

ความหลากหลายของไลเคน ณ โป่งน้ำร้อนท่าปาย อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน Lichen Diversity at Pai Hot Spring, Pai, Mae Hongson

ศรัณย์ จินะเจริญ^{A*} และคัทลียา ยารังสี

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

ยุพเยาว์ คบพิมาย

สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Saran Cheenacharoen^{A*} and Cuttaleeya Yarungsri

Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University,

Chang Phueak, Muang, Chiang Mai, 50300

Yuppayao Kophimai

Division of Genetics, Faculty of Science, Maejo University,

Nonghan, Sansai, Chiangmai 50290

Received: April 24, 2020; Accepted: April 29, 2020

บทคัดย่อ

การสำรวจความหลากหลายของไลเคนบริเวณรอบบ่อน้ำพุร้อน โป่งน้ำร้อนท่าปาย ตำบลแม่ฮี้ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน 8 เส้นทาง โดยสำรวจไลเคนบนลำต้นของต้นไม้เส้นทางละ 10 ต้น แต่ละต้นมีระยะห่าง 5 เมตร ในแนวออกจากบ่อน้ำพุร้อน รวมทั้งหมด 80 ต้น สำรวจโดยใช้กรอบขนาด 10x50 ตารางเซนติเมตร บันทึกรูปภาพไลเคน ลักษณะไลเคน และบันทึกข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงต้นไม้ ลักษณะผิวเปลือกไม้ และทิศทางของลำต้นที่มีจำนวนไลเคนมากที่สุด พบว่ามีไลเคนทั้งหมด 24 วงศ์ 38 สกุล ประกอบด้วยไลเคนกลุ่ม foliose จำนวน 2 วงศ์ 3 สกุล และไลเคนกลุ่ม crustose จำนวน 22 วงศ์ 35 สกุล เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไลเคนกับลักษณะผิวเปลือกไม้พบว่าไลเคนสกุล *Lepraria*, *Pertusaria* และ *Pyrenula* พบบนเปลือกไม้เรียบกับขรุขระไม่ต่างกัน ($p=0.328$, 0.365 และ 0.262 ตามลำดับ) ส่วน 7 สกุล ได้แก่ *Arthopyrenia*, *Bacidia*, *Cryptothecia*, *Graphis*, *Letroitia*, *Malmidea* และ *Opegrapha* พบบนเปลือกไม้เรียบมากกว่าเปลือกขรุขระ ($p<0.05$) และมีไลเคน 1 สกุล ที่พบบนเปลือกขรุขระมากกว่าเปลือกเรียบ คือ *Diploschistes* ($p=0.005$) พบไลเคนทางทิศเหนือของลำต้นมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อนกับจำนวนสกุลและจำนวนแทลัสของไลเคนปรากฏว่ามี

^ACentre of Excellence on Biodiversity Research and Implementation for Community, Chiang Mai Rajabhat University, Chang Phueak, Muang, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author: scheenacharoen@gmail.com

ความสัมพันธ์กันน้อยมาก ($R^2 = 0.1163$ และ 0.0655 ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนสกุลของไลเคนเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางการสำรวจแล้วปรากฏว่าไม่ต่างกัน ($p = 0.598$) นอกจากนี้เมื่อจัดกลุ่มไลเคนตามความทนทานต่อคุณภาพอากาศพบว่ามีไลเคนสกุลที่ถูกจัดในกลุ่มอากาศดีอยู่ 1 สกุล (*Pamotrema*) และกลุ่มทนทานและทนทานสูงจำนวน 11 สกุล

คำสำคัญ : ไลเคน; ความหลากหลาย; น้ำพุร้อน; ปาย

Abstract

The survey of lichen diversity in the area of Tha Pai hot spring, Pai District, Mae Hong Son was performed in eight lines outward from the centre of the hot spring. Ten trees in each line with every five metres in distance (80 trees in total) were marked. The grid frame $10 \times 50 \text{ cm}^2$ was placed on the bark. The photos of lichen were taken. Lichen morphology and physical characters, tree perimeter, bark type and direction of tree, which the most lichen abundance were recorded. The results showed that there were 24 families and 38 genera of the lichens. Two families and three genera were in foliose group and 22 families and 35 genera were in crustose. The relationship between numbers of lichen thallus and bark type showed that three genera, *Lepraria*, *Pertusaria* and *Pyrenula*, were found no significant difference on both smooth and rough bark ($p = 0.328$, 0.365 and 0.262 , respectively). On the other hand, there were seven genera showed the existence on a smooth bark more than a rough bark, which were *Arthopyrenia*, *Bacidia*, *Cryptothecia*, *Graphis*, *Letroitia*, *Malmidea* and *Opegrapha* ($p < 0.05$). There was one genus, *Diploschistes*, which was found on a rough bark more than a smooth bark ($p = 0.005$). Lichen was mostly found on the north of tree stem. The correlations between the distance from the hot spring and the numbers of genus and thallus were very low, $R^2 = 0.1163$ and 0.0655 , respectively. Moreover, the average numbers of genus in each survey line were similar ($p = 0.598$). In addition, one genus (*Pamotrema*) which was categorized to be sensitive to air quality, and 11 genera which were categorized to be tolerant and highly tolerant to air quality, were found in this study.

