

การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ
กรณีศึกษา : จังหวัดแม่ฮ่องสอน สุพรรณบุรี และเพชรบุรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2546

ISBN 974-04-3533-5

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ
กรณีศึกษา : จังหวัดแม่ฮ่องสอน สุพรรณบุรี และเพชรบุรี

ผู้พิมพ์ พิมพ์ครั้งที่

นางสาวจิราภรณ์ บำรุงศักดิ์
ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์นางสุดา ภูมิจำนงค์, Ph.D.
ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

นายธีรภัทร ประยูรสิทธิ, Ph.D.
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

นางสาวพิศ คิลกัมพันธ์, Ph.D.
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์รัศมีดารา หุ่นสวัสดิ์, Ph.D.
คณบดี
บัณฑิตวิทยาลัย

อาจารย์สัญญาชัย สุนทิพันธ์วิหาร, วท.ม.
ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวางแผนสิ่งแวดล้อม
เพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ

กรณีศึกษา : จังหวัดแม่ฮ่องสอน สุพรรณบุรี และเพชรบุรี

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดูตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท

วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ.2546

นางสาว จีราภรณ์ บำรุงศักดิ์

นางสาวจิราภรณ์ บำรุงศักดิ์
ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ภูมิจำนงค์

รองศาสตราจารย์ ภูมิจำนงค์, Ph.D.
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นายธีรภัทร ประชวรสิทธิ์, Ph.D.

นายธีรภัทร ประชวรสิทธิ์, Ph.D.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นายสมชาย ธรรมิธร, Ph.D.

นายสมชาย ธรรมิธร, Ph.D.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ธีรศักดิ์, Ph.D.

รองศาสตราจารย์ ธีรศักดิ์, Ph.D.
คณบดี
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหิดล

นางสาวพิศ คิลกสัมพันธ์, Ph.D.

นางสาวพิศ คิลกสัมพันธ์, Ph.D.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ พวงลำไย, Ph.D.

รองศาสตราจารย์ พวงลำไย, Ph.D.
คณบดี
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาอย่างมากของ รศ.ดร.นาฏสุดา ภูมิจันทร์ ที่เป็นผู้ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจน คุณแฉะ เอาใจใส่ สั่งสอน ให้คำปรึกษา รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล และอื่นๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่ต้นจนจบ ขอขอบคุณ ดร.ธีรภัทร ประยูรสิทธิ ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขและการนำเสนองาน ขอขอบคุณ ดร. ศาพิศ ดิลกสัมพันธ์ ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของเล่มวิทยานิพนธ์อย่างละเอียด ขอขอบคุณ ดร.สมชาย ธรณิศร ที่ได้กรุณาช่วยปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบคุณหัวหน้าตริภพ และเจ้าหน้าที่หน่วยวิจัยสมุนไพร จ.แม่ฮ่องสอน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยย่อยพิเศษที่ 1 อุทยานแห่งชาติพุเตย จ.สุพรรณบุรี ขอขอบคุณ ป๋อง คุณพีเป้ คุณพีจูน และเจ้าหน้าที่ของศูนย์ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ จ.เพชรบุรี ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการเก็บตัวอย่าง และอำนวยความสะดวกในด้านที่พัก ขานพาหนะ และทุกๆ ด้าน ในช่วงระหว่างการลงพื้นที่เก็บข้อมูล

ขอบคุณหน่วยงานเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะสิ่งแวดล้อมฯ ม.มหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ น้องอิง พี่รี น้องรี หนู่ม ดวง ้วย ต้อ โอ้ และสมพร ที่ให้ความช่วยเหลือและลำบากร่วมกันในการเก็บตัวอย่าง

ขอบคุณ น้องแวน และน้องบัว ที่สอน และคอยช่วยเหลือ การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ขอบคุณหนู่ม และแอม ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาในด้านภาษาอังกฤษ ขอขอบคุณน้องกั้ง ที่คอยช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลและแผนที่ ขอขอบคุณสายทอง ที่เป็นพี่ปรึกษาในเรื่องสถิติ ขอขอบคุณอรรถ ที่คอยดูแลเรื่องคอมพิวเตอร์ให้ทุกครั้งในยามที่มีปัญหา

ขอบคุณ กบน้อย นีม น้องอ้อย คา พวกทีเวช เพื่อนๆ RD4 ทุกคน น้องกฤษ รุจิรา และเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือตลอดมา และขอบคุณอย่างมากมาย แต่ อิง ที่คอยให้ความช่วยเหลือทุกอย่าง ทุกด้าน และเป็นกำลังทุกอย่าง ตลอดมาและเป็นมิตรที่แท้อย่างมาก

ท้ายนี้ ขอกราบขอบคุณ แม่ พ่อ ยาย น้ำเป๊ยก น้ำดื่ม น้ำปู้ และทุกคนในครอบครัวที่เข้าใจ คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าได้สำเร็จปริญญาโทในครั้งนี้

จิราภรณ์ บำรุงศักดิ์

การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษา: จังหวัดแม่ฮ่องสอน สุพรรณบุรี และเพชรบุรี
(RESPONSE OF THE TREE-RING OF *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese TO CLIMATE : A CASE STUDY IN
MAE HONG SORN PROVINCE , SUPHAN BURI PROVINCE AND PHETCHABURI PROVINCE)

จิราภรณ์ บำรุงศักดิ์ 4136765 ENRD/M

วท.ม. (การวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นาฏสุตา ภูมิจันทร์, Ph.D., ชีรภัทร ประยูลลิตธิ, Ph.D., สาทิส ดิลกสัมพันธ์, Ph.D.

บทคัดย่อ

การศึกษาการตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศในครั้งนี้ เป็นการศึกษาในพื้นที่ที่มีลักษณะทางนิเวศต่างกัน 3 แห่ง คือ ภาคเหนือ ภาคกลางและภาคใต้ตอนบน วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อปัจจัยด้านภูมิอากาศ (น้ำฝนและอุณหภูมิ) ในแต่ละพื้นที่ และเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พื้นที่ศึกษาได้แก่ ภาคเหนือ ดอยถ้ำมะแกง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จ. แม่ฮ่องสอน ภาคกลาง เขาพุเตย ในเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จ.สุพรรณบุรี และภาคใต้ตอนบน ป่าชุมชน ต.เขากระปุก อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี ทำการศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544-พฤษภาคม 2546

เก็บตัวอย่างไม้สนสองใบต้นละ 2 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือ increment borer วิเคราะห์ด้วยวิธีทาง Dendrochronology และหาความสัมพันธ์กับข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดที่ใกล้พื้นที่ศึกษา และทำการเก็บตัวอย่างดิน ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศและป่าไม้ ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่งโดยพื้นที่ทั้ง 3 แห่งมีลักษณะป่าเป็นป่าเต็งรังผสมสน มีไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น คุณสมบัติดินเป็นดินที่มีความชื้นต่ำ เป็นกรดจัด ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสต่ำ แต่ปริมาณโพแทสเซียมสูง

การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน วงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน และตอบสนองต่ออุณหภูมิในทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี วงปีไม้สนมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในเดือนมีนาคม แต่ไม่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี วงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายนและตอบสนองทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิในช่วงเดือนเมษายน-กรกฎาคม ซึ่งการตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศของทั้ง 3 พื้นที่เป็นการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนทางบวกในช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน

ลักษณะดินที่มีคุณสมบัติคล้ายกันทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา และการตอบสนองของไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน ทำให้ต้นสนสองใบสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ ทั้ง 3 แห่งที่มีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน

คำสำคัญ : สนสองใบ / วงปีไม้ / การตอบสนอง / สภาพภูมิอากาศ / DENDROCHRONOLOGY

127 หน้า . ISBN 974-04-3533-5

RESPONSE OF THE TREE-RING OF *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese TO CLIMATE : A CASE STUDY IN MAE HONG SORN PROVINCE , SUPHAN BURI PROVINCE AND PHETCHABURI PROVINCE

JIRAPHORN BUMRUNGSAK 4136765 ENRD/M

M.Sc. (ENVIRONMENTAL PLANNING FOR COMMUNITY AND RURAL DEVELOPMENT)

THESIS ADVISORS: NATHSUDA PUMIJUMNONG, Ph.D., THEERAPAT PRAYURASIDDHI, Ph.D.,
SAPIT DILHOKSUMPHUN , Ph.D.,

ABSTRACT

This research on *Pinus merkusii* tree rings response to climatic factors was studied in three different ecological sites; in the northern part of Thailand at Doi Tum Mak Keang in Pai Wildlife Sanctuary in Mae Hong Sorn province, in the central part of Thailand at Phu Toei National Park in Suphan Buri province and in the upper southern part of Thailand at Pha Chum Chon in Ta Yang district, Phetchaburi province. The objectives of this study were i) to examine the response of *P. merkusii* tree rings to climatic factors (rainfall and temperature), ii) to compare growth patterns of *P. merkusii* and ecological characteristics among these studied areas in northern, central and upper southern part. The experiment was performed during November 2001 to May 2003.

Two wood core samples were taken from each tree sample by using an increment borer. The data were analyzed by a dendrochronological method. Growth patterns of *P. merkusii* were correlated with climatic data from the meteorological station nearby. The soil sample, the topographical information and the characteristics of the forest were taken from the three study areas. The forest type of all studied areas was Dry dipterocarp forest, in which *P. merkusii* is a dominant species. The soil is acid with as low moisture content. The organic matter, total nitrogen and phosphorus were low, but the potassium was high.

The results revealed that the response of *P. merkusii* tree rings to rainfall and temperature at the Mae Hong Sorn site showed a significantly positive response at a level of 0.05 to rainfall in April, and showed a significantly negative response at a level of 0.05 to the temperature from March to May. While at the Suphan Buri Site, it showed a significantly positive response at a level of 0.05 to the rainfall in March. On the other hand it did not show a significant a level of 0.05 level response to temperature in this site. At the Phetchaburi Site, it showed a significantly positive response at a level of 0.05 to rainfall from April to June and showed a significantly negative response at a level of 0.05 to temperature from April to July. The results showed that the response of *P. merkusii* tree rings to climatic factors was responded positively with rainfall from the late dry season to the early wet season in all three different studied sites.

Even though the topographical characteristics of all three studied areas were different, the characteristics of the soil were the same, which corresponded to the rainfall from the late dry season to the early wet season. It might be the *P. merkusii* species ability to distribute itself in all three different topographical sites.

KEY WORDS: *Pinus merkusii* / TREE-RING / RESPONSE / CLIMATE / DENDROCHRONOLOGY

127 page. ISBN 974-04-3533-5

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 คำถามหลักในการวิจัย	3
1.3 สมมติฐาน	3
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.5 ขอบเขตการศึกษา	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 กรอบแนวความคิด	5
1.8 นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ไม้สนสองใบ การกระจายพันธุ์ และนิเวศวิทยาของไม้สนสองใบ	7
2.2 ระบบนิเวศ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้	10
2.3 Dendrochronology และ Dendroecology	14
2.4 ข้อมูลพื้นฐานพื้นที่ศึกษา	15
2.5 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ	28
3.2 การกำหนดพื้นที่ศึกษา	31
3.3 การเก็บตัวอย่างไม้และการศึกษาทาง Dendrochonology	31
3.4 การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน	35
3.5 การศึกษาลักษณะทางภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	35
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	36
3.7 แผนการดำเนินการศึกษา	37
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ลักษณะภูมิประเทศและป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา	39
4.2 ความกว้างวงปีไม้สนสองใบ	45
4.3 เส้นดัชนีความกว้างวงปีไม้สนสองใบ	48
4.4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ	54
4.5 คุณสมบัติดิน	71
บทที่ 5 อภิปรายผล	
5.1 ลักษณะภูมิประเทศและป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา	78
5.2 ความกว้างวงปีไม้สนสองใบ	78
5.3 เส้นดัชนีความกว้างวงปีไม้สนสองใบ	79
5.4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ	79
5.5 คุณสมบัติดิน	82

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุป และข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุป	85
6.2 ข้อเสนอแนะ	87
รายการอ้างอิง	90
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติดิน	96
ภาคผนวก ข ความกว้างเส้นคั่นนึ่งปีไม้สนสองใบ	100
ภาคผนวก ค การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ	107
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน	119
ประวัติผู้วิจัย	122
EXECUTIVE SUMMARY	123

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3-1 ข้อมูลสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ	30
ตารางที่ 3-2 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา	37
ตารางที่ 3-3 แสดงช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม	37
ตารางที่ 4-1 จำนวนตัวอย่างไม้ และค่าสถิติเบื้องต้น ของความกว้างวงปีไม้สนสองใบ ทั้ง 3 พื้นที่	45
ตารางที่ 4-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนีวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ 3 แห่ง	49
ตารางที่ 4-3 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัด แม่ฮ่องสอน ต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ	57
ตารางที่ 4-4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัด สุพรรณบุรี ต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ	61
ตารางที่ 4-5 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัด เพชรบุรี ต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ	67
ตารางที่ 4-6 แสดงค่าเฉลี่ยคุณสมบัติดิน พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง	74
ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 3 ระดับ	76
ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติดินที่พื้นที่ศึกษา 3 แห่ง	77

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1-1 กรอบแนวความคิดในการศึกษา	5
ภาพที่ 2-1 แสดงการกระจายไม้สนสองใบในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	8
ภาพที่ 2-2 แสดงที่ตั้งพื้นที่ศึกษา	16
ภาพที่ 2-3 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปายจังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ.2543	18
ภาพที่ 2-4 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ปี พ.ศ.2543	22
ภาพที่ 2-5 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ ป่าชุมชนบ้านโรง จังหวัดเพชรบุรี ปี พ.ศ.2543	23
ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนวิธีการศึกษา	29
ภาพที่ 3-2 การเก็บตัวอย่างไม้	38
ภาพที่ 3-3 การเตรียมตัวอย่าง	38
ภาพที่ 3-4 เครื่องวัดความกว้างวงปี	38
ภาพที่ 4-1 แสดงลักษณะโครงสร้างป่า ก. ด้านข้าง (side view) และ ข. ด้านบน (top view) ของพื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน	41
ภาพที่ 4-2 แสดงลักษณะโครงสร้างป่า ก. ด้านข้าง (side view) และ ข. ด้านบน (top view) ของพื้นที่ศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี	42
ภาพที่ 4-3 แสดงลักษณะโครงสร้างป่า ก. ด้านข้าง (side view) และ ข. ด้านบน (top view) ของพื้นที่ศึกษา จังหวัดเพชรบุรี	43
ภาพที่ 4-4 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน	44
ภาพที่ 4-5 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี	44
ภาพที่ 4-6 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี	44
ภาพที่ 4-7 กราฟความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน	50
ภาพที่ 4-8 กราฟเส้นดัชนีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน	50
ภาพที่ 4-9 กราฟความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี	51
ภาพที่ 4-10 กราฟเส้นดัชนีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4-11 กราฟความกว้างวงปีไม้สนสองใบพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี	52
ภาพที่ 4-12 กราฟเส้นดัชนีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี	52
ภาพที่ 4-13 เปรียบเทียบกราฟเส้นดัชนีไม้สนสองใบพื้นที่ศึกษา ทั้ง 3 แห่ง	53
ภาพที่ 4-14 แผนภาพภูมิอากาศ รวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2454-2543 และ อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2543)	55
ภาพที่ 4-15 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝน (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูล ปี พ.ศ.2454-2543 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ. 2529-2543 พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน	58
ภาพที่ 4-16 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่ออุณหภูมิ ข้อมูลปี พ.ศ.2494-2543 พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน	58
ภาพที่ 4-17 แผนภาพภูมิอากาศ รวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544 และ อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544)	60
ภาพที่ 4-18 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝน (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูลปี พ.ศ.2494-2544 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ. 2525-2544 พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี	62
ภาพที่ 4-19 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่ออุณหภูมิ ข้อมูลปี พ.ศ.2494-2543 พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี	62
ภาพที่ 4-20 แผนภาพภูมิอากาศ รวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544 และอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2494-2544)	66
ภาพที่ 4-21 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝน (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูลปี พ.ศ.2494-2544 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ.2525-2544 พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี	68
ภาพที่ 4-22 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่ออุณหภูมิ (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูล ปี พ.ศ.2494-2544 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ.2524-2544 พื้นที่ศึกษา จังหวัดเพชรบุรี	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ไม้ตระกูลสน (*Pinus sp.*) เป็นไม้ที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน อาทิเช่น มีการเจาะเอายางสนดิบเพื่อนำมากลั่นเป็นน้ำมันสน (terpentine) และชันสน (resin) สำหรับใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมต่างๆ (1) หรือใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ด้วยคุณสมบัติที่เป็นไม้ที่มีเส้นใย (fibre) ยาว และยังสามารถใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและไม้สำหรับตกแต่งต่างๆ (2)

นอกจากนี้ การปลูกไม้สนเพื่อการอนุรักษ์ต้นน้ำ โดยไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียสมดุลของน้ำ ซึ่งตามธรรมชาติของพื้นที่ต้นน้ำทางภาคเหนือของประเทศไทย มีไม้สนขึ้นอยู่แล้ว และสำหรับพื้นที่ที่เสื่อมโทรมที่ผ่านการทำการเกษตรกรรมจนมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่บางแห่งหน้าดินแทบไม่หลงเหลืออยู่เลย การปลูกไม้ประเภทนี้เป็นการเลียนแบบการสร้างดินให้ดีขึ้นโดยพัฒนาการของธรรมชาติตามหลักทางนิเวศวิทยา เป็นการช่วยสร้างความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินโดยการเพิ่มระดับไนโตรเจนในดินให้สูงขึ้น (2) และบริเวณพื้นที่ป่าสนที่มีสภาพสมบูรณ์ ทิวทัศน์สวยงาม ยังสามารถใช้เป็นแหล่งนันทนาการและแหล่งศึกษาธรรมชาติ ดึงดูดให้ประชาชนเดินทางมาท่องเที่ยวสร้างรายได้แก่ประชาชนในท้องถิ่น เป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจในด้านการท่องเที่ยวอีกทางหนึ่ง (3)

การนำไม้สนมาใช้ประโยชน์อย่างมาก เป็นสาเหตุหนึ่งของการทำลายและการสูญเสียพื้นที่ป่าสนในธรรมชาติไป ไม้สนส่วนใหญ่อยู่ในสภาพที่ทรุดโทรมและตายลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการถากเอาเนื้อไม้สนสำหรับเป็นเชื้อไฟ และการลักลอบเจาะยางสนดิบที่ผิดวิธี ความเสียหายบางส่วนเกิดจากมิไฟไหม้เป็นประจำทุกปี ประกอบกับการบุกรุกของราษฎรเพื่อต้องการที่ดินทำกินเพิ่มขึ้น ทำให้ไม้สนธรรมชาติถูกทำลายลงปีละจำนวนมาก ซึ่งเท่ากับเป็นการลดจำนวนแม่ไม้สนที่มี

ลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีและมีค่าในทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก (1) โดยเฉพาะสนสองใบซึ่งมีปริมาณน้ำยางดิบ ชันสนและน้ำมันสนมากกว่าสนสามใบ (4)

ไม้สน (Pine) ในโลก มีประมาณ 105 ชนิด (5) โดยมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติกว้างขวาง แต่ส่วนมากมีการกระจายอยู่ในบริเวณซีกโลกเหนือ ตั้งแต่เขตหนาวลงมาจนถึงเขตร้อน ในประเทศไทยมีไม้สนอยู่ 2 ชนิด คือ สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh & de Vriese) และสนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon)

การกระจายของป่าสนสองใบในประเทศไทยมีการกระจายตัวอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ตอนบน สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 30-2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล (6) ซึ่งความสูงของแต่ละพื้นที่มีความต่างกันค่อนข้างมาก แต่ไม้สนสองใบยังมีการกระจายกว้างขวางอยู่ในแถบดังกล่าว ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาเพื่ออธิบายถึงปัจจัยที่มีความแตกต่างหรือระบบนิเวศที่ต่างของพื้นที่อย่างชัดเจน

การศึกษาถึงการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศของสังคมพืช สามารถศึกษาได้หลายวิธี การศึกษาทางด้าน Dendroecology เป็นการศึกษาวงปีของต้นไม้ เพื่อศึกษาถึงลักษณะทางนิเวศวิทยา (7) เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถศึกษาการตอบสนองของต้นไม้ต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้ขนาดความกว้างของวงปีของต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในสังคมพืชนั้นๆ (Dendrochronology) (8) เป็นวิธีการที่ใช้ศึกษาการตอบสนองของการเจริญเติบโตของต้นไม้ต่อสภาพภูมิอากาศ และระบบนิเวศ โดยในการศึกษาทาง Dendrochronology นี้ ชนิดไม้ที่นำมาศึกษา ควรเป็นไม้ที่มีการสร้างเส้นวงปีชัดเจน และเป็นไม้ที่มีการเจริญเติบโตตอบสนองกับสภาพภูมิอากาศ ซึ่งไม้สนสองใบเป็นไม้ชนิดหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศและมีการสร้างเส้นวงปีชัดเจน (9)

การศึกษารั้วนี้ ได้เลือกพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ 1) ภาคเหนือ บริเวณดอยถ้ำมะแกง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) 2) ภาคกลาง บริเวณเขาพุเตย อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) 3) ภาคใต้ตอนบน บริเวณป่าชุมชนบ้านโรง ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี (PMTY) พื้นที่ทั้งสามแห่ง ถือเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีลักษณะทางภูมิประเทศที่แตกต่างกัน จึงเหมาะสมที่จะนำมาศึกษาเปรียบเทียบและศึกษาถึงการตอบสนองของการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก

การศึกษารั้วนี้ นอกจากจะได้ทราบถึงการตอบสนองของไม้สนสองใบกับลักษณะทางนิเวศวิทยาแล้ว ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้จัดการกับพื้นที่ป่าสนสองใบในป่าธรรมชาติในพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

1.2 คำถามหลักในการวิจัย

ไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีรูปแบบการเจริญเติบโตเหมือนหรือต่างกันและมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

1.3 สมมติฐาน

การตอบสนองของไม้สนสองใบต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านภูมิอากาศไม่แตกต่างกันในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง คือ

1.3.1 ไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในทางบวก

1.3.2 ไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิในทางลบ

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อสร้างเส้นดัชนีไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง

1.4.2 เพื่อศึกษาการตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง

1.4.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบ และลักษณะทางนิเวศวิทยาของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง

1.5 ขอบเขตในการศึกษา

1.5.1 ไม้สนสองใบที่เจริญเติบโตในพื้นที่ป่าธรรมชาติ

1.5.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

1) ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบ ได้แก่

- ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน

- ปัจจัยเกี่ยวกับดิน ได้แก่ ชนิดและลักษณะของ เนื้อดิน (soil texture) ความชื้นในดิน (soil moisture) อินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (N) ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ (P) และโพแทสเซียมที่มีประโยชน์ (K)
- ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (elevation) ความลาดชัน (slope) และทิศทางด้านลาด (aspect)

2) ลักษณะของวงปีไม้สนสองใบ ได้แก่ ความกว้าง อายุ

1.5.3 พื้นที่ศึกษา

- บริเวณคอยถ้ำมะแกง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน
- บริเวณเขาพุเตย อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี
- บริเวณป่าชุมชนบ้านโรง ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี

1.5.4 ระยะเวลาในการศึกษา

ระยะเวลาในการศึกษาให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 19 เดือน ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2544 ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2546

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เส้นดัชนีของไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง

1.6.2 การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของแต่ละพื้นที่ศึกษา

1.6.3 ลักษณะทางนิเวศวิทยาของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง

1.6.4 ลักษณะทางนิเวศวิทยาที่มีอิทธิพลให้ไม้สนสองใบสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดเพชรบุรี

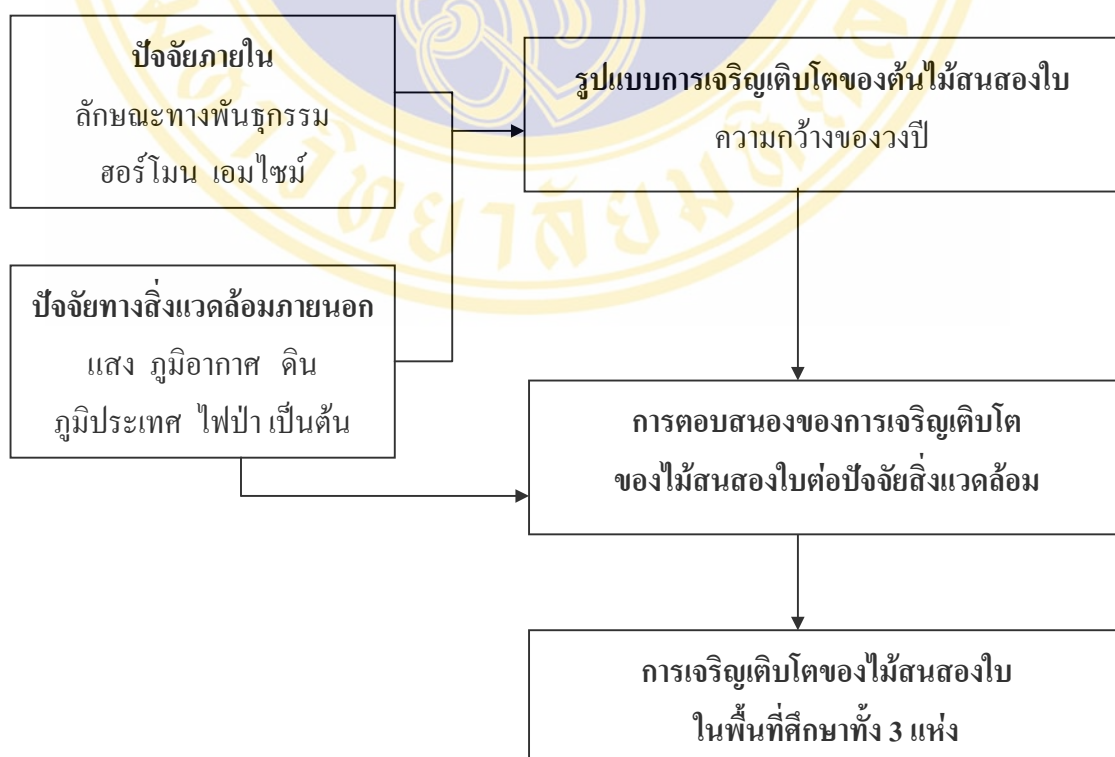
1.6.5 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปใช้ในการจัดการ พัฒนา ปรับปรุงและอนุรักษ์พื้นที่ป่าสนสองใบตามธรรมชาติและการปลูกสร้างสวนป่าสนสองใบ รวมถึงการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาในด้านต่างๆ ต่อไป

1.6.6 สามารถนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการให้ความรู้ ต่อเจ้าหน้าที่ และชุมชน ที่เกี่ยวข้อง กับป่าสนสองใบ เพื่อสร้างความตระหนักและจิตสำนึกในคุณค่าของป่าสนสองใบ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และยั่งยืน

1.7 กรอบแนวความคิด

การเจริญเติบโตของต้นไม้ นอกจากขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในด้านลักษณะทางพันธุกรรมแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายนอกต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยด้านดิน ลักษณะภูมิประเทศ และปัจจัยทางภูมิอากาศโดยเฉพาะน้ำฝนและอุณหภูมิ การเจริญเติบโตของต้นไม้จะแสดงออกทางความสูง และการเจริญเติบโตทางด้านข้าง นั่นก็คือขนาดของวงปีไม้ ขนาดของวงปีไม้ย่อมเป็นผลจากการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบ ดังนั้นการศึกษาลักษณะของวงปีไม้ร่วมกับลักษณะปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม จะแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของการเจริญเติบโตของต้นไม้ต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศ ที่ต้นไม้ขึ้นอยู่กับ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาวงปีของไม้สนสองใบ เนื่องจากไม้สนสองใบเป็นไม้ที่มีลักษณะวงปีชัดเจน มีการเจริญเติบโตที่ตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ และมีการเจริญเติบโตบนพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ซึ่งพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง นั้นมีลักษณะทางสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน ดังนั้นน่าจะมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่ต้นสนสองใบมีการตอบสนองได้เหมือนกัน จึงทำให้ต้นสนสองใบสามารถเจริญได้ในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง โดยมีกรอบแนวความคิดดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวความคิดในการศึกษา

1.8 นิยามศัพท์

1.8.1 การเจริญเติบโตของไม้สนสองใบ หมายถึง การเพิ่มพูนขนาด และการสร้างส่วนใหม่ ๆ ขึ้นมา ในที่นี้เน้นเฉพาะการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น โดยพิจารณาจากวงปีไม้

1.8.2 วงปีไม้ หมายถึง ชั้นของเซลล์เนื้อไม้ที่สร้างขึ้นไม่ว่าจะเป็นไม้ขนาดใหญ่ หรือ ไม้ขนาดกลาง ในช่วง 1 ปี โดยปกติประกอบขึ้นด้วยเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางซึ่งสร้างในช่วงฤดูการเจริญเติบโต (เรียกว่าไม้ต้นฤดู) และเซลล์ที่มีผนังเซลล์หนาคือเซลล์ที่สร้างขึ้นในปลายฤดูการเจริญเติบโต (เรียกว่าไม้ปลายฤดู) เซลล์ตั้งแต่ไม้ต้นฤดูที่เริ่มสร้างจนถึงเซลล์ปลายฤดูการเจริญเติบโต รวมกันเรียก 1 วงปี (annual ring) ซึ่งเจริญเป็นรอบภายในลำต้น

1.8.3 ดัชนีวงปี หมายถึง ความต่อเนื่องของวงปี ซึ่งอาจจะเป็นความกว้างของวงปี หรือ ค่าสูงสุดของความหนาแน่นของไม้ปลายฤดู ซึ่งถูกแปลงให้ไปเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย

1.8.4 ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ในการศึกษาครั้งนี้หมายถึง ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนและ อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน

1.8.5 ปัจจัยด้านดิน ในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง คุณสมบัติดินในส่วนของ เนื้อดิน ความชื้นในดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

1.8.6 ปัจจัยด้านภูมิประเทศในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ระดับความสูงจากน้ำทะเล ความลาดชัน และทิศด้านลาด

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ของการศึกษาการตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวคิด ในการศึกษาประกอบด้วย

- ไม้สนสองใบ การกระจายพันธุ์ และนิเวศวิทยาของไม้สนสองใบ
- นิเวศวิทยาและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้
- Dendrochronology และ Dendroecology
- ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา
- เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไม้สนสองใบ การกระจายพันธุ์ และนิเวศวิทยาของไม้สนสองใบ

2.1.1 ไม้สนสองใบ

ไม้สนสองใบ มีชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese อยู่ในวงศ์ Pinaceae อันดับ Coniferales มีชื่อสามัญ (ไทย) เกี๊ยะเปลือกดำ (ภาคเหนือ) เกี๊ยะเปลือกหนา (เชียงใหม่) จ้วง (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เขียงเขา (กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) โซ (กะเหรี่ยง เชียงใหม่) ใต้ (อุบลราชธานี ศรีสะเกษ) สนเขา สนสองใบ สนหางม้า (ภาคกลาง) สรรอล (เขมร สุรินทร์) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Merkus pine. (3,10)

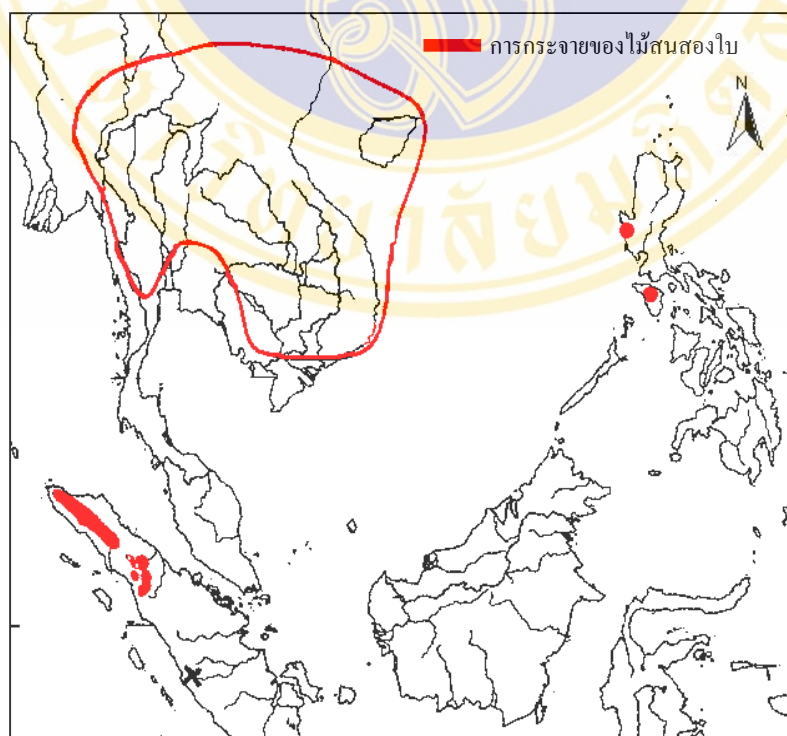
ไม้สนสองใบเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ไม่ผลัดใบ ลำต้นเปลาตรง เมื่อโตเต็มที่อายุ 80-90 ปี มีความสูงประมาณ 20-40 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (สูง 1.30 เมตร) ประมาณ 50-110 เซนติเมตร เปลือกหนามีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำคล้ำ เปลือกแตกเป็นร่องลึก ใบเป็น

ใบเดี่ยว เล็กเรียวยาวเป็นรูปเข็ม ใบยาว 12-25 เซนติเมตร สีเขียวเข้ม ปลายใบแหลม ขอบใบหยักเล็กน้อย มีกาบหุ้มกลุ่มใบกลุ่มละ 2 ใบ ดอก (เกสร) จะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันคนละช่อ ดอก การออกดอกจะอยู่ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม ดอกตัวเมียจะเจริญเป็นผล ในหนึ่งปีจะให้ผลเพียงครั้งเดียว โดยผลจะแก่ในช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน ความยาวของผลเมื่อแก่ประมาณ 9-14 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร และภายในแต่ละชั้นของกลีบมีเมล็ดติดเปลือก (10)

สนสองใบมีเนื้อไม้สีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน มีลวดลายสีน้ำตาลเป็นเส้นสวยงาม เนื้อละเอียด เส้นตรง มีเส้นใย (fiber) ยาว เนื้อไม้มีความหนาแน่นปานกลาง มีน้ำยาง (resin) มาก (10)

2.1.2 การกระจายพันธุ์ของไม้สนสองใบ

ไม้สนสองใบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินี้มีอยู่ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ประเทศพม่า ไทย ลาว เขมร เวียดนาม เกาะซามเบลเลส เกาะมินโดโร ประเทศฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะสุมาตราในประเทศอินโดนีเซีย (11) (ภาพที่ 2-1)



ภาพที่ 2-1 แสดงการกระจายของพันธุ์ไม้สนสองใบในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (12)

ในประเทศไทยการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สนสองใบ มีอยู่ในพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูง โดยมีอยู่มากทางภาคเหนือ และมีอยู่บ้างทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับภาคกลางมีลงมาถึงจังหวัดเพชรบุรี (3) ดังนี้

