

แบบจำลองทางภูมิศาสตร์ ผลการศึกษา

พบว่าในพื้นที่ป่าเต็งรัง โครงการพัฒนาบ้านโป่งฯ มีการกระจายของจำนวนต้นกล้าฝักหวานป่าทั่วพื้นที่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบจำนวนกล้าฝักหวานป่า 361 ต้นต่อเฮกเตอร์ การประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมตามปัจจัยแวดล้อมพบว่า พื้นที่ทั้งหมด 589.76 เฮกเตอร์ (3,686 ไร่) เป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการกระจายของฝักหวานป่าในระดับปานกลางมากที่สุดจำนวน 388.76 เฮกเตอร์ (2,429.75 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 65.92 ของพื้นที่ รองลงมาได้แก่พื้นที่เหมาะสมมากจำนวน 116 เฮกเตอร์ (725 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 19.67 ของพื้นที่ และพื้นที่เหมาะสมน้อย 85 เฮกเตอร์ (532.25 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 14.41 ของพื้นที่ ตามลำดับ โดยปัจจัยแวดล้อมที่เป็นตัวกำหนดการกระจายของฝักหวานป่าแบ่งเป็นปัจจัยที่มีผลเชิงบวกคืออนุภาคนาขนาดทราย ทองแดงที่เป็นประโยชน์ และแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงลบคือ ความลาดชัน ความห่างไกลจากแหล่งน้ำ และความเป็นกรด-ด่างของดิน นอกจากนี้ยังพบปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่มีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนต้นแม่ของฝักหวานป่า ก่อแพะ และแสงกลางแจ้ง ที่เป็นชนิดไม้ชั้นเรือนยอดรองของป่าเต็งรังอีกนัยหนึ่ง ผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการพื้นที่ป่า และการฟื้นฟูประชากรของฝักหวานป่าในพื้นที่ให้เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: ฝักหวานป่า, ปัจจัยแวดล้อม, ป่าเต็งรัง, ถิ่นอาศัยที่เหมาะสม

ABSTRACT

The objective of this research was to assess habitat suitability of *Melientha suavis* (Phak Wan Pa) based on some environmental factors related to *M. suavis* distribution in the study area within deciduous dipterocarp forest (DDF) at Ban Pong development project area of Royal Initiative Project, San Sai district, Chiang Mai province. For this purpose, 45 systematic temporary plots were established and data on topographical conditions and soil properties were collected. The relationship among the collected data were analyzed using a generalized linear model, which were used in combination with an assessment of geographic information system to evaluate the habitat suitability of *M. suavis*. The results indicated that *M. suavis* distributed densely within the DDF. The number of seedlings was not significant different among plots, whereby the number of seedlings found in the study area was 361 individuals/ hectare. Of the 589.76 hectare (3,686 rai) under study, 388.76 hectare (2,429.75 rai) were found to be moderately suitable for *M. suavis* (65.95 % of total area), 116 hectare (725 rai) were classified as highly suitable (19.67 % of total area), and 85 hectare (532.25 rai) were slightly suitable for *M. suavis* distribution (14.41 % of total area). Environmental factors that were positively associated with *M. suavis* distribution consisted of sandy texture, extractable form of manganese (Mn) and extractable form of copper (Cu), while negatively associated factors were slope, distant from natural stream and soil pH. It was also observed that there was a positive trend for mature *M. suavis* to be associated with *Quercus kerii* or *Wendlandia paniculate*, both of which were the co-dominance tree species of the DDF. The results of this study can be applied to forest management and population restoration of *M. suavis* in the area based on habitat suitability.

Key words: *Melientha suavis*, environmental factors, deciduous dipterocarp forest, habitat suitability

บทนำ

ผักหวานป่าเป็นพืชอาหารป่า (Edible plant) ชนิดหนึ่งที่มีรสชาติหวานอร่อย และถูกใช้ประโยชน์มาเป็นเวลายาวนาน ทั้งเป็นแหล่งอาหาร และแหล่งรายได้ให้แก่ชุมชนที่อยู่ใกล้พื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ (Yotapukdee *et al.*, 2015) โดยผักหวานป่าสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งใบอ่อน ยอดอ่อน และช่อผลมาบริโภค ถิ่นการกระจายตามธรรมชาติของผักหวานป่าพบได้ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือเอเชียอาคเนย์ (Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 2010) สำหรับประเทศไทยพบผักหวานป่าในทั่วทุกภาค แต่บริเวณที่พบผักหวานป่ากระจายอยู่มากที่สุดคือ ป่าธรรมชาติในภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ (Marod and Kutintara, 2009; Semsanthat and Panoi, 2009) ทั้งนี้พื้นที่ป่าในจังหวัดเชียงใหม่ เช่น ป่าชุมชน ป่าฟื้นฟูตามแนวพระราชดำริ หรือป่าสงวนแห่งชาติถือเป็นพื้นที่หนึ่งที่อนุญาตให้เก็บหาของป่า (Non-forest timber product) (Royal Forest Department, 2019) โดยเฉพาะผักหวานป่าที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และสร้างรายได้อย่างมากในช่วงฤดูการเก็บหาในปัจจุบัน (Pileuk *et al.*, 1997; Prathepha, 2000)

ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre) จัดอยู่ในวงศ์ Opiliaceae เป็นพืชป่าที่มีนิเวศวิทยาแตกต่างจากพืชป่าชนิดอื่น มักปรากฏหนาแน่นในบริเวณที่ลาดเชิงเขาที่เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) เป็นหลัก และมีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 200 เมตร (Lutteerasuwan *et al.*, 2015) หรืออาจพบในบริเวณที่ดอนสูง พื้นที่โคก สภาพดินลูกรังที่มีความสมบูรณ์ต่ำ มีลักษณะกรวดลูกรังและดินดาน ที่ระบายน้ำได้ดี (Semsanthat and Panoi, 2009)