Keywords: lichen; diversity; hot spring; Pai

1. คำนำ

ไลเคน (lichen) เป็นการอาศัยอยู่ร่วมกัน (symbiosis) แบบพึ่งพาอาศัย (mutualism) ระหว่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มรา (mycobiont) และกลุ่มสาหร่ายสีเขียว และ/หรือ ไซยาโนแบคทีเรีย (photobiont) โดยการจับคู่ระหว่าง mycobiont และ photobiont ในไลเคนแต่ละชนิดนั้นไม่ได้เกิดแบบสุ่ม แต่เกิดจาก

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ และกลไกการวิวัฒนาการร่วมกัน (co-evolution) (Rambold *et al.*, 1998; Dahlkild *et al.*, 2001; Peksa and Skaloud, 2011) ส่งผลให้เกิดการคัดเลือกการจับคู่ (selectivity) และเกิดความจำเพาะเจาะจงซึ่งกันและกัน (specificity) (Wirtz *et al.*, 2003; Yahr *et al.*, 2006; Werth and Sork, 2010; Fernandez-

Mendoza *et al.*, 2011; Vargas Castillo and Beck, 2012; Muggia *et al.*, 2013; Muggia *et al.*, 2014) ด้วยเหตุนี้ไลเคนจึงมีความหลากหลายทางชีวภาพสูงมาก รวมทั้งอาศัยอยู่ได้ในระบบนิเวศที่หลากหลายและในสิ่งแวดล้อมที่หลากหลายรูปแบบ แม้กระทั่งในสภาพแวดล้อมที่เลวร้ายรุนแรง ได้แก่ เขตน้ำแข็งขั้วโลก ทะเลทราย ป่าดิบฝน หน้าผาชายฝั่ง และบริเวณที่มีสารพิษปนเปื้อน เป็นต้น (Jariangprasert, 2014)

ไลเคนมีโครงสร้างพื้นฐานเรียกว่าแทลลัส (thallus) โดยมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ต่างกัน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ crustose, foliose และ fruticose (รูปที่ 1) ไลเคนแต่ละชนิดเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน บางชนิดเจริญได้ทั่วไป บางชนิดเจริญได้ในสภาพแวดล้อมที่จำเพาะ ดังนั้นจึงสามารถใช้ความหลากหลายและการเจริญเติบโตของไลเคนบางกลุ่มทั้งในระดับวงศ์ สกุล หรือแม้แต่ระดับสปีชีส์เพื่อบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อม ถิ่นอาศัย และการถูกรบกวนจากมนุษย์ (Saipunkaew *et al.*, 2005; Saipunkaew *et al.*, 2007) ไลเคนแต่ละกลุ่มมีความทนทานต่อมลภาวะในอากาศได้ต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงนิยมประยุกต์ใช้ความหลากหลายของไลเคนเป็นดัชนีทางชีวภาพเบื้องต้นในการชี้วัดคุณภาพอากาศ เช่น ไลเคนกลุ่ม fruticose และกลุ่ม foliose บางชนิด เป็นกลุ่มอ่อนไหว เจริญได้เฉพาะในบริเวณที่มีความชื้นสูงและอากาศบริสุทธิ์ การ

สำรวจความหลากหลายและจำนวนของไลเคนจึงสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประเมินคุณภาพอากาศในบริเวณดังกล่าว (Nimis *et al.*, 2002; Karnchanawanich, 2010) นอกจากนี้ลักษณะของถิ่นที่อยู่ (substrate) เช่น ลักษณะเปลือกไม้ ทิศทางของลำต้น และขนาดของลำต้นเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของไลเคนเช่นกัน (Nimis and Purvis, 2002; Johansson *et al.*, 2007; Marmor and Randlane, 2007; Thor *et al.*, 2010) ดังนั้นการศึกษาและสำรวจไลเคนจึงควรสำรวจลักษณะทางกายภาพของถิ่นที่อยู่ด้วย

โป่งน้ำร้อนท่าปาย ตำบลแม่ฮี้ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยม มีลักษณะเป็นบ่อน้ำพุร้อนธรรมชาติ อุณหภูมิสูงประมาณ 80 องศาเซลเซียส มีกลิ่นกำมะถันตามปกติของน้ำพุร้อนโดยทั่วไป และพื้นที่โดยรอบเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ ยังไม่มีข้อมูลความหลากหลายของไลเคนในบริเวณพื้นที่โดยรอบ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความหลากหลายของไลเคนบริเวณโดยรอบบ่อน้ำพุร้อนท่าปาย โดยเลือกใช้วิธีสำรวจแบบ non-invasive เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสกุลของไลเคนกับลักษณะของถิ่นที่อยู่อาศัยบางประการ ซึ่งจะได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการอนุรักษ์ไลเคนต่อไป

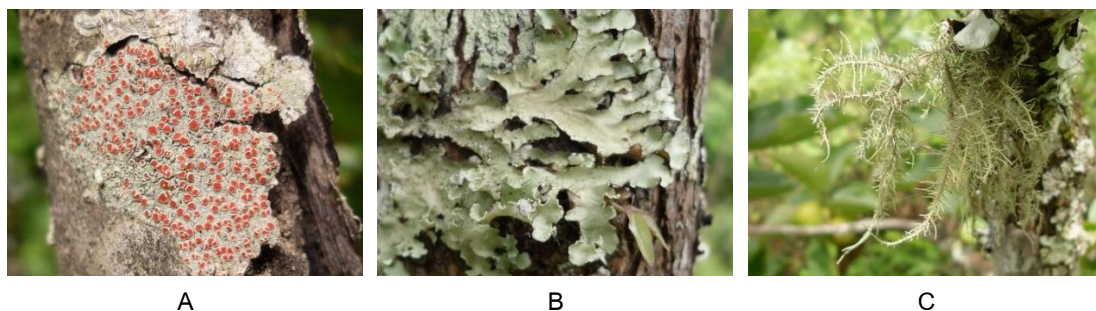


Figure 1 Lichen growth form (A) crustose, (B) foliose, and (C) fruticose

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่สำรวจและแผนการสำรวจ

โป่งน้ำร้อนท่าปายอยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดแม่ฮ่องสอน อยู่ห่างจากอำเภอปาย 8.3 กิโลเมตร พิกัด คือ ละติจูด $19^{\circ}18'27.6''\text{N}$ ลองจิจูด $98^{\circ}28'26.9''\text{E}$ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบระหว่างหุบเขามีน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ 2 บ่อ ล้อมรอบด้วยป่าเบญจพรรณที่อุดมสมบูรณ์ โดยทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภูเขาสลับกัน ส่วนทางทิศเหนือเป็นที่ราบ

พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณรอบบ่อน้ำพุร้อน โดยวางแผนการสำรวจเป็น 8 เส้นทาง ตามทิศรอบบ่อน้ำพุร้อน ได้แก่ ทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ใช้การสำรวจแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยแต่ละเส้นทางกำหนดต้นไม้จำนวน 10 ต้น แต่ละต้นมีระยะห่าง 5 เมตร (ปรับให้เหมาะสมตามลักษณะภูมิประเทศ) ต้นไม้ที่คัดเลือกมีความยาวเส้นรอบวงมากกว่า 20 เซนติเมตร รวมทั้งสิ้น 80 ต้น โดยเก็บข้อมูลเส้นรอบวงของต้นไม้ ลักษณะผิวของเปลือกไม้ (เรียบหรือขรุขระ) และทิศทางของลำต้นที่มีจำนวนไลเคนมากที่สุด

2.2 การสำรวจไลเคน

การสำรวจไลเคนใช้วิธี non-invasive โดยนำกรอบสำรวจ (grid frame) ขนาด 10×50 ตารางเซนติเมตร วางทับบนลำต้นของต้นไม้ที่กำหนดในด้านที่มีจำนวนไลเคนมากที่สุด โดยให้ขอบด้านล่างของกรอบสำรวจสูงจากพื้นดินบริเวณโคนต้น 100 เซนติเมตร ต้นไม้ที่เลือกมีลำต้นที่ตั้งตรง (ประยุกต์จาก Verein Deutscher Ingenieure, 1995) จากนั้นบันทึกภาพไลเคนในกรอบสำรวจโดยละเอียดและระบุสกุล (genus) ของตัวอย่างไลเคนที่พบทั้งหมดโดยใช้โครงสร้างภายนอก ได้แก่ ประเภท

ของแทลลัส สี โครงสร้างสืบพันธุ์ เป็นต้น

2.3 การวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลสกุลไลเคนที่พบมาวิเคราะห์จำนวนของรูปแบบการเติบโต (crustose, foliose, fruticose) จำนวนของแต่ละสกุล ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของไลเคนแต่ละสกุลกับลักษณะของเปลือกลำต้นโดยใช้ไคสแควร์ (chi-square) เพื่อทดสอบว่าพบไลเคนบนเปลือกลำต้นแบบใดมากกว่าหรือไม่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไลเคนกับ (1) ทิศทางของลำต้นที่พบไลเคน (2) ระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อนโดยการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) และ (3) เส้นทางสำรวจ (ทิศจากบ่อน้ำพุร้อน) โดยใช้การวิเคราะห์ one-way ANOVA นอกจากนั้นนำข้อมูลสกุลไลเคนที่สำรวจได้เปรียบเทียบกับข้อมูลความทนทานของคุณภาพอากาศของแต่ละสกุลกับคู่มือนักสืบสายลม (Karnchanawanich, 2010) เพื่อเป็นข้อมูลชีวภาพเบื้องต้นสำหรับคุณภาพอากาศบริเวณน้ำพุร้อนท่าปาย

3. ผลการวิจัย

3.1 การสำรวจไลเคน

การสำรวจต้นไม้ 80 ต้น ในบริเวณพื้นที่รอบบ่อน้ำพุร้อน พบว่าต้นไม้ที่สำรวจมีลักษณะเปลือกเรียบ 57 ต้น และเปลือกขรุขระ 23 ต้น โดยมีต้นไม้ 3 ต้น ที่ไม่พบไลเคน ส่วนอีก 77 ต้น พบไลเคนทั้งหมด 421 แทลลัส โดยระบุสกุลและวงศ์ของตัวอย่างได้ 398 แทลลัส แทลลัสที่ระบุสกุลได้มี 38 สกุล จัดอยู่ใน 24 วงศ์ ประกอบด้วยกลุ่ม foliose 2 วงศ์ 3 สกุล และกลุ่ม crustose 22 วงศ์ 35 สกุล โดยไม่พบตัวอย่างไลเคนในกลุ่ม fruticose ไลเคนส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในสกุล *Arthopyrenia*, *Baciadia*, *Cryptothecia*, *Graphis*, *Lepraria*, *Letrouitia* และ *Opegrapha* (พบมากกว่า 20 แทลลัส) และส่วนน้อยที่พบอยู่ในสกุล *Caloplaca*, *Crocynia*, *Diorygma*,

Table 1 The number of lichen thalli in each genus on different bark types

Growth form	Family	Genus	Number of thallus		Total (thallus)
			Smooth bark	Rough bark	
Foliose	Physciaceae	<i>Dirinaria</i>	3	6	9
	Parmeliaceae	<i>Parmotrema</i>	2	3	5
	Physciaceae	<i>Pyxine</i>	5	2	7
Crustose	Monoblastiaceae	<i>Anisomeridium</i>	1	1	2
	Pyrenulaceae	<i>Anthracotheceum</i>	6	1	7
	Arthoniaceae	<i>Arthonia</i>	9	1	10
	Arthopyreniaceae	<i>Arthopyrenia</i>	37	4	41
	Arthoniaceae	<i>Arthothelium</i>	3	-	3
	Ramalinaceae	<i>Bacidia</i>	19	2	21
	Teloschistaceae	<i>Caloplaca</i>	-	1	1
	Trypetheliaceae	<i>Campylothelium</i>	9	-	9
	Graphidaceae	<i>Chapsa</i>	4	2	6
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix</i>	2	3	5
	Crocyniaceae	<i>Crocynia</i>	1	-	1
	Arthoniaceae	<i>Cryptothecia</i>	24	5	29
	Porinaceae	<i>Dichosporidium</i>	2	-	2
	Graphidaceae	<i>Diorygma</i>	1	-	1
	Thelotremataceae	<i>Diploschistes</i>	8	6	14
	Caliciaceae	<i>Diplotomma</i>	1	-	1
	Graphidaceae	<i>Dyplolabia</i>	2	3	5
	Graphidaceae	<i>Fissurina</i>	2	2	4
	Fuscideaceae	<i>Fuscidea</i>	4	-	4
	Graphidaceae	<i>Graphis</i>	22	4	26
	Haematommataceae	<i>Haematomma</i>	-	1	1
	Graphidaceae	<i>Hemithecium</i>	1	3	4
	Trypetheliaceae	<i>Laurera</i>	2	-	2
	Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>	3	-	3
	Stereocaulaceae	<i>Lepraria</i>	32	10	42
	Letrouitiaceae	<i>Letrouitia</i>	33	4	37
	Ramalinaceae	<i>Malcolmiella</i>	7	-	7
	Malmideaceae	<i>Malmidea</i>	16	1	17
	Thelotremataceae	<i>Ocellularia</i>	2	-	2
	Roccellaceae	<i>Opegrapha</i>	24	-	24
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria</i>	12	6	18
	Graphidaceae	<i>Phaeographis</i>	5	-	5
	Phlyctidaceae	<i>Phlyctis</i>	2	1	3
	Pyrenulaceae	<i>Pyrenula</i>	10	3	13
	Thelotremataceae	<i>Stegobolus</i>	6	1	7
	unknown		17	6	23
Total	24	38	339	82	421

