



องค์ประกอบชุมชนซีฟไลเคนที่อาศัยบนเปลือกไม้ในป่าชนิดเด่นของอุทยานแห่งชาติ
ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่: การประยุกต์ใช้สำหรับการติดตามตรวจสอบ
การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในระยะยาว

Corticolous Lichen Communities Composition in Dominant Forests of Doi
Inthanon National Park, Chiang Mai Province: Applications for
Long-term Environmental Change Monitoring

สุจินดา บังวรรณ^{1*} และ วনারักษ์ ไชพันธ์แก้ว²

¹สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

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

Received: 13 September 2017 | Revised: 6 February 2018 | Accepted: 24 August 2018

บทคัดย่อ

ไลเคนเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความจำเพาะกับสภาพแวดล้อม โดยองค์ประกอบชุมชนซีฟไลเคนมีความแตกต่างกันตามถิ่นที่อยู่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบชุมชนซีฟไลเคนที่พบบนเปลือกไม้บริเวณลำต้นในป่าชนิดเด่น ได้แก่ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบเขาระดับต่ำ และป่าดิบเขาระดับสูง ของอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ และคัดเลือกกลุ่มไลเคนที่สามารถเป็นดัชนีบ่งชี้สภาพป่า โดยกำหนดแปลงศึกษาถาวร ขนาด 50 เมตร × 50 เมตร ภายในป่าแต่ละชนิด และภายในแต่ละแปลง ศึกษา ทำการสุ่มวาง quadrat ขนาด 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร บนต้นไม้ จำนวน 20 ต้นต่อแปลง ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน ตั้งแต่ 0 - 2 เมตร ใน 4 ทิศหลักของลำต้น บันทึกข้อมูลชนิดไลเคนที่พบ การปกคลุมและความถี่ของจำนวนไลเคน พบไลเคนทั้งหมด 89 ชนิด โดยพบในป่าเต็งรังมากที่สุด (40 ชนิด) รองลงมา คือ ป่าดิบเขาระดับต่ำ (35 ชนิด) ป่าเบญจพรรณ (19 ชนิด) และป่าดิบเขา ระดับสูง (4 ชนิด) ศึกษาความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชนซีฟไลเคนด้วย Multiple Response Permutation Procedure (MRPP) และ Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) พบว่า ไลเคนส่วนใหญ่มีความจำเพาะกับสภาพแวดล้อมของป่าแต่ละประเภท เมื่อใช้การวิเคราะห์ Indicator Species Analysis (ISA) สามารถคัดเลือกไลเคนจำนวน 19 ชนิด ที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพป่าแต่ละประเภทได้ นอกจากนี้ ยังสามารถบ่งชี้สภาพป่าโดยใช้กลุ่มชุมชนซีฟขนาดย่อยได้เช่นกัน ข้อมูลจากการศึกษาสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในระยะยาว เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

ABSTRACT

Lichens are organisms which are specific to environmental conditions. In different habitats, the composition of lichen appears different. This study aims to compare the composition of bolean lichens communities in different forest types, consisting of dry deciduous forest (DDF), mixed deciduous forest, lower montane forest (LMF) and upper montane forest (UMF) in Doi Inthanon national park, and to select indicator lichen species or communities of each forest types. Permanent plots were established in representative areas in each forest types. Species, cover and frequency of number of lichens were collected on randomly selected 20 trees per plot. Lichens were investigated: 0 – 2 m above ground in the cardinal points by using a quadrat size of 20 cm × 20 cm. A total number of 89 species were found. DDF had the highest number of species (40) followed by LMF (35), MDF (19), and UMF (4). Multiple Response Permutation Procedure (MRPP) and Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) indicated that lichens were specific to environmental conditions in each forest type. Indicator Species Analysis (ISA) provided 19 indicator species which indicated forest condition. In addition, subset of lichen communities was appropriated for using as indicator community. Both species and communities of lichens can be applied for long-term environmental change monitoring, for example, forest management and climate change.

คำสำคัญ: โลกบนเปลือกไม้ ความหลากหลาย ตัวบ่งชี้ ความแตกต่างของสภาพแวดล้อม

Keywords: Corticolous lichen, Diversity, Indicator, Environmental gradient

บทนำ

ไลเคนเป็นสิ่งมีชีวิตที่กระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ถูกกำหนดด้วยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรง เช่น ความชื้นในบรรยากาศ ความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศ และทางอ้อม คือ พื้นที่ยึดเกาะ (Nash, 2008) ส่งผลทำให้ไลเคนมีความจำเพาะต่อถิ่นที่อยู่ (habitat) และใช้ติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เช่น สภาวะโลกร้อน ซึ่ง Van Herk et al. (2002) พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศทำให้องค์ประกอบชุมชนซีไฟไลเคนเปลี่ยนแปลงไป ผลกระทบดังกล่าวอาจเกิดขึ้นในพื้นที่เขตร้อนชื้น เช่น พื้นที่ภูเขาที่มีอุณหภูมิอากาศลดลงตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (Aptroot et al., 2016) สภาวะโลกร้อนอาจเป็นทั้งปัจจัยทางตรงและทางอ้อมที่ส่งผลต่อไลเคน โดยทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นเกินกว่าที่ไลเคนจะปรับตัวได้ และทำให้ระดับความสูงของการเกิดเมฆซึ่งเป็นแหล่งความชื้นรูปแบบหนึ่งสำหรับการเติบโตของไลเคนเปลี่ยนแปลงไป (Hannah, 2015) จึงอาจส่งผลกระทบต่อไลเคนที่มีความจำเพาะกับพื้นที่อาศัย โดยทำให้ไลเคนหายไปจากพื้นที่เดิม และเกิดการแทนที่โดยไลเคนชนิดที่สามารถเติบโตในสภาพแวดล้อมใหม่ (Wolseley and Aguirre-Hudson, 1991) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจึงมีความสำคัญต่อความ