การแตกยอดตามธรรมชาติแตกได้ปีละครั้ง ซึ่งชาวบ้านมักมีกรรมวิธีการเร่งการแตกยอดของผักหวานป่า เช่น การอาศัยไฟป่าช่วยกระตุ้นการแตกยอด (Naruangsri *et al.*, 2014) การตัดสาง (Pruning) และตัดลำต้นให้เตี้ยเพื่อสะดวกในการเก็บหาของชุมชนที่อยู่ใกล้พื้นที่ป่า (Lutteerasuwan *et al.*, 2015) ในประเทศไทยนั้น การแพร่กระจายของผักหวานป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจะแพร่กระจายด้วยเมล็ด ซึ่งต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการขยายพันธุ์ (Naruangsri *et al.*, 2014) และในปัจจุบันมีการปลูกผักหวานป่าในพื้นที่เอกชนหรือที่ดินเอกสารสิทธิ์อย่างกว้างขวางเพื่อรองรับการตลาดของยอดผักหวานป่าที่มีราคาแพง อย่างไรก็ตามพบว่า การปลูกผักหวานป่ายังไม่ค่อยประสบความสำเร็จเนื่องจากค่อนข้างมีอัตราการงอกต่ำหากปัจจัยแวดล้อมไม่เหมาะสม (Pileuk *et al.*, 1997) หรือมีการตั้งตัวยากในช่วงต้นของการเติบโต (Lutteerasuwan *et al.*, 2015) และยังขาดการวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับคุณสมบัติของปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการตั้งตัว และกระจายของผักหวานป่า สำหรับพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งอ้นเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ มีสภาพพื้นที่เป็นป่าเต็งรังธรรมชาติที่มีผักหวานป่าปรากฏในสังคมพืชอย่างหนาแน่น อีกทั้งเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ในการเก็บหาผักหวานป่าเพื่อการบริโภคและจำหน่ายของชุมชนที่อยู่โดยรอบมาเป็นเวลายาวนาน ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระหว่างการกระจายตามธรรมชาติ ตามความผันแปรของปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกระจายของผักหวานป่า โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยชีวภาพ (Biotic factors) และปัจจัยกายภาพ (Abiotic factors) ต่อการปรากฏของผักหวานป่า และการประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของผักหวานป่าในพื้นที่ป่าเต็งรังของพื้นที่โครงการ

พัฒนาบ้านโป่งฯ ซึ่งผลการศึกษสามารถประยุกต์ใช้กับการฟื้นฟูโดยการปลูกผักหวานป่าตามธรรมชาติตามถิ่นอาศัยที่เหมาะสม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับผักหวานป่าเพื่อการจัดทำสวนผักหวานป่าของภาคเอกชนหรือผู้ประกอบการต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการวิจัยในพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งอันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ 3,686 ไร่ (589.76 เฮกตาร์ หรือ 5.90 ตารางกิโลเมตร) ตั้งอยู่ในตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยพื้นที่โครงการอยู่ภายใต้พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย กรมป่าไม้ (ภาพที่ 1)

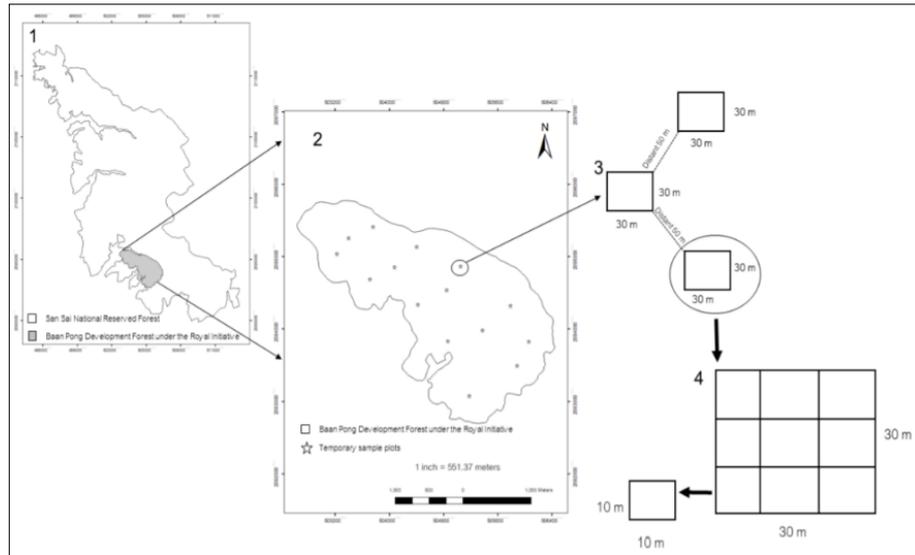
2. วิธีการรวบรวมข้อมูลการวิจัย

1) ศึกษาจำนวนของต้นผักหวานป่า โดยวางแปลงชั่วคราวแบบการสุ่มเป็นระบบ (Systematic sampling) จากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย 3 แนวสำรวจ (โดยแต่ละแนวสำรวจวางจุดสำรวจห่างกัน 500 เมตร และในแต่ละแนวห่างกัน 200 เมตร) รวมจุดสำรวจทั้งหมด 15 จุด ซึ่งในแต่ละจุดมีการวางแปลงชั่วคราว (Temporary plot) ขนาด 30 เมตร × 30 เมตร จำนวน 3 แปลงสำรวจ แต่ละแปลงสำรวจห่างกัน 50 เมตร ซึ่งทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 เมตร × 10 เมตร จำนวน 9 แปลงย่อยใน 1 แปลงสำรวจ เพื่อทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบของชนิดไม้ในแต่ละ

แปลงย่อย ด้วยการจำแนกชนิดพรรณไม้ และบันทึกจำนวนต้นกล้าของผักหวานป่าในแปลงสำรวจทุกต้น โดยผักหวานป่าที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร จะระบุว่าเป็นกล้าไม้ของผักหวานป่า และ 1 กอที่มีเหง้าเดียวกันนับเป็น 1 กล้าไม้ (ต้น) (ภาพที่ 1)

2) ทำการรวบรวมข้อมูลปัจจัยด้านแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิประเทศได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) ทิศด้านลาด (Aspect) และความลาดชัน (Slope) จากแผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital elevation model, DEM) ที่ความละเอียด 30 เมตร × 30 เมตรของพื้นที่ศึกษา ในส่วนและระยะห่างของแปลงตัวอย่างจากลำน้ำธรรมชาติ (Distance to natural streams) จากข้อมูลเส้นลำน้ำในประเทศไทย โดยองค์กรเทคโนโลยีอากาศและภูมิสารสนเทศ

3) ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวน โครงสร้างดินในชั้นบน (Top soil layer) ที่ 0-15 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลสมบัติต่างๆ ของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ไนโตรเจนในดิน (N) ฟอสฟอรัสในดิน (P) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca) สังกะสีที่เป็นประโยชน์ (Zn) แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Mn) ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (Cu) แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg) อนุภาคขนาดทราย (Sand) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (Silt) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (Clay) ในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา; (1) ป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (2) พื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งฯ และการวางจุดสำรวจแบบเป็นระบบ และ (3) แปลงสำรวจ และแปลงย่อยในการสำรวจผักหวานป่า

