

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืช ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน
ภายหลังการทำเหมืองหินปูน จังหวัดแพร่Forest Structure and Species Composition of
Limestone Forest after Mining, Phrae Provinceอลญา ชิวเชนโก้^{1*}แหลมไทย อาษานอก²ดอกรัก มารอด¹Olaya Shewchenko^{1*}Lamthai Asanok²Dokrak Marod¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่

Department of Agroforestry, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: ollshewolaya@gmail.com

รับต้นฉบับ 5 กุมภาพันธ์ 2561

รับลงพิมพ์ 20 มีนาคม 2561

ABSTRACT

This study aimed to clarify the forest structure, species composition and the environmental factors to determine tree distribution in limestone forest after mining, Phrae Province. We established transect plots at three different forest sites including limestone forest (LSF), mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining limestone (AML). The transect plots were set up along an estribaciones to hilltop gradient by quadrat size 10 m × 10 m, at least 25 plots per stands. All trees in 10 m × 10 m were measured and identified, while, saplings and seedlings in subquadrat of 4 m × 4 m were identified and recorded during January to December 2016. In addition, the environmental factors in each 10 m × 10 m were also recorded. The ordination analysis based on canonical correspondence analysis (CCA) was used to detect the determine factors of tree distribution.

The results showed that 68 species 52 genera and 31 families were found. Tree species, such as *Parishia insignis* *Meliosma pinnata* and *Ficus macleilandii* within the limestone forest, The MDL showed the highest density (444.44 stem ha⁻¹), the highest basal area (9.05 m²·ha⁻¹), and the highest species diversity (H') was 3.17 in tree habit, While, the shrub habit in LSF showed the highest density (578.38 stem·ha⁻¹). The CCA ordination presented the LSF was positively relative with soil moisture and rocky outcrop, The AML was positively relative with Soil bulk density. Furthermore, the environmental factors showed less effect to the MDL. The results suggest the

effect of mining destroyed vegetation structure and environments especially soil bulk density. Hence, restoration of the limestone forest after mining is depends on species which can establish in unsuitable environments.

Keywords: Limestone forest, Limestone mining, Species composition, Natural regeneration

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมป่าเขาหินปูน รวมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพรรณพืช ในบริเวณพื้นที่จังหวัดแพร่ ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยเลือกพื้นที่ตัวแทนสังคมพืชป่าเขาหินปูนที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้างเขาหินปูน ในแต่ละพื้นที่ทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 10 เมตร $\times$ 10 เมตร ตามระดับความสูงของพื้นที่อย่างน้อย 25 แปลงตัวอย่าง โดยทำการเก็บข้อมูล ไม้ต้นและปัจจัยแวดล้อม ในแปลงขนาด 10 เมตร $\times$ 10 เมตร และทำการเก็บข้อมูล ลูกไม้/กล้าไม้ในแปลงขนาด 4 เมตร $\times$ 4 เมตร ทำการจัดลำดับสังคมพืช (ordination) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสังคมพืชกับปัจจัยแวดล้อม

ผลการศึกษาองค์ประกอบของพรรณพืช โดยพบพรรณพืชทั้งหมด 68 ชนิด 52 สกุล 31 วงศ์ ชนิดไม้ต้นสำคัญที่พบในพื้นที่เขาหินปูน ได้แก่ ชันรุจิ (*Parishia insignis*) มะยมผา (*Meliosma pinnata*) และ ไทรยางเหลือง (*Ficus macleilandii*) โดยในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน พบไม้ต้น มีความหนาแน่น ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด และความหลากหลายมากที่สุดเท่ากับ 444.44 ต้นต่อเฮกตาร์ 9.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 3.17 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม พบว่าไม้พุ่มในป่าเขาหินปูน มีความหนาแน่น มากที่สุด เท่ากับ 578.38 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วน ปัจจัยกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้ พบว่าหมู่ไม้ป่าเขาหินปูน ถูกกำหนดด้วยความชื้นดิน และ ปริมาณหินโผล่ ส่วนหมู่ไม้เหมืองร้าง มีความหนาแน่นดินเป็นปัจจัยสำคัญ ในขณะที่หมู่ไม้ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน พบว่าทั้งสามปัจจัยที่มีอิทธิพลค่อนข้างน้อยต่อการปรากฏของหมู่ไม้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการทำเหมืองหินปูน ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อม โดยเฉพาะความหนาแน่นของดิน ทำให้การฟื้นฟูตามธรรมชาติของพรรณไม้บนเขาหินปูนที่ผ่านการทำเหมือง เกิดขึ้นได้ยาก ผันแปรไปตามชนิดพันธุ์พืชที่สามารถตั้งตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

