิโลเมตร และเมื่อนำมาเทียบกับเกณฑ์การกำหนดสถานภาพการอนุรักษ์ IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1 (IUCN, 2014) พบว่า สถานภาพการอนุรักษ์ของเสม็ดขาวในประเทศไทยอยู่ในเกณฑ์ “มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (vulnerable)” เนื่องจากขอบเขตการแพร่กระจายของเสม็ดขาวมีพื้นที่น้อยกว่า 20,000 ตารางกิโลเมตร ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาเฉพาะในประเทศไทยจึงได้ค่าประมาณการเพียงเท่านี้

เมื่อเทียบผลการศึกษานี้กับการศึกษาในอดีต (1991-2019) ทำให้ทราบว่าพื้นที่การกระจายของเสม็ดขาวลดลงเป็นอย่างมาก อาจเป็นผลสืบเนื่องจากโครงการพัฒนาต่าง ๆ การขยายตัวของเศรษฐกิจ สังคมเมือง ความต้องการใช้เนื้อไม้โดยปราศจากความเข้าใจถึงคุณค่า บทบาทความสำคัญ การบริหารจัดการ และปลูกทดแทนไม่ว่าจะด้วยวิธีการถูกกฎหมายอย่างการใช้ในชีวิตประจำวันของประชาชนท้องถิ่น หรือวิธีการผิดกฎหมายอย่างการลักลอบตัดไม้เสม็ดขาว ดังเช่น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น 900,000 ไร่ ในระยะเวลา 20 ปี (Land Development Department, 2020) การรุกป่าเสม็ดขาวด้วยการระบายน้ำออกเพื่อทำสวนปาล์มกว่า 1,626 ไร่ (Thairathonline, 2015; Forest Protection and Fire Control Office, 2015)

รวมทั้งลักษณะดินของป่าเสม็ดเป็นดินพรุหรือ ดินอินทรีย์ หรือ ดินพีต (peat soil) ในชั้นดินจะมีกรดฮิวมิกทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก มีซากพืชที่ผุพังและยังสลายตัวไม่หมดปะปนอยู่ ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH₄) ช่วยในการติดไฟและยากต่อการดับ

ที่สร้างความเสียหายให้แก่พรุควนเคร็ง ในปี 2562 ซึ่งเกิดไฟไหม้ถึง 88 ครั้ง สูญเสียพื้นที่ป่าไปกว่า 5,000 ไร่ โดยครั้งสำคัญเกิดในปี 2540 ที่ป่าพรุบาเจาะมีพื้นที่พรุถูกไฟไหม้ประมาณ 7,000 ไร่ และในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ปี 2541 เกิดไฟไหม้ป่าพรุโต๊ะแดง เสียหายไปถึง 14,837 ไร่ (Thai Environmental Corporation Foundation, 2011)

ทั้งนี้ต้นเสม็ดขาวเป็นพรรณไม้ที่ยังไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้ประโยชน์มากนัก รวมทั้งไม่มีกฎหมายคุ้มครองจึงถูกมองข้ามความสำคัญ ทำให้เกิดการแผ้วถางป่าเสม็ดขาวเพื่อการใช้ประโยชน์พื้นที่หรือการตัดโค่นเพื่อใช้ประโยชน์ไม้เสม็ดขาวโดยตรงที่ไม่มีการบริหารจัดการ การปลูกทดแทน ส่งผลต่อการลดลงอย่างรวดเร็วของป่าเสม็ดขาว

สรุป

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อม และพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้นเสม็ดขาวในประเทศไทย

การสร้างแผนที่ความน่าจะเป็นความเหมาะสมพื้นที่ต่อการกระจายของเสม็ดขาวในประเทศไทย จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง MaxEnt มีขอบเขตพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายสูงสุด เท่ากับ 13,451 ตารางกิโลเมตร ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 84 พบการกระจายใน 24 จังหวัด โดยภาคตะวันออก 5 จังหวัด ภาคใต้ฝั่งตะวันออก 13 จังหวัด ภาคใต้ฝั่งตะวันตก 6 จังหวัด และจังหวัดที่พบพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของเสม็ดขาวมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ปัจจัยทางด้านนิเวศที่มีความสำคัญต่อการกระจายของเสม็ดขาวมากที่สุด คือ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล รองลงมาคือความใกล้ไกลจากทะเล ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความขึ้นสัมพัทธ์สูง กลุ่ม

ชุดประเภทดินเปรี้ยว ดินทราย ที่มีชั้นดินอินทรีย์ภายในความลึก 100 เซนติเมตร ดินพรุ ลักษณะเป็นดินที่พบตามบริเวณหาดทรายเก่าหรือสันทรายเก่าตามแนวชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของภาคใต้และพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก รวมทั้งมีปริมาณน้ำฝนรายปีมาก

การประเมินสถานภาพการเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของเสม็ดขาว พบว่าในระดับโลกอยู่ในเกณฑ์ “มีความเสี่ยงน้อย (least concerned)” ส่วนในประเทศไทยความเดิม “ยังไม่ได้รับการประเมิน (not evaluated)” สำหรับการศึกษาครั้งนี้เสม็ดขาวในประเทศไทยจัดอยู่ในเกณฑ์ “มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (vulnerable)” เนื่องจากขอบเขตการแพร่กระจายของเสม็ดขาวมีพื้นที่น้อยกว่า 20,000 ตารางกิโลเมตร

