



รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการการบ่งบอกสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน
โดยใช้ดัชนีวงปีไม้ในประเทศไทย
**High-Resolution Climate Signals by Using Tree-Ring
Chronological Indices in Thailand**

โดย รศ.ดร.นาฏสุตา ภูมิจำนงค์
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
สิงหาคม 2548

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการการบ่งบอกสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน
โดยใช้ดัชนีวงปีไม้ในประเทศไทย
High-Resolution Climate Signals by Using Tree-Ring
Chronological Indices in Thailand

โดย รศ.ดร.นาฏสุตา ภูมิจำนงค์
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภทโครงการเมธีวิจัย ภายใต้ชื่อ โครงการการบ่งบอกสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจนโดยใช้ดัชนีไม้ในประเทศไทย (High-resolution climate signals by using chronological index in Thailand) ซึ่งได้ดำเนินโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2548 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไว้ ณ ที่นี้

งานวิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่างๆมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมอุตุนิยมวิทยา

การเก็บข้อมูลได้รับความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่อุทยานฯ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าต่างๆ ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน จ. แม่ฮ่องสอน หน่วยวิจัยสมุนไพรและเครื่องเทศ บ้านน้ำกาด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จ.เชียงใหม่ หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ ชร 16 หน่วยต้นน้ำโป่งสลิ จ. เชียงราย โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อุทยานแห่งชาติพุเตย จ. สุพรรณบุรี ป่าชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรี

ขอขอบคุณ นักศึกษาในห้วงปฏิบัติการวงปีไม้และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทุกคน ที่ช่วยเหลือทั้งในการเก็บข้อมูล และทำงานในห้วงปฏิบัติการ และบุคคลอื่นๆที่เกี่ยวข้องแต่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้ความสนับสนุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

นาฏสุดา ภูมิงานงค์

22 สิงหาคม 2548

บทคัดย่อภาษาไทย

Project code: RSA 4580035

Project Title: การบ่งบอกสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจนโดยใช้ดัชนีวงปีไม้ในประเทศไทย

นักวิจัย : รองศาสตราจารย์ นาฏสุดา ภูมิจำนงค์

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ. นครปฐม 7.170

E-mail: grnpm@mahidol.ac.th

Project period: สิงหาคม 2545-สิงหาคม 2548

การศึกษา การบ่งบอกสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน โดยใช้ดัชนีวงปีไม้ในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์ 5 ประการ ดังนี้คือ 1) เพื่อสร้างและขยายดัชนีวงปีไม้ของไม้สักและสนในประเทศไทย 2) เพื่อศึกษาการตอบสนองของดัชนีวงปีไม้กับสภาพภูมิอากาศ และดัชนีสภาพภูมิอากาศของโลก เช่น SOI, SST, MEI และ NINO 4 3) เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักและไม้สนกับสภาพภูมิอากาศและดัชนีสภาพภูมิอากาศต่างๆ 4) เพื่อสร้างแบบจำลองเส้นสภาพภูมิอากาศในอดีต และ 5) เพื่อเปรียบเทียบสภาพภูมิอากาศในอดีตของประเทศไทยกับสภาพภูมิอากาศโลก

พื้นที่ศึกษาครอบคลุม 5 จังหวัด จากภาคเหนือของประเทศไทยถึงภาคใต้ตอนบน ประกอบด้วย 18 จุดศึกษา ได้แก่ หน่วยต้นน้ำโป่งสลิ, พื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ ชร. 16 อ.แม่สลาย จ. เชียงราย, เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน จ. แม่ฮ่องสอน ประกอบด้วยบ้านน้ำกาด น้ำของ และทุ่งสาแล 1, โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ จุดศึกษาได้แก่บ้านวัดจันทร์ 1-6, เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จ.เชียงใหม่, สถานีอนุรักษ์พันธุ์ไม้สน ห้วยบง บ่อแก้ว และหนองกระทิง จ.เชียงใหม่, อุทยานแห่งชาติพุเตย จ.สุพรรณบุรี และป่าชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรี จำนวนตัวอย่างที่นำมาศึกษาประกอบด้วยไม้สักมีชีวิต 90 ต้น 250 ตัวอย่าง, ไม้สักไม่มีชีวิต 45 ต่อ 144 ตัวอย่าง, สนสองใบ 207 ต้น 390 ตัวอย่าง และสนสามใบ 80 ต้น 188 ตัวอย่าง วิธีการศึกษาด้านวงปีไม้ได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเส้นดัชนีไม้ การวิเคราะห์การตอบสนองของดัชนีวงปีไม้และสภาพภูมิอากาศและดัชนีสภาพภูมิอากาศต่างๆ โดยใช้สถิติความสัมพันธ์ อย่างง่ายและสถิติถดถอยพหุคูณ

เส้นดัชนีไม้มีชีวิต 18 เส้น ซึ่งเป็นไม้สัก 5 เส้นดัชนี สนสองใบ 9 เส้น และ สนสามใบ 4 เส้น และเส้นดัชนีถดถอยของไม้สัก 2 เส้น ได้สร้างขึ้น ไม้สักที่มีอายุมากที่สุดจากพื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ ชร. 16 อายุ 305 ปี ไม้สนสองใบที่มีอายุมากที่สุดจากบ้านวัดจันทร์ 1 เท่ากับ 312 ปี และ ไม้สน 3 ใบที่มีอายุมากที่สุดจากบ้านวัดจันทร์ 2 อายุ 193 ปี

การวิเคราะห์ principle component analysis (PCA) จากดัชนีไม้ทั้งสิ้น 22 ดัชนี ประกอบด้วยดัชนีไม้ที่สร้างขึ้นในการศึกษารั้งนี้ และดัชนีไม้สักที่เคยศึกษาไว้แล้ว 4 เส้นดัชนี แสดงให้เห็นถึงการกระจายของดัชนีไม้สักและไม้สน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรก (MEA1, MAE2, NG, TNHS, WJ1, PSL, CD, BK, TY) เข้าใกล้ 1 Eigenvector ซึ่งหมายความว่าดัชนีไม้เหล่านั้นอาจได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศมากที่สุด กลุ่มที่สอง (WJ2, WJ3, NK, TSL1, TSPD, WJ5, NT, WJ6, WJ4M, PT) ที่กระจายตัวเหนือกลุ่มที่ 1 ขึ้นไป ดัชนีไม้เหล่านั้นได้รับอิทธิพลจากสภาพอากาศรองลงมา กลุ่มที่ 3 (TCR, WJ4K, HB) อยู่ห่างจาก 1 eigenvector มากที่สุด คาดว่าดัชนีไม้ได้รับอิทธิพลอย่างอื่นมากกว่าสภาพภูมิอากาศ

เพื่อเป็นการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ principle component ได้ทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดัชนีไม้กับสภาพภูมิอากาศ พบว่าปริมาณน้ำฝนครั้งแรกของฤดูฝน (เมษายน-พฤษภาคม) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความกว้างวงปีของดัชนีไม้สักโดยรวม และอุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับไม้สน ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคมและเมษายน มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อขนาดความกว้างวงปีของไม้สน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักและไม้สน พบว่าไม้สักที่ โป่งสลิ และที่น้ำกาด และไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 มีศักยภาพในการศึกษาปรากฏการณ์ เอลนีโญ และ ดัชนีไม้สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 2 และ 3 ดัชนีไม้สนที่เชียงดาว ดัชนีไม้สนสองใบที่ป่าชุมชนบ้านโรง มีศักยภาพในการศึกษาปรากฏการณ์ลานีญา

เส้นดัชนีไม้สักเส้นแรกที่ได้รับการขยายระหว่างไม้สักที่มีชีวิตและต่อไม้สัก ซึ่งมีความยาวถึง 403 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2170-2547 ดัชนีไม้สักที่ขยายแล้วได้ใช้ในการสร้างเส้นน้ำฝนในเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม และอุณหภูมิในเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ได้ถึงปี พ.ศ. 2170-2547 และ ดัชนีไม้สนสอง 2ที่บ้านวัดจันทร์ 1 และ 4 ได้ใช้ในการสร้างเส้นน้ำฝนในเดือน มีนาคม-เมษายน ย้อนกลับถึงปี พ.ศ.2293-2544 และดัชนีไม้สนบ้านวัดจันทร์ 4 ใช้ในการสร้างเส้นอุณหภูมิในเดือน กุมภาพันธ์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2293-2544

เส้นดัชนีไม้สักนี้เป็นตัวแทนสภาพอากาศในอดีตของภาคเหนือของประเทศไทย ตั้งแต่ในช่วง พ.ศ.2133-2223 ปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย พร้อมกับอุณหภูมิที่ลดต่ำลง ปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ย ในช่วง พ.ศ. 2233-2343 อุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย และปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่งในช่วง พ.ศ. 2343-2433 ซึ่งมีผลให้อุณหภูมิลดต่ำลง ช่วงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2433-ปัจจุบัน ปริมาณน้ำฝนลดน้อยลง แต่ยังสูงกว่าในช่วง พ.ศ. 2233-2343 เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ช่วงที่เกิด “ the little ice age” ระหว่าง พ.ศ.1943-2343 จากเส้นดัชนีไม้สักพบว่าอากาศค่อนข้างเย็นลงอย่างชัดเจน ในช่วง พ.ศ.2133-2223 และ ช่วง 2343-2433 จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า เมื่อกว่าสามร้อยปีที่ผ่านมาสภาพอากาศของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง อุณหภูมิแตกต่างประมาณ

0.05-.1 องศาเซลเซียส (ในช่วงกุมภาพันธ์ –เมษายน) และปริมาณฝนในอดีตมีมากกว่าในปัจจุบัน ในช่วงเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม ประมาณ 0.69 มม

คำสำคัญ: ดัชนีวงปีไม้, ไม้สัก, ไม้สน, ประเทศไทย, สภาพภูมิอากาศ

Abstract

Project Code: RSA4580035

Project Title: High-Resolution Climate Signals by using tree-ring chronological index in Thailand

Investigators: Asso. Prof. Dr. Nathsuda Pumijumnong

Fac. Of Environment and Resource Studies, Mahidol University

Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

The research entitled High-Resolution Climate Signals, using tree-ring chronological index in Thailand has 5 objectives as followings: 1) to construct and to extend the tree-ring index of teak and pine trees from Thailand 2) to examine the response of the tree-ring index to the climate data, ENSO and SOI indices 3) to compare the responding functions between the teak, pine tree indices and the climate data 4) to reconstruct the climate (amount of rainfall and temperature) and SOI, SST, MEI and NINO4 in the past and 5) to describe palaeoclimate in Thailand and to compare it to the world climate.

