

ความสัมพันธ์ของความมากชนิดและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ในชนิดของถิ่นที่อยู่ที่แตกต่างกัน

วรรณพร เอี่ยมศรี¹, ณรงค์ วงศ์กันทรากกร¹, เอกพันธ์ ไกรจักร^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของความมากชนิดและองค์ประกอบชนิดไบรโอไฟต์ในแต่ละชนิดของถิ่นที่อยู่ของแปลงถาวรเขาช่องเพื่อการศึกษานิเวศระยะยาว จังหวัดตรัง โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแบ่งชนิดของถิ่นที่อยู่ โดยใช้การวิเคราะห์จัดกลุ่มจากข้อมูลของระดับความสูง ความลาดชัน ความโค้ง และพื้นที่หน้าตัดไม้ต้นสามารถแบ่งชนิดของถิ่นที่อยู่ได้ 4 พื้นที่ ได้แก่ หุบเขา ลาดชัน ใต้สันเขา และ สันเขา โดยทั้ง 4 พื้นที่ได้ทำการสุ่มวางแปลงขนาด 10×10 ตารางเมตร โดยแต่ละแปลงทำการเก็บตัวอย่างของไบรโอไฟต์จากทุกพื้นผิว ได้แก่ เปลือกไม้ หิน ดิน ซากไม้ ใบไม้ และ เถาวัลย์ ตัวอย่างที่ได้จากการเก็บภาคสนามนำมาระบุชนิด พบไบรโอไฟต์ทั้งหมด 77 ชนิดจัดอยู่ใน 42 สกุล 24 วงศ์ จัดเป็นมอสส์ 49 ชนิด ลิเวอร์เวิร์ต 27 ชนิด และฮอร์นเวิร์ต 1 ชนิด จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าทั้ง 4 พื้นที่พบจำนวนชนิดของมอสส์มากที่สุด ทัลลอยด์ลิเวอร์เวิร์ตและฮอร์นเวิร์ตพบเฉพาะในพื้นที่หุบเขาเท่านั้น อย่างไรก็ตามความมากชนิดและองค์ประกอบชนิดระหว่างชนิดของถิ่นที่อยู่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ไบรโอไฟต์, ภูมิภาค, ชนิดถิ่นที่อยู่, ความหลากหลาย

¹ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: ekaphan.k@ku.th

Associations of Species Richness and Composition of Bryophytes to Different Habitat Types

Wannaporn Eiamsri¹, Narong Wongkantrakorn¹, Ekaphan Kraichak^{1*}

Abstract

The goal of this study was to find associations of species richness and composition of bryophytes with different habitat types in Khao Chong Forest Dynamic Plot, Trang Province. The plot was divided into 4 habitat types, based on the cluster analysis of elevation, slope, convexity and basal area. The four habitats included valley, slope, below-ridge and ridge. In each habitat type, ten random plots of 10×10 square meters were chosen. In each sampling plot, the samples of bryophytes were collected from various substrates, including trees, rock, soil, logs, leaves, and lianas. The samples were identified to the species level. A total of 77 species, belonging to 42 genera, and 24 families of bryophytes were found. This included 49 species of mosses, 27 species of liverworts, and 1 species of hornworts. In all four habitat types, the number of moss species was higher than liverworts, and thalloid liverworts and hornworts only occurred in the valley. However, there was no significant difference in species richness and composition among the four habitat types.

Keywords: Bryophyte, Diversity, Habitat Type, Topography

¹Department of Botany, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Road, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand

*Corresponding author, e-mail: ekaphan.k@ku.th

บทนำ

ไบรโอไฟต์เป็นพืชไม่มีท่อลำเลียง แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ มอสส์ ลิเวอร์เวิร์ต และฮอร์นเวิร์ต ทั่วโลกมีรายงานไว้มากกว่า 15,000 ชนิด [1] แม้ว่าไบรโอไฟต์เป็นพืชขนาดเล็ก แต่ก็เป็นส่วนหนึ่งของความหลากหลายทางชีวภาพของโลก และมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศในหลายๆ ด้าน [2] ความหลากหลายและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์มักจะสอดคล้องกับความหลากหลายของที่อยู่อาศัย โดยที่ความหลากหลายของชนิดของถิ่นที่อยู่ (habitat type) ที่มากขึ้นจะส่งผลให้จำนวนชนิดของไบรโอไฟต์มากขึ้นไปด้วย [3, 4] ซึ่งผลของชนิดของถิ่นอาศัยนี้ได้รับการศึกษามากมายต่อเนื่องในไบรโอไฟต์ในเขตอบอุ่นเพราะเป็นเขตที่มีปริมาณชีวมวลของไบรโอไฟต์สูงและพืชที่มีความโดดเด่นในหลายระบบนิเวศในเขตอบอุ่น [5–8]

ป่าฝนเขตร้อน (tropical rainforest) เป็นบริเวณที่มีความหลากหลายของไบรโอไฟต์สูงแห่งหนึ่ง โดยมีจำนวนชนิดประมาณ 25-30% ของไบรโอไฟต์ที่พบทั่วโลก และไบรโอไฟต์ที่พบในป่าฝนเขตร้อนของเอเชียมีความหลากหลายของสกุลและวงศ์มากกว่าในป่าฝนเขตร้อนของอเมริกาและแอฟริกา [9] โดยรายงานว่าไบรโอไฟต์ในป่าฝนเขตร้อนมักมีความสัมพันธ์กับความชื้นในอากาศและปริมาณน้ำฝน [10] ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ (topography) เช่น ระดับความสูง ความลาดชัน และทิศด้านลาด [11, 12] สำหรับประเทศไทย มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของความสูงจากระดับทะเลและสภาพพื้นที่ต่อจำนวนชนิดและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ในบางพื้นที่ของประเทศไทย [13, 14] แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดของถิ่นที่อยู่ตามลักษณะภูมิประเทศกับความมากมายชนิดและองค์ประกอบของไบรโอไฟต์ในแต่ละพื้นที่

ดังนั้นในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางภูมิประเทศกับจำนวนชนิดและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ในบริเวณพื้นที่แปลงถาวรเพื่อการศึกษาพลวัตของป่า เขาช่อง (Khao Chong Forest Dynamics Plot) จังหวัดตรัง เนื่องจากมีข้อมูลพื้นฐานทั้งด้านไม้ยืนต้นและลักษณะทางภูมิประเทศโดยละเอียด [15] โดยได้นำลักษณะภูมิประเทศต่างๆ รวมถึงพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น (basal area) มาใช้ในการจัดจำแนกพื้นที่ตามชนิดของถิ่นที่อยู่ และสำรวจจำนวนและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ในแต่ละพื้นที่ โดยมีสมมติฐานว่าชนิดของถิ่นที่อยู่ที่แตกต่างกันจะส่งผลให้มีความมากมายชนิดและองค์ประกอบชนิดแตกต่างกันออกไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

