

ชีวภูมิอากาศวิทยาและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้วงศ์ยางบางชนิดในป่าเต็งรัง
จังหวัดเชียงใหม่

นางสาวเยาวลักษณ์ วงศ์สิงห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PHENOLOGY AND BIOMASS ALLOCATION OF SOME DIPTEROCARPACEOUS
SEEDLINGS IN A DRY DIPTEROCARP FOREST, CHIANG MAI PROVINCE

Miss Yoawwaluk Wongsing

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Botany

Department of Botany

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

เยาวลักษณ์ วงศ์สิงห์: ชีวภูมิอากาศวิทยาและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้วงศ์ยางบางชนิด
ในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่ (PHENOLOGY AND BIOMASS ALLOCATION OF SOME
DIPTEROCARPACEOUS SEEDLINGS IN A DRY DIPTEROCARP FOREST, CHIANG MAI
PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ ดร. ศศิธร พ่วงปาน, อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ร่วม: รองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, 136 หน้า

ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology) และการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation) ของกล้าไม้
วงศ์ยาง 3 ชนิด คือ พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*D. obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) และเต็ง
(*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) จากแปลงศึกษาถาวรในป่าเต็งรังที่ความสูง 800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปาน
กลาง บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่แบ่งกล้าไม้เป็น 3 ขนาด โดยใช้ความสูงเป็น
เกณฑ์ดังนี้ กล้าไม้ขนาดเล็กสูง 16-35 ซม. กล้าไม้ขนาดกลางสูง 36-75 ซม. และกล้าไม้ขนาดใหญ่สูง 76-130 ซม.
ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาโดย วัดความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน ขนาดใบ และนับจำนวนใบ
พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนสีใบทุกเดือน ตั้งแต่เดือนเมษายน 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม 2554 ผลการศึกษาพบว่ากล้า
ไม้พลวง เหียงและเต็งผลิใบใหม่ในเดือนพฤษภาคมและสีของใบเริ่มเปลี่ยนหลังจากเข้าสู่ฤดูแล้ง 2 เดือน โดยใบของ
กล้าไม้พลวงและเต็งเปลี่ยนสีในเดือนมกราคม และกล้าไม้เหียงเปลี่ยนสีในเดือนกุมภาพันธ์ กล้าไม้เหียงมีอายุใบมาก
ที่สุดคือ 13 เดือน รองมาคือพลวงและเต็ง ซึ่งมีอายุใบเท่ากันคือ 9 เดือน จำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงของกล้าไม้
พลวงและเต็งในฤดูแล้ง (พ.ย.- เม.ย.) แตกต่างจากฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) แต่ไม่แตกต่างสำหรับกล้าไม้เหียง จำนวนใบผลิ
ใหม่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดินแต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศสูงสุด ศึกษาการเคลื่อนย้าย
มวลชีวภาพระหว่างใบ ลำต้น และราก ช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่ใบเจริญเติบโตเต็มที่ ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักรากมีค่า
มากกว่าน้ำหนักส่วนเหนือดินในทุกชนิดและทุกขนาด เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนใบ ลำต้น และรากของกล้าไม้ชนิด
เดียวกันในแต่ละขนาด รวมทั้งจากการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงต่อส่วนที่ไม่
สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงพบว่ากล้าไม้พลวงและเต็งมีสัดส่วนแตกต่างกันตามขนาดกล้าไม้ แต่กล้าไม้เหียงทุกขนาด
มีอัตราส่วนดังกล่าวไม่แตกต่างกันค่าอัตราส่วนของส่วนมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินที่มีค่าน้อยกว่า 1.0 ซึ่งให้เห็นว่า
กล้าไม้ทุกชนิดและทุกขนาดสะสมมวลชีวภาพส่วนรากเป็นปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวล
ชีวภาพระหว่างชนิดพบว่า รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้ขนาดเล็กแตกต่างน้อยกว่ากล้าไม้ขนาดใหญ่
จากการศึกษาสรุปได้ว่า ชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้วงศ์ยางในป่าเต็งรังมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลอย่าง
ชัดเจน เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันได้แก่ ความชื้นในดิน และอุณหภูมิอากาศซึ่งกล้าไม้แต่ละชนิดมี
รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพแตกต่างกัน ความแตกต่างนี้จะมากขึ้นตามขนาดของกล้าไม้

ภาควิชา.....พฤกษศาสตร์.....ลายมือชื่อ นิสิต.....
สาขาวิชา.....พฤกษศาสตร์.....ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2554.....ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5272499023 : MAJOR BOYANY

KEYWORDS: BIOMASS ALLOCATION, DIPTEROCARPACEOUS SEEDLING, PHENOLOGY

YAOWWALUK WONGSING: PHENOLOGY AND BIOMASS ALLOCATION OF SOME DIPTEROCARPACEOUS SEEDLINGS IN A DRY DIPTEROCARP FOREST, CHIANG MAI PROVINCE. THESIS ADVISOR: SASITORN POUNGPARN, THESIS CO-ADVISOR: PIPAT PATANAPONPAIBOON, 136 pp.

Phenology and biomass allocation was studied in 3 species of dipterocarpaceous seedlings, namely, *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb., *D. obtusifolius* Teijsm. ex Miq. and *Shorea obtusa* Wall. ex Blume from a permanent plot in a Dry Dipterocarp forest locating on an altitude of 800 MSL at Queen Sirikit Botanic Garden, Chiang Mai Province. The seedlings were classified by height into 3 sizes (small 16-53 cm, midium 36-75 cm, and large 76-130 cm). The phenological study was done by measurement of total height, stem diameter at ground level, size of leaf, and counting of leaf number. Also, the change of leaf color was recorded. The measurements had been conducted monthly from April 10 to July 11. The results showed that new leaf began to expand in May, then the change of leaf color was clearly seen in 2 months after the dry season. Leaf color of *D. tuberculatus* and *S. obtusa* changed in January, that of *D. obtusifolius* was happened in February. Leaf age of *D. obtusifolius* seedling was the longest (13 months), following by *D. tuberculatus* and *S. obtusa* with a same age (9 months). Number of new leaf and flushed leaf of *D. tuberculatus* and *S. obtusa* seedlings in the dry season (November-April) was statistical difference from those in wet season (May-October). But this difference was not found for *D. obtusifolius* seedling. The number of new leaf positively correlated with soil moisture but negatively correlated with monthly maximum air-temperature. The study of biomass allocation among leaves, stem, and root of seedlings was done in the wet season when the leaves fully expanded. The underground weight was always higher than that of aboveground for all species and sizes of seedlings. When the ratios among leaf:stem:root weight and and ratio of weight between photosynthetic and non-photosynthetic organs were compared among the 3 sizes of seedlings within a species, the results showed that those ratios varied by size of seedlings for *D. tuberculatus* and *S. obtusa*. However, the ratios were not significant difference among sizes of *D. obtusifolius* seedlings. The value of top/root weight which was always less than 1.0 implied that all of seedlings accumulated huge amount of biomass in root. Comparing the pattern of biomass allocation among the species, it was obvious that small size of seedlings had more similar pattren than that of the large size of seedlings. In conclusion, seasonal variation was clearly seen for the phenology of dipterocarpaceous seedlings in this dry dipterocarp forest because envrionmental factors, such as soil moisture and air temperature, significantly differed between the seasons. The pattern of biomass allocation among species was more or less similar depending on the seedlings size.

Department: Botany Student's Signature.....

Field of study: Botany Advisor's Signature.....

Academic Year: 2011 Co-Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้เขียน วิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศศิธร พ่วงปาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และอาจารย์ ดร. ชนิตา ปาลิยะวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล คุณวาสี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ และ ดร. จรัญ มากน้อย ที่กรุณาเสียสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” จากกองทุน รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบเงินทุนสำหรับการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามในการทำวิจัย

ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการพฤกษนิเวศวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนความช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ ปรศาสตร์วิชาความรู้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่กรุณาเสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่สนับสนุน พร้อมทั้งให้กำลังใจเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทนำ.....	1
1.1 สมมติฐาน.....	3
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest).....	4
2.2 ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology).....	10
2.2.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยา.....	10
2.3 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation).....	14
2.3.1 มวลชีวภาพ (Biomass).....	14
2.3.2 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	21
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	20
3.2 โครงสร้างป่า.....	27

	หน้า
3.3 ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology).....	31
3.4 ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation).....	33
3.4.1 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ.....	33
3.4.2 ศึกษาน้ำหนักส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของกล้าไม้.....	33
3.4.3 สร้างสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation).....	36
3.4.4 ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ.....	36
3.5 ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม.....	37
3.5.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน.....	37
3.5.2 ลักษณะสภาพภูมิอากาศ.....	41
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	
4.1 โครงสร้างป่า.....	42
4.1.1 การศึกษาโครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง.....	42
4.2.1 กล้าไม้ (สูงไม่เกิน 130 เซนติเมตร).....	43
4.1.3 ลักษณะไม้วงศ์ยางที่ศึกษา.....	44
4.2 ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology).....	47
4.2.1 ขนาดใบและการเปลี่ยนสีของใบ.....	47
4.2.2 ชีวภูมิอากาศวิทยาของใบ (Leaf phenology).....	50
4.2.2.1 พลอง (<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.).....	50
4.2.2.2 เหียง (<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.).....	52
4.2.2.3 เต็ง (<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume.).....	54
4.2.3 ความสูง (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0).....	56
4.3 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation).....	60
4.3.1 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ.....	60

	หน้า
4.3.2 น้ำหนักส่วนเหนือดินและใต้ดินของกล้าไม้.....	62
4.3.2.1 พลวง (<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.).....	62
4.3.2.2 เหียง (<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.).....	63
4.3.2.3 เต็ง (<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume.).....	64
4.3.3 สมการแอลโลเมตรี (Allometric equation).....	65
4.3.4 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation).....	68
4.3.4.1 การสะสมและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างช่วงชั้น.....	68
4.3.4.1.1 พลวง (<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.).....	68
4.3.4.1.2 เหียง (<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.).....	71
4.3.4.1.3 เต็ง (<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume.).....	73
4.3.4.2 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างชนิดกล้าไม้.....	75
4.3.5 ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบ (Specific leaf area; SLA).....	80
4.3.6 อัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถ สังเคราะห์ด้วยแสงได้.....	82
4.3.7 อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับมวลชีวภาพใต้ดิน (T/R ratio).....	84
4.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม.....	86
4.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน.....	86
4.4.2 ลักษณะสภาพภูมิอากาศ.....	90
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา.....	92
5.1 โครงสร้างป่า.....	92
5.1.1 โครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง.....	92
5.1.2 กล้าไม้ (สูงไม่เกิน 130 เซนติเมตร).....	92
5.2 ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology).....	94
5.2.1 การเปลี่ยนสีของใบ.....	94

	หน้า
5.2.2 อายุใบ.....	95
5.2.3 จำนวนใบผลิใหม่และจำนวนใบหลุดร่วง.....	96
5.2.4 พื้นที่ใบ.....	99
5.2.5 ความสูง (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0).....	101
5.3 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation).....	102
5.3.1 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ.....	102
5.3.2 สมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพ.....	103
5.3.3 การสะสมและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass accumulation and allocation).....	105
5.3.3.1 การสะสมและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างกล้าไม้แต่ละขนาด.....	105
5.3.3.2 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างชนิดกล้าไม้.....	109
5.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม.....	110
5.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน.....	110
5.4.2 ลักษณะสภาพภูมิอากาศ.....	111
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา.....	113
เอกสารอ้างอิง.....	115
ภาคผนวก.....	122
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	136

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สรุปพื้นที่ป่าในแต่ละภาคของประเทศไทย.....	9
4.1	พรรณไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด 10 อันดับแรก.....	42
4.2	ความหนาแน่นของกล้าไม้มากที่สุด 10 อันดับ และรูปแบบการกระจายของ กล้าไม้.....	43
4.3	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาด กลาง และขนาดใหญ่.....	51
4.4	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาด กลาง และกล้าไม้ขนาดใหญ่	53
4.5	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และกล้าไม้ขนาดใหญ่.....	55
4.6	สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็ง ที่ระดับความ เชื่อมั่น 95% เมื่อ W และ L คือ ความกว้างและความยาวของใบตามลำดับ...	60
4.7	ความสูง(H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) น้ำหนักส่วนเหนือ ดิน(W_{AG})และใต้ดิน (W_{BG}) ของกล้าไม้พลวง (<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.).....	62
4.8	ความสูง(H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) น้ำหนักส่วนเหนือ ดิน (W_{AG}) และใต้ดิน (W_{BG}) ของกล้าไม้เหียง (<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.).....	63
4.9	ความสูง (H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) น้ำหนักส่วนเหนือ ดิน (W_{AG}) และใต้ดิน (W_{BG}) ของกล้าไม้เต็ง (<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume.).....	64
4.10	ความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (W_{AG}) โดยใช้ D_0^2 และ H และ $D_0 * H$ เป็นตัวแปรอิสระ ทดสอบที่ระดับความ เชื่อมั่น 95% และที่ระดับความเชื่อมั่น 99%.....	66

ตารางที่		หน้า
4.11	ความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (W_{BG}) โดยใช้ D_0^2 และ H และ $D_0 \cdot H$ เป็นตัวแปรอิสระ ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ระดับความเชื่อมั่น 99%.....	67
4.12	น้ำหนักใบ ลำต้น และราก เฉลี่ยต่อต้น (กรัม) ของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่.....	69
4.13	น้ำหนักใบ ลำต้น และราก เฉลี่ยต่อต้น (กรัม) ของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่.....	71
4.14	น้ำหนักใบ ลำต้น และราก เฉลี่ยต่อต้น (กรัม) ของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่.....	73
4.15	สัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดเล็กของพลวง เหียง และเต็ง.....	75
4.16	สัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดกลางของพลวง เหียง และเต็ง.....	76
4.17	สัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง.....	76
4.18	ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น (ตารางเซนติเมตร) ในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง.....	80
4.19	ค่าอัตราส่วน Photosynthetic : Non-photosynthetic เฉลี่ยต่อต้นในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง.....	82
4.20	ค่า T/R ratio เฉลี่ยต่อต้น ในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง.....	84
4.22	อนุภาคดินเหนียว อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินทราย และลักษณะเนื้อดินในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนเมษายน).....	86
4.22	อนุภาคดินเหนียว อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินทราย และลักษณะเนื้อดินในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม).....	87
4.23	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของบริเวณ 1 บริเวณ 2 และบริเวณ 3 ในฤดูแล้งและฤดูฝน.....	88

ตารางที่		หน้า
4.24	อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดรายเดือนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2553 ถึง เดือน กรกฎาคม 2554.....	91
5.1	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการกับจำนวนใบผลิใหม่และ จำนวนใบหลุดร่วงของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็ง.....	98
5.2	สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการกับพื้นที่ของใบของกล้าไม้ พลวง เหียง และเต็ง.....	100
5.3	ลำดับการแตกกิ่งของกล้าไม้ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ของกล้าไม้พลวง (ก) เหียง (ข) และเต็ง (ค).....	108
ผ1	ข้อมูลรายชื่อพื้นเมือง ชื่อวิทยาศาสตร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับ ความสูง 1.3 เมตร (Diameter at breast height; DBH) ของต้นไม้ที่มี DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร.....	123
ผ2	ข้อมูลรายชื่อพื้นเมือง ชื่อวิทยาศาสตร์ ความหนาแน่นของกล้าไม้.....	129

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	8
3.1	20
3.2	22
3.3	23
3.4	24
3.5	25
3.6	26
3.7	27
3.8	30
	30
	30
3.9	31
3.10	32
3.11	32
3.12	32
3.13	34
3.14	35

ภาพที่	หน้า	
3.15	จำแนกรากตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง.....	35
3.16	แผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดิน (United States Department of Agriculture).....	37
3.17	การวิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer method.....	38
3.18	การวิเคราะห์หอินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black method.....	39
3.19	เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core เพื่อคำนวณความชื้นในดิน.....	40
3.20	เทอร์โมมิเตอร์ Minimum – Maximum thermometer.....	41
4.1	ลักษณะใบและผลของไม้พลวง (<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.).....	44
4.2	ลักษณะใบและผลของไม้เหียง (<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.).....	45
4.3	ลักษณะใบและผลของไม้เต็ง (<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume).....	46
4.4	การเปลี่ยนสีของใบของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็ง ตั้งแต่เริ่มศึกษาจนกระทั่งสิ้นสุดการศึกษา.....	49
4.5	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554).....	51
4.6	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554).....	53
4.7	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554).....	55
4.8	(ก) ค่าเฉลี่ยของความสูง (H)และ และ (ข) ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0)เฉลี่ย ต่อต้น ของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554).....	57

ภาพที่	หน้า
4.9 (ก) ค่าเฉลี่ยของความสูง (H) และ (ข) ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เฉลี่ย ต่อต้น ของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554).....	58
4.10 (ก) ค่าเฉลี่ยของความสูง (H) และ (ข) ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เฉลี่ย ต่อต้น ของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554).....	59
4.11 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างพื้นที่ใบและผลคูณของความกว้างกับความยาวใบของ (ก) กล้าไม้พลวง (ข) กล้าไม้เหียง (ค) กล้าไม้เต็ง.....	61
4.12 สัดส่วนใบ ลำต้น ราก ของ (ก) กล้าไม้เต็งขนาดเล็ก (ข) กล้าไม้พลวงขนาดกลาง และ(ค) กล้าไม้เต็งขนาดใหญ่.....	70
4.13 สัดส่วนใบ ลำต้น ราก ของ (ก) กล้าไม้เต็งขนาดเล็ก (ข) กล้าไม้เหียงขนาดกลาง และ(ค) กล้าไม้เต็งขนาดใหญ่.....	72
4.14 สัดส่วนใบ ลำต้น ราก ของ (ก) กล้าไม้เต็งขนาดเล็ก (ข) กล้าไม้เต็งขนาดกลาง และ(ค) กล้าไม้เต็งขนาดใหญ่.....	74
4.15 สัดส่วนใบของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ (ก) พลวง (ข) เหียง และ (ค) เต็ง.....	77
4.16 สัดส่วนลำต้นของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ (ก) พลวง (ข) เหียง และ (ค) เต็ง.....	78
4.17 สัดส่วนรากของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ (ก) พลวง (ข) เหียง และ (ค) เต็ง.....	79
4.18 ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ พลวง เหียง และเต็ง.....	81
4.19 อัตราส่วนระหว่าง Photosynthetic กับ Non-Photosynthetic เฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของพลวง เหียง และเต็ง.....	83

ภาพที่		หน้า
4.20	ค่า T/R ratio เฉลี่ยต่อต้นของของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของพลวง เหียง และเต็ง.....	85
4.21	เปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินช่วงเดือนพฤษภาคม 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554.....	89
4.22	อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายเดือนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554...	90

บทที่ 1

บทนำ

ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest) เป็นป่าผลัดใบประเภทหนึ่งที่สามารถขึ้นได้ดีทั้งในพื้นที่ที่เป็นที่ราบต่ำและที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 50 - 1,000 เมตร สภาพดินโดยทั่วไปไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ มีความแห้งแล้งมาก และไฟไหม้เป็นประจำทุกปี ดังนั้นพันธุ์ไม้เด่นจึงมักเป็นไม้ที่ทนไฟ ไม้เรือนยอดชั้นบนมีขนาดสูงใหญ่มักพบไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ที่สำคัญ เช่น เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) เรือนยอดชั้นรองเป็นไม้ขนาดกลางชนิดไม้ที่พบทั่วไป ได้แก่ ติวขาว (*Crotoxylon formosum* (Jack) Dyer) รักใหญ่ (*Gluta usita* (Wall.) Ding Hou) เป็นต้น เรือนยอดชั้นพุ่มไม้ เป็นไม้ขนาดเล็ก ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ แสลงใจ (*Strychnos nux-vomica* L.) เหมือดตบ (*Aporosa villosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.) เป็นต้น (นพวรรณ หรั่งหมอยา, 2548) ซึ่งป่าประเภทนี้มีการใช้ประโยชน์จากไม้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะไม้วงศ์ยางที่พบในเรือนยอดชั้นบน เนื่องจากมีลำต้นตั้งตรงและสูงใหญ่ จึงนิยมนำมาใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ เช่น ก่อสร้างบ้านเรือน ทำเฟอร์นิเจอร์ (ทัศนีย์ ยุทธสิทธิ์ โยธิน 2544) จึงส่งผลให้ไม้วงศ์ยางในป่าผลัดใบในธรรมชาติลดปริมาณลง เนื่องจากถูกตัดเพื่อใช้ประโยชน์อย่างมาก การปลูกเสริมป่าโดยใช้พืชวงศ์ยางจึงได้รับความสนใจมากขึ้น (ทัศนีย์ ยุทธสิทธิ์ โยธิน 2544) ดังนั้นการศึกษาทางนิเวศของพืชวงศ์ยางในสภาพธรรมชาติจึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการวางแผนการปลูกเสริมป่าไม้วงศ์ยางให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยรวม

เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น แร่ธาตุ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และการกระจายพันธุ์ของพรรณพืชในป่าเต็งรัง (Ogawa *et al.*, 1964) และเป็นตัวกำหนดความหลากหลายและลักษณะทางนิเวศวิทยาของพืชในระบบนิเวศนั้นๆ เมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าวเปลี่ยนแปลงพืชส่วนหนึ่งจะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเพื่อการอยู่รอดและการสืบพันธุ์ โดยทั่วไปการปรับตัวของพืชนั้นมี 2 รูปแบบ คือ การปรับตัวด้านรูปร่างลักษณะหรือสัณฐาน (Morphological Adaptation) และการปรับตัวทางสรีรวิทยา (Physiological Adaptation) (ชวณพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) โดยมีดัชนีเชิงปริมาณที่สามารถบ่งบอกถึงลักษณะการ

ปรับตัวด้านรูปร่างลักษณะหรือสัณฐานของพืชในธรรมชาติได้ เช่น รูปแบบของการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation) ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบ (specific leaf area) หรือค่าอัตราส่วนของมวลแห้งของรากทั้งหมดต่อมวลแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (root : shoot ratio) เป็นต้น

จากการปรับตัวของพืชด้านรูปร่างลักษณะหรือสัณฐาน เพื่อให้อยู่รอดได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องนั้น ทำให้การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชในรอบปี หรือที่เรียกว่าการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology) มีความสำคัญ ซึ่งการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา คือ การศึกษาเหตุการณ์ทางชีววิทยา (Biological event) ที่เกิดขึ้นของพืชในรอบปี ตั้งแต่ผลิใบ จนถึงการหลุดร่วงของใบ การออกดอก การติดผล การกระจายและการงอกของเมล็ด ซึ่งการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาในรอบปีนั้นมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในรอบปีของป่า ซึ่งคุณลักษณะที่นำมาเป็นดัชนีนิเวศวิทยาเชิงปริมาณเพื่อบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงทางลักษณะสัณฐานวิทยาได้ คือ การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการสะสมมวลชีวภาพของพืช และค่าเฉพาะของพื้นที่ใบ หรือค่า specific leaf area (SLA) หมายถึง อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อมวลแห้งของใบ ซึ่งเป็นดัชนีหนึ่งที่แสดงให้เห็นกลไกทางนิเวศวิทยาของพืชต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบเอกสารพบว่าไม่มีการรายงานการศึกษาเรื่องชีวภูมิอากาศของไม้วงศ์ยางในประเทศไทย ทั้งๆ ที่ไม้วงศ์ยางมีความสำคัญ และลดจำนวนลงเป็นอย่างมากดังที่กล่าวในข้างต้น ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงศึกษาชีวภูมิอากาศของกล้าไม้วงศ์ยางบางชนิดเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในรอบปี จากนั้นศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพและค่าเฉพาะพื้นที่ใบของกล้าไม้วงศ์ยางที่มีความสูงแตกต่างกัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระยะยาว โดยมีสมมติฐานว่ารูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพแตกต่างระหว่างชนิดและขนาดของพืช เพื่อได้ทราบลักษณะทางนิเวศวิทยาของไม้วงศ์ยางและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการ อนุรักษ์ไม้วงศ์ยาง และฟื้นฟูระบบนิเวศป่าผลัดใบ

1.1 สมมติฐาน

การสะสมมวลชีวภาพของกล้าไม้วงศ์ยางชนิดเดียวกันมีความแตกต่างกัน ถ้าขนาดต่างกัน (ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้วงศ์ยางบางชนิดในป่าเต็งรัง
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้วงศ์ยางบางชนิดในป่าเต็งรัง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษากล้าไม้ของวงศ์ยางที่เป็นไม้เด่นในป่าเต็งรัง ที่ระดับความสูง 800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลักษณะทางนิเวศวิทยาของไม้วงศ์ยาง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนการจัดการและการปลูกเสริมไม้วงศ์ยางให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. ประยุกต์ในการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าผลัดใบที่มีไม้วงศ์ยางเป็นไม้เด่น

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest)

ลักษณะของป่าเต็งรัง

ป่าเต็งรัง หรือป่าแดง หรือป่าแพะ หรือป่าโคก (Dry Dipterocarp Forest) เป็นป่าผลัดใบประเภทหนึ่ง ป่าประเภทนี้จะทิ้งใบในฤดูแล้งและผลิใบใหม่ในฤดูฝน เนื่องจากความแตกต่างของความชื้นซึ่งในฤดูแล้งมีความชื้นต่ำทำให้ต้นไม้ในป่าผลัดใบเพื่อลดอัตราการคายน้ำ ซึ่งตรงข้ามกับฤดูฝนไม้ในป่าจะผลิใบเพื่อเพิ่มอัตราการคายน้ำเพื่อรักษาระดับความชื้นไม่ให้มากเกินไป ลักษณะเป็นป่าโปร่งเรือนยอดไม่ต่อเนื่อง พบมากตามภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นป่าผลัดใบประเภทหนึ่งที่สามารถขึ้นได้ดีทั้งในพื้นที่ที่เป็นที่ราบต่ำและที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 50 - 1,000 เมตร สภาพดินโดยทั่วไปไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย มีความแห้งแล้งมาก มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 800 - 1,200 มิลลิเมตรต่อปี และไฟไหม้เป็นประจำทุกปี ดังนั้นพันธุ์ไม้เด่นจึงมักเป็นไม้ที่ทนไฟ ไม้เรือนยอดชั้นบนมีขนาดสูงใหญ่ มักพบไม้วงศ์ยาง(Dipterocarpaceae) ที่สำคัญ เช่น พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*D. obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) รัง (*Shorea obtusa siamensis* Miq.) เรือนยอดชั้นรองเป็นไม้ขนาดกลางชนิดไม้ที่พบทั่วไป ได้แก่ ตั้วขาว (*Croton formosum* (Jack) Dyer) รักใหญ่ (*Gluta usita* (Wall.) Ding Hou) เป็นต้น เรือนยอดชั้นพุ่มไม้ เป็นไม้ขนาดเล็ก ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ แสลงใจ (*Strychnos nux-vomica* L.) หมือดตบ (*Aporosa villosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.) เป็นต้น ป่าเต็งรังในประเทศไทยสามารถจำแนกได้เป็น 3 สังคมพืชตามชนิดที่พบ ได้แก่

สังคมเต็ง – รัง พบในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งมาก ต้นไม้มีลักษณะแคระแกร็น มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พรรณไม้เด่นคือ เต็งและรัง ดินมีลักษณะเป็นดินทราย

สังคมพลวง – เหียง พบในพื้นที่มีลักษณะชื้นกว่าสังคมเต็ง – รัง พรรณไม้เด่นคือ พลวงและเหียง ความหนาแน่นของต้นไม้มีสูงกว่าสังคมเต็ง – รัง ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย

สังคมป่าเต็งรังผสม ไม่มีพรรณไม้เด่นที่ชัดเจน มีพรรณไม้เต็ง รัง พลวง เหียง ขึ้นปะปนกัน ป่าประเภทนี้มักพบในสภาพอากาศที่มีความชุ่มชื้นปานกลาง (นพวรรณ หรั่งหมอยา, 2548)

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นตัวกำหนดให้ลักษณะป่าเต็งรังในฤดูแล้งและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ลักษณะเนื้อดินของป่าเต็งรัง ซึ่งมีสภาพดินตื้นและกักเก็บน้ำได้ไม่ดีบางแห่งอาจมีทรายปะปนอยู่มาก มีหินบนผิวดินมากหรือเป็นดินลูกรังตื้นๆดินตื้น กักเก็บน้ำได้น้อยมาก ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,320 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย) มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 70.2% (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)

การใช้ประโยชน์จากป่าเต็งรัง มีความคล้ายคลึงกับการใช้ประโยชน์จากป่าชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถแยกได้เป็นประโยชน์ทางตรงและประโยชน์ทางอ้อม (ป่าเต็งรัง สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2553) ดังนี้

ประโยชน์ทางตรง

1. ไม้ ใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือนอยู่อาศัย เครื่องมือก่อสร้างต่างๆ เครื่องมือทางการเกษตร และยานพาหนะ ชนิดพันธุ์ในป่าเต็งรังที่เอื้อประโยชน์ เช่น พลวง เหียง ยางกราด เต็ง รัง พะยอม ประดู่ ฯลฯ นอกจากประโยชน์ในรูปเนื้อไม้แล้ว ประโยชน์ในรูปของใบไม้ของป่าเต็งรังก็มีความสำคัญเช่นกัน ใช้มุงหลังคา ห่ออาหาร พรรณไม้ที่ใช้ประโยชน์จากใบ คือ ไม้พลวง และไม้เหียง เนื่องจากมีใบค่อนข้างใหญ่

2. อาหาร ป่าเต็งรังเป็นแหล่งอาหาร เช่น

- 2.1 เห็ดต่างๆ เห็ดหลายชนิดที่พบในป่าเต็งรังเป็นที่นิยมรับประทาน ซึ่งเห็ดเหล่านั้นมักพบใน ฤดูฝน เช่น เห็ดไข่ห่าน เห็ดระโงกเหลือง เห็ดโคน เห็ดเผาะ โดยเฉพาะเห็ดเผาะมักพบมากในบริเวณใต้ต้นไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เช่น พลวง เหียง เต็ง ซึ่งเห็ดดังกล่าวสามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี

- 2.2 ฝัก พืชในป่าเต็งรังหลายชนิดใช้เป็นฝัก และมักจะหมუნเวียนไปตามฤดูกาล เช่น ดอกอ่อนของเหียง ดอกพะยอม

- 2.3 ผลไม้และเมล็ด เช่น ผลของหว้าชนิดต่างๆ ผลของสมอไทย

3. ยารักษาโรค พืชในป่าเต็งรังหลายชนิดมีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร เช่น เหียง เปลือกต้ม น้ำต้มแก้ท้องเสีย น้ำมันยางสมานแผล แก้นอง ยางกราด น้ำมันยางใช้ใส่แผล พลวง รากต้มน้ำดื่มแก้ตับอักเสบ เต็ง เปลือกฝนกับน้ำปูนใสกินเป็นยาผดสมาน

4. เชื้อเพลิง ได้แก่ ฟืนและถ่าน ใช้น้ำมันยาง จาก เหียง ยางกราด ผสมเศษไม้ทำได้ ต้นไม้ใน

ป่าเต็งรังที่ใช้เป็นถ่านดีคือ เต็งและรัง

5. ชัน น้ำมัน จาก เหียง ยางกราด ใช้ในการยาเรือ เครื่องจักรสานจากไม้ไผ่เพื่อกันรั้ว
6. สีและฝาดฟอกหนัง ได้จากเปลือกไม้ต่าง ๆ เช่น ก่อ คุณน ได้จากแก่น เช่น ชัน จากผล ได้แก่ ไม้ฝาง ชันจากต้นรัง และของต้นคำป่า เป็นต้น

ประโยชน์ทางอ้อม

ประโยชน์ทางอ้อมต่างๆ ของป่าไม้ เช่น บรรเทาอุทกภัย บรรเทาการกัดเซาะหน้าดิน บรรเทาความรุนแรงของลมพายุ ทำให้มีความชุ่มชื้น มีฝนตกมากขึ้น มีน้ำไหลสม่ำเสมอ หรือเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ ประโยชน์เหล่านี้แม้ป่าเต็งรังจะไม่ได้ให้ประโยชน์เหล่านี้เท่าป่าชนิดอื่น แต่นับว่ามีความสำคัญเช่นกัน ป่าเต็งรังจัดเป็นแหล่งศึกษาทางวิชาการที่เหมาะสม เนื่องจากป่ามีลักษณะเป็นป่าโปร่ง พรรณไม้ในป่าเต็งรังหลายชนิดมีดอกที่สวยงาม ซึ่งจะหมุนเวียนตามฤดูกาล นอกจากนี้ป่าเต็งรังยังเป็นแหล่งตะกอน เนื่องจากป่าเต็งรังมีเรือนยอดที่โปร่งและไม่ต่อเนื่อง เพราะฉะนั้นเมื่อฝนตกจะเกิดการชะหน้าดินได้ง่าย