1. ด้านทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ไปจนถึงเขตติดต่อพรมแดนประเทศเมียนมา สูงจากระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร
2. บริเวณระหว่างอำเภอเมืองและอำเภอสอด จังหวัดตาก
3. แถบจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี พบขึ้นกระจายเป็นกลุ่มพื้นที่เล็กน้อยบนภูเขาที่ไม่สูงมากนัก และที่มีป่าเต็งรัง ทางด้านตะวันตก ติดต่อกับเทือกเขาตะนาวศรี
4. เขตติดต่อระหว่างภาคเหนือและภาคกลาง จะพบสนสองใบระหว่างจังหวัดพิษณุโลก บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง จังหวัดเพชรบูรณ์ (สูงจากระดับน้ำทะเล 760 เมตร) บริเวณอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว และที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย (สูงจากระดับน้ำทะเล 1,500 เมตร)
5. ด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นที่ราบสูงโคราช จะพบสนสองใบที่จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดอุบลราชธานี ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 150-200 เมตร

2.1.2 นิเวศวิทยาของไม้สนสองใบ

ลักษณะการขึ้นของไม้สนสองใบจะขึ้นเป็นกลุ่มไม้สนสองใบล้วนๆ หรือปนอยู่กับไม้สนสามใบ หรือไม้ใบกว้างอื่นๆ ตามภูเขาที่แห้งแล้ง กระจายพันธุ์ผสมกับป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarps Forest) โดยมีไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น มีไม้เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.ex Mig.) และพลวง (*D. tuberculatus* Roxb.) เป็นไม้รองลงมา (6) เป็นสังคมพืชของสังคมพลวง-สนสองใบ และสังคมเหียง-สนสองใบ แต่บางครั้งก็ขึ้นเป็นหมู่ไม้สนสองใบล้วนๆ ในพื้นที่ที่เป็นป่าสนเขา (13)

ลักษณะภูมิอากาศในพื้นที่ที่พบสนสองใบขึ้นอยู่ มักอยู่ในพื้นที่แบบมรสุมที่มีช่วงฤดูแล้งสั้น ประมาณ 4-5 เดือนต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,100-4,000 มม. และอุณหภูมิประมาณ 18-30 องศาเซลเซียส (14) สนสองใบตามปกติชอบขึ้นในที่ที่มีอากาศร้อนและชื้น ส่วนในพื้นที่ที่ค่อนข้างเย็นและมีช่วงความเย็นยาวนานพอควรแต่ไม่ชื้นจัดเกินไป มักจะเป็นถิ่นกระจายของป่าสนเขา ซึ่งอาจพบสังคมที่เป็นสนล้วนๆ (1) สำหรับอุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูหนาว

ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-มกราคม อุณหภูมิจะแตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่ที่จะมีผลต่อการออกดอกออกผลของไม้สนสองใบ (10)

สภาพดินของป่าสนทางเขตร้อนมีความอุดมสมบูรณ์ไม่มาก และมีความชื้นในดินน้อยกว่าป่าไม้ใบกว้าง จะพบสนสองใบอยู่บนดินที่แตกสลายมาจากวัตถุต้นกำเนิดต่างๆ กัน และมักทนอยู่ได้ในที่ค่อนข้างแห้งแล้งทั้งบนที่ราบและที่ภูเขา ดินในป่าสนสองใบส่วนมากเป็นดิน podzolic เกิดจากการสลายตัวของหินแกรนิต ดินไม่อุดมสมบูรณ์ (11) ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรด pH อยู่ระหว่าง 5.5-5.7 บริเวณผิวดิน และ 4.8-5.2 บริเวณชั้นล่างถัดลงไป ดินชั้น ดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือเป็นดินทราย มีการระบายน้ำดี (10) ในสังคมพลวง-สนสองใบ ดินส่วนใหญ่เป็นดินลูกรัง มีปริมาณ clay และ silt อยู่ในระดับสูง และมีปริมาณของโปแตสเซียมอยู่ในระดับสูง แต่ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ แต่สำหรับสังคมเหียง-สนสองใบ ดินจะมีปริมาณ clay อยู่ในระดับสูง มีปริมาณของโปแตสเซียมอยู่ในระดับต่ำ การที่พบไม้สนสองใบในที่ดินเลว และแห้งแล้งมีไม้อื่นๆ ขึ้นอยู่น้อยชนิด เพราะไม้สนสองใบเป็นไม้โตเร็วที่ชอบแสงสว่าง ไม่สามารถขึ้นแข่งกับไม้ชนิดอื่นได้โดยเฉพาะพวกไม้ใบกว้าง จึงต้องขึ้นอยู่ในที่โล่งกว้าง หรือที่ดินตามไหล่เขา (13)

ลักษณะทางด้านภูมิประเทศ สามารถพบสนสองใบได้ในพื้นที่ความสูงตั้งแต่ 30-2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล (6) โดยสนสองใบที่อยู่ในสังคมพลวง-สนสองใบ จะขึ้นอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีระดับความสูงและความลาดชันอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนสนสองใบที่ขึ้นในสังคมเหียง-สนสองใบ จะพบอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีระดับสูงและตามสันเขาเป็นส่วนใหญ่ (13) และเนื่องจากไม้สนขึ้นได้ดีในสภาพภูมิประเทศที่ค่อนข้างเย็นและมีช่วงความเย็นยาวนานพอควร แต่ไม่ขึ้นจัดจนเกินไป ทำให้พบสังคมที่เป็นสนสองใบล้วนๆ ขึ้นในพื้นที่ที่มีระดับสูง (15)

2.2 นิเวศวิทยาและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้

นิเวศวิทยา (ecology) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสังคมพืช ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมนอกจากเป็นแหล่งสำคัญในการป้อนวัตถุดิบและพลังงานที่จำเป็นให้แก่กระบวนการทางชีววิทยาของพืชแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพถิ่นที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมต่อความต้องการของต้นไม้ พืช ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ (climatic factors) ปัจจัยเกี่ยวกับดิน (soil factors) และปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ (topographic factors) (15)

2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของต้นไม้และสิ่งแวดล้อม

การเจริญเติบโต (growth) มีความหมายอยู่ 2 ประการคือ การเพิ่มพูนขนาด และการสร้างส่วนใหม่ ๆ ขึ้นมา ไม้อื่นต้นมีการเจริญเติบโตอยู่ 2 ส่วน คือ ทางความสูงและทางเส้นผ่าศูนย์กลาง การเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ซึ่งมีปัจจัย 2 อย่างที่มาควบคุมทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตแตกต่างกันไป ประการที่หนึ่งเกิดจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ และการขยายตัวของแคมเบียม และประการที่สองเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก (16) ซึ่งการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของไม้ในแถบร้อนจะเจริญเติบโตแบบไม่ต่อเนื่อง แต่จะแปรผันไปตามฤดูกาล โดยทั่วไปแล้วขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

2.2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านภูมิอากาศ

ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ มีอิทธิพลต่อสังคมพืชมาก มีบทบาทต่อการกระจายของชนิดพันธุ์และสังคมพืช ความสมบูรณ์ การเจริญเติบโตของชนิดพันธุ์พืช และความมั่นคงของสังคมพืช การเปลี่ยนแปลงในช่วงสั้นและช่วงยาว รวมถึงแบบของรูปลักษณะของพันธุ์พืช (15) ซึ่งปัจจัยทางภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณน้ำฝน (precipitation) แสงสว่าง (light) ความชื้น (moisture) และลม (wind) เป็นต้น

ปริมาณน้ำฝน เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความชื้นขึ้นในเปลือกและลำต้น และมีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยน้ำมีผลต่อกิจกรรมของแคมเบียม ทั้งนี้เพราะน้ำทำให้เซลล์แคมเบียมขยายขนาดขึ้น และยังมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในของต้นไม้อีกมากมายด้วยแม้แต่ในช่วงเวลาสั้นๆ (16)

อุณหภูมิในอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งต่อกิจกรรมของแคมเบียม จะทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอบอุ่น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างผิดปกติ จะทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของไม้ยืนต้นเปลี่ยนแปลงได้ (17)

แสงสว่าง ความเข้มของแสงและช่วงเวลาที่ได้รับแสง มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของไม้ยืนต้นและต่อกิจกรรมของแคมเบียม (17)

2.2.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านดิน

ปัจจัยด้านดิน เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ เช่น มีคุณสมบัติในการรักษาความชุ่มชื้นในดิน การระบายน้ำ เป็นต้น (15) ปัจจัยดิน ประกอบด้วยสมบัติต่างๆ ทางฟิสิกส์และทางเคมี (physical and chemical) เช่น เนื้อดิน (soil texture) โครงสร้าง (structure) ความลึก (depth) ความชื้นในดิน (soil moisture) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน (nutrients) เป็นต้น

ความชื้นในดิน ในธรรมชาติโดยทั่วไป ความชื้นในดินขึ้นกับปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดินมีผลต่อความชื้นภายในเปลือกและลำต้นและมีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นเพิ่มขึ้นหรือลดต่ำได้ โดยจะมีผลต่อกิจกรรมแคมเปียมของไม้ยืนต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน คือปริมาณน้ำฝน ความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวพันไปถึงการซึมของน้ำ ปริมาณน้ำบาดิน (18)

เนื้อดินและโครงสร้างทางธรณีวิทยา เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของพืช เพราะเป็นสิ่งที่ช่วยให้พืชได้รับอาหาร น้ำ และเป็นที่ยึดเกาะของราก ซึ่งช่วยให้พืชทรงตัวอยู่ได้ เนื้อดินประกอบด้วยอนุภาคของอนินทรีย์สารในภาวะเดี่ยว ซึ่งมีขนาดไม่เกิน 2 มม. โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มขนาดทราย (sand) ซิลต์ (silt) และดินเหนียว (clay) ซึ่งมีอัตราส่วนแตกต่างกันตามชนิดของเนื้อดินแต่ละประเภท (19)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะธาตุอาหารพืชหลายชนิดอยู่ในสภาพที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถ้าสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสม

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในส่วนธาตุอาหารพืชซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการเจริญเติบโต สามารถแบ่งเป็นสองประเภทตามความต้องการใช้ของพืช คือพวกที่พืชต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโตมากเรียกว่า ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และพวกที่พืชมีความต้องการน้อยกว่า และส่วนใหญ่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติอย่างพอเพียงเรียกว่า ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอินทรีย์วัตถุซึ่งจะย่อยสลายกลายเป็นธาตุอาหารพืชต่อไป (19)

2.2.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านภูมิประเทศ

ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ถือว่าเป็นปัจจัยที่มีผลทางอ้อมต่อสังคมพืช โดยจะมีผลต่อความแปรผันของปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ และดิน การกระจายของพันธุ์พืชบางชนิดสัมพันธ์อยู่กับปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ (15) ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (elevation) ความลาดชัน (slope) ทิศด้านลาด (aspect) เป็นต้น

ความสูงจากระดับน้ำทะเล เป็นปัจจัยซึ่งอาจใช้เป็นตัวกำหนดชนิดประเภท และการเจริญเติบโตของพืชพรรณ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวตั้งหรือระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล จะมีค่ามากกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวนอนหรือเส้นรุ้ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวตั้งจะเป็นไปในลักษณะที่อุณหภูมิของอากาศจะลดลงตามความสูงของพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น (20) โดยเฉลี่ยอุณหภูมิจะลดลง 6.5 องศาเซลเซียส ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร (21)

ความลาดชันของพื้นที่ เป็นลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ประการหนึ่ง เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ และปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ยืนต้น (22)

ทิศด้านลาด เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดินและปริมาณแสงที่ได้รับ โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่าทิศลาดทางเหนือและตะวันออกมีความชุ่มชื้นมากกว่าทิศด้านลาดทางตะวันตกและใต้ ปัจจัยเกี่ยวกับทิศด้านลาดนี้อาจจะมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางความสูงของต้นไม้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณทิศด้านลาดทางเหนือและตะวันออกจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงดีกว่าในบริเวณทิศด้านลาดทางตะวันตกและใต้ (22)

2.3 Dendrochronology และ Dendroecology

2.3.1 ความหมายของ Dendrochronology และ Dendroecology

Dendrochronology มาจากคำว่า Dendro รวมกับ Chronology โดย Dendro หมายถึง ต้นไม้และ Chronology หมายถึง วิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเวลา และเหตุการณ์ต่างๆ โดยสรุปแล้ว Dendrochronology หมายถึง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับวัน เวลา ของเหตุการณ์ต่างๆ โดยใช้ลักษณะวงปีของต้นไม้เป็นตัวชี้วัด ส่วน Dendroecology หมายถึง วิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยการนำลักษณะวงปีของไม้มาศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาที่ต้นไม้ั้นเจริญเติบโต (8)

2.3.2 การศึกษา Dendrochronology

การศึกษา Dendrochronology ใช้กระบวนการที่เรียกว่า cross-dating ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบลักษณะวงปีไม้ของต้นไม้ในต้นเดียวกัน ปีต่อปีว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร หากพบว่าเหมือนในปีเดียวกัน ก็สังเกตปีต่อไปว่ายังเหมือนกันอยู่หรือไม่และกระทำลักษณะนี้กับตัวอย่างไม้ทั้งพื้นที่ศึกษา การ cross-dating จะช่วยเพิ่มความมั่นใจเรื่องเวลาของแต่ละวงปีมากยิ่งขึ้น ซึ่งวงปีของไม้จะต้อง cross-date ทั้งหมด ทั้งภายในต้น ระหว่างต้น หรือในหมู่ไม้ใกล้เคียง โดยวงปีจะถูกจับคู่ (match) กับวงปีที่มีลักษณะคล้ายกัน หรือที่เกิดเวลาเดียวกัน ถ้ามีความผันแปรระหว่างปีเพียงพอ และจำนวนตัวอย่างมากพอ จะสามารถยืนยันความถูกต้องของปีที่ทำการศึกษาได้ ในการทำ cross-dating ของต้นไม้ทุกตัวอย่างที่นำมาศึกษาเพื่อที่จะต้องการหารูปแบบการเจริญเติบโตที่เหมือนกันและเป็นสัดส่วนจำนวนมากพอเพื่อที่จะนำไปสร้างเส้นดัชนีของไม้ (index chronology) ชนิดนั้น การ cross-dating จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีผลต่อความกว้างของวงปีในหมู่ไม้ (23,24)

ในบางช่วงการเจริญเติบโตของปีนั้น มีความผันแปรทางการเจริญเติบโตสูง ต้นไม้ อาจสร้างวงปีไม่รอบลำต้น วงปีลักษณะนี้เรียกว่า partial, locally absent หรือ missing และบางครั้งภายในปีหนึ่ง มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างปรากฏภายในวงปีนั้น จะทำให้เกิดวงปีขึ้นคล้าย วงปีจริง เรียกว่า วงปีปลอม (intra-annual growth band หรือ false rings) สิ่งเหล่านี้จะก่อให้เกิดปัญหาในการ cross-dating กล่าวคือ วงปีจะถูกจับคู่ด้านหนึ่งแต่อีกด้านหนึ่งไม่สามารถจับคู่ได้ เพราะไม่ปรากฏวงปี หรือลำดับวงปีไม่เหมือนกัน ทำให้ไม่สามารถจับคู่กับวงปีอื่นๆ ได้ การแก้ไขอาจทำ

โดยการใช้วิธี cross-dating หลายตัวอย่าง จากต้นไม้ใกล้เคียงหรือตัวอย่างจากพื้นที่ใกล้เคียง อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ดี ถ้าวางปีมีความผันแปรน้อย หรือมีวงปีปลอมหรือวงปีขาดหายไป (absent) จำนวนมาก ตัวอย่างนั้นอาจไม่เหมาะสมในการศึกษา (8)

2.4 ข้อมูลพื้นฐานพื้นที่ศึกษา

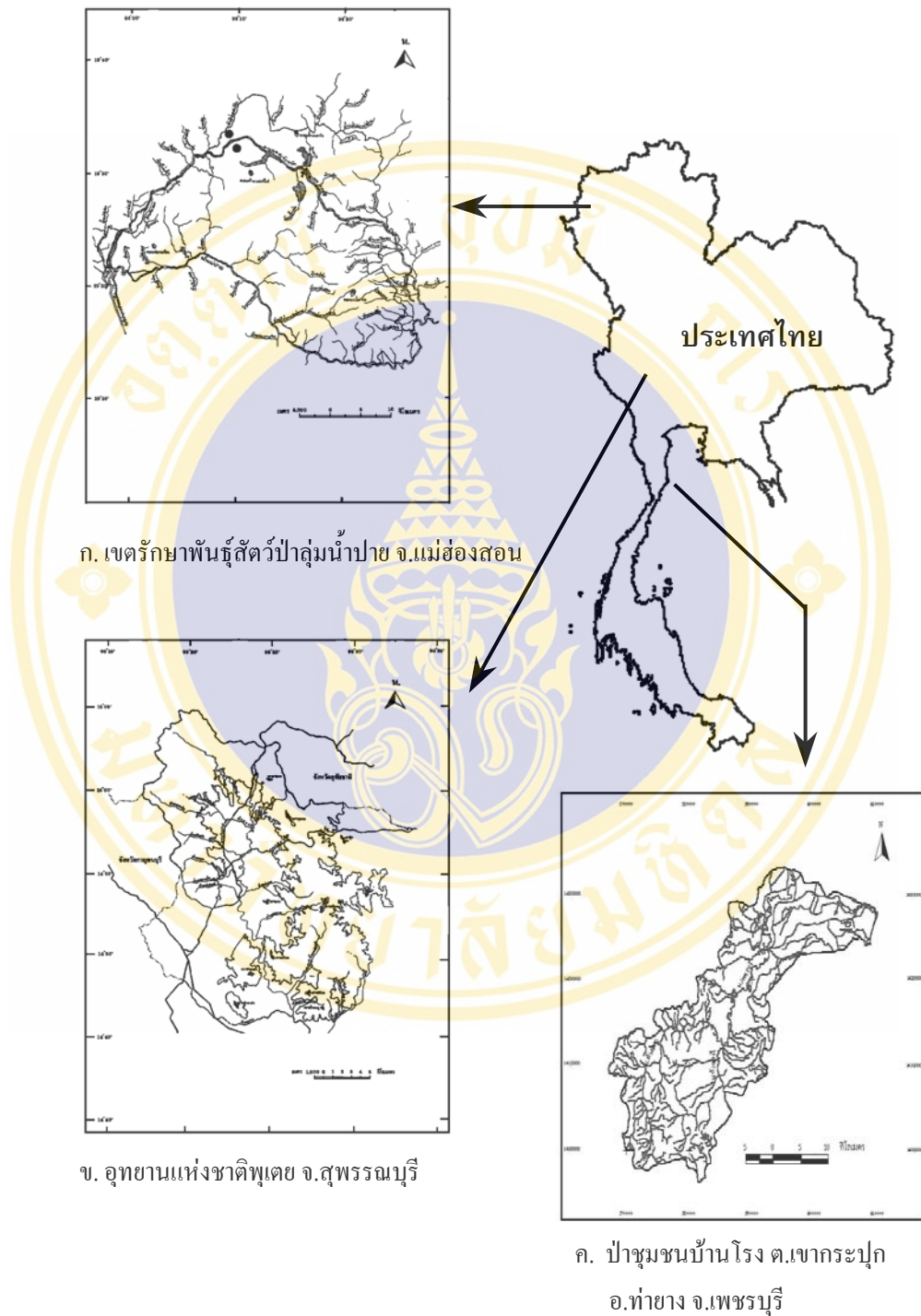
การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ที่มีการกระจายของไม้สนสองใบอยู่เป็นจำนวนมากในพื้นที่ 3 แห่งด้วยกัน คือ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี และป่าชุมชนบ้านโรง ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี ภาพที่ 2-2 แสดงที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

2.4.1 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (25)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปายครอบคลุมพื้นที่ 738,195 ไร่ หรือ 1,181 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ในเขตการปกครอง 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอปางมะผ้า อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีที่ตั้ง อาณาเขต ดังนี้

ทิศเหนือ จรด ตำบลเมืองแปง อำเภอปาย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน
ทิศใต้ จรด ตำบลเมืองแปง อำเภอปาย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน
ทิศตะวันออก จรด ตำบลแม่นาเติง เวียงใต้ พุ่งยาว อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน
ทิศตะวันตก จรด แนวถนนทางหลวงสาย 1095 ปางมะผ้า-แม่ฮ่องสอน ตำบลปางหมู ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ลักษณะภูมิประเทศ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยพื้นที่สูงที่มีลักษณะภูเขาเด่นชัด 3 ลักษณะ คือ ภูเขาหินอัคนีเป็นเทือกเขาแนวเหนือใต้บริเวณตะวันออกของเขตพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ ภูเขาหินปูน บริเวณตอนกลางค่อนไปทางด้านเหนือของพื้นที่จนสุดพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ และภูเขาหินทรายบริเวณด้านตะวันตกและด้านใต้ของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ



ภาพที่ 2-2 แสดงที่ตั้งพื้นที่ศึกษา การตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ

ก. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน ข. อุทยานแห่งชาติพุเตย จ.สุพรรณบุรี

ค. ป่าชุมชนบ้านโรง ต.เขากระปุก อ.ท่าช้าง จ.เพชรบุรี

ลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ ประกอบด้วยโครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นหินชั้นเป็นส่วนใหญ่ คือ บริเวณตอนกลางของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ ในเขตอำเภอปางมะผ้า เป็นหินปูน กว้างประมาณ 1 ใน 4 ของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ ทางด้านตะวันออกของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ ในเขตอำเภอปายไปจนถึงอำเภอปางมะผ้า โครงสร้างทางธรณีเป็นหินทราย หินดินดาน เป็นเทือกเขาตามแนวเหนือใต้

ลักษณะภูมิอากาศ มีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดูกาล แบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ อากาศหนาวเย็นและแห้ง ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีในคาบ 10 ปี เท่ากับ 1,284.12 มิลลิเมตร และวันฝนตกเฉลี่ยตลอดปีในคาบ 10 ปี เท่ากับ 138 วัน ฝนตกมากสุดในเดือนสิงหาคม 238.55 มิลลิเมตร และมีวันฝนตกมากสุด 25.6 วัน สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยในคาบ 10 ปี 26.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน 41.56 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเดือนมกราคม 8.57 องศาเซลเซียส

ทรัพยากรป่าไม้ มีสภาพป่าค่อนข้างสมบูรณ์ เนื่องจากมีลักษณะพื้นที่ที่อยู่ต่ำไปจนพื้นที่สูงมาก ทำให้มีสภาพป่าหลายลักษณะอยู่ร่วมกัน ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าดงดิบ ป่าสน โดยป่าสนเขา กระจายอยู่บริเวณสันเขาหรือจมูกเขาบริเวณพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นดินทรายมีการระบายน้ำดี ระดับความสูงตั้งแต่ 800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลขึ้นไป มีทั้งป่าสนสองใบ ซึ่งขึ้นปะปนกับป่าเต็งรัง และป่าสนสามใบขึ้นปนอยู่กับป่าดิบเขา และขึ้นเป็นพื้นที่ป่าสนโดยเฉพาะ กระจายอยู่เป็นพื้นที่ขนาดเล็กตามลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินที่เหมาะสม จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1: 50,000 ปี พ.ศ. 2538 พบว่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปายมีพื้นที่ป่าสนเขา ประมาณ 46,187.43 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 6.15 ของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ฯ (26) ภาพที่ 2-3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย

2.4.2 อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี (27,28)

อุทยานแห่งชาติพุเตย ตั้งอยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 198,422 ไร่ หรือ 317 ตารางกิโลเมตร ที่ตั้ง อาณาเขต ดังนี้

ทิศเหนือ จรด เขตอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

ทิศใต้ จรด ห้วยตะเพิน ห้วยวังน้ำเขียว และอ่างเก็บน้ำลำตะเพิน

ทิศตะวันออก จรด ห้วยซับปลากั้ง ห้วยชะลอม ห้วยขมิ้น

ทิศตะวันตก จรด เขตอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ลักษณะภูมิประเทศ อุทยานแห่งชาติพุเตย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาด สลับกับสันเขาจนถึงเทือกเขาสูงชัน เป็นเทือกเขาติดต่อกับเขาตะนาวศรี ประกอบไปด้วยภูเขาสูง มียอดเขาสูงที่สุดใกล้กับบ้านห้วยหินคำ ตำบลวังยาว มีลำธารเล็กๆ หลายสายไหลผ่านลงสู่ห้วยกระเสียว ซึ่งอยู่ในที่ราบหุบเขา ถัดจากที่ราบหุบเขาลงมาทางด้านทิศตะวันตกจะเป็นเนินเนิน มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา แล้วค่อยๆ ลาดเทลงมาทางทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำท่าจีน จึงมีสภาพเป็นที่ราบ

ลักษณะทางธรณีวิทยา อุทยานแห่งชาติพุเตย มีเทือกเขาสลับเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันระหว่าง 10-30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ผิวดินเป็นดินเหนียว มีปูนมาร์ลปะปนในดิน องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก้อนหิน เศษหิน ทราช กรวด กรวดขนาดใหญ่ และก้อนหินขนาดใหญ่ในเนื้อดินเหนียวถึงดินเหนียวปนทราย แร่ธาตุสำคัญในพื้นที่ได้แก่ ดินบุก วุลแฟรม และลิกไนท์

ลักษณะภูมิอากาศ มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านในเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม นอกจากนี้ยังมีลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้ เริ่มพัดผ่านเข้ามาในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มจากเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มจากปลายเดือนตุลาคม ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม (27) ในรอบ 30 ปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,195 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยทั้งปี 106 วัน เดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด คือมีปริมาณฝนเฉลี่ย 292.5 มิลลิเมตร เดือนมกราคม ฝนตกน้อยที่สุด เฉลี่ย 53.0 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี ระหว่าง 25.3-30.8 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุด คือ ประมาณ 36.4 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคม ประมาณ 12-13 องศาเซลเซียส

ทรัพยากรป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าดิบชื้น อยู่บริเวณทิศเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ป่าสนสองใบธรรมชาติ อยู่กลางพื้นที่อุทยานฯ บนเทือกเขาพุเตย ป่าเต็งรัง ส่วนใหญ่อยู่กลางพื้นที่อุทยานฯ ด้านทิศใต้ ป่าเบญจพรรณ จะขึ้นสลับกับป่าเต็งรัง สำหรับป่าสนสองใบธรรมชาติที่ขึ้นในพื้นที่นี้จะอยู่ที่บริเวณเทือกเขาพุเตย ที่ระดับความสูง 763 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีต้นสนสองใบประมาณ 1,300 ต้น (28) และจะขึ้นปนกับไม้หลายชนิด เช่น รัก พะยอม กระเจี๊ว เป็นต้น ภาพที่ 2-4 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย

2.4.3 ป่าชุมชนบ้านโรง จังหวัดเพชรบุรี (29)

ป่าชุมชน ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 338 ไร่ มีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ จรด บ้านห้วยหินเพลิง ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี
 ทิศใต้ จรด บ้านทุ่งเกลือ ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี
 ทิศตะวันออก จรด ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าชะอำ-บ้านโรง (สวนป่าดอนขุนห้วย)
 ทิศตะวันตก จรด พื้นที่ของชะอำรีสอร์ท

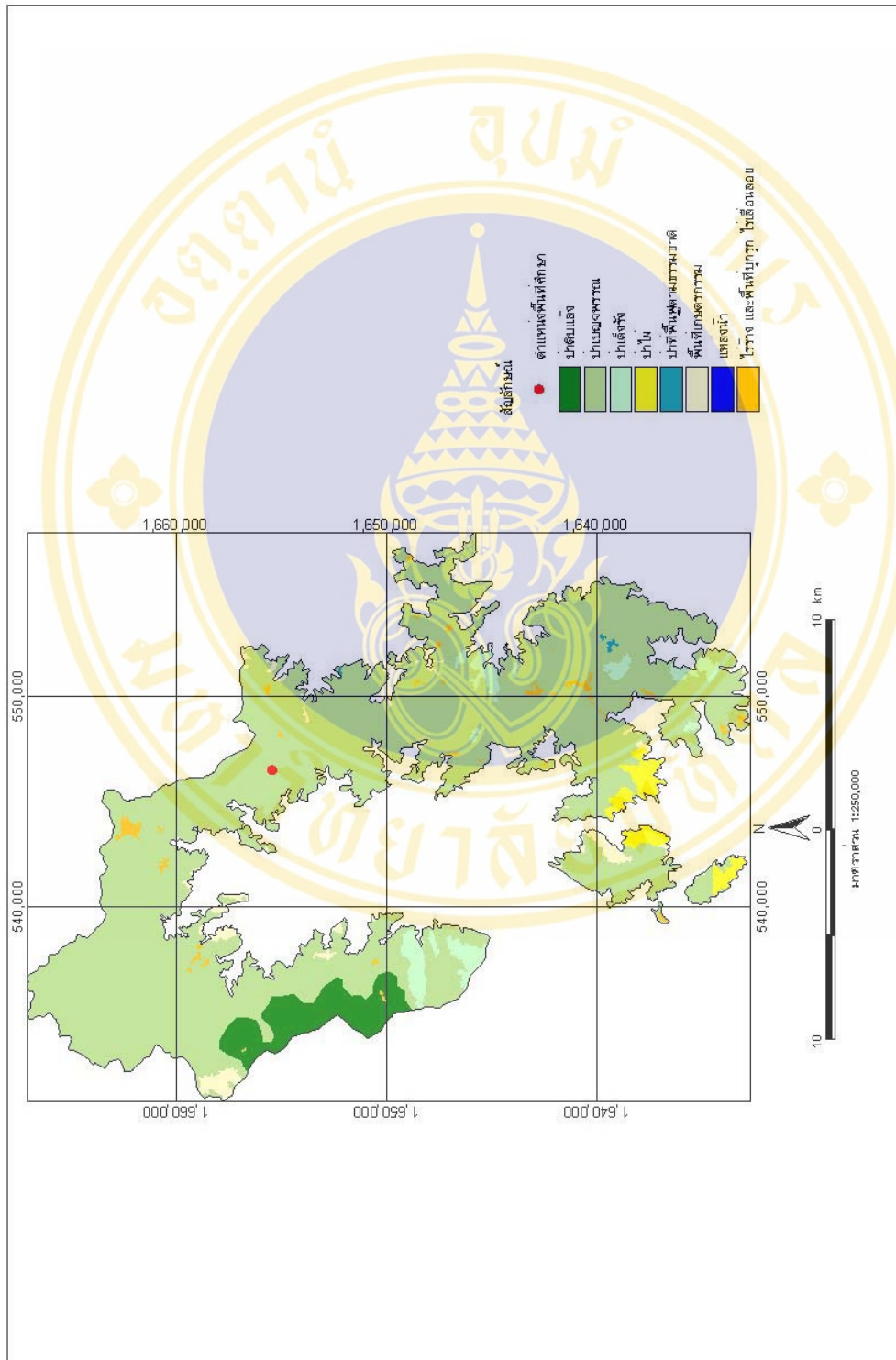
ลักษณะภูมิประเทศ บริเวณป่าชุมชน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาเตี้ยๆ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 80-107 เมตร มีร่องห้วยแห้ง ตรงกลางพื้นที่ เมื่อฝนตกหนักน้ำไหลลงห้วยหินเพลิง บางส่วนเป็นที่ราบและลาดลงสู่ร่องห้วย

ลักษณะทางธรณีวิทยา ดินเป็นดินร่วนปนทราย และดินลูกรัง มีหินกรวดก้อนเล็ก ๆ หลายขนาดสวยงาม มีลักษณะเคยถูกกัดกร่อน ก้อนมนกลม อยู่เหนือผิวดินและปะปนใต้ดินจำนวนมาก

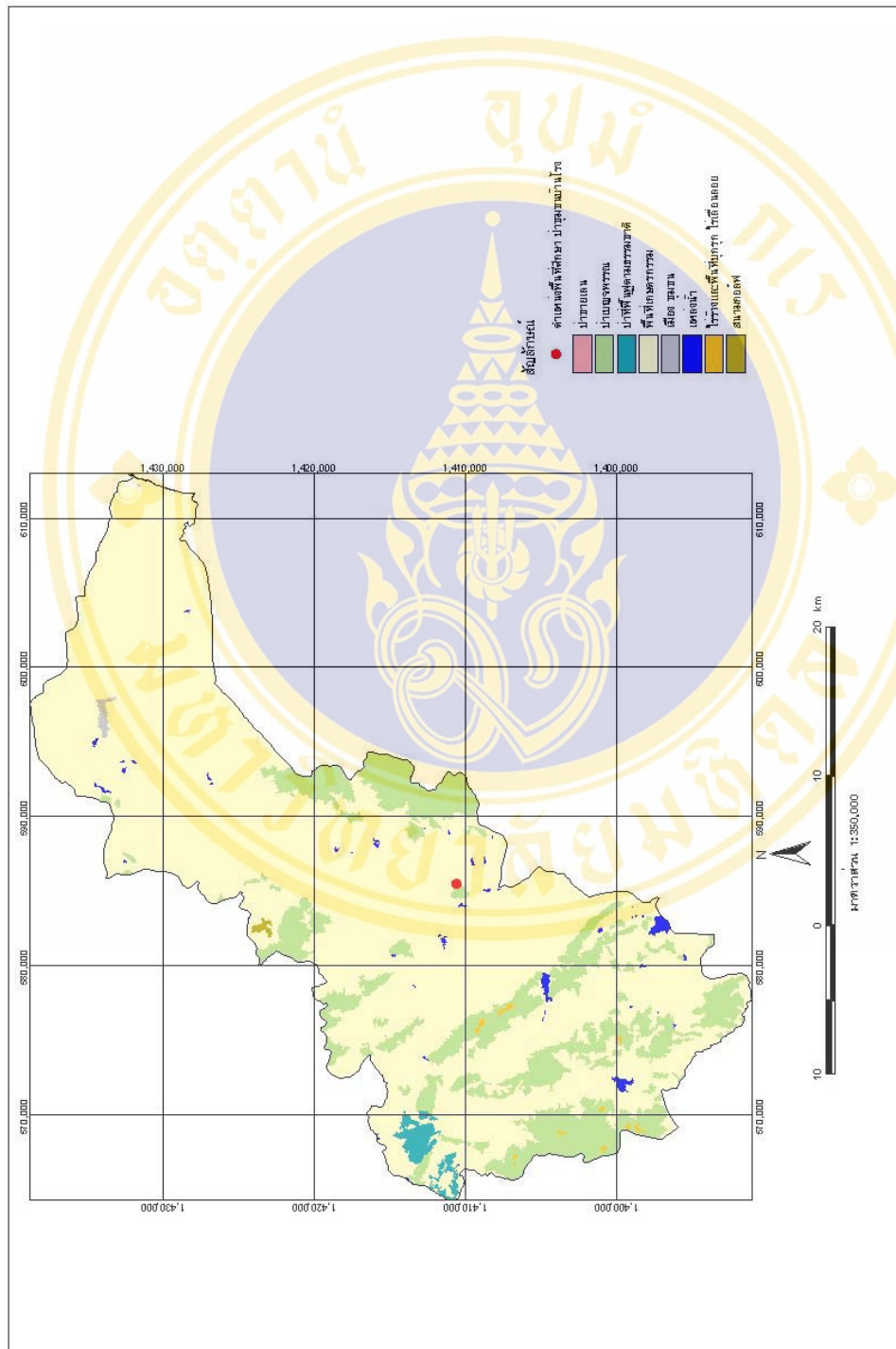
ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเขตร้อนแบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนพฤศจิกายน ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ อากาศหนาวเย็นและแห้ง ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในช่วงฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตก ส่วนฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากลมทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และฤดูร้อนได้รับอิทธิพลจากลมทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศหัวหิน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีในคาบ 50 ปี ฝนตกมากสุดในเดือนตุลาคม 237.5 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี เท่า