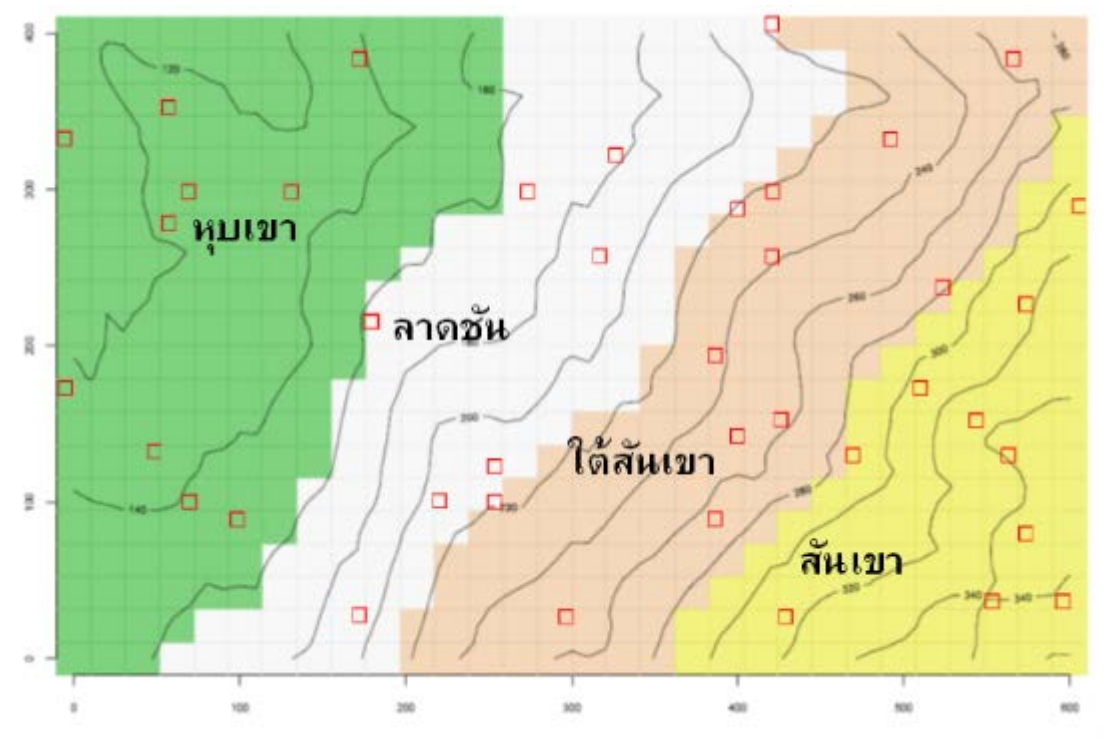
พื้นที่แปลงถาวรเพื่อการศึกษาพลวัตป่าไม้ เขาช่อง ตำบลช่อง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง มีพื้นที่ทั้งหมด 24 เฮกแตร์ มีไม้ยืนต้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1 เซนติเมตร จำนวน 151,910 ต้น จากประมาณ 665 ชนิด ที่มีการติดตามการเติบโตรายต้นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 จนถึงปัจจุบัน [15]

การศึกษานี้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 4 ชนิดที่อยู่ (habitat types) ได้แก่ หุบเขา ลาดชัน ใต้สันเขา และ สันเขา ด้วยเทคนิค k-means clustering [16] ด้วยฟังก์ชัน “kmeans” ในโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.5.1 [17] โดยใช้ข้อมูลของระดับความสูง (elevation) ความลาดชัน (slope) ความโค้ง (convexity) และพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นในแต่ละแปลงย่อย 10×10 ตารางเมตร เป็นข้อมูลในการแบ่ง ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการแบ่งชนิดของถิ่นที่อยู่ในการศึกษาก่อนหน้านี้ [18] ที่ใช้ข้อมูลในลักษณะเดียวกันในการแบ่งชนิดของถิ่นที่อยู่ เนื่องจากการแบ่งที่ใช้สภาพภูมิประเทศหลายตัวแปรประกอบกัน สะท้อนถึงความแตกต่างในพื้นที่ทั้งในด้านธาตุอาหารในดินและองค์ประกอบของไม้ต้นในแต่ละพื้นที่ (ภาพ 1, ตาราง 1) โดยแต่ละชนิดของถิ่นที่อยู่มีลักษณะสำคัญที่แตกต่างกันดังนี้

พื้นที่หุบเขา (valley) มีความสูงจากระดับทะเลและความความลาดชันน้อยที่สุด เป็นบริเวณที่ต้นไม้ใหญ่จำนวนมากและลำธารลัดเลาะไหลผ่านสลัการโขดหิน จึงมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำกว่าและมีความชื้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ อีกทั้งมีลักษณะพื้นผิว (substrate) ที่หลากหลายกว่าด้วย

พื้นที่ลาดชัน (slope) และ พื้นที่ใต้สันเขา (below-ridge) มีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ เป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางในพื้นที่ศึกษา แต่มีความลาดชันมาก ต้นไม้ที่ปกคลุมเป็นต้นไม้ขนาดเล็กกว่าบริเวณอื่น ๆ อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ ความแตกต่างคือบริเวณพื้นที่ลาดชันมีปริมาณซากใบไม้ (litter fall) ปกคลุมหนากว่าบริเวณพื้นที่ใต้สันเขาที่มักพบพื้นที่ที่ถูกรบกวนด้วยการไหลของดิน (landslide) สลับกับบริเวณที่ปกคลุมด้วยซากใบไม้ มีปริมาณแสงมากกว่าบริเวณหุบเขาและสันเขาเนื่องจากความสูงและการปกคลุมของเรือนยอดที่น้อยกว่า

พื้นที่สันเขา (ridge) เป็นพื้นที่ที่มีความสูงที่สุด มีความลาดชันมากในบางบริเวณ อุณหภูมิไม่สูงเท่าบริเวณที่ลาดชันและสันเขาเนื่องจากมีลมพัดผ่านและการปกคลุมเรือนยอดที่สูงกว่า ความชื้นต่ำเนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติไหลผ่านในบริเวณนี้ ปริมาณแสงส่องถึงสูงกว่าบริเวณหุบเขา เนื่องจากต้นไม้ในถิ่นอาศัยนี้มีขนาดใหญ่ ขึ้นอยู่ห่างกันทำให้มีช่องว่างระหว่างต้นไม้ให้แสงส่องลงมาได้ถึงมากกว่า



ภาพ 1 พื้นที่ทั้ง 4 ตามลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยในแปลงศึกษานิเวศวิทยาระยะยาว

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยของระดับความสูง (elevation) ความโค้ง (convexity) ความลาดชัน (slope) และพื้นที่หน้าตัด (basal area) ของไม้ต้นในแต่ละแปลง 10x10 ตารางเมตร ที่ถูกจำแนกไปอยู่ในแต่ละพื้นที่ตามวิธี k-means clustering

ชนิดของถิ่นที่อยู่ (habitat type)	ระดับความสูง (elevation)	ความโค้ง (convexity)	ความลาดชัน (slope)	พื้นที่หน้าตัด (basal area)
หุบเขา	136.24	-0.35	16.87	1.49
ลาดชัน	187.38	-0.27	24.98	1.26
ได้สันเขา	245.70	-0.39	28.60	1.25
สันเขา	316.90	0.57	29.79	1.53