สถานการณ์ป่าผลัดใบในปัจจุบัน

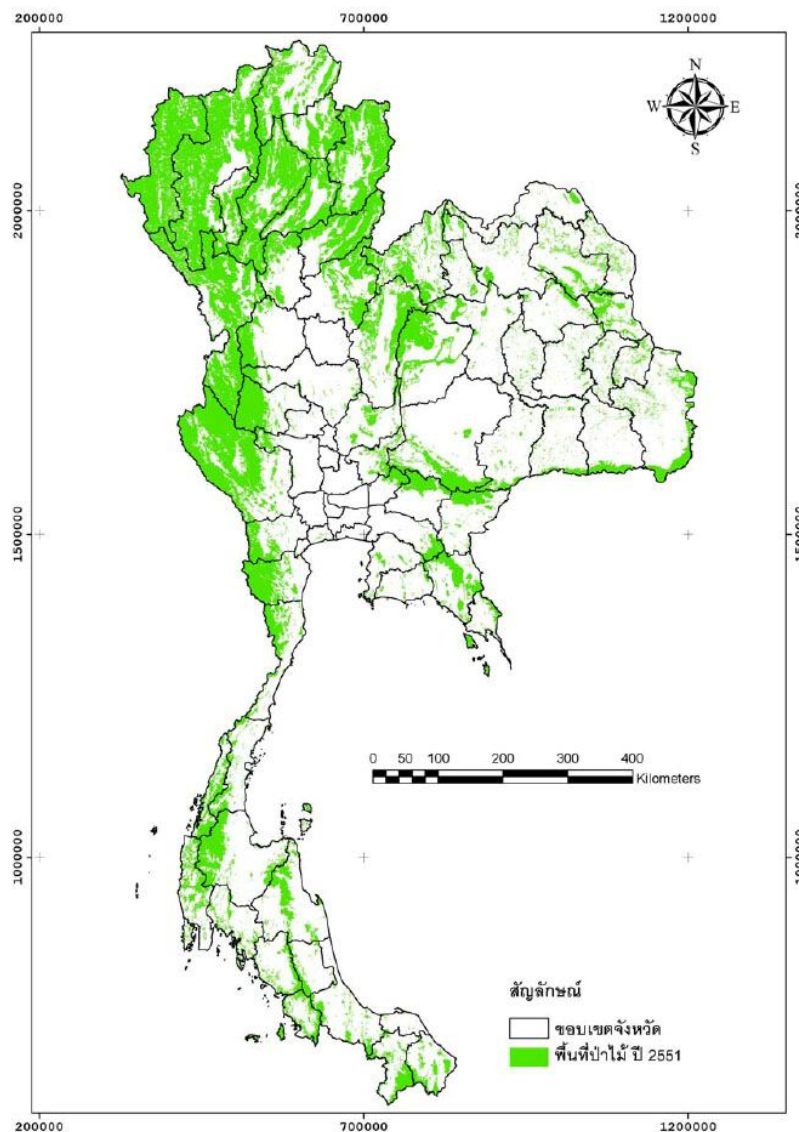
ปัจจุบันประเทศไทยมีเนื้อที่ป่าทั้งหมด 171,586 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าผลัดใบร้อยละ 70 (กรมป่าไม้, 2551) หรือประมาณ 120,000 ตารางกิโลเมตร การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศไทยสูญเสีย พื้นที่ป่าไปแล้วประมาณ 67 ล้านไร่ หรือเฉลี่ยประมาณ 1.6 ล้านไร่ต่อปี กล่าวคือ ปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าอยู่ถึงร้อยละ 53.3 ของพื้นที่ประเทศ หรือประมาณ 171 ล้านไร่ และลดลงมาโดยตลอดจนในปี พ.ศ. 2532 ประเทศไทยเหลือพื้นที่ป่าเพียงร้อยละ 27.95 ของพื้นที่ทั้งหมด หรือประมาณ 90 ล้านไร่ อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2543 มีการประเมินพื้นที่ป่าโดยแปลความจากข้อมูลดาวเทียมมาตราส่วน 1:50,000 พบว่ามีพื้นที่ประมาณ 107 ล้านไร่ หรือร้อยละ 33.40 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นผลการประเมินขั้นต้นที่ยังไม่ได้ตรวจสอบความถูกต้องภาคพื้นดิน จากพื้นที่ป่าที่เหลืออยู่จะมีพื้นที่ที่มีสภาพทางระบบนิเวศที่สมบูรณ์อยู่ไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าที่ได้ทำการประกาศก่อนการยกเลิกสัมปทานป่าไม้ และจากการนำข้อมูลดาวเทียมปี พ.ศ. 2547 ไปทับซ้อนลงบนข้อมูลดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 พบว่า นับจากปี พ.ศ. 2543 จนถึง พ.ศ. 2547 มีพื้นที่

ป่าไม้ถูกบุกรุกรวม 1,476 แปลง รวมพื้นที่ 3,852,821 ไร่ ข้อมูลในปี 2552 พบว่าพื้นที่ป่าภาคเหนือมีเนื้อที่ป่าเหลืออยู่ 56.04 % (95,074.7 ตารางกิโลเมตร) ลดลง 12.5 % ของพื้นที่ภาคพื้นที่ป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ป่าเหลืออยู่ 16.32 % (27,555.5 ตารางกิโลเมตร) ลดลง 25.67 % ของพื้นที่ภาค ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ป่าเหลืออยู่ 21.01 % (8,033.4 ตารางกิโลเมตร) ลดลง 36.97 % ของพื้นที่ภาค ภาคกลางมีพื้นที่ป่าเหลืออยู่ 29.81% (20,089.04 ตารางกิโลเมตร) ลดลง 23.1 % ของพื้นที่ภาค และภาคใต้มีเนื้อที่ป่าเหลืออยู่ 27.03 % (20,832 ตารางกิโลเมตร) ลดลง 14.3 % ของพื้นที่ภาค โดยภาคเหนือเป็นพื้นที่ที่ยังคงมีป่าไม้ปกคลุมมากที่สุดเกิน 50 % ของพื้นที่ ภาคกลาง ภาคใต้และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยังคงเหลือพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมมากกว่า 20 % ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่มีป่าปกคลุมน้อยที่สุดไม่ถึง 20% สถานการณ์การลดลงของเนื้อที่ป่าไม้รุนแรงที่สุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นภาคที่เนื้อที่ป่าไม้หายไป ถึง 63.76 % และ 61.13 % ของที่เคยมีเมื่อปี 2504 ส่วนภาคกลางและภาคใต้เนื้อที่ป่าหายไป 43.65 % และ 34.59 % ของที่เคยมีเมื่อปี 2504 ขณะที่ภาคเหนือเนื้อที่ป่าหายไป 18.83 % ของที่เคยมีเมื่อปี 2504

สาเหตุสำคัญของการลดลงของพื้นที่ป่าเกิดจากจำนวนประชากรในประเทศที่เพิ่มขึ้น และการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจทำให้ประชาชนใช้ประโยชน์จากป่าไม้มากขึ้น ทั้งในลักษณะของการเป็นที่อยู่อาศัย การตัดไม้เพื่อการค้า การใช้และการเผาพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตร การเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ท่องเที่ยว เช่น สถานที่พักผ่อน สถานตากอากาศ สนามกอล์ฟ เป็นต้น รวมถึงการกว้านซื้อที่ดินเพื่อการเก็งกำไร นอกจากนี้ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของรัฐ ได้แก่ การสร้างเขื่อน การตัดถนน และการเดินสายไฟแรงสูงก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการทำลายพื้นที่ป่าเป็นบริเวณกว้าง การเกิดไฟป่านอกจากทำให้สูญเสียพื้นที่ป่าแล้วยังทำให้กล้าไม้เล็กๆ ถูกทำลายไปเป็นจำนวนมาก สาเหตุการเกิดไฟป่าส่วนใหญ่เกิดจากการหาของป่า การล่าสัตว์ และการเผาไร่ พื้นที่ที่เกิดไฟป่ามีแนวโน้มลดลงมาโดยตลอด จากปี พ.ศ. 2536 มีการสูญเสียพื้นที่ป่าจากไฟป่าสูงถึง 9.12 ล้านไร่ หรือร้อยละ 2.84 ของประเทศ จนในปี พ.ศ. 2538 มีพื้นที่ที่เกิดไฟป่าเพียงร้อยละ 1.25 ของประเทศ (4 ล้านไร่) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว คือ 7 ล้านไร่ หรือร้อยละ 2.23 ของประเทศ ในปี พ.ศ. 2541 ซึ่งคาดว่าเป็นผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้น และในปี พ.ศ. 2546 เกิดไฟป่าขึ้นเพียงร้อยละ 0.03 ของประเทศ (0.1 ล้านไร่)

พื้นที่ป่าไม้ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551

พื้นที่ป่าไม้ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551 ที่ได้จากการประมวลผลโดยระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ มีจำนวนทั้งสิ้น 171,585.65 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 33.44 ของพื้นที่ประเทศไทย ที่มีพื้นที่ 513,115.02 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าไม้จำแนกออกตามราย จังหวัดใน แต่ละภูมิภาคดังได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 พื้นที่ป่าไม้ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551 (สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551)

ตารางที่ 2.1 สรุปลพื้นที่ป่าในแต่ละภาคของประเทศไทย (สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551)

ภาค	พื้นที่ภาค	พื้นที่ป่าไม้	ร้อยละพื้นที่ป่าต่อพื้นที่ภาค	ร้อยละพื้นที่ป่าต่อพื้นที่ประเทศไทย
เหนือ	169,644.29	95,074.74	56.04	18.53
ตะวันออกเฉียงเหนือ	168,854.34	27,555.54	16.32	5.37
กลาง	30,126.34	2,663.97	8.84	0.52
ตะวันออก	36,502.50	8,033.40	22.01	1.57
ตะวันตก	30,904.75	17,425.07	56.38	3.40
ใต้	77,082.81	20,832.92	27.03	4.06
รวม	513,115.02	171,585.65	33.44	33.44

2.2 ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology)

ชีวภูมิอากาศวิทยา หมายถึงการศึกษาเหตุการณ์ทางชีววิทยา (Biological event) ที่เกิดขึ้นของพืชในรอบปี ตั้งแต่ผลิบาน จนถึงการหลุดร่วงของใบ การออกดอก การติดผล การกระจายและการงอกของเมล็ด ซึ่งการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาในรอบปีนั้นมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในรอบปีของป่า จากการปรับตัวของพืชด้านรูปร่างลักษณะหรือสัณฐาน เพื่อให้อยู่รอดได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องนั้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาจึงได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยตรง ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นในดิน น้ำในดิน แสง เป็นต้น

2.2.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยา

ปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดิน (Rain fall and soil moisture)

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณน้ำฝนมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ รวมทั้งความชื้นในดินหรือความชื้นในอากาศ ความชื้น (Moisture) นับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก เช่น ทำหน้าที่ละลายธาตุอาหารพืช ละลายธาตุอาหารพืช ควบคุมอุณหภูมิของต้นพืช จากความสำคัญดังกล่าวทำให้นักนิเวศวิทยา ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชีวภูมิอากาศวิทยากับปริมาณน้ำฝน เช่น การศึกษาของ Elliott และคณะ (2006) ศึกษาจำนวนใบผลิใหม่ของป่ากึ่งผลัดใบทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าฤดูฝนจำนวนใบผลิใหม่มากกว่าฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช เช่น การศึกษาของ Tomimatsu และ Hori (2007) ซึ่งศึกษาผลของความชื้นในดินต่อนิเวศและสรีรวิทยาของใบ โดยเปรียบเทียบอายุใบใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่แห้งแล้งและพื้นที่ชุ่มชื้น พบว่าในพื้นที่ที่แห้งแล้ง ซึ่งมีค่าความชื้นในดินต่ำกว่ามีอายุใบสูงกว่าในพื้นที่ที่มีความชื้นในดินสูงกว่า เช่นเดียวกับการศึกษาของ Abdelhafeez และคณะ (1975) ที่ศึกษาผลของความชื้นในดินกับการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยาของมะเขือเทศ (tomato) และมะเขือม่วง (egg-plant) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ที่มีความชื้นในดินต่ำการเจริญของส่วนลำต้นจะลดลง แต่ส่วนของน้ำหนักใบเพิ่มขึ้น Seghieri และคณะ (2009) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยาของไม้ต้นในพื้นที่ที่

แตกต่างกัน 2 พื้นที่ โดยทั้ง 2 พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันคือ 1,200 มิลลิเมตรต่อปี และ 370 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการเกิดใบพบว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกทั้ง 2 พื้นที่ คือ เมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้น การเกิดใบใหม่ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

นอกจากความชื้นในดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนแล้ว น้ำในดินก็มีความสำคัญ แต่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาเช่นกัน เช่น Nielsen และ Jørgensen (2003) ได้ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาเพื่อดูผลการตอบสนองของต้น European beech (*Fagus sylvatica* L.) ต่อน้ำในดินในสองพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน พบว่าในพื้นที่ที่มีน้ำในดินสูงพืชมีการเจริญและเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมากกว่าพืชที่ขึ้นในพื้นที่ที่มีน้ำในดินน้อยกว่า

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของดินและของอากาศ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชในแง่ที่ว่า อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมกระบวนการ metabolism ในพืช โดยทั่วไปพืชจะเจริญในที่ที่อุณหภูมิแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพืช ซึ่งปกติจะเจริญได้ดีในช่วง 25 – 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากเกี่ยวข้องกับกระบวนการชีวเคมีต่างๆ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ การคายน้ำ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ดังนั้นอุณหภูมิจึงจัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยา เช่น การศึกษาของ Muchow และ Carberry (1988) ที่ติดตามชีวภูมิอากาศวิทยาของใบในป่าธรรมชาติ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของวันมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3.8 องศาเซลเซียส ทำให้อายุขัยของใบสั้นลง โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสูงสุดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน คือ 30.4 และ 26.6 องศาเซลเซียส จำนวนใบมีมากที่สุดในช่วงฤดูฝน และน้อยที่สุดในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งการเจริญของใบจะขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และ Windauer และคณะ (2004) ศึกษาการตอบสนองของชีวภูมิอากาศวิทยาต่ออุณหภูมิของ ชนิดพันธุ์ *Lesquerella* 2 ชนิด ผลการศึกษาพบว่า *L. fendleri* และ *L. memdocina* มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่ต่างกันคือ *L. fendleri* การเกิดตาดอกหรือการผลิดอกไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ แต่ *L. memdocina* การเกิดตาดอกและการผลิดอกลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น รวมทั้ง Vitasse และคณะ (2008) พบว่าชีวภูมิอากาศวิทยาของใบในทวีปยุโรป มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเชิงบวก คือเมื่ออุณหภูมิลดลง จำนวนใบผลิใหม่ลดลง

แสง (Light)

แสงจัดว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากแสงเป็นตัวที่ให้พลังงานแก่พืชเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดแป้งและน้ำตาลแก่พืช นอกจากนี้ แสงยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการต่างๆ ในพืชอีกหลายอย่าง เช่น การสังเคราะห์โปรตีน การคายน้ำ การควบคุมทิศทางการเจริญเติบโตของพืช ฯลฯ แสงจัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญของพืชมากที่สุดปัจจัยหนึ่ง จากการค้นคว้าเอกสารพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ศึกษาผลของแสงต่อการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยา เช่น การศึกษา Gatti และคณะ (2011) ศึกษาผลของระดับแสงต่อการเจริญ การเกิดใบ และขนาดใบ พบว่าอายุใบเพิ่มขึ้นเมื่อระดับแสงลดลงซึ่งตรงกันข้ามกับอัตราการเกิดใบซึ่งจะลดลง ขนาดของใบมีขนาดใหญ่ที่สุดที่ระดับแสงต่ำสุด

ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบ (Specific Leaf Area; SLA) หมายถึง อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อมวลแห้งของใบ ซึ่งเป็นดัชนีหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นกลไกทางนิเวศวิทยาของพืชต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งค่า SLA สามารถใช้บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงทำให้มีนักนิเวศวิทยาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า SLA เช่น White และ Scott (2006) ได้ทำการเปรียบเทียบ ค่า SLA ของป่าในประเทศนิวซีแลนด์ 5 พื้นที่ ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่ององค์ประกอบพรรณไม้ เพื่อศึกษาว่าความแตกต่างกันของค่า SLA นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน หรือขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในของพืชในแต่ละชนิด พบว่าทั้ง 5 พื้นที่มีผลในทิศเดียวกัน คือ ค่า SLA มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับชั้นเรือนยอดต่ำลง เนื่องจากปริมาณแสงที่ได้รับนั้นลดลง แสดงว่าค่า SLA ที่มีความแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ Liu และคณะ (2010) ทำการศึกษาอิทธิพลของขนาดต้นพืชกับค่า SLA ของไม้เนื้อแข็งในป่าเขตร้อน โดยศึกษาในไม้ที่มีขนาดเล็กกว่า 2 เมตร และไม้ที่มีขนาดสูงกว่า 10 เมตร ในป่าเขตร้อนในประเทศจีน พบว่ามีความแตกต่างกันของค่า SLA อย่างชัดเจน โดยที่ไม้ขนาดเล็กมีค่า SLA มากกว่าไม้ขนาดใหญ่ เนื่องจากปัจจัยในเรื่องแสง เพราะเรือนยอดของไม้ขนาดเล็กได้รับแสงน้อยกว่าเรือนยอดของไม้ขนาดใหญ่ เนื่องจากไม้ขนาดเล็กนั้นมักเป็นไม้พื้นล่างที่มีการบังแสงจากไม้ชั้นเรือนยอด ซึ่งต่างจากเรือนยอดของไม้ขนาดใหญ่ที่มักเป็นไม้ชั้นเรือนยอดที่ได้รับแสงอย่างเต็มที่ ดังนั้นไม้ขนาดเล็กจึงมีการปรับตัวเพิ่ม

พื้นที่ใบเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสง รวมทั้งการศึกษาของ Nouvellon และคณะ (2010) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า SLA ในแต่ละช่วงอายุของต้นยูคาลิปตัสในประเทศคองโก พบว่ามีค่า SLA มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยที่ค่า SLA มีค่าลดลงเมื่ออายุของต้นยูคาลิปตัสเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดู โดยพบว่าค่า SLA มีค่ามากที่สุดในช่วงฤดูฝน และมีค่าน้อยที่สุดในช่วงฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับจากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า ค่า SLA นั้นมีปัจจัยหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่จะทำให้เกิดความแตกต่างกันทั้งเรื่องของปริมาณแสงที่ได้รับ อายุของพืช ระดับชั้นเรือนยอด ฤดูกาล เป็นต้น

นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชแล้ว ยังพบว่าปัจจัยภายในของพืชก็เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเช่นเดียวกัน เช่น ชนิดพันธุ์และอายุ ซึ่งพืชจะแสดงออกทางชีวภูมิอากาศวิทยาต่างกัน ถึงแม้ว่าเป็นพืชชนิดเดียวกันก็ตาม เช่น การศึกษาของ Negi และ Singh (1992) ซึ่งศึกษารูปแบบการเจริญของใบในไม้ผลัดใบ ประเทศอินเดีย พบว่าอายุใบของไม้ผลัดใบมีอายุประมาณ 3 – 6 เดือน และ Kanda (1995) ซึ่งศึกษาอายุใบของ *Alnus japonica* ในป่าชุ่มน้ำบริเวณเกาะต่างๆ ในประเทศญี่ปุ่น พบว่า *Alnus japonica* มีอายุใบประมาณ 1 – 2 เดือน (40 – 60 วัน) และ Windauer และคณะ (2004) ศึกษาการตอบสนองของชีวภูมิอากาศวิทยาต่ออุณหภูมิของ ชนิดพันธุ์ *Lesquerella* 2 ชนิด ผลการศึกษาพบว่า *L. fendleri* และ *L. memdocina* มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่างกันคือ *L. fendleri* การเกิดตาดอกหรือการผลิตดอกไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ แต่ *L. memdocina* การเกิดตาดอกและการผลิตดอกลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น รวมทั้ง Kuaraksa และคณะ (2012) ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของสกุล *Ficus* 7 ชนิด ในป่าผลัดใบทางตอนเหนือของประเทศไทย พบว่าในแต่ละชนิดมีการผลิใบ ออกดอกแตกต่างกันตามชนิดพันธุ์ นอกจากนี้ปัจจัยเรื่องชนิดพันธุ์แล้ว อายุของพืชก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ชีวภูมิอากาศแตกต่างกัน เช่น Seiwa Kenji (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงชีวภูมิอากาศวิทยาของใบของ *Acer mono* ที่มีขนาดต่างกัน ในป่าผลัดใบที่ฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เมื่อขนาดเพิ่มขึ้นอายุใบเพิ่มขึ้น จำนวนใบลดลงต่อต้นเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น Mehlreter and Jose (2008) ศึกษาชีวภูมิอากาศของใบ และขนาดของ *Alsophila firma* (Baker) D.S. พบว่าเมื่อขนาดเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยของความกว้างใบมีค่าลดลง

2.3 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation)

2.3.1 มวลชีวภาพ (Biomass)

มวลชีวภาพ (Biomass) หมายถึง น้ำหนักของส่วนที่มีชีวิตของพืช โดยวัดเป็นน้ำหนักแห้ง (Dry weight) ต่อพื้นที่ (พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ 2538) มวลชีวภาพของพืชได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ซึ่งมวลชีวภาพของพืชแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (Above-ground biomass) ได้แก่ ใบ ดอก ผล กิ่ง และลำต้น และมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (Below-ground biomass) คือ ราก

การศึกษามวลชีวภาพ สามารถทำได้โดย

1. วิธีการศึกษามวลชีวภาพโดยวิธีทางตรง (Direct method)

- วิธีการตัดต้นไม้ทั้งหมดทั้งพื้นที่ศึกษา (Clear clipping method) เป็นวิธีที่ต้องตัดไม้ทุกต้นในพื้นที่ศึกษา และนำส่วนต่างๆ มาอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ (Christensen, 1978)

- วิธีการเลือกตัดโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean tree method) เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีกับต้นไม้ที่มีรูปแบบเดียวกันและป่าที่มีอายุ เช่น ป่าปลูก ทำได้โดยนำค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมาคูณด้วยความหนาแน่นของต้นไม้ในพื้นที่ จากนั้นจึงตัดต้นไม้ที่มีขนาดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ แล้วนำมาแยกเป็นส่วนใบ ลำต้น กิ่ง อบแห้งจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักเพื่อนำไปคำนวณหามวลชีวภาพ (Briggs, 1977)

2. วิธีการศึกษามวลชีวภาพโดยวิธีทางอ้อม (Indirect method)

- วิธีการหาความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี (Allometric relationship) (Komiya และคณะ, 1988 ; Pongparn และคณะ, 2003 ; Kenzo และคณะ, 2009)

การสร้างความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีเพื่อประมาณมวลชีวภาพ ทำโดยสร้างสมการถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับตัวแปรอิสระ ได้แก่ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) หรือความสูง (H) หรือผลคูณของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดินกับความสูง ($D_0 * H$) ในรูปแบบ

$$Y = ax^b$$

โดยที่ Y	คือ น้ำหนักของส่วนเหนือดินทั้งหมด (W_{AG}) หรือน้ำหนักมวลชีวภาพส่วนใต้ดินทั้งหมด (W_{BG})
X	คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) หรือความสูง (H) หรือผลคูณของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดินกับความสูง ($D_0 * H$)
a และ b	คือ ค่าคงที่

2.3.2 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ

การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation) หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งการสะสมมวลชีวภาพ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถใช้เป็นคุณลักษณะที่นำมาเป็นดัชนีนิเวศวิทยาเชิงปริมาณเพื่อบ่งชี้การแปลงเปลี่ยนทางสัณฐานวิทยาของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน เช่น ชนิดพันธุ์ ขนาด (อายุ) แสง เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ

รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เช่น Muller และคณะ (2000) ศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพพืชสมุนไพรร 27 ชนิด โดย ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของส่วนใบ ลำต้น และราก ผลการศึกษาพบว่า เมื่อขนาดเพิ่มขึ้นมวลชีวภาพรากลดลงแต่มวลชีวภาพของใบและลำต้นเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพส่วนลำต้นมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพใบ ซึ่งชนิดพันธุ์นั้นจัดเป็นปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ นอกจากปัจจัยภายในแล้วรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพที่แตกต่างกันอาจเนื่องจากปัจจัยภายนอก ซึ่งเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ซึ่งการศึกษาของ Peng และ Dang (2002) ศึกษาผลของอุณหภูมิของดินต่อมวลชีวภาพและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพในกล้าไม้ aspen black – white spruce และ jack pine ในความแตกต่างของอุณหภูมิ 7 ระดับ คือ 5 10 15 20 25 30 35 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของดินมีผลต่อการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้ทุกชนิด โดยที่เมื่ออุณหภูมิของดินเพิ่มขึ้น มวลชีวภาพส่วนใบและลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่มวลชีวภาพรากมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิด รวมทั้ง Palacio และคณะ (2006) ศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของไม้พุ่มในเขตเมดิเตอร์ริเนียน ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งมวลชีวภาพส่วนเหนือดินฤดูหนาวมีค่าต่ำกว่า เนื่องจากฤดูร้อนมีการสังเคราะห์แสงมากกว่าจึงมีการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพมากด้วย

นอกจากนี้ น้ำในดินก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ เช่น Richards และคณะ (2011) ศึกษาผลของน้ำในดินต่อการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของ *Nymphæa odorata* โดยมีระดับความลึก 30 60 และ 90 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า การสะสมมวลชีวภาพส่วนใบและรากมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้น

นอกจากอุณหภูมิ และน้ำในดินแล้ว แสงซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยหลักในการเจริญของพืช ดังนั้นเมื่อเกิดความผันแปรของแสง รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของพืชจึงแตกต่างกันด้วย เช่น การศึกษาของ Sung และคณะ (1998) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายของมวลชีวภาพ และการเจริญเติบโตของกล้าไม้ red oak และ white oak ภายในสภาวะความเข้มแสงที่แตกต่างกัน พบว่า กล้าไม้ที่ได้รับแสงน้อยมีการเจริญเติบโตโดยรวมน้อยที่สุด ในขณะที่ส่วนมวลแห้งเฉลี่ยของใบมากที่สุด ส่วนกล้าไม้ที่ได้รับแสงมากที่สุดมีการเจริญเติบโตโดยรวมดีที่สุด แต่มีส่วนมวลแห้งเฉลี่ยของใบน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อกล้าไม้อายุมากขึ้นจะมีการสะสมมวลชีวภาพที่ใบลดลง แต่กลับมีการสะสมมวลชีวภาพที่ลำต้นเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น และ McAlpine และ Jesson (2007) เปรียบเทียบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้ *Berberis darwinii* ที่ปลูกในที่โล่งแจ้ง และที่ร่ม พบว่าการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของสองบริเวณ มีความแตกต่างกันคือ ที่โล่งแจ้งมีอัตราการเจริญที่ต่ำกว่า คือ มีความสูง และมีน้ำหนักมากกว่า แต่กล้าไม้ที่อยู่ในร่มจะมีขนาดใบใหญ่กว่า และลำต้นที่หนากว่า

การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพมีคุณลักษณะที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพดังกล่าวได้ เช่น อัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Photosynthetic : Non-photosynthetic) ค่าอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (T/R ratio) ซึ่งนักนิเวศวิทยาให้ความสนใจและศึกษากันอย่างแพร่หลาย

อัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Photosynthetic : Non-photosynthetic)

อัตราส่วนระหว่าง Photosynthetic : Non-photosynthetic โดย Photosynthetic คือ ใบ และ Non-photosynthetic คือ ลำต้นและราก ซึ่งค่าอัตราส่วนดังกล่าว สามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพได้ กล่าวคือ ถ้าอัตราส่วนระหว่าง Photosynthetic : Non-photosynthetic มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง สัดส่วนใบและส่วนลำต้นและรากมีค่าเท่ากัน ถ้าสัดส่วนมีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึง สัดส่วนใบมีค่าน้อยกว่าส่วนลำต้นและราก และถ้าอัตราส่วนมีค่ามากกว่า 1 หมายถึง สัดส่วนใบมีค่ามากกว่าส่วนลำต้นและราก ซึ่งความแตกต่างระหว่างสัดส่วนดังกล่าว นำมาใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้การเปลี่ยนตำแหน่งของการสะสมมวลชีวภาพได้ เช่น การศึกษาของ Khan และ Suwa (2004) ศึกษาความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ของ *Kandelia candel* (L.) Druce ในหมู่เกาะโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนของใบมีประมาณ 9.3% ของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินทั้งหมด และการศึกษาของ Palacio และคณะ (2006) ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของไม้พุ่ม 6 ชนิด ในเขตเมดิเตอร์เรเนียนในฤดูร้อนและฤดูหนาว ผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์ส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ของไม้ทั้ง 6 ชนิด แตกต่างกันระหว่างฤดู โดยที่ฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูหนาว

ค่าอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน

(T/R ratio)

ค่า T/R ratio เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน ซึ่งค่าอัตราส่วนดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้ถึงการเคลื่อนย้ายของมวลชีวภาพในแต่ละส่วนได้ กล่าวคือ ถ้าค่า T/R ratio มีค่า เท่ากับ 1 หมายถึง สัดส่วนมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดินมีค่า เท่ากัน แสดงว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดินมีการสะสมมวลชีวภาพเท่ากัน ถ้าค่า T/R ratio มีค่ามากกว่า 1 หมายถึง มวลชีวภาพส่วนเหนือดินมีค่ามากกว่าส่วนใต้ดิน แสดงว่าการสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมีมากกว่า ถ้าค่า T/R ratio มีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึง มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มีค่าน้อยกว่าส่วนใต้ดิน แสดงว่าการสะสมมวลชีวภาพส่วนใต้ดินมีมากกว่า ซึ่งค่า T/R ratio จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและชนิดของป่า เช่น ป่าชายเลนจะมีค่า T/R ratio ต่ำกว่า 1 ส่วนค่า T/R ratio ของป่าบกส่วนมากจะมีค่ามากกว่า 1 เช่น การศึกษาของKomiyama และคณะ (2000) พบว่า ค่า T/R ratio ของโปรงแดง มีค่าเท่ากับ 1.05 และการศึกษาของ Wang และคณะ (2008) ซึ่งศึกษามวลชีวภาพของป่าธรรมชาติทางตอนเหนือของประเทศจีน พบว่า ค่า T/R ratio ของป่าอยู่ในช่วง 1.49 - 11.1

บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา

ใช้พื้นที่แปลงศึกษาถาวร (หน่วยปฏิบัติการวิจัยพฤกษนิเวศวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ขนาด 100 x 100 ตารางเมตร (18°49'N, 98°52'E) ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 800 เมตร ซึ่งเป็นป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest) (ภาพที่ 3.1) บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้การดูแลขององค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พรรณไม้เด่นคือ พลวง เต็ง ก่อแดง (*Quercus kingiana* Craib) เหมีอดตบ (*Aporosa villosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.) และเหียง มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับอกเฉลี่ย 14.4 เซนติเมตร ค่าความสูงเฉลี่ย 8.2 เมตร (นพวรรณ หรั่งหมอยา, 2548)

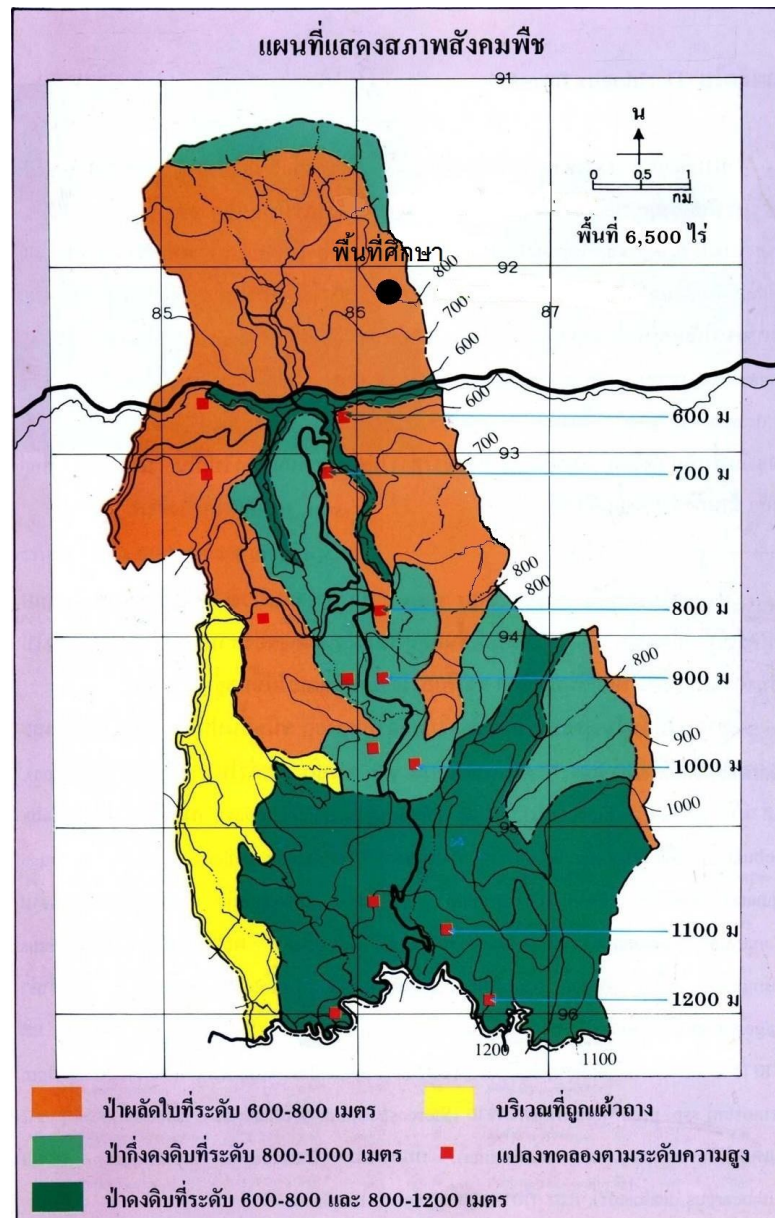


ภาพที่ 3.1 แปลงศึกษาถาวรขนาด 100 x 100 ตารางเมตร ในป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp forest) ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 800 เมตร

สภาพสังคมพืชในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์

สภาพสังคมพืชในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ป่าผลัดใบ (Deciduous forest), ป่ากึ่งดงดิบ (Semi – evergreen forest) และป่าดงดิบ (Evergreen forest) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ประมาณ 35% เป็นป่าผลัดใบ 10% เป็นป่ากึ่งดงดิบ และ 40% เป็นป่าดงดิบ

นอกจากป่าทั้ง 3 ประเภทนี้แล้ว สังคมพืชของป่าในพื้นที่ของสวนพฤกษศาสตร์ได้ปรากฏสภาพพื้นที่ที่แผ้วถาง (Disturbed forest ecosystem) อีกประมาณ 15% ซึ่งเป็นป่าไผ่ ป่าที่ถูกแผ้วถาง ไร่ร้างที่กำลังคืนสภาพ และพื้นที่ปลูกพืชสวนและไม้ยืนต้นของชาวเขาที่ได้อพยพออกจากพื้นที่ไปแล้ว ป่าผลัดใบจะพบมากที่ระดับความสูง 600 – 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ป่ากึ่งดงดิบ จะพบที่ระดับความสูง 800 – 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ป่าดงดิบที่ระดับความสูง 1,000 - 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ส่วนพื้นที่แผ้วถางที่กำลังคืนสภาพมีหลายบริเวณ แต่ส่วนใหญ่จะอยู่แนวเขตสวนพฤกษศาสตร์ทางด้านตะวันตก (ภาพที่ 3.2) (องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2538)