Diplotomma และ *Haematomma* (พบ 1 แทลลัส) (รูปที่ 2 และตารางที่ 1)

3.2 การวิเคราะห์ผล

3.2.1 จำนวนไลเคนกับลักษณะเปลือกลำต้น

เมื่อวิเคราะห์จำนวนไลเคนแต่ละสกุลเปรียบเทียบกับลักษณะเปลือกลำต้น (เรียบ-ขรุขระ) พบว่าไลเคนที่ขึ้นบนเปลือกไม้ผิวเรียบมี 36 สกุล 339 แทลลัส และไลเคนที่ขึ้นบนเปลือกไม้ผิวขรุขระมี 25 สกุล 82 แทลลัส ซึ่งสกุลของไลเคนที่พบบน

เปลือกไม้ผิวเรียบมากที่สุด คือ ไลเคนสกุล *Arthopyrenia*, *Letrouitia* และ *Lepraria* ซึ่งพบ 37, 33 และ 32 แทลลัส ตามลำดับ ส่วนไลเคนที่พบบ่อยที่สุดบนต้นไม้ผิวขรุขระ คือ สกุล *Lepraria* โดยพบ 10 แทลลัส (ตารางที่ 1)

ไลเคนที่พบมากกว่า 10 แทลลัส มี 11 สกุล (ตารางที่ 1) ซึ่งมีจำนวนเหมาะสม (มีมากเพียงพอ) ในการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยไคสแควร์ โดยวิเคราะห์แยกแต่ละสกุลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแทลลัสกับลักษณะเปลือกลำต้นแบบ



Figure 2 Some lichens found in the study area (A) *Pyrenula* sp., (B) *Letrouitia* sp., (C) *Graphis* sp., and (D) *Parmotrema* sp.

Table 2 Chi-squared test of relationship between thallus number and stem bark type

Genus	Number of thallus		Ratio value after adjustment according to the number of trees (smooth : rough = 57 : 23)		P - value
	Smooth bark	Rough bark	Smooth	Rough	
<i>Arthopyrenia</i>	37	4	72.1951	7.8049	1.74×10^{-4}
<i>Bacidia</i>	19	2	72.3810	7.6190	1.44×10^{-4}
<i>Cryptothecia</i>	24	5	66.2069	13.7931	2.29×10^{-2}
<i>Diploschistes</i>	8	6	45.7143	34.2857	5.30×10^{-3}
<i>Graphis</i>	22	4	67.6923	12.3077	8.25×10^{-3}
<i>Lepraria</i>	32	10	60.9524	19.0476	3.28×10^{-1}
<i>Letrouitia</i>	33	4	71.3514	8.6486	3.92×10^{-4}
<i>Malmidea</i>	16	1	75.2941	4.7059	6.21×10^{-6}
<i>Opegrapha</i>	24	0	80.0000	0.0000	1.00×10^{-8}
<i>Pertusaria</i>	12	6	53.3333	26.6667	3.65×10^{-1}
<i>Pyrenula</i>	10	3	61.5385	18.4615	2.62×10^{-1}
All (exclude unknown)	322	76	64.7236	15.2764	5.63×10^{-2}
All	339	82	64.4181	15.5819	6.68×10^{-2}

เรียบกับแบบขรุขระ ซึ่งการวิเคราะห์จำเป็นต้องนำจำนวนต้นไม้เปลือกเรียบกับเปลือกขรุขระมาปรับค่าเป็นอัตราส่วนทางทฤษฎี (expected ratio) เพื่อนำจำนวนไลเคนแต่ละสกุลที่พบบนเปลือกเรียบและเปลือกขรุขระที่ปรับค่าอัตราส่วนแล้ว (observed ratio) มาเปรียบเทียบและทดสอบด้วยการใช้สถิติไคสแควร์ (ตารางที่ 2) พบว่าไลเคน 3 สกุล ได้แก่ *Lepraria*, *Pertusaria* และ *Pyrenula* พบบนเปลือกเรียบกับขรุขระไม่แตกต่างกัน ($p = 0.328, 0.365$ และ 0.262 ตามลำดับ) มีไลเคน 1 สกุล ที่พบบนเปลือกขรุขระมากกว่าเปลือกเรียบ คือ *Diploschistes* ($p = 0.005$) และอีก 7 สกุล ได้แก่ *Arthopyrenia*, *Bacidia*, *Cryptothecia*, *Graphis*, *Letroitia*, *Malmidea* และ *Opegrapha* ที่พบบนเปลือกเรียบมากกว่าเปลือกขรุขระ ($p < 0.05$) (ค่า p ของแต่ละสกุลแสดงในตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาจำนวนแทลลัสของไลเคนที่สำรวจพบทั้งหมดที่สามารถระบุสกุล พบไลเคนบนเปลือกเรียบกับเปลือกขรุขระแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า $p = 0.056$ (ตารางที่ 2)

3.2.2 จำนวนไลเคนในทิศต่าง ๆ บนต้นไม้

ทิศทางการวางกรอบสำรวจที่วางทาบบนลำต้นของต้นไม้ ซึ่งเลือกวางบนด้านที่มีไลเคนขึ้นปริมาณมากที่สุด พบว่าทิศทางที่พบ