3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของจำนวนกล้าผักหวานป่าที่ปรากฏใน 15 จุดสำรวจ โดยการทดสอบความแตกต่างจำนวนต้นกล้าของผักหวานป่า ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (non-parametric test) ด้วยวิธีการแบบ Kruskal wallis test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

2) ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ระหว่างจำนวนต้นกล้าผักหวานป่า และปัจจัยสิ่งแวดล้อมชีวภาพ (Biotic factors) คือ จำนวนต้นไม้ทั้งหมด (Total stem density) พื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมดของต้นไม้ในแปลงสำรวจ (Total basal area of trees) และจำนวนต้นไม้ของแต่ละชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมดและปัจจัยกายภาพ (Abiotic factors) คือ ด้านสภาพภูมิประเทศ และด้านสมบัติของดิน โดย

พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปรากฏของกล้าผักหวานป่า โดยใช้จำนวนกล้าผักหวานป่า กับปัจจัยแวดล้อม ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธีการแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศ สมบัติดินกับการปรากฏของผักหวานป่า (ความสัมพันธ์เชิงลบหรือเชิงบวก) โดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระเป็นปัจจัยสภาพภูมิประเทศ และสมบัติดินในแต่ละแปลง (17 ปัจจัยข้างต้น) ตัวแปรตาม เป็นจำนวนกล้าของผักหวานป่าที่พบในแต่ละจุดสำรวจ โดยมีหลักเกณฑ์การคัดเลือกสมการที่สามารถอธิบายแบบจำลองได้อย่างเหมาะสม พิจารณาเลือกจากสมการที่มีค่า Akaike's information criterion (AIC) น้อยที่สุด (Ripley *et al.*, 2020) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R version 3.3.1 ดังสมการต่อไปนี้

สมการ $Y = \text{<glm (total seedling of } Melientha suavis \sim x_1 + x_2 + \dots + x_{17}, \text{ family = gaussian (link=identity))}$

โดยที่ x_1 = ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation), x_2 = ทิศด้านลาด (Aspect), x_3 = ความลาดชัน (Slope), x_4 = ระยะห่างของแปลงตัวอย่างจากลำน้ำธรรมชาติ (Distance to streams), x_5 = ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH), x_6 = อินทรีย์วัตถุในดิน (OM), x_7 = ไนโตรเจนในดิน (N), x_8 = ฟอสฟอรัสในดิน (P), x_9 = โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K), x_{10} = แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca), x_{11} = สังกะสีที่เป็นประโยชน์ (Zn), x_{12} = แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Mn), x_{13} = ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (Cu), x_{14} = แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg), x_{15} = อนุภาคขนาดทราย (%Sand), x_{16} = อนุภาคขนาดทรายแป้ง (%Silt) และ x_{17} = อนุภาคขนาดดินเหนียว (%Clay)

4) การประเมินดินที่อยู่ที่เหมาะสมต่อการปรากฏของฝักหวานป่า โดยดำเนินการด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic operations) โดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปในข้อ 3 มาวิเคราะห์เพื่อหาถิ่นที่อยู่ที่เหมาะสมของฝักหวานป่า ด้วยการประเมินค่าช่วง (Interpolation) ด้วยวิธีการ Kriging ซึ่งเป็นวิธีการประเมินค่าโดยการสันนิษฐานจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างแต่ละจุด ให้ทั้งพื้นที่ศึกษา มีค่าต่างๆ จากการประเมินค่าจากจุดแปลงที่มีข้อมูล โดยเป็นการเฉลี่ยค่าข้อมูลนั้นๆ ร่วมกับ ระยะทางระหว่างจุดที่มีข้อมูล ซึ่งมักใช้ในการประเมินค่าช่วงของงานทางปฐพีศาสตร์ และธรณีวิทยา (Jirakajohnkool, 2009) โดยการวิเคราะห์ในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arc. GIS) version 10.5 และใช้หลักการของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์กำหนดพื้นที่การกระจายของฝักหวานป่า ในระดับมาก ปานกลาง และน้อย-ไม่พบ โดยวิธีการซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlaying) ระหว่างข้อมูลปัจจัยพื้นฐานต่างๆ ที่อยู่ในรูปแบบของแบบจำลองเชิงภาพที่มีความสำคัญตามสมการที่

ได้จากการวิเคราะห์และผลที่ได้จะเป็นการสร้างชั้นข้อมูลใหม่ด้วยกัน เป็นการกำหนดพื้นที่ซึ่งมีโอกาสที่พบการกระจายของฝักหวานป่าโดยกำหนดเป็น 3 ระดับ โดยใช้ความเหมาะสมของปัจจัยแวดล้อมร่วมกับความหนาแน่นของการกระจายของกล้าฝักหวานป่า กล่าวคือ ศักยภาพเหมาะสมมาก (High potential suitability) เหมาะสมปานกลาง (Moderate potential suitability) และเหมาะสมน้อย (Low potential suitability) และทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการทดสอบกับพื้นที่จริง ซึ่งใช้จุดสุ่มตัวอย่างที่ได้กันไว้ก่อนสร้างแบบจำลอง (ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด) เพื่อทดสอบความถูกต้อง และนำมาทดสอบภายหลังจากได้แผนที่ถิ่นที่อยู่ที่เหมาะสมต่อการปรากฏของฝักหวานป่า จุดที่ปรากฏศักยภาพเหมาะสมมากจะถูกนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าแบบจำลองมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดด้วยสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) (Jenness and Wynne, 2005) โดยการวิเคราะห์ในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arc. GIS) version 10.5 และแสดงออกเป็นแผนที่ทางภูมิศาสตร์

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. นิเวศวิทยาของฝักหวานป่า และความแตกต่างของกล้าฝักหวานป่า

จากการวางแผนแปลงจำนวน 45 แปลงสำรวจในจุดสำรวจทั้งหมด 15 จุด พื้นที่ป่าเต็งรัง โครงการพัฒนาบ้านโป่งฯ อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบชนิดไม้วงศ์ประกะบที่ที่เป็นนิเวศวิทยาของพื้นที่ที่พบฝักหวานป่าตามธรรมชาติทั้งหมด 51 ชนิด 37 สกุล ใน 27 วงศ์ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดในพื้นที่รวม 47.73 ตารางเมตร โดยมีจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 1,688 ต้น ชนิดพันธุ์ไม้เด่นเป็นกลุ่มไม้วงศ์ยางผลัดใบ (Deciduous Dipterocarpaceae species) เช่น ยางเหียง