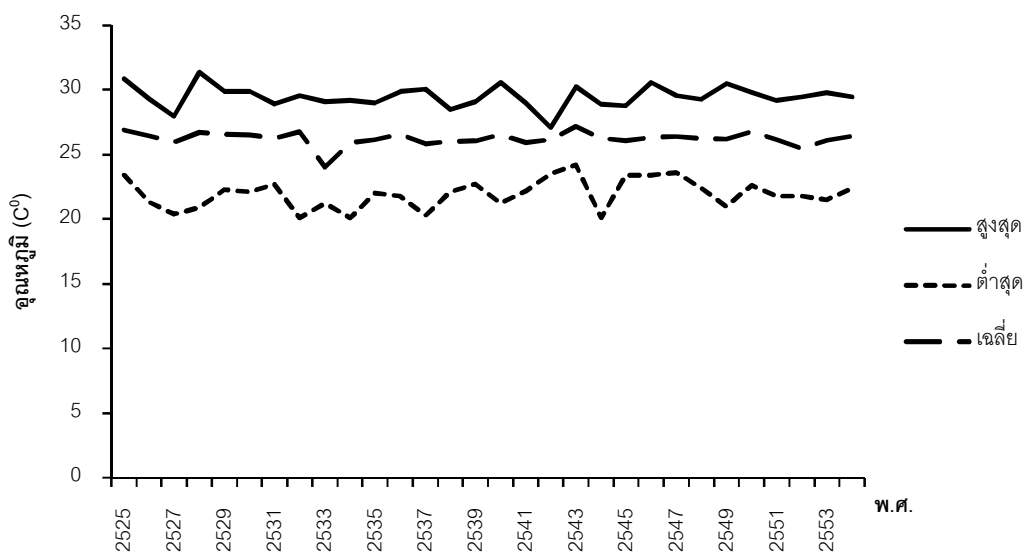
ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งแปลงศึกษาถาวรขนาด 100 x 100 ตารางเมตร ในป่าเต็งรังที่ระดับความสูง 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์จังหวัดเชียงใหม่

ปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

อุณหภูมิ

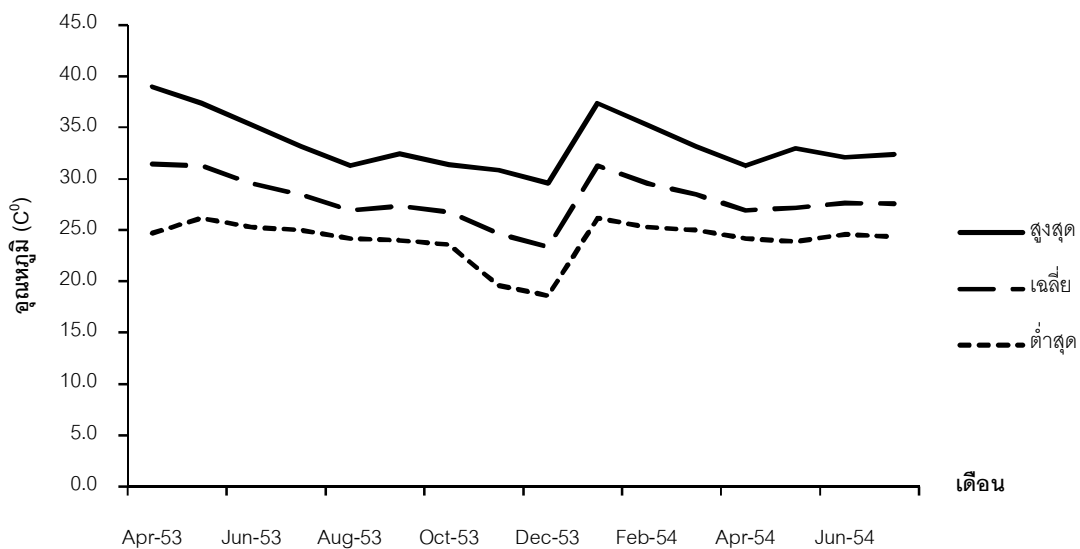
จากข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดเชียงใหม่ของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่า ในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2525-2554) บริเวณจังหวัดเชียงใหม่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีมีค่า 26.2 °C มีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 35.1 และ 17.9 °C ตามลำดับ (ภาพที่ 3.3) เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนในช่วงดังกล่าว พบว่าเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำที่สุด (22.0 °C) และเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด (30.0 °C) (ภาพที่ 3.3)

สำหรับอุณหภูมิอากาศตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่ทำการศึกษามีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 33.5 และ 24.1 °C ตามลำดับ พบว่าเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำที่สุด (18.6 °C) และเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด (39.0 °C) (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.3 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุดรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525-2554

(กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



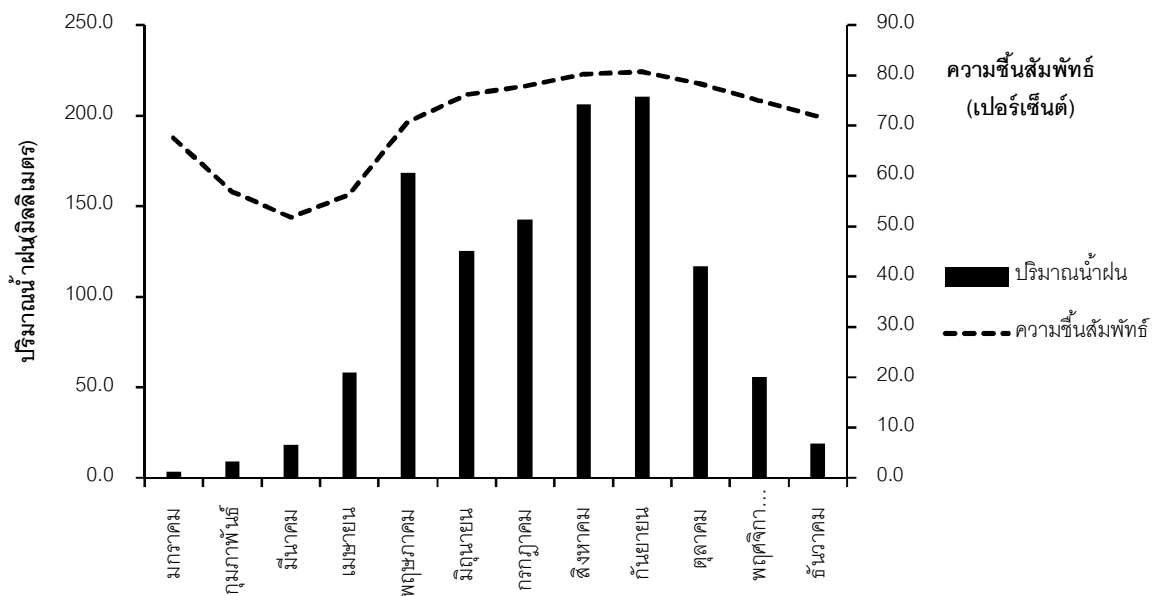
ภาพที่ 3.4 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย สูงสุดและต่ำสุด รายเดือนตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)

ปริมาณน้ำฝน

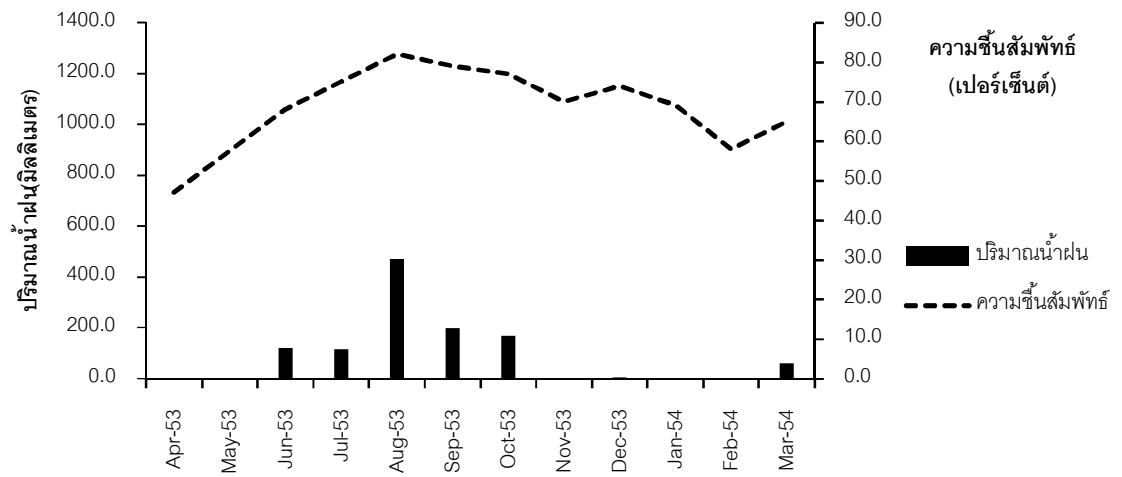
ในช่วงปี พ.ศ. 2525-2554 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,320 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย) และปริมาณน้ำฝนตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่ศึกษา มีค่า 1,194 มิลลิเมตร โดยในเดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด (470.6 มิลลิเมตร) และเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด (0.0 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 3.5) ในการแบ่งฤดูกาลของพื้นที่ศึกษาโดยใช้ปริมาณน้ำฝนรายเดือนจะสามารถแบ่งได้ 2 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 1,120 และ 74 มิลลิเมตรตามลำดับ

ความชื้นสัมพัทธ์

ในช่วงปี พ.ศ. 2525-2554 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 70.2% (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย) (ภาพที่ 3.5) และความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่ศึกษา พบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีค่า 68.5% โดยความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดในเดือนสิงหาคม (82.0%) และน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (47.0%) (ภาพที่ 3.6) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนรายเดือน



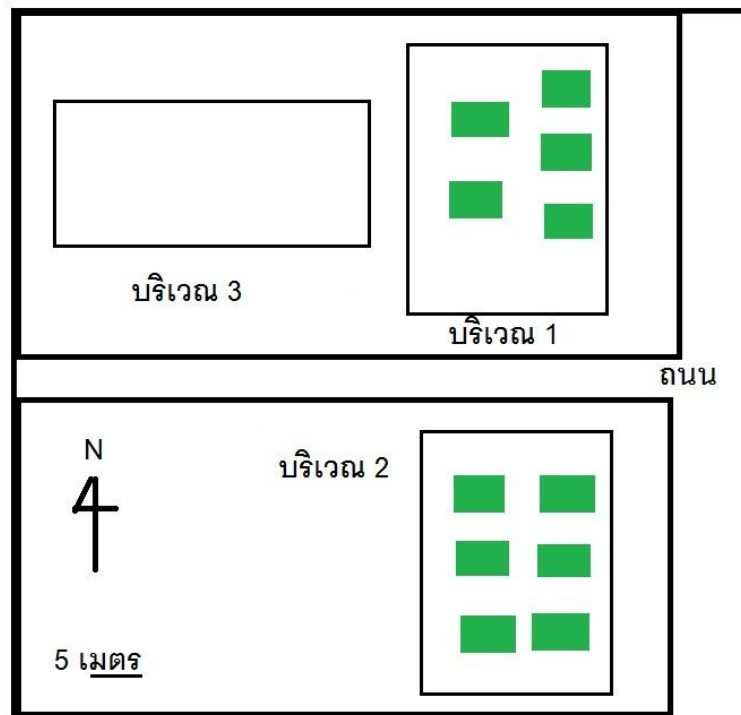
ภาพที่ 3.5 ปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ. 2525-2554 (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



ภาพที่ 3.6 ปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)

3.2 โครงสร้างป่า

ศึกษาจากแปลงศึกษาถาวร (หน่วยปฏิบัติการวิจัยพฤกษนิเวศวิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ที่ระดับความสูง 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งเป็นป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest) แปลงขนาด 100 X 100 เมตร จากแปลงศึกษาดังกล่าวสุ่มพื้นที่ขนาด 5x5 ตารางเมตร (Davidson *et al.*, 2002) จำนวน 11 แปลง เพื่อศึกษากลิ้าไม้ (ภาพที่ 3.7) ซึ่งแปลงศึกษาแบ่งเป็น 3 บริเวณ คือ บริเวณที่ 1 มีแปลงศึกษากลิ้าไม้จำนวน 5 แปลง บริเวณที่ 2 มีแปลงศึกษากลิ้าไม้ 6 แปลง และบริเวณที่ 3 คือ บริเวณที่ศึกษากลิ้าไม้เสริมจากสองบริเวณดังกล่าว เนื่องจากเดือนพฤษภาคม 2553 เกิดไฟไหม้ป่าส่งผลให้กลิ้าไม้ที่ศึกษาได้รับความเสียหายซึ่งทำให้จำนวนของการกลิ้าไม้ไม่ครบตามที่ได้ระบุไว้ จึงจำเป็นต้องศึกษากลิ้าไม้เพิ่มเติมจากแปลงเดิม



ภาพที่ 3.7 แผนที่บริเวณที่ศึกษาและแปลงศึกษากลิ้าไม้ ขนาด 5 x 5 ตารางเมตร

คือ แปลงย่อยที่ศึกษากลิ้าไม้

ศึกษาโครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง

การศึกษาได้วางแผนศึกษาขนาด 30 X 50 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 ตารางเมตร มีแปลงย่อยทั้งหมด 15 แปลงย่อย เพิ่มจากแปลงศึกษาถาวรขนาด 100 x 100 ตารางเมตร เนื่องจากต้องการให้การศึกษาโครงสร้างของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง ครอบคลุมพื้นที่การกระจายของกล้าไม้ จากนั้นสำรวจและระบุชนิดพันธุ์ของต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 1.3 เมตร (Diameter at breast height; DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร ตัดหมายเลขต้นไม้ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับอก (DBH) ที่ระดับความสูง 1.3 เมตร โดย Diameter tape

วิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญ (Impotent Value Index ; IVI)

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ดัชนีความสำคัญ (Important Value Index, IVI) ซึ่งมีสูตรดังนี้

ดัชนีความสำคัญ = ความหนาแน่นสัมพัทธ์ + ความเด่นสัมพัทธ์ + ความถี่สัมพัทธ์

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (%) =
$$\frac{\text{ความหนาแน่นของต้นไม้ชนิดหนึ่ง} \times 100}{\text{ผลรวมของความหนาแน่นของต้นไม้ทุกชนิด}}$$

ความหนาแน่น = จำนวนทั้งหมดของต้นไม้ชนิดหนึ่งต่อพื้นที่

ความเด่นสัมพัทธ์ (%) =
$$\frac{\text{ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ชนิดหนึ่ง} \times 100}{\text{ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ทุกชนิด}}$$

พื้นที่หน้าตัด =
$$(22/7) \times \text{รัศมีของลำต้น}^2$$

ความถี่สัมพัทธ์ (%) =
$$\frac{\text{ความถี่ของต้นไม้ชนิดหนึ่ง} \times 100}{\text{ความถี่ของต้นไม้ทุกชนิด}}$$

ความถี่ของต้นไม้ชนิดหนึ่ง =
$$\frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดไม้นั้นปรากฏ} \times 100}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่สำรวจ}}$$

กล้าไม้ (ไม้ต้นสูงไม่เกิน 130 เซนติเมตร)

ศึกษากกล้าไม้ (สูงไม่เกิน 130 เซนติเมตร) ในพื้นที่ศึกษา โดยเลือกกล้าไม้ที่มีลักษณะวิสัยเป็นไม้ต้น (tree) จากแปลงที่ศึกษา โดยสำรวจและจำแนกชนิดกล้าไม้จากใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา เช่น ลักษณะใบ ลำต้น หรือดูจากแม่ไม้บริเวณใกล้เคียง นับจำนวน วัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น คำนวณหาความหนาแน่นและรูปแบบการกระจายของกล้าไม้ ซึ่งมีสูตรดังนี้

ความหนาแน่นของกล้าไม้

ความหนาแน่นของกล้าไม้ = จำนวนกล้าไม้ทั้งหมดของกล้าไม้ชนิดหนึ่งต่อพื้นที่ทั้งหมด

รูปแบบการกระจายของกล้าไม้

ศึกษารูปแบบการกระจายของกล้าไม้โดยวิธี m^*/m regression method (Lloyd, 1967)

$$m^* = \frac{\sum_{i=1}^N x_i(x_i-1)}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

$$m = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

กรณีที่ 1 เมื่อค่าอัตราส่วนของ m^* ต่อ m มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ากล้าไม้ชนิดนั้นๆ มีรูปแบบการกระจายแบบ regular distribution

กรณีที่ 2 ค่าอัตราส่วนของ m^* ต่อ m มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่ากล้าไม้ชนิดนั้นๆ มีรูปแบบการกระจายแบบ random distribution

กรณีที่ 3 ค่าอัตราส่วนของ m^* ต่อ m มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ากล้าไม้ชนิดนั้นๆ มีรูปแบบการกระจายแบบ contagious distribution

เลือกกล้าไม้

เลือกกล้าไม้วางศ์ยางที่เป็นไม้เด่นในแปลงตัวอย่าง 3 ชนิด โดยพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของแม่ไม้ กับความหนาแน่น (density) ของกล้าไม้ ดังนั้นกล้าไม้ที่ศึกษา คือ พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) และเต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) (ภาพที่ 3.8) โดยศึกษากกล้าไม้ที่มีความสูงตั้งแต่ 16 เซนติเมตร ถึง 130 เซนติเมตร (Sajan, 2000) แบ่งกล้าไม้ออกเป็น 3 ขนาด โดยใช้ความสูงเป็นเกณฑ์ ดังนี้

กล้าไม้ขนาดเล็ก กกล้าไม้ที่มีความสูงตั้งแต่ 16 เซนติเมตร ถึง 35 เซนติเมตร

กล้าไม้ขนาดกลาง กกล้าไม้ที่มีความสูงตั้งแต่ 36 เซนติเมตร ถึง 75 เซนติเมตร

กล้าไม้ขนาดใหญ่ กกล้าไม้ที่มีความสูงตั้งแต่ 76 เซนติเมตร ถึง 130 เซนติเมตร

จากนั้นศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้ โดยศึกษาทั้ง 3 ขนาด ขนาดละ 15 ต้น



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 3.8 (ก) กกล้าไม้พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)

(ข) กกล้าไม้เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

(ค) กกล้าไม้เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume)

3.3 ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology)

ศึกษาจากกล้าไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด ที่ได้เลือกไว้ ขนาดละ 15 ต้น (ทั้งหมด 45 ต้นต่อชนิด) ติดเบอร์กล้าไม้โดยเรียงจากแปลงศึกษาที่ 1 ถึงแปลงศึกษาที่ 11 จากนั้นติดหมายเลขใบของกล้าไม้ (ภาพที่ 3.9) โดยการติดหมายเลขใบของกล้าไม้ ติดเรียงจากใบที่อยู่ล่างสุดจนถึงใบที่อยู่บนสุด (ภาพที่ 3.10) บันทึกข้อมูลโดยวัดความสูง (H, เซนติเมตร) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0 , เซนติเมตร) (ภาพที่ 3.11 และภาพที่ 3.12) นับจำนวนใบ วัดขนาดของใบ (ความกว้างและความยาว, เซนติเมตร) ความยาวปล้อง (เซนติเมตร) และจดลำดับการแตกกิ่ง พร้อมทั้งบันทึกลักษณะการแตกกิ่งของกล้าไม้แต่ละชนิด

การศึกษชีวภูมิอากาศวิทยาเริ่มศึกษาเดือนเมษายน 2553 และทำการศึกษาต่อเนื่องทุกเดือนจนกระทั่งถึงเดือนกรกฎาคม 2554 หากกล้าไม้ผลิใบใหม่ได้ติดหมายเลขใบที่เกิดใหม่ โดยเรียงหมายเลขต่อจากใบที่อยู่บนสุด จากนั้นวัดขนาดของใบ (ความกว้างและความยาว) พร้อมทั้งนับจำนวนใบที่เกิดใหม่ ในกรณีที่ใบหลุดร่วงบันทึกหมายเลขใบที่หลุดร่วง พร้อมทั้งนับจำนวนใบที่หลุดร่วงในแต่ละเดือน และบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของใบกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด



ภาพที่ 3.9 กล้าไม้ที่ศึกษา



ภาพที่ 3.10 ติดหมายเลขใบโดยเรียงลำดับจากกิ่งล่างไปกิ่งบน



ภาพที่ 3.11 วัดความสูงทั้งหมด (H, เซนติเมตร) ด้วยไม้บรรทัด



ภาพที่ 3.12 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน(D_0 , เซนติเมตร) ด้วยเวอร์เนีย

3.4 ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation)

3.4.1 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ

สร้างสมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ จากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบกับตัวแปรอิสระต่างๆ ได้แก่ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ และผลคูณของความกว้างและความยาวของใบ โดยเก็บตัวอย่างใบของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด เลือกให้ขนาดของใบครอบคลุมตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ โดยขนาดใบของกล้าไม้พลวงจำนวน 46 ใบ กว้างตั้งแต่ 13 – 41 เซนติเมตร มีความยาวตั้งแต่ 25 – 61 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบตั้งแต่ 278 – 3,700 ตารางเซนติเมตร ใบของกล้าไม้เหียงจำนวน 45 ใบ กว้างตั้งแต่ 12 – 28 เซนติเมตร มีความยาวตั้งแต่ 17 – 47 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบตั้งแต่ 174 – 867 ตารางเซนติเมตร ใบของกล้าไม้เต็งจำนวน 54 ใบ กว้างตั้งแต่ 3 – 13 เซนติเมตร มีความยาวตั้งแต่ 7 – 23 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบตั้งแต่ 21 – 225 ตารางเซนติเมตร โดยพื้นที่ใบสามารถคำนวณได้โดยการสแกนใบตัวอย่างแล้วคำนวณหาพื้นที่ใบโดยใช้โปรแกรม Photoshop CS3 (ปรีชา กาเพชร และคณะ 2554) จากนั้นสร้างสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ โดยใช้ Linear Regression ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.4.2 ศึกษาน้ำหนักส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของกล้าไม้

ศึกษากกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดเช่นเดียวกับที่ใช้ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา โดยศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพนั้นจะศึกษาในฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม - กันยายน 2554) เนื่องจากเป็นช่วงที่กล้าไม้มีการเจริญเต็มที่ โดยใช้ผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาเพื่อพิจารณาช่วงเวลาที่ไม่เจริญจนมีขนาดโตเต็มที่ เลือกกล้าไม้ที่มีความสมบูรณ์ในทุกขนาด คือ กล้าไม้ขนาดเล็ก จำนวน 3 ต้นต่อชนิด กล้าไม้ขนาดกลาง จำนวน 3 ต้นต่อชนิด และกล้าไม้ขนาดใหญ่ จำนวน 1 ต้นต่อชนิด

วัดความสูงทั้งหมดของกล้าไม้ (H, เซนติเมตร) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0 , เซนติเมตร) จากนั้นตัดส่วนเหนือดินของกล้าไม้ โดยตัดที่บริเวณลำต้นส่วนติดดิน แล้วคัดแยกส่วนของกล้าไม้ออกเป็น ลำต้น กิ่ง และใบ (ภาพที่ 3.13) ชั่งน้ำหนักสดของแต่ละส่วน โดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัล (OHAUS รุ่น Trooper) จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างของแต่ละส่วน คือ ลำต้น กิ่ง และใบ นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งโดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัล (Sartorius รุ่น TE31025) เพื่อ

คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสด เพื่อนำไปใช้ในการแปลงน้ำหนักสดเป็นน้ำหนักแห้งของน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดต่อต้น



ภาพที่ 3.13 คัดแยกส่วนเหนือดินของกล้าไม้ออกเป็น ใบ กิ่ง และลำต้น

ศึกษาน้ำหนักส่วนใต้ดินจากกล้าไม้ต้นเดียวกันกับที่ใช้ศึกษาน้ำหนักเหนือดิน จากนั้นชุดระบบรากทั้งหมดโดยใช้แรงดันน้ำฉีดล้างดินออกจากราก (ภาพที่ 3.14) จำแนกรากตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (0-2 2-5 5-10 10-20 20-30 30-40 40-50 และมากกว่า 50 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 3.15) ซึ่งน้ำหนักโดยแยกตามขนาดราก สุ่มเก็บตัวอย่างของเส้นผ่านศูนย์กลางรากแต่ละขนาด นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของรากแต่ละขนาด เพื่อนำไปใช้ในการแปลงน้ำหนักสดเป็นน้ำหนักแห้งของส่วนใต้ดินทั้งหมด



ภาพที่ 3.14 ชุดระบบรากโดยใช้แรงดันน้ำฉีดล้างดินออกจากราก



ภาพที่ 3.15 จำแนกรากตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

3.4.3 สร้างสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation)

สร้างสมการแอลโลเมตรีเพื่อประมาณน้ำหนักของส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของกล้าไม้ ทำโดยสร้างสมการถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับตัวแปรอิสระ ได้แก่ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) หรือความสูง (H) หรือผลคูณของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดินกับความสูง ($D_0 \cdot H$) ในรูปแบบ

$$Y = ax^b$$

โดยที่ Y คือ น้ำหนักของส่วนเนื้อดินทั้งหมด (W_{AG}) หรือน้ำหนักส่วนใต้ดินทั้งหมด (W_{BG})

X คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) หรือความสูง (H) หรือผลคูณของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดินกับความสูง ($D_0 \cdot H$)

a และ b คือ ค่าคงที่

จากนั้นวิเคราะห์สถิติของสมการที่ได้ โดยใช้ Regression analysis ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% จากโปรแกรม SPSS สำหรับ Window

3.4.4 ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ

ศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ โดยคำนวณค่าน้ำหนักส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด จากสมการแอลโลเมตรีที่ได้จาก ข้อ 3.4.3 จากนั้นเปรียบเทียบน้ำหนักของกล้าไม้ในแต่ละส่วน คือ ใบ ลำต้น และราก เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ โดยการศึกษาแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพจะเปรียบเทียบกับรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้แต่ละชนิด และรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพในแต่ละขนาดในกล้าไม้ชนิดเดียวกัน

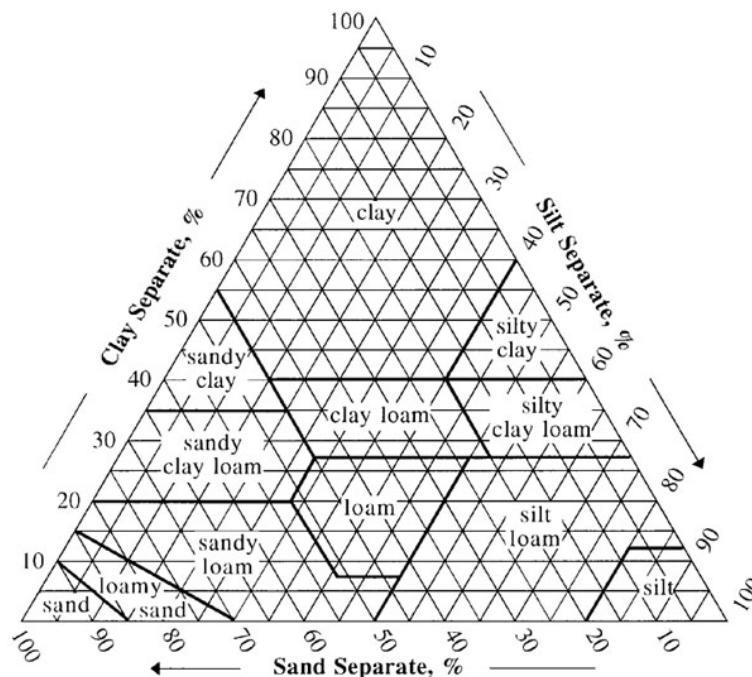
3.4 ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม

3.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน (Wan-Juliana *et al.*, 2009) โดยเก็บ 2 ฤดู คือ ฤดูฝน เก็บตัวอย่างดินในเดือนมิถุนายน และช่วงฤดูแล้งเก็บตัวอย่างดินในช่วงเดือนธันวาคม เก็บฤดูละ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินผึ่งที่อุณหภูมิห้องจนแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดตา 2 ตารางมิลลิเมตร (Endecotts Ltd. Longon, England) แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน ดังนี้

ลักษณะเนื้อดิน

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินโดยใช้วิธี Hydrometer method (Bouyoucos, 1926) (ภาพที่ 3.16) สัดส่วนอนุภาคของดิน (sand : silt : clay) ที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดินเพื่อจำแนกลักษณะเนื้อดิน (United States Department of Agriculture)



ภาพที่ 3.16 แผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดิน (United States Department of Agriculture)

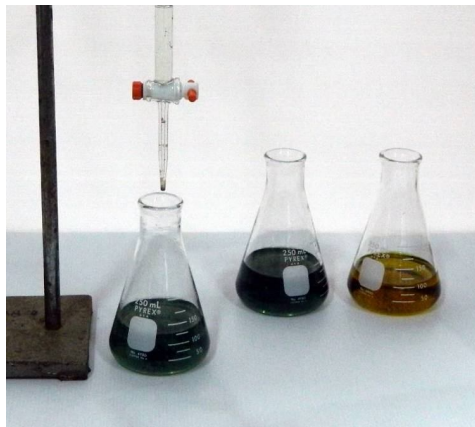


ภาพที่ 3.17 การวิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer method

เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน (Wan-Juliana *et al.*, 2009) โดยเก็บ 2 ฤดู คือ ฤดูฝน เก็บตัวอย่างดินในเดือนมิถุนายน และช่วงฤดูแล้งเก็บตัวอย่างดินในช่วงเดือนธันวาคม เก็บฤดูละ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินผึ่งที่อุณหภูมิห้องจนแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงสแตนเลสขนาดตา 0.5 ตารางมิลลิเมตร (Endecotts Ltd. Longon, England) แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน ดังนี้

วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black method (Jackson, 1973)

วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินโดยใช้วิธี Walkley and Black method (ภาพที่ 3.18)



ภาพที่ 3.18 การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black method

ศึกษาความชื้นในดินโดยวิธี Fresh – dry weight method

วิเคราะห์ความชื้นในดินทุกเดือนที่ทำการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554 เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร จากผิวดิน (ภาพที่ 3.19) จำนวน 3 ซ้ำ แล้วชั่งน้ำหนักสดของดิน จากนั้นนำดินอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของดิน จากนั้นคำนวณหาความชื้นในดินโดยสูตรดังนี้

$$\text{ความชื้นในดิน} = \frac{\text{น้ำหนักของดินเปียก} - \text{น้ำหนักของดินแห้ง}}{\text{น้ำหนักของดินแห้ง}}$$



ภาพที่ 3.19 เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core เพื่อคำนวณความชื้นในดิน

3.4.2 ลักษณะสภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ

ติดตั้ง Minimum – Maximum thermometer (ภาพที่ 3.20) โดยติดตั้งสูงจากพื้น 1.50 เมตร ด้านทิศเหนือหรือทิศใต้ เพื่อหลีกเลี่ยงผลของการได้รับแสงโดยตรงในแต่ละวัน ติดตั้งในทุกพื้นที่ศึกษา บริเวณละ 3 จุด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 บันทึกข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิขณะที่บันทึกข้อมูล โดยบันทึกข้อมูลอุณหภูมิดังกล่าวทุกเดือนตลอดช่วงระยะเวลาที่ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา



ภาพที่ 3.20 เทอร์โมมิเตอร์ Minimum – Maximum thermometer

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 โครงสร้างป่า

4.1.1 การศึกษาโครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง

จากการศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรังที่ระดับความสูง 800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง พบพรรณไม้ทั้งหมด 29 ชนิด (ตารางที่ 4.1) โดยที่พลวงมีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ 38.87 รองลงมาคือ เหียง มีค่าดัชนีความสำคัญ 37.19

ตารางที่ 4.1 พรรณไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด 10 อันดับแรก

ลำดับ	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ค่าดัชนีความสำคัญ
1	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	38.9
2	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	37.2
3	ก้อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehde.	29.3
4	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume.	21.5
5	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth.	21.0
6	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	16.7
7	สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	15.0
8	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	13.4
9	ก้อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib	10.5
10	ก้อตี	<i>Quercus kingiana</i> Craib	9.1

4.2.1 ก้ามไม้ (สูงไม่เกิน 130 เซนติเมตร)

จากการศึกษา ก้ามไม้ในแปลงศึกษาพบพรรณไม้ทั้งหมด 32 ชนิด โดยก้ามไม้วงศ์ยางที่เป็นไม้เด่น ความหนาแน่นของก้ามไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุดคือ เต็ง พลวง และเหียง (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.2 ความหนาแน่นของก้ามไม้มากที่สุด 10 อันดับแรก และรูปแบบการกระจายของก้ามไม้

ลำดับ	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ความหนาแน่น (ต้น/ตารางเมตร)	รูปแบบการกระจาย
1	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	1.04	contagious distribution
2	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib	0.44	regular distribution
3	เหมือด แก้ว	<i>Aporosa yunnanensis</i> (Pax & K.Hoffm.) F.P.Metcalf	0.24	contagious distribution
4	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	0.23	contagious distribution
5	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	0.23	regular distribution
6	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	0.21	contagious distribution
7	ก่อแดง	<i>Quercus kingiana</i> Craib	0.21	regular distribution
8	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	0.19	regular distribution
9	แข้งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	0.17	contagious distribution
10	แสลงใจ	<i>Strychnos nux - vomica</i> L.	0.14	contagious distribution

4.1.3 ลักษณะไม้วงศ์ยางที่ศึกษา

พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) (Smitinand, 1954)

ลักษณะลำต้น มีลักษณะอ้วนและคดงอ

ลักษณะใบ ใบเป็นรูปไข่ ส่วนฐานกว้างกว่าส่วนปลาย โดยมีความยาวเป็นหนึ่งเท่าครึ่งหรือสองเท่าของความกว้าง ฐานเป็นรูปหัวใจ ขอบหยักเล็กน้อย กว้างประมาณ 12 – 30 เซนติเมตร ยาวประมาณ 14 – 36 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.1) หูใบสีเขียว มีขนสั้นสีเทาปกคลุม ก้านใบยาวประมาณ 4 – 9 เซนติเมตร เกือบหรือมีขนสั้นๆ ปกคลุม

