

ความแปรปรวนของการสังเคราะห์ด้วยแสงระหว่างฤดูกาลและระบบนิเวศของไลเคนในเขตร้อน

Variation of photosynthesis among seasons and ecosystems of some lichens in the tropic

วันวิสาข์ เพาะเจริญ* และ กัณษิณี บัญประกอบ

WANWISA POAJAROEN* & KANSRI BOONPRAGOB

หน่วยวิจัยไลเคน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ, 10240

Lichen Research Unit, Department of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240, Thailand

บทคัดย่อ. สภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลในระบบนิเวศต่างๆ มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยของภูมิอากาศในระบบนิเวศในฤดูกาลต่างๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนในเขตร้อน 5 ชนิด ได้แก่ *Cladonia submultiformis*, *Parmotrema tinctorum*, *Relicina abstrusa*, *Relicinopsis intertexta* และ *Usnea undulata* ซึ่งแพร่กระจายอยู่ในป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขาต่ำ ป่ารุ่มสอง และป่าเต็งรัง ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยนำไลเคนมาวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงในสภาพควบคุมในห้องปฏิบัติการในฤดูหนาว ฤดูร้อน ฤดูฝน และปลายฤดูฝนใน พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยสูงสุดวัดได้จาก *U. undulata* รองลงมาคือ *C. submultiformis*, *R. abstrusa*, *P. tinctorum* และ *Rs. intertexta* มีค่า 14.5, 12.6, 10.9, 9.5 และ 7 nmol CO₂ g⁻¹s⁻¹ adw ตามลำดับ ระบบนิเวศที่ไลเคนมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด คือ ป่ารุ่มสอง วัดได้จาก *U. undulata* มีค่า 19.3 nmol CO₂ g⁻¹s⁻¹ adw และต่ำที่สุดวัดได้ในป่าดิบชื้นจาก *Rs. intertexta* ไลเคนส่วนใหญ่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแตกต่างกันระหว่างฤดูกาลมากกว่าระบบนิเวศ การศึกษาครั้งนี้ทำให้เข้าใจความสามารถและประสิทธิภาพในการสร้างสารอินทรีย์ของไลเคนในระบบนิเวศและฤดูกาลต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปสู่การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ไลเคนในเขตร้อนอนาคต

ABSTRACT. Variations of climatic factor in different seasons and ecosystems influence photosynthesis of lichens. The objective of this study was to observe the influences of climatic factor among different seasons and ecosystems on photosynthesis of lichens in the tropic. The lichens *Cladonia submultiformis*, *Parmotrema tinctorum*, *Relicina abstrusa*, *Relicinopsis intertexta* and *Usnea*

* Corresponding author: yem-yam@hotmail.com

undulata were used as experimental plants. They distributed in tropical rain forest (TRF), dry evergreen forest (DEF), lower montane forest (LMF), secondary forest (SF) and dry dipterocarp forest (DDF) at Khao Yai national park. Photosynthesis of these lichens were measured under the control condition in the laboratory in the cool, hot, rainy and late rainy seasons in 2011 and 2012. The results showed that the highest net photosynthesis (NP) was averaged from *U. undulata* and subsequently lower in *C. submultiformis*, *R. abstrusa*, *P. tinctorum* and *Rs. intertexta* accounting for 14.5, 12.6, 10.9, 9.5 and 7 nmol CO₂ g⁻¹s⁻¹ adw respectively. *Usnea undulata* from SF had the highest NP measured 19.3 nmol CO₂ g⁻¹s⁻¹ adw while the lowest was observed in TRF from *Rs. intertexta*. Variations of NP among seasons were greater than those among ecosystems in most lichens. Thus, these studies enhanced our understanding on the influences of climatic factors on production of organic matter among lichens, which are baseline data for conservation and sustainable utilization of lichens in the tropic in the future.