หลากหลายและองค์ประกอบชุมชนซีไฟไลเคนภายในพื้นที่อาศัยของไลเคน

พื้นที่ของอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ อาจเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบดังกล่าวเนื่องจากครอบคลุมระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ตั้งแต่ 500 เมตร ไปจนถึงจุดสูงสุดของประเทศไทย (2,565 เมตร) จากช่วงของระดับความสูงที่ค่อนข้างกว้าง ทำให้พบสภาพภูมิอากาศแตกต่างกัน โดยระดับความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไปพบสภาพภูมิอากาศแบบกึ่งเขตร้อน (subtropical climate) ที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำและค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี รวมถึงมีการปกคลุมด้วยเมฆบริเวณยอดเขา (Ohsawa, 1995) นอกจากนี้ ลักษณะทางภูมิประเทศและการจัดการพื้นที่ ทำให้พบป่าหลายประเภท (ธวัชชัย, 2549) ได้แก่ ป่าดิบเขาในระดับสูง (upper montane forest) ป่าดิบเขาในระดับต่ำ (lower montane forest) ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) ป่าผลัดใบผสมหรือเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ซึ่งจัดเป็นป่าที่มีการครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในอุทยาน รวมถึงป่ารุ่นสอง (secondary forest) ที่มีการแทนที่ในพื้นที่บางส่วนของป่าชนิดเด่น จนเกิดเป็นป่าประเภทใหม่ ได้แก่ ป่าเต็งรังผสมสน (pine-deciduous forest) และป่าไม้ก่อ (lower montane oak forest) เป็นต้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบชุมชนชีพของไลเคนที่พบบนลำต้นของต้นไม้ในป่าชนิดเด่นในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางชีวภาพในการใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์และการจัดการพื้นที่ รวมถึงคัดเลือกกลุ่มชุมชนชีพและชนิดของไลเคนที่สามารถบ่งชี้สภาพแวดล้อมในป่าแต่ละชนิด เพื่อใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในระยะยาวต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การสำรวจไลเคน

ดำเนินการตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 โดยวางแผนศึกษาถาวรสำหรับการติดตามในระยะยาว ขนาด 50 เมตร × 50 เมตร จำนวน 2 แปลงต่อประเภทป่า (ตารางที่ 1) และสำรวจไลเคนในแต่ละแปลงศึกษาโดยสุ่มเลือกต้นไม้แบบไม่เจาะจงชนิด จำนวน 20 ต้น และใช้ quadrat ขนาด 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร ที่แบ่งเป็นช่องย่อย 16 ช่อง ขนาด 5 เซนติเมตร × 5 เซนติเมตร วางทาบบนลำต้นที่ระดับความสูงจากโคนต้น 2 ช่วง ได้แก่ 0 - 0.5 เมตร และ 0.5 - 2 เมตร ทางด้าน 4 ทิศหลักของลำต้น บันทึกชนิดและการปกคลุมของไลเคนแต่ละชนิดโดยนับจำนวนช่องย่อยของ quadrat ที่ไลเคนปรากฏอยู่ และความถี่ของจำนวนไลเคน คือ จำนวน quadrat ที่พบไลเคน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบชุมชนชีพไลเคน ทำการจำแนกลำดับทางอนุกรมวิธานของไลเคน โดยศึกษาจากรูปแบบทางสัณฐานวิทยา กายวิภาค และการทดสอบจุดสี (spot test) จากนั้น ทำการเก็บรักษาตัวอย่างไลเคนที่ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ในหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ความหลากหลายของชนิดไลเคน (species diversity)

คำนวณความหลากหลาย ได้แก่ α -diversity คือ จำนวนชนิดไลเคนเฉลี่ยต่อแปลงศึกษาของป่าแต่ละประเภท γ -diversity คือ จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบในแปลงศึกษาทุกแปลงที่เป็นตัวแทนของป่าแต่ละประเภท และ β -diversity คำนวณจาก γ/α สำหรับวิเคราะห์ความแปรปรวนของชนิดไลเคนที่เป็นผลมาจากความหลากหลายของสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ป่าแต่ละประเภท (Whittaker, 1972)

องค์ประกอบชุมชนชีพไลเคน

วิเคราะห์ความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชนชีพไลเคนระหว่างแปลงของป่าแต่ละชนิดโดยใช้ Multiple Response Permutation Procedure (MRPP) และ Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแตกต่างโดยใช้ Bray-Curtis dissimilarity นอกจากนี้ ยังใช้ Indicator Species Analysis (ISA) สำหรับคัดเลือกไลเคนชนิดเด่น ที่พบในแปลงของป่าแต่ละประเภท

MRPP แสดงผลด้วยค่า agreement statistic (A) ซึ่งบ่งบอกถึง ระดับความแตกต่างของค่าความคล้ายคลึงของชุมชนชีพไลเคนที่ทำการศึกษา เปรียบเทียบกับค่าความคล้ายคลึงของชุมชนชีพที่สุ่มเลือกขึ้นมาใหม่ ซึ่งการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยา ค่า A มักจะ <0.1 หาก >0.3 แสดงว่า องค์ประกอบชุมชนชีพไลเคนระหว่างประเภทป่ามีความแตกต่างกันสูง และ NMDS แสดงผลด้วยแผนภาพการจัดอันดับ (ordination) แปลงตามระดับความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชนชีพไลเคน นอกจากนี้ ISA ยังแสดงค่าดัชนีบ่งชี้ (indicator values) ของไลเคนแต่ละชนิดตั้งแต่ 0 (ไม่พบภายในแปลงของป่าชนิดนั้น) ถึง 1 (เด่นที่สุดเฉพาะภายในแปลงของป่าชนิดนั้น) (McCune and Grace, 2002)

