

นิพนธ์ต้นฉบับ

การแปรผันตามฤดูกาลของปริมาณแมโครไลเคนที่ร่วงหล่นในป่าทุติยภูมิ
ณ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

Seasonal Variations in Macrolichen Litterfall Growing in a Secondary
Forest at Khao Yai National Park

พิทักษ์ชัย เฟื่องแก้ว*

เวชศาสตร์ พลเยี่ยม

ชัยวัฒน์ บุญเพ็ง

กัณห์กริช บุญประกอบ

Pitakchai Fuangkeaw*

Wetchasart Polyiam

Chaiwat Boonpeng

Kansri Boonpragob

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Bangkok 10240, Thailand

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

รับต้นฉบับ 16 กันยายน 2563

รับแก้ไข 11 พฤศจิกายน 2563

รับลงพิมพ์ 13 พฤศจิกายน 2563

ABSTRACT

The study and estimation of macrolichen litterfall can be used to estimate the loss of lichens in natural ecosystems. Thus, this study aimed to assess the amount of macrolichen litterfall and to analyze the environmental factors that could influence the variability of litterfall in a secondary forest at Khao Yai national park. A total of 75 circular plots of 2-m radius were constructed in the study area. Macrolichen litterfall was collected 4 times a year, including the hot season (February to April), early rainy season (May to July), late rainy season (August to October), and the dry season (November to January), between July 2018 and October 2019. We observed 15 species, 8 genera, and 3 families in the macrolichen litterfalls. Species found at a relatively higher frequency were *Bulbothrix tabacina*, *Parmotrema tinctorum*, *P. praesorediosum*, *P. sancti-angelii*, and *Dirinaria picta*. The average amount of lichen litterfalls was estimated at $338 \text{ g ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. Most of the litterfall was collected during the hot season, followed by the early rainy season, the late rainy season, and the dry season, respectively. The amount of litterfall was influenced more by the air temperature and wind speed than rainfall and air humidity. This study indicates that the amount of macrolichen litterfall varies with seasons and study location. This information can be important for the management and utilization of macrolichens growing in natural habitats.

Keywords: Macrolichen, Foliose, Climate, Biomass

บทคัดย่อ

การศึกษาการร่วรงหล่นของแมโครไลเคนสามารถช่วยประเมินปริมาณการสูญเสียของไลเคนในระบบนิเวศตามธรรมชาติได้ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการร่วรงหล่นของแมโครไลเคน พร้อมวิเคราะห์ปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่อการร่วรงหล่นของไลเคนในระบบนิเวศป่าห้วยภูมิจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการวางแผนสำรวจจุดแปลงตามรัศมี 2 เมตร จำนวน 75 แปลง สำรวจและเก็บข้อมูล 4 ครั้ง ในรอบปี ได้แก่ ฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน) ต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม) ปลายฤดูฝน (เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม) ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2561 ถึงเดือนตุลาคม 2562 ผลจากการสำรวจพบแมโครไลเคนที่ร่วรงหล่น 15 ชนิด 8 สกุล 3 วงศ์ ชนิดที่พบความถี่ของการปรากฏในแปลงสำรวจสูง ได้แก่ *Bulbothrix tabacina*, *Parmotrema tinctorum*, *P. praesorediosum*, *P. sancti-angelii* และ *Dirinaria picta* โดยปริมาณการร่วรงหล่นของแมโครไลเคนเฉลี่ยรอบปีมีค่าเท่ากับ 338 กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี พบการร่วรงหล่นสูงสุดในฤดูร้อน รองลงมาคือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ตามลำดับ โดยการร่วรงหล่นของแมโครไลเคนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมมากกว่าปริมาณน้ำฝน และความชื้นในบรรยากาศ การศึกษาในครั้งนี้ยังชี้ว่า แมโครไลเคนที่ร่วรงหล่นในธรรมชาติมีการแปรผันตามฤดูกาลและพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการและใช้ประโยชน์ของแมโครไลเคนในแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ

คำสำคัญ: แมโครไลเคน โพลีโอส ภูมิอากาศ มวลชีวภาพ

คำนำ

ไลเคน (lichen) เกิดจากการอาศัยอยู่ร่วมกัน (symbiosis) ของรา (fungi) และสาหร่าย (algae) และ/หรือไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) แบบพึ่งพาอาศัยกัน (mutualism) ซึ่งรวมมีหน้าที่กักเก็บความชื้น และป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อมภายนอก ส่วนสาหร่ายทำหน้าที่สร้างอาหารและแบ่งปันให้กับรา ผลของการอยู่ร่วมกันระหว่างราและสาหร่ายทำให้เกิดโครงสร้างร่างกายซึ่งมีลักษณะเฉพาะของไลเคน เรียกว่า แทลลัส (thallus) ไลเคนมีความหลากหลายมาก พบได้ตั้งแต่พื้นที่หนาวจัดอย่างเขตขั้วโลกถึงพื้นที่ร้อนจัดอย่างทะเลทราย สามารถพบได้ทุกระดับความสูงตั้งแต่ทะเลถึงยอดเขาสูง (Seaward, 2008) ปัจจุบันทั่วโลกสำรวจพบไลเคนทั้งหมด 19,409 ชนิด (Lücking *et al.*, 2017) ส่วนในประเทศไทยพบแล้ว 1,292 ชนิด (Buaruang *et al.*, 2017) ไลเคนส่วนใหญ่มีสาหร่ายสีเขียว (green algae) เป็นองค์ประกอบ เรียกว่า คลอโรไลเคน (chlorolichen) และบางส่วนมีไซยาโนแบคทีเรียเป็น

องค์ประกอบ เรียกว่า ไฮยาโนไลเคน (cyanolichen) หากพิจารณาจากรูปแบบการเติบโต (growth form) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ ครัสโตส (crustose) โพลีโอส (foliose) และฟรุติโคส (fruticose) (Büdel and Scheidegger, 2008) โดยทั่วไปครัสโตสมักมีขนาดของแทลลัสเล็กและติดแน่นกับพื้นที่อาศัย (substrate) จึงจัดอยู่ในกลุ่มไมโครไลเคน (microlichen) ส่วนโพลีโอสและฟรุติโคสมีแทลลัสค่อนข้างใหญ่ลักษณะโลบ (lobe) คล้ายใบไม้ หรือมีแทลลัสลักษณะเป็นทรงพุ่ม คล้ายต้นไม้นขนาดเล็กเกาะหลวมๆ กับพื้นที่อาศัย จึงจัดอยู่ในกลุ่มแมโครไลเคน (macrolichen) (Honegger, 2008)

ไลเคนมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศ โดยเฉพาะไลเคนกลุ่มแมโครไลเคน ซึ่งช่วยรักษาสมดุลของระบบน้ำภายในป่า (Van Stan II and Pypker, 2015) เป็นอาหารสัตว์ (Kirkpatrick *et al.*, 2001; McMullin *et al.*, 2011) เป็นวัสดุทำรังของนกบางชนิด (McCormac and Showman, 2009) และช่วยหมุนเวียนสารอาหารที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายชิ้นส่วนของไลเคนที่