คำสำคัญ: ฤดูกาล, ระบบนิเวศ, กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง, ภูมิอากาศ

KEYWORDS: season, ecosystems, net photosynthesis, climate

บทนำ

ไลเคนเป็น poikilohydric คือความชื้นใน แทลลัสต์มันแปรตามความชื้นของสภาพแวดล้อม เนื่องจากไลเคนไม่มีไข (wax) และผิวเคลือบ คิวทิน (cuticle) ที่ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนจึง ผันแปรตามสภาพแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะ อย่างยิ่งน้ำและแสง (Harris, 1971; Palmqvist, 2000; Lange *et al.*, 2001; Nash III, 2008) ปัจจุบัน เหล่านี้แตกต่างกันระหว่างฤดูกาลและระบบนิเวศ ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการดำรงชีวิตและการแพร่ กระจายของไลเคนในระบบนิเวศต่างๆ

Kershaw (1977) รายงานว่า ความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนแต่ละชนิด สัมพันธ์กับฤดูกาล โดยไลเคนในเขตอบอุ่นส่วนใหญ่ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงในฤดูหนาว เนื่องจากพืชผลัดใบ ไลเคนจึงได้รับแสงเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจาก Kershaw & Webber (1984) ซึ่ง รายงานว่าไลเคน *Peltigera praetextata* มีการ

สังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดในฤดูร้อน เนื่องจากการ เพิ่มขึ้นของโครงสร้างที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วย แสง (photosynthetic units, PSU) ไลเคนในเขต หนาวเช่น *Usnea antarctica* มีการสังเคราะห์ด้วย แสงสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิและใบไม้ร่วงเนื่องจาก ได้รับแสงเพิ่มขึ้นจากเรือนยอดที่โปร่งรวมทั้งได้รับความชื้นเป็นเวลานาน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็น สิ่งที่จำเป็นในการเพิ่มการดูดกลืนคาร์บอน ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Schroeter *et al.*, 1995)

การศึกษาความแตกต่างของภูมิอากาศใน ฤดูกาลต่างๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของ ไลเคนในระบบนิเวศต่างๆ มีน้อยมาก โดยเฉพาะ ในทวีปเอเชียยังไม่พบข้อมูล

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลและระบบนิเวศ ต่างๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคน ในเขตร้อน

วิธีการศึกษา

ไลเคน และพื้นที่ศึกษา

ไลเคนที่ใช้ในการศึกษา 5 ชนิด ได้แก่ *Cladonia submultiformis*, *Parmotrema tinctorum*, *Relicina abstrusa*, *Relicinopsis intertexta* และ *Usnea undulata* ซึ่งพบแพร่กระจายมากในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยเก็บจากระบบนิเวศ 5 แห่ง ดังตารางที่ 1 การเก็บตัวอย่างทำใน พ.ศ. 2554 และ 2555 ใน ฤดูหนาว (กุมภาพันธ์) ฤดูร้อน (เมษายน) ฤดูฝน (สิงหาคม) และปลายฤดูฝน (ตุลาคม) รวม 8 ครั้ง โดยในแต่ละฤดูกาลมีอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่าง 18-26 องศาเซลเซียส (มงคล แผงเพชร และ กัณฑ์ริย์ บุญประกอบ, 2555) นำไลเคนชนิดละ 5 แทลลัส ในแต่ละป่า แต่ละฤดูมายังห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยรามคำแหง เพื่อทดสอบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

การวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

ใช้เครื่อง Infrared Gas Analyzer (IRGA) LI 6400 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)

ในการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้ conifer chamber สำหรับบรรจุแทลลัสไลเคน และใช้อากาศระบบเปิด ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 100 ml min⁻¹ อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ปริมาณ CO₂ ที่ 390 ppm และสภาวะอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคน แต่ละชนิด เช่น ปริมาณน้ำในแทลลัส ระยะเวลาการบ่มไลเคนแต่ละชนิดตามวิธีของวันวิสาข์ เพาะเจริญ และ กัณฑ์ริย์ บุญประกอบ (2554) และ ชัยวัฒน์ บุญเพ็ง และคณะ (2554) ดังตารางที่ 2 โดยแสดงค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น nmol CO₂ g⁻¹s⁻¹ air-dried weight (adw) เนื่องจากผิวแทลลัสที่ไม่เรียบเหมือนใบพืชซึ่งไม่เหมาะสมในการแสดงค่าในหน่วยพื้นที่ รวมทั้งไลเคนไม่เก็บน้ำไว้ในแทลลัส ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น นอกจากนี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนต่ำกว่าพืชมาก จึงแสดงค่าเป็น nmol CO₂