การเก็บตัวอย่างและการระบุชนิด

ในแต่ละพื้นที่วางแปลงย่อยขนาด 10×10 ตารางเมตร จำนวน 10 แปลง เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่นั้น ๆ โดยใช้การสุ่มจากแปลงย่อยขนาด 10 x 10 ตารางเมตร ที่มีอยู่แล้วจำนวน 600 แปลงจากการกำหนดพื้นที่ของแปลงถาวรเพื่อการศึกษาพลวัตของป่าไม้ เพื่อที่จะใช้สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลความสูง ความชัน ของพื้นที่และข้อมูลประชากรไม้ต้นที่มีการเก็บข้อมูลมาอย่างต่อเนื่องกว่า 20 ปี [18] ในแต่ละแปลงย่อย 10×10 ตารางเมตร มีการเก็บตัวอย่างของไบรโอไฟต์จากพื้นผิว (substrate) ต่างๆ ได้แก่ เปลือกไม้ หิน ดิน ซากไม้ ใบไม้ และเถาวัลย์ เพื่อให้ครอบคลุมถิ่นอาศัยย่อยทั้งหมดของไบรโอไฟต์ตามหลักการเก็บตัวอย่างแบบพรรณพฤกษชาติ (floristic sampling) [19] โดยตัวอย่างไบรโอไฟต์ในกลุ่มมอสส์ที่ถูกเก็บมาจากภาคสนามจะนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อรักษาสภาพและจัดทำตัวอย่างพรรณไม้แห้ง ส่วนที่เหลือที่เป็น ทัลลอยด์ลิเวอร์เวิร์ตและฮอร์นเวิร์ตนำไประบุชนิดก่อนนำไปอบ เพื่อไม่ให้สูญเสียลักษณะทั่วไปบางอย่างที่จำเป็นต่อการระบุชนิด เช่น ลักษณะของหยดน้ำมัน (oil body) และจำนวนคลอโรพลาสต์ในเซลล์

หลังจากนั้นนำตัวอย่างแห้งไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบเพื่อทำการระบุชนิด โดยใช้คู่มือ Guide to the Liverworts and Hornworts of Java [20] และ Mosses of the Philippines [21] เป็นเอกสารหลักในการระบุสกุลประกอบกับเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อระบุชนิดในแต่ละสกุล ชื่อวิทยาศาสตร์และการจัดจำแนกตามสกุลและวงศ์ยึดตามการจำแนกของ Goffinet & Buck [22] สำหรับมอสส์ และ Söderström et al. [23] สำหรับลิเวอร์เวิร์ตและฮอร์นเวิร์ต

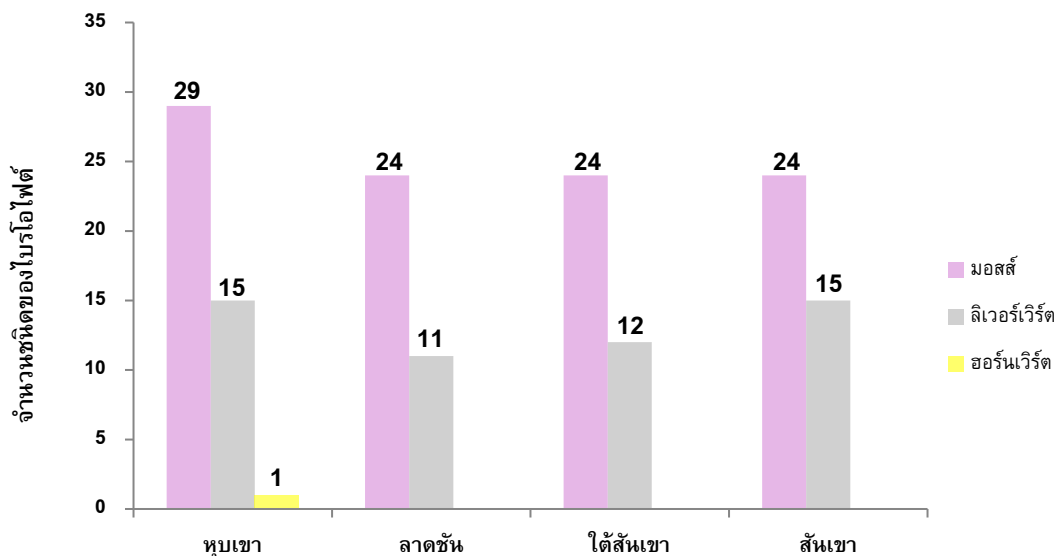
การวิเคราะห์ทางสถิติ

เพื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์ที่พบในแต่ละแปลงย่อยในแต่ละพื้นที่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของจำนวนชนิด กำหนดให้ $P \leq 0.05$ เป็นระดับที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และวิเคราะห์ความแตกต่างขององค์ประกอบชนิดด้วย hierarchical clustering analysis ด้วยวิธี complete linkage และระยะห่าง (distance) แบบ Jaccard ซึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลแบบพบหรือไม่พบ (presence/absence) [24] การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.5.1 [17]

ผลการศึกษา

ความหลากหลายชนิด (Species Richness)

จากการศึกษาไบรโอไฟต์ในแปลงศึกษานิเวศระยะยาวเขาช่อง จังหวัดตรัง พบไบรโอไฟต์ทั้งหมด 77 ชนิด จัดอยู่ใน 42 สกุล 24 วงศ์ โดยในพื้นที่หุบเขาพบ 45 ชนิด (มอสส์ 29 ชนิด ลิเวอร์เวิร์ต 15 ชนิด ฮอว์นเวิร์ต 1 ชนิด) พื้นที่ลาดชันพบ 35 ชนิด (มอสส์ 24 ชนิด ลิเวอร์เวิร์ต 11 ชนิด) พื้นที่ไต่สันเขาพบ 36 ชนิด (มอสส์ 24 ชนิด ลิเวอร์เวิร์ต 12 ชนิด) และพื้นที่สันเขาพบ 39 ชนิด (มอสส์ 24 ชนิด ลิเวอร์เวิร์ต 15 ชนิด) ซึ่งในทุกพื้นที่มีจำนวนชนิดของมอสส์มากกว่าลิเวอร์เวิร์ต และพบฮอว์นเวิร์ตเฉพาะพื้นที่หุบเขาเท่านั้น (ภาพ 2, ตาราง 2)



ภาพ 2 จำนวนชนิดของมอสส์ ลิเวอร์เวิร์ต และฮอว์นเวิร์ต ใน 4 พื้นที่ตามชนิดของดินที่อยู่

จากการเปรียบเทียบจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์ต่อแปลงในแต่ละพื้นที่ พบว่า พื้นที่หุบเขาพบ 7-18 ชนิด มีค่ากลางเท่ากับ 12.5 ชนิด เฉลี่ย 12 ชนิดต่อแปลง พื้นที่ลาดชันพบ 3-17 ชนิด มีค่ากลางเท่ากับ 6.5 ชนิด เฉลี่ย 8 ชนิดต่อแปลง พื้นที่ไต่สันเขาพบ 5-17 ชนิด มีค่ากลางเท่ากับ 10 ชนิด เฉลี่ย 10 ชนิดต่อแปลง และพื้นที่สันเขาพบ 3-17 ชนิด มีค่ากลางเท่ากับ 9 ชนิด เฉลี่ย 9 ชนิดต่อแปลง จำนวนชนิดของไบรโอไฟต์ที่พบระหว่างพื้นที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA, $P=0.2773$, ภาพ 3)

เมื่อจำแนกตามลำดับทางอนุกรมวิธาน พบว่า พื้นที่หุบเขามี 45 ชนิด 31 สกุล 20 วงศ์ พื้นที่ลาดชันมี 35 ชนิด 21 สกุล 11 วงศ์ พื้นที่ไต่สันเขามี 36 ชนิด 21 สกุล 13 วงศ์ และพื้นที่สันเขามี 39 ชนิด 23 สกุล 13 วงศ์ (ภาพ 4)