คำสำคัญ: สังคมพืชเขาหินปูน เหมืองหินปูน องค์ประกอบชนิดพันธุ์ การฟื้นฟูตามธรรมชาติ

คำนำ

ระบบนิเวศเขาหินปูน (Limestone ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่มีความจำเพาะเจาะจงเนื่องจากมีปัจจัยจำกัดหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยกายภาพ ปัจจัยทางด้านโครงสร้างสังคมพืช ดังนั้นพรรณไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพป่าเขาหินปูน จึงต้องมีการปรับตัวหรือมีความต้องการทางนิเวศวิทยาที่เฉพาะต่อระบบนิเวศเขาหินปูนเพื่อให้สามารถตั้งตัวได้ในพื้นที่ (มานพ, 2557)

ส่งผลให้กลุ่มพรรณพืชที่ปรากฏมักมีสถานภาพเป็นกลุ่มพืชหายาก (rare species) หรืออาจเป็นพืชชนิดใหม่ (new species) ของโลก อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านความหลากหลายทางชีวภาพเขาหินปูน ก็ค่อนข้างจำกัดเนื่องจากปัญหาการเข้าถึงพื้นที่ที่มีสภาพเป็นเขาหินปูน สูงชันจนยากต่อการสำรวจ นอกจากนั้นเขาหินปูนยังเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกทำลายจากการสัมปทานระเบิดหินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มี

ความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างไรก็ตามการทำเหมืองหินปูนดังกล่าว ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติเป็นอันมาก (ไพบรณัฐ และคณะ, 2555) โดยเฉพาะการคุกคามและทำลายความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเขาหินปูน นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมที่ทำให้เกิดการสูญพันธุ์ในระดับท้องถิ่น (local extinction) ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด (โสมนัสสา และคณะ, 2556) นอกจากนี้การรบกวนดังกล่าวยังส่งผลกระทบต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมในป่าเขาหินปูน ได้แก่ ความหนาแน่นดิน ความชื้นดิน รวมถึงเปอร์เซ็นต์หินปกคลุม ซึ่งส่งผลให้การสืบต่อพันธุ์ของพรรณพืชเป็นไปได้อย่างลำบาก (Asanok *et al.*, 2013)

เขาหินปูนกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางภาคเหนือของประเทศไทยในปัจจุบันยังคงมีการสัมปทานเพื่อทำเหมืองอยู่อย่างต่อเนื่อง จนทำให้ปรากฏเหมืองหินปูนร้างกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดินของพื้นที่และในปัจจุบันยังไม่มีแนวทางการฟื้นฟูที่ชัดเจน รวมถึงการศึกษาลักษณะโครงสร้างป่าเขาหินปูน และการทดแทนในพื้นที่เหมืองหินปูนร้างนั้นยังมีอยู่น้อยมาก ส่งผลให้ขาดองค์ความรู้ที่จะนำมาปรับเพื่อการฟื้นฟูป่าเขาหินปูนให้ประสบความสำเร็จต่อไป ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมป่าเขาหินปูนตามธรรมชาติและสังคมเหมืองเขาหินปูนร้างที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติภายหลังจากการระเบิดหิน รวมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพรรณไม้ในสังคมดังกล่าว ในบริเวณพื้นที่ จังหวัดแพร่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการสังคมป่าเขาหินปูนต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาบริเวณป่าเขาหินปูน บริเวณท้องที่อำเภอวังทอง และ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ โดย

ในพื้นที่ดังกล่าวมีเหมืองหินปูนร้างขนาดเล็กปรากฏอยู่เป็นจุดๆ สลับกับเขาหินปูนธรรมชาติ ตั้งอยู่ที่พิกัด 17°70'-18°84'N และ 99°58'-100°32'E มีอุณหภูมิเฉลี่ยรวมรายปี 26.64 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมรายปี 1,209.42 มิลลิเมตร มีความสูง 320-460 เมตรจากระดับน้ำทะเล ส่วนใหญ่พบเขาหินปูนกระจายตัวตามแนวสันปันน้ำระหว่างเขตเชื่อมต่อจังหวัดแพร่กับจังหวัดน่าน และจังหวัดลำปาง