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนแต่ละชนิดในแต่ละฤดูในระบบนิเวศต่างๆ ประมวลได้จากค่าเฉลี่ยของ 2 ปีจากไลเคนฤดูละ 5 แทลลัส ในแต่ละป่า รวมเป็น 10 แทลลัส

ตารางที่ 1 ระบบนิเวศที่ทำการเก็บตัวอย่างไลเคนแต่ละชนิดในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ไลเคน	ระบบนิเวศ				
	ป่าดิบชื้น	ป่าดิบแล้ง	ป่าดิบเขาต่ำ	ป่ารุ่มสอง	ป่าเต็งรัง
<i>Cladonia submultiformis</i>			*	*	
<i>Parmotrema tinctorum</i>	*	*	*	*	*
<i>Relicina abstrusa</i>	*	*			
<i>Relinopsis intertexta</i>	*				
<i>Usnea undulata</i>			*	*	

หมายเหตุ * คือ ระบบนิเวศที่ทำการเก็บตัวอย่างไลเคนแต่ละชนิด

ตารางที่ 2 สภาวะที่เหมาะสมที่ก่อให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของไลเคนแต่ละชนิด

ไลเคน	ระยะเวลาในการ บ่มตัวอย่างไลเคน (นาทีก)	ปริมาณน้ำ ในแทลลัส (%)	ความเข้มข้น ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
<i>Cladonia submultiformis</i> **	105 ± 10	65 ± 10	550
<i>Parmotrema tinctorum</i> ***	120 ± 20	100 ± 20	350
<i>Relicina abstrusa</i> **	120 ± 20	38 ± 10	500
<i>Relicinopsis intertexta</i> **	60 ± 10	88 ± 10	500
<i>Usnea undulata</i> *	120 ± 10	100 ± 10	500

หมายเหตุ. * จาก วันวิสาข์ เพาะเจริญ และ กัณห์รีย์ บุญประกอบ (2554)

** จาก วันวิสาข์ เพาะเจริญ และ กัณห์รีย์ บุญประกอบ (2555)

*** จาก ชัยวัฒน์ บุญเพ็ง และคณะ (2554)

การวิเคราะห์สถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนแต่ละชนิดในฤดูกาลและระบบนิเวศต่างๆ ใช้ตัวอย่าง 10 ซ้ำ ในไลเคนแต่ละชนิด โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) โดยโปรแกรม Sigma plot version 11

ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

การสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนจากระบบนิเวศต่าง ๆ ในฤดูกาลต่าง ๆ