ร่วงหล่นลงสู่พื้น (Nash, 2008; Chen *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2017) นอกจากนี้ แมโครไลเคนยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกหลายด้าน เช่น เป็นดัชนีชี้วัดการสะสมสารมลพิษในบรรยากาศ (Boonpeng *et al.*, 2020) ผลิตี้อยู่หมัดใหม่ (Shukla *et al.*, 2014) และยารักษาโรค (Papong, 2012) ซึ่งการเก็บแมโครไลเคนจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์โดยตรงอาจส่งผลกระทบต่อประชากรลดลง การสูญเสียประชากรของแมโครไลเคนอาจเกิดได้จากหลายปัจจัยรวมถึงการร่วงหล่นในธรรมชาติซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านสภาพภูมิอากาศหลายประการ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และกระแสนลม เป็นต้น (Peck and McCune, 1997; Li *et al.*, 2017) ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลทางอ้อมต่อไลเคน โดยส่งผลต่อต้นไม้ที่เป็นที่อาศัยของไลเคน เช่น ทำให้เกิดการเหี่ยวเฉาในช่วงฤดูแล้ง กิ่งไม้แตกหักในช่วงฤดูมรสุมที่มีกระแสนลมแรงซึ่งทำให้ไลเคนหลุดร่วงลงสู่พื้น

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ 2,168 ตารางกิโลเมตร ระหว่างละติจูด $14^{\circ}05' - 15^{\circ}$ เหนือ และลองจิจูด $101^{\circ}05' - 101^{\circ}50'$ ตะวันออก มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 50-1,351 เมตร ในเทือกเขาพนมดงรัก สามารถจำแนกระบบนิเวศป่า ได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าผสมผลัดใบ ป่าดิบแล้ง พุ่มหญ้าเขตร้อน และป่าหุบเขา (Chayamarit, 2006)

ป่าหุบเขา ญ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อยู่ในระยะกลาง (intermediate stage) ของกระบวนการทดแทนทางนิเวศวิทยา (ecological succession) จากการบุกรุกของชาวบ้านเพื่อใช้เป็นที่ดินทำกิน ต้นไม้ส่วนใหญ่มีลำต้นขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 15 เซนติเมตร) สูงประมาณ 5-10 เมตร และเรือนยอดค่อนข้างเปิดโล่ง (Chayamarit, 2006) (Figure 3a) ได้รับความเสียหายจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมค่อนข้างมาก เช่น การยืนต้นตายจากความแห้งแล้ง และได้รับลมกรรโชกที่รุนแรง ซึ่งทำให้แมโครไลเคนที่อาศัยอยู่บนต้นไม้มีความเสี่ยงในการร่วงหล่นที่ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม การศึกษาการร่วงหล่นของแมโครไลเคน

ในประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ดังนั้น หากทราบข้อมูลการร่วงหล่นของแมโครไลเคนในแต่ละฤดูกาล จะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการการเก็บแมโครไลเคนจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์โดยไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรในระบบนิเวศ นอกจากนี้ ยังช่วยให้เข้าใจกระบวนการทางธรรมชาติของป่าที่อยู่ในช่วงการทดแทนทางนิเวศวิทยา และให้องค์ความรู้ที่สำคัญต่อการจัดการระบบนิเวศป่าอย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการร่วงหล่นของแมโครไลเคนในแต่ละฤดูกาลของระบบนิเวศป่าหุบเขาในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และเพื่อศึกษาปัจจัยสภาพภูมิอากาศที่สำคัญที่ส่งผลต่อการร่วงหล่นของแมโครไลเคน

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการในระบบนิเวศป่าหุบเขา ญ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาใน 3 บริเวณ (Figure 2a, b) ได้แก่ 1) บริเวณมอสิงโต ระหว่างละติจูดที่ $14^{\circ}26'0.34'' - 14^{\circ}25'58.30''$ เหนือ และลองจิจูดที่ $101^{\circ}21'56.84'' - 101^{\circ}21'58.79''$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 813 เมตร 2) บริเวณทุ่งโป่งกวาง ระหว่างละติจูดที่ $14^{\circ}25'18.03'' - 14^{\circ}25'15.49''$ เหนือ และลองจิจูดที่ $101^{\circ}22'25.34'' - 101^{\circ}22'23.54''$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 773 เมตร และ 3) บริเวณหนองจิง ระหว่างละติจูดที่ $14^{\circ}25'15.8'' - 14^{\circ}25'12.8''$ เหนือ และลองจิจูดที่ $101^{\circ}22'41.6'' - 101^{\circ}22'43.6''$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 746 เมตร สภาพป่าในบริเวณนี้มีพรรณไม้ที่พบได้โดยทั่วไป ได้แก่ ทะโล้ (*Schima wallichii* Choisy.) ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume.) พิกุลป่า (*Adinandra integerrima* T. Anders.ex Dyer) และแมงเม่านก (*Eurya nitida* Korth.) เป็นต้น (Brockelman *et al.*, 2017)

ข้อมูลภูมิอากาศของระบบนิเวศป่าทุติยภูมิ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จากรายงานของ Brockelman *et al.* (2017) พบปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 200 มิลลิเมตร ในช่วงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม (ฤดูฝน) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 200 มิลลิเมตร พบตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน (ฤดูแล้ง) อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดประมาณ 19.4 °C พบในเดือน

ธันวาคมและมกราคม ส่วนสูงสุด 24.3 °C พบในเดือนเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่า 22.4 °C (Figure 1a) ข้อมูลความเร็วลมจากสถานีรายงานอากาศเขาเขียว พบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงต้นฤดูฝน รองลงมาได้แก่ ปลายฤดูฝน ฤดูร้อน และต่ำสุดในฤดูแล้ง และความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศมีค่าสูงสุดในช่วงปลายฤดูฝน รองลงมาคือ ต้นฤดูฝน ฤดูร้อน และต่ำสุดในช่วงฤดูแล้ง (Figure 1b)

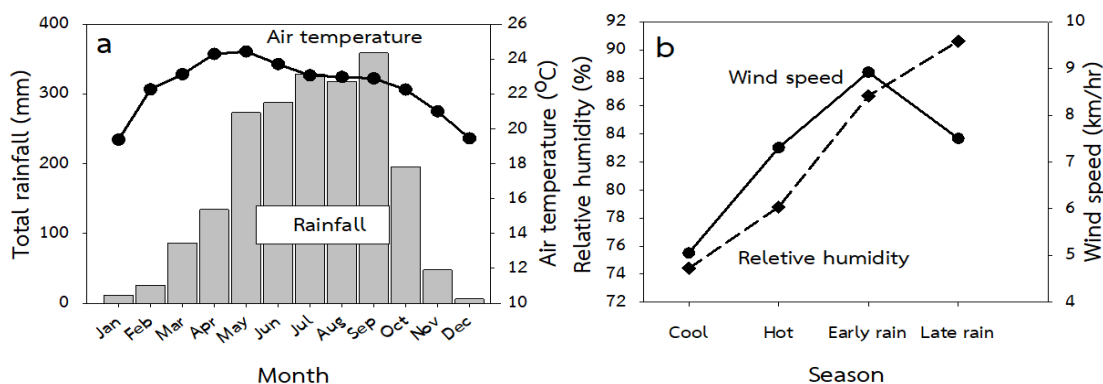


Figure 1 Climates fluctuation of the study sites a) average total rainfall (plotted in Bars) and temperature (plotted in Lines) for 21 years (1994-2014) for data obtained from the Khao Yai meteorological station, b) average relative humidity (plotted in Dot line) and wind speed (plotted in Solid line) in each season during the study period for data obtained from the Khao Kheow weather observing station.