การเก็บข้อมูล

1. คัดเลือกพื้นที่ตัวแทนสังคมพืชป่าเขาหินปูน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ป่าเขาหินปูน (limestone forest, LSF) คือ ป่าเขาหินปูนธรรมชาติที่มีหินปรากฏมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ 2) ป่าเบญจพรรณผสมป่าเขาหินปูน (mixed deciduous forest with limestone forest, MDL) คือ ป่าเบญจพรรณที่อยู่บริเวณเชิงเขาหินปูน มีหินปรากฏ 50-80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ และ 3) เหมืองร้างเขาหินปูน (abandoned mining limestone, AML) คือ เหมืองเขาหินปูนที่ถูกทิ้งร้างเป็นระยะเวลา มากกว่า 15 ปี ปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ โดยแต่ละพื้นที่ทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างแบบแถบ (transect plot) ให้มีความกว้างของแถบเท่ากับ 10 เมตร โดยวางแปลงต่อเนื่องขนาด 10 เมตร × 10 เมตร ตามระดับความสูงของพื้นที่ โดยทำการวางแปลงในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้าง จำนวน 37 27 และ 25 แปลง ตามลำดับ แล้วแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 4 เมตร × 4 เมตร เพื่อทำการวัดขนาดและจำแนกชนิดพรรณพืชทุกวิสัย ในระดับ ไม้ต้น (tree) คือ ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หรือ DBH (Diameter at Breast Height) ที่ 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ลูกไม้ (sapling) คือ ไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และสูงมากกว่า 1.30 เมตร และ กล้าไม้ (seedling) คือ ไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.3 เมตร โดยทำการเก็บข้อมูลไม้ต้นในแปลงขนาด 10 เมตร × 10 เมตร และทำการเก็บ ลูกไม้/กล้าไม้ในแปลงขนาด 4 เมตร × 4 เมตร เพื่อวิเคราะห์การสืบ

ต่อพันธุ์ของพรรณพืช สำหรับการระบุวิสัย ได้แก่ ไม้ต้น (tree) ไม้ต้นขนาดเล็ก (shrubby tree) และ ไม้พุ่ม (shrub) จะทำการตรวจสอบตามรายชื่อพรรณไม้และการระบุวิสัยของ (เต็ม, 2557)

2. การเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญ คือ ปัจจัยดิน โดยเก็บตัวอย่างดินชั้นบนที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร ทุกๆ แปลงตัวอย่างขนาด 10 เมตร $\times$ 10 เมตร จำนวน 3 จุดต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD, g cm^{-3}) และความชื้นดิน (soil moisture content, SMC, %) ปัจจัยความเข้มแสงจากการใช้เครื่องมือ (Soil PH and moisture tester DM-15) ส่วนวัดปริมาณแสงที่พืชสามารถใช้สังเคราะห์แสงได้ (Photosynthetically active radiation; PAR $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) จำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลางและมุมทั้ง 4 ของแปลงตัวอย่าง และปัจจัยการปกคลุมของหิน (rock cover) ด้วยการประเมินเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหินภายในแปลง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ลักษณะเชิงปริมาณของสังคมพืช ได้แก่ ความเด่นด้านพื้นที่ที่น้ำดัด (Dominance, Do) ความหนาแน่น (Density, D) และความถี่ (Frequency, F) รวมถึงค่าสัมพัทธ์ของทั้งสามค่าเพื่อนำไปใช้ในการหาดัชนีค่าความสำคัญของชนิดไม้ (Importance Value Index, IVI) ที่ได้จากผลรวมของค่าสัมพัทธ์ของทั้งสามค่าดังกล่าว ตามสูตรของ Whittaker (1970) จากนั้นวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener index (H') จากสมการดัชนีความหลากหลาย (Shannon and Weaner, 1949)

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

เมื่อ P_i = สัดส่วนของจำนวนชนิดที่ i ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดในสังคม (เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, S$)

2. การจัดลำดับสังคมพืช (ordination) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสังคมพืชกับปัจจัยแวดล้อม

โดยการนำเข้าข้อมูล 2 ชุดข้อมูล คือจำนวนต้นของชนิดพืชแต่ละสังคมพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแต่ละสังคมพืช ได้แก่ ความชื้นดิน (SMC) การปกคลุมของหิน (R) และความหนาแน่นดิน (BD) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Canonical Correspondence Analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC - ORD 6 (McCune and Mefford, 2006) และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละปัจจัยแวดล้อมในแต่ละสังคมด้วยการเปรียบเทียบความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์

เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ (physical factor) พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน (BD) ความชื้นดิน (SMC) และเปอร์เซ็นต์หินปกคลุม (R) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) โดยในสังคมพืชเหมืองร้างมีความหนาแน่นดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาคือ สังคมป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และสังคมป่าเขาหินปูน ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้าม พบว่าเหมืองร้างเขาหินปูนมีความชื้นดินเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 14.81 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสังคมป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และสังคมป่าเขาหินปูน ตามลำดับ (Table 1) เนื่องจากดินในพื้นที่เหมืองร้างถูกแปรสภาพจากชั้นตอนการทำเหมือง สภาพดินมีลักษณะเป็นเม็ดทรายไม่เกาะตัว ทำให้การซึมของน้ำเป็นไปได้ยาก รวมถึงมีความหนาแน่นดินสูงเกิดจากการจับตัวแน่นของอนุภาคดินและหิน แต่ในขณะเดียวกันในพื้นที่ป่าเขาหินปูน พบเปอร์เซ็นต์หินปกคลุมมากที่สุด คือ 89.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และ พื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน ไม่มีความแตกต่างกัน ตรงกันข้ามกับพื้นที่ป่าเขาหินปูนอย่างชัดเจน เนื่องจากสังคมป่าเขาหินปูน

เป็นสังคมที่มีหินเป็นองค์ประกอบหลักมีเปอร์เซ็นต์หินปกคลุมมาก แต่มีเนื้อดินน้อย ส่วนพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูนผ่านการการระเบิดหิน ทำให้อนุภาคของดินและหินเล็กลง กลายเป็นดินทรายปนก้อนกรวด ส่งผลให้ดินไม่มีแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือไม่มีอินทรีย์วัตถุ จึงทำให้ไม่มีพืชขึ้นปกคลุม (แหลมไทย และคณะ, 2558) รวมถึงพื้นที่เขาหินปูนที่มีแอ่งหลุมขุมมีความชื้นของดินเหมาะสมต่อการเติบโตหรือความอุดมสมบูรณ์ของดิน ไม้ในพื้นที่อีกด้วย (Asanok and Marod, 2016)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทั้งสามปัจจัยพบว่าในพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน เป็นพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมทางด้านปัจจัยแวดล้อมมากที่สุด มีการทับถมของซากหินที่ถูกระเบิด เกิดการกดทับทำให้อนุภาคดินแน่นมากขึ้น โครงสร้างดินไม่ดี ไม่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหาร (ชรินทร์, 2526) นอกจากนี้การรบกวนจากการทำเหมืองอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้พรรณพืชที่สามารถตั้งตัวได้ในพื้นที่ป่าเขาหินปูนสูญหายไปจากพื้นที่ได้ เนื่องจากโดนคุกคามแหล่งที่อยู่อาศัยซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญต่อการสูญพันธุ์ของพืช (จริญ และชาญวิทย์, 2555)

Table 1 Physical factors in each forest types: soil bulk density (BD, g cm⁻³), soil moisture content (SMC, %) and proportion of rock outcroppings (R, %), The forest stand types were limestone forest (LSF), mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining limestone (AML).

Physical factors	Mean±SD			Sig.
	LSF	MDL	AML	
Soil bulk density (BD, g cm ⁻³),	0.32±0.02 ^c	0.57±0.02 ^b	0.83±0.04 ^a	*
Soil moisture content (SMC, %)	95.36±7.94 ^a	50.46±3.62 ^b	14.81±1.90 ^c	*
Rock outcroppings (R, %),	89.16±7.61 ^a	69.56±16.62 ^b	83.00±9.02 ^b	*

Remark: * p < 0.001

โครงสร้างและองค์ประกอบชนิดพันธุ์

ผลการศึกษาทั้งพื้นที่ป่าเขาหินปูนป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน พบต้นไม้ทั้งหมด 864 ต้น ใน 68 ชนิด 52 สกุล 31 วงศ์ มีค่าความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย คือ 1087 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 6.02 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจำแนกตามพื้นที่พบว่าป่าเบญจพรรณผสมหินปูนมีจำนวนชนิดมากที่สุด (44 ชนิด) รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าเหมืองร้างเขาหินปูน (32 ชนิด) และป่าเขาหินปูน (22 ชนิด) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพันธุ์ไม้เด่นตามดัชนีค่าความสำคัญ (IVI) ของชนิดไม้เด่นใน 10 ลำดับแรกแต่ละพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน คือในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ชนิดพรรณพืชเด่น ได้แก่ ชันรุจิ

(*Parishia insignis*) มะยมผา (*Meliosma pinnata*) ไทรยางเหลือง (*Ficus macleilandii*) ไทรย้อยใบทู่ (*Ficus microcarpa*) ถ้างิ้ว (*Aglaia edulis*) ถัก (*Lannea coromandelica*) มะเกลือ (*Diospyros mollis*) จี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa*) และ ปอฝ้าย (*Firmiana colorata*) มีค่า IVI เท่ากับ 92.50, 73.56, 62.26, 30.34, 17.58, 8.10, 7.06, 4.58 และ 4.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ชนิดพรรณพืชเด่น ได้แก่ มะเกลือ ตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) ถัก ป้างัน (*Millettia brandisiana*) ขมหิน (*Chukrasia tabularis*) ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens*) พญารากดำ (*Diospyros rubra*) ชันรุจิ จี้นอนคาย (*Celtis tetrandra*) และ มะยมผา มีค่า IVI เท่ากับ 33.92, 30.42, 26.93, 22.24,