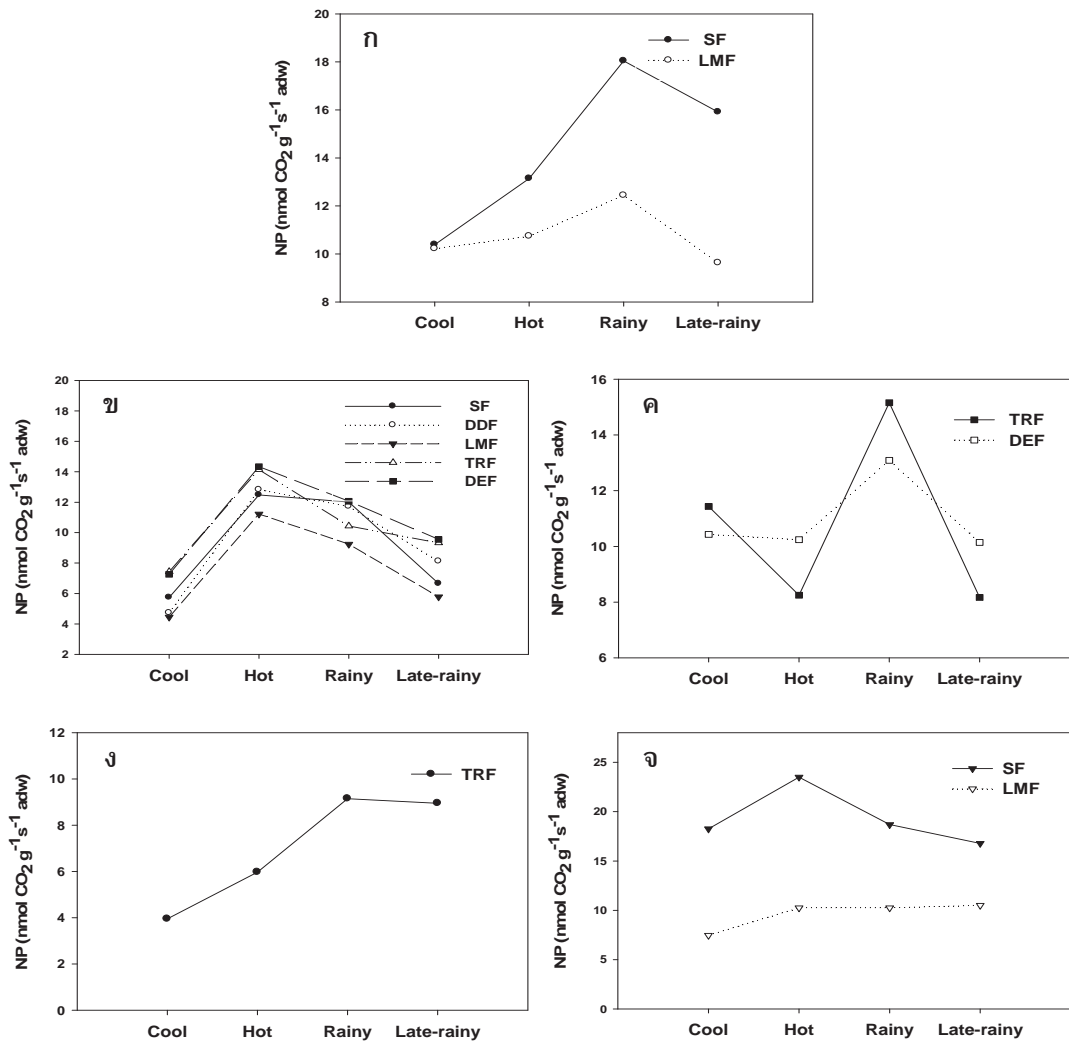
ไลเคนทั้ง 5 ชนิดจากระบบนิเวศ 5 แห่งในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในฤดูกาลต่าง ๆ ตั้งแต่ 4.0-23.5 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1}$ adw โดยอัตราต่ำสุดวัดได้จากไลเคน *Rs. intertexta* จากป่าดิบชื้นในฤดูหนาว ส่วนสูงสุดวัดได้จาก *U. undulata* จากป่ารุ่มสองในฤดูร้อน

ไลเคนที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ไลเคน *U. undulata* รองลงมาคือ *C. submultiformis*, *R. abstrusa*, *P. tinctorum* และ *Rs. intertexta* ตามลำดับ วัดได้ 14.5, 12.6, 10.9, 9.5 และ 7 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1}$ adw ตามลำดับ

(ภาพที่ 1) เห็นได้ว่าไลเคนที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงเป็นไลเคนที่มีแทลลัสเป็นเส้นสายแบบฟรุติโคส (fruticose) และแบบแผ่นใบ (foliose) ขนาดเล็ก เนื่องจากมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสอากาศมาก จึงได้รับคาร์บอนไดออกไซด์และแสงได้ดี