The study area covered five provinces from northern Thailand to upper south of Thailand in the total of eighteen sites including Pong Salee Watershed station and Forest Protection Nr. 16 in Chiangrai province, Sanpandan wildlife sanctuary (Namkong, Namgud and Thungsalae sites) in Mae Hong Son province, Wat Chan King Project: Wat Chan 1-6, Chiang Dao wildlife sanctuary, Pine seed conservation station: Hung Boun, Bo Kaew and Nong Kra Ting in Chiangmai province, Putey National Park in Supanburi province and Community forest in Phetburi. The total of the samples were 90 teak trees, 45 teak stumps, 207 two-needle leave pine trees and 80 three-needle leave pine trees. From those trees and the stumps, we had 250 teak cores, 144 pieces of teak, 390 two-needle leave pine cores and 188 three-needle pine cores, respectively. The standard dendrochronological technique was employed to construct the tree-ring index. The climate growth response analysis was employed to study the responding functions to examine the relationship between tree-ring index and climate data as well as SOI, SST, MEI and NINO4 indices.

The eighteen indices were constructed from the living teak and pine trees. There were five of teak tree indices, nine of two-needle leave pine tree indices and four of three-needle leave pine tree indices. And we also constructed two floating teak indices. The oldest teak sample was 305 years old from Chiangrai province (TCR). The oldest two-needle leave pine tree was 312

years old from Wat Chan 1 (PMWJ1) and the oldest three-needle leave pine tree was 193 years old from Wat Chan 2 (PKWJ2).

According to the principle component analysis (PCA), which computed from 22 tree-ring indices from this study 18 indices and addition four teak tree-ring indices from previous study, demonstrated by the scatter diagram, they were three groups of chronology. The first group (MAE1, MAE2, NG, TNHS, WJ1, PSL,CD,BK,TY) located close to Eigenvector 1, which meant that they might get the highest influence from the climate. The second group (WJ2,WJ3,NK,TSL1,TSPD,WJ5,WJ6,WJ4M,PT) located above the first group. They might get less influence from the climate than the first group. The third group (TCR,WJ4K,HB) located a bite far from the others; they might get the least influence from the climate.

To confirm the PCA, the climate response to tree-ring indices was calculated. The climate growth response between the teak and the climate data revealed that the first half of the rainy season (April-May) had influence in teak growth whereas there was no significant relationship between the temperature and the teak tree-ring index. We could confirm that the growth pattern of teak was the same for all teak in northern Thailand and each teak tree index from different sites could be combined into a single index. The pine tree-ring indices presented very obviously significant positive relationship with the February to April rainfall.

The response of SOI, SST, MEI and NINO4 indices to tree-ring indices were examined and the result reveal that PSL, NG and PMWJ4 indices have potential to study the phenomena of ENSO and PKWJ2, PKWJ3, PMCD and PMTY have potential to study the phenomena of La Nina

The first extended teak chronology was created by comparing the living teak tree chronology to that of the floating teak tree. The time span of this extended index was 403 years from 1627-2004.

We used the first extended teak index to reconstruct the amount of rainfall and the temperature in May-July from the year 2004 back to 1627. Only two of pine indices (PMWJ1,PMWJ4) were successfully used to reconstruct the amount of rainfall in March to April and only one of PMWJ4 index was used to reconstruction the temperature in February from the year 2003 back to 1750.

The extended teak chronology represented the palaeoclimate in Thailand as followings. From 1590-1680 the amount of rainfall was above the mean, together with the cool temperature.

The amount of rainfall was below the mean from 1690-1800 along with the higher temperature. The amount of rainfall was then returned to above the mean from 1800-1890 with the cool temperature. The last period from 1890-present, the amount of rainfall seemed to slightly drop but still higher than that from 1690-1800. It is known that, the little ice age occurred from 1400-1800. According to the teak index, we found that the climate in Thailand was precisely cool in 1590-1680 and 1800-1890. We could conclude that from the past three hundred years the climate in Thailand has changed not too much. The amount of rain fall in May-July have changed 0.69 mm, The temperature in February, March , April have changed 0.05-.1 °C.

KEY WORDS: Tree-ring index, Teak, Pine, Thailand, Climate

บทสรุปผู้บริหาร
โครงการการบ่งบอกสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน
โดยใช้ดัชนีวงปีไม้ในประเทศไทย
High-Resolution Climate Signals
by Using Tree-Ring Chronological Index in Thailand

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่กล่าวถึงกันมากในขณะนี้ เนื่องจากบรรยากาศที่ครอบคลุมผิวโลกเป็นทรัพยากรรวมของมนุษยชาติ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อทุกๆประเทศ สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีทั้งที่เป็นไปตามกลไกธรรมชาติ เช่นยุค late Pleistocene ตั้งแต่ 25,000 - 10,000 ปีที่ผ่านมา โลกปกคลุมไปด้วยความหนาวเย็น (Roberts, 2000) หรือช่วง little ice age ที่เกิดขึ้นประมาณ AD 1400-1850 ทำให้ประเทศต่างๆในยุโรปประสบกับภาวะที่หนาวเย็น แต่ก็มีบางช่วงที่สภาพภูมิอากาศแห้งแล้งทำให้เกิดความขาดแคลนในเรื่องอาหาร ที่เรียกว่า a medieval warm period ระหว่างปี AD 1100 - 1300 (Houghton, 1997) และสาเหตุที่ทำให้โลกร้อนขึ้นอีกประการหนึ่งที่สำคัญยิ่งก็จากกิจกรรมของมนุษย์

สาเหตุที่ทำให้บรรยากาศของโลกร้อนขึ้นนั้นมีข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์พอเพียงว่าสาเหตุที่สำคัญที่สุดคือจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์นั่นเอง เช่นการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ Mauna Lao เกาะฮาวาย พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Drake, 2000) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่นพื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย และเขื่อน เป็นต้น ดังนั้นพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเคยเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แหล่งใหญ่ของโลก กลายเป็นแหล่งปลดปล่อยที่ยิ่งใหญ่ ขณะที่ไฟเผาไหม้ยังก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ ความต้องการข้อมูลที่หลากหลายเพื่อที่จะช่วยกันอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีด้วยกันหลายระดับ เช่น หากต้องการทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในช่วงไม่เกิน 100 ปี ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถที่จะนำมาดูแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน หรืออุณหภูมิได้ ข้อมูลในลักษณะนี้ประเทศที่กำลังพัฒนาจะมีปัญหามาก เช่นประเทศไทยเพิ่งเริ่มบันทึกข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2494 ดังนั้นเพื่อต้องการอธิบายถึงสภาพแวดล้อมในอดีตคงปฏิเสธไม่ได้ที่ต้องหาข้อมูลตัวแทนอย่างอื่นมาช่วยในการอธิบายและยืนยัน เช่น ข้อมูลที่มีการบันทึกในประวัติศาสตร์ ข้อมูลทางโบราณคดี ข้อมูลจาก ice core ข้อมูลจากการทับถมตะกอนในทะเลสาบ (Varve) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลด้านพืชและสัตว์ ได้แก่ การศึกษาซากฟอสซิล การศึกษาเรณูวิทยา และการศึกษาจากวงปีไม้ โดยที่หลักฐานแต่ละประเภทจะมีคุณค่าในตัวเองที่แตกต่างกัน (Roberts, 1998)

ไม้สน Bristlecone pine (*Pinus longaeva*) เป็นไม้ที่มีชีวิตที่อายุมากที่สุดในโลกที่ White Mountain, Sierra Nevada ในตะวันตกเฉียงเหนือของอเมริกา ซึ่งมีการนับวงปีรวมกันทั้งส่วนของ ไม้ที่มีชีวิตและไม้ที่ตายแล้ว ได้จำนวนวงปีถึง 9000 ปี (<http://www.sonic.net/bristlecone/dendro.htm>) ซึ่งหมายถึงว่าย้อนไปถึง 7,000 ปี จนถึงปัจจุบันยังมีความหวังว่าหากได้ย้อนกลับไปถึง 8,000 ปี จะเป็นช่วงเวลาที่สำคัญมากเพราะเป็นช่วงสุดท้ายของยุคน้ำแข็ง (Ice Age) ซึ่งสิ้นสุดไปเมื่อ 10,000 ปีที่ผ่านมา ข้อมูลที่ได้นี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิทยาศาสตร์มาก เพราะเป็นหลักฐานบ่งบอกสภาพความแห้งแล้งความชุ่มชื้นในพื้นที่นั้นได้เป็นอย่างดี นี่เป็นข้อได้เปรียบของประเทศเซเชลล์ เขตบอร์เนียว และทั่วโลก ที่มีความชัดเจนของสภาพอากาศ และทำให้มีตัวอย่างของต้นไม้จำนวนมากที่มีศักยภาพในการศึกษาเรื่องวงปีไม้