12.31, 10.30, 10.03, 9.93, 9.89 และ 9.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน ชนิดพรรณพืชเด่น ได้แก่ มะเกลือ ขมิ้น ไทรยางเหลือง โพธิ์นก (*Ficus rumphii*) กุ๊ก กระเขา (*Holoptelea integrifolia*) พฤกษ์ (*Albizia lebbek*) มะเฟืองช้าง (*Lepisanthes tetraphylla*) ประคู้ (*Pterocarpus macrocarpus*) และ ขว้าว (*Haldina cordifolia*) มีค่า IVI เท่ากับ 62.87, 41.74, 32.35, 18.79, 17.76, 17.63, 14.31, 10.79, 9.92 และ 9.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

เมื่อพิจารณาตามวิสัยของพรรณไม้ ได้แก่ ไม้ต้น (tree) ไม้ต้นขนาดเล็ก (shrubby tree) และ ไม้พุ่ม (shrub) ในแต่ละพื้นที่พบว่า ไม้ต้น มีจำนวนชนิดมากที่สุดในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน จำนวน 34 ชนิด รองลงมาคือ พื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน และ พื้นที่ป่าเขาหินปูน เท่ากับ 21 และ 9 ชนิด ตามลำดับ ในขณะที่ ไม้ต้นขนาดเล็กและ ไม้พุ่ม แต่ละพื้นที่มีจำนวนชนิดใกล้เคียงกัน มีจำนวนชนิดน้อยกว่า 10 ชนิด โดย ไม้ต้นขนาดเล็ก ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และ เหมืองร้างเขาหินปูน มีจำนวนชนิด เท่ากับ 5, 5 และ 6 ชนิด ตามลำดับ ส่วน ไม้พุ่ม ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้างเขาหินปูนจำนวน ชนิด เท่ากับ 8, 5 และ 5 ชนิด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของ ไม้ต้น พบว่าพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน มีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 444 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้าง และพื้นที่ป่าเขาหินปูน มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 348 และ 294 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) ผลการศึกษาสามารถระบุได้ว่า ไม้ต้นตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน แต่พบน้อยในพื้นที่ป่าเขาหินปูน พืชที่สามารถขึ้นได้ดีในพื้นที่ป่าเขาหินปูนจะต้องมีระบบรากที่แข็งแรง และสามารถแทรกลงไปยึดเกาะตามรอยแตกของหินได้ (โสมนัสสาและคณะ, 2556) แต่ในขณะเดียวกัน ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน พบ ไม้ต้นขนาดเล็ก และ ไม้พุ่ม มีความหนาแน่นน้อย (Table 3) เนื่องจาก

สภาพดินในป่าเบญจพรรณมีความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ ไม้ต้นสามารถเจริญเติบโตได้ดี เรือนยอดมีความหนาแน่น บดบังแสงที่ส่องผ่านมาถึงพื้นดิน ซึ่งมีผลให้ ไม้ต้นขนาดเล็กและ ไม้พุ่ม ไม่สามารถเติบโตได้ เนื่องจากมีปัจจัยจำกัดในด้านความเข้มแสง (วิรัชดีและดอกกรัก, 2548) ในขณะที่ ไม้ต้นขนาดเล็ก ในพื้นที่เหมืองร้างหินปูน มีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 172 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือพื้นที่ป่าเขาหินปูน และ พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสม (Table 3) เนื่องจากสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีลักษณะที่ชอบแสงและเป็น ไม้เบิกนาเป็นส่วนใหญ่ (แหลมไทยและคณะ, 2555) พรรณพืชที่พบในพื้นที่เหมืองร้างหินปูน เช่น ขี้หนอนคาย เม้าไขปลาด (*Antidesma ghaesembilla*) ปอกระสา (*Broussonetia papyrifera*) และ ปอหยาบ (*Grewia laevigata*) เป็นต้น ส่วน ไม้พุ่ม พบว่าพื้นที่ป่าเขาหินปูนมีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 578.38 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน และ พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน (Table 3) โดยพบจันทผา (*Dracaena cocchinchinensis*) คำหยาว (*Alphonsea siamensis*) และ หนามขี้แรด (*Streblus taxoides*) สามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ป่าเขาหินปูน และ พิจารณาจากขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของ ไม้ต้น พบว่าในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน มีขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมมากที่สุด เท่ากับ 9.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือพื้นที่เหมืองร้าง และพื้นที่ป่าเขาหินปูน เท่ากับ 4.97 และ 4.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในขณะที่ ไม้พุ่มในพื้นที่ป่าเขาหินปูนมีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด เนื่องจากมีความหนาแน่นค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ที่มีชั้นดินตื้น (มานพ, 2557) และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายของ ไม้ต้น พบว่าพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน มีดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดเท่ากับ 3.17 รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้าง และพื้นที่ป่าเขาหินปูน ในส่วนของ ไม้ต้นขนาดเล็ก และ ไม้พุ่ม มีดัชนีความ