ตาราง 2 บัญชีรายชื่อของไบรโอไฟต์ที่พบบนพื้นที่และพื้นผิวที่ขึ้นในแปลงศึกษาพลัดป่าไม่เขาช่อง จังหวัดตรัง

กลุ่ม	วงศ์	ชนิด	พื้นที่ (habitat type)				พื้นผิวที่ขึ้น (substrate)					
			หุบเขา	ลาดชัน	ใต้ส่น เขา	สันเขา	เปลือกไม้	หิน	เถาวัลย์	ขอนไม้	ดิน	ใบไม้
มอสส์	Bartramiaceae	<i>Philonotis roylei</i> (Hook.f) Mitt.			X		X	X				
	Calymperaceae	<i>Arthrocnemum schimperii</i> (Dozy & Molke.) Dozy & Molke.	X				X					
		<i>Calymperes afzelii</i> Sw.		X	X		X			X		
		<i>Calymperes dozyanum</i> Mitt.	X				X	X				
		<i>Calymperes graeffeanum</i> Müll.		X	X		X	X				
		<i>Calymperes lonchophyllum</i> Schwägr.	X				X					
		<i>Calymperes moluccense</i> Schwägr.	X	X	X		X			X		
		<i>Calymperes tahitense</i> (Sull.) Mitt.	X				X		X	X		
		<i>Calymperes tenerum</i> Müll	X			X	X			X		
		<i>Exostratum blumei</i> (Nee ex Hampe) L.T. Ellis	X				X					
		<i>Leucophanes octoblepharioides</i> Brid.	X	X		X	X	X		X		
		<i>Mitthyridium cf. flavum</i> (C. Müll.) H.Rob.		X			X					
		<i>Mitthyridium repens</i> (Harv.) H.Rob.	X	X		X	X					
		<i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.	X				X					
		<i>Syrrhopodon albobaginatulus</i> Schwägr.	X	X		X	X			X		
		<i>Syrrhopodon croceus</i> Mitt.	X				X					
		Diphysciaceae	<i>Diphyscium mucronifolium</i> Mitt.				X		X			
		Erpodiaceae	<i>Erpodium mangiferae</i> Müll. Hal.				X			X		
		Fissidentaceae	<i>Fissidens anomalus</i> Mont.		X		X	X			X	
			<i>Fissidens flabellulus</i> Thwait. & Mitt.	X	X	X	X		X	X		

ตาราง 2 บัญชีรายชื่อของไบรโอไฟต์ที่พบบนพื้นที่และพื้นผิวที่ขึ้นในแปลงศึกษาพลัดป่าไม่เขาช่อง จังหวัดตรัง (ต่อ)

กลุ่ม	วงศ์	ชนิด	พื้นที่ (habitat type)				พื้นผิวที่ขึ้น (substrate)						
			หุบเขา	ลาดชัน	ใต้ส่น เขา	ส่นเขา	เปลือกไม้	หิน	เถาว์วัลย์	ขอนไม้	ดิน	ใบไม้	
มอสส์	Fissidentaceae	<i>Fissidens flaccidus</i> Mitt.	X	X								X	
		<i>Fissidens gardneri</i> Mitt.				X		X		X			
		<i>Fissidens hollianus</i> Dozy & Molk.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		<i>Fissidens javanicus</i> Dozy & Molk.	X	X	X	X		X					
		<i>Fissidens serratus</i> Müller Hal.		X	X	X	X				X		
		<i>Fissidens zollingeri</i> Mont.		X	X						X	X	
	Funariaceae	<i>Entosthodon physcomitrioides</i> (Mont.) Mitt.				X						X	
	Hypnaceae	<i>Bryocrumia</i> sp.		X	X			X					
		<i>Ectropothecium cf. falciforme</i> (Dozy & Molk.) Jaeger	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
		<i>Taxiphyllum taxirameum</i> (Mitt.) Fleisch			X			X					
		<i>Vesicularia montagnei</i> (Schimp.) Broth.			X			X			X		
		<i>Vesicularia reticulata</i> (Dozy & Molk) Broth.				X		X					
	Meteoriaceae	<i>Papillaria</i> sp.	X	X	X	X	X	X					
	Mniaceae	<i>Plagiomnium succulentum</i> (Mitt.) T.J. Kop.	X		X			X					
	Neckeraceae	<i>Homaliodendron exiguum</i> (Bosch & Sande Lac.) M. Fleisch.	X	X	X	X	X	X					
		<i>Pinnatella microptera</i> (C.M.) Fleisch.		X	X		X						
	Orthotrichaceae	<i>Macromitrium tylostomum</i> Mitt.	X	X							X		
	Pilotrichaceae	<i>Callicostella papilata</i> (Mont.)	X		X	X					X		
	Pylaisiadelphaceae	<i>Taxithelium alare</i> Broth.			X	X		X			X		
		<i>Taxithelium bakeri</i> Broth.			X	X		X			X		

ตาราง 2 บัญชีรายชื่อของไบรโอไฟต์ที่พบบนพื้นดินและพื้นผิวที่ขึ้นในแปลงศึกษาพลวัตป่าไม้เขาช่อง จังหวัดตรัง (ต่อ2)

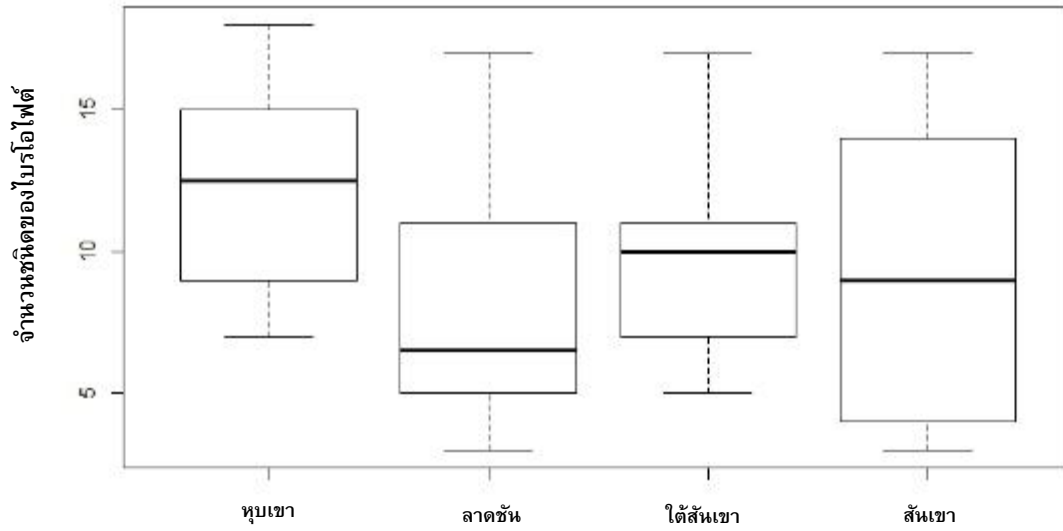
กลุ่ม	วงศ์	ชนิด	พื้นที่ (habitat type)				พื้นผิวที่ขึ้น (substrate)					
			หุบเขา	ลาดชัน	ใต้สน เขา	สันเขา	เปลือกไม้	หิน	เถาวัลย์	ขอนไม้	ดิน	ใบไม้
มอสส์	Pylaisiadelphaceae	<i>Taxithelium gottscheanum</i> (Hampe ex Müll. Hal.) Broth.	X	X	X	X	X	X		X	X	
	Sematophyllaceae	<i>Acanthorrhynchium papilalum</i> (Harv.) M. Fleisch.	X	X			X			X		
		<i>Trichosteleum boschii</i> (Dozy&Molk.)				X				X		
		<i>Trichosteleum saproxylophilum</i> (Müll. Hal.) Tan, Schofield & Ramsay				X		X				
	Symphodontaceae	<i>Symphodon pygmaeus</i> (Broth.) S.He & Snider	X						X			
	Thuidiaceae	<i>Pelekium investe</i> (Mitt.) A. Touw	X	X	X				X			
		<i>Thuidium cf. contortulum</i> (Mitt.)	X		X				X			
		<i>Thuidium cymbifolium</i> (Dozy & Molk.)	X						X		X	
		<i>Thuidium plumulosum</i> (Dozy & Molk.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ลิเวอร์เวิร์ต	Aneuraceae	<i>Riccardia graeffei</i> (Steph.) Hewson.	X						X		X
Dumortieraceae		<i>Dumortiera hirsuta</i> (Sw.) Nees	X						X			
Frullaniaceae		<i>Frullania sinuata</i> Sande Lac.	X					X				
Lejeuneaceae		<i>Acrolejeunea fertilis</i> (Reinw. et.al.) Schiffn.	X						X			
		<i>Cololejeunea cf. ficilis</i> (Herzog) Piippo				X					X	
		<i>Cololejeunea floccosa</i> (Lehm. & Lindenb.)	X	X		X	X					
		<i>Cololejeunea goebelii</i> (Gottsche ex K.I. Goebel) Schiffn.			X							X
		<i>Cololejeunea grossepapilosa</i> (Horik.) N. Kitag.		X				X				