(*Dipterocarpus obtusifolius*) รั้ง (*Shorea siamensis*) และเต็ง (*Shorea obtusa*) ซึ่งในพื้นที่ศึกษาพบกล้าฝักหวานป่าจำนวน 488 ต้น คิดเป็น 361 ต้นต่อเฮกแตร์ โดยจุดสำรวจที่ 14 พบจำนวนต้นกล้าของฝักหวานป่ามากที่สุดถึง 60 ต้น และจุดสำรวจที่ 7 มีจำนวนต้นกล้าแปลงฝักหวานป่าน้อยที่สุดที่ 2 ต้น (ตารางที่ 1) ซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.53 ± 18.57 ต้นต่อจุดสำรวจ

เมื่อนำมาทดสอบความแตกต่างในแต่ละแปลงสำรวจ - วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Kruskal Wallis Test พบว่า จำนวนต้นของกล้าฝักหวานป่าในแต่ละแปลงตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) เนื่องจากจำนวนต้นกล้าฝักหวานป่าใน 15 จุดสำรวจ แต่ละจุดสำรวจมี 3 แปลงนั้น มีจำนวนฝักหวานป่าที่ค่อนข้างแตกต่างกันมาก เช่น จุดสำรวจที่ 1 ในแปลงย่อยที่ 1, 2 และ 3 มีจำนวนกล้าฝักหวานป่าเท่ากับ 28, 12 และ 4 ต้นตามลำดับ

ทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard division, SD) มีค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่สูง (ตารางที่ 1)

ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ป่าเต็งรังในจุดสำรวจทั้งหมดมีการจัดการพื้นที่แตกต่างกัน เช่น การป้องกันไฟป่า พฤติกรรมการเก็บหาของป่าที่รบกวนต้นแม่ (Mature tree) ของฝักหวานป่าทำให้ขาดช่วงในการกระจายของเมล็ดตามธรรมชาติ ตลอดจนความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อมทางธรรมชาติจึงมีผลต่อการปรากฏกล้าฝักหวานป่าในพื้นที่ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Naruangsri *et al.* (2014) ที่พบว่าจำนวนฝักหวานป่าไม่มีความแตกต่างกันในพื้นที่ป่าเต็งรังที่มี และไม่มีไฟป่าในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้และเขื่อนแม่กวงอุดมธารา อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นข้อยืนยันว่าไฟป่าไม่ใช่ปัจจัยเร่งการเจริญเติบโต หรือการกระจายพันธุ์ของฝักหวานป่าตามธรรมชาติ แต่อาจเกิดจากปัจจัยแวดล้อมด้านอื่นๆ เป็นต้น

ตารางที่ 1 การทดสอบความแปรปรวนด้วยวิธี Kruskal-Wallis method ของความแตกต่างจำนวนต้นกล้าฝักหวานป่า (*Melientha suavis*) ในพื้นที่ศึกษา

จุดสำรวจ	จำนวนกล้าฝักหวานป่า
1	14.7±10.0
2	1.7 ± 2.4
3	5.7 ± 4.5
4	12.3 ± 2.1
5	5.3 ± 2.1
6	7.3 ± 4.1
7	0.7 ± 0.9
8	13.7 ± 7.8
9	15.0 ± 8.8
10	4.3 ± 4.8
11	11.7 ± 9.4
12	16.7 ± 6.2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

จุดสำรวจ	จำนวนกล้าฝักหวานป่า
13	15.3 ± 5.2
14	20.0 ± 4.1
15	18.3 ± 11.0
Kruskal-Wallis chi-squared	24.506 ^{ns}
P-value	>0.05

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกล้าฝักหวานป่ากับปัจจัยแวดล้อมบางประการ

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกล้าฝักหวานป่ากับปัจจัยแวดล้อมบางประการทั้งปัจจัยชีวภาพ และกายภาพพบว่า

1) ปัจจัยชีวภาพ (Biotic factors) พบความสัมพันธ์ของจำนวนกล้าฝักหวานป่ามีความสัมพันธ์กับชนิดไม้ (Tree species) จำนวน 4 ชนิด จาก 51 ชนิด โดยพิจารณาจากความหนาแน่นของจำนวนต้น (Tree density) สามารถแบ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก (Positive correlation) 3 ชนิดคือ จำนวนต้นของฝักหวานป่า (*Melientha suavis*) จำนวนต้นของก่อแพะ (*Quercus kerii*) จำนวนต้นของแข่งกวางดง (*Wendlandia paniculata*) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ในเชิงบวกระดับปานกลาง (Positive moderate correlation) ค่าสหสัมพันธ์ (r) = 0.55, 0.55 และ 0.64 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และมีความสัมพันธ์เชิงลบ (Negative correlation) ร่วมกับชนิดไม้ 1 ชนิดคือ จำนวนต้นกุ่มหรืออ้อยช้าง (*Lannea coromandelica*) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ในเชิงลบระดับอ่อนข้างต่ำ (Negative weak correlation) กับการปรากฏของกล้าฝักหวานป่า $r = -0.18$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 2) ผล

การศึกษาข้างต้นกล่าวได้ว่า การปรากฏของต้นกล้าฝักหวานป่าสัมพันธ์กับจำนวนไม้ต้นที่เป็นแม่ไม้ของฝักหวานป่ามากที่สุด อาจสืบเนื่องจากการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ ที่สามารถให้ส่วนสืบพันธุ์เจริญเติบโตเป็นกล้าไม้หรือต้นไม้ใหญ่ของฝักหวานป่าได้ดีในอนาคต อย่างไรก็ตามยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับต้นก่อแพะ และแข่งกวางดง ซึ่งเป็นกลุ่มชนิดไม้รอง (co-dominant species) ในป่าเต็งรังผลัดใบที่มักพบในพื้นที่ค่อนข้างแล้ง และมีฤดูกาลผลัดใบที่ชัดเจนในฤดูผลัดใบ (Marod and Kutintara, 2009) อาจอนุมานยืนยันได้ว่ากลุ่มกล้าของฝักหวานป่าสัมพันธ์กับกลุ่มไม้ผลัดใบที่เรือนยอดโปร่ง และมีฤดูกาลผลัดใบที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามมีความสัมพันธ์เชิงลบกับต้นกุ่มหรืออ้อยช้างที่เป็นไม้ผลัดใบแต่มีขอบเขตการกระจายที่กว้างถึงป่าผสมผลัดใบ และมักพบตามพื้นที่ค่อนข้างชื้น (BKF Forest herbarium, 2000) อาจอนุมานได้ว่าพื้นที่ที่ปรากฏต้นกุ่มนั้นอาจไม่เหมาะสมกับการตั้งตัวหรือปรากฏของกล้าฝักหวานป่า อย่างไรก็ตามต้องมีการศึกษาวิจัยปัจจัยด้านอื่นๆ เพื่อยืนยันผลการศึกษาดังกล่าว