ไลเคนมากที่สุด คือ ทิศเหนือ (21 ต้น) รองลงมาคือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกทิศละ 11 ต้น ส่วนทิศทางที่พบไลเคนน้อยที่สุด คือ ทิศใต้ (5 ต้น) (รูปที่ 3)

3.2.3 จำนวนไลเคนกับระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อน

การสำรวจไลเคนโดยกำหนดระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อน เส้นทางละ 10 จุด ซึ่งแต่ละจุดห่างกันประมาณ 5 เมตร พบว่าระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อนที่ 15 เมตร มีจำนวนแทลลัสเฉลี่ยมากที่สุด (7.38 แทลลัส/ต้น) และมีจำนวนสกุลเฉลี่ยมากที่สุด เช่นเดียวกัน (5.75 สกุล/ต้น) ส่วนระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อนที่ 40 เมตร มีจำนวนแทลลัสของไลเคนน้อยที่สุด (3.75 แทลลัส/ต้น) (รูปที่ 4)

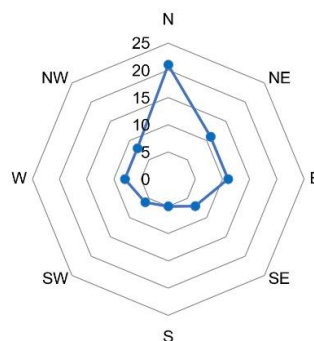


Figure 3 The numbers of trees showing most abundance lichen in each stem direction

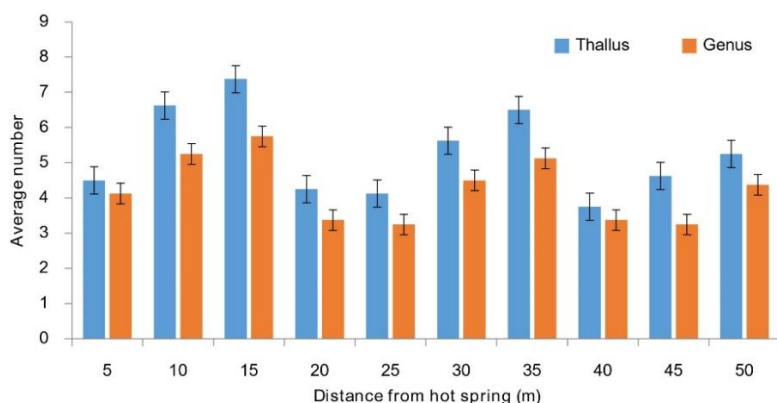


Figure 4 The numbers of thallus and genus of lichens at different distances from the hot springs (error bar shows the SE)

การนำข้อมูลจำนวนสกุลและจำนวนแทลลัสของไลเคนมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อน โดยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) พบว่าจำนวนสกุลและจำนวนแทลลัสของไลเคนมีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากบ่อน้ำพุร้อนน้อยมาก ($R^2 = 0.1163$ และ 0.0655 ตามลำดับ) (รูปที่ 5)

3.2.4 จำนวนไลเคนในเส้นทางการสำรวจต่าง ๆ

การสำรวจโดยกำหนดเส้นทางสำรวจ 8 เส้นทาง แบ่งตามทิศต่าง ๆ รอบบ่อน้ำพุร้อน พบว่าเส้นทางทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และทิศตะวันตก (W) มีจำนวนไลเคนมากที่สุด คือ 68, 62 และ 62 แทลลัส ตามลำดับ ส่วนเส้นทางทิศตะวันออก (E) ทิศเหนือ (N) และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) มีจำนวนสกุลมากที่สุด คือ 23, 21 และ 21 สกุล ตามลำดับ เส้นทางทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) พบไลเคนจำนวนสกุลเท่ากัน คือ 16 สกุล แต่จำนวนแทลลัสมีความแตกต่างกันอย่างมาก (รูปที่ 6)

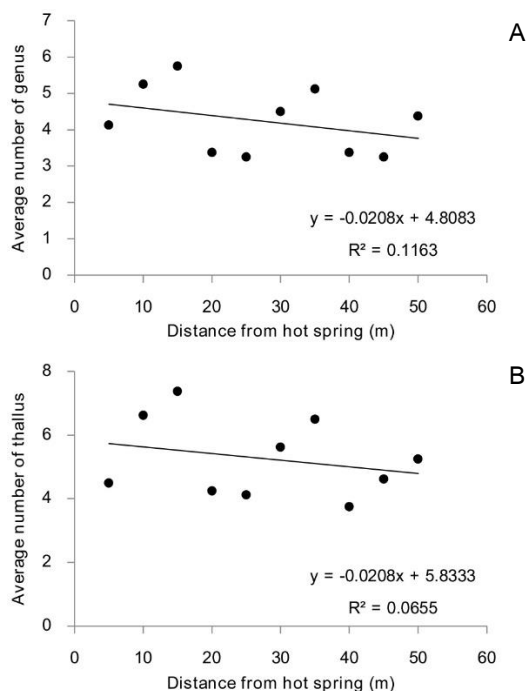


Figure 5 The relationship between the distances from the hot springs and (A) number of genus, (B) number of thallus

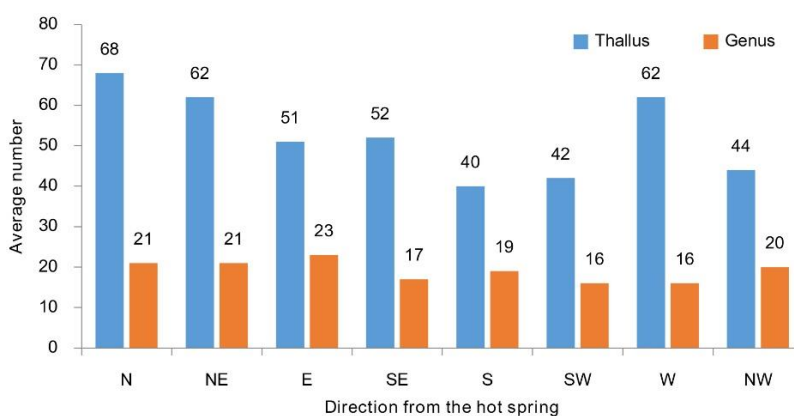


Figure 6 Number of thallus and genus of lichens found on each observed direction

จำนวนสกุลของไลเคนเฉลี่ยต่อต้นที่พบในแต่ละเส้นทางสำรวจมีค่า 3.50-5.20 สกุล/ต้น โดยเส้นทางทิศเหนือ (N) มีจำนวนสกุลไลเคนมาก