การกระจายพันธุ์ พบได้ในภาคเหนือของประเทศไทย เช่น เชียงใหม่ สุโขทัย เพชรบูรณ์



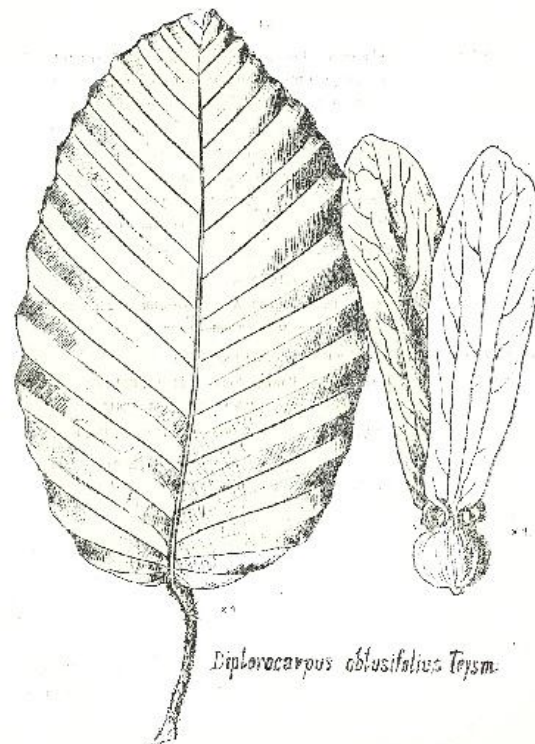
ภาพที่ 4.1 ลักษณะใบและผลของไม้พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)

เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) (Smitinand, 1954)

ลักษณะลำต้น เปลือกมีสีเทาเข้ม หนา

ลักษณะใบ ใบเป็นรูปไข่กลับ หรือรูปขอบขนานแกมรูปไข่ ขอบใบหยักเป็นคลื่น พื้นใบเป็นรูปหัวใจหรือรูปรี ส่วนปลายใบมนหรือกลม ใบกว้างประมาณ 9 – 15 เซนติเมตร ยาวประมาณ 15 – 22 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.2) ด้านหลังมีขนปกคลุม ก้านใบยาวประมาณ 3 – 4 เซนติเมตร มีขนสีน้ำตาลปนเหลืองปกคลุม

การกระจายพันธุ์ สามารถพบมากในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เช่น เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ เพชรบูรณ์



ภาพที่ 4.2 ลักษณะใบและผลของไม้เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) (Smitinand *et al.*, 1980)

ลักษณะลำต้น เปลือกลำต้นสีน้ำตาลแดง เปลือกชั้นในมีสีน้ำตาลอมเหลือง มีชั้นสีเหลือง

ลักษณะใบ ใบรี หรือรูปขอบขนาน ปลายใบมนหรือกลม ฐานใบมนหรือเป็นรูปหัวใจ ใบกว้างประมาณ 3.5 – 9.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7 – 11.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.3) ก้านใบยาวประมาณ 1 - 1.4 เซนติเมตร

การกระจายพันธุ์ พบได้ทั่วไปในป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp forest) ที่ระดับความสูงมากกว่า 500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทางภาคเหนือพบได้ในจังหวัดเชียงใหม่ เพชรบูรณ์



ภาพที่ 4.3 ลักษณะใบและผลของไม้เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume)

4.2 ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology)

4.2.1 ขนาดใบและการเปลี่ยนสีของใบ

ผลการศึกษาพบว่า ก้ามไม้พลวง เหียง และเต็ง ผลิตใบใหม่หลังจากวันที่เริ่มศึกษา 55 วัน (เดือนพฤษภาคม 2553) ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 4.1) โดยการผลิตใบใหม่จะเริ่มนับเมื่อแผ่นใบคลี่ออกอย่างสมบูรณ์ (แผ่นใบทั้ง 2 ข้างของเส้นกลางใบแยกออกจากกันอย่างชัดเจนและหุบหลอดร่วงไป) ลักษณะใบอ่อนของก้ามไม้พลวงมีสีเขียวอ่อนและสามารถสังเกตเห็นขนสีขาวปกคลุมอย่างชัดเจน มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 765.76 ± 595.88 ตารางเซนติเมตร ใบอ่อนของก้ามไม้เหียงมีสีเขียวอ่อนและเห็นขนสีขาวปกคลุมชัดเจนเช่นเดียวกับก้ามไม้พลวง มีพื้นที่ใบ 292.36 ± 180.88 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ใบอ่อนของก้ามไม้เต็งมีสีแดงอมม่วง มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 70.30 ± 35.51 ตารางเซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไปหลังจากเริ่มศึกษา 81 วัน (เดือนมิถุนายน 2553) ใบของก้ามไม้เต็งเจริญเต็มที่ มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 85.8 ± 41.50 ตารางเซนติเมตร หลังจากเริ่มศึกษา 105 วัน (เดือนกรกฎาคม 2553) ใบของก้ามไม้พลวงและเหียงเจริญเต็มที่ โดยมีพื้นที่ใบ 1131.10 ± 568.13 ตารางเซนติเมตร และ 314.79 ± 170.21 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งการเจริญเต็มที่ของใบพิจารณาจากการเปลี่ยนของพื้นที่ใบ หากใบเจริญเต็มที่พื้นที่จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หลังจากทีใบของก้ามไม้เต็งเจริญเต็มที่เริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของใบได้หลังจากเริ่มศึกษา 259 วัน (เดือนมกราคม 2554) ซึ่งตรงกับช่วงฤดูหนาวและจัดเป็นช่วงฤดูแล้ง พบว่า ใบของก้ามไม้พลวงเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง ใบของก้ามไม้เต็งเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง แต่ยังไม่พบการเปลี่ยนสีใบของก้ามไม้เหียง หลังจากเริ่มศึกษา 283 วัน (เดือนกุมภาพันธ์ 2554) พบว่า จำนวนใบของก้ามไม้พลวงที่เปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดงมีเพิ่มขึ้น และใบที่เปลี่ยนสีก่อนหน้าได้เปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีน้ำตาล จำนวนใบของก้ามไม้เต็งเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับก้ามไม้พลวง และใบของก้ามไม้เต็งที่มีสีเหลืองหลุดร่วง ใบของก้ามไม้เหียงเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นเหลืองแต่ใบที่เปลี่ยนสีดังกล่าวเป็นใบเดิมของก้ามไม้เหียงที่ติดอยู่บนต้นกล้าก่อนเริ่มการศึกษา แต่ใบที่ผลิตใหม่ในเดือนพฤษภาคม 2553 ยังไม่พบการเปลี่ยนสี หลังจาการศึกษา หลังจากเริ่มศึกษา 309 วัน (เดือนมีนาคม 2554) ใบของก้ามไม้พลวงที่มีสีน้ำตาลจะหลุดร่วง ใบของก้ามไม้พลวงที่มีสีแดงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ใบของก้ามไม้เต็งสีเหลืองจะหลุดร่วง ก้ามไม้เหียงใบสีเหลืองหลุดร่วง ใบสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

นอกจากการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสีใบของกล้าไม้แล้ว สิ่งที่สามารถสังเกตได้ในอีกอย่างหนึ่งคือ ใบที่ถูกลสัตว์กินพืชกิน ซึ่งพบว่า ใบของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็งหลังจากเริ่มศึกษา 337 วัน (เดือนเมษายน 2554) ถูกลสัตว์กัดกินมากที่สุด เนื่องจากใบของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด ยังเป็นใบอ่อน เมื่อเปรียบเทียบส่วนที่ถูกลสัตว์กัดกินพบว่า กล้าไม้เต็งถูกลสัตว์กัดกินมากที่สุด รองมา คือ ใบของกล้าไม้พลวงและเหียง ตามลำดับ

กล้าไม้เต็ง

(*Shorea obtusa* Wall.
ex Blume)



กล้าไม้เหียง

(*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.
ex Miq.)



กล้าไม้พลง

(*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)



27 55 81 105 132 157 179 208 237 259 283 309 337 364 391 421 วัน

← เดือนเมษายน 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม 2554 →

ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนสีของใบของกล้าไม้พลง เหียง และเต็ง ตั้งแต่เริ่มศึกษาจนกระทั่งสิ้นสุดการศึกษา

4.2.2 ชีวภูมิอากาศวิทยาของใบ (Leaf phenology)

4.2.2.1 พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)

จากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้พลวงพบว่า อายุใบนับตั้งแต่วันที่เดือนเมษายน 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554 ของพลวงทั้ง 3 ขนาด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ANOVA, $P > 0.05$) คือ กล้าไม้พลวงกล้าไม้ขนาดเล็ก มีอายุใบเท่ากับ 280 ± 39 วัน (ประมาณ 9 เดือน) กล้าไม้พลวงขนาดกลาง มีอายุใบเท่ากับ 274 ± 24 วัน (ประมาณ 9 เดือน) และกล้าไม้พลวงขนาดใหญ่ มีอายุใบเท่ากับ 269 ± 32 วัน (ประมาณ 9 เดือน) โดยที่กล้าไม้พลวงขนาดเล็ก และขนาดกลาง มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 3 ± 1 ใบ กล้าไม้พลวงขนาดใหญ่มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 4 ± 1 ใบ

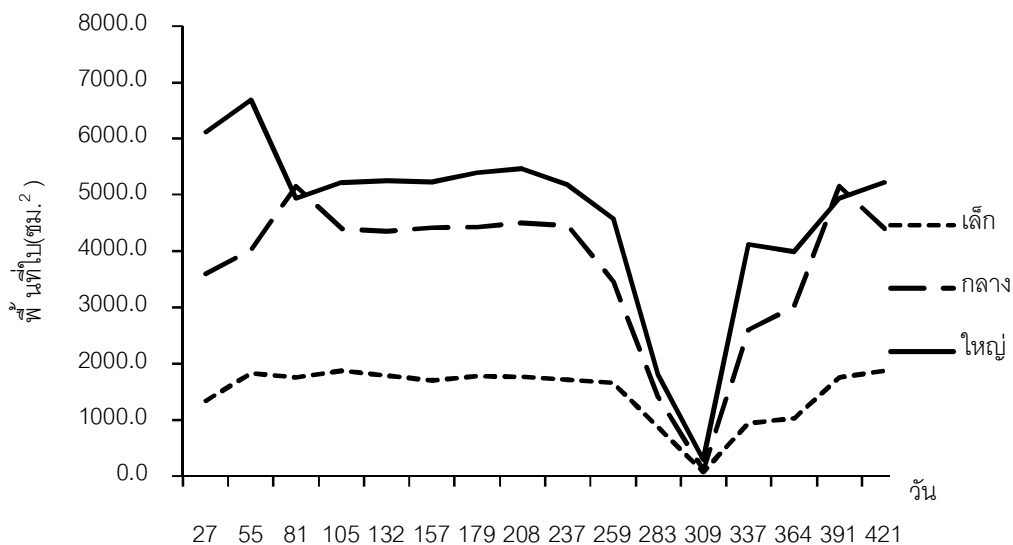
การศึกษาจำนวนใบผลิใหม่เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า จำนวนใบผลิใหม่ในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้พลวงทั้ง 3 ขนาด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test, $p < 0.05$) โดยที่กล้าไม้พลวงทั้ง 3 ขนาด จำนวนใบผลิใหม่ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูแล้ง (ตารางที่ 4.3) คือ มีจำนวนใบผลิใหม่ในฤดูฝนเท่ากับ 2 ใบต่อต้น ในฤดูแล้งกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ไม่มีจำนวนใบผลิใหม่ กล้าไม้พลวงขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในฤดูแล้งมีจำนวนใบผลิใหม่เท่ากับ 1 ใบ ต่อต้น

การศึกษาจำนวนใบหลุดร่วงเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า จำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้พลวงทุกขนาดในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าในฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test, $p < 0.05$) โดยที่กล้าไม้พลวงขนาดเล็กมีจำนวนใบหลุดร่วงในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 9 ใบต่อต้น กล้าไม้พลวงขนาดกลางมีจำนวนใบหลุดร่วงเท่ากับ 3 ใบต่อต้น และกล้าไม้พลวงขนาดใหญ่มีจำนวนใบหลุดร่วงเท่ากับ 6 ใบต่อต้น ในฤดูฝนกล้าไม้พลวงขนาดเล็กไม่มีใบหลุดร่วง และกล้าไม้พลวงขนาดกลางและขนาดใหญ่มีจำนวนใบหลุดร่วง เท่ากับ 3 ใบต่อต้น

การศึกษาพื้นที่ใบของกล้าไม้พลวงเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้พลวงทุกขนาด ฤดูฝนมีค่ามากกว่าพื้นที่ใบในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test, $P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.1 โดยที่พื้นที่ใบของกล้าไม้พลวงทั้ง 3 ขนาด มีค่าสูงสุดวันที่ 55 จากวันที่เริ่มศึกษาในช่วงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นฤดูฝน และมีค่าต่ำสุดในวันที่ 309 จากวันที่เริ่มศึกษาอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมซึ่งเป็นฤดูแล้ง (ภาพที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ขนาดกล้าไม้	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น (ตารางเซนติเมตร)	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
เล็ก	1195.87 ± 614.13	1709.63 ± 261.94
กลาง	2872.89 ± 1626.79	4372.86 ± 630.38
ใหญ่	3940.87 ± 2119.31	5212.64 ± 693.61



ภาพที่ 4.5 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554)

หมายเหตุ ช่วงวันที่ 309 หลังจากเริ่มการทดลองจำนวนใบหลุดร่วงมากที่สุด (เดือนมีนาคม)

4.2.2.2 เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

จากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้เหียงพบว่า อายุใบเหียงทั้ง 3 ขนาด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ANOVA, $P > 0.05$) คือ กล้าไม้เหียงขนาดเล็กมีอายุใบเท่ากับ 376 ± 22 วัน (ประมาณ 12.5 เดือน) กล้าไม้เหียงขนาดกลางมีอายุใบเท่ากับ 391 ± 21 วัน (ประมาณ 13 เดือน) และกล้าไม้เหียงขนาดใหญ่มีอายุใบเท่ากับ 404 ± 10 วัน (ประมาณ 13 เดือน) โดยที่กล้าไม้เหียงขนาดเล็กมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 3 ± 1 ใบ กล้าไม้เหียงขนาดกลางมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 5 ± 1 ใบ และกล้าไม้เหียงขนาดใหญ่มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 12 ± 2 ใบ

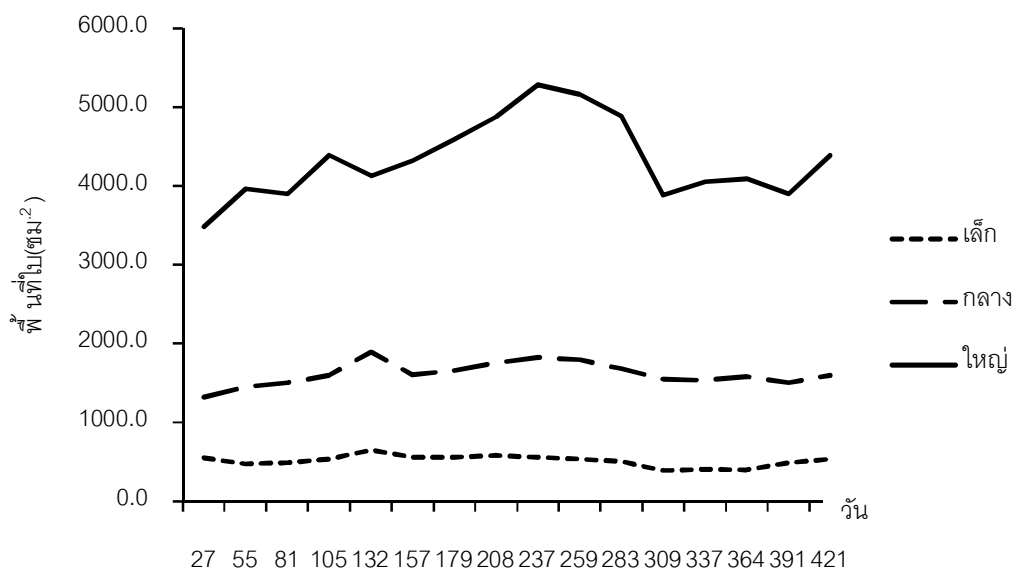
การศึกษาจำนวนใบผลิใหม่เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า จำนวนใบที่ผลิใหม่ในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้เหียงทั้ง 3 ขนาด ไม่มีความแตกต่างกัน (T-test, $p > 0.05$) แต่พบว่า กล้าไม้เหียงขนาดใหญ่มีจำนวนใบผลิใหม่มากที่สุดในฤดูฝน เท่ากับ 14 ใบ รองลงมาคือ กล้าไม้เหียงขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยมีค่าเท่ากับ 9 และ 3 ใบตามลำดับ เช่นเดียวกับฤดูแล้งพบว่า กล้าไม้เหียงขนาดใหญ่มีจำนวนใบผลิใหม่มากที่สุด รองลงมาคือ กล้าไม้เหียงขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยมีค่า เท่ากับ 6 2 และ 1 ใบ ตามลำดับ

การศึกษาจำนวนใบหลุดร่วงเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า จำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้เหียงทุกขนาดในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (T-test, $p > 0.05$) โดยที่ในฤดูฝนกล้าไม้เหียงขนาดกลาง มีจำนวนใบที่หลุดร่วงมากที่สุด คือ 4 ใบ รองลงมาคือ กล้าไม้เหียงขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยมีจำนวนใบที่หลุดร่วงเท่ากับ 2 ใบ และ 1 ใบ ตามลำดับ

การศึกษาพื้นที่ใบของกล้าไม้เหียงเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า พื้นที่ใบของกล้าไม้เหียงทุกขนาดระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน (T-test, $P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.4 และพบว่าพื้นที่ใบของกล้าไม้เหียงทั้ง 3 ขนาด มีแนวโน้มคงที่ตลอดการศึกษา ดังภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และกล้าไม้ขนาดใหญ่

ขนาดกล้าไม้	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น (ตารางเซนติเมตร)	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
เล็ก	500.53 ± 75.55	517.03 ± 69.12
กลาง	1637.92 ± 178.99	1597.63 ± 127.93
ใหญ่	4520.86 ± 699.86	4188.12 ± 247.03



ภาพที่ 4.6 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น ของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554)

หมายเหตุ ช่วงวันที่ 309 หลังจากเริ่มการทดลองจำนวนใบหลุดร่วงมากที่สุด (เดือนมีนาคม)

4.2.2.3 เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume.)

จากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้เต็งพบว่า อายุใบของเต็งทั้ง 3 ขนาด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ANOVA, $P > 0.05$) คือ กล้าไม้เต็งขนาดเล็กมีอายุใบเท่ากับ 276 ± 42 วัน (ประมาณ 9 เดือน) กล้าไม้เต็งขนาดกลางมีอายุใบเท่ากับ 301 ± 62 วัน (ประมาณ 10 เดือน) และกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่มีอายุใบเท่ากับ 258 ± 81 วัน (ประมาณ 8.5 เดือน) โดยที่กล้าไม้เต็งขนาดเล็กมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 4 ± 1 ใบ กล้าไม้เต็งขนาดกลางและขนาดใหญ่มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 6 ± 1 ใบ

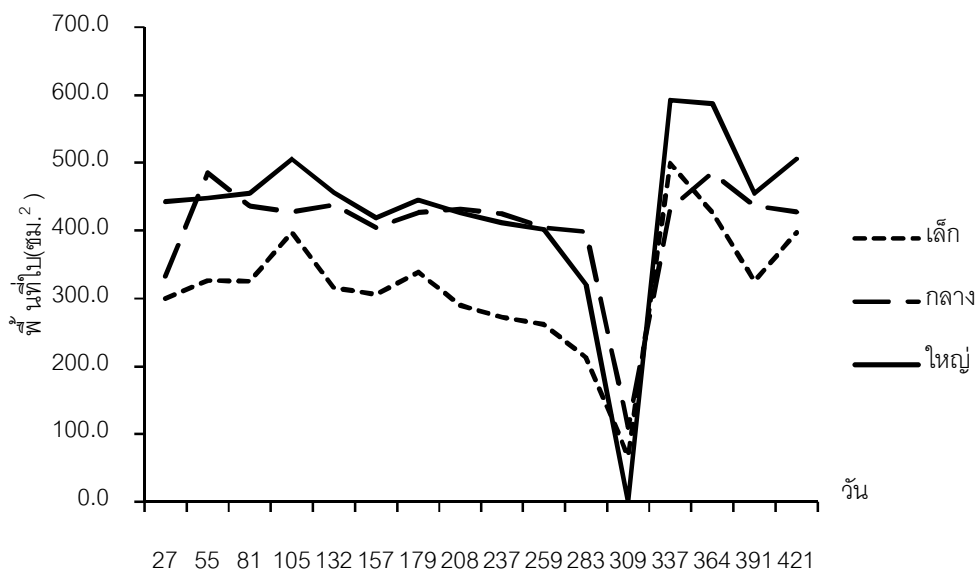
การศึกษาจำนวนใบผลิใหม่เปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า จำนวนใบผลิใหม่ในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้เต็งทุกขนาด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test, $p < 0.05$) โดยที่จำนวนใบผลิใหม่ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูแล้ง กล้าไม้เต็งขนาดเล็กและขนาดกลาง ในฤดูฝนมีค่าจำนวนใบผลิใหม่เท่ากับ 2 ใบต่อต้น และกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่ มีจำนวนใบผลิใหม่เท่ากับ 1 ใบต่อต้น แต่กล้าไม้เต็งทุกขนาดไม่มีจำนวนใบผลิใหม่ในฤดูแล้ง

การศึกษาจำนวนใบหลุดร่วงเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า จำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้เต็งในทุกขนาดในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าในฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test, $p < 0.05$) โดยที่กล้าไม้เต็งขนาดเล็กมีจำนวนใบที่หลุดร่วงช่วงฤดูแล้ง เท่ากับ 6 ใบต่อต้น กล้าไม้เต็งขนาดกลางมีจำนวนใบที่หลุดร่วงเท่ากับ 1 ใบต่อต้น และกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่มีจำนวนใบที่หลุดร่วงเท่ากับ 9 ใบต่อต้น ในฤดูฝนกล้าไม้เต็งขนาดเล็กและขนาดกลาง มีจำนวนใบที่หลุดร่วงเท่ากับ 2 ใบต่อต้น กล้าไม้เต็งขนาดใหญ่มีจำนวนใบที่หลุดร่วง เท่ากับ 3 ใบต่อต้น

การศึกษาพื้นที่ใบของกล้าไม้เต็งเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เต็งทั้ง 3 ขนาด ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่มีความแตกต่างกัน (T-test, $P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.5 โดยที่พื้นที่ใบของกล้าไม้เต็งทุกขนาด มีค่าสูงสุดวันที่ 364 จากวันที่เริ่มศึกษา ในช่วงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นฤดูฝน และมีค่าต่ำสุดในวันที่ 309 จากวันที่เริ่มศึกษา ในช่วงเดือนมีนาคมซึ่งเป็นฤดูแล้ง (ภาพที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น ในฤดูแล้งและฤดูฝนของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ขนาดกล้าไม้	พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น (ตารางเซนติเมตร)	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
เล็ก	271.97 ± 128.26	351.30 ± 43.73
กลาง	362.43 ± 116.65	441.19 ± 27.14
ใหญ่	370.99 ± 182.73	475.49 ± 50.69

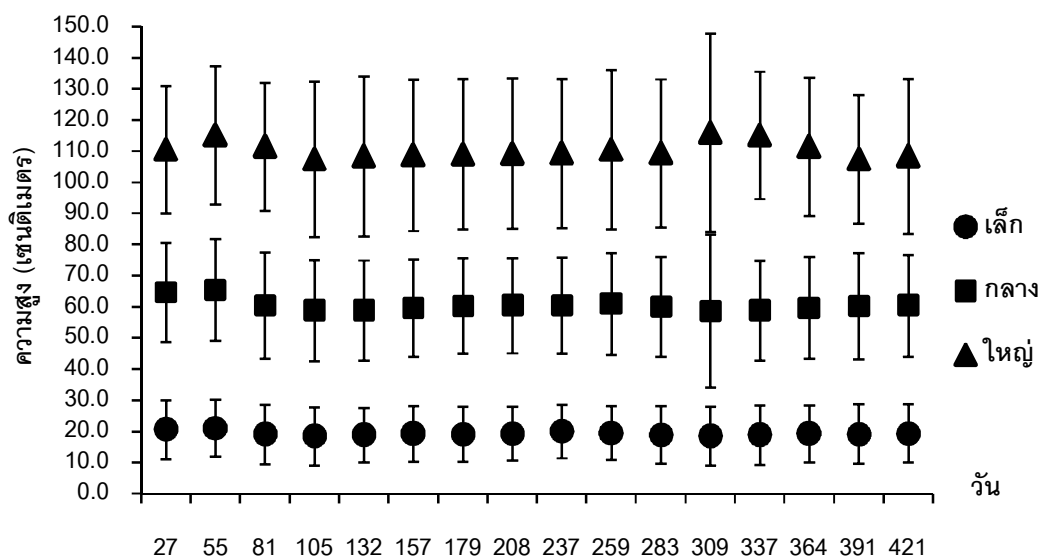


ภาพที่ 4.7 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554)

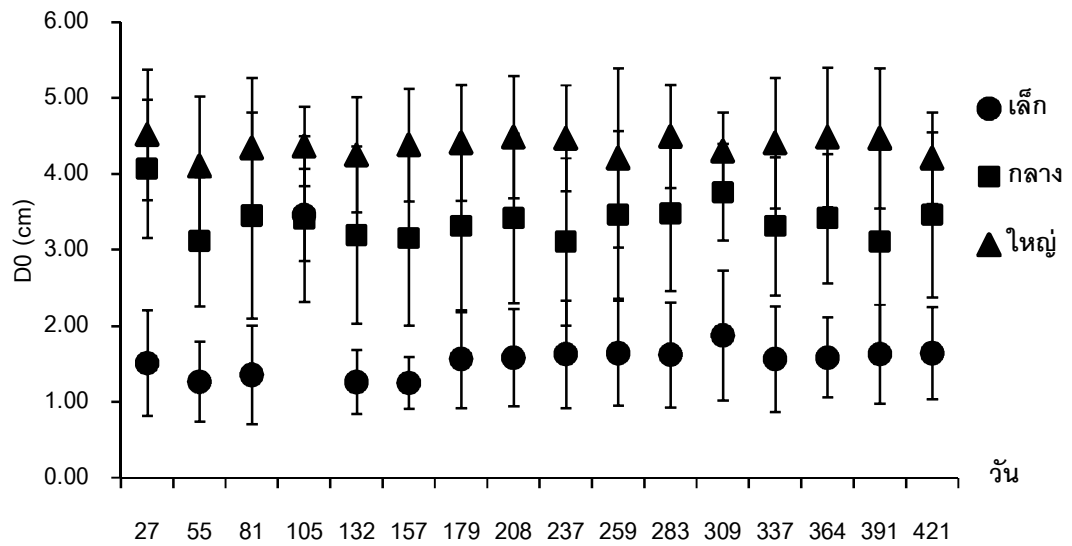
หมายเหตุ ช่วงวันที่ 309 หลังจากเริ่มการทดลองจำนวนใบหลุดร่วงมากที่สุด (เดือนมีนาคม)

4.2.3 ความสูง (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0)

การศึกษานี้วิกรมิอากาศวิทยาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของความสูง (H) และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) พบว่าการเปลี่ยนแปลงความสูงของกล้าไม้พลวง เหียง และ เต็ง ทั้ง 3 ชนิด ความสูงและขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับพื้นดินมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย (ภาพที่ 4.7 – ภาพที่ 4.9)

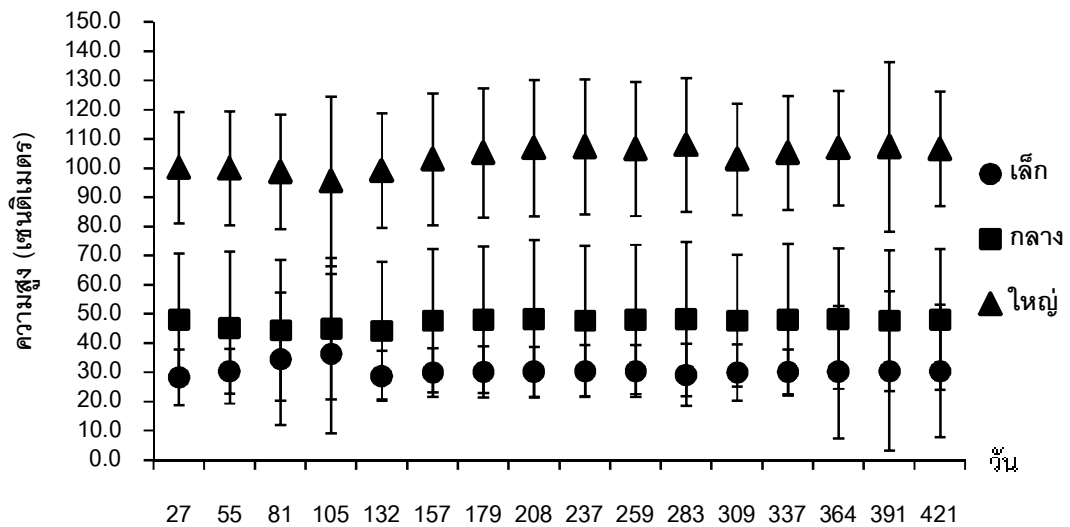


(ก)

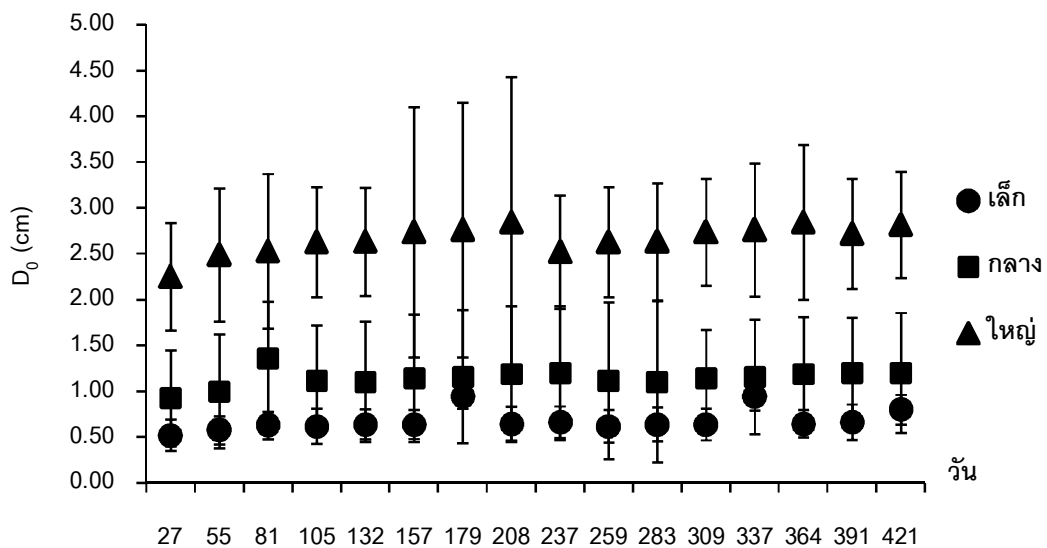


(ข)

ภาพที่ 4.8 (ก) ค่าเฉลี่ยของความสูง (H) และ (ข) ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0)เฉลี่ย ต่อดัน ของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554)

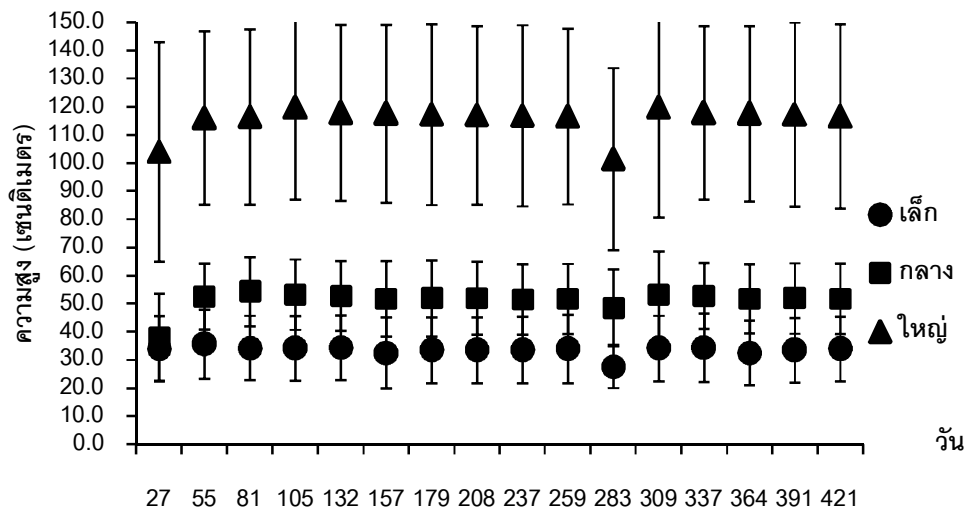


(ก)

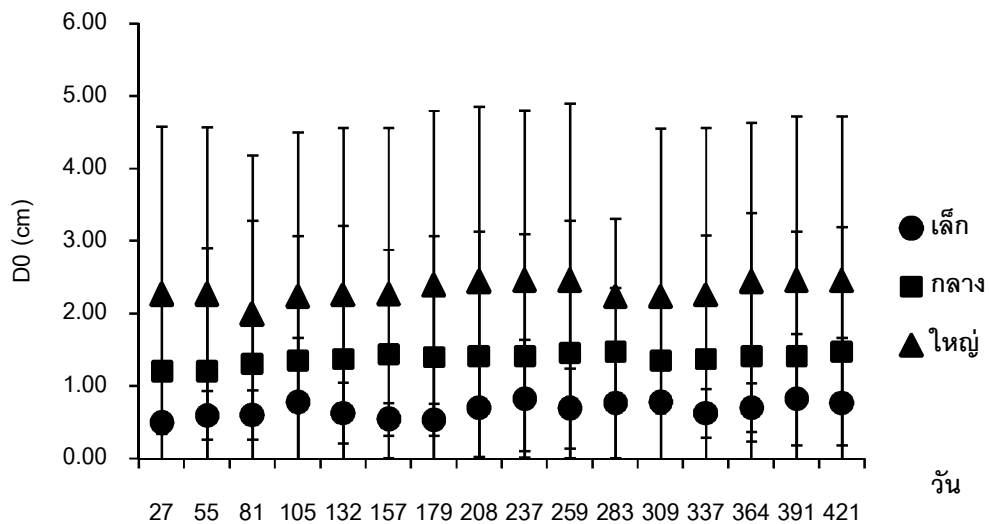


(ข)