2) ปัจจัยกายภาพ (Abiotic factors) พบว่าจำนวนกล้าของฝักหวานป่ามีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านกายภาพ 2 ปัจจัย สามารถแบ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก (Positive correlation) 1 ปัจจัยคือ แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Mn) มีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับ

ปานกลาง (Positive moderate correlation) กับการปรากฏของกล้าฝักหวานป่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีความสัมพันธ์เชิงลบ (Negative correlation) 1 ปัจจัยคือ ความลาดชัน (Slope) กล่าวคือ ความลาดชันมีความสัมพันธ์เชิงลบระดับปานกลาง (Negative moderate correlation) กับการปรากฏของกล้าฝักหวานป่า $r = -0.56$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการศึกษาสามารถระบุถึงการกระจายพันธุ์ของฝักหวานป่าที่มีการสืบพันธุ์โดยเมล็ดเป็นหลัก (Lutteerasuwan *et al.*, 2015) โดยมีลักษณะของผลเป็นรูปแบบผลเมล็ดเดี่ยวแข็ง (Drupe) ทรงไข่-รี ขนาดกว้าง 1-1.5 เซนติเมตร และยาว 2-3 เซนติเมตร (Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 2010) อาจเกี่ยวข้องกับรูปแบบการร่วงหล่นของผลสุกที่อาศัยความลาดชันในการนำพาเมล็ดไปในพื้นที่ความลาดชันน้อยๆ หรืออาจเรียกว่ามีการกระจายตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านกายภาพอื่นๆ อาจไม่มีความแตกต่างกันมากในพื้นที่ศึกษา และเป็นพื้นที่ป่าเต็งรังผืนเดียวกันหมดสามารถระบุได้ว่าพื้นที่นิเวศวิทยาของฝักหวานป่าในพื้นที่ศึกษามีปัจจัยแวดล้อมด้านสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการกระจายของฝักหวานป่าตามธรรมชาติทั่วพื้นที่

แต่ความหนาแน่นของกล้าฝักหวานป่านั้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแม่ไม้มันเอง และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความลาดชันของพื้นที่ศึกษา ในส่วนของธาตุอาหารคือ แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Mn) เป็นธาตุอาหารรองที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืช สังเคราะห์ ควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่จะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ยิ่งขึ้น โดยปกติแล้วธาตุอาหารรองในดินจะมีน้อยตามดินธรรมชาติ (Osotsapha, 2015)

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝักหวานป่ากับปัจจัยชีวภาพ พบว่าฝักหวานป่าไม่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มชนิดไม้วงศ์ยางผลัดใบที่เป็นเรือนยอดชั้นบน ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ (Martthong *et al.*, 2017; Chokthaweeapanich *et al.*, 2019) ที่กล่าวว่าจำนวนต้นของฝักหวานป่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนต้น และพื้นที่หน้าตัดของไม้รัง (*Shorea siamensis*) ในส่วนของปัจจัยชีวภาพนั้นโดยเฉพาะสภาพภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อการกระจายของต้นฝักหวานป่า สอดคล้องกับการศึกษา (Lutteerasuwan *et al.*, 2015; Fuangpean and Pampasit, 2018) ที่กล่าวว่าฝักหวานป่ามักพบในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 200 เมตร และในพื้นที่ค่อนข้างราบมากกว่าพื้นที่ลาดชันสูง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการกระจายโดยเมล็ดของฝักหวานป่า รวมไปถึงลักษณะสมบัติดินที่เหมาะสมแก่การระบายน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกล้าผักหวานป่า และปัจจัยแวดล้อมบางประการ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

ปัจจัยแวดล้อม	Pearson Correlation (R^2)
ปัจจัยชีวภาพ	
จำนวนต้นแม่ไม้ผักหวานป่า	0.55*
จำนวนต้นกอแพะ	0.55*
จำนวนต้นแข่งกวางคง	0.64*
จำนวนต้นกุ่มหรืออ้อยช้าง	-0.18*
ปัจจัยกายภาพ	
ความลาดชัน	-0.56*
แมงกานีสที่เป็นประโยชน์	0.45*

หมายเหตุ: * p -value < 0.05

3. การระบุปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการปรากฏของกล้าผักหวานป่า

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกล้าผักหวานป่ากับปัจจัยแวดล้อม ด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM) พบว่า อนุภาคขนาดทราย (% sand) ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (Cu) และแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Mn) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($p < 0.001$) กับการปรากฏหรือการตั้งตัวของกล้าผักหวานป่า ความลาดชัน (slope) ระยะห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (distant of natural stream) และความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการปรากฏหรือการตั้งตัวของกล้าผักหวานป่าอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($p < 0.001$) (ตารางที่ 3) การมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความลาดชันคือ พื้นที่พบหรือจะส่งเสริมให้มีการปลูกเสริมไม่ควรมีระดับความลาดชันที่สูงมาก (ที่ราบเป็นหลัก) ซึ่งสัมพันธ์กับการระบายน้ำของพื้นที่ปลูก ทั้งนี้ผลการศึกษาสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปัจจัยชีวภาพในผลการศึกษาคือที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการ

ปรากฏของกล้าผักหวานป่าที่มีการกระจายหนาแน่นมากนั้น จะอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มากนัก (ร้อยละ 11.5 ± 0.7) ในส่วนของเนื้อดิน (Soil texture) ร้อยละอนุภาคขนาดทราย (Sand texture) ที่ค่อนข้างสูงซึ่งเป็นอนุภาคหลัก พื้นที่ที่ไม่ไกลจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ และความเป็นกรดของดินค่อนข้างเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีเนื้อดินทรายส่วนใหญ่มักมีความเป็นกรด ซึ่งเป็นปกติของพื้นที่ป่าเต็งรังในประเทศไทยที่มีอนุภาคขนาดทรายมากเกินร้อยละ 50 (BKF Forest herbarium, 2000; Marod *et al.*, 2019) ทั้งนี้ยังปรากฏในพื้นที่ที่ธาตุอาหารรองคือ ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) ที่ในพื้นที่มีระดับค่อนข้างต่ำมีผลทางบวกหรือสัมพันธ์กับ 2 ธาตุอาหารรองนี้ ดังมีรายงานว่าความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ในดิน มีความสำคัญต่อพืชทางอ้อมในการสร้างส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชช่วยเพิ่มโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ และป้องกันการถูกทำลายส่วนสีเขียวทั้งเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยในพืชซึ่งมีผลต่อการปรุงอาหารยังผลต่อการเจริญเติบโตและการติดดอกออกผล นอกจากนี้ยังมี