ผลการวิจัย

ความหลากหลายของชนิดไลเคน

จำแนกไลเคน จำนวน 348 ตัวอย่าง ได้ทั้งหมด 26 วงศ์ 45 สกุล 89 ชนิด วงศ์ที่พบมาก ได้แก่ Graphidaceae, Ramalinaceae, Caliciaceae, Pertusariaceae, Parmeliaceae, Porinaceae และ Pyrenulaceae ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แปลงป่าเต็งรังมีค่า γ -diversity สูงที่สุด รองลงมา คือ แปลงป่าดิบเขาระดับต่ำ แปลงป่าเบญจพรรณ และแปลงป่าดิบเขา ระดับสูง ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบความแปรปรวนของชนิดไลเคน (β -diversity) ภายในป่าเบญจพรรณสูงที่สุด (ตารางที่ 3)

องค์ประกอบชุมชนชีพไลเคน

การวิเคราะห์ด้วย MRPP แสดงค่า $A = 0.1624$ ($P = 0.001$, $\alpha = 0.05$) ดังนั้น องค์ประกอบชุมชนชีพไลเคนระหว่างแปลงของป่าทั้งสี่ประเภทจึงค่อนข้างมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ด้วย NMDS พบว่า ไลเคนบางชนิดพบในแปลงของประเภทป่าที่แตกต่างกัน แต่ต้องมีระดับความสูงของพื้นที่ใกล้เคียงกันเท่านั้น ได้แก่ *Lecanora austrotropica*, *Pertusaria* sp.1 & 2 และ *Pyxine retrugella* พบได้ในแปลง

ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ในขณะที่ *Eschatogonia* spp. และ *Porina mastoidea* พบได้ในแปลงป่าดิบเขาระดับต่ำและดิบเขาระดับสูง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งชุมชนพืชของ ชนิดไลเคนที่พบบริเวณลำต้นออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มชุมชนพืชที่พบในแปลงป่าที่ระดับความสูง <1,000 เมตร และ >1,000 เมตร (รูปที่ 1 และตารางที่ 3) จากการวิเคราะห์ด้วย ISA สามารถคัดเลือกไล

เคนที่มีค่าดัชนีบ่งชี้สูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, $\alpha = 0.05$) ได้จำนวน 19 ชนิด และใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator species) สภาพแวดล้อมของป่าแต่ละประเภท โดยพบในแปลงของป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบเขาระดับต่ำ และป่าดิบเขาระดับสูง จำนวน 11, 2, 5 และ 1 ชนิด ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้ง ระดับความสูงจากน้ำทะเล (เมตร) และพรรณไม้ชนิดเด่นที่พบไลเคนภายในแปลงของป่าเต็งรัง (DDF) ป่าเบญจพรรณ (MDF) ป่าดิบเขาระดับต่ำ (LMF) และป่าดิบเขาระดับสูง (UMF)

แปลง	ประเภทป่า	ตำแหน่งที่ตั้ง	ระดับความสูงจากน้ำทะเล	พรรณไม้ชนิดเด่น 3 ลำดับ
DDF1	DDF	18°58'N 98°37'E	520	รัง (<i>Shorea siamensis</i>) เต็ง (<i>S. obtusa</i>) ขว้าว (<i>Haldina cordifolia</i>)
DDF2	DDF	18°26'N 98°37'E	530	รัง (<i>S. siamensis</i>) มะหาด (<i>Lepisanthes rubiginosa</i>) กระพี้เขาควาย (<i>Dalbergia cultrate</i>)
MDF1	MDF	18°31'N 98°36'E	650	พลวง (<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>) ก่อแพะ (<i>Quercus kerrii</i>) ก้อนก (<i>Lithocarpus polystachyus</i>)
MDF2	MDF	18°31'N 98°36'E	650	พลวง (<i>D. tuberculatus</i>) เต็ง (<i>S. obtusa</i>) สารภี (<i>Mammea siamensis</i>)
LMF1	LMF	18°30'N 98°30'E	1,610	ก้อหัวหมู (<i>L. sootepensis</i>) หมอนหิน (<i>Hovenia dulcis</i>) ก้อนก (<i>L. polystachyus</i>)
LMF2	LMF	18°30'N 98°30'E	1,620	มณฑาป่า (<i>Manglietia garrettii</i>) ขางขาว (<i>Xanthophyllum virens</i>) จางจีต (<i>Heynea trijuga</i>)
UMF1	UMF	18°33'N 98°28'E	2,230	กุ่มขาว (<i>Acer laurinum</i>) หัวขี้กวาง (<i>Syzygium fruticosum</i>) เหมือนคนตัวผู้ (<i>Helicia nilagirica</i>)
UMF2	UMF	18°33'N 98°28'E	2,300	กุ่มขาว (<i>A. laurinum</i>) ก้อหุยม (<i>Castanopsis argyrophylla</i>) หัวขี้กวาง (<i>S. fruticosum</i>)

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีบ่งชี้ของไลเคนในแปลงของป่าแต่ละประเภท (ISA) และชนิดที่สามารถเป็นตัวบ่งชี้สภาพป่า (*)