ที่สุด คือ 5.20 สกุล/ต้น เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสกุลเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละเส้นทางสำรวจด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way

ANOVA) พบว่าจำนวนสกุลของไลเคนในแต่ละเส้นทางสำรวจแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.598$) (ตารางที่ 3)

Table 3 The average number of genus per tree found on each route

Route	The average number of genus (mean $\pm$ SD)
N	5.20 $\pm$ 2.53 ^a
NE	4.90 $\pm$ 3.00 ^a
E	4.40 $\pm$ 2.22 ^a
SE	4.00 $\pm$ 2.90 ^a
S	3.50 $\pm$ 2.12 ^a
SW	3.30 $\pm$ 1.16 ^a
W	4.90 $\pm$ 3.07 ^a
NW	3.70 $\pm$ 2.83 ^a

^a No statistically significant difference ($p > 0.05$)

Table 4 Genus of lichens found according to the air quality resistance

Group	Genus	Number of thallus
sensitive	<i>Parmotrema</i>	5
tolerant	<i>Arthonia</i>	10
	<i>Bacidia</i>	21
	<i>Chrysothrix</i>	5
	<i>Dirinaria</i>	9
	<i>Graphis</i>	26
	<i>Hemithecium</i>	4
	<i>Laurera</i>	2
	<i>Leacanora</i>	3
highly tolerant	<i>Anthracotheicum</i>	7
	<i>Lepraria</i>	42
	<i>Pyxine</i>	7

3.2.5 กลุ่มของไลเคนตามดัชนีคุณภาพอากาศ

เมื่อพิจารณาแบ่งไลเคนที่สำรวจพบตามกลุ่มความทนทานต่อคุณภาพอากาศ พบว่าเป็นไลเคนกลุ่มทนทานสูง 3 สกุล ได้แก่ *Anthracotheicum*, *Pyxine* และ *Lepraria* ไลเคนกลุ่มทนทาน 8 สกุล ได้แก่ *Arthonia*, *Graphis*, *Hemithecium*, *Leacanora*, *Dirinaria*, *Bacidia*, *Laurera* และ *Chrysothrix* ไลเคนกลุ่มอากาศดี 1 สกุล คือ *Parmotrema* (ตารางที่ 4)

4. อภิปรายผลการวิจัย

การสำรวจไลเคนในพื้นที่ปองน้ำร้อนทำปาย โดยการสำรวจต้นไม้ทั้งหมดจำนวน 80 ต้น พบไลเคน 421 แทลลัส จำแนกได้ 24 วงศ์ (family) 38 สกุล (genus) ประกอบด้วยกลุ่ม foliose 2 วงศ์ 3 สกุล กลุ่ม crustose 22 วงศ์ 35 สกุล ซึ่งพบว่า 11 สกุล ได้แก่ *Bacidia*, *Caloplaca*, *Diplotomma*, *Dirinaria*, *Pyxine*, *Diplochistes*, *Graphis*, *Lecanora*, *Lepraria*, *Pertusaria* และ *Parmotrema* เป็นสกุลที่พบโดยทั่วไป (Jariangprasert, 2014) ไลเคนที่พบส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม crustose และพบกลุ่ม foliose บ้างเล็กน้อย สอดคล้องกับการสำรวจในพื้นที่อื่น ๆ อาทิ บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบไลเคน 13 วงศ์ 24 สกุล เป็นกลุ่ม crustose 19 สกุล และ foliose 5 สกุล (Kanjoem, 2009) บริเวณแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก พบไลเคนกลุ่ม crustose 12 สกุล และ foliose 1 สกุล (Silprasit *et al.*, 2013)

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแทลลัสกับลักษณะเปลือกไม้ พบว่าบนเปลือกไม้เรียบมีจำนวนสกุลของไลเคนมากกว่าบนเปลือกไม้ขรุขระ และจำนวนแทลลัสของไลเคนทั้งหมดที่ระบุสกุลได้มีแนวโน้มพบบนเปลือกเรียบมากกว่าเปลือก

ขรุขระ ($p = 0.0563$) ส่งผลให้บนเปลือกเรียบมีความหลากหลายของสกุลไลเคนสูงกว่าเปลือกขรุขระ สอดคล้องกับการสำรวจของ Wolseley และ Aguirre-Hudson (1997) ณ ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ และเขานางรำ จังหวัดอุทัยธานี เนื่องจากเป็นป่าเขตร้อนซึ่งมีพันธุ์ไม้ส่วนใหญ่เป็นแบบเปลือกเรียบ โดยมีไลเคนประจำถิ่นส่วนใหญ่ในวงศ์ Arthonaceae, Pyrenulaceae, Graphidaceae และ Thelotremaaceae (Hawksworth and Hill, 1984) สำหรับไลเคนกลุ่ม foliose พบบนต้นไม้ผิวเปลือกเรียบและขรุขระในปริมาณใกล้เคียงกัน โดย 2 สกุล ที่พบในการสำรวจนี้ คือ *Dirinaria* และ *Parmotrema* มีความสอดคล้องกับการสำรวจในป่าชุมชนของนครชัยบุรินทร์ ที่พบว่าทั้ง 2 สกุล เจริญได้ดีบนเปลือกขรุขระเช่นเดียวกัน (Muangsang, 2013)