หลากหลายใกล้เคียงกัน (Table 3) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่
ป่าเขาหินปูนมีปัจจัยแวดล้อมจำกัด (limiting factors)

โดยเฉพาะดินและหินที่มีส่วนสำคัญต่อการปรากฏของ
พืชสูงมาก (โสมนัสสา และคณะ, 2556)

Table 2 The five dominant species of tree habit in each stand ranked by the importance value index, IVI, in each study site, including habit, density (Den) and basal area (Ba) were shown.

NO.	Species	Den (stems ha ⁻¹)	Ba (m ² ha ⁻¹)	IVI (%)
Limestone forest (LSF)				
1	<i>Parishia insignis</i>	75.68	1.48	92.50
2	<i>Meliosma pinnata</i>	105.41	0.68	73.56
3	<i>Ficus macleilandii</i>	70.27	0.52	62.26
4	<i>F. microcarpa</i>	5.41	0.97	30.34
5	<i>Aglaia edulis</i>	24.32	0.10	17.58
6	<i>Lannea coromandelica</i>	5.41	0.07	8.10
7	<i>Diospyros mollis</i>	2.70	0.15	7.06
8	<i>Terminalia nigrovenulosa</i>	2.70	0.05	4.58
9	<i>Firmiana colorata</i>	2.70	0.03	4.00
Mixed deciduous forest with limestone forest (MDL)				
1	<i>Diospyros mollis</i>	48.15	1.20	33.92
2	<i>Schleichera oleosa</i>	59.26	0.54	30.42
4	<i>Millettia brandisiana</i>	33.33	0.89	22.24
5	<i>Chukrasia tabularis</i>	18.52	0.51	12.31
6	<i>Vitex canescens</i>	14.81	0.18	10.30
Mixed deciduous forest with limestone forest (MDL)				
7	<i>Diospyros rubra</i>	7.41	0.53	10.03
8	<i>Parishia insignis</i>	11.11	0.34	9.93
9	<i>Celtis tetrandra</i>	14.81	0.26	9.89
10	<i>Meliosma pinnata</i>	22.22	0.21	9.77
Abandoned mining limestone (AML)				
1	<i>Diospyros mollis</i>	80.00	1.10	62.87
2	<i>Chukrasia tabularis</i>	56.00	0.72	41.74
3	<i>Ficus macleilandii</i>	40.00	0.71	32.35
4	<i>F. rumphii</i>	28.00	0.31	18.79
5	<i>Lannea coromandelica</i>	16.00	0.32	17.76
6	<i>Holoptelea integrifolia</i>	24.00	0.42	17.63
4	<i>Albizia lebbeck</i>	12.00	0.21	14.31
8	<i>Lepisanthes tetraphylla</i>	12.00	0.14	10.79
9	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	8.00	0.16	9.92
10	<i>Haldina cordifolia</i>	8.00	0.13	9.42

Table 3 Summary of three forest types on a limestone forest ,The forest types were limestone forest (LSF) , mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining (AML). Habit of species : tree (T), Shrubby tree (ST) and Shrub (S).

stand	Total sp.	Habit			Density (stems ha ⁻¹)			Basal area (m ² ha ⁻¹)			Species diversity index (H')		
		T	ST	S	T	ST	S	T	ST	S	T	ST	S
LSF	22	9	5	8	294.59	151.35	578.38	4.05	2.16	8.81	1.54	0.91	1.48
MDL	44	34	5	5	444.44	81.48	44.44	9.05	1.17	0.25	3.17	1.32	1.44
AML	32	21	6	5	348.00	172.00	48.00	4.97	2.36	0.54	2.55	1.25	1.32