วงศ์ (จำนวน taxa)	ชนิด	ประเภทป่า				p-value ($\alpha=0.05$)
		DDF	MDF	LMF	UMF	
Arthoniaceae (1)	<i>Cryptothecia</i> sp.	0.000	0.091	0.000	0.000	0.099
Caliciaceae (9)	<i>Dirinaria confluens</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.667
	<i>Dirinaria picta</i> *	0.000	0.182	0.000	0.000	0.010
	<i>Amandinea diorista</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.626
	<i>Orcularia placodiomorpha</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.625
	<i>Buellia alboatrior</i> *	0.250	0.000	0.000	0.000	0.001
	<i>Diplotomma albostratum</i>	0.094	0.000	0.000	0.000	0.072
	<i>Pyxine coccifera</i> *	0.156	0.000	0.000	0.000	0.016
	<i>Pyxine meissneriana</i> *	0.531	0.000	0.000	0.000	0.001
	<i>Pyxine retrugella</i> *	0.243	0.020	0.000	0.000	0.008
Catillariaceae (1)	<i>Catillaria</i> sp.	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
Chrysothricaceae (1)	<i>Chrysothrix xanthina</i> *	0.250	0.000	0.000	0.000	0.005

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีบ่งชี้ของไลเคนในแปลงของป่าแต่ละประเภท (ISA) และชนิดที่สามารถเป็นตัวบ่งชี้สภาพป่า (*) (ต่อ)

วงศ์ (จำนวน taxa)	ชนิด	ประเภทป่า				p-value ($\alpha=0.05$)
		DDF	MDF	LMF	UMF	
Coenogoniaceae (3)	<i>Coenogonium interplexum*</i>	0.000	0.000	0.128	0.000	0.049
	<i>Coenogonium lutea</i>	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
	<i>Coenogonium</i> sp.	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
Collemataceae (1)	<i>Leptogium</i> sp.	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
Coniocybaceae (1)	<i>Chaenotheca trichialis</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.648
Crocyniaceae (1)	<i>Crocynia gossypina</i>	0.000	0.000	0.128	0.000	0.051
Graphidaceae (18)	<i>Diorygma</i> sp.1	0.000	0.000	0.051	0.000	0.345
	<i>Diorygma</i> sp.2	0.000	0.091	0.000	0.000	0.105
	<i>Graphis consimilis*</i>	0.125	0.000	0.000	0.000	0.038
	<i>Graphis longiramea</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.106
	<i>Graphis stenotera</i>	0.000	0.000	0.103	0.000	0.085
	<i>Graphis streblocarpa</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.113
	<i>Graphis striatula</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.077
	<i>Graphis tenuirima</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.650
	<i>Graphis</i> sp.1	0.031	0.000	0.000	0.000	0.616
	<i>Graphis</i> sp.2	0.031	0.000	0.000	0.000	0.632
	<i>Hemithecium</i> sp.*	0.000	0.000	0.282	0.000	0.003
	<i>Myriotrema thailandicum</i>	0.000	0.000	0.077	0.000	0.101
	<i>Ocellularia perforata</i>	0.000	0.000	0.051	0.000	0.459
	<i>Ocellularia nureliya</i>	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
	<i>Ocellularia</i> sp.1*	0.188	0.000	0.000	0.000	0.013
	<i>Ocellularia</i> sp.2	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
<i>Ocellularia</i> sp.3	0.000	0.000	0.077	0.000	0.212	
<i>Thelotrema</i> sp.	0.094	0.000	0.000	0.000	0.070	
Lecanoraceae (2)	<i>Lecanora austrotropica</i>	0.114	0.071	0.000	0.000	0.109
	<i>Lecanora tropica*</i>	0.284	0.008	0.000	0.000	0.004
Letrouitiaceae (1)	<i>Letrouitia transgressa</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.113
Lobariaceae (1)	<i>Sticta cyphellulata</i>	0.000	0.000	0.077	0.000	0.198
Malmideaceae (2)	<i>Malmidea inflata</i>	0.000	0.000	0.077	0.000	0.105
	<i>Malmidea piaie*</i>	0.000	0.273	0.000	0.000	0.002
Monoblastiaceae (1)	<i>Anisomeridium</i> sp.	0.063	0.000	0.000	0.000	0.261
Mycoporaceae (1)	<i>Mycoporum</i> sp.	0.031	0.000	0.000	0.000	0.632
Parmeliaceae (5)	<i>Canoparmelia texana</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.590
	<i>Canoparmelia</i> sp.	0.031	0.000	0.000	0.000	0.649
	<i>Parmelinella simplicior</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.099
	<i>Parmotrema pseudotinctorum</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.629
	<i>Parmotrema tinctorum*</i>	0.156	0.000	0.000	0.000	0.011
Pertusariaceae (8)	<i>Pertusaria inthanonensis</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.097
	<i>Pertusaria psoromica</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.627
	<i>Pertusaria</i> cf. <i>ramuensis</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.633
	<i>Pertusaria scaberula*</i>	0.219	0.000	0.000	0.000	0.003
	<i>Pertusaria wauensis</i>	0.063	0.000	0.000	0.000	0.254

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีบ่งชี้ของไลเคนในแปลงของป่าแต่ละประเภท (ISA) และชนิดที่สามารถเป็นตัวบ่งชี้สภาพป่า (*) (ต่อ)