เขตภูมิอากาศแบบป่าร้อนชื้นต้นไม้มีการเจริญเติบโตเกือบตลอดปี จึงทำให้ไม่มีการสร้างวงปีที่ไม่ชัดเจน วงปีหรือวงเจริญเติบโตนี้หากเกิดขึ้นกับไม้ชนิดใด ความกว้าง-แคบของวงปีสามารถที่จะอธิบายถึงสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้นๆได้ เช่น การเกิดภาวะแห้งแล้ง โรคแมลงระบาด ไฟป่า เป็นต้น เพราะสภาพแวดล้อมต่างๆจะถูกบรรจุไว้ภายในต้นไม้ซึ่งแสดงออกมาให้เห็นจากร่องรอยของขนาดวงปีนั่นเอง นี่คือความสามารถพิเศษอย่างหนึ่งของต้นไม้ การบันทึกสภาพแวดล้อมจะยาวหรือสั้น ขึ้นอยู่กับอายุต้นไม้ ประเทศไทยเพิ่งเริ่มมีการศึกษาวิจัยด้านวงปีไม้ ดังนั้นจึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะต้องทราบถึงสภาพภูมิอากาศในอดีตที่ผ่านมาของประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงภูมิหลัง สิ่งแวดล้อมในอดีต เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับสภาพในปัจจุบัน และคาดการณ์ไปในอนาคต เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ต่างๆของโลก ดังนั้นวงปีไม้จึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยอธิบายถึงสภาพภูมิอากาศในอดีต โดยเฉพาะลมมรสุมเขตร้อนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของภูมิอากาศโลกที่หากเข้าใจแล้วก็จะเกิดความเชื่อมโยงในการอธิบายสภาพภูมิอากาศโลกต่อไป ประเทศไทยมีไม้ไม่กี่ชนิดที่สามารถนำมาศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ได้ เช่น ไม้สักและไม้สน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สัก เป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ที่มีคุณภาพดีและมีความนิยมที่นำมาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือนเป็นระยะเวลานาน ส่วนไม้สนเป็นไม้ที่ขึ้นอยู่ตามป่าต้นน้ำลำธาร พื้นที่ป่าของประเทศไทยลดลงอย่างมากในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะต้องเร่งดำเนินการศึกษาทั้งตัวอย่างไม้ที่มีชีวิตอยู่ ไม้ที่ถูกตัดอยู่ในพื้นที่ และ ไม้จากอาคารสิ่งก่อสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

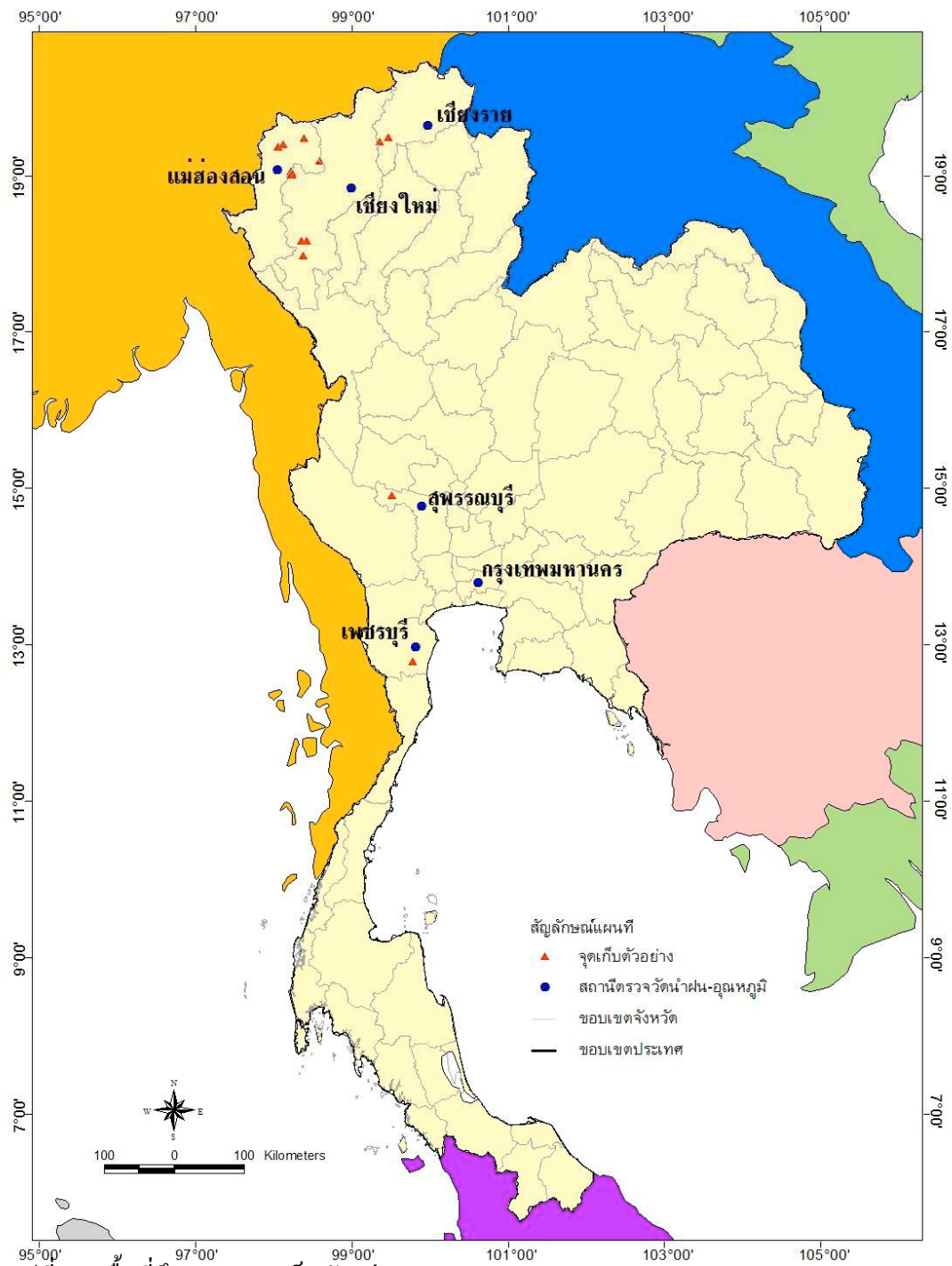
1.2.1 เพื่อต้องการสร้างและขยายเส้นดัชนีไม้สักและไม้สนในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศ ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ
ต่างๆ เช่น เอลนีโญ กับความกว้างของวงปีไม้

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของวงปีไม้ต่างชนิดกันกับสภาพภูมิอากาศ

1.2.4 เพื่อต้องการสร้างเส้นน้ำฝนและอุณหภูมิในอดีต

1.2.5 เพื่อที่จะอธิบายสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในอดีต เปรียบเทียบ อธิบายกับสภาพภูมิอากาศโลก



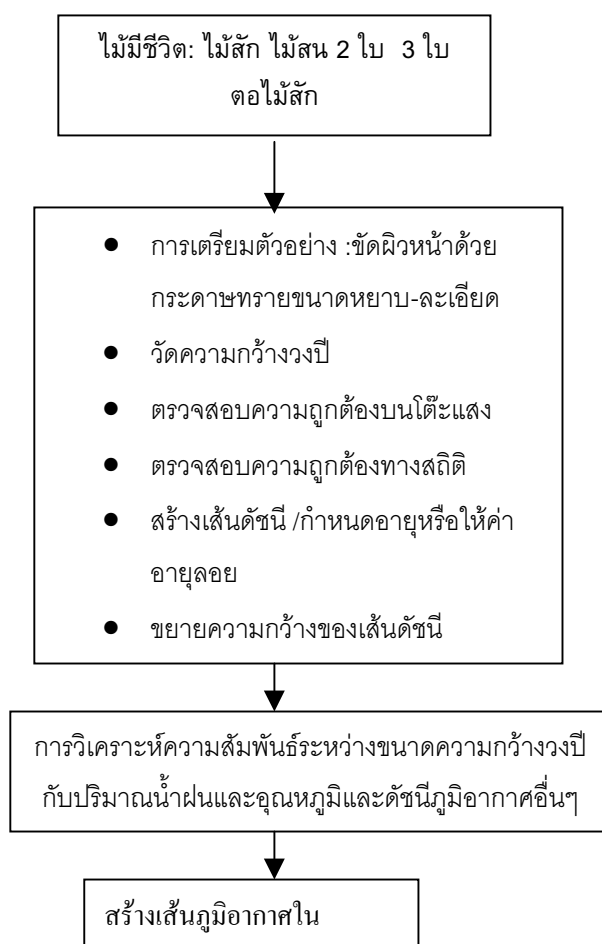
รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 1-1 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา

จังหวัด	พื้นที่ศึกษา	ชนิดไม้	อักษรย่อ	พิกัด	จำนวนตัวอย่าง ต้น (คอร์)	ระดับความสูง จากน้ำทะเล (ม)
เชียงราย	โป่งสลิ	สัก	TPSL	19° 49" N, 99° 47" E	23 (44)	401
	ชร16	สัก	TCR	19° 43" N, 99° 36" E	8 (20)	476
แม่ฮ่องสอน	น้ำของ	สัก	TNK THNK	19° 40" N, 98° 12" E	21 (80)	769
	น้ำกั๊ด	สัก	TNG TCNG THNG	19° 48" N, 98° 39" E	18(68) 20(70) 25(74)	473
	ทุ่งสาแล	สัก	TSL	19° 36" N, 98° 06" E	20(38)	769
เชียงใหม่	วัดจันทร์ 1	สนสอง ใบ	PMWJ1	19°.07".48"N, 98°.18".09'	28(46)	828
	วัดจันทร์ 2	สนสาม ใบ	PKWJ2	19° 04' 43" -98° 17' 11"	22(44)	1,114
	วัดจันทร์ 3	สนสาม ใบ	PKWJ3	19° 03' 02" -98° 18' 51"	24(45)	1,068
	วัดจันทร์ 4	สนสอง ใบ	PMWJ4	19° 04' 00" -98° 17' 51"	7(10)	1,047
	วัดจันทร์ 4	สนสาม ใบ	PKWJ4	19° 04' 00" -98° 17' 51"	14(24)	1,047
	วัดจันทร์ 5	สนสอง ใบ	PMWJ5	19° 06' 02" -98° 18' 24"	24(44)	1,037
	วัดจันทร์ 6	สนสอง ใบ	PMWJ6	19° 03' 20" -98° 17' 11"	31(52)	1,152
	เขียงดาว	สน	PMCD	19° 19" N, 98°.59" E	29 (62)	2,000
	ห้วยบง	สน	PMBL	18° 16" N, 98°.42" E	7 (22)	1,025
	บ่อแก้ว	สน	PMBK	18° 16" N, 98°.36" E	8 (21)	1,036
	หนอง กระทิง	สน	PKNT	17° 98" N, 98°.38" E	20 (75)	1,070

สุพรรณบุรี	พุเตย	สน	PMPT	15° 28" N, 98° 43" E	33 (61)	793
เพชรบุรี	ป่าชุมชน บ้านโรง	สน	PMTY	12° 77" N, 99° 78" E	40 (72)	110
รวมจำนวนตัวอย่าง ไม้สัก 90 ต้น 250 ตัวอย่าง ไม้สักไม่มีชีวิต 45 ต้น 144 ตัวอย่าง ไม้สนสองใบ 207 ต้น 390 ตัวอย่าง สนสามใบ 80 ต้น 188 ตัวอย่าง						