การเก็บข้อมูลโลเคน

ทำการวางแผนสำรวจจุดวงกลม (circular plot) ขนาดรัศมี 2 เมตร จำนวน 25 แปลง ในแต่ละบริเวณพื้นที่ศึกษา (Figure 2c) รวมทั้งหมด 75 แปลง ปักหมุดบริเวณจุดศูนย์กลางของแปลงด้วยท่อพีวีซีและระบุหมายเลขแปลงกำกับไว้ (Figure 3b) โดยมีระยะห่างของแปลงสำรวจแต่ละแปลง 20 เมตร (Figure 2d) ทำการเก็บข้อมูลในทุกฤดูกาล โดยแบ่งช่วงของฤดูกาลออกเป็น 4 ฤดูกาล เพื่อให้ข้อมูลมีรายละเอียดและแสดงถึงความแตกต่างระหว่างสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล โดยอ้างอิงจากปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมเฉลี่ยในรอบปีของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม) ปลายฤดูฝน (เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม) ฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึง

เดือนมกราคม) และฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน) ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2561 ถึงเดือนตุลาคม 2562

สำรวจ บันทึกข้อมูลจำนวนแทลลัสของแมโครไลเคน (โพลีโอสและฟรุติโคส) จำนวนและขนาดของกิ่งไม้ (Figure 3c) พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างโลเคนใส่ในซองกระดาษ และนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการจำแนกชนิด โดยจำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน ศึกษาทางสัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา สารเคมีเบื้องต้นด้วยการทดสอบแบบหยดสี (spot test) และตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) ระบุชนิดโดยใช้รูปฐานของ Noicharoen (2002) และ Mongkolsuk *et al.* (2012, 2015) จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักและหาปริมาณมวลชีวภาพ โดยนำแทลลัสโลเคนออกมาผึ่งให้แห้ง

ทำความสะอาด และลอกออกจากกิ่งไม้ (Figure 3d) อบอุ่นด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (McCune, 1994,

Li *et al.*, 2011) หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพ

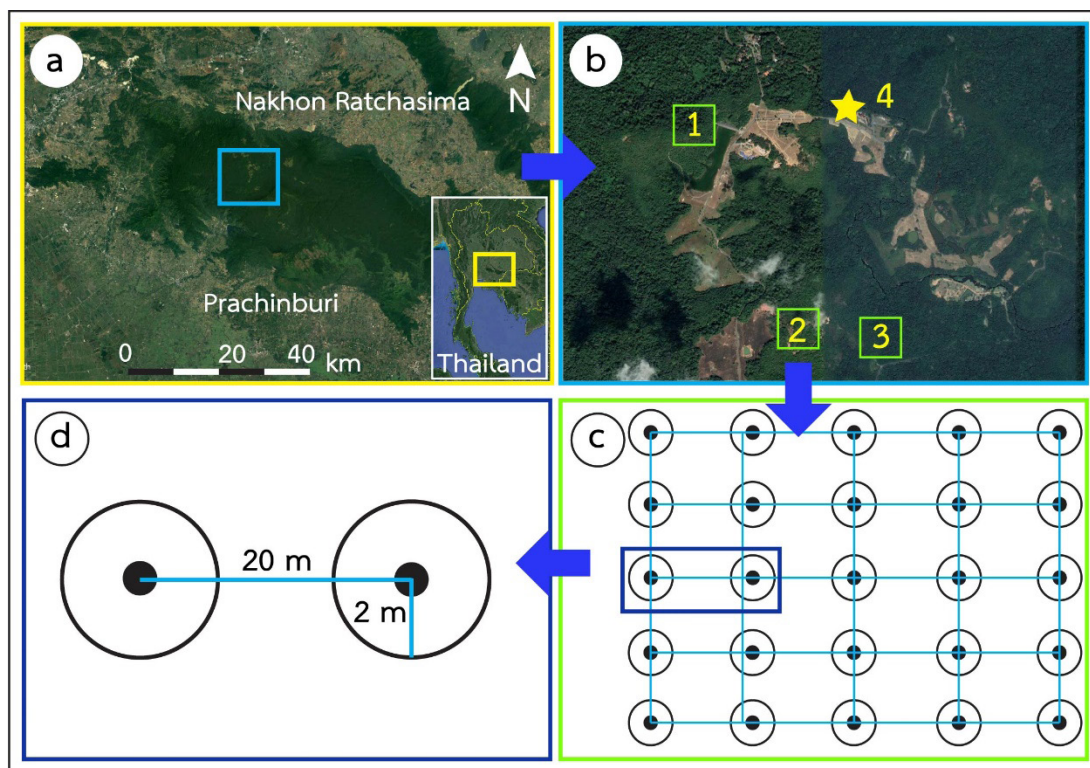


Figure 2 a) The study area in the Khao Yai national park, b) Sampling locations in the secondary forest, including Mo Singto (1), Tung Phong Kwang (2) Nhong Khing (3), Khao Yai meteorological station (4), c) Schematic of the sampling plots, d) Sampling plots.

ข้อมูลปัจจัยสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่น ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (Figure 2b number 4) และความเร็วลมเฉลี่ยได้รับจากสถานีรายงานอากาศเขาเขียว โดยข้อมูลจากสถานีตรวจวัดดังกล่าวอยู่ใกล้เคียงบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังนั้น สภาพอุตุนิยมวิทยามีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ศึกษาในแต่ละฤดูกาล ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในช่วงเวลาที่กำลังดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือน

กรกฎาคม 2561 ถึงเดือนตุลาคม 2562

สำหรับข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ได้รับความจากการติดตั้งเครื่องตรวจวัดภูมิอากาศจุลภาคในบริเวณพื้นที่ศึกษาทุ่งโป่งกวาง-หนองซิง ตั้งแต่วันที่กันยายน 2547 ถึงเดือนกันยายน 2557 ทำการติดตั้งทุกๆ ฤดูกาล วัดด้วยเซนเซอร์ HMP 50 (Vaisala Corporation, Finland) บันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที ด้วยเครื่อง Datalogger LI-1400 (LI-COR, Inc. USA) โดยหน่วยวิจัยไลเคนมหาวิทยาลัยรามคำแหง