วงศ์ (จำนวน taxa)	ชนิด	ประเภทป่า				p-value ($\alpha=0.05$)
		DDF	MDF	LMF	UMF	
	<i>Pertusaria</i> sp.1	0.125	0.046	0.000	0.000	0.074
	<i>Pertusaria</i> sp.2	0.005	0.078	0.000	0.000	0.118
	<i>Pertusaria</i> sp.3	0.031	0.000	0.000	0.000	0.648
Physciaceae (2)	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.650
	<i>Physcia undulata</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.651
Porinaceae (4)	<i>Porina tetracerae</i>	0.000	0.000	0.051	0.000	0.391
	<i>Porina distans</i>	0.000	0.000	0.128	0.000	0.052
	<i>Porina internigrans*</i>	0.000	0.000	0.846	0.000	0.001
	<i>Porina mastoidea*</i>	0.000	0.000	<0.001	0.951	0.001
Pyrenulaceae (4)	<i>Anthracothecium</i> sp.	0.031	0.000	0.000	0.000	0.653
	<i>Pyrenula</i> cf. <i>nitidula</i>	0.000	0.000	0.077	0.000	0.121
	<i>Pyrenula mamillana</i>	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
	<i>Pyrenula thailandica</i>	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
Ramalinaceae (14)	<i>Bacidia submedialis</i>	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
	<i>Bacidia rubella</i>	0.000	0.091	0.000	0.000	0.108
	<i>Bacidia</i> sp.1	0.000	0.000	0.077	0.000	0.102
	<i>Bacidia</i> sp.2	0.000	0.091	0.000	0.000	0.110
	<i>Bacidia</i> sp.3	0.000	0.091	0.000	0.000	0.105
	<i>Biatora</i> sp.1*	0.000	0.000	0.154	0.000	0.017
	<i>Biatora</i> sp.2	0.000	0.000	0.001	0.078	0.159
	<i>Eschatogonia</i> cf. <i>dissecta</i>	0.000	0.000	0.013	0.029	0.737
	<i>Eschatogonia prolifera*</i>	0.000	0.000	0.379	0.014	0.001
	<i>Phyllopsora</i> sp.1	0.000	0.000	0.051	0.000	0.463
	<i>Phyllopsora</i> sp.2	0.000	0.000	0.077	0.000	0.200
	<i>Phyllopsora</i> sp.3	0.031	0.000	0.000	0.000	0.643
	<i>Phyllopsora</i> sp.4	0.000	0.091	0.000	0.000	0.103
	<i>Phyllopsora</i> sp.5	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
Ramboldiaceae (1)	<i>Ramboldia russula</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.659
Roccellaceae (1)	<i>Dichosporidium boschianum</i>	0.000	0.000	0.077	0.000	0.122
Stereocaulaceae (1)	<i>Lepraria</i> sp.	0.063	0.000	0.000	0.000	0.270
Teloschistaceae (2)	<i>Athallia holocarpa</i>	0.031	0.000	0.000	0.000	0.632
	<i>Flavoplaca citrina*</i>	0.219	0.000	0.000	0.000	0.010
Verrucariaceae (3)	<i>Bogoriella</i> cf. <i>obovata</i>	0.094	0.000	0.000	0.000	0.069
	<i>Bogoriella</i> sp.1	0.000	0.000	0.026	0.000	1.000
	<i>Flakea papillata</i>	0.000	0.000	0.051	0.000	0.489

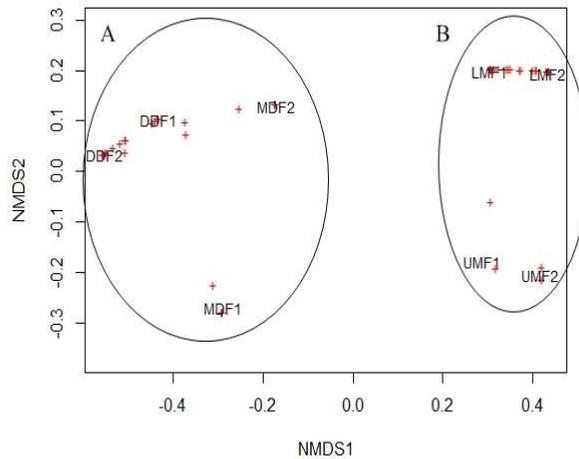
วิจารณ์ผลการวิจัย

ความแตกต่างของความหลากหลายและองค์ประกอบชุมชนไลเคนได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับภูมิทัศน์ (landscape) ระดับถิ่นที่อยู่ขนาดใหญ่ (macrohabitat) และระดับถิ่นที่อยู่ขนาดเล็ก (microhabitat) อย่างไรก็ตาม การศึกษา

ความแตกต่างของไลเคนในพื้นที่ระดับภูมิทัศน์ที่มีความแตกต่างกันในด้านต่าง ๆ เช่น ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ละติจูดหรือลองจิจูด ไม่อาจอธิบายความแปรปรวนของชุมชนไลเคนบนเปลือกไม้ได้ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นที่มีความหลากหลายของถิ่นที่อยู่ขนาดเล็กภายในภูมิทัศน์สูง (Coppins and Wolseley, 2002; Will-Woff et al., 2002) โดย

Wolseley and Aguirre-Hudson (1997a) พบว่า พื้นที่ระดับความสูงเดียวกัน ชุมชีพไลเคนจะแตกต่างกันตามประเภทป่า เนื่องจากมีความแตกต่างด้านองค์ประกอบชนิดพรรณไม้และสภาพแวดล้อมภายในโครงสร้างป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพภูมิอากาศย่อย (microclimate) และถิ่นที่อยู่ขนาดเล็ก ซึ่ง

ประกอบด้วย ความชื้น ความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศ และลักษณะพื้นที่ยึดเกาะ นอกจากนี้ ความหลากหลายและชุมชีพของไลเคนในป่าชนิดเดียวกันยังแตกต่างกันตามระดับการรบกวน เช่น การเกิดไฟป่า (Wolseley and Aguirre-Hudson, 1997b; Hauck, 2011)



รูปที่ 1 การจัดอันดับ (ordination) แปลงตามความแตกต่างขององค์ประกอบชุมชีพไลเคนที่พบภายในแปลง (สัญลักษณ์ + แทนชนิดไลเคน); A คือ กลุ่มชนิดไลเคนที่พบในแปลงป่าระดับความสูง <1,000 เมตร; B คือ กลุ่มชนิดไลเคนที่พบในแปลงป่าระดับความสูง >1,000 เมตร