กับ 1,008.6 มิลลิเมตร สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยปานกลางในคาบ 50 ปี 27.6 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม - เมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเดือนธันวาคม – มกราคม (30)

ทรัพยากรป่าไม้ บริเวณพื้นที่ป่าชุมชนเขาสน มีลักษณะเป็นป่าเต็งรัง ผสมกับป่าสนเขา มีไม้สนสองใบและไม้เหียงเป็นไม้เด่นนำ ลักษณะเป็นสังคมพืช แบบป่าเต็งรังผสมสน นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่อีกหลายชนิด ไม้สนสองใบขึ้นอยู่เป็นกลุ่มๆ ละ 3-7 ต้น การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้ชนิดต่างๆ เป็นไปด้วยดี ยกเว้นไม้สนสองใบเป็นไปได้น้อยมากหรือเกือบเป็นไปไม่ได้เลย เพราะ cone ของไม้สนสองใบไม่มีเมล็ด หรือมีแต่ไม่สมบูรณ์ (29) ภาพที่ 2-5 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี



ภาพที่ 2-4 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 4-5 แผนทีแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ปี พ.ศ.2543

2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับนิเวศวิทยาไม้สนในประเทศไทย ที่ผ่านมามีส่วนมากจะเป็นการศึกษาจากลักษณะทางธรรมชาติที่สามารถบันทึกข้อมูลในปัจจุบันของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยไม้สนที่ทำการศึกษามีทั้งสนสองใบและสนสามใบ และทำการศึกษาทั้งในพื้นที่ป่าสนธรรมชาติและสวนป่า โดยสุนันทา (31) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของป่าสนธรรมชาติ ที่จังหวัดเชียงใหม่ เป็นการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะนิเวศวิทยาระหว่างพื้นที่ที่มีชนิดไม้ที่ต่างกัน การจัดการต่างกัน การศึกษาในเรื่องของปริมาณของไม้ ลูกไม้ กล้าไม้ การปกคลุมเรือนยอด และคุณสมบัติดิน มวลชีวภาพ พบว่า ในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ค่าที่ได้จากการศึกษาในด้านต่างๆ ก็มีความแตกต่างกัน นิพนธ์ (14) ได้ทำการศึกษากการทดลองถ้ำกำเนิดไม้สนสองใบจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย พบว่าเมล็ดสนสองใบจากถ้ำกำเนิดจากป่าสนที่ต่างกัน จะมีร้อยละของการงอก การรอดตาย และค่าการเจริญเติบโตที่ต่างกัน สมเพิ่ม และคณะ (32) ได้ศึกษาลักษณะและวิธีการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบและไม้สนสามใบ ณ พื้นที่ป่าสนธรรมชาติ ที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ต้นสนมี การเจริญเติบโตทางด้านความโตมากที่สุดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันออก น้อยที่สุดทางด้านตะวันตกเฉียงใต้และตะวันตก การเจริญเติบโตของเรือนยอดไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางด้านความโตและทิศ โดยทิศด้านลาดไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางด้านความโต การเกิดวงปีปลอมในสนสองใบมีมากกว่าสนสามใบ สมเกียรติ (33) ได้ทำการศึกษากการทดสอบถ้ำกำเนิดไม้สนสองใบ ที่สถานีทดลองปลูกพันธุ์ไม้ห้วยบง จ.เชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2514 โดยทำการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงและความโต อัตราการรอดตาย และลักษณะทางภูมิประเทศที่มีไม้สนสองใบขึ้นอยู่ เช่น ละติจูด (N) ลองจิจูด (E) ค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (M) ปรากฏผลว่า การเจริญเติบโตทางความสูงและความโตมีความสัมพันธ์กันหมดทางด้านบวก ถ้ำกำเนิดที่มีการรอดตายดี จะมีการเจริญเติบโตดีด้วย การเจริญเติบโตของถ้ำกำเนิดที่มีค่าละติจูดต่ำกว่า มีการเจริญเติบโตดีกว่าถ้ำกำเนิดที่มีค่าละติจูดสูง ถ้ำกำเนิดที่มีค่า ระดับความสูงจากน้ำทะเลต่ำ (low land) จะเจริญเติบโตและรอดตายดีกว่าถ้ำกำเนิดที่มีค่า ระดับความสูงจากน้ำทะเลสูง (high land) จากตัวอย่างงานวิจัย จะเห็นว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นเพียงลักษณะทางปัจจัยแวดล้อมในปัจจุบันที่ มีอิทธิพลต่อการเจริญของไม้สนสองใบในพื้นที่นั้นๆ

สำหรับการศึกษาด้านไม้โดยใช้วิธีทางด้าน Dendrochronology จะทำให้ทราบถึงรูปแบบการเจริญตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ที่มีการตอบสนองต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทย งาน

วิจัยที่ใช้เทคนิค Dendrochronology ยังมีไม่มากนัก ด้วยข้อจำกัดในหลายด้าน โดยเฉพาะพันธุ์ไม้ในภูมิภาคเขตร้อนชื้น มีไม้เพียงไม่กี่ชนิดที่มีการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม และมีการสร้างเส้นวงปีชัดเจน ในประเทศไทยได้มีการศึกษาใน ไม้สัก ไม้สุหรียญ ไม้สนสามใบและสนสองใบ

นาฏสุดา (34) ได้ทำการศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ไม้สัก Phanijkul (35) และ Santisophon (36) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปี ไม้สักกับปัจจัยด้านภูมิอากาศ จากงานศึกษาไม้สักที่กล่าวมา พบว่าไม้สักมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในทิศทางเดียวกัน ซึ่ง นาฏสุดา (34) ได้ศึกษาไม้สักบริเวณภาคเหนือตอนบน พบว่าไม้สักภาคเหนือตอนบนมีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกต่ำ แต่มีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงต้นฤดูฝน สำหรับ Phanijkul (35) และ Santisophon (36) ศึกษาไม้สักทางภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลาง พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในเดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงกลางฤดูฝน

สำหรับการศึกษาด้าน Dendrochronology ของไม้สนในประเทศไทย ซึ่งได้แก่ไม้สนสองใบและไม้สนสามใบ โดย D' Arrigo และคณะ (37) ได้มีการศึกษาความกว้างวงปีไม้สนเข้ากับสภาพภูมิอากาศ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าพื้นที่ภูกระดึงปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ทั้งสนสองใบ และสนสามใบ แต่การศึกษาสนสองใบที่ทุ่งแสลงหลวง พบว่าความกว้างวงปีมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ (เดือนพฤษภาคม-มิถุนายน) และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของลมมรสุมในเอเชียได้ แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำฝน นาฏสุดา (38) ได้ใช้ความกว้างของวงปีไม้สนสามใบทำการศึกษาปรากฏการณ์และการสร้างเส้นดัชนี El Nino-Southern Oscillation ในประเทศไทย พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝนครั้งแรกของฤดูฝนในเดือนมีนาคม และมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนี ENSO เดือนกันยายนของปีที่ผ่านมาจนถึงเดือนเมษายนของปีปัจจุบัน ดวงสมร (39) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไม้สนสองใบกับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอนพบว่า ปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมและมกราคมของปีปัจจุบันและเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมามีความสัมพันธ์กับความกว้างวงปีไม้สนสองใบ และไม้สนสองใบมีค่าการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่ำ ขวัญชัย (23) ได้ศึกษาอิทธิพลของภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตของสนสามใบ ในพื้นที่สวนป่าไม้สนสามใบและป่าธรรมชาติ พบว่าปริมาณน้ำฝน ช่วงเวลาที่ฝนตกหรือแห้งแล้งในแต่ละปี มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้สน Boonchirdchoo (40) ได้ศึกษาความกว้างของวงปีไม้สนกับสภาวะอากาศ พบว่า ดัชนีวงปีไม้สามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ ในปัจจุบันและอดีตได้ Tourcho (41) ได้ทำการศึกษาการแปรผันทางสถิติวิทยากับวงจรการเจริญเติบโตของไม้สนสามใบ ในเรื่องปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ

พบว่าความกว้างวงปีมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเป็นปัจจัยรองที่มีผลต่อการเกิดวงปี Sarutanon (42) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ทางคุณสมบัติของดินกับความกว้างวงปีไม้สนสามใบพบว่า ความลาดชันของพื้นที่ อนุภาคเนื้อดิน ธาตุอาหารในดิน ความเป็นกรด ด่างของดิน มีผลต่อความกว้างของวงปี จากการศึกษาไม้สนทั้งสองใบและสนสามใบ จะเห็นว่ามี การตอบสนองต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและในพื้นที่ที่ต่างกันปัจจัยบางประการที่ตอบสนองก็มีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาของนาฏสุดา (34) และ Boonchirdchoo (40) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลให้ลักษณะความกว้างของวงปีมีการเปลี่ยนแปลงตามไป ด้วย ดังนั้นรูปแบบการเจริญของต้นไม้จากความกว้างวงปี สามารถแสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่ต้นไม้ดำรงอยู่ได้

แต่สำหรับในต่างประเทศการศึกษาต้นไม้โดยใช้เทคนิค Dendrochronology เพื่อศึกษาถึงการตอบสนองของต้นไม้ต่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้มีการศึกษาเป็นจำนวนมากในหลายสาขา โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในเขตอบอุ่น สำหรับการศึกษาทางด้าน Dendroecology เช่น การศึกษาของ Margarita (43) ได้ศึกษาไม้สน *Pinus tropicalis* ที่ขึ้นอยู่ทางตะวันตกของประเทศคิวบา ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศในเขตร้อนชื้น Pekins และ Swetnam (44) ได้ทำการศึกษาด้านสน *Pinus albicaulis* Engelm. ในลุ่มแม่น้ำ Sawtooth-Salmon ทางตอนกลางของรัฐไอดาโฮ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้วิธีการทาง Dendroecology เพื่อศึกษาถึงลักษณะทางนิเวศวิทยาและสภาพภูมิอากาศพบว่า ความกว้างของ วงปี มีค่า mean sensitivity ค่อนข้างต่ำ และมีค่า auto correlation ที่แปรผัน มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ และสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเดือนพฤษภาคม จากงานวิจัยทั้งสองเรื่องนี้จะเห็นว่า การใช้ศาสตร์ทางด้าน Dendroecology สามารถใช้ศึกษาถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้

สำหรับการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของต้นไม้กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม การศึกษาของ Kim และ Siccama (45) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นในดินต่อการเจริญเติบโตทางด้านความโตของไม้เนื้อแข็ง ที่รัฐนิวแฮมป์เชอร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการศึกษาถึงความเหมือนของรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลใกล้เคียงกัน พบว่า ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมมีผลต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของต้นไม้เป็นพื้นที่บริเวณกว้าง โดยการเจริญเติบโตในแต่ละปีจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิที่แปรผัน และต้นไม้จะมีการปรับตัวต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ส่วนความชื้นในดินส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีผลให้การเจริญเติบโตของต้นไม้ลดลงได้ การศึกษา

ของ Stable (46) ได้ทำการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการกระจายพันธุ์ของไม้โอ๊กในอดีต ทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา โดยต้องการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของป่าจากป่าผลัดใบไปเป็นทุ่งหญ้า กับการลดลงของปริมาณน้ำฝน พบว่าไม้โอ๊กมีค่าความอ่อนไหวต่อการตอบสนองต่อปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศเพิ่มขึ้น และพบว่า ในอดีต เมื่อ 300 ปีก่อนต้นโอ๊กมีการสร้าง frost ring ซึ่งสัมพันธ์กับความผิดปกติที่เกิดขึ้นของช่วงปลายฤดูหนาวที่อบอุ่นแต่เกิดความหนาวเย็นตามมา ซึ่งความผิดปกตินี้ทำให้ไม้โอ๊กมีการสร้างวงปีปลอม จากการศึกษาเห็นว่าไม้โอ๊กมีการปรับตัวเพื่อตอบสนองสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง และการศึกษาของ Whiton (47) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มน้ำ อัตราการเจริญเติบโตของต้นสนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา โดยทำการศึกษาในต้นสนสามชนิด คือ white pines, pitch pines และ shortleaf pines พบว่าต้นสน pitch pines ที่ขึ้นอยู่ใกล้กับแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับต้นสนชนิดอื่นในพื้นที่ที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรม โดยเริ่มลดลงตั้งแต่เริ่มมีการตั้งโรงงาน ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จะเห็นว่าแนวโน้มน้ำ การเจริญเติบโตสะท้อนถึงสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง จากการศึกษาวิจัยทั้งสามชิ้นจะเห็นว่านอกจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้แล้ว ต้นไม้เองก็จะมีการปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และสะท้อนให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

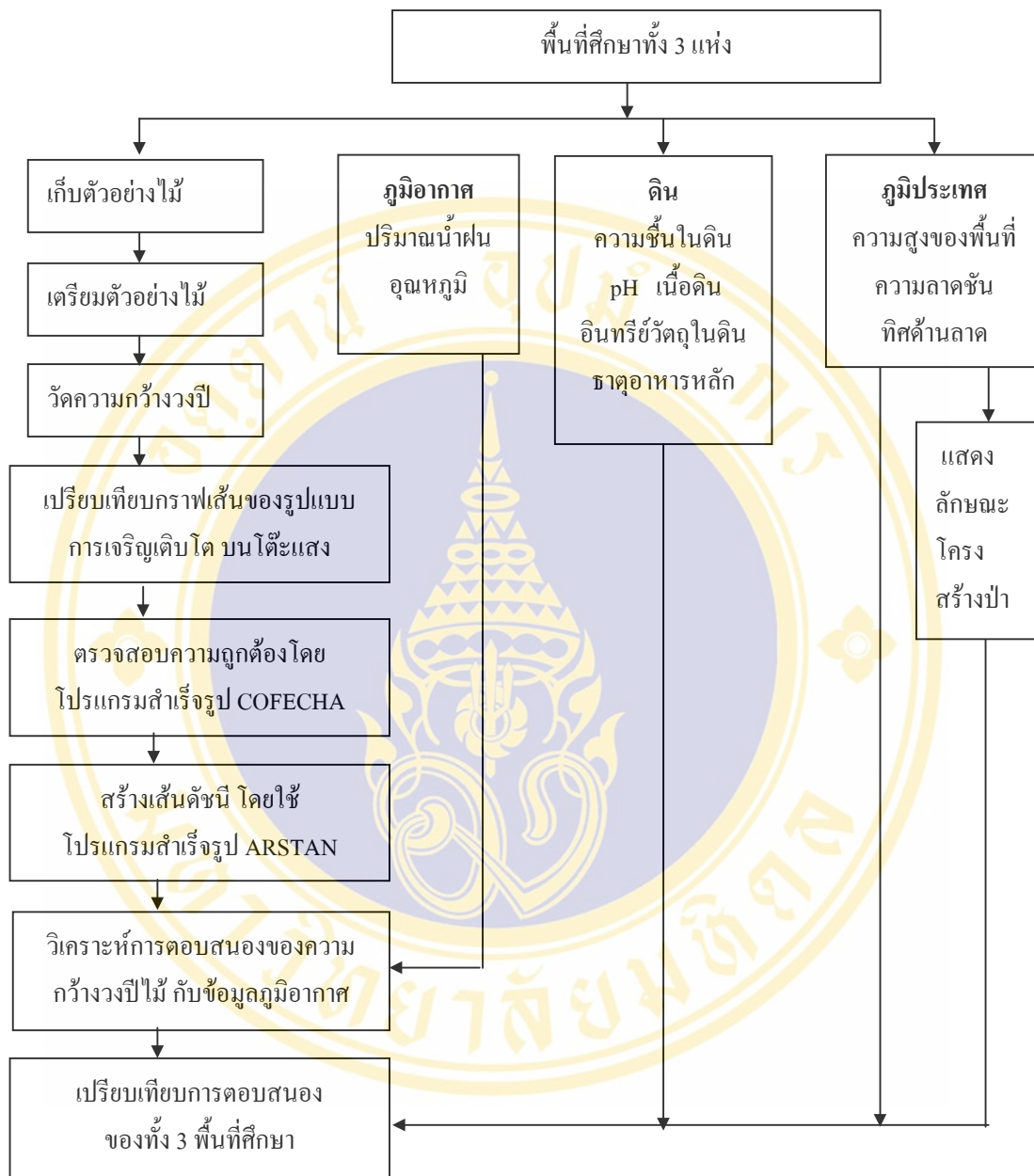
บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง การนำข้อมูลภาคสนามมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แล้วจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์การตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 3-1

3.1 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิที่จำเป็นสำหรับการศึกษาครั้งนี้คือ ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ในบริเวณพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ โดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีการบันทึกไว้ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศนี้นำไปใช้ในการหาการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้กับสภาพภูมิอากาศเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ทั้งนี้ในพื้นที่แต่ละแห่งจะใช้สถานีตรวจวัดที่ใกล้พื้นที่ศึกษา โดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีที่อยู่ใกล้พื้นที่ศึกษา มาวิเคราะห์รวมกันเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่ง ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีเลขคณิต (Arithmetic method) (48) ไปคำนวณหาการตอบสนองของความกว้างวงปี และพิจารณาว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิในเดือนใดที่มีอิทธิพลต่อความกว้างวงปี รายชื่อสถานีตรวจอากาศที่อยู่ใกล้พื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งดังรายละเอียดในตารางที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนวิธีการวิจัย

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลสถานีย่อย วัดสภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ศึกษา	ชื่อสถานี	จังหวัด	สูงจากระดับ น้ำทะเล (ม.)	ระยะห่างจาก พื้นที่ศึกษา (กม.)	ช่วงเวลาข้อมูลปริมาณน้ำฝน (ปี พ.ศ.)		ช่วงเวลาข้อมูลอุณหภูมิ (ปี พ.ศ.)	
					สถานีตรวจวัด	รวมสถานี	สถานีตรวจวัด	รวมสถานี
จังหวัด แม่ฮ่องสอน	สพอ.แม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน	268	40	2454-2543	2454-2543	2494-2543	2494-2543
	ปาย	แม่ฮ่องสอน	505	34	2521-2543		-	
	สถานีทดลองข้าวไร่และ ข้าวโพดเมืองหนาวปางมะผ้า	แม่ฮ่องสอน	660	7.5	2529-2543		-	
จังหวัด สุพรรณบุรี	สพอ.สุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี	7	90	2494-2544	2494-2544	2494-2544	2494-2544
	ท่าช้าง	สุพรรณบุรี	-	25	2520-2544		-	
	บ้านไร่	อุทัยธานี	-	15	2525-2544		-	
จังหวัด เพชรบุรี	สพอ.เพชรบุรี	เพชรบุรี	2	50	2524-2544	2494-2544	2524-2544	2494-2544
	สำนักงานเกษตร อ.ชะอำ	เพชรบุรี	-	25	2518-2544		-	
	สพอ. หัวหิน	ประจวบคีรีขันธ์	5	34	2494-2544		2494-2544	

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2545

3.2 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

การกำหนดพื้นที่ศึกษาที่เหมาะสมนั้นมีข้อพิจารณาดังนี้

- เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติที่มีไม้สนสองใบเป็นไม้เด่นของสังคมพืช
- เป็นพื้นที่ที่มีการกระจายของต้นสนสองใบสม่ำเสมอ (homogeneity) รวมทั้งโครงสร้างสภาพภูมิประเทศและปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน บริเวณดอยถ้ำมะแกง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ใช้อักษรย่อ PMTK) พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี บริเวณเขาพุเตย เขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี (ใช้อักษรย่อ PMPT) และพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี บริเวณป่าชุมชนบ้านโรง อำเภอบำเหน็จ จังหวัดเพชรบุรี (ใช้อักษรย่อ PMTY)

3.3 เก็บตัวอย่างไม้ และการศึกษาทาง Dendrochronology

3.3.1 หลักการเก็บตัวอย่างไม้

การเจริญเติบโตของต้นไม้แต่ละต้น วงปีของต้นไม้ที่เติบโตขึ้นในเวลา 1 ปี มีผลมาจากปัจจัยรวมด้านต่างๆ ได้แก่ สภาพพื้นที่ อายุของต้นไม้ สภาพภูมิอากาศของปีนั้นที่เกิดขึ้นในพื้นที่แห่งนั้น ปัจจัยภายในของต้นไม้เอง เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม ฮอร์โมน ปัจจัยภายนอก เช่น ไฟป่า แมลงทำลาย สัตว์กัดแทะ และกระบวนการเสี่ยงอย่างอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึง สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของต้นไม้ ดังนี้ (8)

	R_t	=	$A+C+D_1+D_2+E$
เมื่อ	R_t	=	ความกว้างของวงปี
	A	=	อายุ
	C	=	สภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ)
	D_1	=	ปัจจัยภายในเช่น ฮอร์โมน พันธุกรรม
	D_2	=	ปัจจัยภายนอก เช่น ไฟป่า แมลงกัดแทะ
	E	=	ความคลาดเคลื่อนอื่นๆ

การศึกษาการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้ต่อสภาพภูมิอากาศ ในครั้งนี้ ปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตที่ต้องการศึกษา คือ สภาพภูมิอากาศ (C) ดังนั้นปัจจัยด้านอื่นได้แก่ อายุ (A) ปัจจัยภายใน (D_1) ปัจจัยภายนอก (D_2) และความคลาดเคลื่อนอื่นๆ (E) จะพยายามลดให้เหลือน้อยที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงใช้หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างไม่เป็นแบบเฉพาะเจาะจง (purposive selection) เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยตัวอย่างไม้สนสองใบที่เลือกควรขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำและอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัด (C) และมีลักษณะภายนอกโดยทั่วไปมีรูปทรงดี เปลือกกลม ตรง เรือนยอดสมบูรณ์ พยายามหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่ได้รับอันตรายจากไฟป่า แมลงสัตว์กัดแทะให้มากที่สุด เพื่อลดปัจจัยภายนอกอย่างอื่น (D_2) ที่ไม่ใช่ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ สำหรับปัจจัยทางด้านอายุ (A) จะถูกลดในขั้นตอนการคำนวณเพื่อสร้างเส้นดัชนี (49,50)

3.3.2 จำนวนตัวอย่าง การเก็บตัวอย่าง และการเตรียมตัวอย่าง

- จำนวนตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่างไม้สนสองใบ

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างไม้สนสองใบที่มีความเหมาะสม แบบเฉพาะเจาะจง โดยทำการเก็บตัวอย่างมากกว่า 30 ต้น ในพื้นที่แต่ละแห่ง และทำการเก็บต้นละ 2 ตัวอย่าง ได้จำนวนตัวอย่างมากกว่า 60 ตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ (51) โดยมีขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างดังนี้

1. เลือกต้นสนสองใบที่มีความเหมาะสม โดยเลือกต้นสนสองใบที่มีลำต้นขนาดใหญ่ ลักษณะภายนอกทั่วไปรูปทรงดี เปลือกกลมตรง เรือนยอดสมบูรณ์ พยายามหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่ได้รับอันตรายจากไฟป่าและการถูกทำลายต่างๆ ให้มากที่สุด
2. ใช้เครื่องมือ increment borer ซึ่งยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร เก็บตัวอย่าง โดยเลือกเก็บตรงบริเวณที่สูงประมาณ 1.30 เมตร โดยทำการเก็บต้นละ 2 ตัวอย่างในทิศทางตรงข้ามกัน โดยเจาะให้มีมุมตั้งฉากกับลำต้นของไม้จากด้านนอก (เปลือก) จนถึงประมาณแก่นไม้ (หมุนเครื่องเจาะในทิศตามเข็มนาฬิกา) ภาพที่ 3-2
3. เมื่อเจาะถึงแก่นไม้แล้วจึงใช้ลิ้นของเครื่องมือ increment borer ดึงตัวอย่างไม้ออกมา และบรรจุตัวอย่างไม้ลงในหลอดพลาสติก ทำการปิดปลายหลอดทั้งสองข้าง
4. บันทึกชื่อสถานที่เก็บตัวอย่าง และหมายเลขตัวอย่าง และวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

5. หมุนเครื่องเจาะไม้ออกจากลำต้น (ควรรีบหมุนออกเนื่องจากยางไม้อาจมาเกาะที่เครื่องเจาะทำให้ไม่สามารถหมุนออกได้)

6. ทำความสะอาดเครื่องเจาะไม้

- การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างไม้ที่เก็บมาฝังให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในตัวอย่างระเหยออกไป วางตัวอย่างไม้ลงบนแท่นรองที่มีขนาดพอเหมาะกับขนาดของตัวอย่าง (supported wood) โดยให้ด้านหน้าตัดขวาง (cross-section) ขึ้นข้างบน ติดตัวอย่างไม้กับแท่นรองด้วยกาว และพันให้แน่นด้วยเทปกาวยาว ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน ชัดตัวอย่างด้วยกระดาษทราย เพื่อให้เห็นวงปีได้ชัดเจน ภาพที่ 3-3

3.3.3 ขั้นตอนการศึกษาทาง Dendrochronology

- การวัดความกว้างวงปี

ตัวอย่างไม้ที่เตรียมไว้นำมาทำการวัดความกว้างวงปี โดยใช้อุปกรณ์ในการวัดและนับวงปี ซึ่งประกอบด้วยแท่นรองตัวอย่างที่เลื่อนได้ (moving stage) ต่อกับกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีกำลังขยายอยู่ระหว่าง 4x-40x ซึ่งต่อตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อสะดวกในการบันทึกข้อมูล และในการปรับแก้ข้อมูล ซึ่งค่าในการวัดมีความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3-4 แสดงอุปกรณ์ในการวัดความกว้างวงปี) โดยการวัดความกว้างวงปี ทำการวัดเริ่มจากด้านแก่นไม้จนถึงด้านเปลือกของแต่ละตัวอย่าง

- การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบบนโต๊ะแสง ข้อมูลจากการวัดความกว้างวงปีของแต่ละตัวอย่าง จะพิมพ์ออกมาเป็นกราฟเส้น โคนแกน x เป็นปี และแกน y เป็นความกว้างวงปี ในการพิมพ์กราฟข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TSAP (52) นำกราฟเส้นของแต่ละตัวอย่างมาเทียบหาความเหมือนบนโต๊ะแสง โดยหลักการทางชีววิทยา ต้นไม้ส่วนมากที่มาจากพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน หรือแหล่งเดียวกันรูปแบบการเจริญเติบโตควรเหมือนกัน ในการศึกษาจำเป็นต้องตรวจสอบเช่นนี้ทุกตัว

อย่าง หากตัวอย่างใดผิดปกติไปจากตัวอย่างส่วนมากต้องกลับไปตรวจสอบกับตัวอย่างไม่อีกครั้ง และเมื่อตรวจสอบด้วยสายตาเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (50)

2. การตรวจสอบความถูกต้องโดยโปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (50) โดยใช้สถิติการหาความสัมพันธ์อย่างง่าย หลักการในการทำงานของโปรแกรมคือนำข้อมูลของทุกตัวอย่างไปสร้างกราฟเส้นจำลองขึ้นมา (master curve) แล้วนำกราฟเส้นจำลองนี้มาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์กับข้อมูลแต่ละตัวอย่าง ผลลัพธ์บอกถึงค่าความสัมพันธ์แต่ละช่วงที่มีการกำหนดให้มีการตรวจสอบทุกๆ 40 ปี หรือช่วงเวลาที่กำหนดจนถึงสิ้นสุดความยาวของตัวอย่าง หากข้อมูลเมื่อตรวจสอบด้วยวิธีทางสถิติแล้ว ค่าผลลัพธ์ระหว่างกราฟเส้นจำลองกับข้อมูลดิบมีค่าสถิติน้อยกว่าค่าที่มีความน่าเชื่อถือ ต้องกลับไปศึกษาตัวอย่างอีกครั้ง

- การสร้างเส้นดัชนี (Chronology Index)

เมื่อข้อมูลผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ตัวอย่างไม่ทั้งหมดที่มีค่าความสัมพันธ์ทางสถิติที่เชื่อถือได้ จะรวมอยู่ใน 1 แฟ้มข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ARSTAN (49) ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกเป็นการคำนวณสถิติความสัมพันธ์แบบ Linear Regression หรือ Negative Exponential ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เพื่อที่จะปรับลดขนาดความกว้างวงปีอันเนื่องมาจากปัจจัยบางอย่างนอกเหนือจากปัจจัยด้านภูมิอากาศ และความแตกต่างของความกว้างวงปีในช่วงที่มีอายุน้อยกับอายุมากออกไป ขั้นที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ Spline Function ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดค่าที่ 66 ซึ่งหมายความว่า กราฟเส้นที่สมการคำนวณขึ้นมาใหม่จะสัมพันธ์ (flexible) กับข้อมูลดิบมากที่สุด และกราฟที่ได้ใหม่นี้จะเก็บรายละเอียดของข้อมูลไว้ 50 % เมื่อเสร็จสิ้นการคำนวณทั้งสองขั้นตอนแล้ว ผลลัพธ์สุดท้ายจะได้กราฟเส้นของดัชนี (Chronology Index) ซึ่งเป็นตัวแทนความกว้างของวงปีแต่ละพื้นที่ที่ศึกษาออกมา 3 เส้น คือ Arstan Chronology, Residual Chronology และ Standard Chronology ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ Residual Chronology เพราะเป็นการคำนวณที่ขจัดค่าความสัมพันธ์ในตัวเองออกไป (Removed Auto correlation)

3.4 การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

พื้นที่ศึกษาแต่ละแห่ง ทำการเก็บดินจำนวน 4 จุด เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง ไม้ โดยครอบคลุมต้นสนที่เก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา โดยแต่ละจุดทำการสุ่มเพื่อเก็บตัวอย่าง จุดละ 3 จุดย่อย ให้ห่างกันเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวประมาณด้านละ 5-10 เมตร และนำตัวอย่างของจุดย่อยแต่ละจุดมารวมกัน (composite sample) ขุดหลุมดินตัวอย่างตรงจุดสุ่มแล้วเก็บตัวอย่างดิน ตามความลึก 3 ระดับ คือ 0-15, 15-30 และ 30-50 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน พร้อมกันนี้ทำการบันทึกข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวกับดิน ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการบรรยายสภาพของดินในพื้นที่ศึกษาบริเวณนั้น

คุณสมบัติดินที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ 1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่า pH มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับระดับธาตุอาหารในดินที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ 2. เนื้อดิน (soil texture) แสดงถึงความหยาบ-ละเอียดของอนุภาคดิน โดยแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ อนุภาคทราย (sand) อนุภาคทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) 3. ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) เป็นค่าที่แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช 4. ค่าความชื้นในดิน (soil moisture) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำที่อยู่ในดินนั้นๆ ความชื้นในดินถือเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของพืช ซึ่งปริมาณน้ำในดินนี้จะเป็นตัวทำละลายธาตุอาหารต่างๆ ในดินและช่วยในการดูดและขนย้ายธาตุอาหารพืช 5. ธาตุอาหารหลักในดินที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K) ซึ่งธาตุอาหารหลักนี้เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก โดยวิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ก (53,54)

3.5 การศึกษาลักษณะทางภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

1. การเก็บข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องอ่านพิกัดดาวเทียม (GPS) และเทียบกับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ
2. การเก็บข้อมูลความลาดเอียงของพื้นที่ ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องวัดระดับความลาดเอียง
3. การเก็บข้อมูลทิศด้านลาด และข้อมูลอื่นๆ ทำการเก็บข้อมูลโดยสังเกตทิศทางด้านรับแสง แผนที่ภูมิแสดงลักษณะโครงสร้างของป่า (forest profile)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อสภาพภูมิอากาศ

การวิเคราะห์การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อสภาพภูมิอากาศ เพื่อต้องการศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเดือนใด มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้ โดยใช้โมเดลการเจริญเติบโต (Response Function) ในการคำนวณ โดยที่ข้อมูลความกว้างวงปีเป็นตัวแปรตามและข้อมูลน้ำฝนและอุณหภูมิเป็นตัวแปรอิสระ ในการคำนวณตัวแปรตามจะจับกับตัวแปรอิสระในลักษณะ 1:1 การวิเคราะห์การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ในการคำนวณ กำหนดให้เดือนสุดท้ายของปีการเจริญเติบโตของต้นไม้สนสองใบ คือเดือนตุลาคม เพราะจากการศึกษากิจกรรมแคมป์ของไม้สนสองใบ พบว่าเดือนตุลาคมเป็นเดือนสุดท้ายที่ไม้สนสองใบมีการสร้างเนื้อไม้ปลายฤดู (late wood) (55) การคำนวณเพื่อหาการตอบสนอง ทำการคำนวณจากเดือนตุลาคม ของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มิมีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) ย้อนกลับจำนวน 15 เดือน โดยเริ่มจากเดือนมกราคม-ตุลาคม ของปีปัจจุบัน (ปีที่ t) ซึ่งครอบคลุมช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้คือระหว่างฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) และอีก 5 เดือนของปีที่ผ่านมา (ปีที่ $t-1$) คือ เดือนสิงหาคม-ธันวาคม เพื่อให้ครอบคลุมในเรื่องการเจริญเติบโตที่มีความสัมพันธ์ในตัวเองเชิงชีววิทยา ซึ่งผลการวิเคราะห์บอกค่าน้ำหนักของเดือนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้สนสองใบหรือความกว้างวงปี โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะมีทั้งค่าบวก (ความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน) และค่าลบ (ความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางตรงข้ามกัน)

3.6.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

การวิเคราะห์คุณสมบัติดินใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ย การทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว (one-way ANOVA) (51)

3.6.3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบทั้ง 3 พื้นที่ โดยการเปรียบเทียบจากผลการวิเคราะห์การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อสภาพภูมิอากาศ และผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน และลักษณะทางภูมิประเทศ

3.7 แผนการดำเนินการศึกษา

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 19 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2544 ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2546 โดยมีกิจกรรมและช่วงเวลา ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

กิจกรรม	พ.ศ.2544		พ.ศ.2545						พ.ศ.2546				
	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.-ธค.	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.
เตรียมการและรวบรวมข้อมูล	←→												
เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์				←→									
แก้ไขโครงร่างวิทยานิพนธ์				←→									
เก็บรวบรวมข้อมูล						←→							
วิเคราะห์ข้อมูล							←→						
วิเคราะห์ผลการทดลอง								←→					
สรุปและอภิปรายผล									←→				
สอบป้องกันวิทยานิพนธ์										←→			
จัดทำวิทยานิพนธ์											←→		

2. ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ในการวิจัยครั้งนี้ ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างไม้ สนสองใบ ตัวอย่างดิน และลักษณะภูมิประเทศ ในช่วงเวลาที่ต่างกัน ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 แสดงช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