หน้าที่ทำหน้าที่ในการช่วยสร้างสารคลอโรฟิลล์ (สีเขียว) เพิ่มความหวานในผักและผลไม้ กลิ่น ความเข้มของสี เป็นกลไกสำคัญในการสังเคราะห์แสงในระหว่างการผลิติดอกและผล ผลิตภัณฑ์ที่มีหน้าที่ในการหายใจของพืชและเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในพืช หากพืชขาดทองแดงมากจะทำให้พืชเติบโตช้า มีข้อใบสั้น ใบไม่เขียวและใบเหี่ยวเฉา โดยเฉพาะในระดับกล้า (Seedling) (Osotsapha, 2015) นอกจากนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณทองแดง (Cu) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทางสรีรวิทยา เช่น อ้อ หรือ Giant reed (*Arundo donax*) สามารถทนต่อทองแดงได้ถึง 300 ppm โดยไม่มีผลเสียต่อการผลิตชีวมวล แม้ว่าจะปลูกในสภาพกึ่งไฮโดรโปนิกส์ก็ตาม (Pietrini *et al.*, 2019) ในส่วนของแมงกานีส (Mn) ก็เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ พืชที่ต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับสารอาหารอื่นๆ ในสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์ด้วยแสง ความเกี่ยวข้องของแมงกานีสในฐานะที่เป็นธาตุอาหารรองของพืชนั้นยังคงอยู่ในระดับต่ำ แต่แมงกานีส (Mn) เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดที่สามารถทำหน้าที่สองอย่างที่แตกต่างกัน กล่าวคือทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หรือเป็นโลหะที่มีฤทธิ์เร่งปฏิกิริยาในกลุ่มทางชีวภาพ (Andresen *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตามในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในทางการเกษตรความพร้อมของแมงกานีส (Mn) อาจเป็นปัจจัยจำกัดสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจำเป็นต้องมีการดำเนินการของตัวขนส่งแมงกานีสที่มีความสัมพันธ์กันสูงในรากและกลไกที่มีประสิทธิภาพของการกระจายแมงกานีสในพืช เพื่อรับมือกับการขาดแคลนแมงกานีส พืชที่มีความสามารถในการดูดซับแมงกานีสจะทำให้มีการเติบโตและผลผลิตที่สูงขึ้นภายใต้ความพร้อมใช้งานของแมงกานีสที่ต่ำกว่าปกติ

โดยหลักการแล้วการให้แมงกานีสที่เพียงพอต่อปฏิกิริยาใช้แสงที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบแสง II (Photosystem II หรือ PSII หรือ P800) จึงเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงให้กับต้นพืชนั้นๆ โดยเฉพาะในระดับกล้า (Seedling) (Alejandro *et al.*, 2020) เช่นเดียวกันกับทองแดง (Cu)

1. การประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักหวานป่า

ศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการกระจายตัวของผักหวานป่ามีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่แปลงแบบเป็นระบบ และปัจจัยแวดล้อม การศึกษาครั้งนี้ใช้เพียงปัจจัยที่สำคัญที่สุดจากผลการศึกษาข้อ 3 เท่านั้น ที่นำมาใช้ประยุกต์ใช้ในเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay technique) ในระบบภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อหาถิ่นที่อยู่ที่เหมาะสมของผักหวานป่า ทั้งนี้การเลือกตัวแปรทั้งหมดเพื่อวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ของแต่ละตัวแปร ($r \geq 0.80$) (Domann *et al.*, 2013) เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจาก 17 ปัจจัยข้างต้นถูกคัดเลือกให้คงเหลือ 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความลาดชัน 2) ความเป็นกรด-ด่างของดิน 3) อนุภาคขนาดทราย 4) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ 5) ทองแดงที่เป็นประโยชน์ และ 6) แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ โดยสามารถสร้างแผนที่ถิ่นที่อยู่ที่เหมาะสมของผักหวานป่าได้ มีรายละเอียดความเหมาะสม 3 ช่วงคือ

แบบจำลองการประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของผักหวานป่าในพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งฯ 3,686 ไร่ (589.76 เฮกตาร์) ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการซ้อนทับ ด้วยการให้สมการที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปที่มีค่า AIC ต่ำที่สุด (ตารางที่ 3) ได้สมการของถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการกระจายคือ

$y = 66.216 \sim 0.531$ (sand texture) + 35.512 (extractable form copper -Cu) + 0.114 (extractable form manganese - Mn) - 0.0093 (Slope) - 0.014 (distant of natural stream) - 0.113 (soil pH)

และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล มีค่าเท่ากับ 82 เปอร์เซนต์ พื้นที่อาศัยและการกระจายที่เหมาะสมของผักหวานป่าอยู่ในพื้นที่ที่มีปัจจัยแวดล้อมด้านความลาดชัน (Slope) 11.5 ± 0.7 % ระยะห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (Distant of natural stream) 9.5 ± 3.5 เมตร อนุภาคขนาดทราย (Sand texture) 70.1 ± 10.2 % ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) 4.7 ± 0.5 แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Extractable form manganese -Mn) 0.93 ± 0.14 ppm

ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (Extractable form copper - Cu) 0.30 ± 0.04 ppm (ตารางที่ 3) และเมื่อนำแบบจำลองมาสร้างเป็นแผนที่ถิ่นที่อยู่ที่เหมาะสมจากพื้นที่ 3,686 ไร่ พบพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมระดับปานกลาง มีขนาดพื้นที่มากที่สุด (2,429.75 ไร่) รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมมาก และพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 725 ไร่ และ 531.25 ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกล้าผักหวานป่า (*M. suavis*) และปัจจัยแวดล้อมบางประการ ด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (generalized linear model, GLM) (AIC = 101.77)

ปัจจัยแวดล้อม (ค่าเฉลี่ย)	Coefficients	P-value
ความลาดชัน (11.5 ± 0.7 %)	-0.0093	<0.01
ความห่างไกลจากแหล่งน้ำ (9.5 ± 3.5 เมตร)	-0.014	<0.001
อนุภาคขนาดทราย (70.1 ± 10.2 %)	0.531	<0.001
ความเป็นกรด-ด่างของดิน (4.7 ± 0.5)	-0.113	<0.001
ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (0.30 ± 0.04 ppm)	35.512	<0.001
แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (0.93 ± 0.14 ppm)	0.114	<0.001

ตารางที่ 4 ระดับการประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของผักหวานป่า ในพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งฯ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