Figure 3 a) Overview of the secondary forest in Khao Yai national park, b) Center of the sampling plot marked by a PVC pipe and plot number, c) Lichens on fallen twigs in the plot, d) Lichens sorted in the laboratory.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการชั่งปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นของแมโครไลเคนในหน่วยของ กรัม จากนั้นคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพต่อพื้นที่ โดยใช้ขนาดของแปลงวงกลม มีพื้นที่ 12.56 ตารางเมตร ในหน่วย กรัมต่อตารางเมตร จากนั้นแปลงค่าในหน่วย กรัมต่อเฮกตาร์ นอกจากนี้ ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลในแต่ละฤดูกาลมีจำนวนวันที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงคำนวณต่อในหน่วยของ กรัมต่อเฮกตาร์ต่อวัน และแปลงค่าต่อในหน่วย กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ค่าเฉลี่ยรายฤดูกาลคำนวณจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่ หลัง

จากนั้นเฉลี่ยในทุกฤดูกาลเพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นในรอบ 1 ปี

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นของแมโครไลเคนในแต่ละฤดูกาล โดยวิธี One-way ANOVA และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นของแมโครไลเคนกับปัจจัยด้านภูมิอากาศ (ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ) ใช้วิธี Pearson's correlation การวิเคราะห์ทางสถิติวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS Statistic version 20 (IBM Corp, NY, USA)

ผลและวิจารณ์

การร่วรงหล่นของไลเคน

จากการสำรวจแมโครไลเคนในป่าหุติยภูมิ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ใน 3 พื้นที่ จำนวนทั้งสิ้น 75 แปลง ทั้ง 4 ฤดูกาลพบแมโครไลเคนร่วรงหล่นในแปลงสำรวจจำนวน 59 แปลง คิดเป็นร้อยละ 79 โดยมี 16 แปลง คิดเป็นร้อยละ 21 ที่ไม่พบการร่วรงหล่นของแมโคร

ไลเคน และมีแปลงสำรวจที่พบการร่วรงหล่นในทุกฤดูกาล จำนวน 6 แปลง คิดเป็นร้อยละ 8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณการร่วรงหล่นของแมโครไลเคนในรอบปีค่อนข้างกระจายตัว และพบการร่วรงหล่นมากในฤดูร้อนคิดเป็นร้อยละ 34 รองลงมาคือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และพบน้อยสุดในฤดูแล้ง คิดเป็นร้อยละ 31, 22 และ 13 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Number of plots in which macrolichens were found during each season, and their frequency during all seasons.

Lichen sp.	Number and (Frequency, %) of plots					
	Seasons	Dry	Hot	Early rainy	Late rainy	Total
<i>Bulbothrix tabacina</i> (FL)		13 (4.5)	32 (11.1)	30 (10.4)	22 (7.6)	97 (34)
<i>Parmotrema tinctorum</i> (FL)		9 (3.1)	22 (7.6)	15 (5.2)	17 (5.9)	63 (22)
<i>Parmotrema praesorediosum</i> (FL)		2 (0.7)	14 (4.8)	12 (4.2)	6 (2.1)	34 (12)
<i>Parmotrema sancti-angelii</i> (FL)		4 (1.4)	12 (4.2)	10 (3.5)	7 (2.4)	33 (11)
<i>Dirinaria picta</i> (FL)		6 (2.1)	4 (1.4)	10 (3.5)	10 (3.5)	30 (10)
<i>Pyxine asiatica</i> (FL)		3 (1.0)	4 (1.4)	5 (1.7)	-	12 (4)
<i>Bulbothrix isidiza</i> (FL)		-	6 (2.1)	3 (1.0)	-	9 (3)
<i>Usnea</i> sp. (FT)		-	-	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.7)
<i>Parmotrema saccatilobum</i> (FL)		-	-	2 (0.7)	-	2 (0.7)
<i>Pyxine coralligera</i> (FL)		-	1 (0.3)	1 (0.3)	-	2 (0.7)
<i>Bulbothrix goebelii</i> (FL)		-	-	1 (0.3)	-	1 (0.3)
<i>Heterodermia lepidota</i> (FL)		-	1 (0.3)	-	-	1 (0.3)
<i>Heterodermia</i> sp. (FL)		-	-	-	1 (0.3)	1 (0.3)
<i>Physcia</i> sp. (FL)		-	1 (0.3)	-	-	1 (0.3)
<i>Relicina abstrusa</i> (FL)		1 (0.3)	-	-	-	1 (0.3)
Total		38 (13)	97 (34)	90 (31)	64 (22)	289 (100)

Remark: Foliose (FL) and Fruticose (FT)

สำรวจพบปริมาณกิ่งไม้ที่ร่วรงหล่นทั้งหมด 295 กิ่ง สูงสุดในช่วงต้นฤดูฝน จำนวน 120 กิ่ง รองลงมาได้แก่ ปลายฤดูฝน ฤดูร้อน และน้อยสุดในช่วงฤดูแล้ง จำนวน 69, 62 และ 44 กิ่ง ตามลำดับ (Table 2) โดยค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกิ่งไม้มีค่า 1.31 ± 0.30 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 0.29-5.09 เซนติเมตร ซึ่งขนาด

กิ่งไม้ในพื้นที่สำรวจทั้ง 3 พื้นที่มีขนาดที่แตกต่างกันพบว่า แปลงที่ 1 กิ่งไม้ขนาดใหญ่สุดมีค่าเฉลี่ย 1.54 ± 0.43 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงที่ 3 และต่ำสุดในแปลงที่ 2 มีค่า 1.42 ± 0.40 และ 0.98 ± 0.10 เซนติเมตร (Table 3)

Table 2 Number of fallen branches and macrolichens thalli at each sample plot location and respective season.

Seasons	Number of fallen branches				Number of thallus				
	Location	I	II	III	Total	I	II	III	Total
Hot (Feb-April)		20	26	16	62	137	153	89	379
Early rainy (May-July)		36	61	23	120	91	205	79	375
Late rainy (Aug-Oct)		17	46	6	69	42	197	13	252
Dry (Nov-Jan)		10	27	7	44	23	75	10	108
Total		83	160	52	295	293	630	191	1,114

Table 3 Average fallen branch diameter at each location and season.

Seasons	Average fallen branch diameter±SD (cm)			
	I	II	III	Average
Hot (Feb-April)	1.93±0.35	0.9±0.53	1.56±0.39	1.46±0.52
Early rainy (May-July)	1.55±1.09	0.9±0.70	1.16±0.80	1.20±0.33
Late rainy (Aug-Oct)	1.74±1.42	1.12±0.31	1.92±1.08	1.59±0.42
Dry (Nov-Jan)	0.94±1.27	0.98±0.82	1.05±0.35	0.99±0.06
Average	1.54±0.43	0.98±0.10	1.42±0.40	1.31±0.30