ตารางที่ 3 ความหลากหลายของชนิดไลเคนในป่าแต่ละประเภท

	ประเภทป่า			
	DDF	MDF	LMF	UMF
α -diversity (n=2, \pm SE)	25 (\pm 11)	10 (\pm 3)	24 (\pm 3)	2.5 (\pm 0.5)
γ -diversity	40	19	35	4
β -diversity	1.61	1.91	1.46	1.60

หมายเหตุ n คือ จำนวนแปลงศึกษาในป่าแต่ละประเภท

แสง เป็นปัจจัยสำคัญต่อความหลากหลายของไลเคนระดับความเข้มแสงที่ส่องลงมายังพื้นป่าขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นเรือนยอดและองค์ประกอบชนิดพรรณไม้ (Hauck, 2011) ดังนั้นแปลงป่าเต็งรังที่มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง จึงมีแสงเพียงพอต่อการเติบโตของไลเคนหลายชนิด ในขณะที่ แปลงป่าดิบเขาประกอบด้วยพรรณไม้ไม่ผลัดใบและชั้นเรือนยอดหนาแน่น แสงจึงเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเติบโตของไลเคนที่อาศัยบริเวณลำต้นด้านล่างของเรือนยอด (Sillert and Antoine, 2004) ทำให้พบไลเคนบริเวณลำต้นน้อยกว่าแปลงป่าเต็งรัง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแปลงป่าเบญจพรรณที่ศึกษา มีลักษณะค่อนข้างเป็นป่าโปร่ง แต่พบจำนวนชนิดไลเคนน้อยกว่าแปลงป่าเต็งรังและป่าดิบ

เขาระดับต่ำ อาจมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบชนิดพรรณไม้ที่ผสมระหว่างพรรณไม้ไม่ผลัดใบและผลัดใบ จากการศึกษาพบ ไลเคนส่วนใหญ่อาศัยอยู่บนเปลือกที่มีความชื้นและคงทนซึ่งเป็นลักษณะของพรรณไม้ไม่ผลัดใบ แต่เนื่องจากพรรณไม้ดังกล่าวไม่ใช่กลุ่มเด่นในแปลงป่าเบญจพรรณ จึงอาจทำให้พบจำนวนชนิดไลเคนน้อยกว่าแปลงป่าทั้งสอง นอกจากนี้ ปัจจัยทางชีวภาพยังมีผลต่อจำนวนชนิดไลเคน โดยเฉพาะการแก่งแย่งพื้นที่อาศัยกับพืชไบรโอไฟต์ ซึ่งเป็นพืชอิงอาศัยกลุ่มเด่นที่ปกคลุมบนลำต้นของพรรณไม้ป่าดิบเขาที่ตั้งอยู่บนระดับความสูง 2,000 เมตร ขึ้นไป (Wolseley and Aguirre-Hudson, 1997a) เนื่องจากสามารถเติบโตได้ดีใน

บริเวณที่มีแสงจำกัดและความชื้นสูง (Chen et al., 2016) ดังนั้นแปลงป่าดิบเขาในระดับสูง จึงพบพืชไบรโอไฟต์ปกคลุมตลอดทั้งลำต้น ส่งผลให้พบจำนวนชนิดไลเคนน้อยที่สุด

การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้สภาพแวดล้อมของป่าสามารถใช้ได้ทั้งระดับวงศ์และระดับชนิด แต่ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่อาศัย การจำแนกกลุ่มชุมชนชีพไลเคนตามชนิดของวงศ์ไม่สามารถแสดงความจำเพาะต่อสภาพป่าประเภทใดประเภทหนึ่งได้มากนักเนื่องจากไลเคน 1 วงศ์สามารถพบได้ในแปลงของป่ามากกว่า 1 ประเภท แต่การพบวงศ์ของไลเคนระหว่างประเภทป่าแสดงลักษณะที่สอดคล้องกับการจัดอันดับชนิดไลเคนด้วย NMDS (รูปที่ 1) ดังนั้น การใช้กลุ่มชุมชนชีพตามวงศ์จึงเหมาะสำหรับการบ่งชี้สภาพป่าโดยรวมที่แตกต่างตามระดับความสูงของพื้นที่ซึ่งแบ่งได้ 2 ช่วงความสูง กล่าวคือ ป่าระดับความสูง <1,000 เมตร ที่ส่วนใหญ่มีสภาพแบบป่าผลัดใบและเป็นป่าโปร่ง พบกลุ่มไลเคนส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Caliciaceae, Parmeliaceae และ Pertusariaceae ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiwari and Prajapati (2015) ที่พบไลเคนวงศ์ Parmeliaceae ในป่าที่มีแสงส่องถึงพื้นที่อาศัยของไลเคน และวงศ์ Pertusariaceae นอกจากจะพบบนต้นไม้ที่มีอายุมากแล้ว ยังทนทานต่อไฟป่าเช่นเดียวกับวงศ์ Caliciaceae โดยเฉพาะสกุล *Pyxine* และ *Dirinaria* ที่ทนทานต่อไฟป่าที่เกิดขึ้นเป็นประจำในป่าเต็งรังหรือป่าในพื้นที่ระดับต่ำ (Wolseley and Aguirre-Hudson, 1997b) ในขณะที่ ป่าที่ตั้งอยู่ในระดับความสูง >1,000 เมตรขึ้นไป มีสภาพเป็นป่าดิบเขา ซึ่งไม่พบไลเคนวงศ์ดังกล่าว แต่พบวงศ์ Porinaceae ที่เด่นและพบได้เฉพาะแปลงป่าดิบเขา อาจกล่าวได้ว่ากลุ่มไลเคนวงศ์นี้สามารถบ่งชี้สภาพป่าที่ขึ้นไปจนถึงปกคลุมไปด้วยเมฆและมีลักษณะเป็นร่มเงาได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiwari and Prajapati (2015) อย่างไรก็ตาม ไลเคนวงศ์ Graphidaceae สามารถพบได้ทั่วไปในป่าเกือบทุกประเภทของพื้นที่ศึกษา ยกเว้น แปลงป่าดิบเขาในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวสันต์และคณะ (2010) หรือไลเคนวงศ์ Ramalinaceae ที่พบได้ในป่าทุกประเภท แต่มีความเด่นในป่าที่มีความชื้นและร่มเงาที่ระดับความสูงเกิน 1,000 เมตร ดังนั้น การใช้ไลเคนในระดับวงศ์อาจมีความเหมาะสมต่อการบ่งชี้สภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันของป่าแต่ละชนิด โดยเฉพาะลักษณะของชั้นเรือนยอดที่ส่งผลโดยตรงต่อแสงและความชื้น การศึกษาองค์ประกอบชุมชนชีพไลเคนในระดับชนิดโดยใช้