ภาพที่ 4.9 (ก) ค่าเฉลี่ยของความสูง (H) และ (ข) ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เฉลี่ยต่อต้น ของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม 2554)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.10 (ก) ค่าเฉลี่ยของความสูง (H) และ (ข) ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เฉลี่ย ต่อต้น ของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในช่วงวันต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนถึงสิ้นสุดการศึกษา (เดือนเมษายน ถึงเดือนกรกฎาคม 2554)

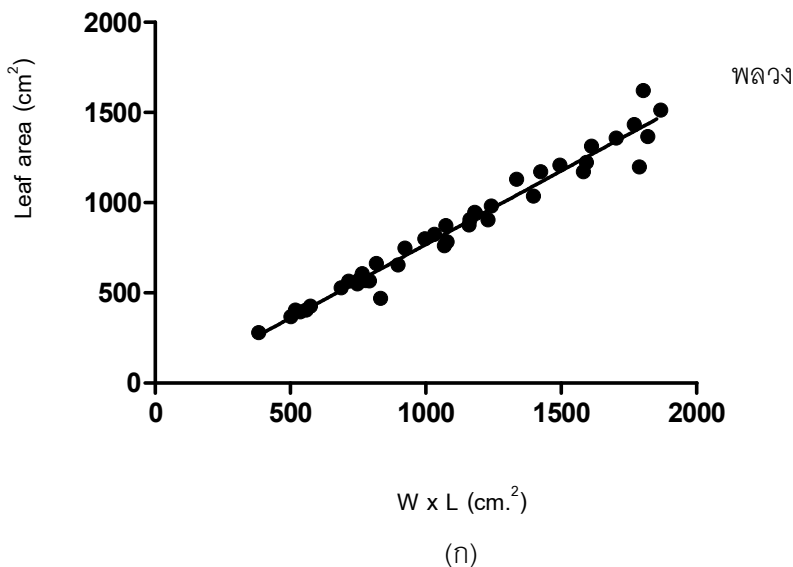
4.3 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation)

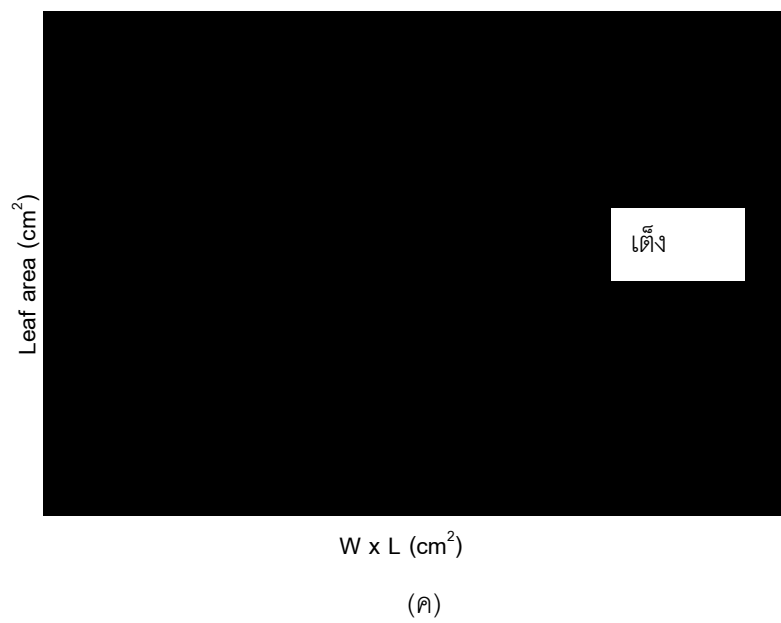
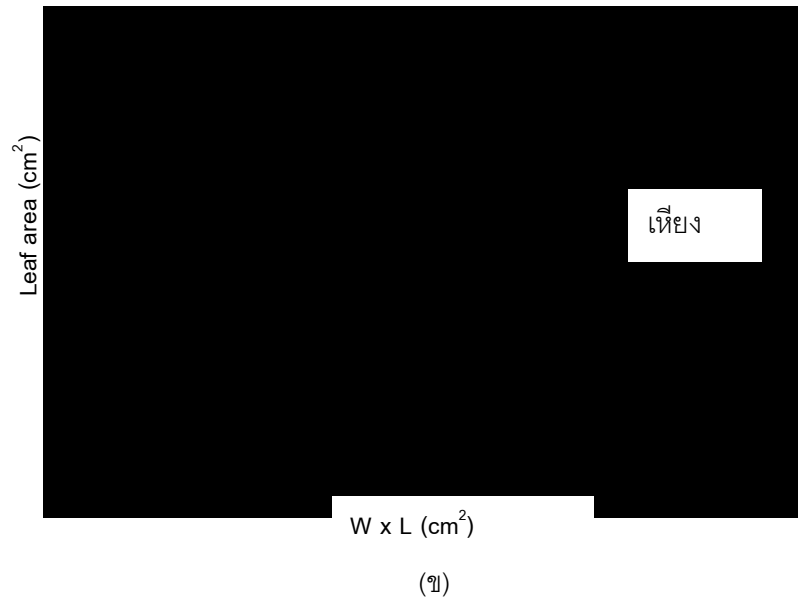
4.3.1 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ

สร้างสมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ จากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบกับผลคูณของความกว้างและความยาวของใบได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ (R^2) อยู่ในช่วง 0.97 – 0.99 โดยสมการที่ได้เป็นสมการเส้นตรง (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อ W และ L คือ ความกว้างและความยาวของใบตามลำดับ

ชนิดกล้าไม้	สมการ	R^2
พลวง (n = 46)	$Y = 0.8155 (W \times L) - 46.45$	0.97
เหียง (n = 45)	$Y = 0.7529 (W \times L) - 10.59$	0.99
เต็ง (n = 54)	$Y = 0.7723 (W \times L) - 1.364$	0.99





ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างพื้นที่ใบและผลคูณของความกว้างกับความยาวใบของ
 (ก) ก้ามไม้พลวง (ข) ก้ามไม้เหียง (ค) ก้ามไม้เต็ง

4.3.2 น้ำหนักส่วนเหนือดินและใต้ดินของกล้าไม้

4.3.2.1 พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)

ตัวอย่างกล้าไม้พลวงที่คัดเลือกสำหรับการศึกษาคือการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ มีความสูง (H) อยู่ในช่วง 10.0 – 104.2 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) อยู่ในช่วง 1.02 – 4.88 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.7) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (W_{AG}) อยู่ในช่วง 1.96 – 285.58 กรัมต่อต้น น้ำหนักส่วนใต้ดิน (W_{BG}) อยู่ในช่วง 43.13 – 861.67 กรัมต่อต้น

ตารางที่ 4.7 ความสูง(H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (W_{AG}) และใต้ดิน (W_{BG}) ของกล้าไม้พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)

ขนาดกล้าไม้	หมายเลขกล้าไม้	H (เซนติเมตร)	D_0 (เซนติเมตร)	W_{AG} (กรัม)	W_{BG} (กรัม)
เล็ก	1	18.70	1.02	21.36	179.59
	2	17.10	1.62	32.50	324.12
	3	10.00	1.50	1.96	43.13
กลาง	1	23.50	1.52	34.62	586.58
	2	38.50	1.34	29.53	136.94
	3	48.50	2.70	35.97	207.48
ใหญ่	1	104.20	4.58	285.58	861.67

4.3.2.2 เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

ตัวอย่างกล้าไม้เหียงที่คัดเลือกสำหรับการศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ มีความสูง (H) อยู่ในช่วง 16.5 – 77.5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) อยู่ในช่วง 0.34 – 1.70 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.8) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (W_{AG}) อยู่ในช่วง 2.78 – 78.65 กรัมต่อต้น น้ำหนักส่วนใต้ดิน (W_{BG}) อยู่ในช่วง 10.91 – 521.10 กรัมต่อต้น

ตารางที่ 4.8 ความสูง(H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (W_{AG}) และใต้ดิน (W_{BG}) ของกล้าไม้เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

ขนาดกล้าไม้	หมายเลขกล้าไม้	H (เซนติเมตร)	D_0 (เซนติเมตร)	W_{AG} (กรัม)	W_{BG} (กรัม)
เล็ก	1	31.00	0.47	4.24	19.95
	2	16.50	0.34	2.78	10.91
	3	28.20	0.60	5.62	34.00
กลาง	1	68.50	1.38	69.70	284.85
	2	41.30	0.64	16.72	65.57
	3	66.50	1.36	59.33	521.10
ใหญ่	1	77.50	0.87	78.65	241.53

4.3.2.3 เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume.)

ตัวอย่างกล้าไม้เต็งที่คัดเลือกสำหรับการศึกษาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ มีความสูง (H) อยู่ในช่วง 19.4 – 93.0 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) อยู่ในช่วง 0.25 – 1.10 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.9) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (W_{AG}) อยู่ในช่วง 1.58 – 32.20 กรัม ต่อต้น น้ำหนักส่วนใต้ดิน (W_{BG}) อยู่ในช่วง 10.10 – 677.65 กรัมต่อต้น

ตารางที่ 4.9 ความสูง (H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (W_{AG}) และใต้ดิน (W_{BG}) ของกล้าไม้เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume.)

ขนาดกล้าไม้	หมายเลขกล้าไม้	H (เซนติเมตร)	D_0 (เซนติเมตร)	W_{AG} (กรัม)	W_{BG} (กรัม)
เล็ก	1	20.90	0.25	5.21	32.89
	2	19.40	0.26	1.58	10.10
	3	25.50	0.66	22.30	22.46
กลาง	1	37.50	0.36	20.41	32.89
	2	45.20	0.37	3.76	17.85
	3	59.20	0.57	9.76	118.38
ใหญ่	1	93.00	1.10	32.20	677.65

4.3.3 สมการแอลโลเมตริก (Allometric equation)

สร้างสมการแอลโลเมตริกระหว่างน้ำหนักส่วนเนื้อดินของกล้าไม้ทั้งหมด (W_{AG}) และน้ำหนักส่วนใต้ดินของกล้าไม้ทั้งหมด (W_{BG}) กับตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร คือ กำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (D_0^2) ความสูง (H) และผลคูณของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดินกับความสูง ($D_0 * H$) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ดังแสดงใน ตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11 ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้มีรูปแบบเป็นเส้นตรงบนกราฟลอการิทึม โดยที่ความสัมพันธ์สำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนเนื้อดินของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.80 – 2.45 ซึ่งความชันคือ ค่าคงที่ b ในความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตริก และมีค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ (R^2) อยู่ในช่วง 0.312 – 0.944 ส่วนสมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความชันอยู่ในช่วง 0.52 – 2.46 และมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.284 – 0.937 และพบว่าสมการแอลโลเมตริกสำหรับการประมาณมวลชีวภาพส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของกล้าไม้เหียง มีค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุดคือ มีค่าอยู่ในช่วง 0.846 – 0.963

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (W_{AG}) โดยใช้ D_0^2 และ H และ $D_0 * H$ เป็นตัวแปรอิสระ ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ชนิดกล้าไม้	สมการแอลโลเมตรี	R^2
พลวง (n = 7)	$W_{AG} = 9.402(D_0^2)^{0.93}$	0.418**
	$W_{AG} = 0.117(H)^{1.64}$	0.768**
	$W_{AG} = 0.572(D_0 * H)^{0.99}$	0.687**
เหียง (n = 7)	$W_{AG} = 38.09(D_0^2)^{1.26}$	0.846*
	$W_{AG} = 0.001(H)^{2.44}$	0.941**
	$W_{AG} = 0.212(D_0 * H)^{1.29}$	0.944**
เต็ง (n = 7)	$W_{AG} = 32.13(D_0^2)^{0.80}$	0.612*
	$W_{AG} = 0.180(H)^{1.08}$	0.321*
	$W_{AG} = 1.098(D_0 * H)^{0.74}$	0.507*

หมายเหตุ * และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (W_{BG}) โดยใช้ D_0^2 และ H และ $D_0 \cdot H$ เป็นตัวแปรอิสระ ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ชนิดกล้าไม้	สมการแอลโลเมตรี	R^2
พลวง (n = 7)	$W_{BG} = 125.0(D_0^2)^{0.52}$	0.284*
	$W_{BG} = 14.54(H)^{0.83}$	0.423*
	$W_{BG} = 30.10(D_0 \cdot H)^{0.52}$	0.406*
เหียง (n = 7)	$W_{BG} = 190.0(D_0^2)^{1.36}$	0.937**
	$W_{BG} = 0.008(H)^{2.46}$	0.902*
	$W_{BG} = 0.843(D_0 \cdot H)^{1.34}$	0.963**
เต็ง (n = 7)	$W_{BG} = 241.1(D_0^2)^{1.05}$	0.633*
	$W_{BG} = 0.023(H)^{2.01}$	0.724*
	$W_{BG} = 1.608(D_0 \cdot H)^{1.18}$	0.765*

หมายเหตุ * และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

4.3.4 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation)

4.3.4.1 การสะสมและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างกล้าไม้แต่ละขนาด

4.3.4.1.1 พลงง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)

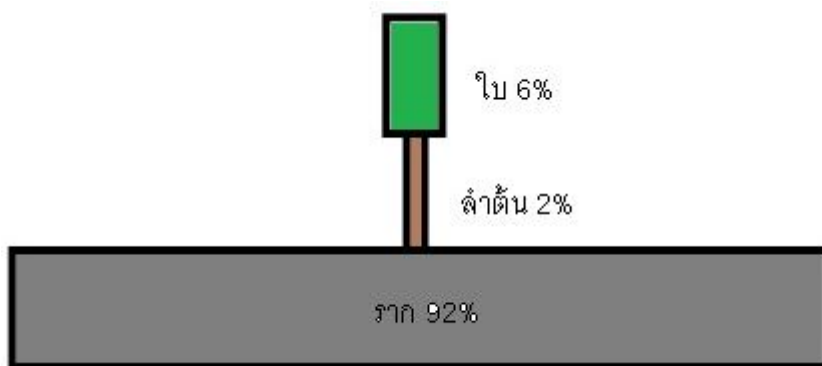
น้ำหนักของกล้าไม้พลงงในส่วนของใบ ลำต้น และราก ในแต่ละขนาดมีความแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test; $P \leq 0.05$) โดยที่น้ำหนักของใบ ลำต้น และราก มีค่ามากที่สุดในกลุ่มกล้าไม้ขนาดใหญ่ รองมาคือกล้าไม้ขนาดกลาง และกล้าไม้ขนาดเล็ก ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12) และพบว่าส่วนรากของกล้าไม้พลงงมีน้ำหนักมากที่สุดในทุกขนาด คือมีน้ำหนักรากเฉลี่ยต่อต้นอยู่ในช่วง 206.19 – 653.08 กรัม และเมื่อคือน้ำหนักของส่วนใบ ราก และลำต้น ของกล้าไม้พลงงเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนใบของกล้าไม้พลงง มีค่าลดลงเมื่อขนาดของกล้าไม้เพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนใบของกล้าไม้พลงงในแต่ละขนาดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Kruskal-Wallis Test; $P \leq 0.05$) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของกล้าไม้เพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนรากมากที่สุดในทุกขนาดของกล้าไม้พลงง โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของรากสูงถึง 95% 87% และ 75% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างใบ ลำต้น และราก ของแต่ละขนาดของกล้าไม้พลงงพบว่าสัดส่วนดังกล่าวของกล้าไม้พลงงขนาดเล็กและขนาดกลาง ไม่แตกต่างกัน (Chi-Square Test, $P > 0.01$) แต่สัดส่วนดังกล่าวของกล้าไม้พลงงขนาดกลางและขนาดใหญ่ แตกต่างกัน (Chi-Square Test) โดยที่กล้าไม้พลงงขนาดกลางมีเปอร์เซ็นต์ส่วนใบและรากมากกว่ากล้าไม้พลงงขนาดใหญ่ แต่ส่วนของลำต้นกล้าไม้พลงงขนาดใหญ่มีมากกว่ากล้าไม้ขนาดกลาง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกล้าไม้พลงงขนาดใหญ่และขนาดเล็กพบว่าเปอร์เซ็นต์ของสัดส่วนดังกล่าวแตกต่างกัน (Chi-Square Test) (ภาพที่ 4.11)

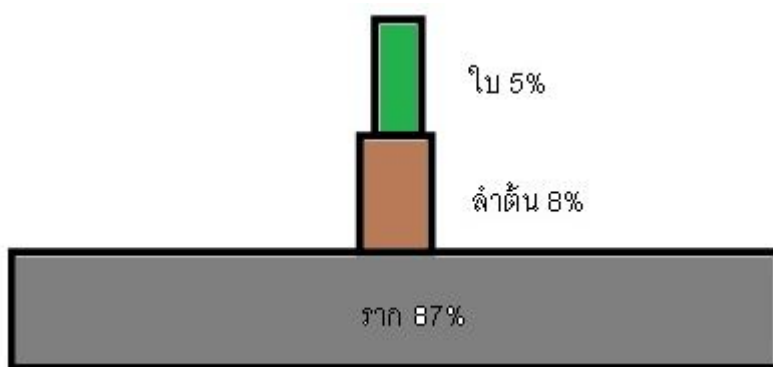
ตารางที่ 4.12 น้ำหนักใบ ลำต้น และราก เฉลี่ยต่อต้น (กรัม) ของกล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ขนาดกล้าไม้	ใบ	ลำต้น	ราก
เล็ก	18.85 ± 9.83	6.62 ± 3.98	206.19 ± 105.68
กลาง	23.51 ± 11.23	24.99 ± 11.89	277.04 ± 146.44
ใหญ่	71.10 ± 27.51	205.29 ± 78.64	653.08 ± 168.69

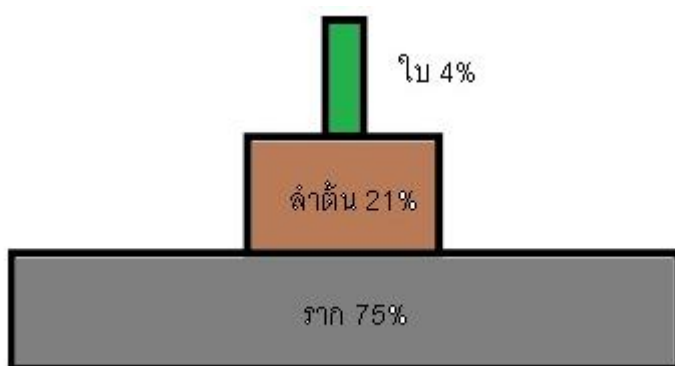
ค่าเฉลี่ย ± SD



(ก)



(ข)



(ค)



ภาพที่ 4.12 สัดส่วนใบ ลำต้น ราก ของ (ก) ก้ามไม้ผลขนาดเล็ก (ข) ก้ามไม้ผลขนาดกลาง และ (ค) ก้ามไม้ผลขนาดใหญ่

4.3.4.1.2 เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

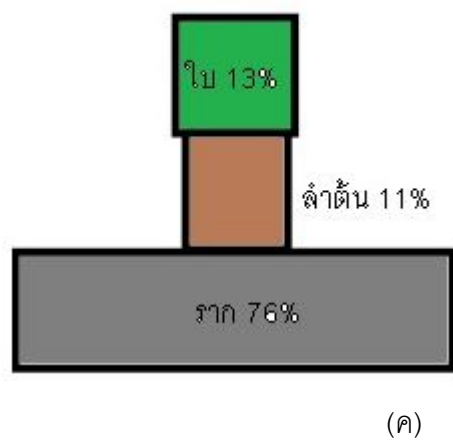
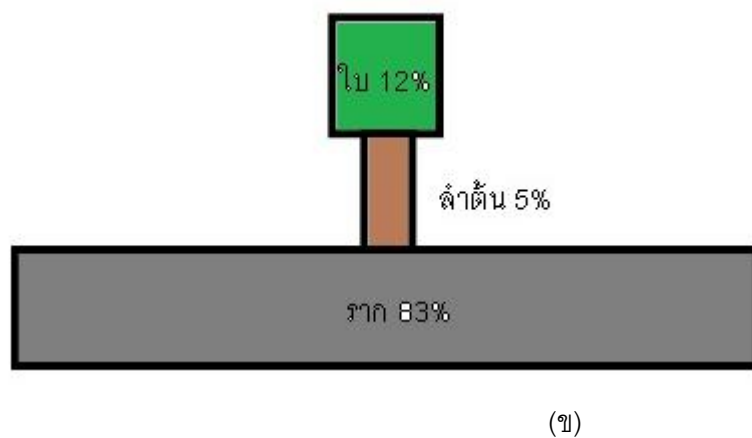
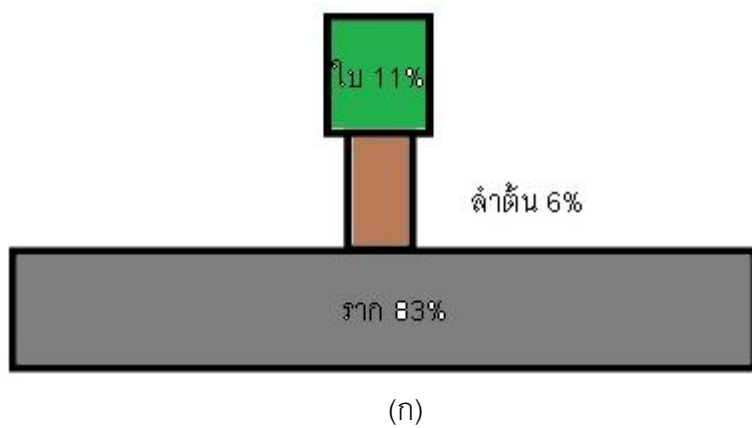
น้ำหนักของกล้าไม้เหียงในส่วนของใบ ลำต้น และราก ในแต่ละขนาดมีความแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test, $P < 0.05$) โดยที่น้ำหนักของใบ ลำต้น และรากของกล้าไม้ขนาดใหญ่มีค่ามากที่สุด รองมาคือกล้าไม้ขนาดกลาง และกล้าไม้ขนาดเล็ก ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) และพบว่าส่วนรากของกล้าไม้มีน้ำหนักมากที่สุดในทุกขนาด คือมีน้ำหนักรากเฉลี่ยต่อต้นอยู่ในช่วง 39.50 – 664.29 กรัม และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนใบ ลำต้น และราก ของกล้าไม้เหียงเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนใบของกล้าไม้เหียงทุกขนาดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ กล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีน้ำหนักส่วนของใบเท่ากับ 11% 12% และ 13% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อกล้าไม้เหียงมีขนาดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทุกขนาดของกล้าไม้เหียงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนรากมากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของรากสูงถึง 83 % 83 % และ 76 % ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างใบ ลำต้น และราก ของแต่ละขนาดของกล้าไม้เหียง พบว่าสัดส่วนดังกล่าวของกล้าไม้เหียงไม่แตกต่างกันตามขนาดของกล้าไม้ (Chi-Square Test, $P > 0.05$) (ภาพที่ 4.12)

ตาราง 4.13 น้ำหนักใบ ลำต้น และราก เฉลี่ยต่อต้น (กรัม) ของกล้าไม้เหียงขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ขนาดกล้าไม้	ใบ	ลำต้น	ราก
เล็ก	3.85 ± 3.05	1.46 ± 0.78	39.50 ± 28.03
กลาง	32.22 ± 12.01	13.95 ± 6.58	286.77 ± 139.61
ใหญ่	50.73 ± 15.81	34.82 ± 11.57	664.29 ± 328.05

ค่าเฉลี่ย ±SD



ภาพที่ 4.13 สัดส่วนใบ ลำต้น ยาง ของ (ก) ก่อไม้เหียงขนาดเล็ก (ข) ก่อไม้เหียงขนาดกลาง และ (ค) ก่อไม้เหียงขนาดใหญ่

4.3.4.1.3 เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume)

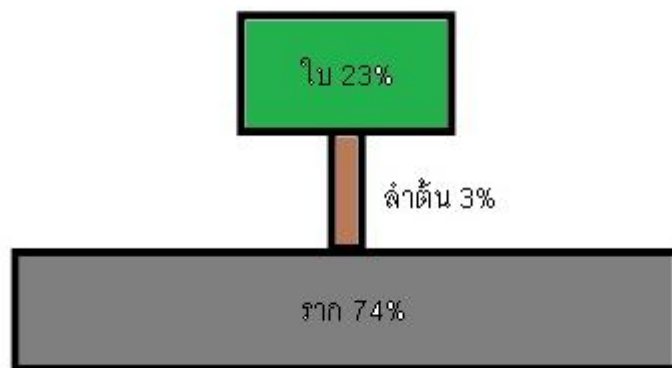
น้ำหนักของกล้าไม้เต็งส่วนของใบ ลำต้น และราก ในแต่ละขนาดมีความแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test, $P < 0.05$) โดยที่น้ำหนักของใบ ลำต้น และรากมีค่ามากที่สุดในกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่ รองมาคือกล้าไม้เต็งขนาดกลาง และกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ตามลำดับ (ตารางที่ 14) และพบว่า ส่วนรากของกล้าไม้เต็งมีน้ำหนักมากที่สุดในทุกขนาด คือมีน้ำหนักรากเฉลี่ยต่อต้นอยู่ในช่วง 18.60 – 1132.48 กรัม และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนใบ ลำต้น และราก ของกล้าไม้เต็งเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่า น้ำหนักส่วนใบของกล้าไม้เต็งมีค่าลดลง เมื่อขนาดของกล้าไม้เพิ่มขึ้น คือ กล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนใบเท่ากับ 23% 13% และ 1% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนลำต้นมีค่ามากที่สุดในกล้าไม้เต็งขนาดกลาง คือมีค่าเท่ากับ 8% ส่วนกล้าไม้เต็งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ มีค่าเท่ากันคือ 3% และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนรากมากที่สุดในทุกขนาด โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของราก 74% 79% และ 96% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างส่วนใบ ลำต้น และราก ของกล้าไม้เต็งแต่ละขนาดพบว่า ส่วนใบ ลำต้น และรากของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Chi-Square Test, $P = 0.000$) โดยที่กล้าไม้เต็งขนาดเล็ก มีเปอร์เซ็นต์ส่วนใบมากที่สุด รองมาคือ ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เปอร์เซ็นต์ส่วนรากมีมากที่สุดในกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่ รองมาคือ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13)

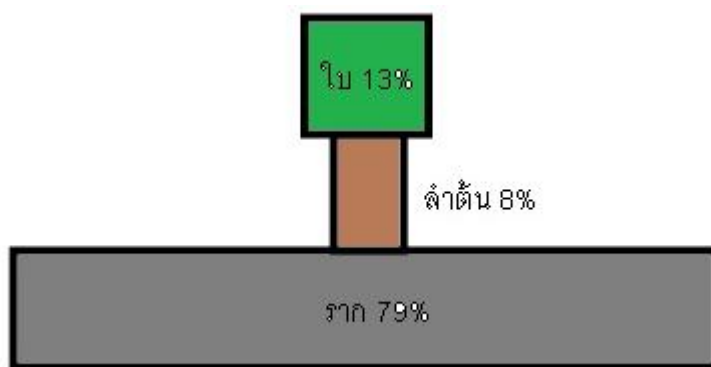
ตาราง 4.14 น้ำหนักใบ ลำต้น และรากเฉลี่ยต่อต้น (กรัม) ของกล้าไม้เต็งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ขนาดกล้าไม้	ใบ	ลำต้น	ราก
เล็ก	5.29 ± 7.26	0.94 ± 0.51	18.60 ± 7.87
กลาง	11.95 ± 12.09	6.62 ± 7.65	46.43 ± 34.35
ใหญ่	28.75 ± 14.02	70.79 ± 56.24	1132.48 ± 781.91

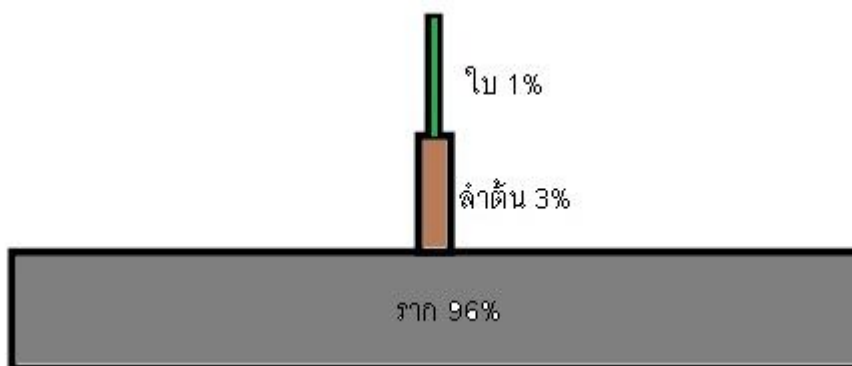
ค่าเฉลี่ย ±SD



(ก)



(ข)



(ค)



ภาพที่ 4.14 สัดส่วนไม้ ลำต้น ราก ของ (ก) ก้ามไม้เต็งขนาดเล็ก (ข) ก้ามไม้เต็งขนาดกลาง และ(ค) ก้ามไม้เต็งขนาดใหญ่

4.3.4.2 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างชนิดกล้าไม้

ศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้ายของมวลชีวภาพระหว่างชนิดกล้าไม้ โดยเปรียบเทียบสัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในแต่ละขนาดของกล้าไม้แต่ละชนิด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดเล็กของพลวง เหียง และเต็ง พบว่าสัดส่วนดังกล่าวของพลวงและเหียงไม่ต่างกัน (Chi-Square Test, $P>0.05$) แต่สัดส่วนระหว่างกล้าไม้พลวงและเต็งแตกต่างกัน (Chi-Square Test, $P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนใบ ลำต้น และราก ระหว่างกล้าไม้เหียงและเต็งพบว่า สัดส่วนดังกล่าวแตกต่างกัน (Chi-Square Test, $P<0.05$) (ตารางที่ 4.15)

สำหรับกล้าไม้ขนาดกลาง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนใบ ลำต้น และราก ของกล้าไม้ของพลวงและเหียงพบว่าแตกต่างกัน (Chi-Square Test, $P>0.05$) และสัดส่วนระหว่างกล้าไม้พลวงและเต็งก็แตกต่างกันด้วย (Chi-Square Test, $P>0.05$) (ตารางที่ 4.16) แต่เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนในลำต้น และราก ระหว่างกล้าไม้เหียงและเต็งพบว่าไม่แตกต่างกัน (Chi-Square Test, $P>0.05$)

อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาในกล้าไม้ขนาดใหญ่ พบว่าสัดส่วนใบ ลำต้น และราก กล้าไม้ทั้งสามชนิดที่ศึกษา มีความแตกต่างกัน (Chi-Square Test, $P>0.05$) (ตารางที่ 4.17)

จากผลการเปรียบเทียบสัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็งที่กล่าวมาข้างต้น จึงสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกันชัดเจนมากขึ้นตามขนาดของกล้าไม้ (ภาพที่ 4.14 – ภาพที่ 4.16)

ตารางที่ 4.15 สัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดเล็กของพลวง เหียง และเต็ง

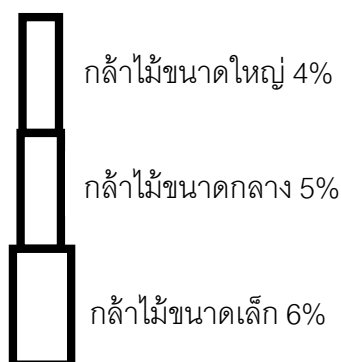
	พลวง	เหียง	เต็ง
ใบ	6%	11%	23%
ลำต้น	2%	6%	3%
ราก	92%	83%	74%

ตารางที่ 4.16 สัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดกลางของพลวง เหียง และเต็ง

	พลวง	เหียง	เต็ง
ใบ	5%	12%	13%
ลำต้น	8%	5%	8%
ราก	87%	83%	79%

ตารางที่ 4.17 สัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในกล้าไม้ขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง

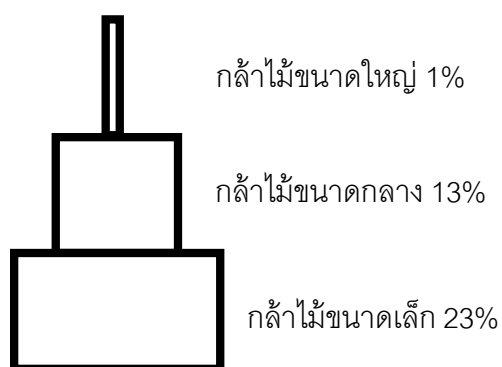
	พลวง	เหียง	เต็ง
ใบ	4%	13%	1%
ลำต้น	21%	11%	3%
ราก	75%	76%	96%



(ก)

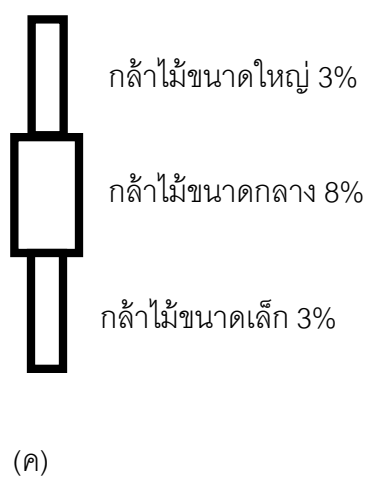
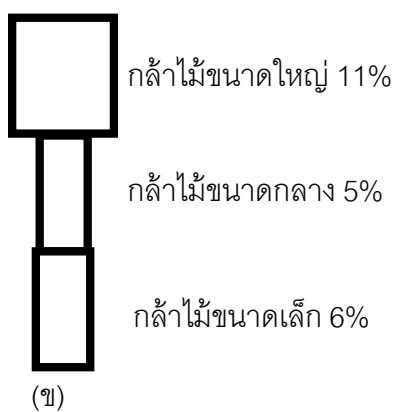
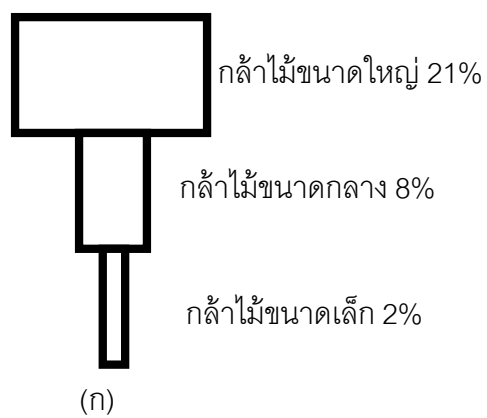


(ข)