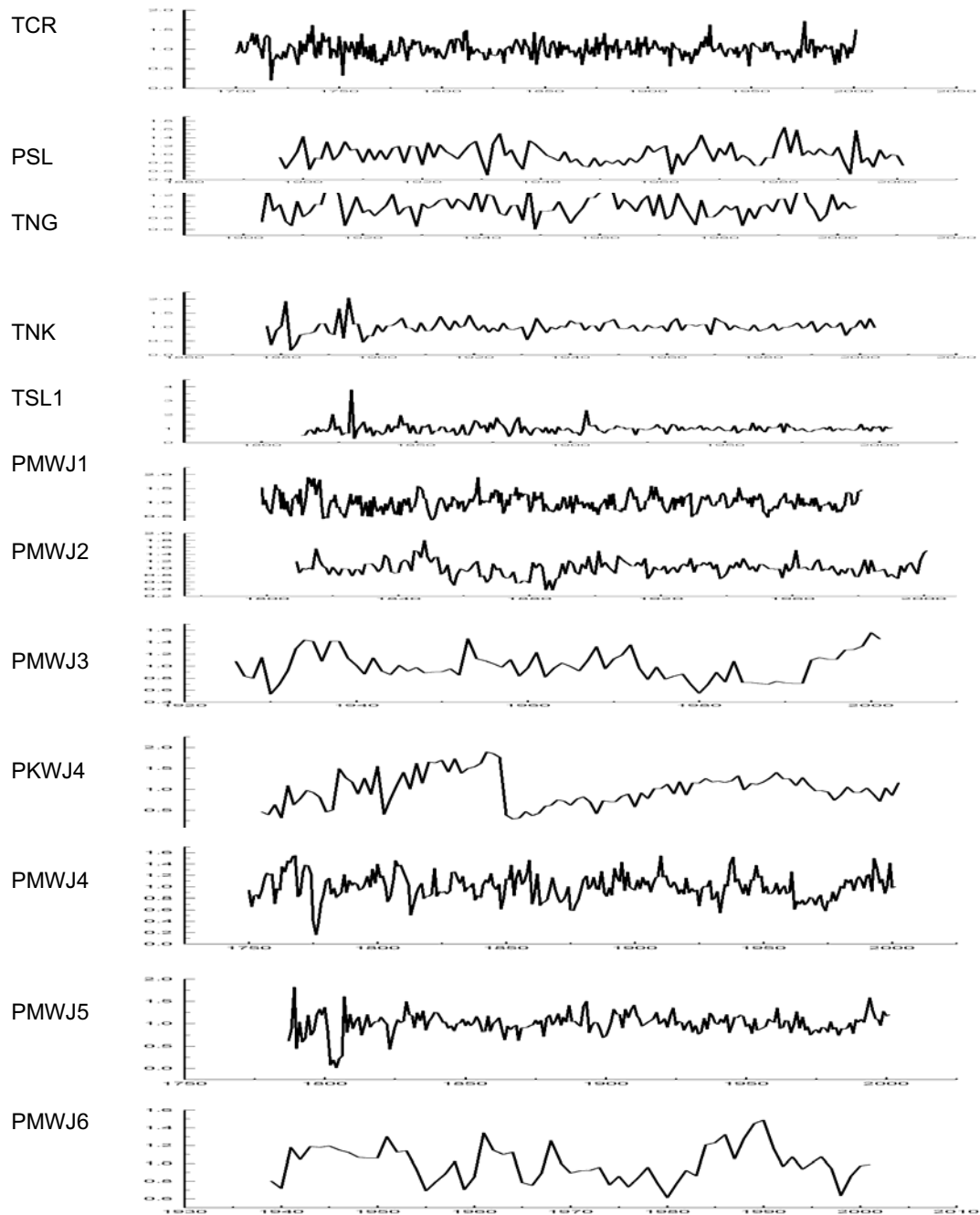
2. ขั้นตอนการทำงาน



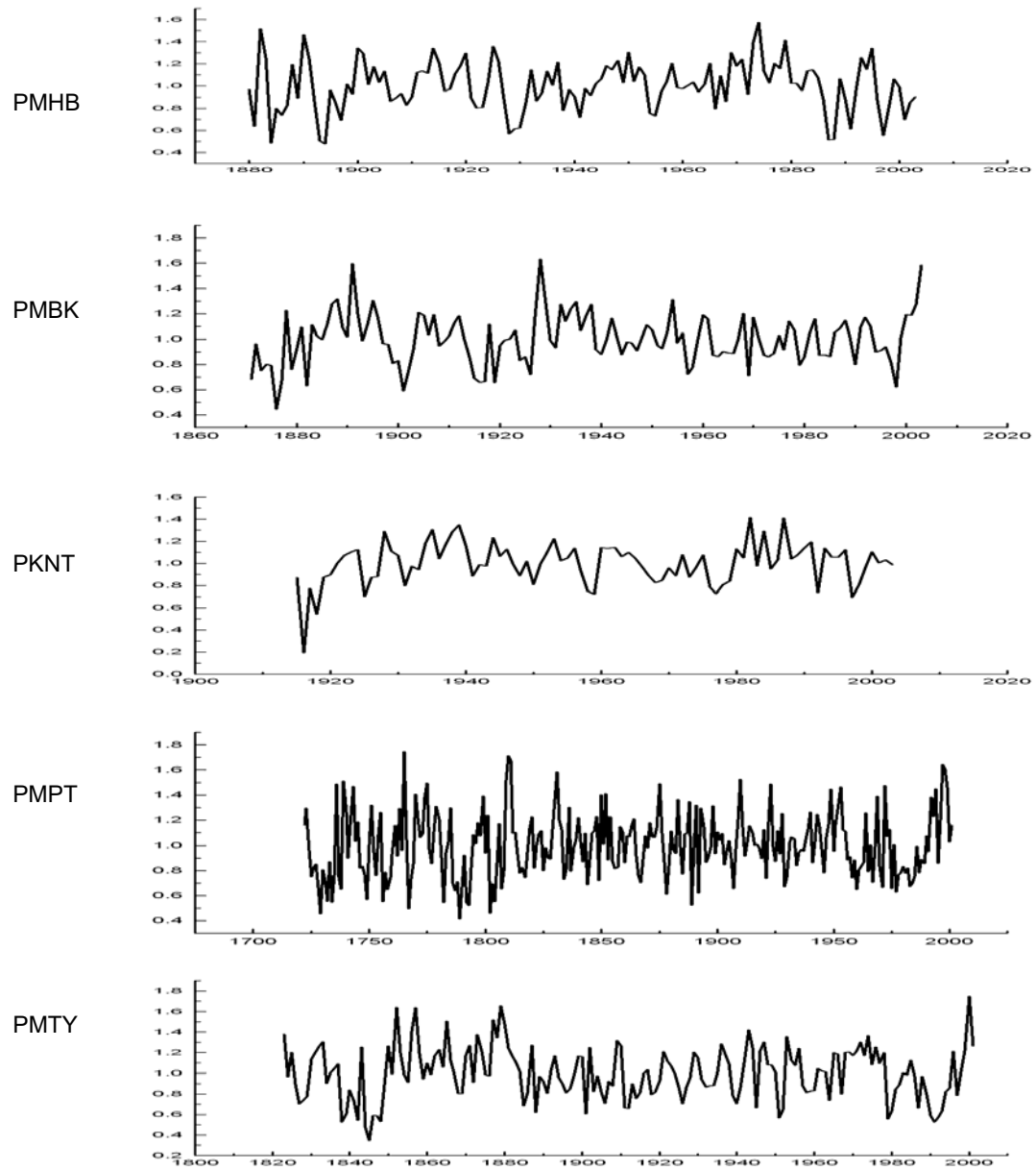
รูปที่ 1-2 แสดงขั้นตอนการศึกษา

3. ผลการศึกษา

3.1 เส้นดัชนี



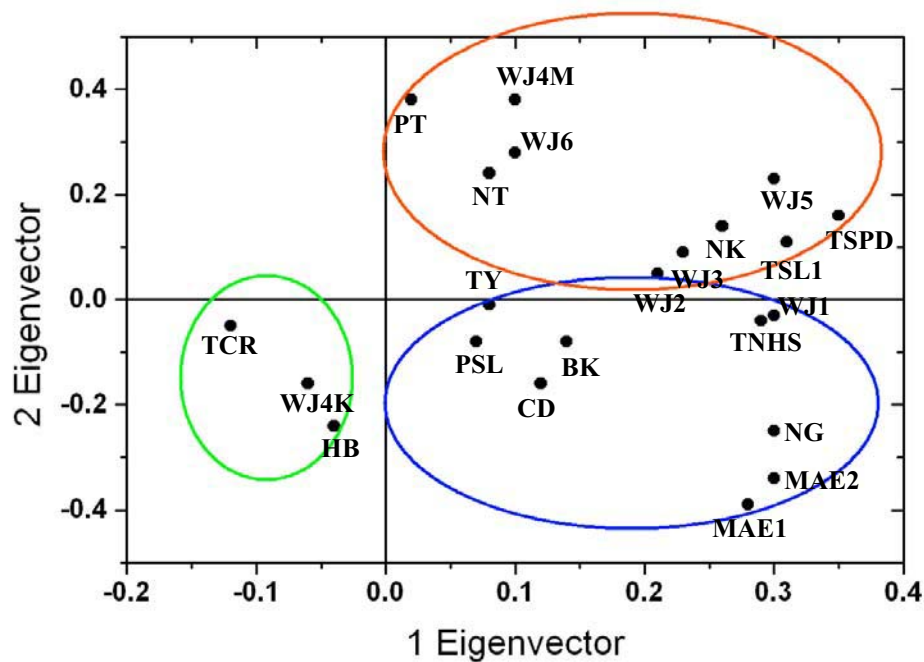
รูปที่ 1-3 ดัชนีวงปีไม้



รูปที่ 1-3 (ต่อ) เส้นดัชนีวงปีไม้

20	.03	.13	-.17	.20	-.10	-.02	.00	.04	.08	.23	.18	.21	.07	.18	.14	.13	.29	.14	.09	1.0
	-			-										-						
21	.07	.07	-.13	.13	.56	.54	.44	.07	.11	.11	.45	.50	.29	.04	.14	.01	.18	.39	.10	.04
	-			-												-				1.0
22	.16	.09	-.13	.17	.33	.34	.41	.25	.12	.07	.65	.75	.51	.25	.40	.03	.15	.53	.18	.12
																				1.0

3.3 Principal component



รูปที่ 1-4 แสดง scattergram ของดัชนีวงปีไม้ 22 ดัชนี

Scattergram แสดงถึงการกระจายของดัชนี โดยที่ดัชนีแต่ละเส้นจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก (eigenvector) ที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้ว 1 และ 2 eigenvector จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงอิทธิพลที่ได้รับจากสภาพภูมิอากาศ จากรูปที่ 1-4 อาจแบ่งดัชนีวงปีไม้ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่อยู่ล่างซึ่งใกล้ 1 eigenvector มากที่สุด มีความเป็นไปได้ว่าได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศมากที่สุด กลุ่มที่สองที่อยู่เหนือกลุ่มที่ 1 ได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศรองลงมา และกลุ่มที่ 3 ที่อยู่ห่างไกลแกน x (1 eigenvector) หรือเข้าใกล้แกน y (2 eigenvector) มากเท่าไรหมายถึงดัชนีไม้นั้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกอย่างอื่นมากกว่าสภาพภูมิอากาศ

3.4 การตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ 1-3 สรุปการตอบสนองของเส้นดัชนีกับปริมาณน้ำฝน

จังหวัด	ดัชนี	-พย	-ธค	มค	กพ	มีค	เมษ	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค
เชียงราย	PSL												
	TCR												
แม่ฮ่องสอน	TNK												
	TNG												
	TSL1												
เชียงใหม่	PMWJ 1												
	PKWJ2												
	PKWJ3												
	PMWJ 4												
	PKWJ4												
	PMWJ 5												
	PMWJ 6												
	PMCD												
	PMHB												
	PMBK												
	PKNT												
สุพรรณบุรี	PMPT												
เพชรบุรี	PMTY												

การตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศโดยภาพรวมไม้สักตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงครึ่งแรกของฤดูฝน (เมษายน-พฤษภาคม) ส่วนไม้สนตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้ง (มีนาคม-เมษายน)

ตารางที่ 1-4 สรุปการตอบสนองของเส้นดัชนีกับอุณหภูมิ (- * หมายถึง negative significant)

จังหวัด	ดัชนี	-พย	-ธค	มค	กพ	มีค	เมษ	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค
เชียงราย	PSL												
	TCR				*		*						
แม่ฮ่องสอน	TNK					- *		- *					
	TNG												
	TSL1							- *					
เชียงใหม่	PMWJ1							- *					
	PKWJ2			*	*			- *					
	PKWJ3												
	PMWJ4				*	*			*	*			
	PKWJ4	- *	- *	- *									
	PMWJ5												
	PMWJ6											*	
	PMCD					-*	-*	-*				-*	
	PMHB												
	PMBK	*						- *					
	PKNT												
สุพรรณบุรี	PMPT												
เพชรบุรี	PMTY			*		*		*	*	*	*		

การตอบสนองต่ออุณหภูมิ ส่วนมากแล้วไม้สักตอบสนองทางลบต่ออุณหภูมิในเดือน
เมษายน-พฤษภาคม สำหรับดัชนีไม้สนจะตอบสนองทางบวกกับอุณหภูมิในช่วง มีนาคม-เมษายน

3.5 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI SST MEI และ NINO4

พบว่าดัชนีทั้งไม้สักและไม้สนตอบสนองต่อดัชนีต่างๆค่อนข้างน้อยมาก ความเข้าใจทั่วไป
คือ หากปีที่เกิดปรากฏการณ์ el nino ควรที่จะมีค่า soi ที่ต่ำ (-) และค่า SST, NINO4 และ MEI ที่สูง
(เป็น +) ซึ่งพอสรุปได้ว่า ไม้สักที่ PSL (โป่งสลิ) , TNG (น้ำกั๊ด) PMWJ4 (สนสองใบบ้านวัดจันทร์
4) มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ El Nino และ PMWJ2, PMWJ3 (ไม้สนสามใบที่

บ้านวัดจันทร์ 2 และ 3) PMCD (สนสองใบที่เชียงดาว) PMTY (สนสองใบที่ชุมชนบ้านทุ่งโรง จ. เพชรบุรี) มีแนวโน้มสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ La Nina

ตารางที่ 1-5 สรุปผลการตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, SST, NINO4 และ MEI

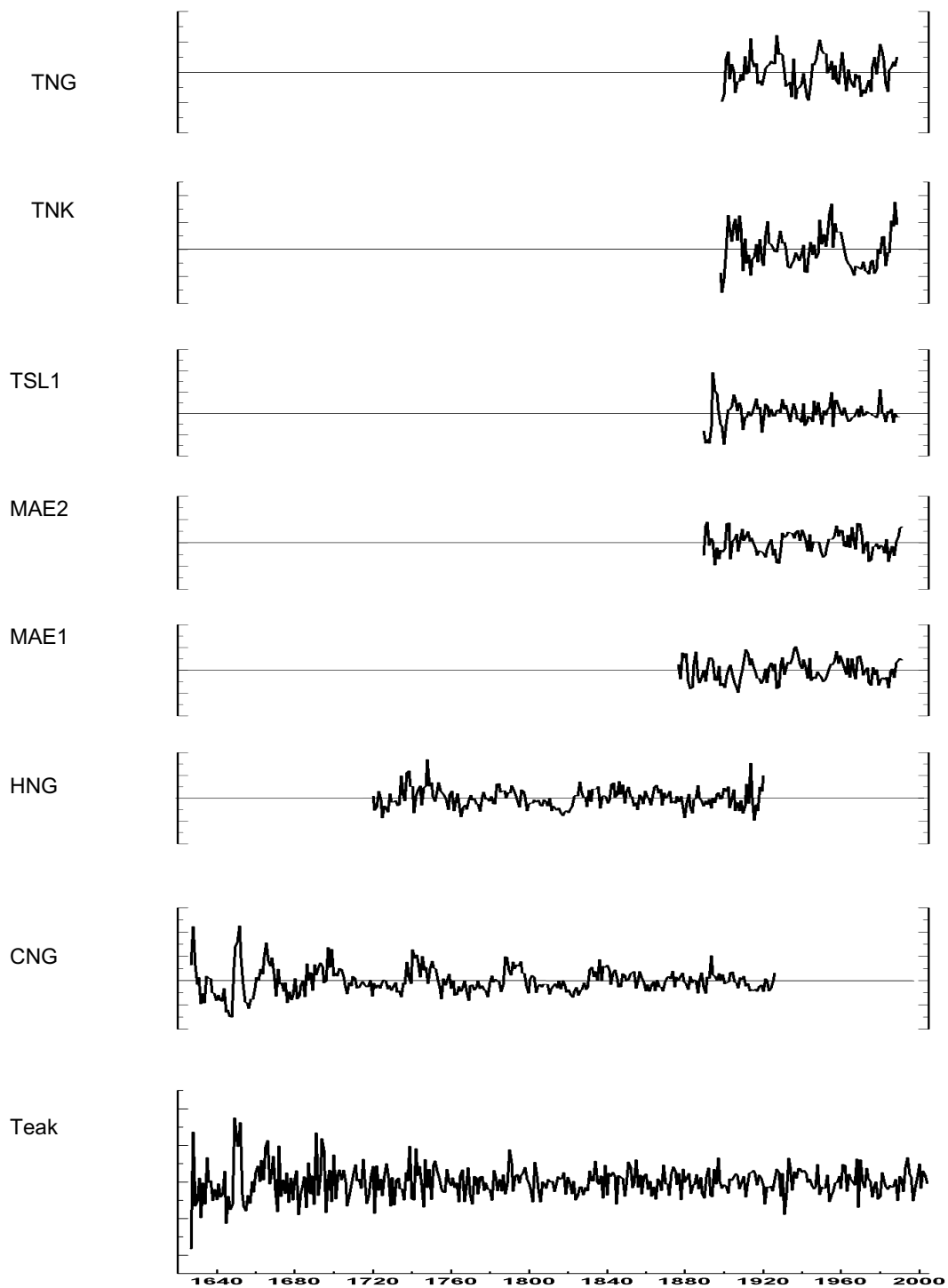
จังหวัด	Index	SOI		SST		NINO4		MEI	
		+	-	+	-	+	-	+	-
เชียงราย	TPSL								
	TCR								
แม่ฮ่องสอน	TNK								
	TNG								
	TSL1								
เชียงใหม่	PMWJ1								
	PKWJ2								
	PKWJ3								
	PMWJ4								
	PKWJ4								
	PMWJ5								
	PMWJ6								
	PMCD								
	PMHB								
	PMBK								
	PKNT								
สุพรรณบุรี	PMPT								
เพชรบุรี	PMTY								