ไลเคน *U. undulata* ซึ่งเก็บจากป่ารุ่มสองและป่าดิบเขาต่ำ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยในป่ารุ่มสองสูงกว่าป่าดิบเขาต่ำในทุกฤดูกาล วัดได้ 19.3 และ 9.6 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1}$ adw โดยค่าสูงสุดวัดได้จากไลเคนในป่ารุ่มสองในฤดูร้อนมีค่า 23.5 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1}$ adw ส่วนไลเคนในป่าดิบเขาต่ำมีค่านี้สูงสุดในปลายฤดูฝนวัดได้ 10.5 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1}$ adw ซึ่งเป็นค่าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของค่าที่วัดได้สูงสุดจากป่ารุ่มสอง ส่วนอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำสุดในแต่ละป่าวัดได้ในปลายฤดูฝนในป่ารุ่มสองและฤดูหนาวในป่าดิบเขาต่ำ

ไลเคน *C. submultiformis* มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดในป่ารุ่มสองซึ่งมากกว่าป่าดิบเขาต่ำวัดได้ 14.4 และ 10.8 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1}$ adw ตามลำดับ โดยป่ารุ่มสองมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยสูงกว่าป่าดิบเขาต่ำทุกฤดูกาล และค่าสูงสุดวัดได้ในฤดูฝนจากทั้งสองป่า ส่วนค่าต่ำสุดวัดได้ในป่ารุ่มสองในฤดูหนาวและป่าดิบเขาต่ำในปลายฤดูฝน



ภาพที่ 1 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในระบบนิเวศและฤดูกาลต่างๆ ของไลเคน ก. *Cladonia submultiformis*; ข. *Parmotrema tinctorum*; ค. *Relicina abstrusa*; ง. *Relicinopsis intertexta*; จ. *Usnea undulata* (TRF คือ Tropical rain forest หรือป่าดิบชื้น, DEF คือ Dry evergreen forest หรือป่าดิบแล้ง, LMF คือ Lower montane forest หรือป่าดิบเขาต่ำ, SF คือ Secondary forest หรือป่ารุ่มสอง และ DDF คือ Dry dipterocarp forest หรือป่าเต็งรัง)

ไลเคน *R. abstrusa* มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยสูงเป็นอันดับที่สาม โดยไลเคนจากป่าดิบชื้นมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าป่าดิบแล้ง และทั้งสองระบบนิเวศมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยสูงสุดในฤดูฝน

ไลเคนที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงเป็นอันดับสี่คือ *P. tinctorum* ไลเคนชนิดนี้เติบโตในทุกระบบนิเวศ โดยป่าดิบแล้งมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและต่ำสุดในป่าดิบเขาต่ำ ซึ่งฤดูร้อนเป็นฤดูที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดในทุกระบบนิเวศ

ไลเคน *Rs. intertexta* มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไลเคนอีก 4 ชนิด ทั้งนี้ไลเคนชนิดนี้มีการแพร่กระจายอยู่ที่เรือนยอดในป่าดิบชื้นเพียงแห่งเดียว โดยค่าสูงสุดพบในฤดูฝน วัดได้ $9.2 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$

ฤดูกาลที่ไลเคนมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ฤดูฝนเป็นฤดูที่ไลเคนส่วนใหญ่จากทุกระบบนิเวศมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด โดยวัดได้จาก *C. submultiformis*, *R. abstrusa* และ *Rs. intertexta* มีค่า 15.2, 14.1 และ $9.2 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$ ทั้งนี้อาจเนื่องจากได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 411 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2555) และสารอาหารที่ละลายมากับน้ำฝนมีปริมาณมากกว่าฤดูอื่น (Nash III, 2008) และไลเคนทั้งสามชนิดตอบสนองต่อปัจจัยนี้ได้ดีกว่า

ฤดูกาลที่ไลเคนมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำสุด

ไลเคนทุกชนิดจากทุกระบบนิเวศมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำสุดในฤดูหนาวโดย *U. undulata*, *C. submultiformis*, *P. tinctorum* และ *Rs. intertexta* มีค่า 12.9 10.3 5.9 และ $4 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$