กิจกรรม	ช่วงเวลาเก็บข้อมูล		
	พื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน	พื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี	พื้นที่จังหวัดเพชรบุรี
การเก็บตัวอย่างไม้	วันที่ 19-22 มกราคม พ.ศ.2544	วันที่ 5-7 พฤษภาคม พ.ศ.2545	วันที่ 1-2 พฤษภาคม พ.ศ.2545
การเก็บตัวอย่างดิน	วันที่ 2 มกราคม พ.ศ.2545	วันที่ 5-7 พฤษภาคม พ.ศ.2545	วันที่ 1-2 พฤษภาคม พ.ศ.2545
การเก็บข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ	วันที่ 2 มกราคม พ.ศ.2545	วันที่ 5-7 พฤษภาคม พ.ศ.2545	วันที่ 1-2 พฤษภาคม พ.ศ.2545



ภาพที่ 3-2 แสดงการเก็บตัวอย่างไม้สนสองใบ



ภาพที่ 3-3 การเตรียมตัวอย่างไม้



ภาพที่ 3-4 เครื่องวัดความกว้างวงปี

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ตัวอย่างไม้สนสองใบจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ได้แก่ 1. บริเวณคอยถ้ำมะแกง ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) 2. บริเวณเขาพุเตย ในพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และ 3. ป่าชุมชนเขาสนบ้านโรง จังหวัดเพชรบุรี (PMTY) ทำการศึกษาความกว้างวงปีไม้สนสองใบ และสร้างเส้นดัชนีซึ่งเป็นตัวแทนรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบในแต่ละพื้นที่ นำไปหาการตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ และพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติของดินและลักษณะทางภูมิประเทศบริเวณที่ต้นสนสองใบเจริญเติบโตได้ผลศึกษาดังนี้

4.1 ลักษณะภูมิประเทศและป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา

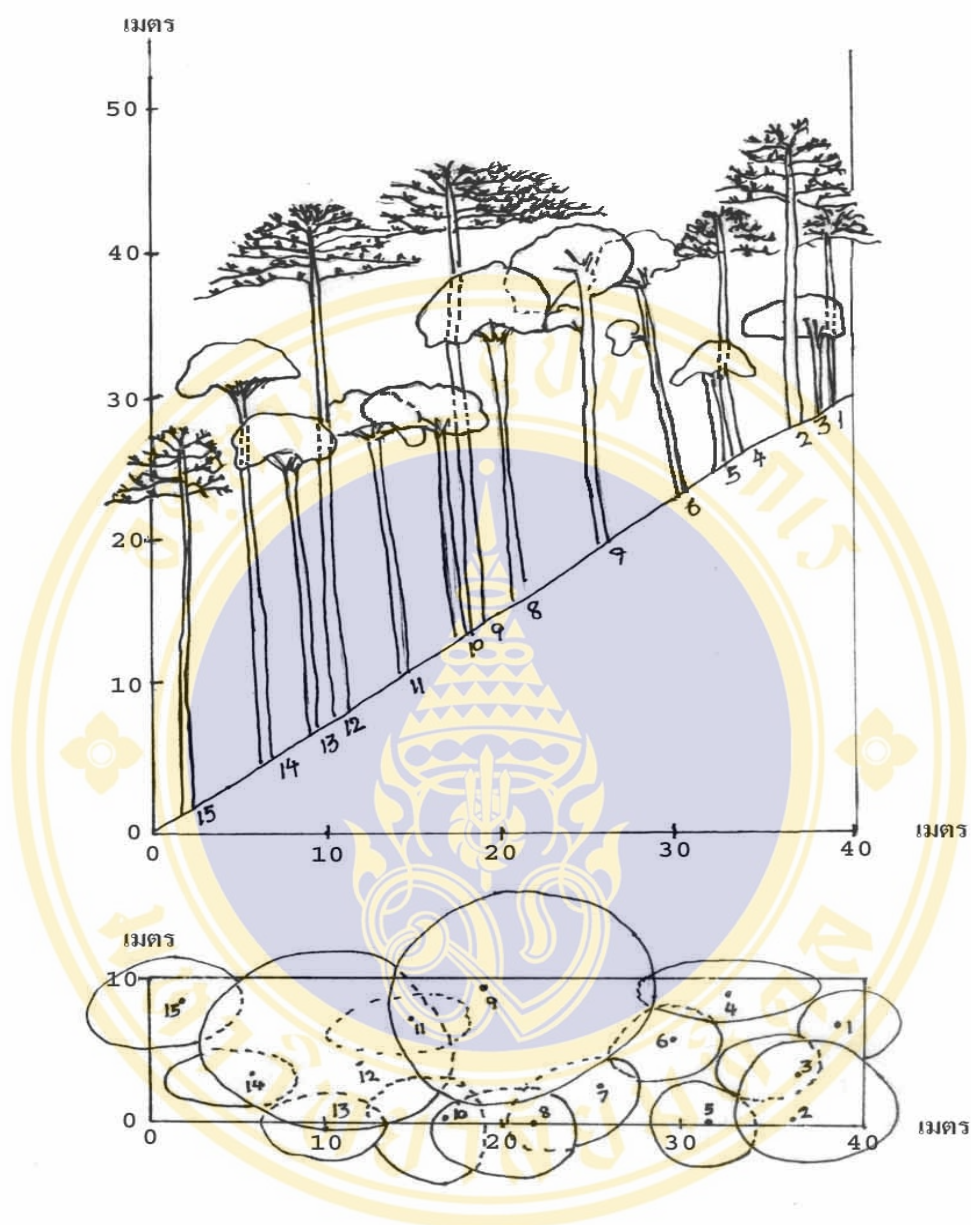
พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน บริเวณคอยถ้ำมะแกง ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 47QMB410798, 47QMB2161464 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 680-850 เมตร สภาพพื้นที่เป็นภูเขาสูงมีความลาดชันประมาณ 40 องศา เนื้อดินดิน (ประมาณ 30 เซนติเมตร) พื้นที่ติดถนนทางหลวงหมายเลข 1095 โดยพื้นที่ที่แม่ฮ่องสอนจะมีต้นสนสองใบขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ตามลักษณะภูมิประเทศที่ระดับความสูงระดับเดียวกัน ของทางภาคเหนือ บริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะป่าเป็นป่าเต็งรังผสมสนเขา มีไม้สนสองใบ และไม้พลวงเป็นไม้เด่น มีทิศด้านลาดทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ภาพที่ 4-1 แสดงลักษณะโครงสร้างป่าด้านข้าง (side view) และด้านบน (top view) และภาพที่ 4-4 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี บริเวณเขาพุเตย ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตย อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 47PNS546583, 47PNS1688336 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 650-793 เมตร พื้นที่เป็นภูเขาสูงมีความลาดชันประมาณ 20 องศา มีทิศด้านลาดทิศตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นป่าเต็งรังผสมสน

เขา ไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น บริเวณที่ต้นสนสองใบขึ้นกระจายอยู่ มีพื้นที่ประมาณ 2-3 ตารางกิโลเมตร จากการสำรวจโดยเจ้าหน้าที่ป่าไม้อุทยานแห่งชาติพุเตย มีไม้สนสองใบขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ประมาณ 1,300 ต้น (28) ต้นสนขนาดใหญ่มีความสมบูรณ์ ถูกทำลายน้อย พื้นที่บริเวณป่าสนเกิดไฟไหม้เกือบทุกปีในช่วงฤดูแล้ง สำหรับพื้นที่ที่ระดับความสูงต่ำลงมาส่วนใหญ่จะเป็นป่าเบญจพรรณ ภาพที่ 4-2 แสดงลักษณะโครงสร้างป่าด้านข้าง (side view) และด้านบน (top view) ภาพที่ 4-5 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษา

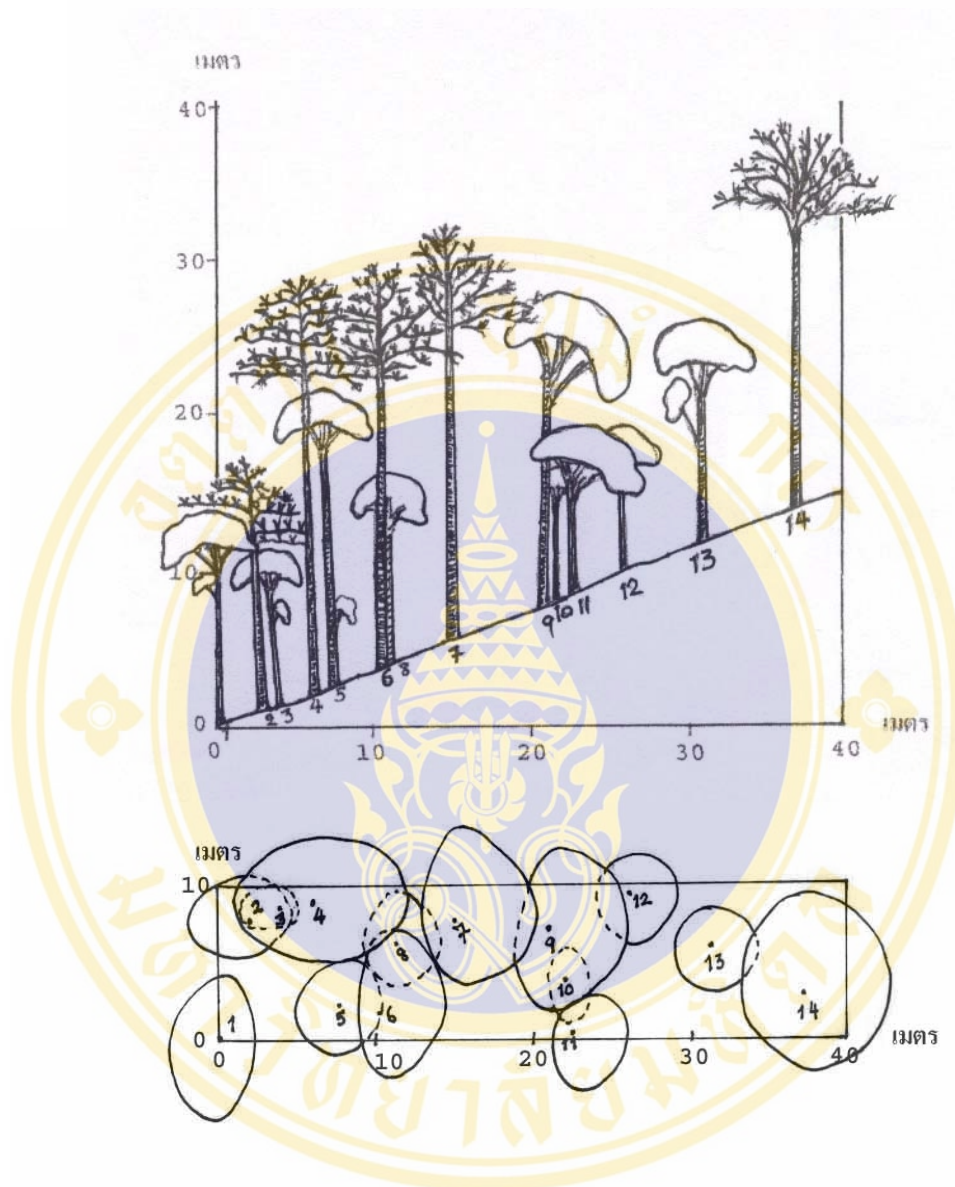
พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี บริเวณป่าชุมชนบ้านโรง ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 47PNQ585628, 47PNQ1410628 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 60-110 เมตร ภูมิประเทศเป็นเนินเขาเตี้ยๆ มีร่องห้วยแห้งตรงกลางพื้นที่ พื้นที่มีความลาดชันน้อย ลักษณะดินเป็นคอนทราย ดินร่วนปนทราย ประกอบด้วยหินก้อนกรวดเล็กๆ มีลักษณะเป็นก้อนมนกลม อยู่เหนือผิวดินและปะปนใต้ดินจำนวนมาก บริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นป่าเต็งรังผสมสนเขา ไม้สนสองใบและไม้เหียงเป็นไม้เด่นนำ ต้นสนสองใบเจริญเติบโตบนพื้นที่เพียง 1-2 ตารางกิโลเมตร จากการสำรวจโดยเจ้าหน้าที่ป่าไม้ศูนย์ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ พบว่ามีต้นสนสองใบเหลือประมาณ 115 ต้น ซึ่งต้นสนส่วนใหญ่มีขนาดลำต้นเล็ก และถูกทำลายเกือบทุกต้น ต้นสนถูกเจาะเพื่อเอายางสนและถูกไฟไหม้ พื้นที่แห่งนี้ประสบไฟป่าทุกปีในช่วงฤดูแล้ง บริเวณรอบพื้นที่เป็นป่าเต็งรัง และพื้นที่ทำการเกษตร ภาพที่ 4-3 แสดงลักษณะโครงสร้างป่าด้านข้าง (side view) และด้านบน (top view) ภาพที่ 4-6 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น เรือนยอดชั้นบน ทำให้ได้รับแสงเต็มที่ แสงจึงไม่เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต ต้นสนสองใบส่วนมากมีความสูงมากกว่า 20 เมตร มีเรือนยอดกว้าง 5-15 เมตร ต้นสนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน และสุพรรณบุรี มีความสมบูรณ์มากกว่าต้นสนสองใบที่จังหวัดเพชรบุรี ต้นสนส่วนใหญ่มีความสูงอยู่ระหว่าง 20-30 เมตร มีความกว้างเรือนยอดมากกว่า 9 เมตร สำหรับต้นสนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต้นสนมีความสูงประมาณ 15-20 เมตร มีความกว้างเรือนยอดอยู่ระหว่าง 5-10 เมตร



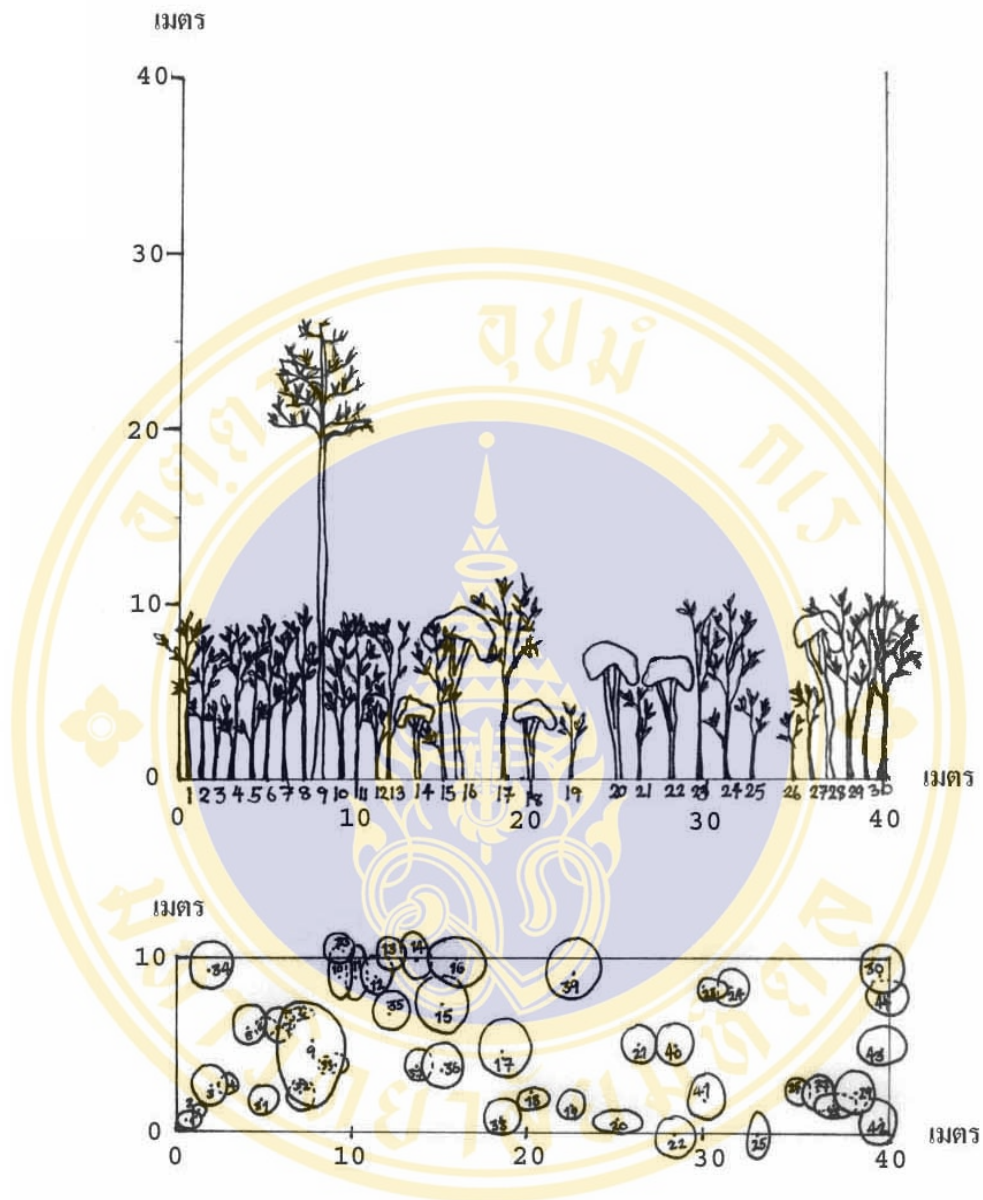
หมายเลข	ชื่อพรรณไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	หมายเลข	ชื่อพรรณไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	8	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>
2	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	9	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>
3	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	10	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>
4	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	11	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>
5	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	12	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>
6	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	13-14	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>
7	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i>	15	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>

ภาพที่ 4-1 แสดงลักษณะโครงสร้างป่า ก.ด้านข้าง (side view) ข.ด้านบน (top view) พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน



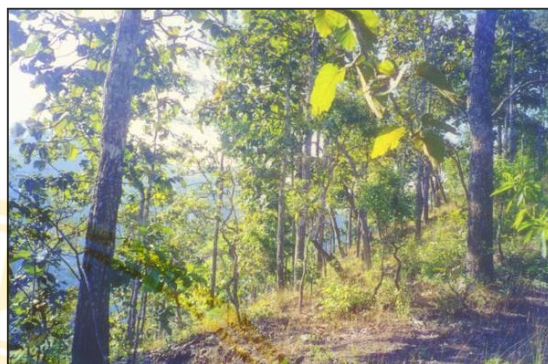
หมายเลข	ชื่อพรรณไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	หมายเลข	ชื่อพรรณไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	8	เหมือด	<i>Memecylon spp.</i>
2	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	9	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>
3	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i>	10	รัก	<i>Melanorrhoea usitata</i>
4	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	11	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>
5	เหมือด	<i>Memecylon spp.</i>	12	สารภีคดอย	<i>Anneslea fragrans</i>
6	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	13	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i>
7	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	14	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>

ภาพที่ 4-2 แสดงลักษณะโครงสร้างป่า ก.ด้านข้าง (side view) ข.ด้านบน (top view) พื้นที่ศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี



หมายเลข	ชื่อพรรณไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	หมายเลข	ชื่อพรรณไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์
1-8	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	22	มะม่วงป่า	<i>Mangifera sp.</i>
9	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	23-27	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>
10-17	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	28	มะม่วงป่า	<i>Mangifera sp.</i>
18	มะม่วงป่า	<i>Mangifera sp.</i>	29-36	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>
19	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	37-38	มะม่วงป่า	<i>Mangifera sp.</i>
20	มะม่วงป่า	<i>Mangifera sp.</i>	39-44	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>
21	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>			

ภาพที่ 4-3 แสดงลักษณะโครงสร้างป่า ก.ด้านข้าง (side view) ข.ด้านบน (top view) พื้นที่ศึกษา จังหวัดเพชรบุรี



ภาพที่ 4-4 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน



ภาพที่ 4-5 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพที่ 4-6 แสดงสภาพป่าบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี

4.2 ความกว้างวงปีไม้สนสองใบ

การศึกษานาความกว้างวงปีของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ผลการศึกษาและค่าสถิติเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ยความกว้างวงปี (Mean) เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด คือความกว้างวงปีทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด ค่าที่ได้เป็นค่ากลางใช้เป็นตัวแทนของความกว้างวงปีทั้งหมด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นค่าที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูลโดยพิจารณาจากรากที่สองของค่าความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ย ถ้ามีค่ามากแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก ค่าความสัมพันธ์ของความกว้างวงปีของปีปัจจุบันกับวงปีในอดีต (Autocorrelation) เป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลา 2 ชุด คือความกว้างวงปีของปีปัจจุบัน (ปีที่ t) และความกว้างวงปีของปีอดีต (ปีที่ $t-1$) คำนวณได้จากค่าเปรียบเทียบความแปรปรวนร่วมระหว่างค่าความกว้างวงปีในปีปัจจุบันและค่าความกว้างวงปีในอดีต กับผลคูณความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกว้างวงปีในปีปัจจุบันและความกว้างวงปีในอดีต (8) มีค่า 0-1 ถ้าค่า Autocorrelation มากกว่า 0.50 แสดงว่าต้นไม้มีความสัมพันธ์ในตัวเองสูง ค่าเฉลี่ยความอ่อนไหว (Mean sensitivity) เป็นค่าที่แสดงถึงการตอบสนองของต้นไม้ต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยร้อยละที่เปลี่ยนแปลงจากค่าวงปีที่วัดได้ในแต่ละปีไปยังปีถัดไป (8) ถ้าค่า mean sensitivity น้อยกว่า 0.50 แสดงว่าต้นไม้มีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกน้อย ผลการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 จำนวนตัวอย่างไม้ และค่าสถิติเบื้องต้น ของความกว้างวงปีไม้สนสองใบ ทั้ง 3 พื้นที่

ข้อมูล	พื้นที่ศึกษา		
	จังหวัดแม่ฮ่องสอน	จังหวัดสุพรรณบุรี	จังหวัดเพชรบุรี
จำนวนต้น	102	86	58
จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	188	170	115
จำนวนตัวอย่างที่ใช้	95	61	72
ช่วงเวลา (พ.ศ.)	2251-2543	2265-2544	2366-2544
ช่วงอายุ (ปี)	120-284	109-278	27-177
ค่าเฉลี่ยความกว้างวงปี (ม.ม.)	1.10	1.04	1.23
ค่า Standard deviation	0.75	0.66	0.58
ค่า Autocorrelation	0.83	0.68	0.59
ค่า Mean sensitivity	0.27	0.34	0.30

พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) การศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างไม้สนสองใบทั้งสิ้น 102 ต้น โดยเก็บตัวอย่างต้นละ 2 ตัวอย่าง ในทิศทางตรงกันข้าม ตัวอย่างไม้ทั้งหมด 188 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่นำมาศึกษา 65 ต้น จำนวน 95 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50.53 ของตัวอย่างทั้งหมด เนื่องจากข้อจำกัดทางสถิติสำหรับการสร้างเส้นดัชนี กำหนดให้ตัวอย่างมากที่สุดเพียง 95 ตัวอย่าง ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้ตัวอย่างเพียง 95 ตัวอย่าง ที่มีอายุค่อนข้างมาก ตัวอย่างสมบูรณ์ และความกว้างวงปีชัดเจน ซึ่งในการศึกษาตัวอย่างไม้ในพื้นที่นี้ กำหนดให้ปี พ.ศ.2543 เป็นปีที่กำหนดอายุไม้ เนื่องจากเก็บตัวอย่างไม้ในเดือนมกราคม พ.ศ.2544 ซึ่งเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ต้นสนสองใบหยุดพักการเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้ง (55) โดยที่ต้นสนสร้างเนื้อไม้ปลายฤดูเสร็จสิ้นแล้วในช่วงเดือนตุลาคมของปี พ.ศ.2543

ศึกษาตัวอย่างไม้โดยการวัดความกว้างวงปี และศึกษาค่าสถิติเบื้องต้นจากโปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (50) พบว่า ตัวอย่างไม้ 95 ตัวอย่างนี้ มีอายุระหว่าง 120-284 ปี อยู่ในช่วงปี พ.ศ.2251-2543 ตัวอย่างไม้ส่วนมากมีอายุประมาณ 200 ปี (ช่วงปี พ.ศ.2344-2543) ไม้ที่มีอายุมากที่สุดคือ 284 ปี มีค่าเฉลี่ยความกว้างวงปีประมาณ 1.10 มิลลิเมตร มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ 0.75 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงศูนย์ แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายไม่กว้าง มีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองของต้นไม้ในเชิงชีววิทยา (Autocorrelation) ที่สูงเท่ากับ 0.83 (มากกว่า 0.50) และมีค่าความอ่อนไหว (Mean sensitivity) เป็นการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.27 (น้อยกว่า 0.50)

พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) การศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างไม้สนสองใบจำนวน 86 ต้น โดยเก็บตัวอย่างต้นละ 2 ตัวอย่าง ในทิศทางตรงกันข้าม ตัวอย่างไม้ทั้งหมด 170 ตัวอย่าง ตัวอย่างไม้ที่นำมาทำการศึกษา 33 ต้น จำนวน 61 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 35.88 ของตัวอย่างทั้งหมด เนื่องจากตัวอย่างไม้ในพื้นที่ศึกษานี้ มีวงปีปลอมค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการวัดความกว้างวงปีและการ cross-dating ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้ตัวอย่างไม้เพียง 61 ตัวอย่าง ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการทดสอบทางสถิติที่ให้ค่าทางสถิติที่น่าเชื่อถือ สำหรับในการศึกษาตัวอย่างไม้ในพื้นที่นี้ กำหนดให้ปี พ.ศ.2544 เป็นปีกำหนดอายุไม้ เนื่องจากเก็บตัวอย่างไม้ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2545 ซึ่งเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเดือนเริ่มต้นการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญเพื่อสร้างเนื้อไม้ของปีต่อไป (55) เนื้อไม้ของปี พ.ศ.2545 จึงยังไม่มีการสร้างขึ้นมา

ผลการศึกษา พบว่า ตัวอย่างไม้ 61 ตัวอย่างนี้ มีอายุระหว่าง 109-208 ปี อยู่ในช่วงปี พ.ศ.2265-2544 ตัวอย่างไม้ส่วนมากมีอายุประมาณ 170 ปี (ช่วงปี พ.ศ.2373-2544) มีความกว้างวงปีเฉลี่ย 1.04 มิลลิเมตร มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.63 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงศูนย์แสดงว่าข้อมูลมีการ

กระจายน้อย ค่าความสัมพันธ์ในตัวเองค่อนข้างสูง ประมาณ 0.68 (มากกว่า 0.50) และค่าความอ่อนไหวค่อนข้างต่ำเท่ากับ 0.34 (น้อยกว่า 0.50)

พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) การศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างไม้สนสองใบจำนวน 58 ต้น ตัวอย่างไม้ทั้งหมด 110 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่นำมาทำการศึกษาจำนวน 39 ต้น จำนวน 72 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 65.45 ของตัวอย่างทั้งหมด เนื่องด้วยตัวอย่างไม้ในพื้นที่ศึกษา มีวงปีปลอมค่อนข้างมา ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการวัดความกว้างวงปี และการ cross-dating จึงคัดเลือกตัวอย่างไม้ที่เหมาะสมเพียง 72 ตัวอย่าง ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง และผ่านการทดสอบทางสถิติให้ค่าสถิติที่น่าเชื่อถือ การศึกษาตัวอย่างไม้ในพื้นที่นี้ ได้เก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2545 ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ต้นสนสองใบเริ่มต้นสำหรับการสร้างเนื้อไม้ในปีต่อไป ดังนั้นตัวอย่างไม้ในพื้นที่นี้จึงกำหนดให้ปี พ.ศ.2544 เป็นปีกำหนดอายุไม้

ผลการศึกษาตัวอย่างไม้ 72 ตัวอย่างนี้ พบว่า ไม้สนสองใบที่นำมาศึกษามีอายุระหว่าง 27 -177 ปี อยู่ในช่วง พ.ศ.2366-2544 ตัวอย่างไม้ส่วนมากมีอายุประมาณ 80 ปี (ช่วงปี พ.ศ.2461-2544) มีความกว้างวงปีเฉลี่ยเท่ากับ 1.23 มิลลิเมตร มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.58 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายน้อย มีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองเท่ากับ 0.59 และมีค่าความอ่อนไหวค่อนข้างต่ำเท่ากับ 0.30 (น้อยกว่า 0.50)

4.3 เส้นดัชนีความกว้างวงปีของไม้สนสองใบ

ความกว้างวงปีไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาหัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดสุพรรณบุรี และ จังหวัดเพชรบุรี แสดงดังภาพที่ 4-7, 4-9 และ 4-11 ตามลำดับ จากกราฟความกว้างวงปีพบว่า ต้นสนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีขนาดวงปีกว้างในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ช่วงอายุประมาณ 60-70 ปี และหลังจากนั้นขนาดความกว้างวงปีลดลง เนื่องด้วยช่วงแรกของการเจริญเติบโต ต้นไม้มีอายุน้อยขนาดวงปีกว้าง และเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้น ขนาดความกว้างวงปีลดลง

หลังจากได้ข้อมูลความกว้างวงปีแล้ว นำข้อมูลความกว้างวงปีมาสร้างเส้นดัชนีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ARSTAN (50) จะได้กราฟเส้นของดัชนี (Chronology Index) เป็นตัวแทนความกว้างของวงปีออกมา 3 เส้น คือ Arstan Chronology, Residual Chronology และ Standard Chronology ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ Residual Chronology เพราะเป็นการคำนวณที่ขจัดค่าความสัมพันธ์ในตัวเองออกไป กราฟเส้นดัชนี Residual ซึ่งเป็นตัวแทนรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบ ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง แสดงดังภาพที่ 4-8, 4-10 และ 4-12 ตามลำดับ สำหรับภาพที่ 4-13 แสดงเปรียบเทียบกราฟเส้นดัชนี Residual ของทั้ง 3 พื้นที่ ขนาดความกว้างเส้นดัชนีวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง แสดงในภาคผนวก ข

4.3.1 เส้นดัชนีความกว้างวงปี

เส้นดัชนีความกว้างวงปีแสดงให้เห็นถึง การเจริญเติบโตของต้นไม้ที่มีการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยขนาดวงปีแคบหรือกว้างที่ผิดปกติ อาจเป็นผลมาจากความผิดปกติของปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยภายใน ซึ่งในพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งมีช่วงวงปีแคบและช่วงวงปีกว้างกว่าปกติที่ต่างกัน ดังนี้ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน จากเส้นดัชนีความกว้างวงปีไม้สนสองใบ พบวงปีแคบในปี พ.ศ. 2260-2272 , 2303, 2347, 2368, 1842, 2474, 2500-2503 และปี พ.ศ. 2512 ซึ่งมีความกว้างวงปีน้อยกว่า 0.60 และพบวงปีกว้างในปี พ.ศ. 2285-2287, 2372 และปี พ.ศ. 2495 ซึ่งมีความกว้างวงปีมากกว่า 1.40

พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี จากเส้นดัชนีความกว้างวงปี พบวงปีแคบในปี พ.ศ. 2272, 2299, 2310, 2332, 2345, 2432, 2445 ซึ่งมีความกว้างวงปีน้อยกว่า 0.60 และช่วงปี พ.ศ. 2515-2538 ความกว้างวงปีแคบอย่างต่อเนื่อง ส่วนขนาดวงปีกว้างพบในปี พ.ศ. 2282, 2286, 2306-2308, 2353, 2374, 2393, 2418, 2453, 2466, 2512, 2515, 2540 ซึ่งมีขนาดความกว้างวงปีมากกว่า 1.40

พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี จากเส้นดัชนีความกว้างวงปีไม้สนสองใบ พบวงปีแคบในปี พ.ศ. 2381, 2391, 2431, 2444, 2454, 2594 และปี พ.ศ. 2522 ซึ่งมีความกว้างวงปีน้อยกว่า 0.60 และช่วงปี พ.ศ. 2522-2535 วงปีแคบอย่างต่อเนื่อง และพบวงปีกว้างในปี พ.ศ. 2386, 2395, 2452, 2496 และปี พ.ศ. 2543 ซึ่งมีขนาดความกว้างวงปีมากกว่า 1.40

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเจริญเติบโต

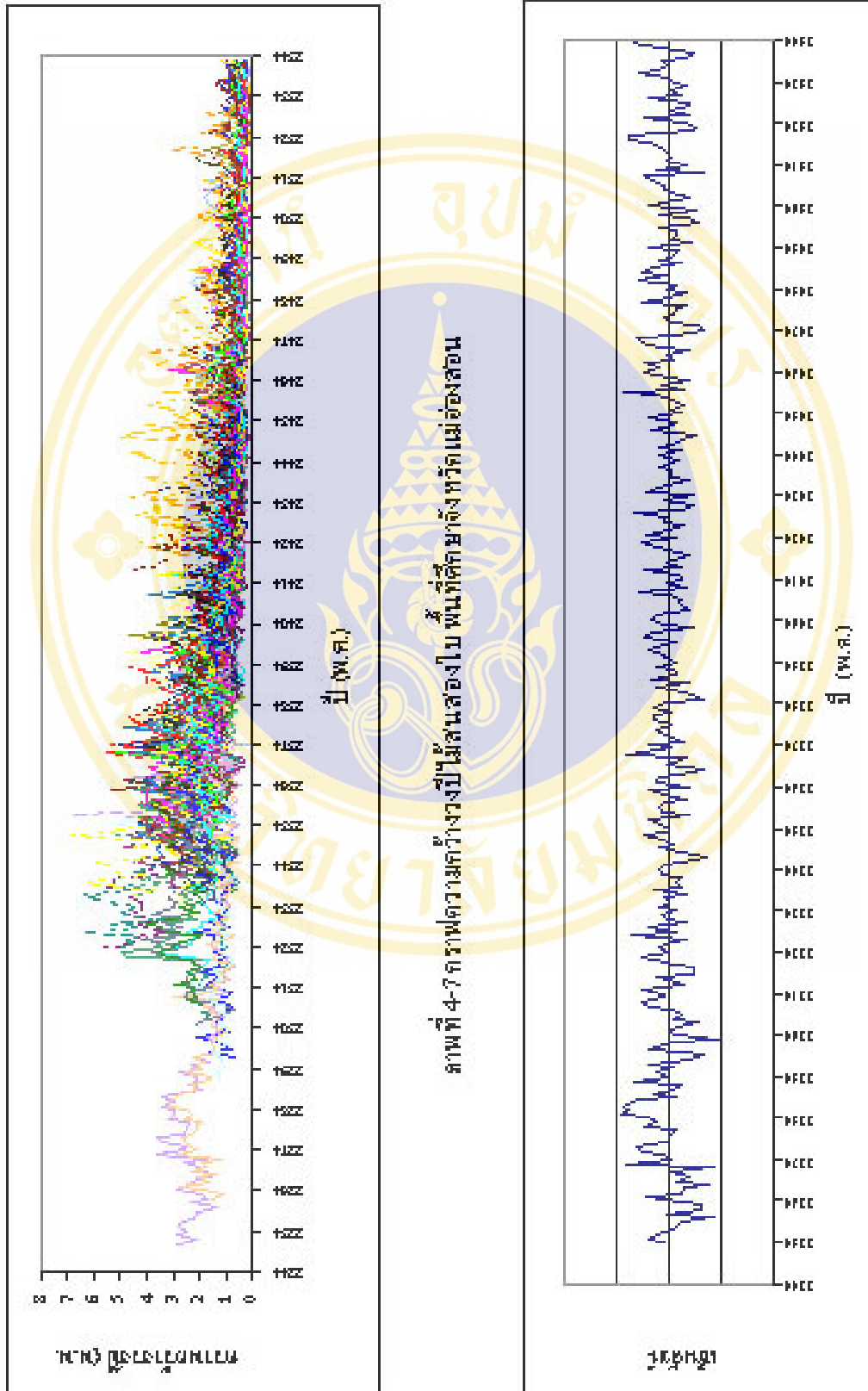
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเจริญเติบโตของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ใช้การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นของเส้นดัชนีวงปี โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 ช่วง ช่วงละ 100 ปี คือ ช่วงปี พ.ศ. 2254-2353, 2354-2453 และช่วงละ 101 ปี คือ ช่วงปี พ.ศ. 2454-2544 พบว่าในช่วง ปี พ.ศ. 2254-2353 วงปีไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับความกว้างวงปีไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ($r = 0.24$) และในช่วงปี พ.ศ. 2454-2544 วงปีไม้สนพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับความกว้างวงปีไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ($r = 0.23$) และเมื่อเปรียบเทียบกราฟเส้นดัชนีวงปีไม้สนสองใบของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง แต่ละช่วงเวลาดังกล่าวรูปแบบกราฟมีแนวโน้มคล้ายกัน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติตารางที่ 4-2 ตารางที่ 4-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนีวงปีไม้สนสองใบพื้นที่ 3 แห่ง