ISA พบว่า ป่าแต่ละชนิดพบไลเคนชนิดเด่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาในแปลงป่าเต็งรัง พบไลเคนชนิดเด่น ได้แก่ *Buellia alboatrior*, *Chrysothrix xanthina*, *Flavoplaca citrina*, *Graphis consimilis*, *Lecanora tropica*, *Ocellularia* sp. 1, *Pyxine coccifera*, *P. meissneriana*, *P. retirugella*, *Parmotrema tinctorum* และ *Pertusaria scaberula* ไลเคนส่วนใหญ่ได้ปรับตัวต่อสภาพแห้งแล้งและความเข้มแสงสูง เช่น การสร้างสารเมแทบอลิท์ทุติยภูมิสำหรับการป้องกันรังสียูวี ได้แก่ พอร์ควัตถุสีเหลืองในไลเคน *C. xanthina* และ *Flavoplaca citrina* หรือมีการสร้างผลึกแคลเซียมออกซาลेटในไลเคน *Pyxine* spp. (Shukla et al., 2014) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wolseley and Aguirre-Hudson (1997a,b) ที่พบไลเคนเหล่านี้ในป่าเต็งรังที่มีชั้นเรือนยอดเปิดโล่งและบางชนิดยังทนทานต่อไฟป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Chrysothrix xanthina* และ *Pyxine* spp. ในขณะที่ *Parmotrema tinctorum* แม้ว่าจะพบมากในป่าเต็งรัง แต่ต้องเป็นป่าที่ไม่เกิดไฟป่าเป็นประจำเนื่องจากทัลลัสถูกทำลายได้ง่าย นอกจากนี้ ยังพบไลเคน *Ocellularia* sp.1 ซึ่งอยู่ในสกุลที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพป่าที่ไม่ถูกรบกวน (Rivas-Plata et al., 2008) จึงอาจกล่าวได้ว่าไลเคนชนิดเด่นที่พบในแปลงศึกษาป่าเต็งรังนอกจากสามารถใช้บ่งชี้สภาพป่าเต็งรังยังสามารถใช้บ่งชี้สภาพของป่าที่ไม่ถูกรบกวน โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการควบคุมไฟป่า

การศึกษาร่วมกันขององค์ประกอบชุมชนชีพไลเคนในแปลงป่าเบญจพรรณซึ่งมีสภาพเป็นป่าค่อนข้างโปร่ง พบไลเคนชนิดเด่น 2 ชนิด ได้แก่ *Malmidea piae* และ *Dirinaria picta* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shukla et al. (2014) ที่พบไลเคนดังกล่าวในป่าที่มีองค์ประกอบพรรณไม้ผลัดใบผสมกับไม้ผลัดใบ จึงมีสภาพแวดล้อมทั้งแบบแห้งแล้งและชื้นในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งหากพิจารณาในระดับสกุล พบว่า สกุล *Malmidea* พบได้ในป่าไม้ผลัดใบ ในขณะที่สกุล *Dirinaria* สามารถพบในป่าผลัดใบ อาจกล่าวได้ว่า ไลเคนที่พบแปลงป่าเบญจพรรณมีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

องค์ประกอบชุมชนชีพไลเคนระหว่างแปลงป่าดิบเขาระดับต่ำและระดับสูงมีความคล้ายคลึงกันทั้งในระดับวงศ์และสกุล โดยไลเคนชนิดเด่นที่พบในป่าดิบเขาระดับต่ำ ได้แก่ *Biatora* sp. 1, *Coenogonium interplexum*, *Eschatogonia prolifera*, *Hemithecium* sp. และ *Porina internigrans*

ในขณะที่ป่าดิบเขาในระดับสูงพบไลเคนชนิดเด่นเพียงชนิดเดียว คือ *Porina mastoidea* ไลเคนที่พบมักปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยและความชื้นสูงมาก เช่น มีโครงสร้างที่ลึกลับที่ช่วยป้องกันน้ำส่วนเกิน หรือสามารถเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มแสงต่ำ (Lakatos et al., 2006) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการศึกษาค้นคว้าไม่พบชนิดไลเคนของป่าดิบเขาทั้งสองระดับปรากฏในแปลงของป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณในพื้นที่ศึกษา แต่สามารถพบได้ในประเภทป่าที่แตกต่างกันของพื้นที่ศึกษาจากการศึกษาอื่น ที่ระดับความสูงพื้นที่ <1,000 เมตร และมีสภาพป่าแบบไม่ผลัดใบ (Wolseley and Aguirre-Hudson, 1997a; Boonpragob et al., 1998) ดังนั้น ชนิดไลเคนส่วนใหญ่ที่เป็นตัวบ่งชี้สภาพป่าดิบเขาจึงอาจแสดงความจำเพาะต่อโครงสร้างป่าไม้ของป่าแบบไม่ผลัดใบในพื้นที่ชื้น มากกว่าสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นในพื้นที่แบบภูเขา ทำให้อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและระดับความเข้มแสงที่อาจเกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น การทำลายป่า หรือได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศที่เกินขอบเขตของไลเคนจะปรับตัวได้