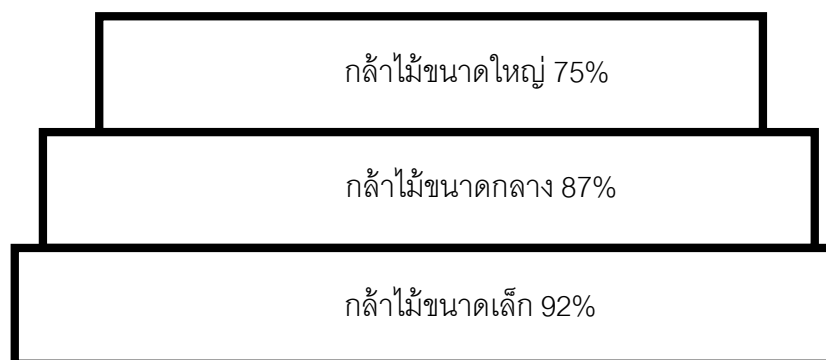


(ค)

ภาพที่ 4.15 สัดส่วนใบของก้านไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ (ก) พलग (ข) เหียง และ (ค) เต็ง



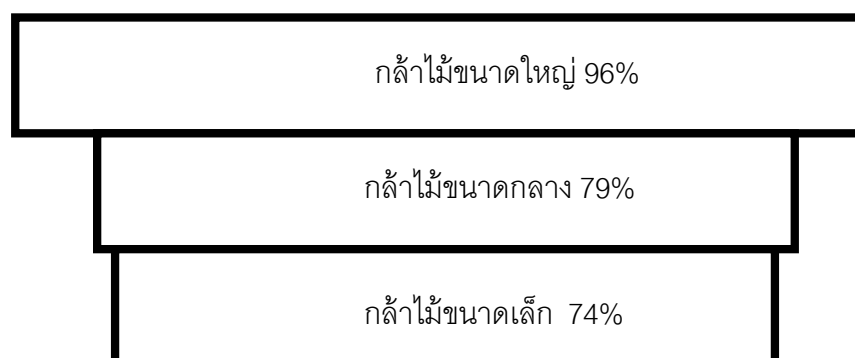
ภาพที่ 4.16 สัดส่วนลำต้นของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ (ก) พลวง (ข) เหียง และ (ค) เต็ง



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.17 สัดส่วนรากของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ (ก) พลวง (ข) เหียง และ (ค) เต็ง

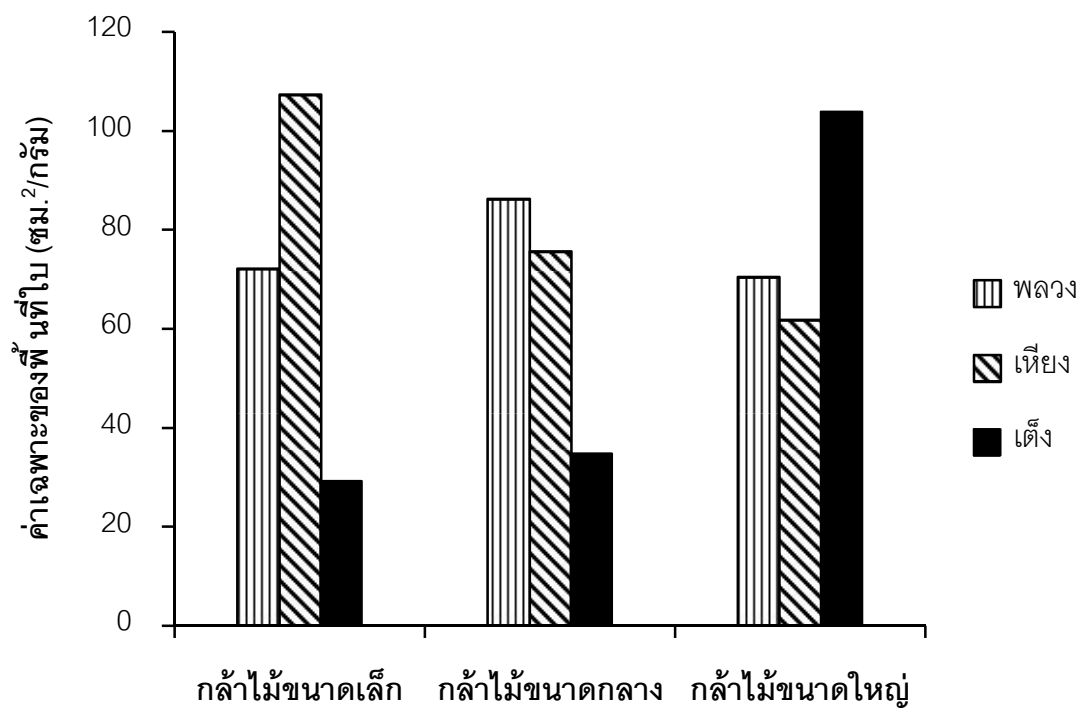
4.3.5 ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบ (Specific leaf area; SLA)

ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบ (Specific leaf area ; SLA) คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบต่อมวลแห้งของใบทั้งหมด จากผลการศึกษพบว่าค่าเฉพาะของพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละขนาดมีความแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test, $P \leq 0.05$) ซึ่งกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่า SLA ของกล้าไม้แตกต่างกัน กล่าวคือ กล้าไม้พลวงขนาดกลาง มีค่า SLA มากที่สุด เท่ากับ 97.57 ± 55.87 ตารางเมตร รองมาคือกล้าไม้พลวงขนาดเล็กและขนาดใหญ่ตามลำดับ กล้าไม้เหียงขนาดเล็กมีค่า SLA สูงที่สุดคือ 119.07 ± 18.05 ตารางเซนติเมตร รองมาคือขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ สำหรับกล้าไม้เต็งมีค่า SLA เพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของกล้าไม้เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.17) โดยที่ค่า SLA มีค่ามากที่สุดในกล้าไม้ขนาดใหญ่เท่ากับ 103.89 ± 39.09 รองลงมาคือกล้าไม้ขนาดกลางและขนาดเล็ก มีค่า SLA เท่ากับ 86.79 ± 8.80 และ 59.49 ± 20.96 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18)

ตาราง 4.18 ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น (ตารางเซนติเมตร) ในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง

ขนาดกล้าไม้	พลวง	เหียง	เต็ง
เล็ก	78.04 ± 27.64	119.07 ± 18.05	59.49 ± 20.96
กลาง	97.57 ± 55.87	76.40 ± 29.85	86.79 ± 8.80
ใหญ่	71.28 ± 7.50	82.60 ± 5.45	103.89 ± 39.09

ค่าเฉลี่ย \pm SD



ภาพที่ 4.18 ค่าเฉพาะของพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อดันของกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของ พลวง เหียง และเต็ง

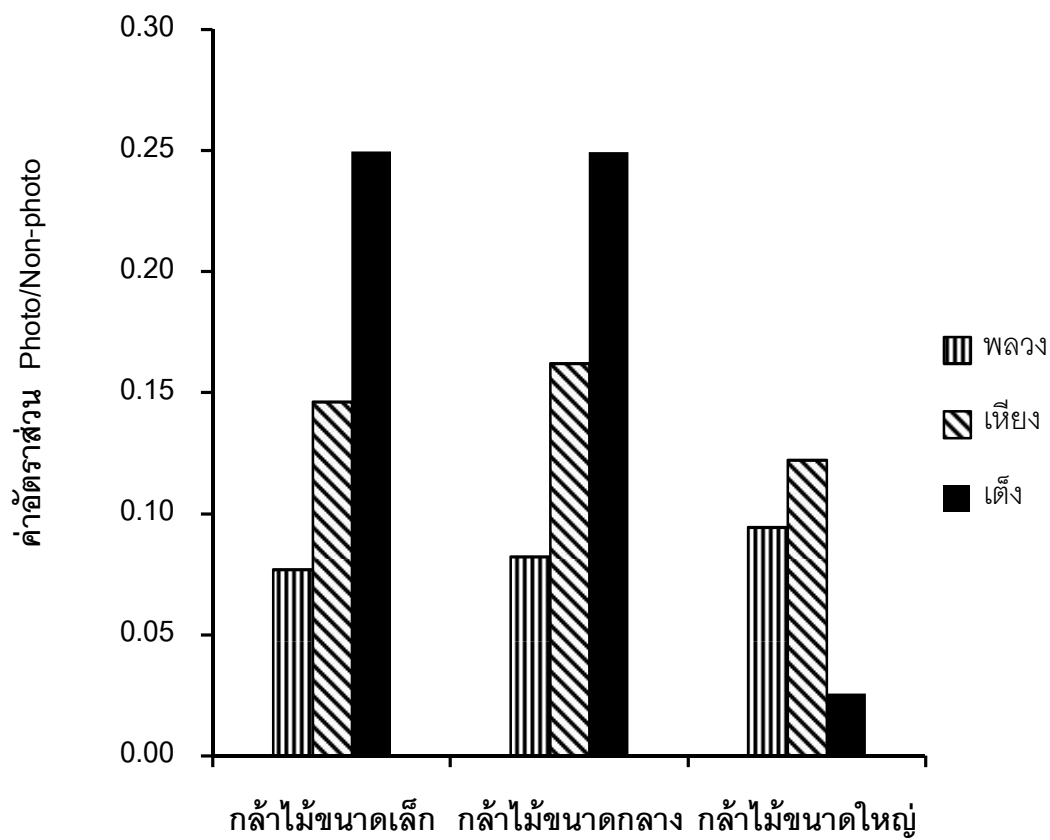
4.3.6 อัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้

ค่าอัตราส่วนของส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Photosynthetic : Non-photosynthetic; Photo:Non-photo) ของกล้าไม้เต็งขนาดเล็กและขนาดกลาง แตกต่างกับกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kruskal-Wallis Test; $P \leq 0.05$) โดยกล้าไม้ขนาดเล็กและขนาดกลางมีค่าอัตราส่วน Photo : Non-photo มากที่สุด เท่ากับ 0.25 และกล้าไม้ขนาดใหญ่ มีค่าอัตราส่วน Photo : Non-photo น้อยที่สุด เท่ากับ 0.03 (ตารางที่ 4.19) แต่ค่าอัตราส่วน Photo : Non-photo ของกล้าไม้พลวงและเหียงในแต่ละขนาดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Kruskal-Wallis Test; $P > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนดังกล่าวของกล้าไม้พลวงพบว่า ค่าอัตราส่วน Photo : Non-photo มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดกล้าไม้เพิ่มขึ้น คือ กล้าไม้พลวงขนาดเล็ก มีค่ามากที่สุด รองมาคือกล้าไม้ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ แต่อัตราส่วนดังกล่าวของกล้าไม้เหียง มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของกล้าไม้ใหญ่ขึ้น (ภาพที่ 4.18)

ตารางที่ 4.19 ค่าอัตราส่วน Photosynthetic : Non-photosynthetic เฉลี่ยต่อต้นในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง

ขนาดกล้าไม้	พลวง	เหียง	เต็ง
เล็ก	0.08 ± 0.02	0.15 ± 0.04	0.25 ± 0.19
กลาง	0.08 ± 0.03	0.16 ± 0.04	0.25 ± 0.18
ใหญ่	0.09 ± 0.04	0.12 ± 0.04	0.03 ± 0.01

ค่าเฉลี่ย ± SD



ภาพที่ 4.19 อัตราส่วนระหว่าง Photosynthetic กับ Non-Photosynthetic เฉลี่ยต่อต้นในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง

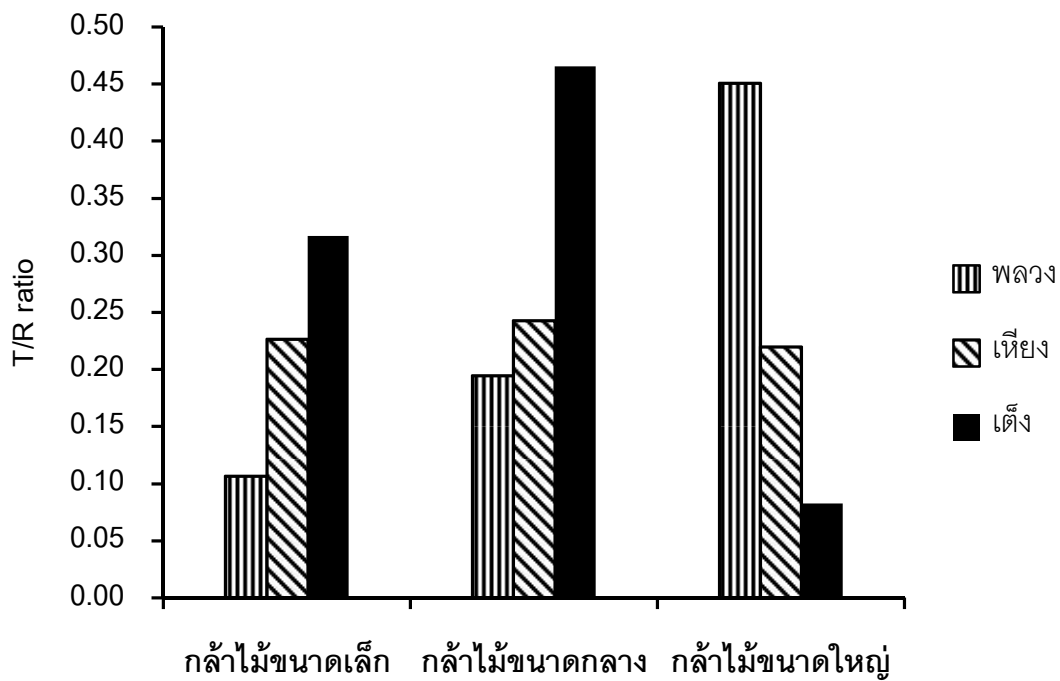
4.3.7 อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับมวลชีวภาพใต้ดิน (T/R ratio)

ค่า T/R ratio ของกล้าไม้พลวงและกล้าไม้เต็งแต่ละขนาดแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test; $P \leq 0.05$) ซึ่งกล้าไม้แต่ละชนิดมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่า T/R ratio แตกต่างกัน โดยที่กล้าไม้พลวง มีค่า T/R ratio เพิ่มขึ้นตามขนาดของกล้าไม้ คือ กล้าไม้ขนาดใหญ่ มีค่า T/R ratio มาก รองมาคือ กล้าไม้ขนาดกลางและขนาดเล็ก ตามลำดับ (ตาราง 4.20) การเปลี่ยนแปลงค่า T/R ratio ของกล้าไม้เต็งพบว่า ค่า T/R ratio มีค่าลดลงเมื่อขนาดของกล้าไม้เต็งมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่กล้าไม้เต็งขนาดกลาง มีค่า T/R ratio มากที่สุดคือ 0.47 รองมาคือ กล้าไม้เต็งขนาดเล็กและกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่ ตามลำดับ ส่วนกล้าไม้เหียงพบว่า (ภาพที่ 4.19) การเปลี่ยนแปลงค่า T/R ratio แต่ละขนาดไม่มีความแตกต่างกัน (Kruskal-Wallis Test; $P \leq 0.05$)

ตาราง 4.20 ค่า T/R ratio เฉลี่ยต่อต้น ในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง

ขนาดกล้าไม้	พลวง	เหียง	เต็ง
เล็ก	0.11 ± 0.03	0.23 ± 0.06	0.32 ± 0.20
กลาง	0.19 ± 0.06	0.24 ± 0.05	0.47 ± 0.36
ใหญ่	0.45 ± 0.07	0.22 ± 0.06	0.08 ± 0.03

ค่าเฉลี่ย ± SD



ภาพที่ 4.20 ค่า T/R ratio เฉลี่ยต่อต้นในกล้าไม้ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของพลวง เหียง และเต็ง

4.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

4.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

ลักษณะเนื้อดิน

ลักษณะเนื้อดินทั้ง 3 บริเวณ มีองค์ประกอบของอนุภาคดินเหนียว (Clay) ดินร่วน (Silt) และดินทราย (Sand) ดังตารางที่ 4.21 และตารางที่ 4.22 อนุภาคของดินร่วนมากที่สุด คือ 53% - 66% รองมาคืออนุภาคดินทราย จึงทำให้ลักษณะเนื้อดินในทุกบริเวณมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam) พบว่าลักษณะของเนื้อดินในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกัน (T-test, $P > 0.05$) ซึ่งพิจารณาจากความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินร่วน เนื่องจากลักษณะดินบริเวณนี้มีอนุภาคดินร่วนเป็นองค์ประกอบหลักมากกว่า 50%

ตารางที่ 4.21 อนุภาคดินเหนียว อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินทราย และลักษณะเนื้อดินในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนเมษายน)

พื้นที่ศึกษา	ฤดูแล้ง			ลักษณะเนื้อดิน
	% ดินเหนียว	% ดินร่วน	% ดินทราย	
1	30.7	54.1	15.2	ดินร่วนปนทรายแป้ง
	17.7	67.5	14.8	
	21.7	54.5	23.8	
เฉลี่ย \pm SD	28.7 \pm 6.7	57.3 \pm 7.6	14.0 \pm 5.1	
2	18.7	60.5	20.8	ดินร่วนปนทรายแป้ง
	19.1	54.8	26.2	
	13.1	55.1	31.8	
เฉลี่ย \pm SD	17.5 \pm 3.4	62.7 \pm 3.2	19.8 \pm 5.5	
3	23.3	56.6	19.8	ดินร่วนปนทรายแป้ง
	7.1	57.1	19.8	
	22.3	57.9	19.8	
เฉลี่ย \pm SD	18.3 \pm 9.1	60.1 \pm 0.6	21.6 \pm 9.1	

ตารางที่ 4.22 อนุภาคดินเหนียว อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินทราย และลักษณะเนื้อดิน
ดินในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม)

พื้นที่ศึกษา	ฤดูฝน			
	% ดินเหนียว	% ดินร่วน	% ดินทราย	ลักษณะเนื้อดิน
1	28.7	58.9	12.4	ดินร่วนปนทรายแป้ง
	23.7	58.5	17.8	
	33.7	54.5	11.8	
เฉลี่ย \pm SD	28.7 \pm 5.0	57.3 \pm 2.4	14.0 \pm 3.3	
2	14.1	66.1	19.8	ดินร่วนปนทรายแป้ง
	23.1	61.9	15.1	
	15.4	60.1	24.4	
เฉลี่ย \pm SD	17.5 \pm 4.9	62.7 \pm 3.1	19.8 \pm 4.7	
3	23.1	63.1	13.9	ดินร่วนปนทรายแป้ง
	11.4	63.8	24.8	
	20.4	53.5	26.1	
เฉลี่ย \pm SD	18.3 \pm 6.1	60.1 \pm 5.7	21.6 \pm 6.7	

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้ง 3 บริเวณ มีค่าอยู่ในช่วง 7.08% ถึง 8.16% (ตารางที่ 4.23) และเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้ง 3 บริเวณ ไม่แตกต่างกัน (ANOVA, $P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุในระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกัน (T-test, $P>0.05$)

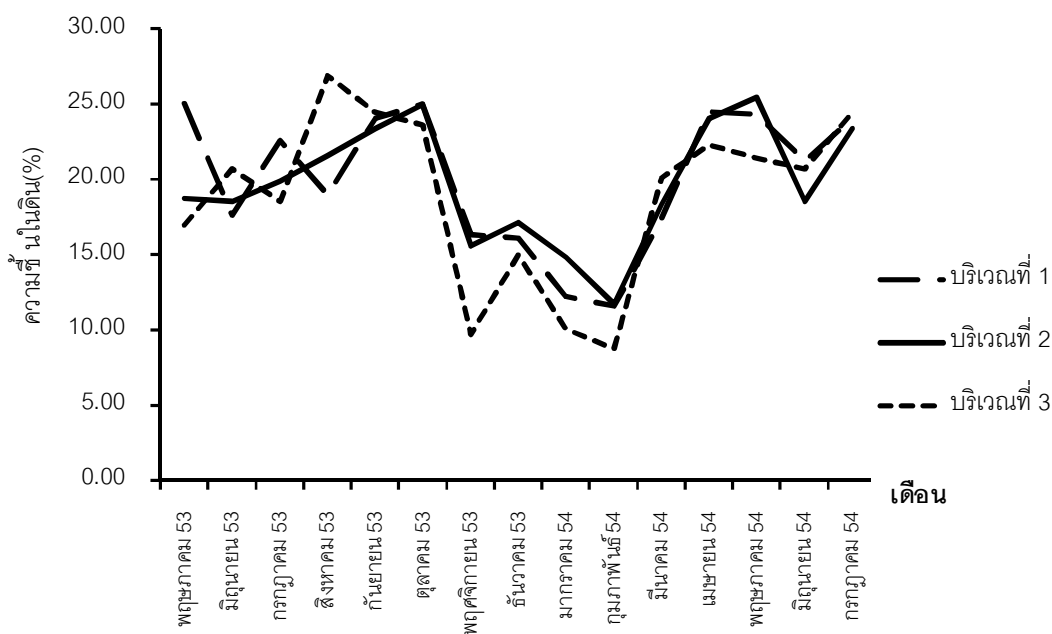
ตารางที่ 4.23 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของบริเวณ 1 บริเวณ 2 และบริเวณ 3 ในฤดูแล้งและฤดูฝน

บริเวณ		ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	
		ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1	1	6.72	7.46
	2	7.09	8.47
	3	7.44	7.65
	เฉลี่ย \pm SD	7.08 \pm 0.36	7.86 \pm 0.54
2	1	7.84	7.01
	2	8.21	7.78
	3	8.45	7.87
	เฉลี่ย \pm SD	8.16 \pm 0.31	7.56 \pm 0.47
3	1	7.46	7.54
	2	7.46	8.27
	3	7.44	8.02
	เฉลี่ย \pm SD	7.45 \pm 0.01	7.94 \pm 0.37

ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม โดยมีค่าเท่ากับ 24.5% และมีค่าต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีค่าเท่ากับ 10.7% (ภาพที่ 4.20) เมื่อเปรียบเทียบความชื้นในดินพบว่าความชื้นในดินของฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (T-test, $P < 0.05$) โดยที่ความชื้นในดินของฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินของ 3 บริเวณ โดยที่บริเวณที่ 1 คือ แปลงศึกษาย่อยของกล้าไม้พลวง บริเวณที่ 2 คือ แปลงศึกษาย่อยของกล้าไม้เหียง และบริเวณที่ 3 คือ แปลงศึกษาย่อยของเต็ง พบว่า ช่วงฤดูฝนบริเวณที่ 1 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเฉลี่ยเท่ากับ 22.5 21.6 และ 22.0 ตามลำดับ ช่วงฤดูแล้งมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน เท่ากับ 16.3 16.6 และ 14.5 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้งพบว่า บริเวณที่ 2 มีค่าความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินน้อยที่สุด คือ 5.0 บริเวณที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 6.2 และ 7.5 ตามลำดับ

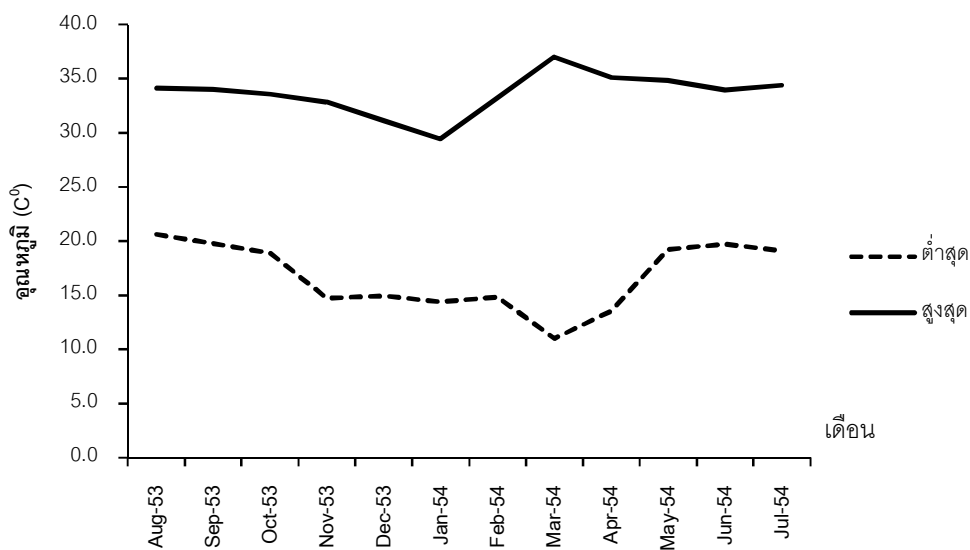


ภาพที่ 4.21 เปอร์เซนต์ความชื้นในดินช่วงเดือนพฤษภาคม 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554

4.4.2 ลักษณะสภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงจากเดือนพฤศจิกายน 2553 จนถึงเดือนมกราคม 2554 ซึ่งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 22.6 °C หลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 27.2 °C อุณหภูมิอากาศสูงที่สุดมีค่ามากที่สุดในเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 37.0°C และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม มีค่าเท่ากับ 29.4 °C อุณหภูมิอากาศต่ำสุดมีค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 11.0 °C และมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 20.6°C (ภาพที่ 4.21) ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดและต่ำสุดมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ซึ่งมีค่าความแตกต่างเท่ากับ 26.0 °C (ตารางที่ 4.24)



ภาพที่ 4.22 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายเดือนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม

2554

ตารางที่ 4.24 อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดรายเดือนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554

เดือน	อุณหภูมิอากาศ (°C)			
	เฉลี่ย*	สูงสุด	ต่ำสุด	ช่วงความแตกต่าง**
สิงหาคม 2553	27.0	34.1	20.6	13.5
กันยายน 2553	27.4	34.0	19.8	14.2
ตุลาคม 2553	26.8	33.6	18.9	14.7
พฤศจิกายน 2553	24.7	32.8	14.7	18.1
ธันวาคม 2553	23.4	31.1	14.9	16.2
มกราคม 2554	22.6	29.4	14.4	15.1
กุมภาพันธ์ 2554	24.4	33.2	14.8	18.4
มีนาคม 2554	25.3	37.0	11.0	26.0
เมษายน 2554	27.2	35.1	13.6	21.6
พฤษภาคม 2554	27.0	34.8	19.2	15.6
มิถุนายน 2554	27.1	33.9	19.7	14.2
กรกฎาคม 2554	27.0	34.4	19.1	15.3

หมายเหตุ * อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศจังหวัดเชียงใหม่ของกรมอุตุนิยมวิทยา

** ช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศคำนวณจาก อุณหภูมิอากาศสูงสุดรายเดือน – อุณหภูมิอากาศต่ำสุดรายเดือน

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

5.1 โครงสร้างป่า

5.1.1 โครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง

โครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรังที่ระดับความสูง 800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นระดับอก (DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป 29 ชนิด มีขนาด DBH เฉลี่ย 15.9 เซนติเมตร โดยที่มีค่ามากที่สุดและน้อยสุด เท่ากับ 43.5 และ 5.0 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยพบไม้เด่นที่เป็นไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เช่น พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) และเต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume.) โดยที่พลวงมีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) มากที่สุด รองมาคือ เหียง และเต็ง โดยมีค่า IVI เท่ากับ 38.9 37.2 และ 21.5 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพรรณไม้เด่นในป่าเต็งรังของการศึกษาของวิชญ์ภาส (2545) บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ พบว่ามีพรรณไม้เด่น คือ พลวง เต็ง และรัง (*Shorea siamensis* Miq.) โดยมี DBH เฉลี่ย 11.46 เซนติเมตร ซึ่งพรรณไม้เด่นในป่าเต็งรังมีชนิดพันธุ์ที่คล้ายคลึงกัน

5.1.2 กิ่งไม้ (สูงไม่เกิน 130 เซนติเมตร)

จากการศึกษากิ่งไม้พบ 32 ชนิด โดยกิ่งไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) รองมาคือ ก่อแพะ (*Quercus kerrii* Craib) และเหมือดแก้ว (*Aporosa yunnanensis* (Pax & K.Hoffm.) F.P.Metcalf) โดยมีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 1.04 0.44 และ 0.24 ต้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งกิ่งไม้วงศ์ยางที่มีความหนาแน่นมากที่สุด 3 อันดับ คือ เต็ง พลวง และเหียง ซึ่งกิ่งไม้ทั้ง 3 ชนิด มีรูปแบบการกระจายแบบ contagious distribution คือ กระจายแบบต่อเนื่อง และพบสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของพรรณไม้ชั้นเรือนยอด และกิ่งไม้ พบว่า กิ่งไม้มีความหลากหลายชนิดมากกว่าพบว่า ชนิดพันธุ์ที่พบทั้งกิ่งไม้และพรรณไม้ชั้นเรือนยอดมีทั้งหมด 19 ชนิด เช่น พลวง เหียง เต็ง ก่อแพะ ก่อแดง เหมือดตบ กว้าว (เคาะ) ฯลฯ

กล้าไม้มีความหลากหลายชนิดมากกว่าพรรณไม้ชั้นเรือนยอด เนื่องจากอาจมีการกระจายของเมล็ดจากแม่ไม้ที่อยู่นอกแปลงศึกษาจึงทำให้จำนวนชนิดของกล้าไม้มีมากกว่าจำนวนแม่ไม้ในแปลงศึกษา

จากการศึกษาโครงสร้างป่าของพรรณไม้ชั้นเรือนยอดและกล้าไม้ จึงเลือกกล้าไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด คือ พลวง เหียง และเต็ง ซึ่งเป็นพรรณไม้เด่นในป่าเต็งรัง เพื่อศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ

5.2 ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology)

การศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology) คือการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาในรอบปีของกล้าไม้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมในรอบปีที่เปลี่ยนแปลง เพราะฉะนั้นการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา โดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผล ได้แก่ อุณหภูมิ อากาศเฉลี่ยต่อปี (Windauer *et al.*, 2004; Vaitasse *et al.*, 2008) ปริมาณน้ำในดิน (Nielsen and Jørgensen, 2003) ความชื้นในดิน (Tomimatsu and Hori, 2007) นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่แล้ว ความแตกต่างของชีวภูมิอากาศวิทยานั้นขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์อีกด้วย (Windauer *et al.*, 2004)

5.2.1 การเปลี่ยนสีของใบ

การเปลี่ยนสีของใบกล้าไม้พลวงเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นสีแดง กล้าไม้เต็งเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหลังจากศึกษา 259 วัน ซึ่งตรงกับเดือนมกราคม และผ่านช่วงฤดูแล้งมา 2 เดือน จากนั้นกล้าไม้เหียงจะเปลี่ยนสีใบจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหลังจากศึกษา 283 วัน ซึ่งตรงกับเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า กล้าไม้พลวงและเต็ง ใบเริ่มมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองก่อนกล้าไม้เหียง ซึ่งสอดคล้องกับอายุใบของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ กล้าไม้พลวงและเต็งมีอายุใบเท่ากัน ส่วนกล้าไม้เหียงมีอายุใบมากที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนสีของใบเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุในใบ กล่าวคือ ใบพืชนอกจากคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ที่เป็นรงควัตถุสีเขียวแล้ว ยังพบแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งมักประกอบด้วยสารสี 2 ชนิด คือ แคโรทีน (Carotene) ที่เป็นสารสีเหลืองและสีส้ม และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ที่เป็นสารสีเหลืองหรือสีน้ำตาล (ชวณพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) โดยปกติใบพืชมีสีเขียวเนื่องจากมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ารงควัตถุอื่น แต่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลทำให้ในช่วงฤดูหนาวช่วงกลางวันสั้นลง ส่งผลให้การสร้างคลอโรฟิลล์ของใบไม้ลดลงเพราะการสร้างคลอโรฟิลล์นั้นจำเป็นต้องอาศัยแสงอาทิตย์ และคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่เดิมจะสลายตัว ดังนั้นใบที่มีสีเขียวจึงเริ่มมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม แดง เนื่องจากรงควัตถุอื่นมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น จนใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและร่วง ดังนั้นการ

เปลี่ยนสีของใบจึงเริ่มเปลี่ยนหลังจากเข้าสู่ฤดูหนาว ประมาณ 2 เดือน คือ เดือนมกราคม และเพิ่มขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ จนกระทั่งหลุดร่วงในเดือนมีนาคม

5.2.2 อายุใบ

อายุใบของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ พลวง เหียง และเต็ง ในทุกขนาดมีอายุใบใกล้เคียงกัน แต่ถ้าหากเปรียบเทียบอายุใบของกล้าไม้แต่ละชนิด ใบของกล้าไม้พลวงและเต็งมีอายุใบใกล้เคียงกัน แต่กล้าไม้เหียงมีอายุประมาณ 13 เดือน มากที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอายุใบกับงานวิจัยของ Negi และ Singh (1992) ซึ่งศึกษารูปแบบการเจริญของใบในป่าไม้ผลัดใบ ประเทศอินเดีย พบว่าอายุใบของไม้ผลัดใบ ประมาณ 3 – 6 เดือน และการศึกษาของ Kanda (1995) ซึ่งศึกษาอายุใบของ *Alnus japonica* ในป่าชุ่มน้ำบริเวณเกาะต่างๆ ในประเทศญี่ปุ่น พบว่า *Alnus japonica* มีอายุใบประมาณ 1 – 2 เดือน (40 – 60 วัน) ซึ่งมีผลแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ กล่าวคือ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากล้าไม้มีอายุใบอยู่ในช่วง 9 – 13 เดือน ซึ่งมีความมากกว่าทั้ง 2 การศึกษา ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของชนิดพืชซึ่งเป็นปัจจัยในและสิ่งแวดล้อมของพืชที่ศึกษา กล่าวคือ การศึกษาของ Negi และ Singh ศึกษาในพื้นที่ตั้งแต่ 600 – 2,200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 13 - 32 °C และปริมาณน้ำฝน 1,500 – 2,500 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ ส่วนการศึกษาของ Kanda นั้นศึกษาอายุของใบในไม้ขนาดใหญ่ แต่การศึกษาครั้งนี้ศึกษาในกล้าไม้จึงทำให้อายุใบแตกต่างกัน

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของอายุใบ ซึ่งปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ปริมาณน้ำฝน เช่น การศึกษาของ Muchow และ Carberry (1988) ที่ติดตามชีวภูมิอากาศวิทยาของใบในป่าธรรมชาติ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยรายวันมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3.8 องศาเซลเซียส ส่งผลให้อายุขัยของใบสั้นลง การศึกษาของ Tomimatsu และ Hori (2007) ซึ่งศึกษาผลของความชื้นในดินต่อนิเวศสรีรวิทยาของใบ โดยเปรียบเทียบอายุของใบ 2 พื้นที่ คือ พื้นที่แล้งแห้งและพื้นที่ชุ่มชื้น พบว่าในพื้นที่ที่แห้งแล้งซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำในดินต่ำกว่ามีอายุใบสูงกว่าในพื้นที่ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำในดินสูงกว่า เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งมีน้ำเป็นปัจจัยหลัก เมื่อพืชได้รับน้ำ