ทิศทางบนลำต้นส่งผลต่อการเจริญของไลเคนอย่างชัดเจน โดยพบไลเคนทางทิศเหนือของลำต้นมากที่สุด (21 ต้น) รองลงมา คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (11 ต้น) และทิศตะวันออก (11 ต้น) จากจำนวนต้นไม้ที่สำรวจทั้งหมด 80 ต้น สอดคล้องกับการสำรวจไลเคนบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (Kanjoem, 2009) ทั้งนี้อาจเนื่องจากทิศเหนือและตะวันออกของลำต้น เป็นทิศที่ธรรมชาติของแสงแดดส่งผลกระทบต่อความชื้นบริเวณเปลือกลำต้นน้อยที่สุด (หากไม่คำนึงถึงลักษณะแสงส่องจากเรือนยอด) เมื่อมีปริมาณความชื้นคงเหลือมากกว่าส่งผลให้ไลเคนที่เป็นสิ่งมีชีวิตที่ปริมาณน้ำภายในคล้อยตามปริมาณน้ำในสภาพแวดล้อม (poikilohydric organism) สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า

ระยะห่างและทิศทางจากบ่อน้ำพุร้อนไม่ส่งผลต่อความหลากหลายของไลเคนที่เจริญอยู่บนต้นไม้โดยรอบ และจำนวนแทลลัสของไลเคนไม่มีความแตกต่างเช่นเดียวกัน แสดงถึงไอน้ำและก๊าซ

จากบ่อน้ำพุร้อนไม่ส่งผลหรือส่งผลน้อยมากต่อการเจริญเติบโตของไลเคนในบริเวณสำรวจ โดยหนึ่งในก๊าซหลักจากน้ำพุร้อน คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคนบางชนิดได้ แต่ปริมาณก๊าซดังกล่าวอาจไม่ได้มีปริมาณสูงพอที่จะส่งผลต่อไลเคน เนื่องจากปริมาณซัลเฟตในน้ำของน้ำพุร้อนในภาคเหนือส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่โป่งน้ำร้อนท่าปายมีปริมาณ 36.8 มิลลิกรัม/ลิตร (Jahrat, 2003)

การพิจารณาใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพสำหรับคุณภาพอากาศ สามารถใช้ความหลากหลายของไลเคนในหลากหลายระดับ เช่น การใช้รูปแบบการเจริญของแทลลัสเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น โดยกลุ่ม crustose และ foliose มีความทนทานต่ออากาศมากกว่ากลุ่ม fruticose เนื่องจากโครงสร้างไลเคนกลุ่ม fruticose มีส่วนที่รับอากาศได้ในทุกทิศทาง ขณะที่โครงสร้างของอีก 2 กลุ่ม มีส่วนที่สัมผัสอากาศน้อยกว่า นอกจากนั้นยังสามารถใช้สกุลและชนิดของไลเคนบ่งบอกคุณภาพอากาศที่ละเอียดมากขึ้น เพราะบางสกุลแม้จะอยู่ในกลุ่มเดียวกันโดยเฉพาะ crustose มีความทนทานต่อมลพิษต่างกัน นอกจากนั้นไลเคนแต่ละสกุลและชนิดยังมีความไวต่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่างกัน โดย Hawksworth และ Rose (1970) รายงานว่าในสหราชอาณาจักรแบ่งปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็น 10 ระดับ พบไลเคนสกุลและชนิดต่างกัน ยังมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกไซด์น้อย โอกาสที่จะพบความหลากหลายของไลเคนในสกุล *Usnea* ซึ่งเป็นกลุ่ม foliose ที่มีความไวต่อมลพิษมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การสำรวจ ณ โป่งน้ำร้อนท่าปายนี้ ไม่พบกลุ่ม fruticose แสดงถึงคุณภาพอากาศไม่ได้อยู่ในระดับดีมาก แต่ยังพบกลุ่ม foliose ที่แสดงถึงคุณภาพอากาศดี

5. สรุป

การสำรวจไลเคนในพื้นที่โป่งน้ำร้อนท่าปาย ตำบลแม่ฮี้ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยสำรวจ 8 เส้นทาง บริเวณรอบบ่อน้ำพุร้อน แต่ละเส้นทางสำรวจบนต้นไม้จำนวน 10 ต้น แต่ละต้นมีระยะห่างกัน 5 เมตร พบไลเคนทั้งหมด 24 วงศ์ 38 สกุล ประกอบด้วยไลเคนกลุ่ม foliose 2 วงศ์ 3 สกุล และกลุ่ม crustose 22 วงศ์ 35 สกุล ไลเคนส่วนใหญ่จัดอยู่ในสกุล *Arthopyrenia*, *Bacidia*, *Cryptothecia*, *Diploschistes*, *Graphis*, *Lepraria*, *Letroitia*, *Malmidea*, *Opegrapha*, *Pertusaria* และ *Pyrenula* ไลเคนส่วนน้อยจัดอยู่ในสกุล *Caloplaca*, *Crocynia*, *Diorygma*, *Diplotomma* และ *Haematomma* พบมีไลเคนที่ไม่สามารถจำแนก 23 แพลลัส นอกจากนี้บนเปลือกไม้ผิวเรียบพบไลเคนจำนวนมากว่าเปลือกไม้ผิวขรุขระ พบไลเคนเจริญเติบโตมากในทิศเหนือของลำต้น ระยะห่างและทิศทางจากบ่อน้ำพุร้อนไม่พบความแตกต่างของความหลากหลายของสกุลไลเคนและจำนวนไลเคน ไม่พบไลเคนกลุ่ม fruticose ที่มีความไวต่อมลพิษในอากาศ แต่พบไลเคนสกุล *Parmotrema* (กลุ่ม foliose) ที่บ่งชี้ถึงคุณภาพอากาศดี การสำรวจความหลากหลายของไลเคนหากมีการสำรวจซ้ำในจุดเดิมเพื่อการติดตามตรวจสอบภาวะมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่อระบบนิเวศของถิ่นอาศัย จะสามารถใช้เป็นเครื่องมือทางชีวภาพที่บ่งบอกสภาพแวดล้อมในระยะยาว อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลและเครื่องมือในการอนุรักษ์ธรรมชาติได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำที่ทำการโป่งน้ำร้อนท่าปาย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าสถานที่สำรวจ และหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้ความช่วยเหลือในการระบุชื่อสกุลของไลเคนบางตัวอย่าง