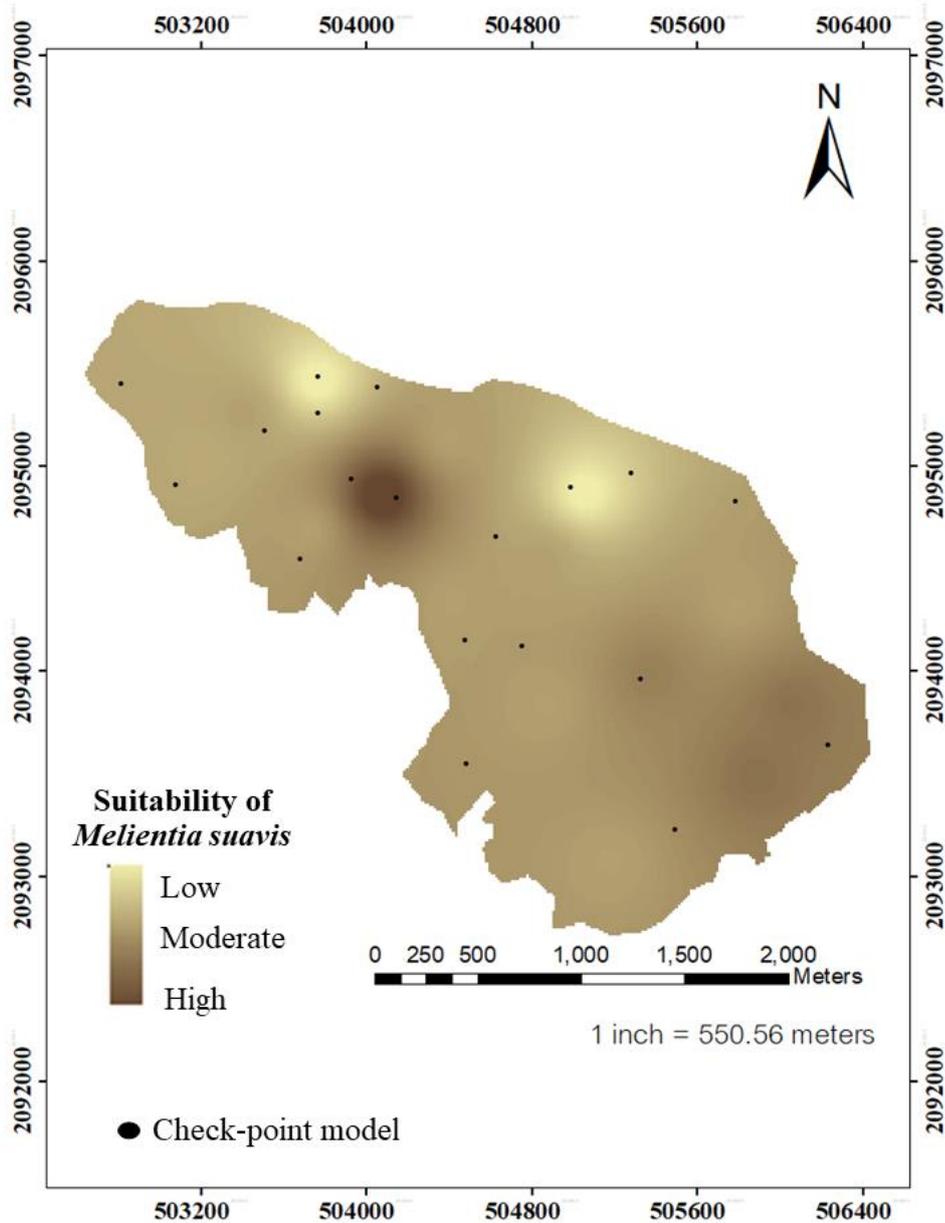
ระดับแบบจำลองถิ่นอาศัยที่เหมาะสม	พื้นที่ (เฮกเตอร์)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (ตร. กม.)	ร้อยละการปกคลุม
มาก	116	725	1.16	19.67
ปานกลาง	388.76	2,429.75	3.89	65.92
น้อย	85	531.25	0.85	14.41
รวม	589.76	3,680	5.89	100

ทั้งนี้ในปัจจุบันมีการเริ่มพัฒนาการปลูก ผักหวานป่าในพื้นที่เกษตรกรรมโดยพบว่ามีการ สนับสนุนคัดเลือกพื้นที่ปลูกในพื้นที่ที่มีฤดูแล้งและ ฤดูฝนชัดเจน และลักษณะเป็นที่ดอน ความลาดชันต่ำ (Sungpalee, 2015) ในส่วนสมบัติดิน (Soil properties) เนื่องจากพื้นที่ศึกษาไม่ค่อยมีความแตกต่างกันชัดเจน ในด้านปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ทั้งเนื้อดิน (Soil texture) และธาตุอาหาร (Soil nutrients) ในดินมากนัก แต่มี แนวโน้มความสัมพันธ์ทางบวกกับแมงกานีสที่เป็น ประโยชน์ต่อพืช ดังการศึกษาในกล้าไม้เศรษฐกิจ ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งยางพารา พบว่าแมงกานีสที่ เป็นประโยชน์มีแนวโน้มความสัมพันธ์ต่อการ เจริญเติบโตของกล้าไม้มาก เพราะเป็นสารอาหาร รองที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของฮอร์โมนทำให้ กล้าไม้แข็งแรงและเติบโตได้ดี (Bueraheng *et al.*, 2018; Meunpakdee *et al.*, 2020) ซึ่งสามารถอนุมาน กับการศึกษาความสัมพันธ์ของกล้าปรากฏของกล้า ผักหวานป่าในการวิจัยนี้ได้ด้วย

สรุป

ผลการศึกษาปัจจัยที่ระบุการปรากฏของ ผักหวานป่าและประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของ ผักหวานป่าในบริเวณพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่ง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสนทราย จังหวัด เชียงใหม่ ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ป่าเต็งรังที่ระดับ ความสูงระหว่าง 382.14 ถึง 443 เมตร พบว่า