3.6 การขยายเส้นดัชนี

จำนวนดัชนีไม้สักที่มีชีวิตทั้งหมด 5 เส้นดัชนี (TNG,TNK,TSL1, MAE1,MAE2) ได้นำมาซ้อนทับกับดัชนีลอยของไม้สักที่บ้านน้ำกักได้

ตารางที่ 1-6 เส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิตที่นำมาวิเคราะห์เพื่อการขยายเส้นดัชนีไม้สัก

ดัชนีไม้สัก	ช่วงความยาว	ค่าการซ้อนทับ
TNHS สันปันแดน	1890-2001	40
TSPD ถ้ำปลา-ผาเสือ	1882-2001	48
MAE1 หน่วยพืชสมุนไพร (น้ำกัก)	1880-1996	50
MAE2 หน่วยพืชสมุนไพร (น้ำกัก)	1893-1996	37
NK น้ำของ	1909-2003	21
NG น้ำกัก	1910-2003	20
TSL 1 บ้านทุ่งสาแล1	1900-2004	30
ดัชนีลอยของตัวอย่างที่เจาะเป็น คอร์	1627-1930 (304)	
ดัชนีลอยของตัวอย่างที่เป็นเขียง	1724-1932 (208)	



รูปที่ 1-5 Teak คือเส้นดัชนีไม้ที่รวมทุกเส้นดัชนีเข้าด้วยกัน

3.7 การจำลองเส้นสภาพภูมิอากาศในอดีต

3.7.1 ไม้สัก

โดยการใช้เส้นดัชนีไม้สักที่ขยายแล้ว เริ่มต้นที่ พ.ศ. 2170 ถึง พ.ศ. 2547 ทำการสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

สมการที่ใช้ในการจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ได้แก่

$$EMJJ = 50.91899277 + 140.21542556 * R$$

โดยที่ EMJJ = ค่าประมาณการปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม

R = ดัชนีไม้สัก

สมการที่ใช้ในการจำลองอุณหภูมิในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน

$$EMJ = 301.72269077 - 21.21715462 * R$$

เมื่อ EMJ = ค่าประมาณการอุณหภูมิเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน

R = ดัชนีไม้สัก

8.2 ไม้สน

สมการที่ใช้ในการจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน มีนาคม-เมษายน

$$EMA = -28.15861016 + 32.28213751 * V4 + 27.93359678 * V5$$

เมื่อ EMA = ค่าประมาณการปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน

V4 = ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 1

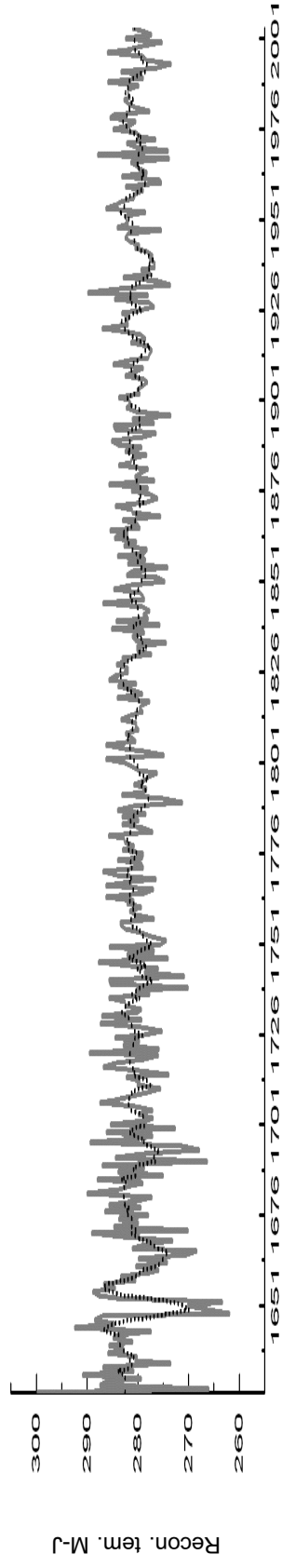
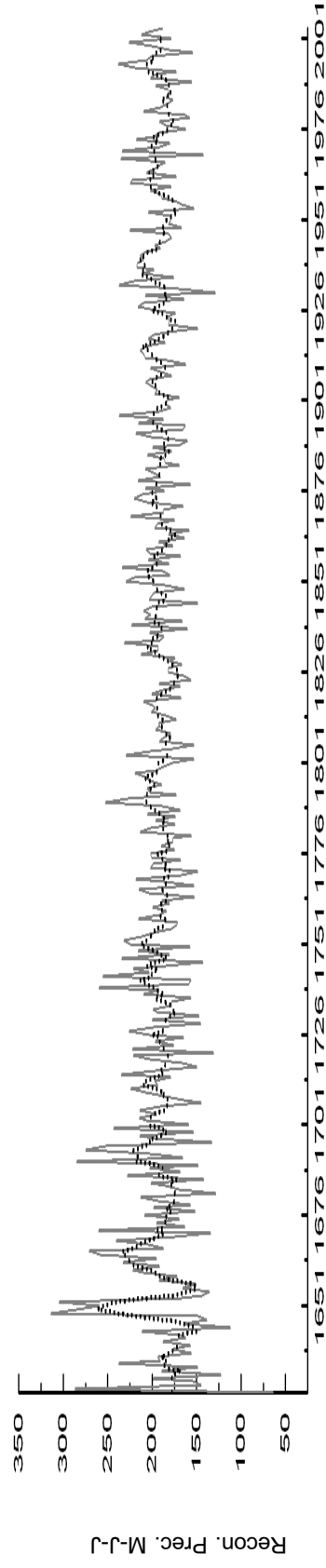
V5 = ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4

สมการที่ใช้ในการจำลองอุณหภูมิเดือน กุมภาพันธ์

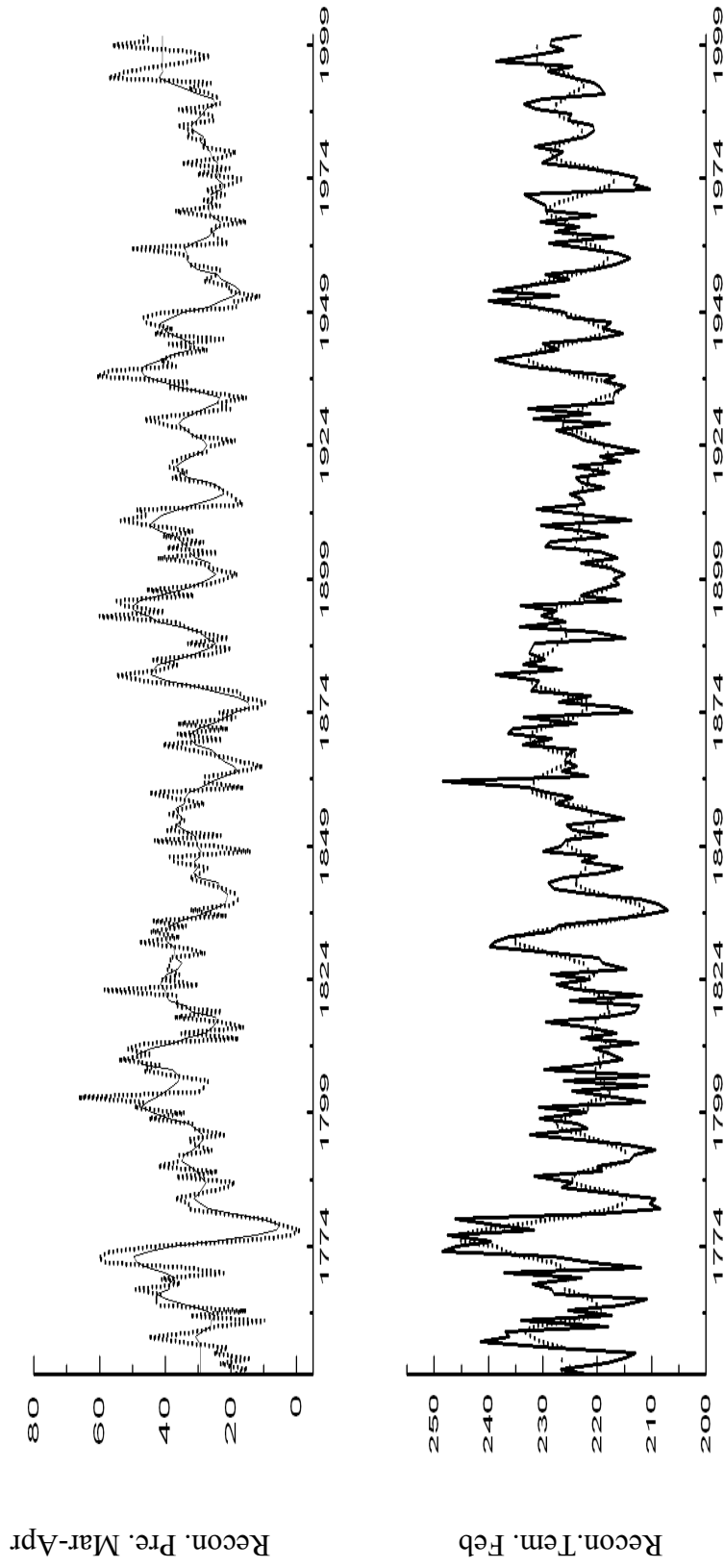
$$EF = 197.17306868 + 26.97642713 * V5$$