REFERENCES

- Aksornkoe, S., 1992. **Mangrove**. Chalongrat Company Limited, Bangkok.
- Boland, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton and S.H. Spurr. 1997. **Forest Ecology**. 4 ed., Wiley and Sons, Inc. New York.
- Bunyavejchewin, S. and R. Buasalee, 2011. **Ecology and Flora of Mangrove Forests**. The Rabbit in the Moon Foundation, Thailand.
- Forest Protection and Fire Control Office. 2015. **Manual Guidelines for Solving Forest Fires and Smog Thale Noi Waterfowl Reserve**, Phatthalung. (in Thai)
- Forestry Research Center. 1999. **Management Plan Wildlife Refuges Pa Phru To Daeng Narathiwat**, Faculty of Forestry Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

- Gradner, S., P. Sittisuntorn, and K. Chayamit, 2018. **Mai Pa Pak Tai (3)**. Amarin Printing and Publishing Public Company Limited, Bangkok. (in Thai)
- Haruthaithanasan, M., R. Punsiri, P. Kuntuangkul, W. Supamitmongkol, and V. Luangviriyasaeng, 2016. **Literature Review of Fast Growing Species Planting for Establishment of Road Map of Research on Fast Growing Species Planting for Energy**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- International Union for Conservation of Nature. 2014. **Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- International Union for Conservation of Nature. 2021. **The IUCN Red List of Threatened Species *Melaleuca cajuputi***. Available Source: <https://www.iucnredlist.org/species/73231040/135987383>, July 17, 2021.
- Land Development Department. 2019A. **Coordinate Universal Transverse Mercator (X) (Shape file)**. Land Development Department, Bangkok.
- Land Development Department. 2019B. **Distance from the sea (Shape file)**. Land Development Department, Bangkok.
- Land Development Department. 2020A. **Management of Soil Data**. Available Source: https://www.ddd.go.th/Web_Soil/organic.htm, December 4, 2020. December 4, 2020.
- Land Development Department. 2020B. **Map Land Use**. Land Development Department, Bangkok.
- Land Development Department. 2020C. **Map Soil**. Land Development Department, Bangkok.
- Liu, C., P.M. Berry, T.P. Dawson and R.G. Pearson. 2005. Selecting threshold of occurrence in the prediction of species distribution. **Ecography** 28: 385-393.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2021A. **List of Critically Endangered and Rare Plant Species and Endemic Species**. Available Source: http://chm-thai.onep.go.th/resources/red_plant.php, April 14, 2021. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2021B. **Management Plan Biological Diversity**. Available Source: <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER38/DRAWER027/GENERAL/DATA0000/00000134.PDF>, April 14, 2021. (in Thai)
- Meteorological Department of Thailand. 2020A. **Average Temperature** (Microsoft Excel). Meteorological Department of Thailand, Bangkok.

- Meteorological Department of Thailand. 2020B. **Annual Fainfall** (Microsoft Excel). Meteorological Department of Thailand, Bangkok.
- Meteorological Department of Thailand. 2020C. **Relative Humidity** (Microsoft Excel). Meteorological Department of Thailand.
- NASA Alaska Satellite Facility. 2020. **Digital Elevation Model**. Available Source: <https://asf.alaska.edu/>, January 01, 2020.
- Nuyim, T, and B. Boonchub, 1999. **Melaleuca cajuputi Powell**. Academic Press, Pa Phru To Daeng Sunwichai Lae Sueksa Thammachat Pa Phru Sirindhorn. Narathiwat. (in Thai)
- Nuyim, T. 2001. **Potentiality of Melaleuca cajuputi Powell Cultivation to Develop for Economic Plantation Purpose**, Royal Forest Department, Bangkok.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson and R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecolo. Model.** 190(3-4): 231-259.
- Phillips, J. S. and M. Dudik. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: New extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography** 31: 756-769.
- Pholpoke, S. 2001. **Morphological Variation and Natural Regeneration Ability of Melaleuca cajuputi Powell in Different Sites, Eastern Part of Thailand**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2017. **Atrategics of Royal Forest Department (2017-2032)**. Available Source: http://forestinfo.forest.go.th/Content/file/strategic_20year_2560-2579.pdf, November 13, 2019.
- Santisuk T. and K. Larsen, 2002. **Flora of Thailand vol. 7 part 4**, The Forest Herbarium, National Park, Wildlife and Plant Conservation Department, Bangkok.
- Sasaki, S., H. Yagi, T. Yamanoshita, M. Masumori, K. Kojima, T. Tange, T. Nuyim, T. and C. Niyomdham. 1995. Reforestation trial of degraded peat swamp forest and sand dune in Narathiwat, Thailand. pp. 55-61 *In* P. Vijarnsorn, ed. **the International Workshop on Global Environmental Studies on Greenhouse Gas Emission and Tropical Peat Swamp in Southeast Asia**, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan.
- Sonthivanit, V. and S. Benjachaya, 1999. **Utilization of Melaleuca cajuputi Powell. for Wood-Working in Community**. Royal Forest Department of Thailand, Bangkok. (in Thai)
- Thairathonine. 2015. **DSI Attached to 700 Rai of Samet Forest by Capitalists**.

- Available Source: <https://www.thairath.co.th/news/local/533675>, February 11, 2021. (in Thai)
- Thai Engineering Consultants. 1998. **Study Project Conservation and Protected Area Wetland Thale Noi Waterfowl Reserve**. Bangkok. (in Thai)
- Thai Environmental Corporation Foundation. 2011. **Swamp Fire**. Available Source: <http://www.envcorpthai.com/news/detail.php?id=37>, June 24, 2021. (in Thai)
- Trisurat, Y., B. Kanchanasaka, and H. Kreft, 2014. Assessing potential effects of land use and climate change on mammal distributions in northern Thailand. **Wildl. Res.** 41: 522-536.
- USGS Earth Explorer. 2020. **Satellite Imagery from Terra MODIS**. Available Source: <https://earthexplorer.usgs.gov/>, January 01, 2020.
-