สรุปผลการวิจัย

ความหลากหลายของชนิดและองค์ประกอบชุมชนซีฟไลเคนที่อิงอาศัยบนลำต้นมีความแตกต่างกันตามประเภทป่า โดยเป็นผลมาจากความแปรปรวนของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายในป่าแต่ละชนิด ได้แก่ ลักษณะทางโครงสร้างป่าไม้และสภาพภูมิอากาศ การศึกษาความหลากหลายของไลเคนมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์พื้นที่ป่า นอกจากนี้ชุมชนซีฟไลเคนที่มีความจำเพาะต่อป่าแต่ละชนิด โดยเฉพาะไลเคนชนิดเด่น มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในป่าและสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการติดตามตรวจสอบระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาอนุรักษ์มรดกอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับการอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และเจ้าหน้าที่จากหน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับการจำแนกชนิดพรรณไม้

เอกสารอ้างอิง

- วสันต์ เฝิงสูงเนิน พชร มงคลสุข กัณษริย์ บุญประกอบ และ เลขา มาโนช. (2553). ความหลากหลายของไลเคน วงศ์กราฟิตาซีอิ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย. วารสารฤกษ์ศาสตร์ไทย 2 (ฉบับพิเศษ): 73-79.
- รัชชัย สันติสุข. (2549). ป่าของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช. หน้า 9-13.
- Aptroot, A., Stapper, N.J., Košuthová, A. and Cáceres, E.S.M. (2016). Lichens. *In* Climate Change. Netherlands: Elsevier. pp. 295-307.
- Boonpragob, K., Homchantara, N., Coppins, B. J., McCarthy, P. M. and Wolseley, P.A. (1998). An introduction to the lichen flora of Khao Yai National Park, Thailand. *Botanical Journal of Scotland* 50: 209-219.
- Chen, X., Liu, W.Y., Song, L., Li, S., Wu, C.S. and Lu, H.Z. (2016). Adaptation of epiphytic bryophytes in the understory attributing to the correlations and trade-offs between functional traits. *Journal of Bryology* 38(2): 110-117.
- Coppins, B.J. and Wolseley, P.A. (2002). Lichens of tropical forests. *In* Tropical mycology: Volume 2, Micromycetes. Wallingford: CABI Publishing. pp. 113-131.
- Hannah, L. (2015). Ecosystem Change. *In* Climate Change Biology. United Kingdom: Elsevier. pp. 103-136.
- Hauck, M. (2011). Site factors controlling epiphytic lichen abundance in northern coniferous forests. *Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206(2): 81-90.
- Lakatos, M., Rascher, U. and Büdel, B. (2006). Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. *New Phytologist* 172(4): 679-95.
- McCune, B. and Grace, J.B. (2002). Analysis of Ecological Communities. United States of America: MjM Software.
- Nash III, T.H. (2008). Introduction. *In* Lichen Biology. United Kingdom: Cambridge. pp. 1-8.
- Ohsawa, M. (1995). The Montane Cloud Forest and Its Gradational Changes in Southeast Asia. *In* Tropical Montane Cloud Forest. New York: Springer-Verlag. pp. 254-265.
- Rivas-Plata, E., Lücking, R. and Lumbsch, H.T. (2008). When family matters: an analysis of Thelotremaaceae (Lichenized Ascomycota: Ostropales) as bioindicators of ecological continuity in tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 17: 1319-1351.

- Shukla, V., Upreti, D.K. and Bajpai, R. (2014). Lichen Diversity in Different Lichenogeographical Regions of India. *In* Lichen to Biomonitor the Environment. India: Springer. pp. 61-96.
- Sillett, S.C. and Antoine, M.E. (2004). Lichens and Bryophytes in Forest Canopies. *In* Forest Canopies (second edition). United States of America: Elsevier. pp. 151-173.
- Tiwari, S.C. and Prajapati, A. (2015). Lichen as Indicator of Forest Health Status in Achanakmar Amarkantak Biosphere Reserve. *International Journal of Research Studies in Biosciences* 3(4): 70-79.
- Van Herk, C.M., Aptroot, A. and Van Dobben, H.F. (2002). Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *The Lichenologist* 34(2): 141-154.
- Whittaker, R.H. (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Will-Wolf, S., Esseen, P.A. and Neitlich, P.N. (2002). Monitoring Biodiversity and Ecosystem Function: Forests. *In* Monitoring with Lichens- Monitoring Lichens. Netherlands: Springer. pp. 203-222.
- Wolseley, P.A. and Aguirre-Hudson, B. (1991). Lichens as indicators of environmental change in the tropical forests of Thailand. *Global Ecology and Biogeography Letters* 1: 170-175.
- Wolseley, P.A. and Aguirre-Hudson, B. (1997a). The ecology and distribution of lichens in tropical deciduous and evergreen forests in Thailand. *Journal of Biogeography* 24: 327-343.
- Wolseley, P.A. and Aguirre-Hudson, B. (1997b). Fire in tropical dry forests: corticolous lichens as indicators of recent ecological changes in Thailand. *Journal of Biogeography* 24: 345-362.