เมื่อ EF = ค่าประมาณการปริมาณน้ำฝนเดือนกุมภาพันธ์

V5 = ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4



รูปที่ 1-6 ภาพจำลองเส้นน้ำฝนเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม โดยดัชนีไม้สัก (บน) ภาพจำลองเส้นอุณหภูมิเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน โดยดัชนีไม้สัก (ล่าง)



รูปที่ 1-7 ภาพจำลองเส้นนำฝนเดือน มีนาคม-เมษายน โดยดัชนีไมส (บน) ภาพจำลองเส้นอุณหภูมิเดือน กุมภาพันธ์ โดยดัชนีไมส (ล่าง)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iv
บทสรุปผู้บริหาร	vi
สารบัญ	23
สารบัญรูป	26
สารบัญตาราง	29
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1-2
1.4 การดำเนินงานวิจัย	1-3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-3
1.6 ประโยชน์ที่จะได้จากโครงการวิจัย	1-3
 บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	
2.1 การกระจายตัวของไม้สักตามธรรมชาติ	2-1
2.2 การกระจายตัวและลักษณะที่สำคัญของไม้สักในประเทศไทย	2-1
2.3 ประวัติการใช้ประโยชน์จากไม้สัก	
2.3.1 ก่อนตั้งกรมป่าไม้	2-7
2.3.2 ภายหลังตั้งกรมป่าไม้	2-10
2.4 ไม้สน	
2.4.1 สนสองใบ	2-11
2.4.2 ไม้สนสามใบ	2-14
2.5 นิเวศวิทยาและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้	2-15
2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของต้นไม้และสิ่งแวดล้อม	2-15
2.5.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านภูมิอากาศ	2-16
2.5.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านดิน	2-16
2.5.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านภูมิประเทศ	2-17

2.6 วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม	
2.6.1 การพัฒนางานวิจัยด้านวงปีไม้	2-18
2.6.2 ความหมายเกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านวงปีไม้	2-19
2.6.3 ช่องว่างของงานวิจัย	2-20
2.7 หลักการเบื้องต้นในการศึกษา Dendrochronology	
2.7.1 ความเหมือนกัน	2-23
2.7.2 ปัจจัยจำกัด	2-24
2.7.3 ผลรวมของการเจริญเติบโตของต้นไม้	2-24
2.7.4 การกระจายตัวทางระบบนิเวศ	2-25
2.7.5 หลักการในการเลือกพื้นที่	2-26
2.7.6 หลักเกณฑ์ในการเลือกความเหมือนกัน	2-27
2.7.7 การจำลองแบบ	2-27
2.8 การประยุกต์ใช้วงปีไม้กับปรากฏการณ์ El Nino-Southern Oscillation	2-28
2.9 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงปีไม้ในเอเชีย	2-28
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 ขั้นตอนดำเนินงาน	3-1
3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ	3-2
3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา	3-3
3.4 พื้นที่ศึกษา	
3.4.1 บ้านน้ำกาด	3-6
3.4.2 อุทยานแห่งชาติพุเตย	3-6
3.4.3 ป่าชุมชนบ้านโรง	3-7
3.4.4 ป่าสงวนแห่งชาติ จ. เชียงราย	3-9
3.4.5 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จ.เชียงใหม่	3-10
3.4.6 โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์	3-12
3.4.7 โครงการอนุรักษ์พันธุ์ไม้สน ห้วยบง บ่อแก้ว และหนองกระทิง	3-13
3.5 การเก็บตัวอย่าง	
3.5.1 หลักการเก็บตัวอย่างไม้	3-15
3.5.2 จำนวนตัวอย่าง	3-16
3.6 หลักเกณฑ์ในการศึกษา Dendrochronology	3-17

3.7 ขั้นตอนการศึกษาทาง Dendrochronology	3-17
3.7.1 การเตรียมตัวอย่าง	3-17
3.7.2 การวัดความกว้างวงปี	3-17
3.7.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล	3-18
3.7.4 การสร้างเส้นดัชนี	3-18

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 เส้นดัชนี	
4.1.1 เส้นดัชนีไม้สัก	4-1
4.1.2 เส้นดัชนีไม้สน	4-1
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนี	4-9
4.3 Principal component	4-11
4.4 การตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ	4-12
4.5 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, MEI, NINO4 และ SST	4-20
4.6 การขยายเส้นดัชนีไม้สัก	4-29
4.7 การสร้างเส้นสภาพภูมิอากาศในอดีต	
4.7.1 ดัชนีไม้สัก	4-31
4.7.2 ดัชนีไม้สน	4-36

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 เส้นดัชนี	5-1
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนี	
5.3 การวิเคราะห์ค่า Principal component	5-2
5.4 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อสภาพภูมิอากาศ	5-2
5.5 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, SST, MEI, NINO4	5-4
5.6 การขยายความยาวเส้นดัชนี	5-5
5.7 การสร้างเส้นภูมิอากาศในอดีต	5-6
5.7.1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยดัชนีไม้สัก	5-6
5.4.2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยดัชนีไม้สัก	5-7
5.8 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป	5-8

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	การกระจายตัวตามธรรมชาติของไม้สัก	2-1
2-2	แผนภูมิปริมาณน้ำฝนในคาบ 90 ปี (พ.ศ. 2454-2546) และอุณหภูมิในคาบ 52 ปี (พ.ศ.2494-2546) ประเทศไทย	2-2
2-3	การกระจายตัวของไม้สักในประเทศไทย	2-3
2-4	ลักษณะต่างๆของไม้สัก	2-4
2-5	ผิวหน้าของไม้สัก	2-4
2-6	ลักษณะทางกายวิภาคของไม้สัก	2-5
2-7	การกระจายพันธุ์ของไม้สนสองใบ-สามใบในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	2-12
2-8	แสดงอิทธิพลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อต้นไม้มทั้งในอดีตและปัจจุบัน	2-23
2-9	แสดงปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	2-24
2-10	แสดงการกระจายตัวของต้นไม้มตามระดับความสูงที่แตกต่างกัน	2-25
2-11	แสดงความแตกต่างของวงปีไม้มในพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะต่างกัน	2-26
2-12	แสดงการเปรียบเทียบความเหมือน	2-27
2-13	แสดงกราฟเส้นการเจริญเติบโตจากพื้นที่ศึกษาจำนวนมาก	2-28
3-1	ขั้นตอนในการทำงาน	3-1
3-2	แสดงพื้นที่ศึกษา	3-5
3-3	ป่าสนสองใบ อุทยานแห่งชาติพุเตย จ.สุพรรณบุรี	3-8
3-4	ป่าสนสองใบ ป่าชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรี	3-9
3-5	หน่วยต้นน้ำโป่งสลิ อ.แม่สลาย จ.เชียงราย	3-9
3-6	พื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ม ชร.16	3-10
3-7	ตัวอย่างป่าสนและการเก็บตัวอย่างที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว	3-12
3-8	ป่าสนที่บ้านวัดจันทร์	3-13
3-9	ป่าสนที่บ่อแก้ว (ซ้าย) และที่หนองกระทิง (ขวา)	3-14
3-10	แสดงลักษณะวงปีในแนวตั้ง	3-10
3-11	แสดงการเชื่อมต่อเส้นดัชนีที่มีชีวิตไป	3-17
3-12	อุปกรณ์เครื่องมือวัดขนาด/นับจำนวนวงปี ต่อตรงเข้ากับชุดคอมพิวเตอร์	3-19
3-13	ก) ตัวอย่างไม้มสนจากคอร์ ข) ตัวอย่างการเอาคอร์ออกจากเครื่องมือเจาะตัวอย่างไม้ม	3-19
3-14	แสดงการลดความแตกต่างของอายุในช่วงที่ไม้มมีอายุมากและไม้มมีอายุน้อยโดยการ detrending	3-20