ตามลำดับ ยกเว้น *R. abstrusa* ซึ่งวัดได้ในปลายฤดูฝนและฤดูร้อนและมีค่าเท่ากันคือ $9.2 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$ แสดงว่าไลเคนในเขตร้อนส่วนใหญ่มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิต่ำ การลดลงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในฤดูหนาวของไลเคนในเขตร้อนคล้ายคลึงกับไลเคนในเขตอบอุ่นและเขตหนาว เช่น *Peltigera rufescens* (Kershaw, 1977), *Cladonia stellaris* และ *C. rangiferina* (MacFarlane et al., 1983), *Lecanora mularis* (Lange, 2003) และ *Umbilicaria vallea* (Larson, 1980) เป็นต้น โดย MacFarlane et al. (1983) รายงานว่า การสังเคราะห์ด้วยแสงที่ลดลงในฤดูหนาว เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้การฟิ้นกลับของโครงสร้างที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic unit) ลดลง

ความแปรปรวนของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนในระบบนิเวศต่าง ๆ

การเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนในระบบนิเวศ 5 ชนิด สังเกตได้จาก *P. tinctorum* ซึ่งเป็นไลเคนเพียงชนิดเดียวที่มีการแพร่กระจายในระบบนิเวศทั้งห้า โดยพบว่าไลเคนชนิดนี้มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยในทุกฤดูกาลสูงสุดในป่าดิบแล้ง และรองลงมาในป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง ป่ารุ่มสอง และป่าดิบเขาต่ำ วัดได้ 10.8, 10.3, 9.4, 9.2 และ $7.7 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$ ตามลำดับ

ไลเคนมีการแพร่กระจายในระบบนิเวศ 2 ชนิด ได้แก่ *U. undulata* และ *C. submultiformis* ซึ่งเติบโตในป่ารุ่มสองและป่าดิบเขาต่ำ ไลเคนทั้งสองชนิดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยในป่ารุ่มสองสูงกว่าป่าดิบเขาต่ำ วัดได้ 19.3 และ $14.4 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$ ในป่ารุ่มสอง และ 9.6 และ $10.8 \text{ nmol CO}_2 \text{ g}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ adw}$ ในป่าดิบเขาต่ำ

ไลเคนอีก 2 ชนิดที่มีการแพร่กระจายในระบบนิเวศ 2 ชนิด คือ ป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้ง ได้แก่

P. tinctorum และ *R. abstrusa* ซึ่งมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ยในป่าทั้งสองเกือบไม่ต่างกัน โดย *P. tinctorum* จากป่าดิบแล้งสูงกว่าป่าดิบชื้นเพียงเล็กน้อยวัดได้ 10.8 และ 10.3 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ adw}$ ส่วน *R. abstrusa* จากป่าดิบชื้นสูงกว่าป่าดิบแล้งเล็กน้อยวัดได้ 11 และ 10.8 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ adw}$

สำหรับ *Rs. intertexta* มีเพียงตัวอย่างจากป่าดิบชื้นเพียงแห่งเดียว

ความแปรปรวนของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระหว่างระบบนิเวศและฤดูกาล

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนที่ศึกษา มีความแตกต่างกันระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.01$ โดยไลเคนส่วนใหญ่มีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลมากกว่าความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศ ยกเว้น *U. undulata* ที่มีความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศมากกว่า

ความแปรปรวนระหว่างฤดูกาล

ความแตกต่างระหว่างฤดูกลางของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนแต่ละชนิดในระบบนิเวศต่างๆ ที่พิจารณาจากอัตราต่ำสุด-สูงสุด พบว่า *U. undulata* มีค่าต่ำสุด 12.9 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ adw}$ วัดได้ในฤดูหนาว ส่วนค่าสูงสุด 16.9 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ adw}$ วัดได้ในฤดูร้อน ซึ่งมีค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 76 ของค่าสูงสุด ส่วน *C. submultiformis*, *R. abstrusa*, *P. tinctorum* และ *Rs. intertexta* มีค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 68, 65, 45 และ 43 ของค่าสูงสุด ตามลำดับ

ความแปรปรวนของระบบนิเวศ

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนแต่ละชนิดในทุกฤดูกาลจากระบบนิเวศต่างๆ มีความผันแปรของค่าต่ำสุด-สูงสุด แตกต่างกัน โดย