พื้นที่ศึกษา	ช่วงปี	จังหวัดแม่ฮ่องสอน			จังหวัดสุพรรณบุรี			จังหวัดเพชรบุรี		
		2254-2353	2354-2453	2454-2544	2254-2353	2354-2453	2454-2544	2254-2353	2354-2453	2454-2544
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	2254-2353		0.07	-0.07	0.24*	0.12	0.10	.a	0.07	-0.01
	2354-2453	0.07		-0.08	-0.10	0.13	-0.02	.a	-0.01	-0.13
	2454-2544	-0.07	-0.08		-0.17	-0.22*	-0.11	.a	-0.07	0.23*
จังหวัดสุพรรณบุรี	2254-2353	0.24*	-0.10	-0.17		0.20*	0.01	.a	0.67**	0.06
	2354-2453	0.12	0.13	-0.221*	0.20*		0.03	.a	0.12	-0.06
	2454-2544	0.10	-0.02	-0.11	0.01	0.03		.a	-0.10	0.02
จังหวัดเพชรบุรี	2254-2353	.a	.a	.a	.a	.a	.a		.a	.a
	2354-2453	0.07	-0.01	-0.07	0.67**	0.12	-0.10	.a		0.03
	2454-2544	-0.01	-0.13	0.23*	0.06	-0.06	0.02	.a	0.03	

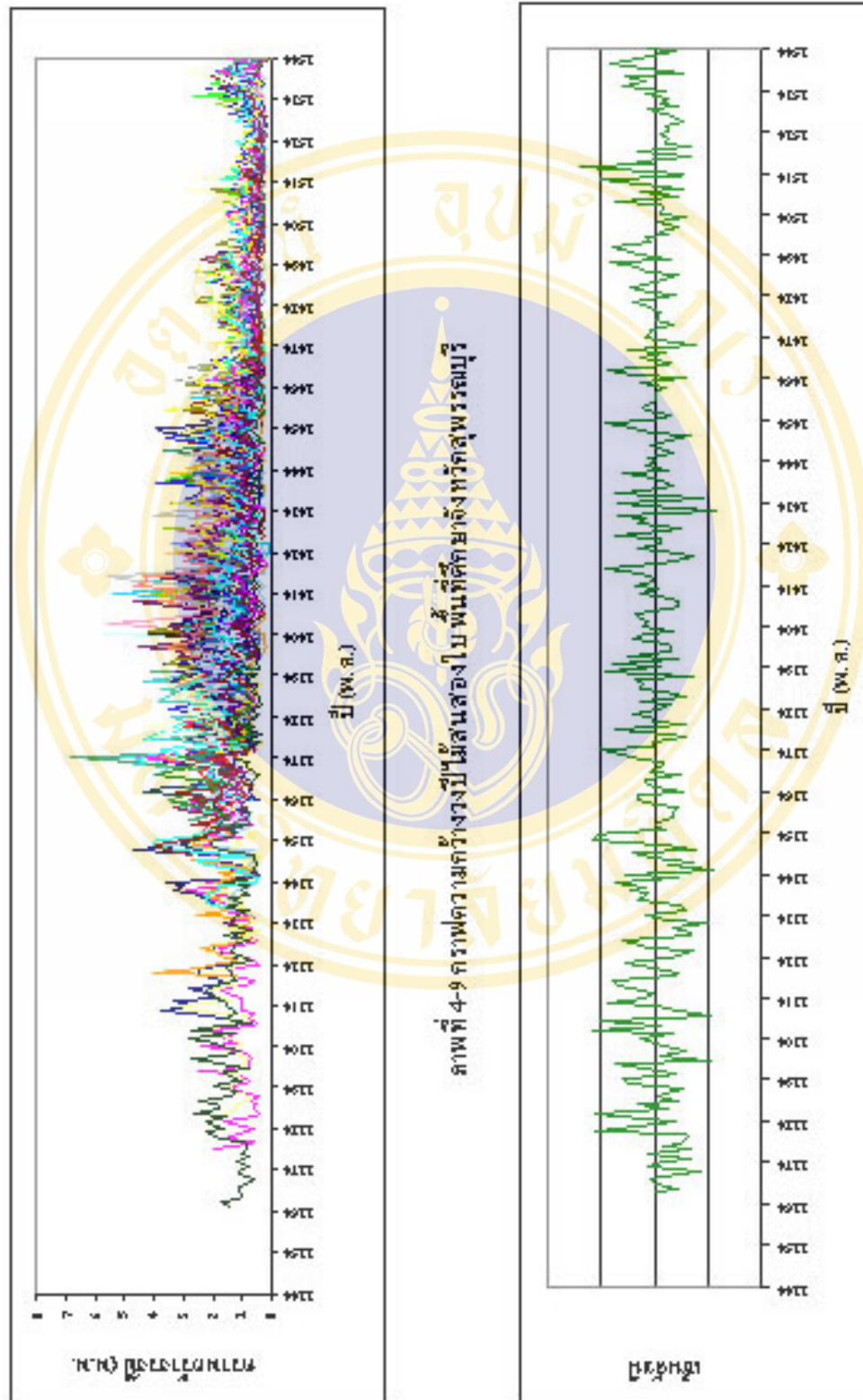
* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

** มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

a ไม่มีข้อมูล

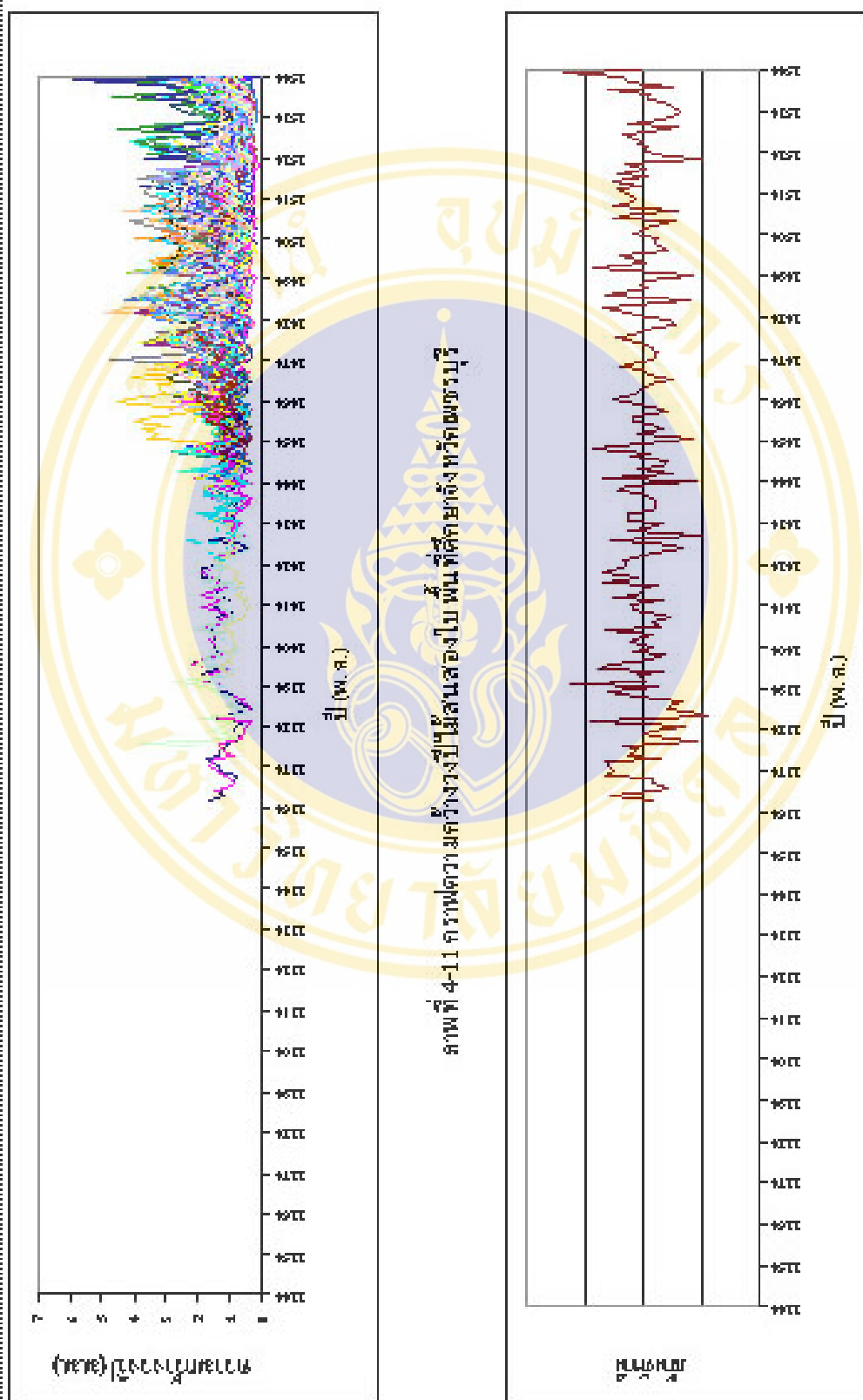


ภาพที่ 4-8 กราฟเส้นสัมพันธ์มีไม่สนใจไปบนที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน



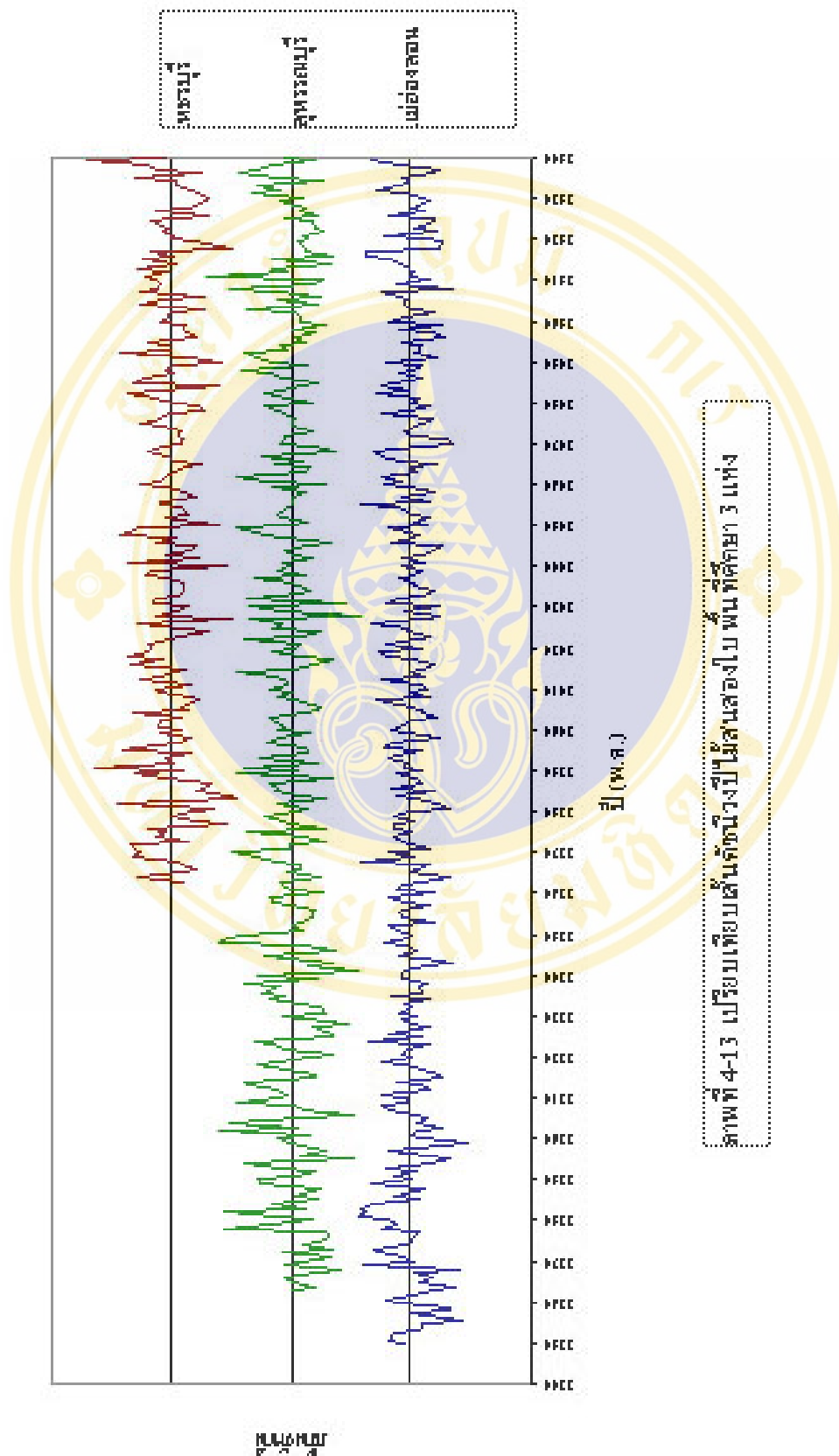
ภาพที่ 4-9 กราฟความกว้างสเปกตรัมและแอมพลิจูดของไหวสะเทือนที่สถานีวัดสึขะบุรี

ภาพที่ 4-10 กราฟเส้นเอ็นดิโมแกรมและแอมพลิจูดของไหวสะเทือนที่สถานีวัดสึขะบุรี



ภาพที่ 4-11 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนโรงเรียนวัดเทพธัมมวิ

ภาพที่ 4-12 กราฟแสดงจำนวนครูโรงเรียนวัดเทพธัมมวิ

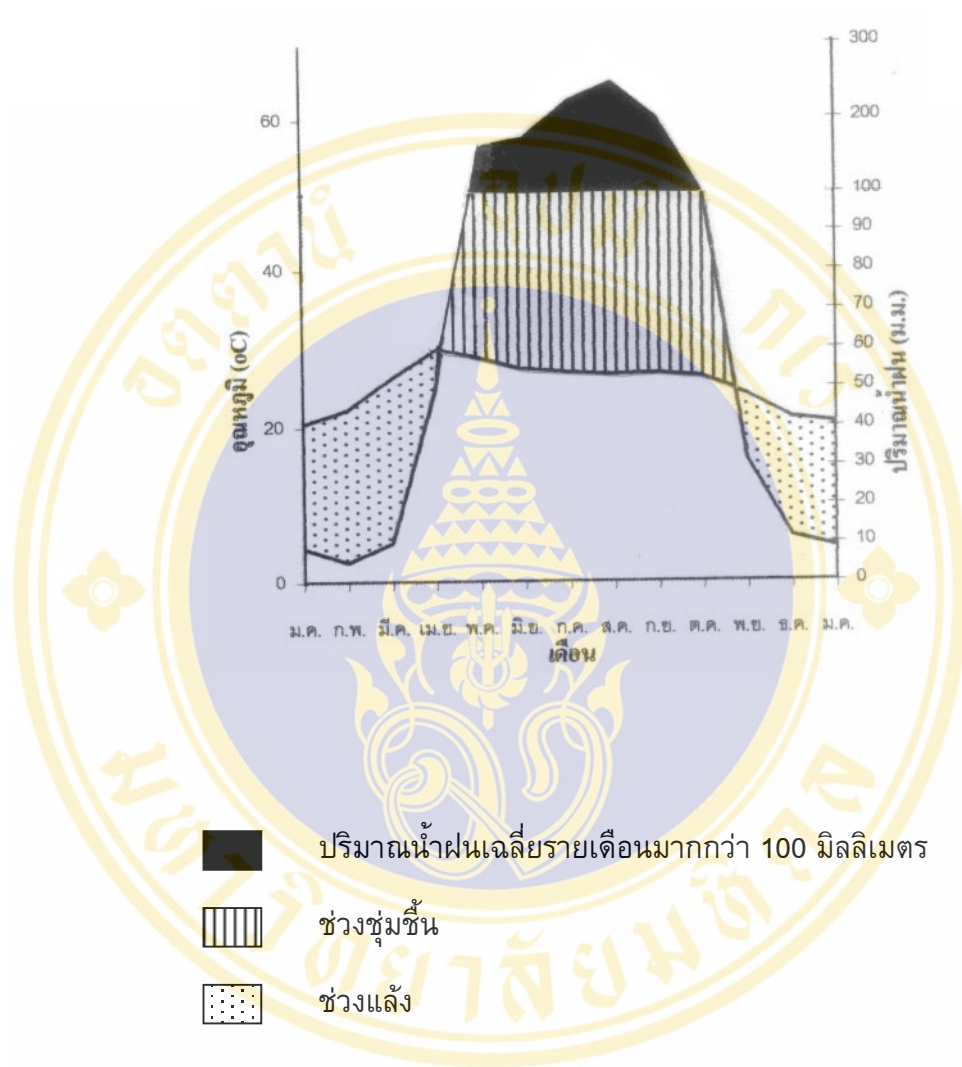


4.4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ

การศึกษาการตอบสนองความกว้างวงปีต่อปัจจัยภูมิอากาศ ใช้โมเดลการเจริญเติบโต Response function สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ การหาความสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple correlation) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) โดยใช้เส้นดัชนีของไม้สนสองใบในแต่ละพื้นที่เป็นตัวแปรตาม และค่าปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนและค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน เป็นตัวแปรอิสระ ในการคำนวณใช้เดือนทั้งหมด 15 เดือน โดยเดือนแรกเริ่มจากมกราคมถึงตุลาคมของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) ซึ่งจะครอบคลุมช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้ คือ ระหว่างฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) และอีก 5 เดือนของปีที่ผ่านมา (ปีที่ $t-1$) คือ สิงหาคม-ธันวาคม เพื่อให้ครอบคลุมในเรื่องการเจริญเติบโตที่มีความสัมพันธ์ในตัวเองเชิงชีววิทยา ผลการศึกษาถึงการตอบสนองของวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ต่างๆ ต่อสภาพภูมิอากาศ ดังนี้

4.4.1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน

พื้นที่ศึกษาที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้คำนวณเพื่อหาค่าการตอบสนอง นำมาจากสถานีตรวจอากาศ 3 แห่ง ได้แก่ 1) สถานีตรวจอากาศแม่ฮ่องสอน ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 40 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ.2454-2543 2) สถานีปาย ตั้งอยู่ที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 34 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ.2521-2543 3) สถานีทดลองข้าวไร่และข้าวพืชเมืองหนาวปางมะผ้า ตั้งอยู่ที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 7.5 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ.2529-2543 การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 สถานี มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีเลขคณิต (48) แล้วจึงนำไปหาค่าการตอบสนองของความกว้างวงปี เพื่อได้ทราบถึงปริมาณน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อความกว้างวงปี ในการวิเคราะห์ครั้งนี้แยกการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2454-2543 (ข้อมูล 90 ปี) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความยาวมากที่สุด โดยมีข้อมูลของทั้ง 3 สถานีอยู่ในช่วงปี พ.ศ.2529-2543 และกรณีที่สองเป็นข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2529-2543 (ข้อมูล 15 ปี) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หาค่าเฉลี่ยมาจาก 3 สถานี สำหรับข้อมูลอุณหภูมิ ใช้ข้อมูลจากสถานีแม่ฮ่องสอนเพียงสถานีเดียว ข้อมูลอุณหภูมิระหว่างปี พ.ศ.2494-2543 ภาพที่ 4-14 แสดงแผนภาพภูมิอากาศรวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน



ภาพที่ 4-14 แผนภาพภูมิอากาศ รวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2454-2543 และ อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2543)

จากแผนภาพภูมิอากาศ แสดงให้เห็นถึง ช่วงฝนแล้งอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม รวมระยะเวลาประมาณ 5 เดือน ช่วงนี้เป็นช่วงที่ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและการระเหยน้ำ ช่วงฤดูฝนอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน รวมระยะเวลาประมาณ 5 เดือน ช่วงนี้เป็นช่วงที่ปริมาณน้ำฝนอยู่สูงกว่าการระเหยน้ำ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน 90 ปี จำนวนวันที่ฝนตก 133 วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,228 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคม และปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ จากข้อมูลอุณหภูมิ 50 ปี อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนประมาณ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคมประมาณ 20 องศาเซลเซียส

การตอบสนองของความกว้างวงปีของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อปริมาณน้ำฝน ทั้ง 2 กรณี และการตอบสนองต่ออุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-15 และ 4-16 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของวงปีต่อปริมาณน้ำฝน พบว่า ในกรณีแรก ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2454-2543 ความกว้างวงปีของไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนของเดือนมกราคม และเมษายน ของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) และเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมา (ปีที่ $t-1$) สำหรับผลการวิเคราะห์ ในกรณีที่สอง ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมทั้ง 3 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2529-2543 (ข้อมูล 15 ปี) พบว่า ความกว้างวงปีไม้สนสองใบตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน และกันยายนของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) และเดือนธันวาคมกับเดือนกันยายนของปีที่ผ่านมา (ปีที่ $t-1$) จากผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี ซึ่งกรณีที่สองข้อมูลปริมาณน้ำฝน 15 ปี (ปี พ.ศ.2529-2543) มีค่าความสัมพันธ์ ($r=0.972$) สูงกว่ากรณีแรก ($r=0.629$) อธิบายได้ว่าในกรณีที่สองการเจริญเติบโตของต้นไม้มิมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนดังกล่าวและสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้มากกว่ากรณีแรก แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกรณีที่สองมีระยะเวลายาว จึงทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีน้อยกว่าการใช้ข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ผลการศึกษาในกรณีแรกเพื่ออธิบายถึงการตอบสนองต่อไปสำหรับค่าสถิติการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบ ต่อปริมาณน้ำฝนของสถานีตรวจอากาศแม่ฮ่องสอน สถานีปาย และสถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาวปางมะผ้า แสดงดังภาคผนวก ก

สำหรับการตอบสนองของความกว้างวงปีต่อข้อมูลอุณหภูมิของสถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน พบว่าความกว้างวงปีไม้สนมีการตอบสนองทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิ ในเดือนมีนาคม เมษายน พฤษภาคม ของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t)

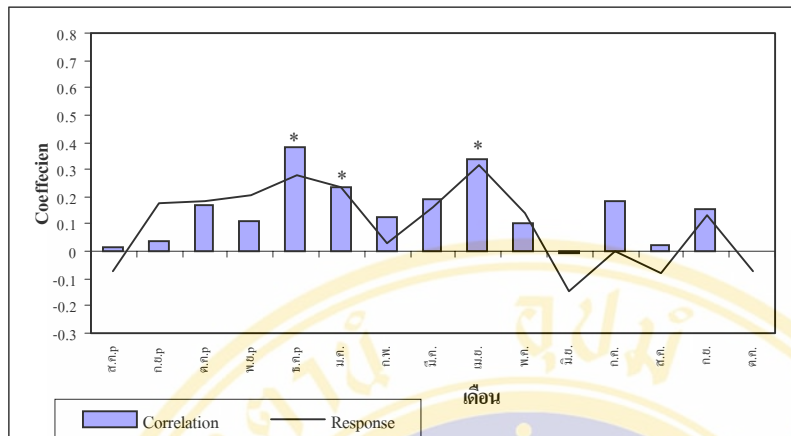
และเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมา (ปีที่ t-1) ความกว้างวงปีนี้สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับอุณหภูมิได้ถึง 36.69 %

ตารางที่ 4-3 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน				อุณหภูมิ	
		ปี พ.ศ.2454-2543		ปี พ.ศ.2529-2543		ปี พ.ศ.2494-2543	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient	Correlation Coefficient	Response Coefficient	Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.0132	r = 0.6289		r = 0.9719		r = 0.6057
กันยายน p		0.0382	-0.0745	-0.0331	-0.0133	-0.0902	0.0045
ตุลาคม p		0.1701	0.1732 *	0.4686 *	0.2168 *	-0.1368	-0.0616
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.1094	0.1804 *	-0.0218	0.041	-0.0973	0.0876
ธันวาคม p		0.379 *	0.2057 *	-0.2151	0.0506	-0.158	0.0546
มกราคม		0.2365 *	0.2779 *	0.5554 *	0.2747 *	-0.3069 *	-0.1552 *
กุมภาพันธ์		0.1272	0.2345 *	0.2877	0.103	-0.1021	-0.0449
มีนาคม		0.1941	0.0268	0.1998	0.174	-0.0543	0.2036 *
เมษายน		0.3406 *	0.1621 *	0.4145	0.1177	-0.3683 *	-0.169 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.1006	0.3144 *	0.7386 *	0.365 *	-0.3927 *	-0.3887 *
มิถุนายน		-0.0036	0.1433	0.1494	0.0625	-0.448 *	-0.2092 *
กรกฎาคม		0.1822	-0.1445	0.1915	-0.0171	-0.1927	0.1061
สิงหาคม		0.0209	0.0013	0.1035	0.1914 *	-0.112	0.3172 *
กันยายน		0.1574	-0.0809	0.3012	-0.0193	-0.2306	-0.0365
ตุลาคม		0.0004	0.1305	0.5936 *	0.4407 *	-0.3538 *	-0.0907
			-0.0709	0.1542	0.2402 *	-0.2951 *	-0.1414

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมามีการเกิดน้ำท่วม (ปีที่ t-1)

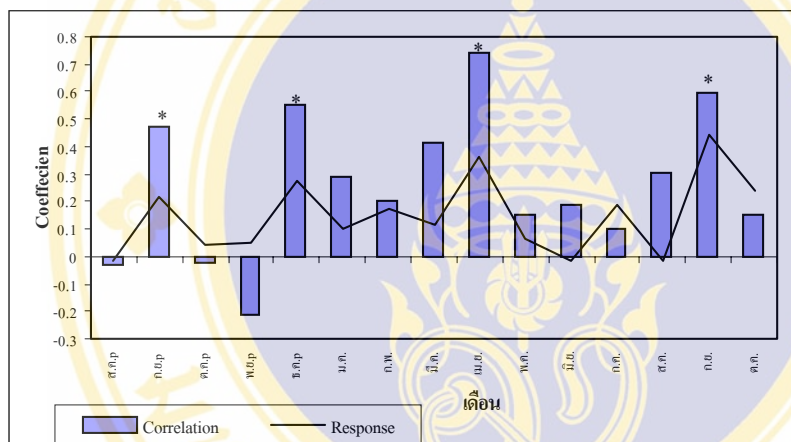
* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



(ก)

p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

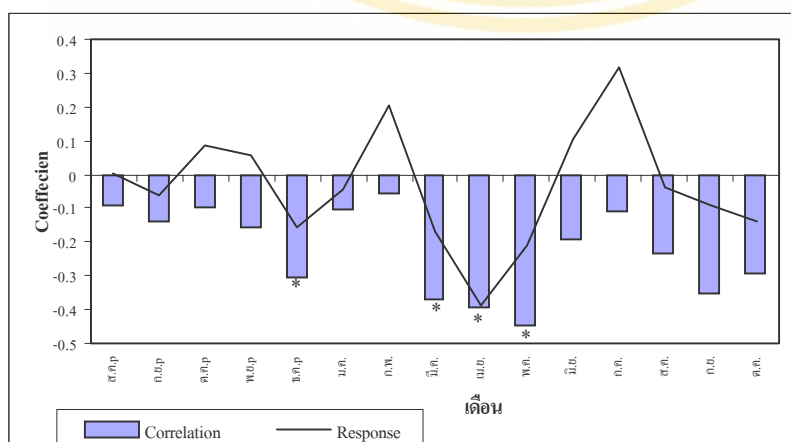


(ข)

p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาพที่ 4-15 แสดงการตอบสนองของความกว้างปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝน (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูล ปี พ.ศ.2454-2543 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ.2529-2543 พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน



p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

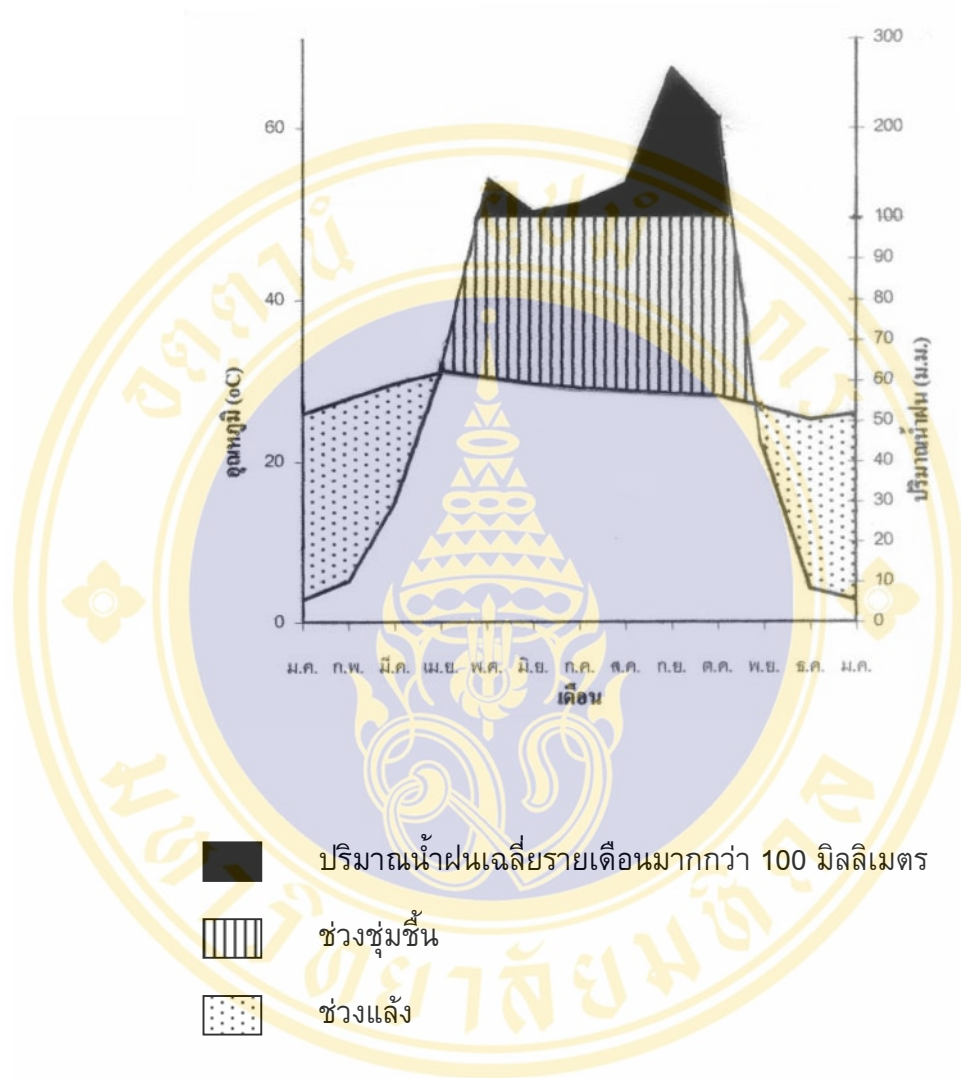
ภาพที่ 4-16 แสดงการตอบสนองของความกว้างปีไม้สนสองใบต่ออุณหภูมิ ข้อมูลปี พ.ศ.2494-2543 พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน

4.4.2 พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี

พื้นที่ศึกษาที่จังหวัดสุพรรณบุรี ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้คำนวณเพื่อหาค่าการตอบสนอง นำมาจากสถานีตรวจอากาศ 3 แห่ง ได้แก่ 1) สถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรี ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 90 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ.2494-2544 2) สถานีสำนักงานเกษตร อำเภอด่านช้าง ตั้งอยู่ที่อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 25 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ.2520-2544 3) สถานีบ้านไร่ ตั้งอยู่ที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 15 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ.2525-2544 การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 สถานี มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีเลขคณิต แล้วจึงนำไปหาค่าการตอบสนองของความกว้าง วงปี การวิเคราะห์ครั้งนี้แยกการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2494-2544 (ข้อมูล 51 ปี) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความยาวมากที่สุดโดยมีข้อมูลของทั้ง 3 สถานีอยู่ในช่วงปี พ.ศ.2525-2544 และกรณีที่สองเป็นข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2525-2544 (ข้อมูล 20 ปี) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หาค่าเฉลี่ยมาจาก 3 สถานี สำหรับข้อมูลอุณหภูมิ ใช้ข้อมูลจากสถานีสุพรรณบุรีเพียงสถานีเดียว ช่วงข้อมูลอุณหภูมิระหว่างปี พ.ศ.2494-2544 ภาพที่ 4-17 แสดงแผนภาพภูมิอากาศรวมสถานีตรวจอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี

จากแผนภาพภูมิอากาศ แสดงให้เห็นถึง ช่วงฝนแล้งอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม รวมระยะเวลาประมาณ 5 เดือน ช่วงฤดูฝนอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาประมาณ 6 เดือน จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน 50 ปี จำนวนวันที่ฝนตก 103 วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,132 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกันยายน และปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนมกราคม จากข้อมูลอุณหภูมิ 50 ปี อุณหภูมิเฉลี่ย 28.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนประมาณ 31 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคมประมาณ 25 องศาเซลเซียส

การตอบสนองของความกว้างวงปีของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ต่อปริมาณน้ำฝน ทั้ง 2 กรณี และการตอบสนองต่ออุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-18 และ 4-19 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของวงปีต่อปริมาณน้ำฝน พบว่า ในกรณีแรกข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2494-2544 ความกว้างวงปีของไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนของเดือนมีนาคมของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) สำหรับผลการวิเคราะห์ในกรณีที่สอง ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมทั้ง 3 สถานี



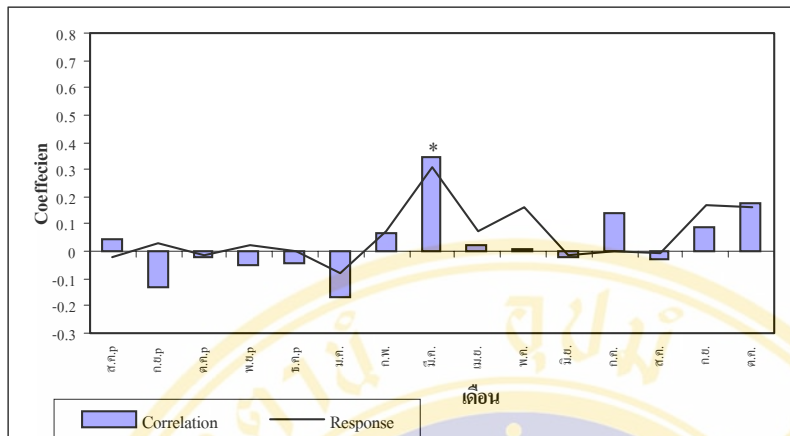
ภาพที่ 4-17 แผนภาพภูมิอากาศ รวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี
(ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544 และ อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544)