แม่โครไลเคนที่ร่วงหล่นในแปลงสำรวจพบทั้งหมด 1,114 แทลลัส มากสุดในช่วงฤดูร้อน จำนวน 379 แทลลัส รองลงมาได้แก่ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และน้อยสุดในช่วงฤดูแล้ง จำนวน 375, 252 และ 108 แทลลัส ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณการร่วงหล่นที่มากในพื้นที่ศึกษาที่ 2 จำนวน 630 แทลลัส รองลงมาได้แก่พื้นที่ศึกษาที่ 1 และ 3 จำนวน 293 และ 191 แทลลัส (Table 2) จำแนกชนิดของแม่โครไลเคนได้ทั้งหมด 15 ชนิด 8 สกุล 3 วงศ์ โดยส่วนใหญ่มีรูปแบบการเติบโตแบบโพลีออส ยกเว้น *Usnea* sp. ที่มีรูปแบบการเติบโตแบบฟรูติโคส เมื่อพิจารณาจากความถี่ของการปรากฏรวมจากทุกฤดูกาล พบว่า ชนิดที่มีความถี่ในการปรากฏเฉลี่ยสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ *B. tabacina* (ร้อยละ 34), *P. tinctorum* (ร้อยละ 22), *P. praesorediosum* (ร้อยละ 12), *P. sancti-agelii* (ร้อยละ 11) และ *Dirinaria picta* (ร้อยละ 10) (Table 1, Figure 4) โดย *B. tabacina* และ *D. picta* เป็นโพลีออสไลเคนที่มีขนาดโลบ เล็ก เรียว

และแทลลัสไม่ใหญ่มาก จึงสามารถเติบโตได้บนกิ่งที่มีขนาดเล็ก ซึ่งส่วนใหญ่ขนาดของกิ่งไม้ที่ร่วงหล่นมีเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างเล็กเฉลี่ย 1.31 (0.29-5.09) เซนติเมตร ส่วนไลเคนสกุล *Parmotrema* spp. เป็นสกุลที่มีการแพร่กระจายได้ดีในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยเฉพาะ *P. tinctorum* เนื่องจากไลเคนชนิดนี้มีโครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (vegetive propagation) ช่วยในการแพร่การกระจาย และมีอัตราการเติบโตที่ค่อนข้างสูง (Osathanon, 2002; Pangpet and Boonpragob, 2005) รวมทั้งสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและสามารถแพร่กระจายได้ดีในหลายพื้นที่ทั่วโลก (cosmopolitan species) (Louwhoff and Elix, 2000) จึงทำให้สามารถพบได้ในหลายระบบนิเวศของพื้นที่ศึกษา (Pojaroen and Boonpragob, 2013) ความได้เปรียบทางด้านลักษณะสัณฐานวิทยาและการแพร่กระจายจึงทำให้แม่โครไลเคนทั้ง 5 ชนิดมีความถี่ในการปรากฏเฉลี่ยสูง

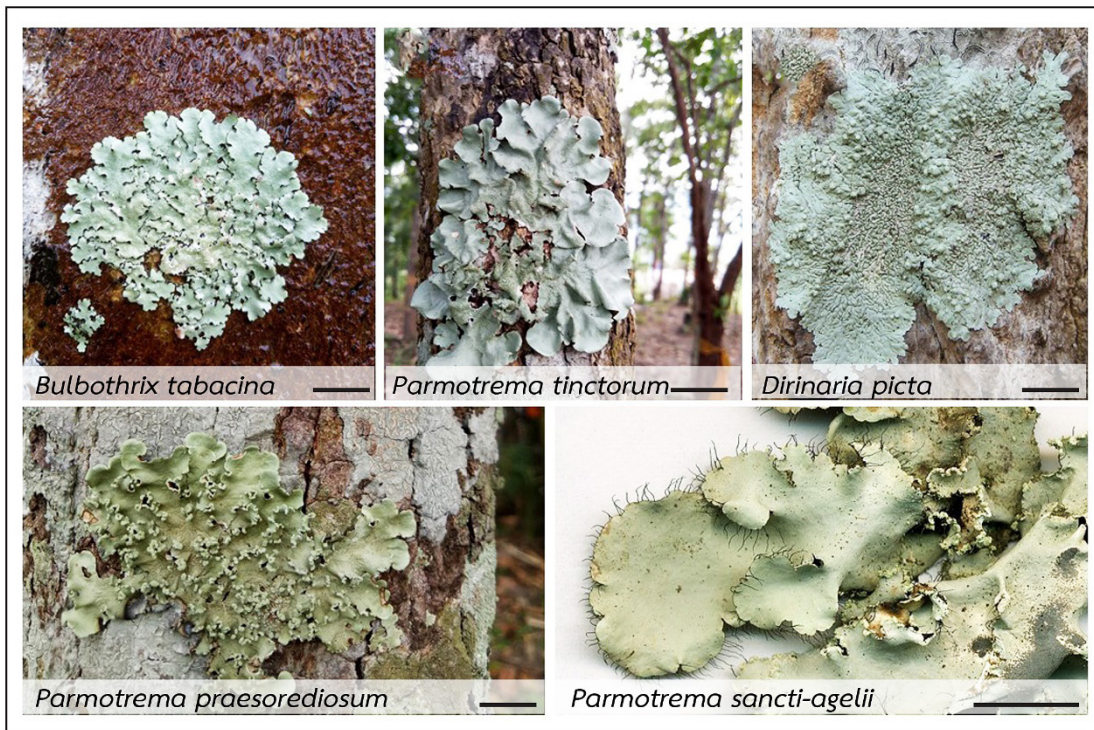


Figure 4 Top five most frequently observed macrolichens collected from the secondary forest in Khao Yai national park. Scales a-e = 1 cm.

ปริมาณมวลชีวภาพของไลเคนที่ร่วงหล่น

ปริมาณมวลชีวภาพของแมโครไลเคนที่ร่วงหล่นมีการแปรผันในแต่ละฤดูกาล แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.19$) โดยพบว่า ฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นสูงสุดเท่ากับ 600 ± 545 กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี รองลงมาได้แก่ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูแล้ง มีค่าเท่ากับ 409 ± 183 , 237 ± 180 และ 105 ± 60 กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ (Table 4) เนื่องด้วย

ปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นมีการแปรผันมากในแต่ละฤดูกาล จึงทำให้ปริมาณที่พบในแต่ละฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ปริมาณมวลชีวภาพของไลเคนที่ร่วงหล่น ส่วนใหญ่พบในช่วงฤดูมรสุม (ฤดูร้อนและฤดูฝน) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสลมรุนแรง ทำให้กิ่งไม้ที่เป็นแหล่งอาศัยของไลเคนแตกหักและหลุดร่วง

Table 4 Litterfall biomass of macrolichens in the secondary forest at the Khao Yai national park.