1) จำนวนต้นกล้าของผักหวานป่าในแต่ละแปลง ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่น 95% 2) ความสัมพันธ์ของจำนวน กล้าผักหวานป่ามีแนวโน้มความสัมพันธ์กับชนิดไม้ 4 ชนิด โดยแบ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวก (Positive correlation) 3 ชนิด และมีความสัมพันธ์เชิงลบ (Negative correlation) 1 ชนิด 3) ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการ ปรากฏของผักหวานป่า ได้แก่ อนุภาคขนาดทราย (% sand) ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (Cu) และแมงกานีสที่ เป็นประโยชน์ (Mn) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมี นัยสำคัญอย่างยิ่ง ส่วนความลาดชัน (Slope) ระยะห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (Distant of natural stream) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (Soil pH) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการปรากฏหรือการตั้งตัวของ กล้าผักหวานป่าอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง และ 4) การ ประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ ผักหวานป่า พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง มี ขนาดพื้นที่มากที่สุด (2,429.75 ไร่) รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีศักยภาพมาก และพื้นที่ที่มีศักยภาพน้อย คิด เป็นพื้นที่ 725 ไร่ และ 531.25 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งผล การศึกษาข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เข้าช่วยใน การพิจารณาการอนุรักษ์ ใช้ประโยชน์ การฟื้นฟู ระบบนิเวศป่าไม้ที่มีผักหวานป่า และเป็นองค์ความรู้ พื้นฐานในการจัดการสวนผักหวานป่าของประชาชน ในท้องถิ่นให้ประสบความสำเร็จได้ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 2 แผนที่แบบจำลองการประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของผักหวานป่า บริเวณพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่ง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการการประเมินถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของผักหวานป่า บริเวณพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่ง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มจ.2-63-004 และกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ กระทรวงการต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

Alejandro, S., Höller, S., Meier, B. and Peiter, E. 2020. Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. **Frontiers in Plant Science** 11: 1-23.

- Andresen, E., Peiter, E. and Küpper, H. 2018. Trace metal metabolism in plants. **Journal of Experimental Botany** 69(5): 909-954.
- BKF Forest herbarium. 2000. **Phachi deciduous dipterocarp forest**. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Publ., Bangkok. (in Thai)
- Bueraheng, H., Onthong, J. and Khawmee, K. 2018. Effect of magnesium on manganese uptake and growth of rubber trees. **Journal of Agricultural Research and Extension** 35(1): 12-22. (in Thai)
- Chokthaweeapanich, H., Tawaitakam, K. and Kaewkumsai, N. 2019. Diversity of indigenous vegetables in Puparn Royal Development Study Centre, Sakon Nakhon Province, Thailand, pp. 77-85. *In Proceedings of International Conference on Biodiversity: IBD2019*. Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok.
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchman, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade B. and Leitão, P.D. 2013. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography** 36: 27-46.
- Fuangpean, T. and Pampasit, S. 2018. Plant community characteristics of dry dipterocarp forest for *Melientha suavis* Pierre, pp. 342-353. *In University in Disruptive Era 4th*. Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)
- Japan International Research Center for Agricultural Sciences. 2010. **Melientha saavis Pierre (Opiliaceae). Local vegetables of Thailand**. Available https://www.jircas.affrc.go.jp/project/value_addition/Vegetables/070.html?fbclid=IwAR3AJGLV0w-9VjcvCdic6Lfo4ME4rW2N14mhQEzIJ2up8rRn8C53d63SpOE, May 22, 2021.
- Jenness, J. and Wynne J.J. 2005. **Cohen's Kappa and classification table metrics 2.0: an ArcView 3x extension for accuracy assessment of spatially explicit models**. U.S. Geological Survey Open-File Report OF 2005-1363. U.S. Geological Survey, Southwest Biological Science Center, USA.
- Jirakajohnkool, S. 2009. **Arc. GIS 10.1 for Desktop**. 1st ed. S R Printing, Thammasat University, Bangkok. (in Thai)
- Lutteerasuwan, T., Sukkhee, S., Jamaree, T., Radta, T., Prawutnan, P., Mungkeeta, W. and Yotapukdee, T. 2015. Soil property and forest structure of *Melientha suavis* pierre at Maejo University Phrae Campus, pp. 153-159. *In Proceedings of Thailand forest ecological research network (T-FERN): Ecological knowledge for sustainable management 4th*. Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)
- Marod, D. and Kutintara, U. 2009. **Forest ecology**. 1st ed. Aksorn Siam Publ., Bangkok. (in Thai)
- Marod, D., Hermhuk, S., Sungkaew, S., Thinkampheang, S., Kamyo T. and Nuipakdee, W. 2019. Species composition and spatial distribution of dominant trees in the forest ecotone of a mountain ecosystem, Northern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 17(3): 40-49.

- Marthong, W., Sungpalee, W., Insalud, N., Atnaseo, C., Hemhuk, S. and Sri-ngemyuang, K. 2017. Plant community structure of *Melientha suavis* bearing deciduous dipterocarp forest at the Banpong royal-initiated development project, Maejo University, Chiang Mai Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 1(1): 82-91. (in Thai)
- Meunpakdee, S., Onthong, J. and Khawmee, K. 2020. Effects of manganese on growth and nutrient uptake in rubber sapling. **Songklanakarin Journal of Plant Science** 7(2): 164-175. (in Thai)
- Naruangsri, K., Jampeethongl, K., Meewasana, J. and Chairuangsri, S. 2014. Effects of forest fire on population of *Melientha suavis* Pierre in Huai Hong Khrai Royal Development Study Center and Mae Kuang Udomthara Dam, Amphoe Doi Saket, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Botany** 6(Special Issue): 59-65. (in Thai)
- Osotsapha, Y. 2015. **Plant Nutrients**. 4th ed. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Pietrini, F., Carnevale, M., Beni, C., Zacchini, M., Gallucci, F. and Santangelo, E. 2019. Effect of different copper levels on growth and morpho-physiological parameters in giant reed (*Arundo donax* L.) in semi-hydroponic mesocosm experiment. **Water**2019 11(9): 1-19.
- Pileuk, K., Paisooksantivatana, Y., Babpraserth, C., Jamjumnaja, J., Poonsangwan, P., Chobkua, R. and Karintayakit, P. 1997. **Conservation and domestication of native vegetables**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Prathepha, P. 2000. Detection of RAPD variation in a forest tree species, *Melientha suavis* Pierre (Opiliaceae) from Thailand. **Science Asia** 26: 213-218.
- Ripley, B., Venables, B., Bates, D.M., Hornik, K., Gebhardt, K. and Firth, D. 2020. **MASS: Support functions and datasets for Venables and Ripley's MASS, R package**. Available <https://CRAN.R-project.org/package=MASS>, April 13, 2021.
- Royal Forest Department. 2019. **National Forest Policy**. 1st ed. Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Semsanthat, N. and Ponoj, B. 2009. **Melientha suavis Pierre**. 1st ed. Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Sungpalee, W. 2015. **Community forest management AG 462**. Published documents, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. (in Thai)
- Yotapukdee, T., Kongsubun, N., Lutteerasuwan, T. and Mungkita, W. 2015. Use value of *Melientha suavis* pierre for conservation forest area of Maejo University Phrea campus, pp. 138-146. **In Proceedings of Thailand forest ecological research network (T-FERN): Ecological knowledge for sustainable management 4th**. Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)