ตารางที่ 4-4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน				อุณหภูมิ	
		ปี พ.ศ.2494-2544		ปี พ.ศ.2525-2544		ปี พ.ศ.2494-2544	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient	Correlation Coefficient	Response Coefficient	Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.0442	r = 0.4090	0.1547	r = 0.6859	0.1654	r = 0.3015
กันยายน p		-0.1317	-0.0234	0.1758	0.1471	0.0547	0.1273 *
ตุลาคม p		-0.0198	0.0274	-0.1411	0.1398 *	-0.0823	-0.0508 *
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	-0.0531	-0.0156	-0.0444	-0.0783	0.1166	-0.2165 *
ธันวาคม p		-0.0468	0.0238	-0.322	-0.0716	0.0422	0.0731 *
มกราคม		-0.17	0.0022	-0.012	-0.2066	0.1032	0.0802 *
กุมภาพันธ์		0.0644	-0.0832	-0.2319	-0.1877 *	0.2275	0.0211 *
มีนาคม		0.3471 *	0.0762	0.3441	-0.4448 *	-0.013	-0.0328 *
เมษายน		0.0231	0.3079 *	-0.0606	-0.0312	-0.021	-0.0773 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.0086	0.0749	0.157	0.0811	0.157	-0.0576 *
มิถุนายน		-0.0183	0.1654 *	0.1911	0.334 *	0.1087	0.0049 *
กรกฎาคม		0.1396	-0.0121	0.0421	0.182	0.0531	-0.1181 *
สิงหาคม		-0.0265	0.0037	-0.2635	0.2809 *	-0.042	-0.1321 *
กันยายน		0.0881	-0.0095	-0.3915	-0.1566	0.1783	-0.0026 *
ตุลาคม		0.1747	0.1684	0.0207	-0.2792 *	0.144	0.2672 *

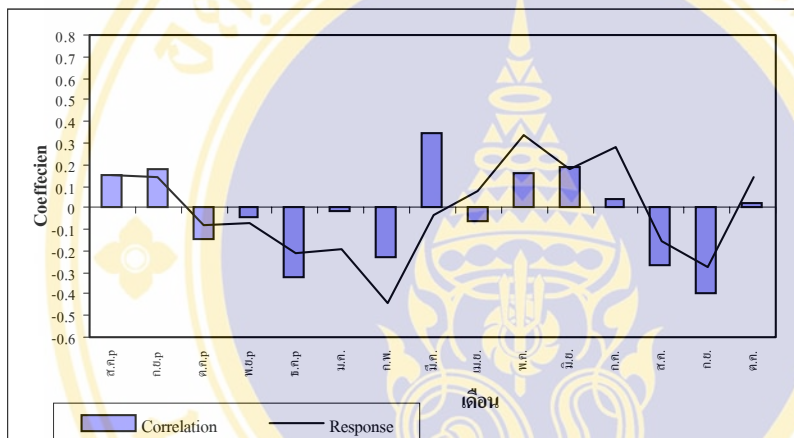
หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมาที่ต้นไม้มิมีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา

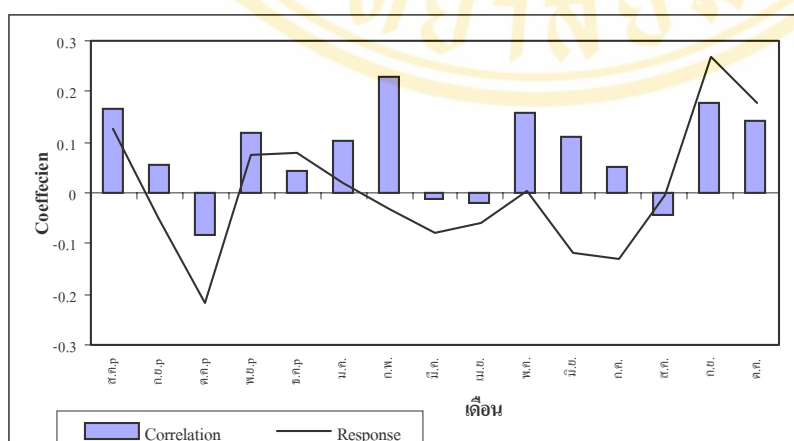
* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาพที่ 4-18 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝน (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูลปี พ.ศ.2494-2544 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ.2525-2544 พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี



p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาพที่ 4-19 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่ออุณหภูมิ ข้อมูลปี พ.ศ.2494-2543 พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี

ตั้งแต่ปี พ.ศ.2525-2544 (ข้อมูล 20 ปี) พบว่าความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี ซึ่งกรณีที่สองข้อมูลปริมาณน้ำฝน 20 ปี (ปี พ.ศ.2525-2544) มีค่าความสัมพันธ์ ($r = 0.6859$) สูงกว่ากรณีแรก ($r = 0.4090$) จากค่าความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่ากรณีที่สองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้มากกว่ากรณีแรก แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกรณีที่สองมีระยะเวลายาว และข้อมูลไม่แสดงการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จึงทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีน้อยกว่าการใช้ข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ผลการศึกษาในกรณีแรกเพื่ออธิบายถึงการตอบสนองต่อไป สำหรับค่าสถิติการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบ ต่อปริมาณน้ำฝนของสถานีตรวจอากาศ สุพรรณบุรี สถานีบ้านไร่ และสถานีสำนักงานเกษตรอำเภอด่านช้าง แสดงดังภาคผนวก ก

สำหรับการตอบสนองของความกว้างวงปีต่อข้อมูลอุณหภูมิของสถานีตรวจวัดอากาศสุพรรณบุรี พบว่า ความกว้างวงปีไม้สนมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งความกว้างวงปีนี้สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับอุณหภูมิได้เพียง 9.09 %

4.4.3 พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี

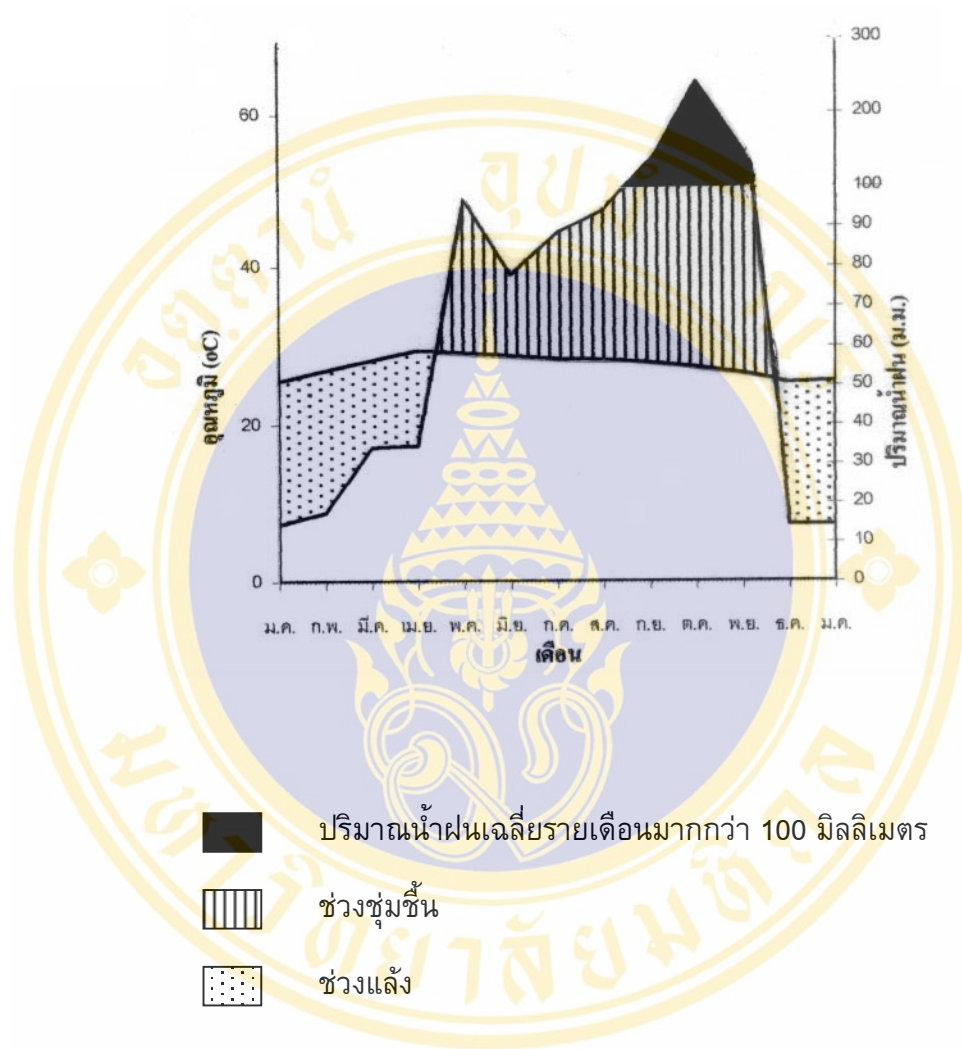
พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ในการศึกษาการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้คำนวณนำมาจากสถานีตรวจอากาศ 3 แห่ง ได้แก่ 1) สถานีตรวจอากาศเพชรบุรี ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 50 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ.2524-2544 2) สถานีสำนักงานเกษตร อำเภอยางชุมน้อย ตั้งอยู่ที่อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดเพชรบุรี ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 5 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ.2518-2544 และ 3) สถานีตรวจอากาศหัวหิน ตั้งอยู่ที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยะห่างจากพื้นที่ศึกษา 34 กิโลเมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ.2494-544 การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 สถานีมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำไปหาการตอบสนองของความกว้างวงปี เพื่อหาอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อขนาดความกว้างวงปี ในการวิเคราะห์ครั้งนี้จึงแยกการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2494-2544 (จำนวนข้อมูล 51 ปี) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ยาวที่สุดโดยมีข้อมูลทั้ง 3 สถานีในช่วงปี พ.ศ.2524-2544 และกรณีที่สอง ข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2524-2544 (จำนวนข้อมูล 21 ปี) ซึ่งเป็นข้อมูลที่หาค่าเฉลี่ยมาจาก 3 สถานี สำหรับการวิเคราะห์การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อข้อมูลอุณหภูมิ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีตรวจอากาศ 2 แห่ง คือ สถานีตรวจอากาศเพชรบุรี มีข้อมูลอุณหภูมิปี พ.ศ.2524-2544 และสถานีตรวจอากาศหัวหิน มีข้อมูลอุณหภูมิปี พ.ศ.2494-2544 โดยนำข้อมูลอุณหภูมิทั้ง 2 สถานีมารวมกัน

หาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำไปหาค่าการตอบสนองของความกว้างวงปี การวิเคราะห์แยกเป็น 2 กรณีเช่นเดียวกับปริมาณน้ำฝน คือ กรณีแรกข้อมูลอุณหภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ.2494-2544 โดยมีข้อมูลทั้ง 3 สถานีในช่วงปี พ.ศ.2524-2544 และกรณีที่สอง ข้อมูลอุณหภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ.2524-2544 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 สถานี ภาพที่ 4-20 แสดงแผนภาพภูมิอากาศรวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี

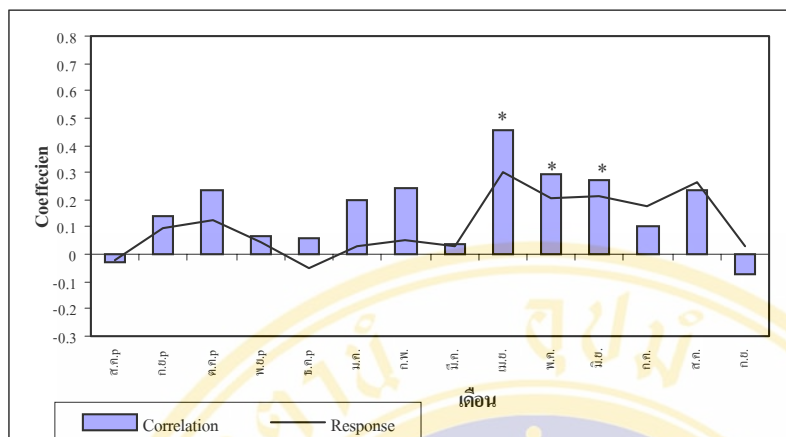
จากแผนภาพภูมิอากาศ แสดงให้เห็นถึง ช่วงฝนแล้งอยู่ระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนเมษายน รวมระยะเวลาประมาณ 5 เดือน ช่วงฤดูฝนอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน รวมระยะเวลาประมาณ 7 เดือน จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน 51 ปี จำนวนวันที่ฝนตก 115 วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,012 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนตุลาคม และปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนมกราคม จากข้อมูลอุณหภูมิ 50 ปี อุณหภูมิเฉลี่ย 27.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนประมาณ 29.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคมประมาณ 25.3 องศาเซลเซียส

การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบ ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรีต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 4-5 และภาพที่ 4-21 และ 4-22 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อปริมาณน้ำฝน กรณีแรก ข้อมูลน้ำฝนปี พ.ศ.2494-2544 พบว่าความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน ของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) ซึ่งข้อมูลความกว้างวงปีสามารถอธิบายการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนได้ 39.70% และการวิเคราะห์ในกรณีที่สองปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ.2524-2544 พบว่าความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนเดือนกุมภาพันธ์และเดือนเมษายนของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) ข้อมูลความกว้างวงปีสามารถอธิบายการตอบสนองได้ 72.43% จากผลการศึกษาทั้ง 2 กรณี ซึ่งกรณีที่สองข้อมูลปริมาณน้ำฝน 21 ปี (ปี พ.ศ.2524-2544) มีค่าความสัมพันธ์ ($r = 0.8511$) สูงกว่ากรณีแรก ($r = 0.6301$) จากค่าความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่ากรณีที่สองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้มากกว่ากรณีแรก แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกรณีที่สองมีระยะเวลาสั้น จึงทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีน้อยกว่าการใช้ข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ผลการศึกษาในกรณีแรกเนื่องจากมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ยาวกว่า คือ 51 ปี เพื่ออธิบายถึงการตอบสนองต่อไป สำหรับค่าสถิติการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝนของสถานีตรวจอากาศเพชรบุรี สถานีสำนักงานเกษตรอำเภอชะอำ และสถานีตรวจอากาศหัวหิน แสดงดังภาคผนวก ค

สำหรับการตอบสนองของความกว้างวงปีต่อข้อมูลอุณหภูมิ ผลการวิเคราะห์กรณีแรก ข้อมูลอุณหภูมิปี พ.ศ.2494-2544 พบว่าความกว้างวงปีมีการตอบสนองทางลบต่ออุณหภูมิในเดือน เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม ของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) ซึ่งความกว้าง วงปีนี้สามารถอธิบายการตอบสนองกับอุณหภูมิได้ 41.77% และกรณีที่สองข้อมูลอุณหภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ.2524-2544 พบว่าความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิในเดือน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคมของปีปัจจุบันมีและสามารถอธิบายการตอบสนองกับอุณหภูมิได้ 46.95% ค่าสถิติการตอบสนองของสถานีตรวจอากาศเพชรบุรี และสถานีตรวจอากาศหัวหิน แสดงดังภาคผนวก ค จากผลการศึกษาการตอบของความกว้างวงปีต่ออุณหภูมิทั้ง 2 กรณี ซึ่งกรณีที่สองข้อมูลปริมาณน้ำฝน 21 ปี มีค่าความสัมพันธ์ ($r = 0.6852$) สูงกว่ากรณีแรก ($r = 0.6463$) จากค่าความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่ากรณีที่สองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้มากกว่ากรณีแรก แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกรณีที่สองมีระยะเวลาดสั้น (21 ปี) จึงทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีน้อยกว่าการใช้ข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ผลการศึกษาในกรณีแรกเนื่องจากมีข้อมูลอุณหภูมิที่ยาวกว่า คือ 51 ปี เพื่ออธิบายถึงการตอบสนองต่อไป

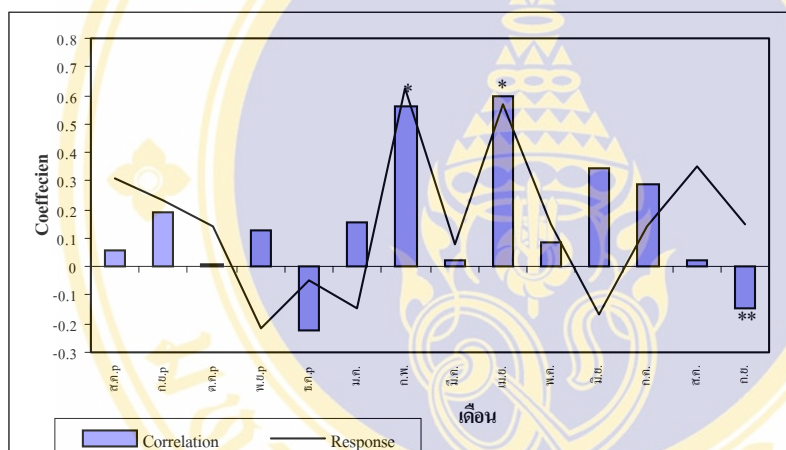


ภาพที่ 4-20 แผนภาพภูมิอากาศ รวมสถานีตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี
(ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544 และ อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ.2494-2544)



(ก)

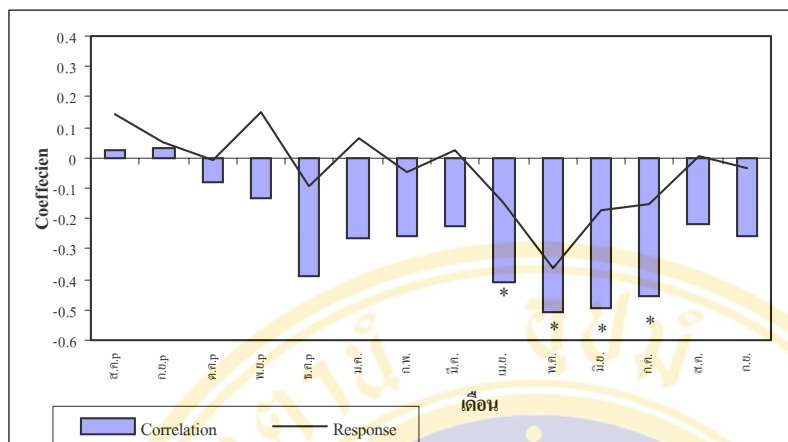
p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา
* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



(ข)

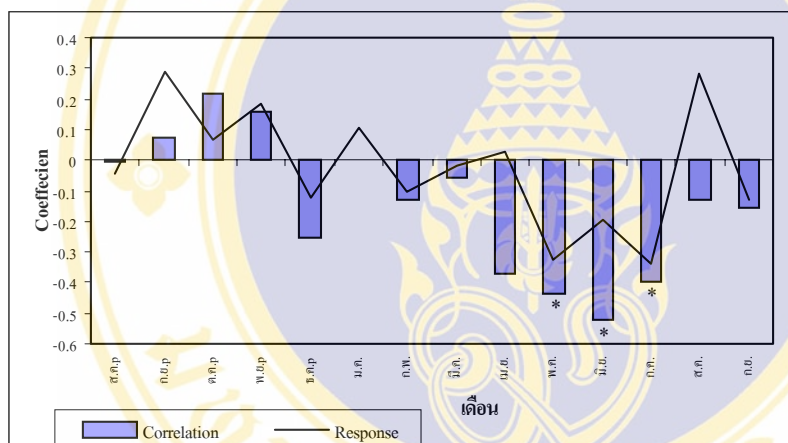
p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา
* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
** มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ภาพที่ 4-21 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อปริมาณน้ำฝน (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูลปี พ.ศ.2494-2544 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ.2525-2544 พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี



(ก)

p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา
* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



(ข)

p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา
* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาพที่ 4-22 แสดงการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่ออุณหภูมิ (ก) กรณีแรก ช่วงข้อมูล ปี พ.ศ.2494-2544 (ข) กรณีที่สอง ข้อมูลปี พ.ศ.2524-2544 พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี

จากผลการศึกษาการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า ความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้งเริ่มเข้าฤดูฝน โดยความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายนของปีปัจจุบัน พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรีมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนมีนาคมของปีปัจจุบัน และพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี มีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายนถึงมิถุนายนของปีปัจจุบัน ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน หรือสรุปได้ว่าความชุ่มชื้นในช่วงปลายฤดูแล้ง-เริ่มต้นฤดูฝนถึงครั้งแรกของฤดูฝนมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบ เนื่องจากเป็นปริมาณน้ำฝนในช่วงแรกของปีที่ดินไม้ได้รับหลังจากที่ดินไม้หยุดพักการเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้ง

สำหรับการตอบสนองของความกว้างวงปีต่ออุณหภูมิ ซึ่งความกว้างวงปีของไม้สนสองใบมีการตอบสนองในทางลบต่ออุณหภูมิ โดยเดือนที่มีการตอบสนองเป็นช่วงเดือนเดียวกับการตอบสนองของปริมาณน้ำฝน พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนความกว้างวงปีมีการตอบสนองทางลบต่ออุณหภูมิในช่วงเดือน เมษายน-พฤษภาคม ของปีปัจจุบัน และไม้สนในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี มีการตอบสนองทางลบต่ออุณหภูมิในช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม ของปีปัจจุบัน ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน สำหรับพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ความกว้างวงปีมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.5 ผลการศึกษาคุณสมบัติดิน

ตัวอย่างดินจากพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหา ค่าความชื้นในดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และลักษณะเนื้อดิน ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ดังนี้

4.51 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

1. พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) ตัวอย่างดินบนคอยถ้ำมะแง อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ผลการศึกษาคูณสมบัติดิน พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 11.26 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.96 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 1.05 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเฉลี่ย 0.04 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 7.29 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 242.50 ppm. และจากการศึกษาองค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทรายเฉลี่ย 48.05 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 23.95 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 28.01 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)

ดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 13.34 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.10 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 0.55 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.03 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 4.05 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 206.05 ppm. องค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 43.01 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 19.30 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 37.69 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4-6

คุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ที่ความลึกดินทั้ง 2 ระดับ ค่าความชื้นในดินชั้นบนมีน้อยกว่าดินชั้นล่าง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน เมื่อเทียบกับชั้นมาตรฐานดินของประเทศไทย (55) ดินชั้นบนมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับความเป็นกรดจัดมาก ส่วนดินชั้นล่างอยู่ในระดับความเป็นกรดจัด ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและธาตุอาหารหลักในดินชั้นบนมีค่าสูงกว่าในดินชั้นล่าง และเมื่อเทียบกับชั้นมาตรฐานดิน (55) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้นบน

อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ส่วนดินชั้นล่างอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนอยู่ในระดับต่ำปานกลาง และในดินชั้นล่างอยู่ในระดับต่ำ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมในดินทั้ง 2 ระดับความลึก จัดว่ามีค่าสูงมาก

2. พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) ตัวอย่างดินบนยอดเขาพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545 ผลการศึกษาคูสมบัติดิน พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 6.39 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.50 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 2.74 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.07 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 9.10 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 177.48 ppm. และจากการศึกษาองค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 66.77 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 14.44 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 18.79 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 8.56 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.52 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 1.10 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.04 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 4.39 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 169.74 ppm. องค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 57.73 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 13.52 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 28.76 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ดินที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 9.58 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.59 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 0.79 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.03 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 2.83 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 162.84 ppm. และจากการศึกษาองค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 57.06 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 15.85 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 27.09 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4-6

คุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ที่ความลึกดินทั้ง 3 ระดับ ค่าความชื้นในดินที่อยู่ระดับต่ำจะมีความชื้นมากกว่าดินชั้นบน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินทั้ง 3 ระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและธาตุอาหารหลัก ดินที่ระดับบนสุดมีปริมาณมากที่สุด และลดลงในระดับดินที่ต่ำกว่าลงไปตามลำดับ และเมื่อเทียบกับชั้นมาตรฐานดิน (55) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินมีความเป็นกรดจัดมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ระดับ 0-15

เซนติเมตร อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ดินที่ระดับ 15-30 เซนติเมตร อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินทุกระดับความลึก อยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึกดิน 0-15, 15-30 และ 50 เซนติเมตร อยู่ในระดับ ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก ตามลำดับ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมจัดอยู่ในระดับสูงมากในทุกช่วงความลึกดิน

3. พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) ตัวอย่างดินจากพื้นที่ป่าชุมชนเขาสนบ้านโรง ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545 ผลการศึกษาคุณสมบัติดิน พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 1.30 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.65 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 1.24 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.03 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 4.91 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 131.38 ppm. และจากการศึกษาองค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 77.62 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 16.65 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 6.74 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 1.59 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.60 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 0.77 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.02 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 1.45 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 127.44 ppm. และจากการศึกษาองค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 72.47 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 18.57 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 8.97 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ดินที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร มีความชื้นในดินเฉลี่ย 1.95 % ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.74 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 0.65 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.02 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 1.50 ppm. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 128.63 ppm. และจากการศึกษาองค์ประกอบเนื้อดิน ประกอบด้วย อนุภาคทราย เฉลี่ย 73.98 % อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ย 16.25 % และอนุภาคดินเหนียว เฉลี่ย 9.78 % มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4-6

คุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ที่ความลึกดินทั้ง 3 ระดับ ค่าความชื้นในดินที่อยู่ระดับต่ำจะมีความชื้นมากกว่าดินชั้นบน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินทั้ง 3 ระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและธาตุอาหารหลัก ดินที่ระดับความลึก 0-15

เซนติเมตร มีปริมาณมากที่สุด และดินที่ระดับความลึก 15-30 และ 50 เซนติเมตร มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ใกล้เคียงกัน และเมื่อเทียบกับชั้นมาตรฐานดิน (55) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินทุกระดับความลึกมีความเป็นกรดจัดมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และดินที่ระดับ 15-30 และ 50 เซนติเมตร อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดทุกระดับความลึก อยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึกดิน 0-15 อยู่ในระดับต่ำ และที่ระดับความลึกดิน 15-30 และ 50 เซนติเมตร อยู่ในระดับต่ำมาก สำหรับปริมาณโพแทสเซียมจัดอยู่ในระดับสูงมากในทุกช่วงความลึกดิน

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าเฉลี่ยคุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง

พื้นที่ศึกษา	ความลึก (ซม.)	ความชื้นในดิน (%)	กรด-ด่าง	อินทรีย์วัตถุในดิน (%)	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัส (ppm.)	โพแทสเซียม (ppm)	ชนิดดิน
แม่ฮ่องสอน	0-15	11.26	4.96	1.05	0.04	7.29	242.50	ร่วนเหนียวปนทราย
	15-30	13.34	5.10	0.55	0.03	4.05	206.05	ร่วนเหนียว
สุพรรณบุรี	0-15	6.39	4.50	2.74	0.07	9.10	177.48	ร่วนปนทราย
	15-30	8.56	4.52	1.10	0.04	4.39	169.74	ร่วนปนทราย
	50	9.58	4.59	0.79	0.03	2.83	162.84	ร่วนปนทราย
เพชรบุรี	0-15	1.30	4.65	1.24	0.03	4.91	131.38	ร่วนปนทราย
	15-30	1.59	4.60	0.77	0.02	1.45	127.44	ร่วนปนทราย
	50	1.95	4.74	0.65	0.02	1.50	128.63	ร่วนปนทราย

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของคุณสมบัติดินพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า ค่าความชื้นในดินมีค่าน้อย ดินมีความเป็นกรด ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ แต่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูง และเมื่อพิจารณาแนวโน้มตามระดับความลึกจากผิวดิน พบว่า ความชื้นในดินเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกดินที่มากขึ้น ดินมีความเป็นกรดน้อยลง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีแนวโน้มลดลง การลดลงเป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วงระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรจากผิวดิน แต่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อความลึกต่างกัน

4.5.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างคุณสมบัติของดิน

คุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ถูกนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล ที่ระดับความลึกของดินต่างกันและพื้นที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี ปัจจัยเดียว (one-way-ANOVA) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย เพื่อทดสอบ ความแตกต่างของข้อมูลโดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลเพียงปัจจัยเดียว ในการวิเคราะห์นี้แยก เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทดสอบความแตกต่างของข้อมูลเมื่อระดับความลึกของดินต่างกัน 3 ระดับ และส่วนที่สอง ทดสอบความแตกต่างของข้อมูล เมื่อพื้นที่ต่างกัน 3 แห่ง ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ส่วนแรก การทดสอบทางสถิติถึงความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติดินที่ระดับความ ลึกของดินต่างกัน 3 ระดับ สามารถสรุปได้ว่า ค่าความชื้นในดิน ในโตรเจนทั้งหมดไม่มีความแตก ต่างกันในระหว่างชั้นดินทั้ง 3 ชั้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า $p > 0.05$) ส่วนค่าอินทรีย์วัตถุ ค่าความ เป็นกรด-ด่าง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีความแตกต่างกัน ในระดับชั้นดินทั้ง 3 ชั้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า $p < 0.05$) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4-7

ส่วนที่สอง การทดสอบความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติดินที่พื้นที่ศึกษา 3 แห่ง สรุปว่า คุณสมบัติดิน ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณ ในโตรเจน ทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีความแตกต่าง กันระหว่างพื้นที่ 3 แห่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า $p < 0.05$) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 3 ระดับ

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
ความชื้นในดิน	Between Groups	95.0921	2	47.5461	2.1982	0.115
	Within Groups	2703.7283	125	21.6298		
	Total	2798.8204	127			
ไนโตรเจนทั้งหมด	Between Groups	0.1069	2	0.0535	0.7042	0.496
	Within Groups	9.4888	125	0.0759		
	Total	9.5957	127			
อินทรีย์วัตถุในดิน	Between Groups	24.9050	2	12.4525	35.1609	0.000
	Within Groups	44.2697	125	0.3542		
	Total	69.1747	127			
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	Between Groups	0.0156	2	0.0078	22.7727	0.000
	Within Groups	0.0427	125	0.0003		
	Total	0.0583	127			
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	Between Groups	567.3867	2	283.6933	65.7584	0.000
	Within Groups	539.2719	125	4.3142		
	Total	1106.6586	127			
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	Between Groups	27815.7010	2	13907.8505	8.7829	0.000
	Within Groups	197939.0300	125	1583.5122		
	Total	225754.7310	127			

ตารางที่ 4-8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของคุณสมบัติดิน ที่พื้นที่ 3 แห่ง

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
ความชื้นในดิน	Between Groups	2350.186	2	1175.093	327.408	0.000
	Within Groups	448.634	125	3.589		
	Total	2798.820	127			
ไนโตรเจนทั้งหมด	Between Groups	4.851	2	2.426	63.902	0.000
	Within Groups	4.745	125	0.038		
	Total	9.596	127			
อินทรียวัตถุในดิน	Between Groups	14.504	2	7.252	16.580	0.000
	Within Groups	54.671	125	0.437		
	Total	69.175	127			
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	Between Groups	0.017	2	0.009	26.240	0.000
	Within Groups	0.041	125	0.000		
	Total	0.058	127			
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	Between Groups	255.765	2	127.882	18.786	0.000
	Within Groups	850.894	125	6.807		
	Total	1106.659	127			
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	Between Groups	173977.719	2	86988.859	210.008	0.000
	Within Groups	51777.012	125	414.216		
	Total	225754.731	127			

บทที่ 5

อภิปรายผล

5.1 ลักษณะภูมิประเทศและป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษา พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะภูมิประเทศ ความสูงจากระดับน้ำทะเล และความลาดชันแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ดัสนสองใบสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ลักษณะภูมิประเทศที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่ต่างกัน ตั้งแต่ต่ำประมาณ 60 เมตรในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี จนถึงระดับสูงประมาณ 850 เมตรในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีความลาดชัน 40 องศา พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรีมีความลาดชัน 20 องศา ทำให้พื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้ดี ซึ่งเคยมีรายงานว่าดัสนสองใบสามารถกระจายพันธุ์ได้ในพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่างกัน ตั้งแต่ 30–2000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (6) และชอบพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี เจริญเติบโตในที่โล่งกว้าง หรือที่ดินตามไหล่เขา ที่แห้งแล้ง(13)

5.2 ความกว้างวงปีไม้สนสองใบ

จากการศึกษาขนาดความกว้างวงปีของไม้สนสองใบทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า ดัสนสองใบในพื้นที่ ศึกษาจังหวัดเพชรบุรีมีขนาดความกว้างวงปีมากกว่าพื้นที่ศึกษาอื่น และมีอายุน้อยที่สุดสำหรับดัสนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดสุพรรณบุรี มีขนาดความกว้างวงปีเฉลี่ยน้อย และมีอายุค่อนข้างมาก เนื่องจากต้นไม้ในป่าธรรมชาติจะมีแนวโน้มการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออายุมากขึ้น จากค่าสถิติด้านการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมของดัสนสองใบ จะเห็นว่าดัสนสองใบทั้งสามพื้นที่มีค่า auto correlation ที่สูง (0.594-0.833) และมีค่า mean sensitivity น้อย (0.267-0.344) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของดัสนสองใบมีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกน้อย ส่วนใหญ่จะตอบสนองต่อปัจจัยภายในทางด้านชีววิทยาของต้นไม้มากกว่า

สอดคล้องกับการศึกษาไม้สนสองใบโดย ดวงสมร (39) ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ไม้สนสองใบมีค่า auto correlation ที่สูง และมีค่า mean sensitivity ต่ำ และการศึกษาไม้สนสามใบของ Boonchirdchoo (40) และ D'Arrigo (37) พบว่า มีค่า mean sensitivity ต่ำ เช่นกัน สรุปได้ว่าไม้สนในประเทศไทยมีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกน้อย และพบว่าปัจจัยภายในมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบมากกว่าปัจจัยภายนอก

5.3 เส้นดัชนีความกว้างวงปีของไม้สนสองใบ

จากเส้นกราฟดัชนีความกว้างวงปีไม้สนสองใบทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าแต่ละพื้นที่ที่มีช่วงวงปีแคบ และกว้างกว่าปกติที่ต่างปีกัน เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนรวมรายปี และปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนของเดือนที่ต้นสนมีการตอบสนอง (จากการศึกษาในหัวข้อ 4.4) พบว่าในปีที่วงปีแคบปริมาณน้ำฝนไม่ได้น้อยกว่าปีอื่นๆ และในทำนองเดียวกัน ปริมาณน้ำฝนในปีที่วงปีกว้างก็ไม่ได้มากกว่าปริมาณน้ำฝนในปีอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าปีที่มีการเจริญเติบโตสูงสุดและต่ำสุดไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนสูงสุดหรือต่ำสุด เนื่องจากไม้สนมีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองสูง และค่าความอ่อนไหวค่อนข้างต่ำ มีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกน้อย ดังนั้นไม่อาจสรุปได้ว่าปัจจัยภายนอก (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ) ของปีนั้นๆ ส่งผลโดยตรงต่อขนาดความกว้างวงปีของไม้สน ประกอบกับพื้นที่ศึกษาประสบไฟไหม้ป่าเกิดขึ้นเกือบทุกปี และต้นสนถูกทำลาย โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต้นสนเกือบทุกต้นถูกถากเพื่อเอาเนื้อไม้ ซึ่งปัจจัยภายนอกเหล่านี้ย่อมมีผลรวมต่อขนาดความกว้างวงปีไม้สนสองใบ