R. abstrusa มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำสุดจากป่าดิบชื้นและสูงสุดเ็นป่าดิบแล้งเกือบไม่ต่างกันวัดได้ 10.8 และ 11 $\text{nmol CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ adw}$ ซึ่งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 99 ของค่าสูงสุด ส่วน *C. submultiformis*, *P. tinctorum* และ *U. undulata* มีค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 75, 71 และ 50 ของค่าสูงสุดตามลำดับ

สรุป

การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลส่งผลต่อความแปรปรวนของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนมากกว่าความแปรปรวนระหว่างระบบนิเวศ การศึกษาครั้งนี้ทำให้มีข้อมูลพื้นฐานในการดำรงชีวิตของไลเคนแต่ละชนิดที่จะนำไปต่อยอดการนำไลเคนมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สมาชิกหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหงทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามและห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เอื้อเอื้อในการเก็บตัวอย่าง และงานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มาสู่มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2555. แบบบันทึกรายงานอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีหน้าฝน สถานีอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ประจำปี พ.ศ. 2554-2555. นครราชสีมา. (อัครสำเนา)

- ชัยวัฒน์ บุญเพ็ง บังอร วรณลัก และ กัณฑ์รีย์ บุญประกอบ. 2554. สภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคน *Parmotrema tinctorum* (Nyl.) Hale จากป่าดิบแล้งในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่. ใน: การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5. หน้า 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มงคล แผงเพชร และ กัณฑ์รีย์ บุญประกอบ. 2555. ข้อมูลสภาพอากาศของระบบนิเวศและฤดูกาลต่างๆ ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2555. นครราชสีมา. (อัดสำเนา)
- วันวิสาข์ เพาะเจริญ และ กัณฑ์รีย์ บุญประกอบ. 2554. สภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคน *Usnea undulata* จากป่าร้อนในประเทศไทย. ใน: การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5. หน้า 120. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Harris, G. 1971. The ecology of corticolous lichens II. The relationship between physiology and the environment. **Journal of Ecology** 59(2): 441-452.
- Kershaw, K.A. 1977. Physiological-environment interactions in lichens II. The pattern of net photosynthetic acclimation in *Peltigera canina* (L.) Willd var. *Praetextata* (Floerke em. Sommerf. Hue. and *P. polydactyla* (Neck.) Hoffm. **New Phytologist** 79: 377-390.
- Kershaw, K.A. & Webber, M.R. 1984. Photosynthetic capacity change in *Peltigera* I. The synthesis of additional photosynthetic units in *P. praetextata*. **New Phytologist** 96: 437-446.
- Lange, O.L. 2003. Photosynthetic productivity of the epilithic lichen *Lecanora muralis*: long-term field monitoring of CO₂ exchange and its physiological interpretation II. Diel and seasonal patterns of net photosynthesis and respiration. **Flora** 198: 55-70.
- Lange, O.L., Green, T.G.A. & Heber, U. 2001. Hydration-dependent photosynthetic production of lichens: what do laboratory studies tell us about field performance?. **Journal of Experimental Botany** 52: 2033-2042.
- Larson, D.W. 1980. Seasonal change in the pattern of net CO₂ exchange in *Umbilicaria* lichens. **New Phytologist** 84: 349-369.
- MacFarlane, J.D., Kershaw, K.A. & Webber, M.R. 1983. Physiological-environmental interaction in lichen. XVII. Phenotypic differences in the seasonal pattern of net photosynthesis in *Cladonia rangiferina*. **New Phytologist** 94: 217-233.
- Nash III, T.H. 2008. **Lichen Biology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Palmqvist, K. 2000. Carbon economy in lichens. **New Phytologist** 148: 11-36.
- Schroeter, B., Olech, M., Kappen, L. & Heitland, W. 1995. Ecophysiological investigations of *Usnea antarctica* the maritime Antarctic 1. Annual microclimatic conditions and potential primary production. **Antarctic Science** 7(3): 251-260.