ตาราง 2 บัญชีรายชื่อของไมรโอฟิตที่พบบนพื้นที่และพื้นผิวที่ขึ้นในแปลงศึกษาพลัดป่าไม่เขาช่อง จังหวัดตรัง (ต่อ3)

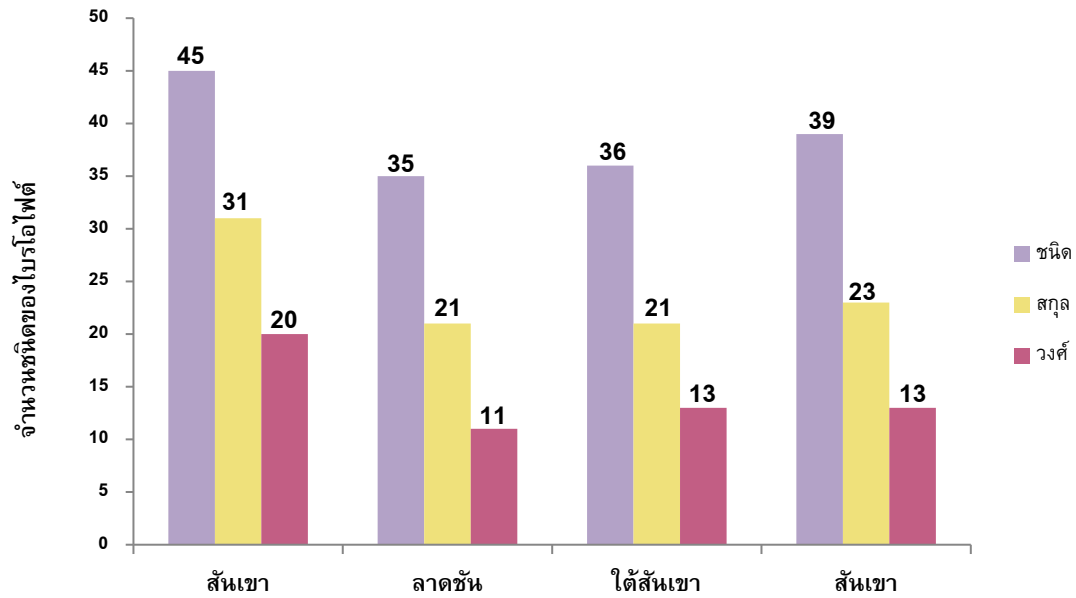
กลุ่ม	วงศ์	ชนิด	พื้นที่ (habitat type)				พื้นผิวที่ขึ้น (substrate)						
			หุบเขา	ลาดชัน	ใต้ส่น เขา	ส่นเขา	เปลือกไม้	หิน	เถาว์ลย์	ขอนไม้	ดิน	ใบไม้	
ลิเวอร์เวิร์ต	Lejeuneaceae	<i>Cololejeunea lanciloba</i> Steph.	X	X	X	X			X			X	
		<i>Cololejeunea lignicola</i> Tixier		X	X	X				X		X	
		<i>Cololejeunea planissima</i> (Mitt.) Abeyw.		X	X	X	X					X	
		<i>Cololejeunea spinosa</i> (Horik.) Pandé & R.N. Misra			X	X				X			
		<i>Cololejeunea tenella</i> Benedix.			X							X	
		<i>Drepanolejeunea angustifolia</i> (Mitt) Grolle.		X		X	X						
		<i>Lejeunea anisophylla</i> Mont.	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
		<i>Lejeunea cocoes</i> Mitt.	X			X	X						
		<i>Lejeunea papilionacea</i> Steph.				X	X						
		<i>Lopholejeunea eulopha</i> (Taylor) Steph.	X	X			X				X		
		<i>Lopholejeunea subfusca</i> (Nees) Schiffn.			X	X	X						
		<i>Mastigolejeunea humilis</i> (Gottsche) Schiffn.			X						X		
		<i>Mastigolejeunea repleta</i> (Taylor) A.Evans				X					X		
		<i>Microlejeunea punctiformis</i> (Taylor) Steph.	X	X		X	X						

ตาราง 2 บัญชีรายชื่อของไบรโอไฟต์ที่พบบนพื้นที่และพื้นผิวที่ขึ้นในแปลงศึกษาพลวัตป่าไม้เขาช่อง จังหวัดตรัง (ต่อ4)

กลุ่ม	วงศ์	ชนิด	พื้นที่ (habitat type)				พื้นผิวที่ขึ้น (substrate)					
			หุบเขา	ลาดชัน	ใต้สั้ เขา	สันเขา	เปลือกไม้	หิน	เถาว์ลัย	ขอนไม้	ดิน	ใบไม้
ลิเวอร์เวิร์ด	Lophocoleaceae	<i>Heteroscyphus argutus</i> (Nees) Schiffn.	X	X	X	X		X		X		
		<i>Heteroscyphus coalitus</i> (Hook.) Schiffn.	X	X	X	X	X	X		X		
	Pallaviciniaceae	<i>Pallavicinia lyellii</i> (Hook.)	X					X				
	Radulaceae	<i>Radula anceps</i> Sande-Lac.	X		X		X	X				
		<i>Radula javanica</i> Gottsche.	X				X					
ฮอร์นเวิร์ด	Anthocerotaceae	<i>Megaceros flagellaris</i> (Mitt.) Steph.	X					X				



ภาพ 3 การกระจายของจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์ต่อแปลงย่อยในแต่ละชนิดของถิ่นที่อยู่



ภาพ 4 จำนวนชนิด สกุล และวงค์ ของไบรโอไฟต์ที่พบใน 4 พื้นที่

องค์ประกอบชนิด (Species composition)

จากการศึกษาจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์ในแต่ละพื้นที่ พบว่ามีทั้งหมด 12 ชนิด ที่พบทั้ง 4 พื้นที่ พบเฉพาะพื้นที่ หุบเขา 16 ชนิด พื้นที่หุบเขาและพื้นที่ลาดชัน 4 ชนิด พื้นที่หุบเขาและใต้ส้นเขา 3 ชนิด พื้นที่หุบเขา พื้นที่ลาดชัน และพื้นที่ใต้ส้นเขา 2 ชนิด พื้นที่หุบเขา พื้นที่ลาดชันและพื้นที่ส้นเขา 5 ชนิด พื้นที่ลาดชัน 2 ชนิด พื้นที่ลาดชันและส้นเขา 2 ชนิด พื้นที่ใต้ส้นเขา 6 ชนิด พื้นที่ใต้ส้นเขาและพื้นที่ส้นเขา 4 ชนิด พื้นที่ส้นเขา 10 ชนิด (ภาพ 5) โดยมีชนิดเด่นและชนิดที่พบเฉพาะในแต่ละพื้นที่ดังนี้

ชนิดเด่นที่พบในพื้นที่หุบเขา ได้แก่ *Calymperes tahitense*, *Ectropothecium cf. falciforme*, *Fissidens hollianus*, *Homaliodendron exiguum*, *Lopholejeunea eulopha*, *Papillaria sp.* และ *Taxithelium gottscheanum*

ชนิดเด่นที่พบในพื้นที่ลาดชัน ได้แก่ *Fissidens flabellulus*, *Heteroscyphus coalitus*, *Papillaria sp.*, *Taxithelium gottscheanum* และ *Thuidium plumulosum*

ชนิดเด่นที่พบในพื้นที่ใต้ส้นเขา ได้แก่ *Ectropothecium cf. falciforme*, *Fissidens hollianus*, *Fissidens javanicus*, *Heteroscyphus argutus*, *Heteroscyphus coalitus*, *Papillaria sp.*, *Taxithelium gottscheanum* และ *Thuidium plumulosum*

ชนิดเด่นที่พบในพื้นที่ส้นเขา ได้แก่ *Ectropothecium cf. falciforme*, *Fissidens hollianus*, *Papillaria sp.*, *Taxithelium alare*, *Taxithelium bakeri* และ *Taxithelium gottscheanum*

ชนิดที่พบเฉพาะพื้นที่หุบเขา ได้แก่ *Acrolejeunea fertilis*, *Arthrocomus shimperi*, *Calymperes dozyanum*, *Calymperes lonchophyllum*, *Calymperes tahitense*, *Dumortiera hirsuta*, *Frullania sinuata*, *Megaceros flagellaris*, *Octoblepharum albidum*, *Pallavicinia lyellii*, *Radula javanica*, *Riccardia graeffei*, *Symphyodon pygmaeus*, *Thuidium cymbifolium*, *Syrrophodon croceus* และ *Exostratum blumei*

ชนิดที่พบเฉพาะพื้นที่ลาดชัน ได้แก่ *Cololejeunea grossepapilosa* และ *Mitthyridium cf. flavum*

ชนิดที่พบเฉพาะพื้นที่ใต้ส้นเขา ได้แก่ *Cololejeunea tenella*, *Mastigolejeunea humilis*, *Philonotis roylei*, *Taxiphyllum taxirameum*, *Vesicularia montagnei* และ *Cololejeunea goebelii*

ชนิดที่พบเฉพาะพื้นที่ส้นเขา ได้แก่ *Diphyscium mucronifolium*, *Entosthodon physcomitriodes*, *Erpodium mangiferae*, *Fissidens gardneri*, *Lejeunea papilionacea*, *Mastigolejeunea repleta*, *Trichosteleum boschii*, *Trichosteleum sapraxylophilum*, *Vesicularia reticulata* และ *Cololejeunea cf. ficilis*

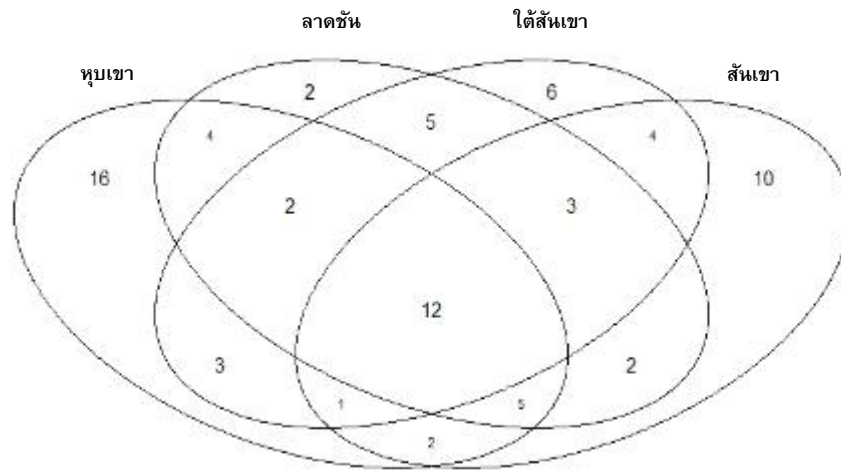
การวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดด้วย hierarchical clustering analysis แสดงให้เห็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้เป็น 4 กลุ่ม ที่ระดับความแตกต่างสัมพัทธ์ (relative dissimilarity index) เท่ากับ 0.9 ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีทั้งหมด 8 แปลง ประกอบด้วย แปลงที่ 1 3 4 5 10 จากพื้นที่ลาดชัน แปลงที่ 1 6 จากพื้นที่ใต้ส้นเขา และ แปลงที่ 10 จากพื้นที่ส้นเขา

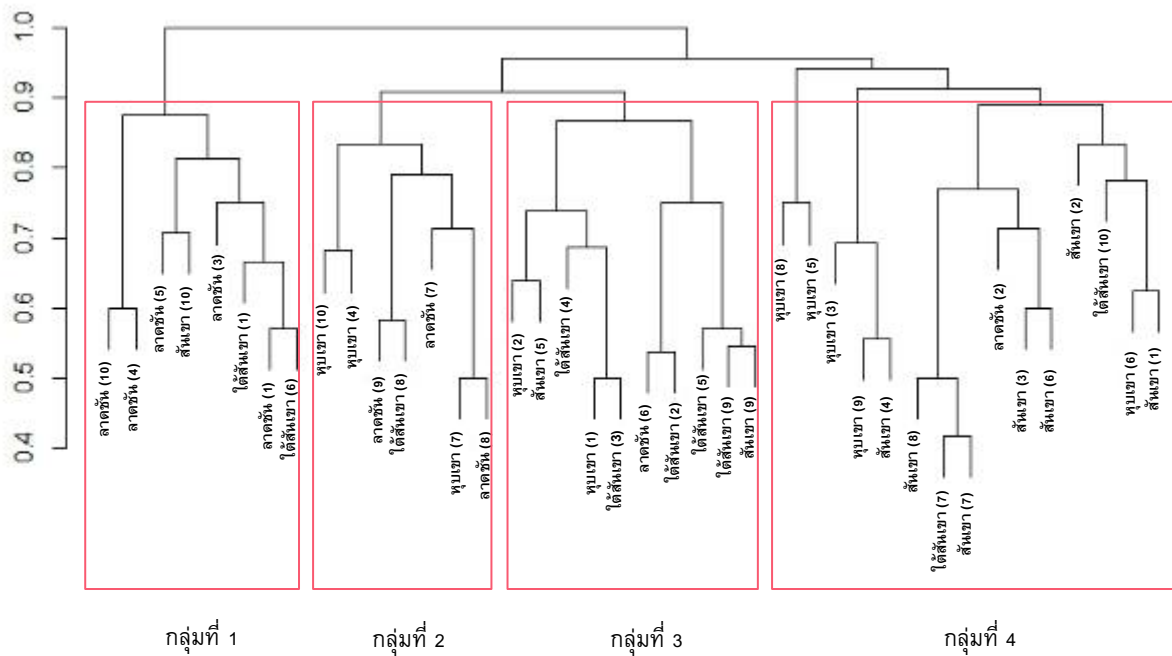
กลุ่มที่ 2 มีทั้งหมด 7 แปลง ประกอบด้วย แปลงที่ 4 7 10 จากพื้นที่หุบเขา แปลงที่ 7 8 9 จากพื้นที่ลาดชัน และ แปลงที่ 8 จากพื้นที่ใต้ส้นเขา