อย่างเพียงพออัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเวียนกลับของใบเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้อายุของใบลดลงด้วย

จากผลการศึกษาพบว่ากล้าไม้เหียงมีอายุใบมากที่สุดนั้น อาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมของบริเวณที่ศึกษามีลักษณะเป็นหุบลาดลงไปด้านล่างที่มีความชุกชุมของกล้าไม้เหียงมาก ซึ่งอาจจะส่งผลให้มีปัจจัยบางประการที่แตกต่างกับอีก 2 บริเวณที่ศึกษา ซึ่งพื้นที่เป็นแนวราบ ซึ่งปัจจัยที่มีความแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ และความชื้นในดิน

5.2.3 จำนวนใบผลิใหม่และจำนวนใบหลุดร่วง

จำนวนใบผลิใหม่และจำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้พลวงและเต็งแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน – เดือนเมษายน) และฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม – เดือนตุลาคม) เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมระหว่าง 2 ฤดู แตกต่างกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน และอุณหภูมิ กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนรวมฤดูฝนเท่ากับ 1,120.0 มิลลิเมตร และฤดูแล้งเท่ากับ 166.4 มิลลิเมตร และความชื้นในดินเฉลี่ยของฤดูฝนเท่ากับ 21.7 เปอร์เซ็นต์ และฤดูแล้งเท่ากับ 15.9 เปอร์เซ็นต์ ช่วงฤดูแล้งของป่าเต็งรังสามารถแบ่งโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ได้ 2 ช่วง คือ ฤดูร้อนและฤดูหนาว แต่ทั้ง 2 ฤดูมีค่าความชื้นต่ำ อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนมีค่าต่ำ จึงทำให้ฤดูร้อนมีความชื้นในดินต่ำ ฤดูหนาวมีความชื้นอากาศสัมพัทธ์ต่ำ ส่งผลให้พรรณไม้ปรับตัว คือ ในฤดูแล้งจะผลัดใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ แต่ในฤดูฝนที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีค่ามาก พรรณไม้เหล่านั้นจะผลิใบใหม่ เพื่อเพิ่มการคายน้ำ เนื่องจากในฤดูฝนมีความชื้นในดินและความชื้นอากาศสัมพัทธ์สูง จึงทำให้ลักษณะป่าเต็งรังซึ่งเป็นป่าผลัดใบ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าว ส่งผลให้จำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงมีปฏิสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันตามชนิดของกล้าไม้ (ตารางที่ 5.1) เมื่อทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงกล้าไม้พลวงและเต็งกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาด้วย Pearson Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% โดยใช้ข้อมูลรายเดือน (ตารางที่ 5.1) พบว่าจำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินระหว่างฤดูกาลและอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าความ

แตกต่างระหว่างความชื้นในดินของพื้นที่ศึกษามีค่าน้อย หรืออาจเป็นเพราะความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างฤดูกาลในป่าเขตร้อนมีค่าน้อย แต่จากผลการศึกษาพบว่าจำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้พลวงและเต็งมากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งเดือนมีนาคม 2554 เกิดความผันแปรของอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน โดยมีช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศถึง 26°C (ตารางที่ 4.22) ความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าวอาจจะมีผลต่อจำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้พลวงและเต็ง แต่ยังไม่พบงานวิจัยผลความแตกต่างของอุณหภูมิต่อจำนวนใบที่หลุดร่วงของกล้าไม้วงศ์ยาง

จำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงของกล้าไม้เหียงไม่แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งหมายถึงกล้าไม้เหียงมีจำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เมื่อทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วย Pearson Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% (ตารางที่ 5.1) พบว่าจำนวนใบผลิใหม่ของกล้าไม้เหียงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดินและอุณหภูมิอากาศต่ำสุด กล่าวคือเมื่อความชื้นในดินเพิ่มจะส่งผลให้จำนวนใบผลิใหม่ของเหียงเพิ่มขึ้นด้วย แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศสูงสุด กล่าวคือจำนวนใบหลุดร่วงจะมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงสุดเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Muchow และ Carberry (1988) ซึ่งพบว่าจำนวนใบมีมากที่สุดในช่วงฤดูฝน และน้อยที่สุดในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนและความชื้นมากกว่าฤดูแล้ง ซึ่งเหมาะสำหรับการเจริญของพืช การศึกษาของ Vitasse และคณะ (2008) พบว่าชีวภูมิอากาศวิทยาของใบมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเชิงบวก คือเมื่ออุณหภูมิลดลงจำนวนใบผลิใหม่ลดลง ซึ่งผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษารั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาของ Vitasse และคณะ ศึกษาในป่าเขตอบอุ่น ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 12°C จึงทำให้ผลการศึกษานี้แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Elliott และคณะ (2006) พบว่าผลการศึกษาสอดคล้องกัน คือ Elliott และคณะ (2006) ศึกษาจำนวนใบผลิใหม่ของป่ากึ่งผลัดใบทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าฤดูฝนจำนวนใบผลิใหม่มากกว่าฤดูแล้ง

ตารางที่ 5.1 สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการกับจำนวนใบผลิใหม่และจำนวนใบหลุดร่วงของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็ง

	ชนิดกล้าไม้	ปัจจัยสิ่งแวดล้อม		
		ความชื้นในดิน	อุณหภูมิ	
			สูงสุด	ต่ำสุด
จำนวนใบผลิใหม่	พลวง	ns	ns	Ns
	เหียง	0.740*	-0.802*	0.761*
	เต็ง	ns	ns	Ns
จำนวนใบหลุดร่วง	พลวง	ns	ns	Ns
	เหียง	ns	0.912**	Ns
	เต็ง	ns	ns	Ns

หมายเหตุ * $P < 0.05$

** $P < 0.01$

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

5.2.4 พื้นที่ใบ

จากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใบระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งของกล้าไม้พลวงและกล้าไม้เต็งในทุกลักษณะ พบว่าพื้นที่ใบในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในฤดูฝนกล้าไม้พลวงและเต็ง มีจำนวนใบผลิใหม่มากและหลุดร่วงของใบน้อยจึงส่งผลให้พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้มีค่าสูง ฤดูแล้งจำนวนใบผลิใหม่มีค่าน้อยหรือในกล้าไม้บางขนาดไม่ผลิใบใหม่ แต่มีการหลุดร่วงของใบมาก จึงทำให้จำนวนใบที่ติดอยู่บนต้นกล้าไม้ลดลง ดังนั้นจึงทำให้ค่าพื้นที่ใบของกล้าไม้พลวงและกล้าไม้เต็งในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าในฤดูฝน แต่พื้นที่ใบของกล้าไม้เพียงระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนใบผลิใหม่และหลุดร่วงของเหียงนั้นไม่แตกต่างในฤดูแล้งและฤดูฝน ส่งผลทำให้ค่าพื้นที่ใบของกล้าไม้เพียงไม่แตกต่างกันด้วย และเมื่อทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วย Pearson Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% พบว่าพื้นที่ใบของกล้าไม้แต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างกัน (ตารางที่ 5.2) โดยพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นกล้าไม้พลวงและเต็งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับช่วงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่อช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นจะลดลง ส่วนพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เพียงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศต่ำสุด กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำสุดเพิ่มขึ้นพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นจะลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างชีวภูมิอากาศของใบต่ออุณหภูมิอากาศ พบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศในช่วงวันมีผลโดยตรงต่อพรรณไม้ในป่าเขตร้อน กล่าวคือ เมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิต่างวันเพิ่มขึ้น กระบวนการทางชีวเคมีต่างๆของพืชจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่ากล้าไม้พลวงและเต็งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิ เนื่องจากเมื่อพืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชจะเพิ่มขึ้นด้วย จึงอาจส่งผลให้อัตราการเวียนกลับของใบเพิ่มขึ้น อายุใบสั้นลง จำนวนใบหลุดร่วงเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นลดลง

พื้นที่ใบของกล้าไม้เพียงและเต็งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำในดินคือ เมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้นพื้นที่ใบของเหียงและเต็งจะเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำในดินในฤดูแล้งและฝนแตกต่างกันจึงส่งผล

ให้พื้นที่ใบของเต็งแตกต่างกันระหว่างฤดู แต่พื้นที่ใบของกล้าไม้เหียงไม่แตกต่างกันระหว่างฤดู เนื่องจากช่วงความแตกต่างของความชื้นในดินระหว่างฤดูกาลมีค่าน้อยกว่าบริเวณที่ศึกษากล้าไม้พลวงและเต็ง ทำให้บริเวณที่ศึกษากล้าไม้เหียงมีความชื้นสม่ำเสมอตลอดปี ส่งผลให้จำนวนใบหลุดร่วงของกล้าไม้เหียงไม่แตกต่างกันระหว่างฤดูกาล พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เหียงจึงมีค่าใกล้เคียงกันตลอดปี

ตารางที่ 5.2 สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการกับพื้นที่ของใบของกล้าไม้พลวงเหียง และเต็ง

	ชนิดกล้าไม้	ปัจจัยสิ่งแวดล้อม			
		ความชื้นในดิน	อุณหภูมิ		
			สูงสุด	ต่ำสุด	ช่วงความแตกต่าง
พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น	พลวง	Ns	ns	ns	-0.935**
	เหียง	0.611*	ns	-0.889**	ns
	เต็ง	0.668*	ns	ns	-0.854*

หมายเหตุ * $P < 0.05$

** $P < 0.01$

ns : ไม่แตกต่างทางสถิติ

ดังนั้นจากการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาเรื่องจำนวนใบผลิใหม่ จำนวนใบหลุดร่วง และพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้วงศ์ยางในการศึกษาคั้งนี้ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปลูกเสริมไม้วงศ์ยางในธรรมชาติได้ โดยจากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถใช้เพื่อพิจารณาเลือกช่วงฤดูที่เหมาะสมในการปลูกเสริมกล้าไม้วงศ์ยางได้ เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพในการปลูกเสริมสูงสุด ซึ่งพิจารณาจากช่วงที่กล้าไม้วงศ์ยางมีจำนวนใบผลิใหม่และพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด เนื่องจากกล้าไม้จะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าช่วงที่มีจำนวนใบหลุดร่วงมาก

5.2.5 ความสูง (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0)

จากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาตั้งแต่เดือนเมษายน 2553 – เดือนกรกฎาคม 2554 พบว่าความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยรายเดือนของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็งค่อนข้างคงที่ โดยที่ความผันแปรของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดินเฉลี่ยรายเดือนมีค่าสูงกว่าความสูง อาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนจากวิธีการศึกษาเนื่องจากผู้วิจัย ความสูงของกล้าไม้มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน เนื่องจากการเจริญส่วนลำต้นของกล้าไม้ในช่วงแรกจะมีการเจริญในแนวตั้งและยืดยาวมากกว่าการเจริญด้านข้างหรือขยายขนาด ซึ่งการเจริญด้านข้างจะเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นจึงมีการเจริญในแนวตั้ง เช่น การศึกษาของ Lebrun และ Gilbert (1954) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสูงของกล้าไม้ที่มีอายุ 1 – 6 ปี พบว่ากล้าไม้ที่มีอายุน้อยการเปลี่ยนแปลงความสูงจะมากกว่ากล้าไม้ขนาดใหญ่ ผลการศึกษาครั้งนี้เห็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่ชัดเจนอาจจะเป็นเพราะระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษานั้นสั้นเกินไป คือ ศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยา 1 ปี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความสูงของกล้าไม้ของพืชมีเนื้อไม้ในป่าเขตร้อนมีค่าประมาณ 0.3 – 1.2 เมตรต่อปี (Forest and environment, 1955)

5.3 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation)

5.3.1 สมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบ

สร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงระหว่างพื้นที่ใบกับตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ได้แก่ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ และผลคูณของความกว้างและความยาวของใบ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ถึงแม้ว่าการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบ จะใช้ความกว้างของใบ และความยาวของใบเป็นตัวแปรได้ แต่ที่เลือกใช้ผลคูณของความกว้างและความยาวใบ เนื่องจากการใช้ผลคูณระหว่างความกว้างและความยาวใบเป็นตัวแปรอิสระในการสร้างความสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ (R^2) ที่สูงมาก คือ ค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.97 – 0.99 และการคำนวณสูตรการคำนวณพื้นที่ของรูปร่างต่างใช้ทั้งค่าความกว้างและความยาวใบในการคำนวณ และพบว่ามีการศึกษาที่สร้างสมการโดยใช้ความกว้างและความยาวใบเป็นตัวแปรอิสระ เช่น Serdar และ Demirsoy (2006) สร้างสมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใบของต้น chetsnut โดยใช้ความกว้างและความยาวของใบเป็นตัวแปรอิสระ นอกจากนี้การศึกษาของ Yeol Cho และคณะ (2006) ซึ่งสร้างสมการคำนวณพื้นที่ใบของต้นแตงกวา โดยใช้ผลคูณของความกว้างและความยาวเป็นตัวแปรอิสระในการสร้างสมการ การศึกษาของ Kanidianan และคณะ (2008) ได้ใช้ผลคูณของความกว้างและความยาวใบเป็นตัวแปรอิสระในการสร้างสมการคำนวณหาพื้นที่ใบของพืชตระกูลขิงข่า (*Zingiber officinale* Roscoe) รวมทั้งการศึกษาของ Cristofori และคณะ (2008) สร้างสมการพื้นที่ใบของ hazelnut โดยใช้ผลคูณของความกว้างและความยาวใบเป็นตัวแปรอิสระ

ดังนั้นผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงมีความเชื่อมั่นว่าสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างพื้นที่ใบและผลคูณของความกว้างและความยาวของใบสามารถใช้ในการประมาณพื้นที่ใบของกล้าไม้วงศ์ยางในป่าผลัดใบได้ ซึ่งสมการดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประมาณผลผลิตของนิเวศวิทยาของป่าผลัดใบได้ กล่าวคือ เมื่อสามารถประมาณพื้นที่ใบซึ่งเป็นส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง ย่อมสามารถประมาณผลผลิตอันเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใบได้ด้วย จึงสามารถประมาณผลผลิตทางนิเวศวิทยาของป่าได้

5.3.2 สมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพ

สร้างความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีระหว่างน้ำหนักส่วนเหนือดินของกล้าไม้ทั้งหมด (W_{AG}) และน้ำหนักส่วนใต้ดินของกล้าไม้ทั้งหมด (W_{BG}) กับตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร คือ กำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ความสูง หรือผลคูณของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดินกับความสูงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ส่วนสมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้ทั้ง 3 ที่ให้ตัวแปรอิสระเป็นความสูง (H) จะมีความชันมากกว่าสมการที่ใช้ตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) ในขณะที่สมการที่ใช้ตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน มีความชันเข้าใกล้ 1.0 จึงอธิบายได้ว่า น้ำหนักส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของกล้าไม้เหล่านี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับพื้นดิน ถึงแม้ว่าการสร้างสมการเชิงแอลโลเมตรีระหว่างน้ำหนักส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินสามารถใช้ตัวแปรอิสระเป็นค่า $D_0^2 H$ และ $D_0 \cdot H$ ได้ แต่การเลือกใช้กำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดินนั้นมีความหมายในเชิงชีววิทยาสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีไปป์โมเดล (Pipe model) (Shinozaki *et al.*, 1964) ซึ่งกล่าวว่าพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่ระดับใดๆ จะรองรับน้ำหนักทั้งหมดของส่วนที่อยู่เหนือพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่ระดับพื้นดินซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน จึงรองรับน้ำหนักของส่วนเหนือดินทั้งหมด เพราะฉะนั้นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักส่วนเหนือดินกับกำลังสองของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0^2)

ในทางกลับกันของทฤษฎีไปป์โมเดล ถ้ากลับรูปทรงต้นไม้โดยไม่ให้ระบบรากทั้งหมดอยู่เหนือพื้นดินจะพบว่าส่วนที่รองรับน้ำหนักของรากทั้งหมดคือ เส้นผ่านศูนย์กลางของกลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เช่นเดียวกัน จึงสามารถใช้ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักส่วนใต้ดินกับกำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0^2) ในการประมาณน้ำหนักส่วนใต้ดินของกล้าไม้วงศ์ยางทั้งสามชนิดได้

ซึ่งการใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เป็นตัวแปรอิสระสอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ เช่น การศึกษาของ Pongparn และคณะ (2002) ใช้กำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0^2) เป็นตัวแปรอิสระในการสร้างสมการแอลโลเม

ตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของต้นตะบูนขาวในป่าชายเลน จังหวัดพังงา และการศึกษาของ Kenzo และคณะ (2009) ซึ่งใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดิน (D_0) เป็นตัวแปรอิสระในการสร้างสมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของป่าเขตร้อนในประเทศมาเลเซีย

จากผลการศึกษาครั้งนี้จึงมีความเชื่อมั่นว่าสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างน้ำหนักส่วนเหนือดินและใต้ดินกับกำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับพื้นดินสามารถใช้ในการประมาณมวลชีวภาพของกล้าไม้วงศ์ยางในป่าผลัดใบได้ และสมการดังกล่าวนำไปประยุกต์ใช้ในการประมาณผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบได้ ซึ่งการประมาณผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมินั้นมีการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเป็นองค์ประกอบหลัก เพราะฉะนั้นเมื่อสามารถประมาณมวลชีวภาพโดยใช้สมการได้ ก็จะคำนวณการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพ ณ ช่วงเวลาหนึ่งๆ ได้

5.3.3 การสะสมและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass accumulation and allocation)

5.3.3.1 การสะสมและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างกล้าไม้แต่ละขนาด

การสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของกล้าไม้พลวง เต็ง และเหียง เพิ่มขึ้นเมื่อความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับพื้นดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักส่วนลำต้นเพิ่มขึ้นด้วย ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของนาฏสุดา ภูมิจำนงค์ (2007) ซึ่งศึกษาการสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและรากของไม้สักในช่วงอายุต่างกัน ในสวนป่าสัก ผลการศึกษาพบว่ามวลชีวภาพเหนือดินเพิ่มขึ้นเมื่ออายุและขนาดของไม้สักเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด คือ ลำต้น และมวลชีวภาพของรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของไม้สักเพิ่มขึ้น และการศึกษาของ Preece และคณะ (2012) ซึ่งเปรียบเทียบการสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของป่าปลูญุคาลิปตัสที่มีอายุ 5 – 20 ปี พบว่า การสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่ากล้าไม้วังศ์ยางในการศึกษาครั้งนี้ทุกขนาดสะสมมวลชีวภาพมากที่สุดในส่วนราก ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Hertel และคณะ (2009) ซึ่งศึกษามวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดินของไม้ในป่าเขตร้อน ประเทศอินโดนีเซีย ผลการศึกษาพบว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพส่วนใต้ดิน Fonseca และคณะ (2011) ศึกษาการสะสมมวลชีวภาพในป่ารุ่นสองที่มีอายุตั้งแต่ 4 – 20 ปี ในประเทศสเปน พบว่าป่ารุ่นสองทุกอายุสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนใต้ดิน และ Misra และคณะ (1998) ซึ่งศึกษามวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดินของต้นยูคาลิปตัสในประเทศออสเตรเลีย Cloe และคณะ (2011) ของป่าปลูกในประเทศคอซตาริการ์ พบว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพส่วนใต้ดินในทุกการศึกษา ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ อันเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะตัวของป่าเต็งรัง คือจะเกิดไฟป่า อันเนื่องมาจากสภาพป่าที่แล้งและมีการสะสมของปริมาณซากใบไม้ที่ร่วงหล่นในช่วงฤดูแล้ง เมื่อเกิดการเสียดสีของกิ่งไม้เกิดความร้อนประกออบกับใบไม้แห้งซึ่งเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างดี จึงเกิดไฟไหม้ป่าในป่าเต็งรังเป็นประจำทุกปี (ธวัชชัย สันติสุข, 2549) ส่งผลให้กล้าไม้ส่วนเหนือดินตายไปเมื่อถูกไฟไหม้ แต่กล้าไม้ส่วนใต้ดินยังคงมีเนื้อเยื่อเจริญอยู่ จนกระทั่งช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงเจริญของกล้าไม้ เนื้อเยื่อส่วนดังกล่าวของกล้าไม้ส่วนใต้ดินจะเจริญส่วนของลำต้นขึ้นใหม่จากตายอดของตอเดิมที่ถูกไฟไหม้ เมื่อปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีเป็นเวลาหลายปี ทำให้เกิดการสะสมมวลชีวภาพรากเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้กล้าไม้วังศ์ยางในการศึกษาทุกขนาดมีน้ำหนักส่วนใต้ดินมากกว่าน้ำหนักส่วนเหนือดิน

เมื่อคำนวณสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพของกล้าไม้ระหว่างใบ ลำต้น และราก พบว่า สัดส่วนใบของกล้าไม้ทั้งหมดลดลงเมื่อขนาดกล้าไม้เพิ่มขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับสัดส่วนลำต้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงและเพิ่มขึ้นของสัดส่วนใบและลำต้น สอดคล้องกับผลการศึกษ้อัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Photosynthetic : Non-photosynthetic) ที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดกล้าไม้เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น



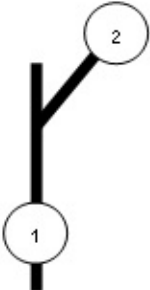


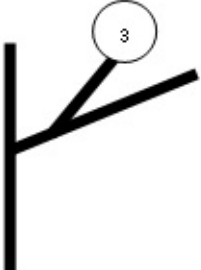

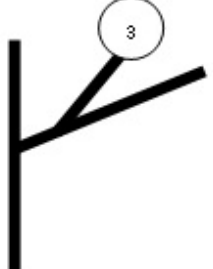
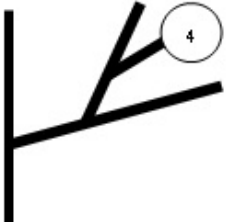
เมื่อพิจารณาสัดส่วนของรากกล้าไม้พบว่า กล้าไม้พลวงและเหียงมีสัดส่วนรากลดลงเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น แต่ตรงกันข้ามกับกล้าไม้เต็งที่สัดส่วนรากเพิ่มขึ้นตามขนาด ซึ่งสัดส่วนรากที่แตกต่างกันตามขนาดนั้น ส่งผลต่ออัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับใต้ดิน (T/R ratio) กล่าวคือ T/R ratio ของกล้าไม้พลวงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น คือมีค่ากับ 0.11 0.19 และ 0.45 ตามลำดับ ค่า T/R ratio เพิ่มขึ้นเนื่องจากสัดส่วนรากของกล้าไม้พลวงลดลง สัดส่วนรากของกล้าไม้เต็งมีค่ามากที่สุด ในกล้าไม้ขนาดใหญ่ ซึ่งส่งผลต่อ T/R ratio คือกล้าไม้เต็งขนาดใหญ่มีค่า T/R ratio น้อยที่สุด คือ 0.08 แต่ค่า T/R ratio ของกล้าไม้เหียงมีค่าใกล้เคียงกันทุกขนาด คือมีค่าเท่ากับ 0.23 0.24 และ 0.22 ตามลำดับ ซึ่งค่าอัตราส่วนดังกล่าวของกล้าไม้เหียงไม่แตกต่างกันนั้น เป็นผลจากสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดินมีค่าใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตาม T/R ratio ของกล้าไม้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าน้อยกว่าของไม้ขนาดใหญ่ เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับ T/R ratio ของไม้เหียง ในพื้นที่ศึกษาเดียวกัน พบว่าค่า T/R ratio มีค่าสูงถึง 4.28 (Patanaponpaiboon *et al.*, 2009) เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น เช่น Wang และคณะ (2008) ซึ่งศึกษามวลชีวภาพของป่าธรรมชาติทางตอนเหนือของประเทศจีน พบว่า ค่า T/R ratio ของป่าอยู่ในช่วง 1.49 - 11.1 พบว่าค่า T/R ratio มีค่าสูงกว่าเช่นเดียวกัน ซึ่งค่าความแตกต่างของ T/R ratio ระหว่างกล้าไม้และต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาเดียวกันนั้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของลำต้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้ T/R ratio ของไม้ต้นมีค่าสูงกว่ากล้าไม้

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนใบ ลำต้น และราก ของกล้าไม้แต่ละชนิดพบว่า กล้าไม้พลวงและเต็งมีสัดส่วนใบ ลำต้น และราก แตกต่างกันตามขนาดของกล้าไม้ เนื่องจากกล้าไม้พลวงและเต็งแต่ละขนาดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ กล้าไม้พลวงขนาดเล็ก ใบของกล้าไม้พลวงจะมีขนาดใหญ่ และเมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาพบว่า ใบของกล้า

ไม้กล้าพลวงขนาดเล็ก ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดโดยเฉลี่ยคือ กว้าง 61.0 เซนติเมตร และยาว 86.6 เซนติเมตร ขนาดใบของกล้าไม้พลวงจะลดลงเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1) ในขณะที่พื้นที่ใบของกล้าไม้ตั้งแต่ขนาดไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.3) แต่จำนวนของลำต้นการแตกกิ่งแตกต่างกัน โดยกล้าไม้ขนาดเล็กพบลำต้นการแตกกิ่งมากที่สุดคือ 2 ลำต้น กล้าไม้ขนาดกลางพบลำต้นการแตกกิ่งมากที่สุดคือ 3 ลำต้น และกล้าไม้ขนาดใหญ่พบลำต้นการแตกกิ่งมากที่สุด คือ 4 ลำต้น (ภาพที่ 5.1 – ภาพที่ 5.3) ซึ่งลำต้นการแตกกิ่งที่เพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้สัดส่วนใบของกล้าไม้ตั้งแต่แตกต่างกันในแต่ละขนาด แต่สัดส่วนใบ ลำต้น และราก กล้าไม้เหียงแต่ละขนาดไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับอัตราส่วน Photosynthetic : Non-photosynthetic และ T/R ratio ของกล้าไม้เหียงที่ไม่แตกต่างระหว่างขนาด

ตารางที่ 5.3 ลำดับการแตกกิ่งของกล้าไม้ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ของกล้าไม้พลวง (ก) เหียง (ข) และเต็ง (ค) โดย ① ② ③ ④ แทนลำดับการแตกกิ่ง ลำดับที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ

	ขนาดเล็ก (16 – 35 เซนติเมตร)	ขนาดกลาง (36 – 75 เซนติเมตร)	ขนาดใหญ่ (76 – 130 เซนติเมตร)
กล้าไม้พลวง			
กล้าไม้เหียง			
กล้าไม้เต็ง			

5.3.3.2 การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพระหว่างชนิดกล้าไม้

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนใบ ลำต้น และราก ในขนาดเดียวกันของกล้าไม้ทั้งสามชนิด พบว่า สัดส่วนดังกล่าวของแต่ละชนิดแตกต่างกันมากขึ้นตามขนาดกล้าไม้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ในเรื่องลำดับการแตกกิ่ง กล่าวคือ จากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้ทั้งสามชนิดพบว่า กล้าไม้พลวงขนาดเล็กและขนาดกลาง ไม่พบการแตกกิ่ง และขนาดใหญ่มีลำดับการแตกกิ่งเพียง 1 ลำดับเท่านั้น ขณะที่กล้าไม้เต็งและกล้าไม้เหียงขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีลำดับการแตกกิ่งเพิ่มขึ้น โดยที่กล้าไม้ขนาดใหญ่มีลำดับการแตกกิ่งมากที่สุด คือ กล้าไม้เต็งมีลำดับการแตกกิ่ง 4 ลำดับ กล้าไม้เหียงมีลำดับการแตกกิ่ง 3 ลำดับ (ภาพที่ 5.4 – ภาพที่ 5.6) ซึ่งลักษณะการแตกกิ่งที่เพิ่มขึ้นของกล้าไม้ทำให้จำนวนใบเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาจำนวนใบต่อต้นจากผลการศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้วงศ์ยางที่ศึกษาพบว่า จำนวนใบต่อต้นเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดกล้าไม้เพิ่มขึ้น ลักษณะลำต้นของกล้าไม้วงศ์ยางที่ศึกษาในแต่ละขนาดก็แตกต่างกัน กล่าวคือ กล้าไม้ขนาดเล็กของทั้ง 3 ชนิด พบลำต้นที่เป็นลำต้นหลัก (main stem) เท่านั้น แต่เมื่อขนาดเพิ่มขึ้นมีเพียงกล้าไม้พลวงเท่านั้นที่ไม่มี การแตกกิ่งจากลำต้นหลัก แต่กล้าไม้เหียงและเต็งจะแตกกิ่งจากลำต้นหลัก ซึ่งลักษณะของลำต้นที่แตกต่างกันตามขนาด ทำให้สัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพของ ใบ ลำต้น และรากเพิ่มขึ้นตามขนาดกล้าไม้

การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนรากของกล้าไม้ในป่าเต็งรัง อาจเนื่องมาจากสภาพป่าเต็งรังมีความแห้งแล้งและปริมาณน้ำในดินน้อยกว่าป่าชนิดอื่น ระบบรากพืชซึ่งมีหน้าที่ดูดน้ำและแร่ธาตุ จึงปรับตัวโดยมีการเจริญยึดยาวขึ้นเพื่อหาน้ำและแร่ธาตุในพื้นที่กว้างขวางให้เพียงพอต่อการเจริญ เหตุผลอีกประการหนึ่งที่อาจมีผลต่อรากของพืชในป่าเต็งรัง คือปฏิสัมพันธ์ระหว่างไม้วงศ์ยางกับราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ซึ่งการศึกษาของอนิวรรตและคณะ (2540) พบว่า พลวงมีความสัมพันธ์กับราไมคอร์ไรซา 6 ชนิด เหียง 5 ชนิด และเต็ง 7 ชนิด ซึ่งการมีความสัมพันธ์ดังกล่าว ทำให้มีการสะสมมวลชีวภาพที่รากมากขึ้นเนื่องจาก ราไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาณของราก เพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุ การสะสมมวลชีวภาพที่รากเพื่อให้ลำต้นดึงไปใช้ในวงจรการเจริญเติบโตหลังจากถูกไฟไหม้ จึงทำให้น้ำหนักส่วนรากเพิ่มขึ้น

5.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

5.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

ลักษณะเนื้อดิน

จากลักษณะเนื้อดินทั้ง 3 บริเวณ มีลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam) ทั้งหมด และมีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียว ดินร่วน และดินทรายใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะดินระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่า ลักษณะเนื้อดินของทั้ง 2 ฤดู มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง แต่หากดูการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนพบว่าสัดส่วนของดินทรายมีค่าลดลง อาจจะเป็นผลมาจากการชะหน้าดินของน้ำฝน แต่การศึกษาของนพวรรณ หรั่งหมอยา (2548) พบว่าลักษณะเนื้อดินบริเวณนี้เป็นดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) ซึ่งลักษณะของดินที่แตกต่างกันอาจจะเป็นผลมาจากการเก็บตัวอย่างของดิน ซึ่งเก็บต่างระดับความลึก คือ ในการศึกษาครั้งนี้ เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 20 เซนติเมตร แต่การศึกษาของนพวรรณ เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 40 เซนติเมตร

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุทั้ง 3 บริเวณ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของทั้ง 3 บริเวณ มีค่าใกล้เคียงกันเช่นกัน ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 7.08% - 8.16% และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุจากการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุของนพวรรณ หรั่งหมอยา (2548) ซึ่งมีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงสุด ประมาณ 5.16% ปริมาณอินทรีย์วัตถุของการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่งอาจนับได้ว่าเป็นความผันแปรของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากความแตกต่างของช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินในช่วงการศึกษามีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินนั้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล เนื่องจากช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงฤดูแล้ง มีปริมาณน้ำฝนรวม 166.4 มิลลิเมตร ความชื้นในดินเฉลี่ย 15.9% และช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,120.0 มิลลิเมตร ความชื้นในดินเฉลี่ย 21.7% เมื่อทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับความชื้นในดินโดย Pearson ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ความชื้นในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณน้ำฝน ซึ่งหมายถึง เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นความชื้นในดินจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นความชื้นในดินช่วงฤดูแล้งจึงมีค่าน้อยกว่าฤดูฝน

5.4.2 ลักษณะสภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่ามากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลซึ่งในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์นั้นเป็นช่วงฤดูหนาวทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง และช่วงเดือนมีนาคมเป็นช่วงฤดูร้อนจึงส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศสูงสุดรายเดือนในรอบปีพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก่อนข้างน้อย แต่ถ้าพิจารณาอุณหภูมิต่ำสุดรายเดือนมีการเปลี่ยนแปลงมากโดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว เดือนมีนาคมมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศสูงสุดกับต่ำสุดมากที่สุด คือ 26°C เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศในปี 2554 มีการผันแปรซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากลักษณะภูมิอากาศปกติ กล่าวคือ ในช่วงเดือนมีนาคมซึ่งปกติเป็นฤดูร้อนจึงทำให้มีอุณหภูมิก่อนข้างสูง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบ 30 ปี ประมาณ 27°C แต่จากการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อศึกษาอุณหภูมิพบว่า ในการศึกษาครั้งนี้บันทึกอุณหภูมิสูงสุด

และต่ำสุดในเดือนมีนาคม 2554 ได้เท่ากับ 37°C และ 11°C ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากสภาพอากาศที่ผิดปกติที่มีช่วงความกดอากาศสูงครอบคลุมทางภาคเหนือในช่วง 2 อาทิตย์ ของเดือนมีนาคม

เมื่อพิจารณาลักษณะภูมิอากาศเดือนมีนาคมในช่วงปี 2525 – 2554 (30 ปี) พบว่าเดือนมีนาคมมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 27°C อุณหภูมิอากาศสูงสุดเท่ากับ 38°C และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดอากาศเท่ากับ 16°C (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย) ซึ่งมีช่วงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 22°C เมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่อเดือนมีนาคม 2554 ซึ่งเป็นเดือนที่อยู่ในระหว่างทำการศึกษาคพบว่า ช่วงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่างกัน 4°C ซึ่งช่วงความแตกต่างในปีที่ทำการศึกษาคเป็นช่วงที่กว้างกว่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยในรอบ 30 ปี อาจเป็นลักษณะภูมิอากาศที่มีความแปรปรวนและอาจส่งผลต่อชีวภูมิอากาศวิทยาของใบ เนื่องจากจำนวนใบผลิใหม่ จำนวนใบหลุดร่วง และพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นนั้น มีปฏิสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ (ตารางที่ 5.1 และ ตารางที่ 5.2) เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่ผันแปรดังกล่าวจึงอาจมีผลต่อชีวภูมิอากาศวิทยาด้วย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาและการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้วงศ์ยางบางชนิดในป่าเต็งรัง จังหวัดเชียงใหม่ ได้เลือกศึกษาในกล้าไม้สามชนิดโดยพิจารณาจากกล้าไม้วงศ์ยางที่เป็นไม้เด่นในป่าเต็งรัง ได้แก่ พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) และเต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ชีวภูมิอากาศวิทยา (Phenology)