7. รายการอ้างอิง

- Dahlkild, A., Kaellersjoe, M., Lohtander, K. and Tehler, A., 2001, Photobiont diversity in the Physciaceae (Lecanorales), *Bryologist* 104: 527-536.
- Fernández- Mendoza, F. , Domaschke, S. , García, M.A., Jordan, P., Martín, M.P. and Printzen, C. , 2011, Population structure of mycobionts and photobionts of the widespread lichen *Cetraria aculeate*, *Mol. Ecol.* 20: 1208-1232.
- Hawksworth, D. L. and Hill, D. J. , 1984, The Lichen-Forming Fungi, Chapman and Hall, New York.
- Hawksworth, D.L. and Rose, F., 1970, Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens, *Nature* 227: 145-148.
- Jahrat, W., 2003, Chemical property of hot spring in Thailand, Academic report, Department of Mineral Resource, Bangkok, 80 p. (in Thai)
- Jariangprasert, S. , 2014, Preliminary lichen, Maejo University, Chiang Mai. 323 p. (in Thai)
- Johansson, P., Rydin, H. and Thor, G., 2007, Tree age relationships with epiphytic lichen diversity and lichen life history traits on ash in southern Sweden, *Ecoscience* 14: 81-91.
- Kanjoem, R., 2009, Lichen diversity and monitoring of sulphur dioxide around Mae Moh power plant area, Mae Moh district, Lampang province, in 2009, Master Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, 98 p. (in Thai)

- Karnchanawanich, S., 2010, Air Detective: Handbook of Lichen in Bangkok, Green World Foundation, Bangkok, 112 p. (in Thai)
- Marmor, L. and Randlane, T., 2007, Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn, *Folia Cryptogamica Estonica* 43: 23-37.
- Muggia, L., Vancurova L., Škaloud, P., Peksa, O., Wedin, M. and Grube, M., 2013, The symbiotic playground of lichen thalli – A highly flexible photobiont association in rock-inhabiting lichens, *FEMS Microbiol. Ecol.* 85: 313-323.
- Muggia, L., Perez-Ortega S., Kopun, T., Zellnig, G. and Grube, M., 2014, Photobiont selectivity leads to ecological tolerance and evolutionary divergence in a polymorphic complex of lichenized fungi, *Ann. Bot.* 114: 463-475.
- Muangsan, N., 2013, Diversity of Lichen Species in Community Forest and Ancient Monuments of Nakhon Chai Bu Rin, Research Report, Suranaree University, Nakhon Ratchasima, 105 p. (in Thai)
- Nimis, P.L. and Purvis, O.W., 2002, Monitoring lichens as indicators of pollution, pp. 7-10, In Nimis, P. L., Scheidegger, C. and Wolseley, P. A. (Eds.) *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, NATO Science Series (Series IV: Earth and Environmental Sciences), Vol. 7, Springer, Dordrecht.
- Nimis, P.L., Scheidegger, C. and Wolseley, P., 2002, *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, NATO Science Series (Series IV: Earth and Environmental Sciences), Vol. 7, Springer, Dordrecht, 407 p.
- Peksa, O. and Škaloud, P., 2011, Do photobionts influence the ecology of lichens?: A case study of environmental preferences in symbiotic green alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae), *Mol. Ecol.* 20: 3936-3948.
- Rambold, G., Friedl, T. and Beck, A., 1998, Photobionts in lichens: possible indicators of phylogenetic relationships?, *Bryologist* 101: 392-397.
- Saipunkaew, W., Wolseley, P.A. and Chimonides, P. J., 2005, Epiphytic lichens as indicators of environmental health in the vicinity of Chiang Mai city, Thailand, *Lichenologist* 37: 345-356.
- Saipunkaew, W., Wolseley, P.A., Chimonides, P.J., and Boonpragob, K., 2007, Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand, *Environ. Pollut.* 146: 366-374.
- Silprasit, K., Duangjai, W., Ngamniyom, A., Kroeksakul, P., Thumajitsakul, S., Sriyapai, T. and Tuntates, U., 2013, Diversity of lichen surrounding nature - based tourism area in Khun Dan Prakan Chon Dam, Nakhon Nayok Province, *Thai J. Forest.* 32(Supplementary): 85-96. (in Thai)
- Thor, G., Johansson, P. and Jönsson, M. T., 2010, Lichen diversity and red-listed lichen species relationships with tree species and diameter in wooded meadows, *Biodiv. Conserv.* 19: 2307-2328.

- Vargas Castillo, R. and Beck, A., 2012, Photobiont selectivity and specificity in *Caloplaca* species in a fog-induced community in the Atacama Desert, North Chile, Fungal Biol. 116: 665-676.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 1995, VDI 3799 Part 1, Measurement of Immission Effects, Measurement and Evaluation of Phytotoxic Effect of Ambient Air Pollution (Immission) with Lichen: Mapping of Lichen for Assessment of the Air Quality, Verein Deutscher Ingenieure, Dusseldorf.
- Werth, S. and Sork, V.L., 2010, Identity and genetic structure of the photobiont of the epiphytic lichen *Ramalina menziesii* on three oak species in southern California, Am. J. Bot. 97: 821-830.
- Wirtz, N., Lumbsch, H.T., Green, T.G.A., Türk, R., Pintado, A., Sancho, L. and Schroeter, B., 2003, Lichen fungi have low cyanobiont selectivity in maritime Antarctica, New Phytol. 160: 177-183.
- Wolseley, P.A. and Aguirre-Hudson, B., 1997, The ecology and distribution of lichens in tropical deciduous and evergreen forests of northern Thailand, J. Biogeo. 24: 327-343.
- Yahr, R., Vilgalys, R. and de Priest, P.T., 2006, Geographic variation in algal partners of *Cladonia subtenuis* (Cladoniaceae) highlights the dynamic nature of a lichen symbiosis, New Phytol. 171: 847-860.