กลุ่มที่ 3 มีทั้งหมด 10 แปลง ประกอบด้วย แปลงที่ 1 2 จากพื้นที่หุบเขา แปลงที่ 6 จากพื้นที่ลาดชัน แปลงที่ 2 3 4 5 9 จากพื้นที่ใต้ส้นเขา และ แปลงที่ 5 9 จากพื้นที่ส้นเขา

กลุ่มที่ 4 มีทั้งหมด 15 แปลง ประกอบด้วย แปลงที่ 3 5 6 8 9 จากพื้นที่หุบเขา แปลงที่ 2 จากพื้นที่ลาดชัน แปลงที่ 7 10 จากพื้นที่ใต้ส้นเขา แปลงที่ 1 2 3 4 6 7 8 จากพื้นที่ส้นเขา (ภาพ 6)



ภาพ 5 Venn's Diagram แสดงจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์ที่พบเฉพาะหรือร่วมกันในแต่ละพื้นที่



ภาพ 6 cluster diagram แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละแปลงย่อยตามองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ในแต่ละพื้นที่

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาพบว่าลักษณะพื้นที่ตามถิ่นอยู่อาศัย ทั้ง 4 แบบในพื้นที่ศึกษานี้ไม่ส่งผลต่อความมากชนิดและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์อย่างชัดเจนเห็นได้จากจำนวนชนิดที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และการจัดกลุ่มตามองค์ประกอบชนิดที่ไม่สามารถแยกแยะออกจากลักษณะพื้นที่อยู่อาศัยได้อย่างชัดเจน แต่ในพื้นที่บางบริเวณก็มีความแตกต่างทางกายภาพอย่างชัดเจนและส่งผลต่อการปรากฏของไบรโอไฟต์บางกลุ่ม

ในพื้นที่หุบเขาพบจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์รวมมากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่สันเขาซึ่งในทั้งสองพื้นที่นี้ พื้นที่ที่พบไบรโอไฟต์มากที่สุดคือเปลือกไม้ และในพื้นที่หุบเขาและพื้นที่สันเขานี้ยังมีพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นสูงใกล้เคียงกัน ซึ่งทำให้พื้นที่บนเปลือกไม้มากกว่าอีกสองพื้นที่ จึงทำให้มีโอกาสมหาพบจำนวนชนิดของไบรโอไฟต์มากกว่าพื้นที่ลาดชันและพื้นที่ได้สันเขาซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นน้อยกว่า นอกจากนี้ลักษณะพื้นที่ทั่วไปในแต่ละพื้นที่นั้นพบว่าพื้นที่หุบเขาเป็นบริเวณนี้เป็นที่ราบมีความลาดชันน้อยกว่าพื้นที่อื่นจึงมีน้ำขังอยู่ตลอด ต้นไม้ที่พบส่วนใหญ่เป็นต้นไม้ใหญ่ มีชั้นของเรือนยอดหนาแน่นมาก ทำให้มีความเย็น และความชื้นมากกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งเหมาะกับการเจริญเติบโตของไบรโอไฟต์หลายชนิด [25] พื้นที่สันเขาเป็นพื้นที่ลาดชันมากที่สุด มีต้นไม้หนาแน่นมาก มีชั้นเรือนยอดหนาแน่น อีกทั้งมีลมพัดผ่านจากหุบเขาทั้งสองข้าง ทำให้อุณหภูมิไม่สูงและความชื้นไม่ต่ำจนเกินไป จึงอาจจะเป็นปัจจัยที่ทำให้พบความหลากหลายชนิดของไบรโอไฟต์มากกว่าพื้นที่ลาดชันใกล้เคียงกันอีกสองบริเวณ ในพื้นที่ลาดชันนั้นเป็นพื้นที่ที่พบจำนวนไบรโอไฟต์น้อย เนื่องจากในพื้นที่นี้ต้นไม้ส่วนใหญ่ที่พบเป็นส่วนมากเป็นต้นไม้ขนาดเล็ก ความหนาแน่นค่อนข้างน้อย ชั้นเรือนยอดค่อนข้างโปร่ง ส่วนพื้นที่ได้สันเขามีความลาดชันมาก ต้นไม้ที่พบมีหลายขนาดปะปนกัน บางแปลงมีต้นไม้ขนาดเล็กจำนวนมากมีต้นไม้ใหญ่เพียงเล็กน้อย ชั้นเรือนยอดหนาแน่นปานกลาง ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณแสงมาก อุณหภูมิสูง และความชื้นต่ำ ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมกับไบรโอไฟต์เพียงบางชนิดเท่านั้น [2,26]

การศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับจำนวนชนิดของมอสส์ และลิเวอร์เวิร์ตในระดับความสูงที่แตกต่างกันในอุทยานแห่งชาติเขานัน จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า แต่ละระดับความสูงมีจำนวนและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ที่ต่างกันซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างกันของสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิและความชื้น ที่ส่งผลโดยตรงต่อการเติบโตของไบรโอไฟต์ [14]

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดด้วย hierarchical cluster analysis และการตรวจสอบด้วย Venn's Diagram พบว่า ในแต่ละพื้นที่มีชนิดของไบรโอไฟต์ซ้ำกันมาก จึงทำให้ไม่สามารถแยกไบรโอไฟต์ออกเป็นกลุ่มตามพื้นที่ได้ อาจเป็นเพราะพื้นที่ทั้ง 4 พื้นที่นี้ มีระยะห่างใกล้เคียงกันไม่ไกลกันมากซึ่งอาจมีสภาพแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงทำให้พบชนิดของไบรโอไฟต์ที่ซ้ำกันมากในทุกพื้นที่ นอกจากนี้ในพื้นที่ศึกษานี้ ช่วงระดับความสูงจากน้ำทะเลของพื้นที่อยู่ที่ 136 ถึง 316 เมตรจากระดับน้ำทะเลเท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่แตกต่างกันมากเพียงพอที่จะเห็นรูปแบบของความหลากหลายที่แตกต่างกันตามความสูงของพื้นที่ ตามที่เคยมีรายงานมาในพื้นที่อื่นๆของป่าฝนเขตร้อน [11, 14, 26]