ชีวภูมิอากาศวิทยาของกล้าไม้พลวงและเต็งแตกต่างกันระหว่างฤดูกาลอย่างชัดเจนเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน อุณหภูมิอากาศ สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของใบของกล้าไม้พลวงและเต็งได้ในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 2 เดือนหลังจากเข้าสู่ฤดูแล้ง จากนั้นเดือนกุมภาพันธ์จึงจะสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของกล้าไม้เหียง จากนั้นกล้าไม้ทั้งสามชนิดจะผลิใบใหม่ในช่วงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน กล้าไม้เต็งใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ส่วนกล้าไม้พลวงและเหียงใช้เวลาประมาณ 2 เดือน ในการที่ใบแผ่ขยายเต็มที่ โดยสังเกตจากพื้นที่ใบที่เริ่มคงที่

จำนวนใบผลิใหม่และพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้พลวงและเต็งในฤดูฝนมีมากกว่าฤดูแล้ง ซึ่งตรงข้ามกับจำนวนใบหลุดร่วงที่ฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน แต่จำนวนใบผลิใหม่ จำนวนใบหลุดร่วง และพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้าไม้เหียงไม่แตกต่างกันระหว่างฤดู เนื่องจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความชื้นในดินระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนในบริเวณที่ศึกษากล้าไม้เหียงมีค่าน้อย ส่งผลให้กล้าไม้เหียงได้รับปริมาณน้ำสม่ำเสมอตลอดปี

การศึกษาชีวภูมิอากาศวิทยาเรื่องจำนวนใบผลิใหม่ จำนวนใบหลุดร่วง และพื้นที่ใบเฉลี่ยต่อต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปลูกเสริมไม้วงศ์ยางในธรรมชาติได้โดยใช้พิจารณาเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกเสริมกล้าไม้วงศ์ยางได้ เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพในการปลูกเสริมสูงสุด

2. การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ (Biomass allocation)

สัดส่วนมวลชีวภาพใบและลำต้นของกล้าไม้แตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรื่องการแตกกิ่งที่ต่างกัน โดยที่กล้าไม้ขนาดใหญ่ที่มีลำดับการแตกกิ่งมากจะมีสัดส่วนดังกล่าวมากที่สุด

สัดส่วนมวลชีวภาพรากมีค่ามากที่สุดทุกชนิดและขนาดของกล้าไม้เนื่องจากลักษณะเฉพาะตัวของป่าเต็งรังที่เกิดไฟไหม้เป็นประจำทุกปี ส่งผลให้กล้าไม้ส่วนเหนือดินตายไปเมื่อถูกไฟไหม้ แต่กล้าไม้ส่วนใต้ดินยังคงมีเนื้อเยื่อเจริญอยู่ จนช่วงฤดูฝนเนื้อเยื่อส่วนดังกล่าวของกล้าไม้ส่วนใต้ดินจะเจริญขึ้นใหม่จากตายอดของตอเดิมที่ถูกไฟไหม้ และปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีเป็นเวลาหลายปี รวมทั้งสภาพป่าเต็งรังมีความแห้งแล้งและปริมาณน้ำในดินน้อย ดังนั้นระบบรากจึงปรับตัวโดยมีการเจริญยืดยาวขึ้นเพื่อหาน้ำและแร่ธาตุให้เพียงพอต่อการเจริญ นอกจากนี้ไม้วงศ์ยางยังมีปฏิสัมพันธ์กับราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาณของราก เพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุ ดังนั้นน้ำหนักส่วนรากจึงมีค่ามากที่สุด

สำหรับดัชนีที่ใช้พิจารณาการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพ พบว่าอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (T/R ratio) ของกล้าไม้ทุกชนิดและทุกขนาดมีค่าน้อยกว่า 1.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กล้าไม้ที่ศึกษาในครั้งนี้สะสมมวลชีวภาพรากมากที่สุด และเมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างส่วนที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้กับส่วนที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นดัชนีบ่งชี้การเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพพบว่า รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้แตกต่างกัน คือ กล้าไม้พลวงและเหียงมีสัดส่วนดังกล่าวค่อนข้างคงที่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสะสมมวลชีวภาพใบ ลำต้น และราก ของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด ในทุกขนาดใกล้เคียงกัน กล้าไม้เต็งมีสัดส่วนดังกล่าวลดลงอย่างได้ชัดเจนในกล้าไม้ขนาดใหญ่ แสดงให้เห็นว่า กล้าไม้เต็งสะสมมวลชีวภาพใบลดลง และสะสมมวลชีวภาพลำต้นและรากเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเพิ่ม

รูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้พลวง เหียง และเต็ง ในแต่ละขนาดแตกต่างกันและรูปแบบการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพของกล้าไม้แต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งสัดส่วนใบ ลำต้น และราก แตกต่างมากขึ้นตามขนาดของกล้าไม้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติมา ดั่งแคว. ไมคอร์ไรซา: ความหลากหลาย และแนวทางการพัฒนา. รายงานการประชุม ความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ และสัตว์ป่า “ความก้าวหน้าของผลงานวิจัย และ กิจกรรมปี 2548”. 21-24 สิงหาคม 2548. ณ โรงแรมริเจนท์ ชะอำ เพชรบุรี, 2548.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กระทรวง, 2540. คุณประโยชน์ของป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.
- ชมพู่ บุญรอดกลับ และสคาร ที่จันทัก. 2007. โครงสร้างและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสังคมพืช บริเวณอุทยานแห่งชาติ ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. Environment and Natural Resources Journal: 5, No.2.
- ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์พัฒนา ศึกษา.
- นพวรรณ หรั่งหมอยา. 2548. การสะสมคาร์บอนของพรรณไม้ป่าผลัดใบ ณ สวนพฤกษศาสตร์ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัศนีย์ ยุทธสิทธิ์ โยธิน 2544. การศึกษาความสัมพันธ์ในระดับโมเลกุลของไม่วงศ์ยางและเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซา ในป่า ของประเทศไทย. ในรายงานการวิจัยในโครงการพัฒนาองค์ ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพ ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร.
- ทัศนีย์ ยุทธสิทธิ์ โยธิน 2544. การจำแนกรายเอคโตไมคอร์ไรซาของไม้วงศ์ยางในป่าเต็งรังโดยใช้ ลำดับเบสของ Internal Transcribed Spacer (ITS) และ Mitochondrial Large Subunit Ribosomal DNA. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ธวัชชัย สันติสุข. 2549. ป่าของประเทศไทย. สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- นาฏสุดา ภูมิงานงค์. 2007. ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในราก และคาร์บอนในดินของสวน ป่าไม้สัก Environment and Natural Resources Journal. 5: 109 – 121.
- ป่าไม้, กรม. 2554. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย 2551. ฝ่ายการพิมพ์ ส่วนผลิตสื่อสำนัก สารนิเทศ กรุงเทพมหานคร.

- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วีระชัย ณ นคร. 2538. สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์. องค์การสวนพฤกษศาสตร์
สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2547. ชีววิทยาพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : จามจุรีโปรดักท์.
- สมราน สุดดี. ป่าเต็งรังแม่น้ำภาชี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการ
อนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 244 หน้า
- อุตุนิยมวิทยา, กรม. 2551. รายงานปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของปี 2524 -
2553 [Computer file]

ภาษาอังกฤษ

- Abdelhafiez, A.T., Harssema H. and Verkerk, K. 1975. Effect of air temperature, soil temperature and soil moisture on growth and development of tomato itself and grafted on its own and egg-plant rootstock. Scientia Horticulturae 3: 65-73.
- Briggs, S.V. 1977. Estimates of biomass in a temperate mangrove community. Australian Journal of Ecology 2: 369-373.
- Cho, Y.Y., Oh, S., Oh M.M. and Son J.E. 2007. Estimation of individual leaf area, fresh weight, and dry weight of hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) Scientia Horticulturae 111: 330-334.
- Christensen, B. 1978. Biomass and primary production of *Rhizophora apiculata* BL. In a mangrove in southern Thailand. Aquatic Botany 4: 43-52.
- Colea, R.J., Holla, K.D., Keenec, C.L. and Zahawib, R.A. 2011. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. Forest Ecology and Management 26: 1590-1597.
- Cristofori, V., Roupael, Y., Gyves, E.M. and Bignami, C. 2007. A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements. Scientia Horticulturae 113: 221-225.

- Davidson, R., Mauffette, Y., and Gagnon, D. 2002. Light requirements of seedlings: a method for selecting tropical trees for plantation forestry. Basic and Applied Ecology 3: 209-220.
- Elliott, S., Baker P.J. and Borchert R. 2006. Leaf flushing during the dry season: the paradox of Asian monsoon forests. Global Ecology and Biogeography 15: 248–257.
- Fonseca, W., Benayas, J.M.R. and Alice F.E. 2011. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. Forest Ecology and Management 262: 1400-1408.
- Gattia, M.G., Campanelloa, P.I. and Goldsteina G.I. 2011. Growth and leaf production in the tropical palm *Euterpe edulis*: Light conditions versus developmental constraints. Flora 206: 742-748.
- Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. American Zoologist. 40: 748-758.
- Hajime Tomimatsu and Yoshimichi Hori. 2008. Effect of soil moisture on leaf ecophysiology of *Parasenecioyatabei*, a summer-green herb in a cool-temperate forest understory in Japan. Journal of Plant Research 121: 43-53.
- Huxley, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. Nature 114: 895-896.
- Jackson, M.L. 1973. Soil chemical analysis. Prentice Hall, New Delhi, India.
- Kandiannan, K., Parthasarathy, U., Krishnamurthy, K.S. and Srinivasan V. 2009. Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. Scientia Horticulturae 120: 532-537.
- Kapetch, P., Pakdeethai, C. and Sarawa V. 2011. Estimation of leaf area using digital image. Khon kaen agriculture journal 39: 392-397.
- Kenzo, T., Ichie, T., Hattori, D., Itioka, T., Handa, C., Ohkubo, T., Kendawang, J.J., Nakamura, M., Sakaguchi, M., Takahashi, N., Okamoto, M., Tanaka-Oda, A., Sakurai, K., Ninomiya, I., 2009. Development of allometric relationships for accurate estimation of above- and below-ground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia. Journal of Tropical Ecology 25: 371-386.

- Khan, I.N., Suwa, R. and Hagihara, A. 2005. Allometric relationships for estimating the aboveground phytomass and leaf area of mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce trees in the Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. Trees 19: 266-272.
- Komiyama, A., Havanond, S., Srisawatt, W., Mochid, Y., Fujimoto, K. and Ohnishi, T. 2000. Top/root biomass ratio of a secondary mangrove (*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob.) forest. Forest Ecology and Management 139: 127-134.
- Kuaraksa, C., Elliott, S. and Hossaert-Mckey M. 2012. The phenology of dioecious *Ficus* spp. tree species and its importance for forest restoration projects. Forest Ecology and Management 265: 82-93.
- Liu, F., Yang, W., Wang, Z., Xu, Z., Liu, H., Zhang, M., Liu, Y., An, S., and Sun, S. 2010. Plant size effects on the relationships among specific leaf area, leaf nutrient content, and photosynthetic capacity in tropical woody species. Acta Oecologica 36: 149-159.
- Lloyd, M. 1967. Mean crowding. Journal of Animal Ecology 36: 1-30.
- Meller, L., Schmid, B. and Weiner, J. 2000. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. Urban and Fischer Verlag 3: 115-127.
- Mcalpine, K. G., and Jesson, L. K. 2007. Biomass allocation, shade tolerance and seedling survival of the invasive species *Berberis darwinii* (Darwin's barberry). New Zealand Journal Of Ecology 31: 1-12.
- Mehltreter, K. and Franco, J.G. 2008. Leaf Phenology and Trunk Growth of the Deciduous Tree Fern *Alsophila firma* (Baker) D. S. Conant in a Lower Montane Mexican Forest. American Fern Journal 98: 1-13.
- Muchow, R.C., and Carberry, P.S. 1988. Environmental Control of Phenology and Leaf Growth in a Tropically adapted Maize. Field Crops Research. 20: 221-236.
- Nielsen, C.N., and Jorgensen, F.V. 2003. Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. Forest Ecology and Management 174: 233-249.

- Nouvellon, Y., Laclau, J.P., Epron, D., Kinana, A., Mabilia, A., Roupsard, O., Bonnefond, J.M., Maire G.L., Marsden, C., Bontemps J.D., and Saint-Andre L. 2010. Within-stand and seasonal variations of specific leaf area in a clonal Eucalyptus plantation in the Republic of Congo. Forest Ecology and Management 259: 1796-1807.
- Ogawa, H., Yoda, K., and Kira T. 1964. Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. Nature and Life in South East Asia 4: 49-80.
- Palacioa, S., Millar, D. and Montserrat-Martia G. 2006. Aboveground biomass allocation patterns within Mediterranean sub-shrubs: A quantitative analysis of seasonal dimorphism. Flora 20: 612-622.
- Patanaponpi boon, P. 2009. Research on Carbon Storage into Deciduous Forest in Northrn Thailand. Annual Report Phase III.
- Peng, Y.Y. and Dang Q.L. 2003. Effects of soil temperature on biomass production and allocation in seedlings of four boreal tree species. Forest Ecology and Management 180: 1-9.
- Poungparn, S. 2003. Common allometric relationships for estimating the biomass of mangrove forests. Ph.D. dissertation, Gifu University.
- Poungparn, S., Komiyama, A., Jintana, V., Piriyaota, S., Sangtjean, T., Tanapermpool, P., Patanaponpaiboon, P., Kato, S., 2002. A quantitative analysis on the root system of a mangrove, *Xylocarpus granatum* Koenig. Tropics 12: 35-42.
- Preece, N.D., Crowley, G. M., Lawes, M.J. and Oosterzee, P.O. 2012. Comparing above-ground biomass among forest types in the Wet Tropics: Small stems and plantation types matter in carbon accounting. Forest Ecology and Management 264: 228-237.
- Richardsa, J.H., Troxlera, T.G., Leea, D.W. and Zimmerman M. S. 2001. Experimental determination of effects of water depth on *Nymphaea odorata* growth, morphology and biomass allocation. Aquatic Botany 95: 9-16.

- Sajan R. 2000. Regeneration and Sapling Survey Protocol. Canada : Canadian Forest Service. (Draft unpublished manuscript)
- Saldana-Acosta, A., Meave J. A., and Sanchez-Velasquez L.R. 2009. Seedling biomass allocation and vital rates of cloud forest tree species : Responses to light in shade house conditions. Forest Ecology and Management 258: 1650 – 1659.
- Seghieria, J., Vescovo, A., Padel, K., Arjounin, M. Boulain, N., Rosnay, P., Galle, P., Gosset, M., Mouctar, A. H., Peugeot, C. and Timouk, F. 2009. Relationships between climate, soil moisture and phenology of the woody cover in two sites located along the West African latitudinal gradient. Journal of Hydrology 375: 78-89.
- Serdar, U. and Demirsoy, S. 2006. Non-destructive leaf area estimation in chestnut. Scientia Horticulturae 108: 227-230.
- Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K., Kira, T., 1964. Aquantitative analysis of plant form. Pipe model theory. I. Basic analysis. Japanese Journal of Ecology. 14: 97-105.
- Singh, K.P. and Kushwaha, C. P. 2005. Paradox of leaf phenology: Shorea robusta is a semi-evergreenspecies in tropical dry deciduous forests in India. Science and CUurrent 88: 1820–1824.
- Smitinand, T. 1954. Identification keys to genera and species of the Dipterocarpaceae of Thailand. 1-26.
- Smitinand, T., Santisuk, T. and Phengklai,C. 1980. The Manual of Dipterocarpaceae of Mainland South-East Asia.
- Sung, S.S., Kormanik, P.P., and Zarnoch, S.J. 1998. Photosynthesis and Biomass allocation in oak seedlings grown under shade. Proceedings of the Ninth Biennial Southern Silvicultural Reasearch Conference. USDA Forest Service 227 - 233.
- using leaf length, width, and SPAD value. Scientia Horticulturae 111: 330-334.
- Vitasse, Y., Delzon, S., Dufrene, E. and Pontailier, J.Y. 2008. Leaf phenology sensitivity to temperature in European trees: Do within-species populations exhibit similar responses?. Agricultural and forest meteorology 151: 969-980.

- Wang, X., Fang, J. and Zhu, B. 2008. Forest biomass and root - shoot allocation in northeast China. Forest Ecology and Management. 255: 4007- 4020.
- Wan-Juliana, W.A., Burslem D.F.R.P., and Swaine, M.D. 2009. Nutrient limitation of seedling growth on contrasting soils from Pasoh Forest Reserve, Peninsular Malaysia. Tropical Forest Science 21: 316-327.
- Windauer L. B., Slafer G. A. and Ravetta D. A. 2004. Phenological Responses to Temperature of an Annual and perennial Lesquerella Species. Annals of Botany 94: 139 - 144.
- Xu, B.C., Xuc, W.Z. and Huang J. 2011. Biomass allocation, relative competitive ability and water use efficiency of two dominant species in semiarid Loess Plateau under water stress. Plant Science 181: 644- 651.

ภาคผนวก

ตารางที่ ๘1 ข้อมูลรายชื่อพื้เมือง ชื่อวิทยาศาสตร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 1.3 เมตร (Diameter at breast height; DBH) ของต้นไม้ที่มี DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร

แปลงย่อย	หมายเลข	ชื่อพื้เมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	DBH (cm)
1	1	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	41.1
1	2	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	13.2
1	3	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	17.4
1	4	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib	11.7
1	5	เนื้อเหนียว	<i>Lophopetalum duperreanum</i> Pierre	23.5
1	6	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib	6.2
2	7	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib	36.5
2	8	สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	19.5
2	9	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	13.6
2	10	สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	20.2
3	11	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	10.2
3	12	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	6.6
3	13	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	19.9
3	14	ก่อขาวก้านยาว	<i>Vaccinium sprengelii</i> (G.Don) Sleumer	24.8
3	15	ตีนนก	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	13.3
3	16	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	13.3

แปลงย่อย	หมายเลข	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	DBH (cm)
3	17	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	9.3
3	18	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	9.9
3	19	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	26.4
3	20	ตีนนก	<i>Vitex pinnata</i> L.	15.0
3	21	ค้ำมอก	<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	8.7
3	22	แสลงใจ	<i>Strychnos nux - vomica</i> L.	14.6
3	23	สมอไทย	<i>Terminalia chebula</i> Retz. var. <i>nana</i> Gagnep.	5.4
3	24	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth	25.3
3	25	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	30.0
3	26	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	7.4
4	27	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	13.0
4	28	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	19.1
4	29	มะควัด	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	10.8
4	30	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	6.5
4	31	ก้อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	18.7
4	32	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	10.5
4	33	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	14.0
4	34	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	6.3

แปลงย่อย	หมายเลข	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	DBH (cm)
4	35	ก้อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	21.2
4	36	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	11.4
4	37	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	6.5
5	38	รักใหญ่	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	7.3
5	39	รักใหญ่	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	6.0
5	40	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	18.0
5	41	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	12.8
5	42	ก้อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	22.0
5	43	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	9.3
5	44	ประดู่ป่า	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	11.0
5	45	ประดู่ป่า	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	6.8
5	46	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	9.0
5	47	ก้อตี	<i>Quercus kingiana</i> Craib	14.2
6	48	สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	25.0
6	49	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth	22.5
6	50	ก้อตี	<i>Quercus kingiana</i> Craib	16.5
6	51	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	10.0
6	52	ก้วาว	<i>Tristaniaopsis burmanica</i> var. <i>rufescens</i> (Hance) J.Parn. & Nic Lughadha	22.0
6	53	ก้อขาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	23.4
6	54	แคทราย	<i>Stereospermum neuranthum</i> Kurz	15.2
7	55	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth	11.9

แปลงย่อย	หมายเลข	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	DBH (cm)
7	56	มะม่วงหัวแมงวัน	<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	17.3
7	57	แสลงใจ	<i>Strychnos nux - vomica</i> L.	13.0
7	58	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth	5.6
7	59	รักปิดทอง	<i>Gluta glabra</i> (Wall.) Ding Hou	36.5
7	60	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	7.4
7	61	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	13.9
7	62	อินทนิล	<i>Lagerstroemia macrocarpar</i> Wall.	6.7
7	63	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	5.4
7	64	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	21.4
7	65	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	11.3
8	66	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	25.1
8	67	ก้อขาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	22.3
8	68	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	31.0
8	69	ประดู่ป่า	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	5.5
8	70	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	18.2
8	71	ก้อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	20.5
8	72	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	16.7
8	73	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	18.9
9	74	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	14.9
9	75	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	16.5

แปลงย่อย	หมายเลข	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	DBH (cm)
9	76	ก่อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	21.5
9	77	กางหลวง	<i>Albizia chinensis</i> (Osbeck) Merr.	6.0
9	78	ก่อตี	<i>Quercus kingiana</i> Craib	10.0
9	79	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	19.0
9	80	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	12.3
9	81	พลวง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	11.0
9	82	ก่อแดง	<i>Quercus kingiana</i> Craib	30.2
10	83	แข่งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	12.7
10	84	ก่อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	35.0
10	85	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	34.1
10	86	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	6.2
10	87	ก่อขาวก้านยาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	12.5
10	88	แข่งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	5.2
10	89	แข่งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	6.4
11	90	แข่งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	5.8
11	91	ตีนนก	<i>Vitex pinnata</i> L.	17.0
11	92	แข่งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	10.2

แปลงย่อย	หมายเลข	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	DBH (cm)
11	93	ดาวรวย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	14.3
11	94	ขี้หนอน	<i>Schoepfia fragrans</i> Wall.	8.0
11	95	ขี้หนอน	<i>Schoepfia fragrans</i> Wall.	5.0
12	96	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	38.1
12	97	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	43.5
12	98	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	12.4
12	99	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	10.3
12	100	สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	27.7

ตารางที่ ๒2 ข้อมูลรายชื่อพื้เมือง ชื่อวิทยาศาสตร์ ความหนาแน่นของกล้าไม้

ลำดับ	ชื่อพื้เมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ความหนาแน่น (ต้น/เมตร ²)
1	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	1.04
2	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib	0.44
3	เหมือดแก้ว	<i>Aporosa yunnanensis</i> (Pax & K.Hoffm.) F.P.Metcalf	0.24
4	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	0.23
5	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W.W.Sm.	0.23
6	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	0.21
7	ก่อแดง	<i>Quercus kingiana</i> Craib	0.21
8	เหมือดตบ	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	0.19
9	แห้งกวาง	<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	0.17
10	แสลงใจ	<i>Strychnos nux - vomica</i> L.	0.14
11	ส้มปี้	<i>Vaccinium sprengelii</i> (G.Don) Sleumer	0.11
12	ก่อขาว	<i>Lithocarpus thomsonii</i> (Miq.) Rehder	0.11
13	กัวร์ว , เคาะ	<i>Tristaniopsis burmanica</i> var. <i>rufescens</i> (Hance) J.Parn. & Nic Lughadha	0.10
14	สารภีป่า	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	0.09
15	รักน้อย	Unknow 1	0.04
16	ติ้วขน	<i>Cratoxylum formosum</i> subsp. <i>pruniflorum</i> (Kurz) Gogel.	0.04
17	ตีนนก	<i>Vitex pinnata</i> L.	0.04
18	ตับเต่าหลวง (เรื้อนกวาง)	<i>Diospyros ehretioides</i> Wall. ex G.Don	0.04
19	ก่อตี	<i>Quercus kingiana</i> Craib	0.03

ลำดับ	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	ความหนาแน่น (ตัน/เมตร ²)
20	ค่าหด	Engelhardtia spicata Blume var. colebrookeana (Lindl. ex Wall.) Kuntze	0.03
21	รัก	Unknow 2	0.02
22	แคทราย	Stereospermum neuranthum Kurz	0.01
23	มะม่วงหัวแมง วัน	Buchanania lanzan Spreng.	0.01
24	เนื้อเหนียว	Lophopetalum duperreanum Pierre	0.01
25	หัตสुकน	Unknow 3	0.01
26	सानหลวง	Dillenia obovata (Blume) Hoogland	0.00
27	รักปิดทอง	Gluta glabra (Wall.) Ding Hou	0.00
28	ก้อรวี	Unknow 3	0.00
29	เนาโน	Unknow 4	0.00
30	เป็ง	Unknow 5	0.00
31	หว่า	Unknow 6	0.00
32	หมีคน	Unknow 7	0.00

การวิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer method)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Sedimental cylinder
2. Dispensing apparatus
3. Hydrometer
4. Thermometer
5. Plunger
6. Beaker 125 มิลลิลิตร
7. Wash bottle
8. นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี

1. สารละลาย Calgon 5% เตรียมโดยละลาย Sodium hexameta phosphate 50 กรัม และ Sodium carbonate 8.3 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. Amyl alcohol

วิธีการ

ชั่งดิน (ที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาดตา 2 มิลลิเมตร) หนัก 50 กรัม ใส่ Beaker 125 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Calgon 5% 100 มิลลิลิตร แซ่ทิ้งไว้ค้างคืน ถ่ายสารละลายดินลงไป ใน Dispersion cup ใช้ขวดฉีดน้ำล้างเอาดินที่ติดใน Beaker ให้หมด แล้วบั่น 3 นาที ถ่ายสารละลายดินที่บั่นแล้วลงใน Sedimentation cylinder ล้างดินที่อยู่ใน Cup ให้หมดด้วยขวดฉีดน้ำ เติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดล่างของ Cylinder (1130 มิลลิลิตร) โดยในขณะนี้มี Hydrometer ลอยอยู่ด้วย เอา Hydrometer ออกแล้วใช้ Plunger กวนให้ได้สารแขวนลอยดินที่สมบูรณ์อีกครั้ง หนึ่ง ใช้เวลากวนประมาณ 1 นาที (ในขณะนี้มีฟองเกิดขึ้นมากให้กำจัดฟองโดยหยด Amyl alcohol 2-3 หยด จนหมดฟอง) จากนั้นค่อยๆ หย่อน Hydrometer ลงไป อ่านค่าบนก้าน Hydrometer เมื่อครบ 40 วินาที สมมติให้อ่านได้เท่ากับ Rt 40s หน่วยเป็น กรัม/ลิตร ในขณะนั้น

ให้วัดอุณหภูมิของสารละลายดินด้วย สมมติให้อ่านได้ T 40s °C ทำ Blank คือส่วนของสารละลาย Calgon 5% ดำเนินวิธีการคล้ายข้างบนทั้งหมด (แต่ไม่มีตัวอย่างดิน) ดังนั้นจะได้ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer อีก 1 ค่า สมมติให้อ่านได้เท่ากับ Cr 40s กรัม/ลิตร อ่านอุณหภูมิได้ r 40s °C ปล่อยให้ทิ้งไว้และวัดค่าสารละลายดินอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านไปจนครบ 2 ชั่วโมง ค่า Hydrometer ที่วัดได้ในครั้งนี้ สมมติให้อ่านได้ Rt 2h กรัม/ลิตร วัดอุณหภูมิเท่ากับ T 2h °C ให้อ่านค่า Hydrometer ใน Blank ที่ 2 ชั่วโมงด้วย สมมติให้อ่านได้ Cr 2h กรัม/ลิตร อ่านอุณหภูมิได้ r 2h °C แล้วจึงนำค่าต่างๆ ที่วัดได้ไปคำนวณ

วิธีการคำนวณ

สมมติให้ $R_s 40s =$ กลุ่มอนุภาคดินตะกอน + กลุ่มอนุภาคดินเหนียว กรัม/ลิตร

$$\text{จะได้ } R_s 40s = [R_t 40s + 0.36(t 40s - 20)] + [Cr 40s + 0.5(r 40s - 20)] \text{ ----- (1)}$$

สมมติให้ $R_s 2h =$ กลุ่มอนุภาคดินเหนียว กรัม/ลิตร

$$\text{จะได้ } R_s 2h = [R_t 2h + 0.36(t 2h - 20)] - [Cr 2h + 0.5(r 2h - 20)] \text{ ----- (2)}$$

$$\text{กลุ่มอนุภาคดินตะกอน} = (1) - (2) \text{ กรัม/ลิตร ----- (3)}$$

$$\text{กลุ่มอนุภาคดินทราย} = 50 - (1) \text{ กรัม/ลิตร ----- (4)}$$

เนื่องจากสารละลายดิน 1130 มิลลิลิตร ได้จากดิน 50 กรัม

$$\text{ดังนั้น } \% \text{ ของดินเหนียว} = 2 \times (2)$$

$$\% \text{ ของดินร่วน} = 2 \times (3)$$

$$\% \text{ ของดินทราย} = 2 \times (4)$$

นำเปอร์เซ็นต์ที่ได้มาซึ่งลักษณะเนื้อดินจากแผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดิน

วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black method

คาร์บอน (carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุตั้งนั้นในการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจึงใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนโดยการใช้สารเคมีทำให้เกิด oxidation กับคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุในดิน แล้วคำนวณปริมาณคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจากปริมาณของสารเคมีที่ใช้ไปในปฏิกิริยา และเมื่อทราบปริมาณคาร์บอนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยประมาณ โดยคูณกับ “Van Bemmelen factor” ซึ่งเท่ากับ 1.724 จากหลักที่ว่าอินทรีย์วัตถุมีปริมาณคาร์บอน 58% (Allison และ Moodie, 1965) ให้ใช้เป็นตัวคูณ (factor) ที่เปลี่ยนจากอินทรีย์คาร์บอนเป็นอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันในดินบนและดินล่าง กล่าวคือดินบนคูณด้วย 1.9 (52% C) โดยประมาณ และดินล่างคูณด้วย 2.5 (40% C) แต่อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนต่ออินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกัน และระหว่างชั้นดินในดินเดียวกันไม่แน่นอน ดังนั้นจึงนิยมใช้ตัวคูณ 1.724 มากกว่า

อุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร
2. Pipette
3. Analytical Balance
4. Buret
5. Cylinder 100 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. สารละลาย Standard $1.0 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
2. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
3. สารละลาย Ferrous Ammonium Sulfate (FAS) 0.5 นอร์มอล
4. O-phosphoric acid
5. Diphenylamine indicator
6. ของแข็ง NaF

วิธีเตรียมสารเคมี

1. Standard 1.0 $K_2Cr_2O_7$: ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (A.R.grade) 49.04 กรัม ที่ผ่านการอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น: กรด H_2SO_4 (A.R. grade) ที่มีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 96% (ถ้าดินมี Cl^- สูง เช่น ดินเค็มให้เติม Ag_2SO_4 ในอัตรา 15 กรัมต่อลิตร ในสารละลายกรด H_2SO_4 ด้วย เพื่อป้องกันการ interfere จาก Cl^-)
3. Diphenylamine indicator: ชั่ง Diphenylamine 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น 100 มิลลิลิตร
4. สารละลาย Ferrous Ammonium Sulfate (FAS) 0.5 นอร์มอล: $(Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O)$ 196.1 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ที่มีกรด H_2SO_4 เข้มข้นอยู่ 20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล
5. O-phosphoric acid: ความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 85%
6. ของแข็ง NaF

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งดิน 1 กรัม (ปริมาณตัวอย่างอาจลดลงได้ตามความเหมาะสม ถ้าดินนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง) ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Standard $K_2Cr_2O_7$ 1.0 นอร์มอล 10 มิลลิลิตร โดย H_2SO_4 เข้มข้น 20 มิลลิลิตร พยายามให้กรดไหลลงข้าง flask ให้ชะล้างตัวอย่างลง flask ให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะอยู่ตามข้าง flask เขย่าให้เข้ากันดีประมาณ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
2. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เติมอินดิเคเตอร์ประมาณ 3-4 หยด เขย่าอีกครั้งจนเข้ากันดี สีของสารละลายจะเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน (ถ้าเป็นสีเขียวแสดงว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากเกินไป ต้องทำใหม่โดยชั่งตัวอย่างดินให้น้อยลง
3. ไตเตรตด้วย FAS 0.5 นอร์มอล ที่จุด end point สีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน
4. ทำ blank เปรียบเทียบทุกครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ organic matter (O.M.)} = 10 \times \frac{(B-S)}{B} \times \frac{0.6716}{\text{น้ำหนักดิน (กรัม)}} \times N$$

- B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรต blank
- S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง
- N = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (ในกรณีที่มีความเข้มข้นไม่ใช่ 1.0 นอร์มอล)

คำแนะนำ

1. เนื่องจากการเตรียม Standard $K_2Cr_2O_7$ 1.0 นอร์มอล มักเตรียมครวละมากๆ ดังนั้น normality ของ standard จะไม่เท่ากับ 1.0 นอร์มอล ในกรณีเช่นนี้ควรเตรียม Standard $K_2Cr_2O_7$ ที่แน่นอน 100 มิลลิลิตร เพื่อเอาไปหา normality ที่แท้จริงของ สารละลาย $K_2Cr_2O_7$
2. การชั่งตัวอย่างดิน ถ้าดินนั้นมีสีดำ ควรชั่งดินปริมาณน้อยลง แต่ถ้าเป็นดินทรายควรชั่งปริมาณเพิ่มขึ้น และน้ำหนักดินที่ชั่งต้องแน่นอน
3. ปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ต้องเป็นค่าที่แน่นอน เนื่องจาก $K_2Cr_2O_7$ ในกรดเป็น strength oxidizing agent ทำหน้าที่ oxidizable ให้เป็น CO_2 แล้วไตเตรตด้วย $(Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O)$ เพื่อหาปริมาณที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาของ oxidizing agent
4. เติม O-phosphoric acid เพื่อเวลาไตเตรตจะเห็นสีได้ชัดขึ้น

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเยาวลักษณ์ วงศ์สิงห์ เกิดเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดเพชรบุรี
ศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จังหวัดเพชรบุรี
สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิตสาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2551 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี
การศึกษา 2552