Seasons	Lichen litterfall biomass $\pm$ SD ($\text{g ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)			
	I	II	III	Average
Hot (Feb-April)	1,223	357	219	600 ± 545
Early rainy (May-July)	489	538	200	409 ± 183
Late rainy (Aug-Oct)	319	362	31	237 ± 180
Dry (Nov-Jan)	52	170	93	105 ± 60
Average	521	357	136	338 ± 214

นอกจากนี้ปริมาณการร่งหล่นของแมโครไลเคน มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยพบว่า พื้นที่ศึกษาที่ 1 พบปริมาณมวลชีวภาพที่ร่งหล่นเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ พื้นที่ศึกษาที่ 2 และ 3 (Table 4) โดย ปริมาณที่แตกต่างนี้อาจขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ และ ขนาดแหล่งของแมโครไลเคนบนเรือนยอดในแต่ละ พื้นที่ศึกษา หรือโครงสร้างของพรรณไม้ที่แตกต่าง กัน อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ดังนั้น เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลจากปัจจัยดังกล่าวควรมีการศึกษา เพิ่มเติมต่อไป

มวลชีวภาพของแมโครไลเคนที่ร่งหล่นเฉลี่ย ในรอบ 1 ปี เท่ากับ 338 กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (Table 4) หรือประมาณ 0.34 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งค่อนข้าง ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นๆ ในต่างประเทศ เช่น การศึกษาในป่าไม้สกุลก่อที่อยู่ในช่วงการทดแทน ทางนิเวศวิทยาในประเทศจีน (Li et al., 2017) และ การศึกษาในป่าสนเขตหนาว (Dettki and Esseen, 1998; Lehmkuhl, 2004; Caldiz and Brunet, 2006) ดังแสดงใน Table 5 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่าง ของชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของไลเคนที่มีความ แตกต่างกัน โดยการศึกษาในพื้นที่ป่าสนเขตหนาว ไลเคนที่พบร่งหล่นส่วนใหญ่เป็นไลเคนในกลุ่มฟรุติโคส เช่น สกุล *Alectoria* sp. และ *Bryoria* sp. ทั้งสองสกุล มีแหล่งขนาดใหญ่ และพบมากในระบบนิเวศดังกล่าว เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญในช่วงฤดูหนาวของ สัตว์กินพืช เช่น กวางคาริบู และกวางมูส (Ward and Marcum, 2005; McMullin et al., 2011) นอกจากนี้ โพลีโอสไลเคนส่วนใหญ่พบอยู่ในกลุ่มไฮยาโนไลเคน เช่น ไลเคนสกุล *Lobaria* sp. และ *Pseudocyphellaria* sp. ซึ่งมีแหล่งขนาดใหญ่และมีจำนวนมากในธรรมชาติเช่น กัน ต่างจากการศึกษาในครั้งนี้แมโครไลเคนส่วนใหญ่ที่ พบเป็นโพลีโอสไลเคนที่มีแหล่งขนาดเล็ก เช่น *B. tabacina* หรือ *D. picta* และพบโพลีโอสหรือฟรุติโคส ไลเคนที่มีขนาดใหญ่ในปริมาณน้อย และเนื่องจากใน ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนที่มีสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับการเติบโต

ของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกหลายชนิด จึงทำให้ไลเคนซึ่งมีการ เติบโตช้า ประมาณ 0.5-4 เซนติเมตรต่อปี (Fuangkeaw, 2018) มีการแข่งขันกับพืชอื่นได้น้อยกว่า ในขณะที่ ไลเคนสามารถทนต่อความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ ในเขตหนาวได้ดี จึงเป็นผู้บุกเบิก (pioneer species) และเป็นผู้ผลิตมวลชีวภาพที่สำคัญในระบบนิเวศที่หนาว จัดเป็นน้ำแข็งแบบทุนดราหรือร้อนและแห้งแล้งแบบ ทะเลทราย (Seaward, 2008) ในระบบนิเวศเหล่านี้พืช อื่นไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ไลเคนมีการเติบโตได้ดี เนื่องจากใช้น้ำจากบรรยากาศในการสังเคราะห์แสง และ พักตัวทันทีเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เมื่อปราศจาก คู่แข่งไลเคนจึงมีมวลชีวภาพปกคลุมพื้นที่เป็นส่วนใหญ่ เช่น reindeer moss (*Cladonia rangiferina*) ที่เป็น อาหารกวางเรนเดียร์ในเขตทุนดรา (Macander et al., 2020) เป็นต้น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้พบปริมาณมวล ชีวภาพของไลเคนที่ร่งหล่นในภูมิภาคเขตร้อนชื้นต่ำกว่า การศึกษาในพื้นที่ภูมิภาคอื่น สำหรับปริมาณการร่งหล่น ของแมโครไลเคนในระบบนิเวศเขตร้อนชื้น ปัจจุบันมี การศึกษาค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตาม พบการรายงาน ในอดีต ได้แก่ การศึกษาของ Yamada (1976) บริเวณ ตะวันตกของเกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย และ Veneklaas (1991) ในประเทศโคลอมเบีย โดยทั้ง 2 พื้นที่ พบปริมาณ มวลชีวภาพที่ร่งหล่นของแมโครไลเคนสูงกว่าการศึกษา ครั้งนี้ ประมาณ 30 และ 50 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (Table 5) ทั้ง 2 พื้นที่เป็นระบบนิเวศป่าดิบเขามีความสูง จากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,500 ถึง 3,370 เมตร ในพื้นที่ ศึกษาดังกล่าวมีการรายงานความหลากหลายและความ สมบูรณ์ของแมโครไลเคนที่แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ (ความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 ถึง 800 เมตร) โดย แมโครไลเคนที่พบปริมาณมากอยู่ในกลุ่มของไฮยาโน ไลเคน และฟรุติโคสไลเคนที่มีแหล่งขนาดใหญ่ (Büdel et al., 2000; Kusmoro et al., 2018) ซึ่งทำให้มี ปริมาณมวลชีวภาพที่ร่งหล่นสูงกว่า จะเห็นได้ว่า ปริมาณ มวลชีวภาพที่ร่งหล่นของแมโครไลเคนมีความสัมพันธ์ กับชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของแมโครไลเคนในแต่ละ พื้นที่ ซึ่งอาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อ

การศึกษามวลชีวภาพที่ร่วงหล่นของแมโครไลเคนต่อไปในอนาคต

ข้อมูลการร่วงหล่นของแมโครไลเคนในรอบปีสามารถนำมาประเมินปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติและการเก็บนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การศึกษาของ Boonpeng *et al.* (2018) ที่ใช้ไลเคนในการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณอุตสาหกรรมมาตาพุดโดยใช้แมโครไลเคนจากพื้นที่ศึกษาเดียวกันประมาณ 200 กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี เมื่อเทียบกับปริมาณการร่วงหล่นของแมโครไลเคนในการศึกษาครั้งนี้ ประมาณ 338

กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งอาจเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการศึกษาดังกล่าว โดยการเก็บแมโครไลเคนที่ร่วงหล่นแทนการเก็บไลเคนจากต้นไม้โดยตรง เพื่อลดการสูญเสียแมโครไลเคนในธรรมชาติ ส่วนการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น เช่น การผลิตสีย้อม และการผลิตสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้มวลชีวภาพของไลเคนเพิ่มมากขึ้น อาจเกินกว่าธรรมชาติจะสนองความต้องการนี้ได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการอื่น เช่น การเพาะเลี้ยงไลเคน เพื่อให้มีมวลชีวภาพของไลเคนเพียงพอต่อการนำมาใช้ประโยชน์

Table 5 Annual lichen litterfall in different forest types and regions.