การปรากฏของหมู่ไม้ตามการแปรผันปัจจัยแวดล้อม

ผลการศึกษาปัจจัยกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้ จากการวิเคราะห์การจัดลำดับหมู่ไม้ (ordination analysis) ด้วยวิธี CCA พบว่า การปรากฏของหมู่ไม้ มีความผันแปรตามปัจจัยแวดล้อม กล่าวคือ ปัจจัยความชื้นดิน (SMC) เพอร์เซ็นต์หิน ปกคลุม (R) และความหนาแน่นรวมดิน (BD) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปรากฏกลุ่มหมู่ไม้ในระดับไม้ต้น โดยอธิบายได้จากการกระจายของพรรณไม้บนแกนที่ 1 และ 2 มีค่า Eigenvalue เท่ากับ 0.553 และ 0.243 มีค่าความสัมพันธ์ (correlation, r^2) ระหว่างชนิดและปัจจัยแวดล้อมแกนที่ 1 และ 2 มีค่า r^2 เท่ากับ 0.809 และ 0.625 ตามลำดับ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก กับแกนที่ 1 คือ ความหนาแน่นรวมดิน โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.709 ส่วนความชื้นดิน และ เพอร์เซ็นต์หินปกคลุม ความสัมพันธ์เชิงลบกับแกนที่ 1 โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.214 และ 0.256 ตามลำดับ พบว่าหมู่ไม้เขาหินปูน มีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน และ เพอร์เซ็นต์การปกคลุมหิน พรรณไม้สำคัญในหมู่ไม้นี้ได้แก่ ไทรยางเหลือง (FIMA) ปอทอง (STPE) มะยมผา (MEPI) ชันรุจิ (PAIN) และ ค้างคาว (AGED) (Figure 1) ในขณะที่ปัจจัยทางด้านความหนาแน่นดินเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้เหมืองร้าง ซึ่งเป็นพรรณไม้ที่ ขึ้นได้ดีในพื้นที่เขาหินปูนที่ผ่านการทำเหมือง จะมีความหนาแน่น

ดินสูง ความชื้นดินต่ำ พรรณไม้ที่พบ ได้แก่ ปรง (ALSA) ขมหิน (CHTA) จี๋หนอนคาย (CETE) นามจี้แรด (DICO) และมะเกลือ (DIMO) (Figure 1) ส่วนหมู่ไม้ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ทั้งสามปัจจัยที่มีผลค่อนข้างน้อยต่อการปรากฏของหมู่ไม้ บริเวณนี้มักจะปรากฏปริมาณหินน้อย ทำให้มีเนื้อดินมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ในป่าผสมผลัดใบ ได้แก่ ตะคร้อ (SCOL) กุ๊ก (LACO) ผ่าเสี้ยน (VICA) และ ป้าง (MIBR) ดังดาบอด (EXOP) (Figure 1)

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพมีผลต่อการกระจายของหมู่ไม้ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน โดยเฉพาะ บริเวณที่มีเพอร์เซ็นต์หินปกคลุม และมีความชื้นดินสูง เนื่องจากพื้นที่เขาหินปูนธรรมชาติ มักมีสภาพพื้นที่เป็นหุบหรือแอ่ง ที่มีการสะสมของดินสูงกว่าบริเวณอื่นขณะเดียวกันมักมีน้ำท่วมขังอยู่มากจึงทำให้ดินจึงมีความชื้นสูง พรรณไม้ส่วนใหญ่มีระบบรากแข็งแรง เพื่อยึดเกาะกับโขดหินหรือหน้าผา และสามารถทนไขได้ดีตามซอกหิน (จรัญ และปรัชญา, 2553) พืชกลุ่มนี้จึงมักมีความต้องการทางนิเวศวิทยาแคบและจำเพาะเจาะจง (specific ecological niche) เป็นความสามารถพิเศษที่พืชกลุ่มอื่นไม่สามารถแข่งขันหรือตั้งตัวได้ในปัจจัยแวดล้อมวิกฤตินี้ (Kitzberger, 2013) ยกตัวอย่างเช่น ไทร มะยมผา และชันรุจิ เป็นต้น ส่วนพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน เป็นพื้นที่ที่มีการทับถมกันของซากหินหรือเศษดินและหินที่ถูกกระเบิดจนส่งผล

ส่วนหมูไม้เมืองร้าง มีปัจจัยทางด้านความหนาแน่นดินเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดการปรากฏ ซึ่งเกิดการทับถมกันของซากหินหรือผงดินที่ถูกกระเปิด ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าสูง สามารถพบหมูไม้ขึ้นกระจายตัวห่างๆ ได้แก่ มะเกลือ และขึ้นนอนคายเป็นต้น และพบว่าส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้พุ่ม เช่น ปอผ่าสาม เข็มดอกขาว และ ขาวจีไก่ เป็นต้น ในขณะที่หมูไม้ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ทั้งสามปัจจัยที่มีผลค่อนข้างน้อยต่อการปรากฏของหมูไม้