5.4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมาที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ $t-1$) และเดือนมกราคม เมษายนของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) และมีการตอบสนองในทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิในเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมาที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ $t-1$) และช่วงเดือนมีนาคม เมษายน ของปีปัจจุบันที่ผ่านมาที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) แสดงให้เห็นว่า สภาพภูมิอากาศช่วงเดือนดังกล่าว มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน เมื่อพิจารณาแผนภาพภูมิอากาศ

(ภาพที่ 4-14) แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายนอยู่ในช่วงปลายฤดูแล้ง และกำลังเข้าสู่ช่วงชุ่มชื้นของปี ซึ่งเริ่มมีปริมาณน้ำฝนช่วงแรกของปี มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสนภายหลังจากที่ต้นสนหยุดพักการเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้ง สอดคล้องกับการศึกษาไม้สนสองใบโดยดวงสมร (39) ในพื้นที่บริเวณตำบลถ้ำลอดจังหวัดแม่ฮ่องสอน และการศึกษาไม้สนสามใบโดยนาฏสุดา (38) ในพื้นที่จังหวัดลำปาง สำหรับการตอบสนองต่ออุณหภูมิของความกว้าง วงปีไม้สนซึ่งจะมีการตอบสนองในทิศทางตรงกันข้าม แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าต้นไม้สนสองใบและสนสามใบในพื้นที่ภาคเหนือมีการตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศในช่วงเดือนดังกล่าว ปริมาณน้ำฝนต้นฤดูฝนมีผลต่อการเพิ่มเนื้อไม้ และอุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูแล้งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนมีนาคมของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ c) แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูแล้งที่เป็นปริมาณน้ำฝนช่วงแรกของปี มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสน ภายหลังจากที่ต้นสนหยุดพักการเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้ง ส่วนอุณหภูมิไม่มีเดือนใดมีความสัมพันธ์กับความกว้างวงปีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สาเหตุที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่มีเดือนใดที่ต้นสนสองใบมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เนื่องจากข้อมูลอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศสุพรรณบุรี ซึ่งมีระยะห่างจากพื้นที่ศึกษาค่อนข้างมาก (90 กิโลเมตร) ประกอบกับที่ตั้งสถานีอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่มาก (7 เมตร) เมื่อเทียบกับพื้นที่ศึกษา (650-793 เมตร) ซึ่งความสูงของพื้นที่ลักษณะภูมิประเทศมีผลต่ออุณหภูมิ โดยเฉลี่ยอุณหภูมิจะลดลง 6.5 องศาเซลเซียสต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร (21) จึงทำให้อุณหภูมิ ณ สถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรีไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้สนในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี

พื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนเดือนเมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน ของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ c) และความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางลบต่ออุณหภูมิในเดือนเมษายนถึงเดือน กรกฎาคมของปีปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าช่วงเดือน เมษายน ถึง กรกฎาคมของปีปัจจุบันที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี เมื่อพิจารณาจากแผนภาพภูมิอากาศ (ภาพที่ 4-18) ซึ่งการตอบสนองของต้นสนต่อปริมาณน้ำฝนในปลายฤดูแล้งและกำลังเข้าสู่ช่วงชุ่มชื้นของปี ในช่วงเดือน

เมษายนนี้ คล้ายกับการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนเมษายนของต้นสนในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจากความสัมพันธ์ของเส้นดัชนีระหว่าง 2 พื้นที่ศึกษา มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในช่วงปี พ.ศ.2454-2544 แสดงให้เห็นว่า ต้นสนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนและเพชรบุรีมีการตอบสนองต่อปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน

การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า ความกว้างวงปีไม้สนสองใบ มีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนในช่วงแรกของปี ต้นไม้จะมีการตอบสนองกับปริมาณน้ำฝนในช่วงนี้ ภายหลังจากที่ต้นไม้ขาดน้ำมาเป็นเวลานานในช่วงฤดูแล้งเมื่อได้รับความชุ่มชื้นครั้งแรก ต้นไม้จะมีการตอบสนองทันทีและจะมีผลต่อรูปแบบการเจริญเติบโตตลอดปี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนาฏสุดา (38) D'Arrigo (37) ที่มีการศึกษาทางด้านวงปีไม้ของประเทศไทยความกว้างของวงปีไม้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนที่ตกส่งผลให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางสูง สังกัดได้จากขนาดความกว้างของวงปีไม้

สำหรับการตอบสนองของความกว้างวงปีต่ออุณหภูมิ ต้นสนสองใบมีการตอบสนองในทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิที่สูง อุณหภูมิที่สูงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบ ต้นไม้มีการเจริญเติบโตน้อย และเมื่ออุณหภูมิที่ลดต่ำลงต้นไม้มีการเจริญเติบโตสูงขึ้น จากผลการศึกษา ช่วงเดือนที่อุณหภูมิมีผลต่อการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในทางลบ เป็นช่วงเดือนเดียวกับที่ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการตอบสนองในทางบวก

การศึกษาไม้สนสองใบในนี้ สอดคล้องกับการศึกษาไม้ตระกูลสนในที่ทำการศึกษาโดย Margarita (43) ทำการศึกษาไม้สน *Pinus tropicalis* ทางตะวันตกของประเทศคิวบา พบว่าไม้สนมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้งต่อกับต้นฤดูฝน ซึ่งประเทศคิวบามีลักษณะภูมิประเทศในเขตร้อนชื้นเช่นเดียวกับประเทศไทย ต้นสนจึงมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงเดียวกัน ซึ่งต่างจากการศึกษาไม้สนในเขตหนาว เช่นการศึกษาของ Pekins และ Swetnam (44) ได้ทำการศึกษาด้านสน *Pinus albicaulis* Engelm ในลุ่มแม่น้ำ Sawtooth-Salmon ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าการเจริญเติบโตของต้นสนตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูหนาว

สำหรับการศึกษาทางด้านวงปีไม้ในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น นอกจากไม้สนซึ่งเป็นไม้ใบแคบแล้ว ยังมีการศึกษาด้านวงปีในไม้ใบกว้างได้แก่ไม้สัก โดยผลการศึกษาไม้ใบกว้างพบว่า มีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิทั้งไม้สักและไม้สนมีความคล้ายคลึงกัน ได้แก่ การศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือ นาฏสุดา (34) ทำการศึกษาไม้สักในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนพบว่า การเจริญเติบโตของต้นสักตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงต้นฤดูฝน แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝนมีอิทธิพลต่อการเจริญของต้นไม้ในพื้นที่ภาคเหนือ

5.5 คุณสมบัติดินและการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบ

จากผลการศึกษา ค่าความชื้นในดิน ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่าค่าความชื้นมีค่าค่อนข้างต่ำ สาเหตุหนึ่งเนื่องจากช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างดินอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนเก็บตัวอย่างดินในเดือนมกราคม (ช่วงฤดูแล้ง) สำหรับพื้นที่ศึกษาสุพรรณบุรี และพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรีการเก็บตัวอย่างดินในช่วงปลายฤดูแล้ง (ต้นเดือนพฤษภาคม) เพราะปริมาณความชื้นในดินแปรผันตามปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ดังนั้นการเก็บตัวอย่างดินในฤดูกาลที่ต่างกันย่อมส่งผลถึงค่าความชื้นที่ต่างกัน สำหรับกรณีพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ค่าความชื้นในดินน้อยมาก สาเหตุอีกประการหนึ่ง คือการเกิดไฟไหม้ป่าในพื้นที่ศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม และ เมษายน พ.ศ.2545 ประกอบกับ ตัวอย่างดินเก็บในฤดูแล้ง ซึ่งความชื้นในดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 มีการสูญเสียความชื้นโดยการระเหยมากกว่าดินที่ระดับความลึกที่มากขึ้น สำหรับค่าความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกจากผิวดิน ซึ่งเป็นเพราะปริมาณดินเหนียวที่มีปริมาณมากขึ้นตามระดับความลึกของดิน โดยดินเหนียวมีคุณสมบัติในการช่วยอุ้มน้ำได้มากกว่าดินทราย (57)

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดินในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง พบว่าดินในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง มีความเป็นกรดมาก (pH 4.50-5.10) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับดินลึกมากขึ้น การที่ดินเป็นกรดค่อนข้างสูงน่าจะเป็นผลมาจากวัตถุดิบกำเนิดดิน และการที่ระดับดินที่ผิวดินมีความเป็นกรดมากกว่าดินระดับลึก เป็นผลมาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน โดยเฉพาะใบสนจำนวนมากปกคลุมผิวดิน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ เนื่องมาจากพื้นที่เป็นป่าเต็งรังผสมสนมักเกิดปัญหาไฟป่า ซึ่งทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ประกอบกับพื้นดินมีมวลชีวภาพน้อยเมื่อเทียบกับป่าชนิดอื่น และส่วนใหญ่เป็นเศษใบไม้สนซึ่งย่อยสลายยาก โดยส่งผลให้ดินชั้นบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินชั้นล่าง และ

มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกดินที่เพิ่มขึ้น เพราะบริเวณชั้นบนมีการย่อยสลายของเศษพืชโดยตรง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกจากผิวดิน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนของดินมีความสัมพันธ์และมีแนวโน้มเหมือนกับค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนของดินส่วนใหญ่มาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน และจากการที่ดินมีองค์ประกอบเป็นอนุภาคทรายในปริมาณที่สูง ประกอบกับดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุตั้งเดิมต่ำ ปริมาณไนโตรเจนรวมที่อยู่ในดินจึงมีไม่มาก และถูกชะล้างออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (58) จากผลการศึกษาค่าปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้มีค่าค่อนข้างต่ำ สาเหตุหนึ่งมาจากฤดูกาลที่ทำการเก็บตัวอย่าง ปริมาณไนโตรเจนในดินช่วงฤดูแล้ง จะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูชุ่มชื้น (59)

ผลการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีค่าน้อย ส่วนหนึ่งมีสาเหตุจากความเป็นกรดของดิน ค่า pH ที่ต่ำกว่า 6 มีผลต่อฟอสเฟตในดินมีปริมาณน้อย เพราะถูกตรึงด้วยเหล็กอะลูมิเนียมและแมงกานีส (54) เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นมาจากวัตถุดิบกำเนิดและปริมาณอินทรีย์วัตถุ จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสบนผิวดินมีปริมาณมากกว่าดินชั้นล่าง และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความลึกดินมากขึ้นสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ผลการศึกษาปริมาณโพแทสเซียมในดินมีค่าสูงมาก เป็นผลมาจากวัตถุดิบกำเนิดดิน โพแทสเซียมมีการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อดินชั้นบนกร่อนไปดินชั้นล่างก็จะกลายเป็นดินชั้นบนแทน และมีปริมาณใกล้เคียงกับดินชั้นล่างที่กร่อนไป (54) ดังนั้นปริมาณโพแทสเซียมในดินของพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี และพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ที่ระดับความลึก 3 ระดับมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สำหรับพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน พื้นที่ที่มีความลาดเอียงสูง ทำให้มีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมที่บริเวณด้านล่างของภูเขา ซึ่งเป็นบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในบางจุด ทำให้ผลการศึกษาปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากกว่าดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร

คุณสมบัติดินกับการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบ

ต้นสนสองใบสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ และแร่ธาตุอาหารน้อย เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบต่ำกว่าไม้ใบกว้าง และเป็นไม้ที่ชอบแสง ทำให้ไม้ไม่สามารถขึ้นแข่งกับไม้ใบกว้างได้ ดังนั้นต้นสนสองใบมักขึ้นในบริเวณพื้นที่โล่งกว้างตามไหล่เขา (13) ซึ่งดินส่วนใหญ่มีความชื้นในดินน้อย ดินมีความเป็นกรดมาก ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินค่อนข้างตื้น ซึ่งไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของไม้ใบกว้าง ประกอบการเกิดไฟป่าในพื้นที่ที่ต้นสนเจริญเติบโต ซึ่งเป็นปัจจัยอย่างหนึ่ง ซึ่งยังคงให้ต้นสนสองใบสามารถเจริญเติบโตแข่งกับไม้ใบกว้างในพื้นที่ได้ เพราะไม้สนสองใบสามารถทนต่อไฟได้ดีกว่าไม้ใบกว้าง (2)

สำหรับความชื้นในดิน ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก น้ำเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์แสง จากการศึกษาต้นสนสองใบ สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีความชื้นน้อย ความชื้นในดินบริเวณป่าสนมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับดินในพื้นที่ไม้ใบกว้างอื่นๆ (11) ไม้สนสองใบมีช่วงพักการเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้ง ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน-มีนาคม (55) ซึ่งปริมาณความชื้นที่ได้รับในช่วงฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน จึงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบ ดังนั้นต้นสนสองใบสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีช่วงแล้ง 5-6 เดือน (10) และมีปริมาณความชื้นในดินต่ำ สอดคล้องกับลักษณะเนื้อดินในพื้นที่ต้นสนสองใบเจริญเติบโต ส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินที่ประกอบด้วยอนุภาคทรายเป็นส่วนมาก มีการระบายน้ำและอากาศได้ดี อุ้มน้ำต่ำ แต่ดูดซับอาหารได้น้อย (54)

ในกรณีความเป็นกรด-ด่างของดิน ซึ่งมีผลต่อการนำธาตุอาหารไปใช้ของพืช และการละลายได้ของธาตุอาหาร ตลอดจนธาตุที่อาจเป็นพิษต่อพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในบริเวณที่ต้นสนสองใบมีการเจริญเติบโตดินที่มีความเป็นกรดมาก มีผลให้กิจกรรมของแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีตส่วนใหญ่ในดินลดลงในขณะที่เชื้อรายังทนอยู่ได้ กิจกรรมการย่อยสลายจึงเกิดขึ้นโดยเชื้อราเป็นส่วนใหญ่ (54) และยังทำให้ซากพืชมีการย่อยสลายได้ช้า ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมีค่าน้อย แต่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบที่ในดินมีเชื้อราไมคอร์ไรซ่าอยู่ติดกับรากไม้สน ช่วยในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารต่างๆ จากดินให้แก่ไม้สน จึงพบเชื้อราไมคอร์ไรซ่าในดินป่าสนทั่วไป (10)

บทที่ 6

สรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

6.1.1 ลักษณะภูมิประเทศและป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา

ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา 3 แห่ง มีลักษณะที่ต่างกันคือ พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 680-850 เมตร พื้นที่มีความลาดเอียง 40 องศา พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 650-793 เมตร พื้นที่มีความลาดเอียง 20 องศา และพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาเตี้ยๆ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 60-110 เมตร มีความลาดเอียงน้อย

พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะเป็นป่าเต็งรังผสมสนเขา มีไม้สนสองใบเป็นไม้เรือนยอดชั้นบน โดยพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนพบไม้สนสองใบและไม้พลวงเป็นไม้เด่น พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรีพบไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น และพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรีพบไม้สนสองใบและไม้เหียงเป็นไม้เด่น

6.1.2 ความกว้างวงปีไม้สนสองใบ

จากการศึกษาขนาดความกว้างวงปีของไม้สนสองใบทั้ง 3 พื้นที่ มีค่าเฉลี่ยความกว้างวงปีระหว่าง 1.04-1.23 มิลลิเมตร พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต้นสนสองใบที่มีอายุเฉลี่ยมากที่สุดอายุประมาณ 200 ปี และต้นสนสองใบที่จังหวัดเพชรบุรีมีอายุเฉลี่ยน้อยที่สุด อายุประมาณ 80 ปี ต้นสนสองใบทั้งสามพื้นที่มีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองสูง (0.594-0.833) และมีค่าความอ่อนไหวต่ำ (0.267-0.344) แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบมีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกน้อย ส่วนใหญ่จะตอบสนองต่อปัจจัยภายในทางด้านชีววิทยาของต้นไม้มากกว่า

6.1.3 เส้นดัชนีความกว้างวงปี

รูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีความสัมพันธ์กันในช่วงปี ได้แก่ รูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ในช่วงปี พ.ศ.2254-2353 มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้สนพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี (ซึ่งในช่วงปี พ.ศ.2254-2353 ไม่มีตัวอย่างไม้สนสองใบพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี) และในช่วงปี พ.ศ.2454-2544 รูปแบบการเจริญเติบโตของจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีความสัมพันธ์กับที่จังหวัดเพชรบุรี

6.1.4 การตอบสนองของความกว้างวงปีต่อสภาพภูมิอากาศ

การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบต่อสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง พบว่า ความกว้างวงปีไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้ง-เริ่มเข้าฤดูฝน โดยความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายนของปีปัจจุบันที่ต้นไม่มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) พื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรีมีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนมีนาคมของปีปัจจุบันที่ต้นไม่มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) และพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี มีการตอบสนองทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายนถึงมิถุนายนของปีปัจจุบันที่ต้นไม่มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน

การตอบสนองของความกว้างวงปีต่ออุณหภูมิ พบว่า ความกว้างวงปีของไม้สนสองใบมีการตอบสนองทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิ โดยเดือนที่มีการตอบสนองเป็นช่วงเดือนเดียวกับการตอบสนองของปริมาณน้ำฝน พื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอนความกว้างวงปีมีการตอบสนองทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคมของปีปัจจุบันที่ต้นไม่มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t) และไม้สนในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี มีการตอบสนองทางลบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่ออุณหภูมิในช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคมของปีปัจจุบัน ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน สำหรับพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ความกว้างวงปีมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

6.1.5 การศึกษาคุณสมบัติดิน

คุณสมบัติดินของพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5-5.02 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.6-2.7% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน มีค่าระหว่าง 0.02-0.08% มีปริมาณฟอสฟอรัส 1.5-9.1 ppm. และโพแทสเซียม 99.2-216.3 ppm. ซึ่งพื้นที่ศึกษาที่จังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมากที่สุด ลักษณะเนื้อดินของทั้งสามพื้นที่ จะเป็นดินที่มีองค์ประกอบของทรายสูง และคุณสมบัติดินแต่ละพื้นที่ และที่ระดับความลึกดินต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

คุณสมบัติดินพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง เมื่อพิจารณาแนวโน้มตามระดับความลึกจากผิวดิน พบว่า เมื่อความลึกมากขึ้น ค่าความชื้นในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดินมีความเป็นกรดน้อยลง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มคงที่

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นสนสองใบ พบว่า พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง มีตำแหน่งที่ตั้ง ลักษณะทางภูมิประเทศ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดเอียงของพื้นที่ และทิศด้านลาดที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะชนิดป่าเหมือนกันคือ เป็นป่าเต็งรังผสมสน มีไม้สนสองใบเป็นไม้เด่นในพื้นที่ และไม้สนสองใบเป็นไม้เรือนยอดชั้นบน ลักษณะดินและคุณสมบัติดินใกล้เคียงกันมีอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่สูง ดินมีความชื้นน้อย มีค่าความเป็นกรดจัดมาก และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในระดับต่ำ ยกเว้นโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีปริมาณสูงมากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา สำหรับการตอบสนองต่อปัจจัยทางด้านภูมิอากาศของต้นสนสองใบในทั้ง 3 พื้นที่ไม่ต่างกัน ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของเดือนที่ต้นสนสองใบมีการตอบสนองอยู่ในช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน (เดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากลักษณะดินที่มีคุณสมบัติคล้ายกันทั้ง 3 พื้นที่ การตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในครั้งแรกที่ตกในรอบปีซึ่งอยู่ในช่วงปลายฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน ทำให้ต้นสนสองใบสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง แต่ทั้งนี้ต้นสนสองใบทั้ง 3 พื้นที่มีรูปแบบการเจริญเติบโตโดยรวมที่ต่างกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม รวมถึงการปรับตัวเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่มีปัจจัยภายนอกอื่นๆ ต่างกันในแต่ละพื้นที่

6.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการตอบสนองของการเจริญเติบโตของต้นไม้ต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกในพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะทางนิเวศแตกต่างกัน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและข้อควรระวังดังนี้

1. ควรมีการศึกษาทางวงปีไม้กับต้นไม้ชนิดอื่นในพื้นที่ศึกษาเดียวกัน เช่น ไม้สนสามใบในพื้นที่ใกล้เคียงในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ไม้สักในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตและอิทธิพลของปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้
2. การศึกษาวงปีไม้สนสองใบควรทำการศึกษาควบคู่กับการศึกษาเคมีเปี่ยมและลักษณะที่ปรากฏ ของไม้สนสองใบในพื้นที่เดียวกัน เนื่องจากรูปแบบการเจริญเติบโตของแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน
3. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศควรเป็นข้อมูลที่ได้ในพื้นที่ศึกษา หรือ มีสถานีตรวจวัดอากาศที่ใกล้เคียงและมีที่ตั้งในสภาพภูมิประเทศและการได้รับอิทธิพลจากลม มรสุม เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษา และจำนวนข้อมูลภูมิอากาศควรมีปริมาณมาก เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์กับความกว้างวงปีได้มากขึ้น
4. ควรมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของต้นไม้กับปัจจัยภายนอกอื่น เช่น ปรากฏการณ์การเกิดไฟป่าในพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้
5. ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลและขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ควรมีความระมัดระวัง ตัวอย่างไม้ที่เก็บมาแล้ว อย่าให้เกิดความชำรุด เพราะตัวอย่างไม้มีความเปราะมาก โดยเฉพาะเนื้อไม้วงปีสุดท้ายที่ติดกับเปลือก เพราะปีสุดท้ายเป็นปีที่มีความสำคัญถือเป็นปีการกำหนดอายุไม้
6. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติดินในพื้นที่แตกต่างกัน ควรทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงเวลาเดียวกัน เพราะฤดูกาลที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณสมบัติดิน หรืออาจทำการเก็บทุกฤดูกาล หรือทุกเดือน และควรรีบนำส่งเพื่อทำการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ เพราะตัวอย่างดินที่รอการวิเคราะห์นานและหากรักษาตัวอย่างในสภาพที่ไม่เหมาะสม ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของดิน

ข้อเสนอแนะในการนำข้อมูลผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์และใช้ในการศึกษาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. สามารถนำข้อมูลความกว้างวงปีและอายุ ใช้ในการศึกษาเครือข่ายการสร้างเส้นภูมิอากาศ
2. สามารถนำข้อมูลความกว้างวงปีและอายุ ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์และการสร้างเส้นดัชนี El Nino-Southern Oscillation ในประเทศไทย รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น เช่น ภาวะภัยแล้ง น้ำท่วม และอื่นๆ
3. สามารถนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษา สร้างเป็นสื่อ เผยแพร่ให้ความรู้ต่อเจ้าหน้าที่และชุมชนในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องหรือผู้สนใจอื่นได้ เช่นในพื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตย สามารถนำเสนอในรูปแบบองค์ความรู้ให้กับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเที่ยวในอุทยานให้มีความรู้และเห็นความสำคัญและคุณค่าของต้นสนสองใบในพื้นที่แห่งนี้ เพื่อให้นักท่องเที่ยวไม่เข้าไปทำลายต้นสนสองใบในพื้นที่อุทยานฯ สำหรับพื้นที่ป่าชุมชนบ้านโรง จังหวัดเพชรบุรี สามารถนำข้อมูลที่ได้ใช้ในการให้ความรู้แก่ชุมชนในพื้นที่ ให้เข้าใจถึงลักษณะนิเวศและตระหนักในคุณค่าของต้นสนสองใบในพื้นที่และร่วมกันอนุรักษ์ต้นสนสองใบที่เหลืออยู่
4. สามารถนำข้อมูลที่ได้ใช้ในการวางแผนเพื่อจัดการพื้นที่ป่าสน รวมถึงการเข้าใช้พื้นที่บริเวณป่าสนของชาวบ้านหรือชุมชนโดยรอบ ทั้งในด้านการอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ เช่นมีการจัดการใช้พื้นที่เพื่อการศึกษา และ/หรือ การจัดการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ หรือการใช้พื้นที่เป็นแหล่งอาหารตามฤดูกาลของชุมชน เช่นการเก็บเห็ดที่ขึ้นในฤดูกาลต่างๆ หรือมีการใช้พื้นที่เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าไม้สนสองใบเพื่อการใช้ประโยชน์เนื้อไม้ น้ำมันสน ชันสน โดยให้ประชาชนโดยรอบพื้นที่เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการดูแลได้

รายการอ้างอิง

1. กิจจา เจนการยิง. ลักษณะภายนอกและความหนาแน่นมูลฐานของไม้สนสองใบในป่าเพื่อการอนุรักษ์ขั้นสูงที่ จังหวัดสุรินทร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2526.
2. ประดิษฐ์ หอมจีน. การปลูกสร้างสวนป่าไม้สนในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2540.
3. สุริย์ ภูมิภมร, อนันต์ คำคง, บรรณาธิการ. ไม้โตเร็วเอนกประสงค์พื้นเมืองของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สภาวิจัยแห่งชาติ; 2538.
4. ถนอม เปรมรัศมี. การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สน ในจังหวัดเชียงใหม่. ใน: กรมป่าไม้. เรื่องความรู้และการค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับไม้สนในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2514.
5. Mirov N.T. The Genus *Pinus*. New York: The Ronald Press Company; 1967.
6. Cooling E.N.G. Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics. *Pinus merkusii*. Oxford: Truex Press; 1968.
7. Brian C.M. Dendroecology. Available from: <http://www.plantbio.ohiou.edu>. [Accessed 6 Oct 2001]
8. Fritts H.C. Tree rings and climate. London: Academic Press; 1976.
9. Thammincha S., Turchob W. and Pipatwattanakul D. Variation in Radial Growth of Merkus and Khasia Pines in Thailand. Proceeding of the Seminar on Growth and Yield in Tropical Mixed/Moist Forest. Kualalumpur, Malasia; 1988. p. 85.
10. วิศาล เลิศนิตวงศ์ . สนสองใบ. กรุงเทพฯ: ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้; 2544.
11. Keiding H. Tropical Pines for Plantation Establishment with Reference in Thailand. Arboretum, Horsholm, Denmark; 1968.
12. Christopher J.E. *Pinus merkusii* Junghuhn & de Vriese 1845. Available from: <http://www.conifers.org/pi/pin/merkusii.htm> [Accessed 6 Oct 2001]

13. ปรีชา ธรรมมนนท์. ป่าผลัดใบ. ใน: องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. ป่าไม้กับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบญจ; 2539.
14. นิพนธ์ สถาวิระพงษ์. การทดลองถินกำเนิดไม้สนสองใบในประเทศไทย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2518.
15. อุทิศ ภูอินทร์. นิเวศวิทยาป่าไม้. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; กรุงเทพฯ: 2541.
16. Kramer P.J. The role of water in tree growth. In: Kozlowski, T.T. (ed). Tree growth. New York: Ronald Press; 1962.
17. รังสิมา มาระวิชัย. ความผันแปรตามฤดูกาลของกิจกรรมเคมีในกิ่งของไม้เต็ง รัง และแดง ในป่าเต็งรัง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2524.
18. ยุทธพงษ์ ศิริมงคล. ความผันแปรของความชื้นดินภายใต้สวนสักอายุต่าง ๆ กัน บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542.
19. อนิวรรต รัชชธร. การจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่าไม้สนสามใบและไม้สักบริเวณชั้นคุณภาพลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2532.
20. Knight C.B. Basic Concepts of Ecology. New York: The MacMillian company; 1963.
21. วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ. อุตุนิยมวิทยา (Meteorology). กรุงเทพฯ : อักษรภาพิพัฒน์ ; 2540.
22. กิติ ศิริวิมล. ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางความสูงของไม้สนสามใบ (*Pinus kesiya*) กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2516.
23. ขวัญชัย ดวงสถาพร. ผลของปัจจัยภูมิอากาศและการตัดสางขยายระยะต่อการเจริญเติบโตของไม้สนสามใบ สวนป่าคอยบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ . [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542.
24. นาฏสุดา ภูมิจางค์. วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2544.

25. ส่วนทรัพยากรที่ดินและป่าไม้ กรมป่าไม้. ข้อมูลพื้นฐานแผ่นแม่บท เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน, รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : 2545.
26. โสพล เอกสุข. การใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชนิดป่าไม้บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน. กรุงเทพฯ: มมป.
27. พันเทพ อันตระกูล. การศึกษาเบื้องต้นด้านการจัดการนันทนาการ ของอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพฯ: 2541.
28. ส่วนอุทยานแห่งชาติ. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. กรมป่าไม้. อุทยานแห่งชาติพุเตย. กรุงเทพฯ: มมป. อัดสำเนา.
29. นิพล ไชยสาส์. ทศนคติของชุมชนที่มีต่อป่าชุมชนเขาสน ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี. ฝ่ายส่งเสริมและพัฒนา สำนักงานป่าไม้จังหวัดเพชรบุรี; เพชรบุรี: 2545.
30. กรมอุตุนิยมวิทยา. ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ จังหวัดเพชรบุรี. กรุงเทพฯ: 2545.
31. สุนันทา จขจรศรีชล. ลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของป่าสนธรรมชาติ บริเวณโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2531.
32. สมเพิ่ม กิตตินันท์, ธนิต ยิ่งวรรณศิริ. ลักษณะและวิธีการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบและไม้สนสามใบ. ใน: กรมป่าไม้. เรื่องความรู้และการค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับไม้สนในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2514.
33. สมเกียรติ กลั่นกลิ่น. การทดสอบถิ่นกำเนิดไม้สนสองใบ ปี 2514. กรุงเทพฯ: 2539.
34. นาฏสุดา ภูมิงานงศ์. โครงการ การศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีต บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยไม้สัก, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2542.
35. Phanijkul S. Correlative study of teak tree ring width and climatological from Srisatchanalai Area, Northern Thailand [M.Sc. Thesis in Technology of Environmental Management]. Bangkok: Faculty of Graduation Studies, Mahidol University; 1999.
36. Santisophon D. Tree-ring analysis of teak (*Tectona grandis L.*) in Central Thailand: case study at the Regional Plantation of Saraburi [M.Sc. Thesis in Environmental Planning for Community and Rural Development]. Bangkok: Faculty of Graduation Studies, Mahidol University; 2002.
37. D'Arrigo R., Barbetti M., Wattanasak M. et al. Progress in dendroclimatic studies of mountain pine in northern Thailand. IAWA 1997; 18(4): p.433-444.

38. นาฏสุตา ภูมิจันทร์. การศึกษาปรากฏการณ์และการสร้างเส้นดัชนี ElNino-Southern Oscillation ในประเทศไทย โดยใช้ความกว้างวงปีไม้. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ; 45-53.
39. ดวงสมร สิงห์ราชวัลลภ, อรรณพ เจริญประพันธ์. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของวงปีไม้สนสองใบกับสภาพภูมิอากาศปะปรากฏการณ์ ENSO เขตรักษาพันธุ์สัตว์ลุ่มน้ำปาย ตำบลถ้ำลอด อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. [โครงการทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม]. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2545.
40. Boonchirdchoo S. Correlative study of Pinus tree ring-widths and climatic variables case study : Nam Nao and Phu Kradung National Parks, Thailand [M.Sc. Thesis in Technology of Environmental Management]. Bangkok: Faculty of Graduation Studies, Mahidol University; 1996.
41. Tourchob W. Variation in Morphological Characteristics and Radial Growth of *Pinus kesiya*, Royle ex Gordon. Forest Biology Department, Faculty of Forestry, Kasetsart University; Bangkok: 1985.
42. Sarutanon S. Correlative study of chemical and physical characteristics of soil and their influence on *Pinus kesiya* tree-rings : case study : Phu Kradung and Nam Nao National Parks, Thailand [M.S. Thesis in Technology of Environmental Management]. Bangkok: Faculty of Graduation Studies, Mahidol University; 1997.
43. Martarita M.C. and other. *Pinus tropicalis* Growth Responses to Seasonal Precipitation Changes in Western Cuba. Tree-Ring Analysis. New York: 1999.
44. Perkins D.L., Swetnam T.W. A dendroecological assessment of whitebark pine in the Sawtooth-Salmon River region, Idaho. Can. J. For.; 1996. 26: p.2123-2133.
45. Kim E. , Siccama T. G. The influence of temperature and soil moisture on the radial growth of northern hardwood tree species at Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, U.S.A. Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis; 1986 August 17-21; Marymount Collage Tarrytown. 1987. p. 26-37.

46. Stahle D.W. Environmental factors involved in the growth and distribution of post Oak in the southcentral United States. Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis; 1986 August 17-21; Marymount Collage Tarrytown. 1987. p. 54-58.
47. Whiton J.C. Growth-Rate Trends of Pines Since 1930 in The Northeastern United States. Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis; 1986 August 17-21; Marymount Collage Tarrytown. 1987. p. 372-381.
48. สุชาติ นวกวษ์. อุทกวิทยาเบื้องต้น. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ; 2528.
49. Cook E.R. and Kairiukstis L.A. Methods of Dendrochronology Applications in the Environmental Sciences. Kluwer academic publishes Dordrecht/Boston/London: International institute for applied systems analysis; 1989.
50. Holmes R.L., Adams R.K. and Fritts H.C. Tree-ring chronologies of western north America: California, eastern Oregon and northern Great Basin with procedures used in the chronology development work including users manuals for computer programs COFECHA and ARSTAN. Chronology Series VI, Lab. of Tree-Ring Research. University of Arizona: Tucson; 1986. 8-65 pp.
51. กัลยา วานิชย์บัญชา. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2540.
52. Rinn F. TSAP: Time series Analysis Program. Version 2.3. :Reference Manual. Heidelberg: German; 1989.
53. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของกลุ่มเคมีดินที่ 2. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2535.
54. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541.
55. Wanyapetch T. Seasonal variation no cambial activity of two native pines (*Pinus mekusii*, *P. kesiya*) in Changmai Province, Northern Thailand. [M.Sc. Thesis in Environmental Planning for Community and Rural Development]. Bangkok: Faculty of Graduation Studies, Mahidol University; 2003.

56. บัณฑิต ดันศิริ, คำรณ ไทรฟัก. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน; 2539.
57. อมรัตน์ เลี่ยมตระกูลพานิช. ความผันแปรของความชื้นดินในป่าเบญจพรรณ ที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอลำลูกเกด จังหวัดกาญจนบุรี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2544.
58. ภูวดล โกมณเทียร. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับโครงสร้างระบบนิเวศป่าผลัดใบ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ชีววิทยา]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539.
59. พวงผกา แก้วกรม. ผลของการย่อยสลายเศษซากพืชต่อสารอาหารในระบบนิเวศป่าผลัดใบ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ชีววิทยา]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539.



การวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

1. การวิเคราะห์ความชื้นในดิน (Soil moisture)

ชั่งถ้วยกระเบื้องที่อบจนได้น้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักแน่นอนของถ้วยกระเบื้อง นำดินเปียกใส่ถ้วยกระเบื้องข้างต้น บันทึกน้ำหนักดินเปียกและถ้วยกระเบื้อง นำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งน้ำหนักดินที่วัดได้ไม่เปลี่ยนแปลง ประมาณ 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถสุญญากาศ ชั่งน้ำหนักดินแห้งพร้อมถ้วยกระเบื้อง บันทึกน้ำหนัก คำนวณหาความชื้นในดิน

2. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดิน ใช้วิธี Glass electrode pH meter โดยชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิเมตร ในอัตราส่วน 1:1 ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันหลายๆ ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายดินไปวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter

3. การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter)

การหาอินทรีย์วัตถุในดิน โดยวิธีของ Walkley and Black โดยใช้ตัวอย่างดิน 1 กรัม ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 1 N ปริมาตร 10 มิลลิเมตร เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิตร เขย่าเบาๆ 1-2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำมาเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยดอินดิเคเตอร์ออร์โธโทโรน 5 หยด แล้วทำการไตเตรทด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากปฏิกิริยา จนกระทั่งสีของสารละลายดินเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดงถือว่าถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตและเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้แล้ว นำไปคำนวณหา % Organic matter

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ลงในหลอดแก้วทอนไฟ (Micro-Kjeldahl tube) ขนาด 250 ลูกบาศก์ เซนติเมตร เติมเกลือผสม ($K_2SO_4 : CuSO_4 \cdot 5H_2O : Se$ อัตราส่วน 50 : 10 : 1) 2 กรัม เติมกรดซัลฟูริก เข้มข้น 50 มิลลิลิตร นำไปย่อยในเตาย่อย (Digestion system) ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ประมาณ 20-30 นาที จนได้สารละลายสีขาวขุ่น แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาเข้าเครื่องกลั่น Kjeltac system กำหนดให้เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร และด่างแก่ (NaOH 40%) 50 มิลลิลิตร กลั่นประมาณ 4 นาที เตรียมกรดบอริก 4% 25 มิลลิลิตร โดยหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม สารละลายจะมีสีม่วงแดง นำไปรองรับการกลั่นข้างต้น สารละลายกรดบอริกจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียว และรองรับจนได้สารละลายในขวดประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปติเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

5. การวิเคราะห์ปริมาณ Available P

วิเคราะห์ปริมาณ Available P โดยวิธีน้ำยาสกัด Bray II ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ขวดแก้วก้นแบนขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำยาสกัด Bray II 25 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ดูดสารละลายที่ได้ 5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Working solution Reagent B 1 มิลลิลิตร จะเกิดเป็นสีน้ำเงิน นำไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 660 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณ Available P ในดิน

6. การวิเคราะห์หาโพแทสเซียม

ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ในขวดแก้วก้นแบนขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท 1 N 25 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที ด้วยเครื่องเขย่า กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 นำสารละลายที่กรองได้ไปวัดหาปริมาณโพแทสเซียม (K) ด้วยเครื่อง Flame photometer ที่ความยาวคลื่น 383 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณโพแทสเซียมในดิน

7. การวิเคราะห์เนื้อดิน (Soil texture)

ทำการวิเคราะห์เนื้อดินใช้วิธี Bouyoucos hydrometer method โดยใช้ดิน 100 กรัม ที่กำจัดอินทรีย์วัตถุด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แล้ว ใส่ลงใน blender cup แล้วเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติม Sodium metaphosphate 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำไปกวนด้วยเครื่องกวนนาน 5 นาที เสร็จแล้วถ่ายตัวอย่างดินใส่ใน sediment cylinder เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรจนถึงขอบบนของ cylinder แล้วเขย่าเพื่อให้อนุภาคของดินกระจายอย่างสม่ำเสมอ แล้วหยุดเขย่าเป็นเวลาเมื่อถึงวินาทีที่ 20 หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในสารแขวนลอย อ่านค่าเมื่อวินาทีที่ 40 นับตั้งแต่วาง cylinder ลงบนโต๊ะ วัดอุณหภูมิสารแขวนลอยตรงที่ระดับศูนย์กลางของปริมาตรของกระเปาะไฮโดรมิเตอร์ จดค่าทั้ง 2 ไว้ และปฏิบัติซ้ำอีกครั้งเมื่อได้เวลาอีก 20 วินาทีจะครบ 2 ชั่วโมง อ่านค่าเมื่อได้เวลา 2 ชั่วโมงพอดี จดค่าไว้ นำไปคำนวณหาปริมาณอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และดินเหนียว โดยใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยมพิจารณาประเภทเนื้อดิน



ตารางที่ ข-1 ความกว้างเส้นดัชนี Residual ของวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน
(PMTK) จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และจังหวัดเพชรบุรี (PMTY)

ความกว้างเส้นดัชนี				ความกว้างเส้นดัชนี			
ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY	ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY
2254	1.048			2282	1.242	1.557	
2255	1.176			2283	1.112	1.175	
2256	1.121			2284	1.171	0.807	
2257	0.945			2285	1.437	1.108	
2258	0.911			2286	1.369	1.567	
2259	0.889			2287	1.417	0.863	
2260	0.565			2288	1.306	1.15	
2261	1.01			2289	0.933	0.771	
2262	0.685			2290	1.133	0.964	
2263	0.68			2291	0.963	0.84	
2264	1.059			2292	0.879	0.741	
2265	1.201			2293	1.324	1.258	
2266	0.874			2294	0.988	1.286	
2267	0.852	0.997		2295	1.121	0.957	
2268	0.632	0.789		2296	0.944	0.798	
2269	0.928	0.995		2297	1.197	1.084	
2270	0.813	1.032		2298	0.814	1.374	
2271	0.956	0.777		2299	0.678	0.485	
2272	0.587	0.57		2300	0.851	0.935	
2273	1.383	1.058		2301	1.18	0.699	
2274	0.96	0.902		2302	0.97	0.822	
2275	1.043	0.666		2303	0.522	1.006	
2276	1.272	1.064		2304	0.897	1.121	
2277	1.291	0.658		2305	0.992	0.834	
2278	1.046	0.907		2306	0.935	1.594	
2279	0.994	0.765		2307	0.721	0.941	
2280	0.969	0.676		2308	0.949	1.514	
2281	0.933	0.711		2309	0.863	0.915	

ตารางที่ ข-1 ความกว้างเส้นดัชนี Residual ของวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) (ต่อ)

ความกว้างเส้นดัชนี				ความกว้างเส้นดัชนี			
ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY	ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY
2310	0.952	0.47		2338	0.833	1.171	
2311	1.192	0.903		2339	1.152	1.054	
2312	1.25	0.955		2340	0.893	1.232	
2313	1.032	1.438		2341	0.923	1.08	
2314	1.034	1.087		2342	0.865	1.378	
2315	1.248	1.021		2343	1.064	0.783	
2316	0.857	1.101		2344	1.087	1.274	
2317	0.896	1.354		2345	1.053	0.439	
2318	1.117	1.39		2346	0.876	0.861	
2319	0.741	0.799		2347	0.645	0.642	
2320	0.763	0.79		2348	0.876	1.025	
2321	0.916	1.022		2349	1.095	1.202	
2322	1.028	1.269		2350	0.941	0.618	
2323	1.25	1.117		2351	1.038	0.904	
2324	0.993	0.843		2352	1.215	1.587	
2325	1.084	0.632		2353	1.001	1.532	
2326	1.033	1.057		2354	0.987	1.391	
2327	0.84	1.14		2355	1.112	0.894	
2328	1.345	1.301		2356	1.169	0.986	
2329	0.918	0.645		2357	0.804	0.919	
2330	1.182	0.655		2358	1.07	0.83	
2331	0.83	0.83		2359	1.093	0.811	
2332	1.005	0.506		2360	1.061	0.791	
2333	1.07	0.874		2361	0.839	1.002	
2334	0.938	1.07		2362	1.05	1.165	
2335	1.096	0.694		2363	1.19	1.171	
2336	0.99	0.758		2364	0.802	0.734	
2337	1.051	0.95		2365	1.115	0.978	

ตารางที่ ข-1 ความกว้างเส้นดัชนี Residual ของวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) (ต่อ)

ความกว้างเส้นดัชนี				ความกว้างเส้นดัชนี			
ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY	ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY
2366	1.08	1.072		2394	0.909	0.941	0.89
2367	0.894	1.088	0.908	2395	1.055	1.392	1.63
2368	0.668	0.755	1.281	2396	1.037	0.783	0.987
2369	1.027	1.026	0.894	2397	1.191	1.254	1.04
2370	0.946	0.918	0.793	2398	1.031	0.847	0.832
2371	0.838	0.927	0.914	2399	0.911	0.856	1.4
2372	1.4	1.134	0.93	2400	1.217	0.88	1.286
2373	0.972	1.293	1.324	2401	1.158	1.198	0.936
2374	1.181	1.494	1.262	2402	0.752	1.093	0.82
2375	0.852	1.01	1.303	2403	1.041	0.84	1.082
2376	0.983	1.015	1.33	2404	1.162	1.099	0.924
2377	1.064	0.712	0.862	2405	1.108	1.055	1.11
2378	1.121	0.862	1.13	2406	0.987	1.14	1.093
2379	0.984	1.359	1.038	2407	0.787	1.182	0.915
2380	1.146	0.717	1.175	2408	0.907	0.862	1.327
2381	1.137	1.008	0.527	2409	0.89	0.774	0.864
2382	0.961	1.045	0.792	2410	0.991	0.768	0.916
2383	1.141	1.201	1.003	2411	1.279	0.96	0.77
2384	1.022	0.966	0.81	2412	0.842	1.119	0.825
2385	0.674	0.846	0.641	2413	1.02	0.974	1.099
2386	0.769	1.122	1.448	2414	0.869	1.178	1.117
2387	0.953	0.692	0.445	2415	0.896	1.021	0.823
2388	1.107	0.928	0.505	2416	1.234	1.036	1.26
2389	0.797	1.129	0.794	2417	0.882	1.134	1.054
2390	1.165	1.101	0.754	2418	1.018	1.449	0.992
2391	0.916	1.185	0.651	2419	0.893	0.964	0.874
2392	0.949	0.642	1.043	2420	0.803	0.82	1.339
2393	1.107	1.462	1.304	2421	0.985	0.64	1.061

ตารางที่ ข-1 ความกว้างเส้นดัชนี Residual ของวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) (ต่อ)

ความกว้างเส้นดัชนี				ความกว้างเส้นดัชนี			
ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY	ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY
2422	1.172	0.932	1.361	2450	1.165	0.666	1.112
2423	1.273	1.164	1.197	2451	0.982	1.044	0.943
2424	0.913	0.96	1.16	2452	0.92	1.204	1.423
2425	1.201	0.938	1.177	2453	1.169	1.453	1.245
2426	0.926	1.376	1.001	2454	0.872	1.01	0.591
2427	0.856	0.921	0.93	2455	0.971	0.852	0.776
2428	1.037	0.764	0.675	2456	0.85	1.07	1.044
2429	1.001	1.156	0.894	2457	0.967	1.104	0.834
2430	1.333	1.074	1.28	2458	1.11	1.028	0.925
2431	0.873	1.347	0.481	2459	1.416	0.98	1.095
2432	0.755	0.428	1.128	2460	0.852	0.979	1.086
2433	1.049	1.07	0.951	2461	1.07	0.97	0.8
2434	0.754	1.347	0.838	2462	0.803	0.887	0.911
2435	1.211	0.543	1.144	2463	0.999	1.139	1.05
2436	1.111	1.358	1.142	2464	1.218	0.702	1.263
2437	0.911	1.084	0.933	2465	1.082	1.197	1.086
2438	0.803	0.832	0.9	2466	1.235	1.442	1.048
2439	0.97	0.939	0.893	2467	0.946	0.878	0.986
2440	0.971	0.993	0.911	2468	1.017	0.843	0.881
2441	1.102	1.307	1.024	2469	0.791	1.131	0.755
2442	0.967	0.871	1.213	2470	1.07	0.892	0.977
2443	0.902	1.098	1.159	2471	1.257	1.247	1.011
2444	1.08	1.002	0.531	2472	1.299	0.624	1.197
2445	0.873	1.065	1.349	2473	0.915	0.799	1.06
2446	1.085	0.819	0.763	2474	0.651	1.078	0.918
2447	0.896	0.97	1.038	2475	0.698	1.045	0.884
2448	0.819	1.035	0.826	2476	0.999	1.031	0.929
2449	0.726	0.88	0.801	2477	1.053	0.823	0.92

ตารางที่ ข-1 ความกว้างเส้นดัชนี Residual ของวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน (PMTK) จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) (ต่อ)

ความกว้างเส้นดัชนี				ความกว้างเส้นดัชนี			
ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY	ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY
2478	0.954	0.981	1.055	2506	0.805	0.956	0.997
2479	0.918	0.97	1.239	2507	0.98	1.364	0.729
2480	0.82	0.962	1.076	2508	1.051	0.781	1.262
2481	1.254	1.031	1.006	2509	1.033	1.116	1.093
2482	0.991	1.096	0.728	2510	1.09	0.749	0.712
2483	0.838	1.213	0.769	2511	1.241	1.115	1.265
2484	1.019	0.803	0.969	2512	0.654	1.508	1.105
2485	0.927	1.027	1.13	2513	1.115	0.785	1.067
2486	1.275	1.226	1.356	2514	0.847	0.729	1.123
2487	1.022	1.084	1.101	2515	1.024	1.696	1.22
2488	1.254	0.924	0.6	2516	0.969	1.017	1.031
2489	1.143	0.778	1.325	2517	1.003	1.164	1.274
2490	0.892	1.073	1.21	2518	1.069	0.662	0.955
2491	1.089	1.15	0.977	2519	1.189	1.149	1.225
2492	0.981	1.406	1.035	2520	1.369	0.656	0.979
2493	0.9	0.846	0.987	2521	1.378	0.891	1.161
2494	1.198	1.16	0.577	2522	0.759	0.882	0.494
2495	0.782	1.293	0.826	2523	0.727	0.941	0.804
2496	0.98	1.391	1.431	2524	0.859	0.859	0.99
2497	0.933	1.024	0.991	2525	1.225	0.898	0.975
2498	0.917	1.082	1.025	2526	0.789	0.734	1.061
2499	1.077	0.876	1.199	2527	0.96	0.789	1.006
2500	0.705	0.957	0.797	2528	0.802	0.827	1.165
2501	0.803	0.789	0.854	2529	0.803	1.054	0.977
2502	1.095	0.977	0.895	2530	1.178	0.782	0.694
2503	0.736	0.717	0.879	2531	0.879	0.934	1.131
2504	1.196	0.935	1.09	2532	0.981	0.863	0.839
2505	1.056	0.93	1.007	2533	0.827	1.08	0.696

ตารางที่ ข-1 ความกว้างเส้นดัชนี Residual ของวงปีไม้สนสองใบ พื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน
(PMTK) จังหวัดสุพรรณบุรี (PMPT) และจังหวัดเพชรบุรี (PMTY) (ต่อ)

ความกว้างเส้นดัชนี			
ปี พ.ศ.	PMTK	PMPT	PMTY
2534	0.91	0.901	0.689
2535	1.03	1.309	0.764
2536	1.288	1.082	0.819
2537	1.092	1.272	0.971
2538	1.026	0.724	0.949
2539	1.065	1.094	1.298
2540	0.826	1.421	0.745
2541	0.763	1.278	1.135
2542	1.085	1.152	1.183
2543	1.336	0.799	1.692
2544		1.075	1.009



ตารางที่ ก-1 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2454-2543)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.0245	0.0513
กันยายน p		0.0181	-0.1428
ตุลาคม p		0.1606	0.0872
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.1391	0.249 *
ธันวาคม p		0.3533 *	0.376 *
มกราคม		0.2101 *	0.2648 *
กุมภาพันธ์		0.1218	0.0257
มีนาคม		0.2603 *	0.1325
เมษายน		0.3272 *	0.3719 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.0332	0.1561
มิถุนายน		-0.0501	-0.1159
กรกฎาคม		0.1353	0.0539
สิงหาคม		-0.0434	-0.0331
กันยายน		0.1928	0.2128 *
ตุลาคม		0.0126	-0.014

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ค-2 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2521-2543)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.0042	0.0517
กันยายน p		0.2445	0.0526
ตุลาคม p		-0.0212	-0.1455
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	-0.1768	-0.201 *
ธันวาคม p		0.511 *	0.3646 *
มกราคม		0.3486	0.314 *
กุมภาพันธ์		0.02	0.247
มีนาคม		0.1974	0.0381
เมษายน		0.2135	0.1176
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.0453	-0.1464
มิถุนายน		-0.1628	-0.3488 *
กรกฎาคม		0.0301	0.1026
สิงหาคม		0.3954 *	0.2402 *
กันยายน		0.1793	0.2714 *
ตุลาคม		-0.144	0.0888

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ก-3 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีทดลองข้าวไร่และรัฐพืชเมืองหนาว จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2529-2543)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	-0.2496	0.0521
กันยายน p		0.2213	0.048
ตุลาคม p		-0.1124	-0.0333
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	-0.2757	-0.08
ธันวาคม p		0.5479 *	0.3781 *
มกราคม		0.2704	0.0977 *
กุมภาพันธ์		0.1731	-0.0212
มีนาคม		0.3281	0.3954 *
เมษายน		0.6326 *	0.3157 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.4576 *	0.1964
มิถุนายน		0.3925	0.2817 *
กรกฎาคม		0.0817	0.2072 *
สิงหาคม		0.0535	-0.0288
กันยายน		0.0774	0.1544
ตุลาคม		0.1424	0.0613

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ค-4 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2494-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.0372	-0.0765
กันยายน p		-0.1572	-0.0883
ตุลาคม p		-0.0285	-0.0302
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	-0.0699	-0.1135
ธันวาคม p		0.0112	0.0804
มกราคม		-0.1434	-0.2223 *
กุมภาพันธ์		0.2591	0.1303
มีนาคม		0.3526 *	0.3039 *
เมษายน		0.0852	0.0286
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.0389	0.0156
มิถุนายน		-0.0398	-0.0858
กรกฎาคม		0.1153	-0.0306
สิงหาคม		-0.0274	-0.0694
กันยายน		0.1093	0.0804
ตุลาคม		0.1876	0.1325

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ก-5 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีด้านซ้าย จังหวัดสุพรรณบุรี

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2520-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.1892	0.0485
กันยายน p		0.208	0.0786
ตุลาคม p		-0.0851	-0.0358
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	-0.0216	-0.0947
ธันวาคม p		-0.258	-0.0909
มกราคม		0.0446	-0.1412
กุมภาพันธ์		-0.2842	-0.3839 *
มีนาคม		0.2917	0.2481 *
เมษายน		-0.0454	0.058
พฤษภาคม	ฤดูฝน	-0.0537	0.0252
มิถุนายน		0.2533	0.095
กรกฎาคม		-0.1621	-0.2537 *
สิงหาคม		-0.2457	-0.0354
กันยายน		-0.348	-0.3051
ตุลาคม		0.2594	-0.0554

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ค-6 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2525-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.0962	-0.0007
กันยายน p		0.151	-0.0404
ตุลาคม p		-0.0638	-0.0205
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.0111	0.044
ธันวาคม p		-0.3651	-0.3221 *
มกราคม		-0.1336	-0.0961 *
กุมภาพันธ์		-0.2525	-0.2119
มีนาคม		0.3071	-0.0003
เมษายน		-0.1665	-0.0044
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.168	0.2026 *
มิถุนายน		-0.0175	-0.0669
กรกฎาคม		0.1022	0.167
สิงหาคม		-0.106	-0.0033
กันยายน		-0.3632	-0.1112 *
ตุลาคม		-0.2294	0.0147

หมายเหตุ: p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมาที่ต้นไม้มิมีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ก-7 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีตรวจอากาศเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2524-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	-0.1109	0.1284
กันยายน p		0.1508	0.1667
ตุลาคม p		-0.09	-0.0905
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.1317	-0.024
ธันวาคม p		-0.1414	-0.0054
มกราคม		-0.2091	-0.3142 *
กุมภาพันธ์		0.4976 *	0.3343 *
มีนาคม		0.0533	0.2543
เมษายน		0.4454 *	0.3102 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.0514	0.1815 *
มิถุนายน		0.4666 *	0.1444
กรกฎาคม		0.3443	0.1549 *
สิงหาคม		0.0865	0.1648
กันยายน		-0.0721	-0.0086
ตุลาคม		-0.0039	0.1398

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ค-8 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีสำนักงานเกษตร อำเภอยะอำ จังหวัดเพชรบุรี

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2518-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.3824 *	0.1468 *
กันยายน p		0.1429	0.1229
ตุลาคม p		0.1409	0.2058
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.2447	0.078
ธันวาคม p		0.0074	-0.0816
มกราคม		0.2018	0.2229 *
กุมภาพันธ์		0.0817	0.1193
มีนาคม		0.016	-0.0302
เมษายน		0.5001 *	0.4066 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.192	0.2184
มิถุนายน		-0.0246	0.2161
กรกฎาคม		0.0066	0.1022
สิงหาคม		0.2251	0.1693
กันยายน		-0.1042	0.0869
ตุลาคม		-0.0318	-0.0792

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ก-9 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต่อ
ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีตรวจอากาศหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2494-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	-0.0596	-0.0942
กันยายน p		0.1513	0.1433
ตุลาคม p		0.2329	0.0835
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.0463	-0.0478
ธันวาคม p		0.0626	0.1808 *
มกราคม		0.2635 *	0.0879
กุมภาพันธ์		0.3887 *	0.2989 *
มีนาคม		0.0416	0.0599
เมษายน		0.393 *	0.2821 *
พฤษภาคม	ฤดูฝน	0.326 *	0.2026 *
มิถุนายน		0.2406	0.2286 *
กรกฎาคม		0.1097	0.0573
สิงหาคม		0.1096	0.1919 *
กันยายน		0.0203	0.0246
ตุลาคม		-0.1016	-0.0203

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ค-10 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต่อ
อุณหภูมิ ณ สถานีตรวจอากาศเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2524-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	0.1494	0.0369
กันยายน p		0.1657	0.2373
ตุลาคม p		0.2469	0.0467
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	0.2068	0.1324
ธันวาคม p		-0.2465	0.0177
มกราคม		0.0447	0.2199 *
กุมภาพันธ์		-0.1016	-0.1044
มีนาคม		0.0286	-0.0829
เมษายน		-0.3379	0.1444
พฤษภาคม	ฤดูฝน	-0.3739	-0.1225 *
มิถุนายน		-0.513 *	-0.2708 *
กรกฎาคม		-0.3176	-0.3559 *
สิงหาคม		0.012	0.0785
กันยายน		-0.1714	-0.0271
ตุลาคม		-0.0241	0.0443

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ ก-11 การตอบสนองของความกว้างวงปีไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ต่อ
อุณหภูมิ ณ สถานีตรวจอากาศหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

เดือน	ฤดูกาล	น้ำฝน (ปี พ.ศ.2494-2544)	
		Correlation Coefficient	Response Coefficient
สิงหาคม p	ฤดูฝน	-0.011	0.0555
กันยายน p		0.0101	0.1422
ตุลาคม p		-0.1069	-0.0919
พฤศจิกายน p	ฤดูแล้ง	-0.1545	0.2399 *
ธันวาคม p		-0.3702 *	-0.2431 *
มกราคม		-0.2743 *	-0.1097
กุมภาพันธ์		-0.2552	0.0039
มีนาคม		-0.2448	-0.0358
เมษายน		-0.3958 *	-0.1132
พฤษภาคม	ฤดูฝน	-0.5248 *	-0.245 *
มิถุนายน		-0.504 *	-0.1343
กรกฎาคม		-0.4786 *	-0.2238 *
สิงหาคม		-0.2496	0.02
กันยายน		-0.2655 *	0.0356
ตุลาคม		-0.0616	0.0738

หมายเหตุ : p หมายถึง เดือนของปีที่ผ่านมา ที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโต (ปีที่ t-1)

* มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ตารางที่ ง-1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน ในพื้นที่ศึกษา จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดเพชรบุรี

พื้นที่ ศึกษา	ความลึก (ซม.)	จำนวน ตัวอย่าง	ความชื้น ในดิน (%)	ความเป็น กรด-ด่าง	อินทรีย์วัตถุ ในดิน (%)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัส (ppm)	โพแทสเซียม (ppm)	อนุมูล ทราย (%)	อนุมูล ซิลิกา (%)	อนุมูล ดินเหนียว	ชนิดดิน
จังหวัด สมุทรสาคร	0-15	1	10.27	4.81	0.46	0.015	2.22	220.87	48.04	24.5	27.46	ดินร่วนเหนียวปนทราย
		2	11.93	4.8	0.97	0.051	10.03	233.94	50.81	22.56	26.63	ดินร่วนเหนียวปนทราย
		3	11.92	5.07	1.45	0.043	10.55	194.06	48.04	25.5	26.46	ดินร่วนเหนียวปนทราย
		4	10.92	5.38	1.19	0.053	21.25	226.8	45.29	23.24	31.47	ดินร่วนเหนียวปนทราย
เก็บตัว มกราคม พ.ศ. 2545	15-30	1	12.95	4.96	0.66	0.025	3.99	169.44	42.33	16.2	41.47	ดินร่วนเหนียว
		2	12.51	5.22	0.72	0.043	3.41	228.28	48.04	33.47	18.49	ดินร่วนเหนียวปนทราย
		3	12.3	5.27	0.47	0.037	2.36	199.68	44.35	19.33	36.32	ดินร่วนเหนียว
		4	15.6	5.45	0.44	0.044	5.01	291.87	37.33	8.2	54.47	ดินเหนียว
จังหวัด สุพรรณบุรี	0-15	1	9.12	4.36	3.01	0.067	9.91	198.51	42.44	18.03	39.53	ดินร่วนเหนียว
		2	5.75	4.55	2.87	0.066	9.11	161.23	71.54	17	11.46	ดินร่วนปนทราย
		3	7.88	4.6	1.82	0.057	6.93	160.82	67.54	12.84	19.62	ดินร่วนปนทราย
		4	6.27	4.5	3.38	0.108	10.81	191	85.54	9.9	4.56	ดินทรายร่วน
เก็บตัว เมษายน พ.ศ. 2545	15-30	1	13.51	4.37	1.36	0.056	4.2	192.89	29.29	14.52	56.19	ดินร่วนปนทราย
		2	8.1	4.55	1.12	0.04	4.53	157.87	65.54	14.9	19.56	ดินร่วนปนทราย
		3	5.67	4.58	0.52	0.02	2.07	136.84	58.54	13.57	27.89	ดินร่วนปนทราย
		4	7.74	4.59	1.43	0.046	6.07	169.97	77.54	11.07	11.39	ดินร่วนปนทราย

ตารางที่ ง-1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน ในพื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดเพชรบุรี (ต่อ)

พื้นที่ ศึกษา	ความลึก (ซม.)	จำนวน ตัวอย่าง	ความชื้น ในดิน (%)	ความเป็น กรด-ด่าง	อินทรีย์วัตถุ ในดิน (%)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัส (ppm)	โพแทสเซียม (ppm)	อนุมาก ทราย (%)	อนุมาก ซิลต์ (%)	อนุมาก ดินเหนียว	ชนิดดิน
	50	1	13.72	4.42	0.83	0.047	2.55	174.13	38.54	10.75	50.71	ดินร่วนเหนียวปนทราย
		2	9.02	4.55	0.56	0.035	2.07	162.45	64.08	21.46	14.46	ดินร่วนเหนียวปนทราย
		3	6.35	4.7	0.66	0.012	2.2	151.12	55.54	14.75	29.71	ดินร่วนปนทราย
		4	5.03	4.74	1.14	0.024	4.41	161.09	70.08	16.46	13.46	ดินร่วนปนทราย
จังหวัด เพชรบุรี	0-15	1	1.4	4.66	0.87	0.022	3.4	126.11	77.9	15.32	6.78	ดินร่วนปนทราย
		2	1.26	4.95	1.1	0.011	3.6	141.1	78.9	14.32	6.78	ดินร่วนปนทราย
		3	1.41	4.64	1.02	0.027	5.99	128.95	71.25	21.15	7.6	ดินร่วนปนทราย
		4	1.63	4.36	1.96	0.048	6.64	21.67	82.41	11.81	5.78	ดินทรายร่วน
เก็บตัวอย่าง พฤษภาคม พ.ศ. 2545	15-30	1	1.83	4.63	0.44	0.013	1.69	125.41	71.9	18.32	9.78	ดินร่วนปนทราย
		2	1.49	4.68	0.77	0.025	2.35	126.81	72.9	18.32	8.78	ดินร่วนปนทราย
		3	2.14	4.63	0.82	0.02	1.37	130.55	72.05	18.17	9.78	ดินร่วนปนทราย
		4	1.29	4.46	0.88	0.025	0.38	126.6	73.01	19.46	7.53	ดินร่วนปนทราย
50		1	1.96	4.71	0.28	0.011	1.79	121.83	72.9	16.32	10.78	ดินร่วนปนทราย
		2	1.58	4.89	0.62	0.016	1.84	124.33	73.9	16.32	9.78	ดินร่วนปนทราย
		3	1.84	4.72	0.89	0.026	1.55	137.89	71.05	18.17	10.78	ดินร่วนปนทราย
		4	1.51	4.65	0.82	0.023	0.81	130.4	78.05	14.17	7.78	ดินทรายร่วน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวจิราภรณ์ บำรุงศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี พ.ศ. 2534-2537 วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาจุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2541-2545 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท) 589 หมู่ 3 ซ.สุขสวัสดิ์ 31 แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140
ที่อยู่	

EXECUTIVE SUMMARY

Introduction

The Pinus is one of the important economic trees. There are only two species, *Pinus merkusii* and *P. kesiya* found in Thailand. These species have a great variation in their utilization including the economics and the conservation, especially *P. merkusii* which has long fibers and has more resin and crude turpentine than *P. kesiya*. However, the forest destruction and misuse result in the depletion of genetic resources of the pine species.

P. merkusii habitats in the mountain range, with the elevation between 30-2,000 m MSL, in the northern, northeastern, some parts of central and upper southern part of Thailand. It is usually found on poor, well-drained soils. It grows purely or stands together with *P. kesiya* or deciduous broad-leaved tree species. Pines growth can be different depending on the environment and their ecology. Therefore, the study on the response of the pine trees to the environmental factors might help better understanding of their growth and ecology.

The study on the response of this pine species, *P. merkusii*, to environmental factors in different areas, however, is not found in Thailand at present. The investigation on this topic can be done in various ways. A dendrochronology is one of the efficient methods to investigate the response of the pines to environmental factors by the utilizing of the tree ring width chronology. It can provide the information on the history of their growth and the ecosystem.

The annual ring of *P. merkusii* is distinct and shows the response to climatic factors. Thereby, to study the response of this specie to the climate by utilizing a dendrochronology method will provide a better information on the pines growth and their ecology in different areas.

Objectives

The objectives of this study were, i) to examine the response of *P. merkusii* tree-ring to the rainfall and the temperature, and ii) to compare the growth of *P. merkusii* and their ecological characteristics in different topographical characteristic sites.

Study Areas

In this study, the experiments were conducted in a natural pine with in Dry Dipterocarp forest in which the *P. merkusii* is the dominant species. The study sites were divided into three different areas; in the northern part of Thailand at Doi Tum Mak Keang in Pai Wildlife Sanctuary in Mae Hong Sorn province, in the central part of Thailand at Phu Toei National Park in Suphan Buri province and in the upper southern part of Thailand at Pha Chum Chon in Ta Yang district, Phetchaburi province.

Methods

At least 30 tree samples, which have a straight bole without damages and have completed crown shape, were collected. The two cores in the opposite side of each tree were taken at the breast height (1.30 m) by an increment borer. Then after the specimens were mounted on the wooden support, tree-ring width series were measured and plotted with a TSAP program. To cross-date the tree-ring width series, they were compare with the graph plots on the light table. The simple correlation was checked by a COFECHA program. The chronological index was produced by an ARSTAN program.

The soil samples were collected from 4 plots of each site. However three subplots of each plot were taken and combined together. The soil samples were taken from various depth such as; 1) 0-15 cm, 2) 15-30 cm and 3) 50 cm. The soil moisture content, texture, pH, organic matter, total nitrogen, available phosphorus and potassium were analyzed. To evaluate the topographical characteristic of each study sites, the information of the slope, the aspect and the structure of the forest were collected. These information are shown as follow.

Results

Although the three study areas were similar in the type of the forest but their topographical characteristics were different. In the Mae Hong Sorn site, it is high mountain range with the elevation from 680-850 m MSL and the slope is 40 degree. In the Suphan Buri site, it is a mountain range with the elevation from 650-793 m MSL and the slope is 20 degree, whereas in the Phetchaburi site, it is a low mountain range with 60-110 m MSL and low slope.

The results showed that the tree-ring width from all three study sites were between 1.04-1.23 mm. The oldest average age of *P. merkusii* in this study, found in the Mae Hong Sorn site, was 200 years. On the contrary, the youngest one was found in the Phetchaburi site (80 years). The *P. merkusii* from all three sites showed the high autocorrelation (0.594-0.833) but low mean sensitivity (0.267-0.344). The growth pattern of *P. merkusii* from all three study sites were correlated with just some periods of the year range. The growth pattern of *P. merkusii* samples from the Mae Hong Sorn site during the years 1711-1810 showed a significantly positive correlation at a level of 0.05 with that of *P. merkusii* in the Suphan Buri site, while there were no sample of that age range in the Phetchaburi site. In addition, the growth pattern of *P. merkusii* samples from the Mae Hong Sorn site during the years 1911-2001 also showed the correlation with that of *P. merkusii* in the Phetchaburi site.

The response of the tree-ring width to climate of all three sites indicated that the tree-ring index had a significantly positive correlation with the rainfall from the late dry season to the early rainy season (April-May). The study in the Mae Hong Sorn site, the tree-ring index showed a significant correlation with the rainfall in April of the current year. In Suphan Buri, they showed a significant with the rainfall in March of the current year. In Phetchaburi, they also showed a significant with rainfall during April to June of the current year. In contrast, it was also found that the tree-ring width in most study sites had a significantly negative correlation at level of 0.05 with the temperature during the transition period from the dry season to the wet season of the current year. They were during April to May in the Mae Hong Sorn site and April to July in the Phetchaburi site, but the correlation of the tree-ring width response with the temperature was not significant in the Suphan Buri site.

The soil characteristic of all 3 study sites tended to be similar. The pH were between 4.5-5.02, the organic matter were 0.6-2.7%, total nitrogen were 0.02-0.08%, the available phosphorus were 1.5-9.1 ppm and the potassium were 99.2-216.3 ppm. They also had highly sand component. Their moisture contents tended to vary wet the soil depth, being higher in the deeper level, whereas the pH, the organic matter, total nitrogen, the available phosphorus and the potassium were constant.

Conclusion

The growth characteristic of *P. merkusii* from the 3 different study sites; Mae Hong Sorn in the northern, Suphan Buri in the central and Phetchaburi in the upper southern part of Thailand were correlated with just some periods of the year range. The response of the growth characteristic of *P. merkusii* to climate in the three different sites tended to be similar. Most of them showed the significantly positive correlation with the rainfall and significantly negative one with the temperature during the transition period from the dry season to wet season (March – July). In addition, the results revealed that all of the study sites were similar in the forest type and had the same soil characteristic; sandy component, low moisture content, high acidic and, low organic matter and elements except the potassium, even though they

were different in the topographical characteristic, the elevation, the slope and the aspect.

These findings suggest that the first rain and the beginning of the monsoon had influenced the growing season of *P. merkusii*. The rainfall and the temperature were the most critical factors to their growth. The growth pattern of *P. merkusii* in different areas showed the different in general, these might be caused by the variation in the genotype and the adaptation to different factors in each area.