Country	Location	Forest type	Average lichen litterfall biomass ±SD (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Source
China	Yunnan	Middle age oak secondary forest	31.02±4.57	Li <i>et al.</i> , 2017
		<i>Populus bonatii</i> secondary forest	21.60±4.05	
		Old-age oak secondary forest	11.18±1.18	
Argentina	Patagonia	<i>Nothofagus</i> forest	<1 - 21	Caldiz and Brunet, 2006
USA	Washington	Coniferous forests	3.42 - 8.55	Lehmkuhl, 2004
Sweden	Norrbotten county	Coniferous forests	2.7-5.6	Dettki and Esseen, 1998
Thailand	Khao Yai National Park	Secondary forest	0.34	This study
Indonesia	Java island, Pangrango Mountain	Montane forest	ca. 30	Yamada, 1976
Colombia	Colombian Cordillera Central	Montane tropical rain forests	ca. 50	Veneklaas, 1991

อิทธิพลของภูมิอากาศต่อการร่วงหล่นของไลเคน

ปริมาณมวลชีวภาพของไลเคนที่ร่วงหล่นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.974$, $p = 0.02$) และมีแนวโน้มแสดงความ

สัมพันธ์เชิงบวกกับความเร็วลม ($r = 0.602$, $p = 0.39$) (Table 6) ดังนั้น การร่วงหล่นของแมโครไลเคนในระบบนิเวศป่าทุติยภูมิที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ และกระแสมากกว่าปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์

ในอากาศ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิอากาศอาจไม่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการร่วงหล่นของแมโครไลเคน แต่ส่งผลทางอ้อม เช่น ส่งผลต่อการเหี่ยวเฉาและการแตกหักของกิ่งไม้ หรือส่งผลต่อปริมาณผลผลิตปฐมภูมิ (net primary production) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นของไลเคน (Bonan, 2002) อย่างไรก็ตาม การร่วงหล่นของไลเคนอาจเกิดจากปัจจัยด้านภูมิอากาศหลายอย่างร่วมกัน เช่น ในช่วงฤดูแล้งที่มีอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำส่งผลให้เกิดความแห้งแล้ง ทำให้พืชหลายชนิดเหี่ยวเฉาหรือยืนต้นตาย เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูมรสุม (ฤดูร้อน-ฤดูฝน) ในเวลาถัดมา ซึ่งเป็นช่วงที่มีกระแสลมรุนแรงทำให้ส่วนที่เสียหายของต้นไม้ในฤดูแล้งถูกพัดหักและร่วงลงมา สิ่งนี้อาจเป็นสาเหตุที่

ทำให้ช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงรอยต่อระหว่างฤดูแล้งและฤดูมรสุมมีปริมาณการร่วงหล่นของแมโครไลเคนที่สูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าปริมาณการร่วงหล่นของพืชในป่าเขตร้อนชื้นมีปริมาณมากในช่วงฤดูแล้ง ส่วนประกอบของพืชที่ร่วงหล่นส่วนใหญ่เป็นการทิ้งใบเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง ในทางกลับกัน ปริมาณการร่วงหล่นของกิ่งไม้เกิดขึ้นมากในช่วงฤดูมรสุม (เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน) (Proctor *et al.*, 1983; Hermansah *et al.*, 2002; Glumphabutr and Kaitpraneet, 2007) ช่วงปลายฤดูฝนแม้จะมีปริมาณน้ำฝนสูงแต่มีความเร็วลมต่ำจึงอาจทำให้ไลเคนที่เกาะอาศัยได้รับอิทธิพลน้อยกว่าช่วงต้นฤดูฝนและฤดูร้อนจึงส่งผลให้การปริมาณการร่วงหล่นของไลเคนต่ำกว่า

Table 6 Pearson's Correlation coefficient between the macrolichen litterfall biomass and climatic factors including windspeed, rainfall, relative humidity, and air temperature.

	Litterfall biomass
Windspeed	0.602
Rainfall	-0.201
Relative humidity	0.0832
Temperature	0.974*

Remark: significant at $p < 0.05$

สรุป

ปริมาณการร่วงหล่นของแมโครไลเคนในป่าหุบเขาภูมิตุยานแห่งชาติเขาใหญ่มีค่าเท่ากับ 338 กรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือ 0.34 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี และมีการแปรผันตามฤดูกาล โดยฤดูร้อนพบการร่วงหล่นของไลเคนมากที่สุด รองลงมาคือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูแล้ง ส่วนปัจจัยภูมิอากาศที่มีความสัมพันธ์ต่อการร่วงหล่นของแมโครไลเคน ได้แก่ อุณหภูมิอากาศและความเร็วลม แมโครไลเคนที่ร่วงหล่นในธรรมชาติอาจเป็นทางเลือกสำหรับการเก็บเกี่ยวไลเคนมาใช้ประโยชน์เพื่อทดแทนการใช้แมโครไลเคนที่เติบโตในธรรมชาติซึ่งอาจลดการสูญเสียประชากรแมโครไลเคนได้ อย่างไรก็ตาม

ก็ตาม การนำไลเคนมาใช้ประโยชน์ที่หลากหลายควรแสวงหาวิธีการในการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพให้เพียงพอต่อความต้องการ เพื่ออนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทรัพยากรชีวภาพอย่างยั่งยืน

REFERENCES

- Bonan, G.B. 2002. Populations, communities and ecosystem, pp. 347-414. In B.G. Bonan, ed. **Ecological Climatology: Concepts and Applications**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Boonpeng, C., D. Sangiamdee, S. Noikrad, S. Watthana, and K. Boonpragob. 2020.

- Metal accumulation in lichens as a tool for assessing atmospheric contamination in a natural park. **Environment and Natural Resources Journal** 18(2): 166-176.
- _____, C. Sriviboon, W. Polyiam, D. Sangiamdee, S. Watthana and K. Boonpragob. 2018. Assessing atmospheric pollution in a petrochemical industrial district using a lichen-air quality index (LiAQI). **Ecological Indicators** 95(1): 589-594.
- Brockelman, W.Y., A. Nathalang and J.F. Maxwell. 2017. **Mo Singto Forest Dynamics Plot: Flora and Ecology**. National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathum Thani.
- Buaruang, K., K. Boonpragob, P. Mongkolsuk, E. Sangvichien, K. Vongshewarat, W. Polyiam, A. Rangsiruji, W. Saipunkaew, K. Naksuwankul, J. Kalb, S. Parnmen, E. Kraichak, P. Phraphuchamnong, S. Meesim, T. Luangsuphabool, P. Nirongbut, V. Poengsungnoen, N. Duangphui, M. Sodamuk, S. Phokaeo, M. Molsil, A. Aptroot, K. Kalb, R. Luecking, T. Lumbsch. 2017. A new checklist of lichenized fungi occurring in Thailand. **MycKeys** 23: 1-91.
- Büdel, B. and C. Scheidegger. 2008. Thallus morphology and anatomy, pp. 40-68. *In* T.H. Nash, III, ed. **Lichen Biology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- _____, A. Meyer, N. Salazar, H. Zellner, G. Zotz and O.L. Lange. 2000. Macrolichens of montane rain forests in Panama, province Chiriqui. **Lichenologist** 32(6): 539-551.
- Caldiz, M.S. and J. Brunet. 2006. Litterfall of epiphytic macrolichens in *Nothofagus* forests of northern Patagonia, Argentina: relation to stand age and precipitation. **Austral Ecology** 31(3): 301-309.
- Chayamarit, K. 2006. **Plants of Khao Yai National Park**. National Park Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Chen, L., W.Y. Liu and G.S. Wang. 2010. Estimation of epiphytic biomass and nutrient pools in the subtropical montane cloud forest in the Ailao Mountains, south-western China. **Ecological Research** 25: 315-325.
- Dettki, H. and P.A. Esseen. 1998. Epiphytic macrolichens in managed and natural forest landscapes: a comparison at two spatial scales. **Ecography** 21: 613-624.
- Fuangkeaw, P. 2018. **The Growth and Life Span of Foliose Lichens in Tropical Forest**. M.S. Thesis. Ramkhamhaeng University. (in Thai)
- Glumphabutr, P. and S. Kaitpraneet. 2007. Aboveground biomass and litterfall of natural evergreen forest in eastern region of Thailand. **Thai Journal of Forestry** 26: 70-81.
- Hermansah, A.Z., M. Tsugiyuki and W. Toshiyuki. 2002. Litterfall and nutrient flux in tropical rain forest, West Sumatra, Indonesia, pp. 1125:1-9. *In* **17th World Congress of Soil Science**. 14-21 August 2002. Bangkok, Thailand.
- Honegger, R. 2008. Morphogenesis, pp. 69-93. *In* T.H. Nash, III, ed. **Lichen Biology**. Cambridge University Press, Cambridge.