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ ลักษณะโครงสร้างสังคมป่าเขาหินปูน มีการปรากฏชนิดพรรณพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะปัจจัยจำกัดการสืบต่อพันธุ์จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถทราบปัจจัยที่มีผลต่อการปรากฏ ของกลุ่มพรรณพืช เพื่อนำมาคัดเลือกกลุ่มพรรณพืช ที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูเขาหินปูนที่ผ่านการทำเหมือง เช่น ขึ้นนอนคายและมะเกลือ ซึ่งเป็นพืชที่ทนแล้ง ดังนั้นหากต้องการเร่งการฟื้นฟูให้ประสบความสำเร็จเร็วขึ้นควรมีการป้องกันพื้นที่ที่ไม่ให้ถูกรบกวนเพื่อส่งเสริมการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในพื้นที่เหมืองร้าง รวมถึงควรมีการศึกษาลักษณะเฉพาะเชิงหน้าที่ของพรรณพืช (plant functional traits) ในพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมจำกัดของพื้นที่เขาหินปูน โดยศึกษาพื้นที่ในความหนาใบ เป็นต้น ซึ่งพืชจะแสดงออกถึงการตอบสนองของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลจากระบบนิเวศที่จำกัดในแต่ละพื้นที่ที่ต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานใช้จัดการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองร้างในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เจริญ มากน้อยและชาญวิทย์ แสงสร้อย. 2555. โครงการการศึกษาความหลากหลายของพืชดอก บริเวณเขาหินปูน ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าถ้ำผาท่าพล อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก. สำนักวิจัยและพัฒนา องค์การสวนพฤกษศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- และปรัชญา ศรีสง่า. 2553. พันธุ์ไม้เขาหินปูนภาคกลาง. องค์การสวนพฤกษศาสตร์, เชียงใหม่.
- เต็ม สมิตินันท์. 2557. **ข้อพรรณไม้แห่งประเทศไทยฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2526. **สมบัติของดินภายหลังการทำเหมืองแร่ดีบุก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพบรณัฐ น้อยทับทิม, สคาร ทิจันทร์ และกอบศักดิ์ วันธงไชย. 2555. ลักษณะโครงสร้างของประชากรแมลงในพื้นที่ฟื้นฟูบูรณะผลผลิตใหม่ ณ พื้นที่เหมืองหินปูน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 31 (1): 1-9
- มานพ ผู้พัฒน์. 2557. **พันธุ์ไม้เขตห้ามล่าสัตว์ป่าถ้ำประทุน จังหวัดอุทัยธานี**. ชุมชมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.
- วีระศักดิ์ เนียมรัตน์ และดอกรัก มารอด. 2548. การตั้งตัวของกล้าไม้ถาวรในสวนป่ายูคาลิปตัสและพื้นที่เปิดโล่ง. **วารสารวนศาสตร์** 24 (5): 35-47
- โสมนัสสา แสงฤทธิ์, วรคลด์ แจ่มจำรูญ และนันทวรรณ สุปันดี. 2556. **พรรณไม้เขาหินปูน: สถานภาพและปัจจัยคุกคาม**. สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- แหลมไทย อาษานอก, วรวิจิตร งามพิบูลเวท และอลงกา จิวเชนโก. 2558. การศึกษาเบื้องต้นของโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยที่มีผลต่อการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้ยืนต้นในป่าเขาหินปูนเขตร้อน บริเวณอำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่. น. 19-27. ใน **รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 4**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- Asanok, L., D. Marod, P. Duengkae, U. Pranmongkol, H. Kurokawa, M. Aiba, M. Katabuchi and T.

Nakashizuka. 2013. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 296: 9-23.

_____ and D. Marod. 2016. Environmental factors influencing tree species regeneration in different forest stands growing on a limestone hill in Phrae Province, northern Thailand. **Journal of Forest and Environmental Science** 32 (3): 237-252.

Kitzberger, T. 2013. Impact of extreme and infrequent events on terrestrial ecosystems and biodiversity, pp. 209–223 *In* S. A. Levin., eds. **Encyclopedia of biodiversity**. Waltham, Massachusetts, USA.

McCune, B. and M.J. Mefford. 2006. **PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data: Version 5.10 for Windows**. Gleneden Beach, Oregon, USA.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana.

Whittaker, R.H. 1970. **Communities and Ecosystems**. Macmillan Co., Collier-Macmillan Ltd., London