ในเชิงองค์ประกอบทางอนุกรมวิธาน พบไบรโอไฟต์ในกลุ่มของมอสส์มากที่สุด อาจเป็นเพราะว่ามอสส์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในแปลงได้ดีกว่ากลุ่มอื่น สามารถอยู่ได้ทั้งในที่ที่มีความชื้นมากจนถึงสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่ากลุ่มของ ลิเวอร์เวิร์ต และฮอร์นเวิร์ต [27] โดยเฉพาะที่ล้อยดัลลิเวอร์เวิร์ตและฮอร์นเวิร์ตที่พบเฉพาะบริเวณที่มีน้ำขังมีความชื้นสูงในพื้นที่หุบเขาเท่านั้น เพราะเป็นพืชที่ไม่มีความสามารถในการทนการขาดน้ำได้เป็นเวลานาน [28]

การศึกษานี้เป็นการนำลักษณะทางภูมิประเทศมาใช้ในการแบ่งพื้นที่เป็นชนิดของถิ่นที่อยู่ เพื่อใช้ศึกษาจำนวนและองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์เป็นครั้งแรกในประเทศไทย ทำให้สามารถพบไบรโอไฟต์ถึง 77 ชนิดในพื้นที่ศึกษาขนาดเพียง 24 เฮกตาร์ แสดงให้เห็นถึงระดับความหลากหลายที่สูงของพื้นที่ป่าฝนเขตร้อนในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย และแสดงให้เห็นว่าชนิดของถิ่นที่อยู่ที่แตกต่างกันในพื้นที่ขนาดเล็กสามารถส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบชนิดของไบรโอไฟต์ได้เช่นกัน จึง

ควรศึกษาเกี่ยวกับผลของภูมิอากาศระดับเล็ก (microclimate) ในแต่ละชนิดของถิ่นที่อยู่ต่อการเจริญของไบรโอไฟต์ในเขตร้อนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าพื้นที่ศึกษา และบสนับสนุนการวิจัยจาก The Forest Global Earth Observatory (ForestGEO) Project, Smithsonian Tropical Research Institute

เอกสารอ้างอิง

1. Gradstein, S. R., Churchill, S. P., & Salazar-Allen, N. (2001). *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. New York, NY: New York Botanical Garden.
2. Frahm, J. P., Pócs, T., O'Shea, B., Koponen, T., Piipo, S., Enroth, J., ... Fang, Y. (2003). Manual of tropical bryology. *Tropical Bryology*, 23, 1–196.
3. Kraichak, E. (2014). Microclimate fluctuation correlated with beta diversity of epiphyllous bryophyte communities. *Biotropica*, 46(5). doi:10.1111/btp.12140
4. Sagar, T., & Wilson, P. (2009). Niches of common bryophytes in a semi-arid landscape. *The Bryologist*, 112(1), 30–41.
5. Snäll, T., Ehrlén, J., & Rydin, H. (2005). Colonization-extinction dynamics of an epiphyte metapopulation in a dynamic landscape. *Ecology*, 86(1), 106–115.
6. Frey, W., & Kurschner, H. (2011). Asexual reproduction, habitat colonization and habitat maintenance in bryophytes. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(3), 173–184. doi:10.1016/j.flora.2010.04.020
7. Jiang, Y., Liu, X., Song, S., Yu, Z., & Shao, X. (2015). Diversity and distribution of ground bryophytes in broadleaved forests in Mabian Dafengding National Nature Reserve, Sichuan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 35(2), 13–19. doi:10.1016/j.chnaes.2015.03.002
8. Horsák, M. M., Hájek, M. M., Spitale, D. D., Hájková, P. P., Díte, D. D., & Nekola, J. C. J. C. (2012). The age of island-like habitats impacts habitat specialist species richness. *Ecology*, 93(5), 1106–1114.
9. Gradstein, S. R., & Pócs, T. (1989). Bryophytes. In *Ecosystems of the World* (pp. 311–325). Elsevier.
10. Sonnleitner, M., Dullinger, S., Wanek, W., & Zechmeister, H. (2009). Microclimatic patterns correlate with the distribution of epiphyllous bryophytes in a tropical lowland rain forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 25(03), 321–330.
11. Enroth, J. (1990). Altitudinal zonation of bryophytes on the Huon Peninsula, Papua New Guinea. A floristic approach, with phytogeographic considerations. *Tropical Bryology*, 2, 61–90.
12. Wolf, J. H. D. (1993). Diversity Patterns and Biomass of Epiphytic Bryophytes and Lichens Along an Altitudinal Gradient in the Northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80(4), 928–960.
13. Printarakul, N. (2016). *Bryophyte Flora of DoiSuthep-Pui National Park, Chiang Mai, Thailand*. Chiang Mai University, Thailand.
14. Chantanaorrapint, S. (2010, March 3). *Ecological studies of epiphytic bryophytes along altitudinal gradients in Southern Thailand*.
15. Kurten, E. L., Bunyavejchewin, S., & Davies, S. J. (2018). Phenology of a dipterocarp forest with seasonal drought: Insights into the origin of general flowering. *Journal of Ecology*, 106(1), 126–136.
16. Forgy, E. W. (1965). Cluster analysis of multivariate data: efficiency versus interpretability of classifications. *Biometrics*, 21, 768–769. doi:10.1007/s00442-008-1028-8
17. R Core Team. (2018). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *Vienna, Austria*.
18. Bunyavejchewin, S., Sinbumroong, A., Turner, B. L., & Davies, S. J. (2019). Natural disturbance and soils drive diversity

- and dynamics of seasonal dipterocarp forest in Southern Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, 35(3), 95-107.
19. Newmaster, S. G., Belland, R. J., Arsenault, A., Vitt, D., & Stephens, T. R. (2005). The ones we left behind: Comparing plot sampling and floristic habitat sampling for estimating bryophyte diversity. *Diversity and Distributions*, 11(1), 57–72.
 20. Gradstein, S. R. (2011). *Guide to the Liverworts and Hornworts of Java*. Bogor, Indonesia: Southeast Asian Regional Centre of Tropical Biology.
 21. Bartram, E. B. (1939). Mosses of the Philippines. *The Philippine Journal of Science*, 68, 1–437.
 22. Goffinet B. & W.R. Buck. Classification of the Bryophyta. On-line version available at <http://bryology.uconn.edu/classification/>. Checked on 14 March 2019.
 23. Söderström, L., Hagborg, A., Konrat, M. Von, Bartholomew-began, S., Bell, D., Briscoe, L., et al.(2016). World checklist of hornworts and liverworts. *PhytoKeys*, 59, 1–821. doi:10.3897/phytokeys.59.6261
 24. Anderson, M. J., Crist, thomas O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., ... Swenson, N. G. (2011). Navigating the multiple meanings of diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14(1), 19–28.
 25. Pócs, T. (1982). Tropical Forest Bryophytes. In A. J. E. Smith (Ed.), *Bryophyte ecology* (pp. 59–104). Dordrecht: Springer Netherlands.
 26. Frahm, J.-P. (1990). The altitudinal zonation of bryophytes on Mt. Kinabalu. *Nova hedwigia*, 51(1–2), 133–149.
 27. Oliver, M. J., Velten, J., & Mishler, B. D. (2005). Desiccation tolerance in bryophytes: a reflection of the primitive strategy for plant survival in dehydrating habitats? *Integrative Comparative Biology*, 45(5), 788–799.
 28. Vanderpoorten, A., & Goffinet, B. (2009). *Introduction to Bryophytes*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.