- Kirkpatrick, R.C., R.J. Zou, E.S. Dierenfeld and H.W. Zhou. 2001. Digestion of selected foods by Yunnan snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti* (Colobinae). **American Journal of Physical Anthropology** 114(2): 156-162.
- Kusmoro, J., I.S. Noer, M.F. Jatnika, R.E. Permatasari and R. Partasasmita. 2018. Lichen diversity in geothermal area of Kamojang, Bandung, West Java, Indonesia and its potential for medicines and dyes. **Biodiversitas** 19(6): 2335-2343.
- Lehmkuhl, J.F. 2004. Epiphytic lichen diversity and biomass in low-elevation forests of the eastern Washington Cascade Range, USA. **Forest Ecology and Management** 187: 381-392.
- Li, S., W. Liu, L. Wang, W. Ma and L. Song. 2011. Biomass, diversity and composition of epiphytic macrolichens in primary and secondary forests in the subtropical Ailao Mountains, SW China. **Forest Ecology and Management** 261: 1760-1770.
- , S. Liu, X.M. Shi, W.Y. Liu, L. Song, S.Z. Lu, X. Chen and C.S. Wu. 2017. Forest type and tree characteristics determine the vertical distribution of epiphytic lichen biomass in subtropical forests. **Forests** 8: 436-451.
- Louwhoff, H.J.J.S and J.A. Elix. 2000. The lichens of Rarotonga, Cook Islands, South Pacific Ocean II: Parmeliaceae. **Lichenologist** 32(1): 49-55.
- Lücking, R., B.P. Hodkinson and S.D. Leavitt. 2017. Corrections and amendments to the 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota. **The Bryologist** 120(1): 58-69.
- Macander, M.J., E.C. Palm, G.V. Frost, J.D. Herriges, P.R. Nelson, C.Roland, K.L.M. Russell, M.J. Suitor, T.W. Bentzen, K. Joly, S.J. Goetz and M. Hebblewhite. 2020. Lichen cover mapping for caribou ranges in interior Alaska and Yukon. **Environmental Research Letters** 15: 1-14.
- McCormac, J. and R.E. Showman. 2009. Lichen composition in blue-gray gnatcatcher and ruby-throated hummingbird nests. **The Ohio Cardinal** 33: 72-82.
- McCune, B. 1994. Using epiphyte litter to estimate epiphyte biomass. **Bryologist**. 97: 396-401.
- McMullin, R.T., I.D. Thompson, B.W. Lecey and S.G. Newmaster. 2011. Estimating the biomass of woodland caribou forage lichens. **Canadian Journal of Forest Research** 41: 1961-1969.
- Mongkolsuk, P., S. Meesim, V. Poengsunghoen and K. Kalb. 2012. The lichen family Physciaceae in Thailand—I. The genus *Pyxine*. **Phytotaxa** 59: 32-54.
- , S. Meesim, V. Poengsunghoen, K. Buaruang, F. Schumm and K. Kalb. 2015. The lichen family Physciaceae in Thailand—II. Contributions to the genus *Heterodermia* sensu lato. **Phytotaxa** 235(1): 1-66.
- Nash, T.H. 2008. Nitrogen, its metabolism and potential contribution to ecosystems, pp. 216-233. In T.H. Nash, III, ed. **Lichen Biology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Noicharoen, K. 2002. **Biodiversity of Foliose and Fruticose Lichen at Khao Yai National Park**. M.S. Thesis, Ramkhamhaeng University.

- Osathanon, N. 2002. **Microclimate and Growth of Some Lichens at Khao Yai National Park**. M.S. Thesis, Ramkhamhaeng University.
- Pangpet, M. and K. Boonpragob. 2005. Preliminary observations on the growth of transplanted lichens *Parmotrema tinctorum* in four ecosystems at Khao Yai national park. *In Proceeding of 31st Congress on Science and Technology of Thailand*. 18-20 October 2005. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.
- Papong, K. 2012. Lichen for traditional medicine. **Thai Journal of Botany** 4(1): 1-13. (in Thai)
- Peck, J.E. and B. McCune. 1997. Remnant trees and canopy lichen communities in western Oregon: a retrospective approach. **Ecological Applications** 7(4): 1181-1187.
- Pojaroen, W. and K. Boonpragob. 2013. Variation of photosynthesis among seasons and ecosystems of some lichens in the tropic. **Thai Journal of Botany** 5(special issue): 143-150. (in Thai)
- Proctor, J. 1983. Tropical litter fall. I. Problems of data comparison, pp. 267-273. *In* S.L. Sutton, T.C. Whitmore and A.C. Chadwick, eds. **Tropical Rain Forest: Ecology and Management**. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Seaward, M.R.D. 2008. Environmental role of lichens, pp. 274-298. *In* T.H. Nash, III, ed. **Lichen Biology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Shukla, P., D.K. Upreti, S. Nayaka and P. Tiwari. 2014. Natural dyes from Himalayan lichens. **Indian Journal of Traditional Knowledge** 13(1): 195-201.
- Van Stan II, J.T. and T.G. Pytker. 2015. A review and evaluation of forest canopy epiphyte roles in the partitioning and chemical alteration of precipitation. **Science of the Total Environment** 536: 813-824.
- Veneklaas, E.J. 1991. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. **Journal of Tropical** 7: 319-336.
- Ward, R.L. and C.L. Marcum. 2005. Lichen litterfall consumption by wintering deer and elk in western Montana. **The Journal of Wildlife Management** 69(3): 1081-1089.
- Yamada, I. 1976. Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango, West Java. III. Litterfall of the tropical montane forest near Cibodas. **South East Asian Studies** 14(2): 194-229.
-