3-15	แสดงการสร้างเส้นดัชนีไม้	3-21
4-1	แสดงดัชนีวงปีไม้สัก โป่งสลิ (PSL) ชร 16 (TCR) น้ำกัด (NG) น้ำของ (NK) และบ้านสาแล 1 (TSL1)	4-6
4-2	แสดงดัชนีวงปีไม้สน PMWJ1-6	4-7
4-3	scattergram ของดัชนีไม้ 22 เส้น	4-11
4-4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักที่เขียงรายกับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.เขียงราย (ขวา) และอุณหภูมิ (ซ้าย) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * < p0.05: A) โป่งสลิ (TPSL) B) ชร 16 (TCR) R^2 =coeff. of determination	4-13
4-4	(ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักที่จ.แม่ฮ่องสอนกับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ขวา) และอุณหภูมิ (ซ้าย) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * < p0.05: C) น้ำของ (TNK) D) น้ำกัด (TNG) E) หุ่นสาแล1 R^2 =coeff. of determination	4-14
4-4	(ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัดอ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ขวา) และอุณหภูมิ (ซ้าย) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * < p0.05: F) บ้านวัดจันทร์ 1 (PMWJ1) G) บ้านวัดจันทร์ 2 (PKWJ2) H) บ้านวัดจันทร์ 3 (PKWJ3) R^2 =coeff. of determination	4-15
4-4	(ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ขวา) และอุณหภูมิ (ซ้าย) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * < p0.05: I) บ้านวัดจันทร์ 4 (PKWJ4) J) บ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4) K) บ้านวัดจันทร์ 5 (PMWJ5) R^2 =coeff. of determination	4-16
4-4	(ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ขวา) และอุณหภูมิ (ซ้าย) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * < p0.05: L) บ้านวัดจันทร์ 6 (PMWJ6) M) เขียงดาว (PMCD) R^2 =coeff. of determination	4-17
4-4	(ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่เขียงใหม่กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.อมก๋อยจ.เขียงใหม่ (ขวา) และอุณหภูมิ (ซ้าย) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * < p0.05: N) ห้วยบง (PMHB) O) บ่อแก้ว (PMBK) P) หนองกระทิง R^2 =coeff. of determination	4-18
4-4	(ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่ห้วยบง จ.สุพรรณบุรี กับปริมาณน้ำฝน	4-19

	สถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี และดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านทุ่งโรง	
	จ. เพชรบุรี (ขวา) ปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.หัวหิน และอุณหภูมิจ. (ซ้าย)	
	corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น)	
	* < p0.05: Q) พุเตย(PMPT) R) บ้านทุ่งโรง (PMTY)	
	R^2 =coeff. of determination	
4-5	แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี ENSO A) โป่งสลิ (TPSL) B) น้ำกืด (TNG)	4-24
4-5	(ต่อ) แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี ENSO C) ทุ่งสาแล 1 (TSL1)	
	D) ไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 2 (PMWJ2)	4-25
4-5	(ต่อ) แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี ENSO E) ไม้สนบ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4)	
	F) ไม้สนสามใบที่หนองกระทิง (PKNT)	4-26
4-5	(ต่อ) แสดงเส้นดัชนีและที่สอดคล้องกับปี ENSO G) พุเตย (PMPT)	4-27
4-6	แสดงเส้นดัชนีและ ที่สอดคล้องกับปี La Nina A) สนสามใบบ้านวัดจันทร์ 3 (PKWJ3)	4-27
4-6	(ต่อ) แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี La Nina B) สนสองใบเชียงดาว (PMCD)	4-28
4-7	แสดงเส้นดัชนีไม้สัก Teak คือเส้นดัชนีที่ขยายต่อระหว่างไม่มีชีวิตและไม่มีชีวิต	4-30
4-8	บนกราฟเส้นแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคมจริง (เส้นประ)	4-34
	และกราฟเส้นแสดงภาพจำลองน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม (เส้นทึบ)	
	ล่างกราฟเส้นแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนจริง (เส้นประ)	
	และภาพจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน (เส้นทึบ)	
4-9	บนกราฟเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม	4-35
	ล่าง กราฟเส้นจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน	
	ระหว่างปี พ.ศ. 2170-2547 (ค.ศ. 1627-2004)	
4-10	บนข้อมูลน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายนจริง (เส้นประ)	4-38
	และภาพจำลองกราฟเส้นน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน (เส้นทึบ)	
	ล่างอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนกุมภาพันธ์จริง (เส้นประ)	
	และภาพจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนกุมภาพันธ์ (เส้นทึบ)	
4-11	บนกราฟเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน	4-35
	ล่าง กราฟเส้นจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนกุมภาพันธ์	
	ระหว่างปี พ.ศ. 2293-2544 (ค.ศ. 1750-2001)	
5-1	แสดงพื้นที่ป่าสัมปทานและบริเวณเส้นประคือ จ.แม่ฮ่องสอน	5-6
	ปีที่ให้สัมปทานป่า คือ พ.ศ. 2479-2481	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 การพัฒนางานปีไม้ด้านพงสาวดารและประวัติศาสตร์	2-18
2-2 งานวิจัยเกี่ยวกับวงปีไม้ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	2-19
3-1 รายชื่อสถานีสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้ในการศึกษา	3-2
3-2 รายชื่อดัชนีภูมิอากาศ	3-2
3-3 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา	3-4
4-1 สรุปสถิติเบื้องต้นสำหรับไม้สักและไม้สน	4-3
4-2 ความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างเส้นดัชนี	4-10
4-3 แสดงความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศกับขนาดความกว้างวงปี	4-20
4-4 สรุปผลการตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, SST, NINO4, MEI	4-22
4-5 ปี warm episode (ENSO) และ cold Episode years	4-23
4-6 เส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิตที่นำมาวิเคราะห์เพื่อการขยายเส้นดัชนีไม้สัก	4-29
4-7 โมเดลในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยดัชนีไม้สัก	4-31
4-8 ค่าสถิติภาพจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม โดยดัชนีไม้สัก	4-32
4-9 ค่าสถิติภาพจำลองอุณหภูมิเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน โดยดัชนีไม้สัก	4-32
4-10 แสดงดัชนีไม้สนสองใบในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีต	4-36
4-11 โมเดลในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยดัชนีไม้สน	4-36
4-12 ค่าสถิติภาพจำลองฝนเดือน มีนาคม-เมษายน โดยดัชนีไม้สน	4-37
4-13 แสดงค่าสถิติภาพจำลองอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์	4-37
5-1 สรุปเส้นดัชนีวงปีไม้	5-1
5-2 สรุปการตอบสนองของเส้นดัชนีกับปริมาณน้ำฝน	5-3
5-3 สรุปการตอบสนองของเส้นดัชนีกับอุณหภูมิ (-* หมายถึง negative significant)	5-4

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่กล่าวถึงกันมากในขณะนี้ เนื่องจากบรรยากาศที่ครอบคลุมผิวโลกเป็นทรัพยากรรวมของมนุษยชาติ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อทุกประเทศ สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีทั้งที่เป็นไปตามกลไกธรรมชาติ เช่นยุค late Pleistocene ตั้งแต่ 25,000 - 10,000 ปีที่ผ่านมา โลกปกคลุมไปด้วยความหนาวเย็น (Roberts, 2000) หรือช่วง little ice age ที่เกิดขึ้นประมาณ AD 1400-1850 ทำให้ประเทศต่างๆในยุโรปประสบกับภาวะที่หนาวเย็น แต่ก็มีบางช่วงที่สภาพภูมิอากาศแห้งแล้งทำให้เกิดความขาดแคลนในเรื่องอาหาร ที่เรียกว่า a medieval warm period ระหว่างปี AD 1100 - 1300 (Houghton, 1997) และสาเหตุที่ทำให้โลกร้อนขึ้นอีกประการหนึ่งที่สำคัญก็คือจากกิจกรรมของมนุษย์

สาเหตุที่ทำให้บรรยากาศของโลกร้อนขึ้นนั้นมีข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์พอเพียงว่าสาเหตุที่สำคัญที่สุดคือจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์นั่นเอง เช่นการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ Mauna Loa เกาะฮาวาย พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Drake, 2000) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่นพื้นที่เกษตร ที่อยู่อาศัย และเขื่อน เป็นต้น ดังนั้นพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเคยเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แหล่งใหญ่ของโลกกลับกลายเป็นแหล่งปลดปล่อยที่ยิ่งใหญ่ ขณะที่ไฟเผาไหม้ยังก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ ความต้องการข้อมูลที่หลากหลายเพื่อที่จะช่วยกันอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีด้วยกันหลายระดับ เช่นหากต้องการทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในช่วงไม่เกิน 100 ปี ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถที่จะนำมาดูแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน หรืออุณหภูมิได้ ข้อมูลในลักษณะนี้ประเทศที่กำลังพัฒนาจะมีปัญหามาก เช่นประเทศไทยเพิ่งเริ่มบันทึกข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2494 ดังนั้นเพื่อต้องการอธิบายถึงสภาพแวดล้อมในอดีตคงปฏิเสธไม่ได้ที่ต้องหาข้อมูลตัวแทนอย่างอื่นมาช่วยในการอธิบายและยืนยัน เช่น ข้อมูลที่มีการบันทึกในประวัติศาสตร์ ข้อมูลทางโบราณคดี ข้อมูลจาก ice core ข้อมูลจากการทับถมตะกอนในทะเลสาบ (Varve) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลด้านพืชและสัตว์ ได้แก่การศึกษาซากฟอสซิล การศึกษาเรณูวิทยา และการศึกษาจากวงปีไม้ โดยที่หลักฐานแต่ละประเภทจะมีคุณค่าในตัวที่แตกต่างกัน (Roberts, 1998)

ไม้สน Bristlecone pine (*Pinus longaeva*) เป็นไม้ที่มีชีวิตที่อายุมากที่สุดในโลกที่ White Mountain, Sierra Nevada ในตะวันตกเฉียงเหนือของอเมริกา ซึ่งมีการนับวงปีรวมกันทั้งส่วนของไม้ที่มีชีวิตและไม้ที่ตายแล้ว ได้จำนวนวงปีถึง 9000 ปี (<http://www.sonic.net/bristlecone/dendro.htm>) ซึ่งหมายถึงว่าย้อนไปถึง 7,000 ปี จนถึงปัจจุบันยังมีความหวังว่าหากได้ย้อนกลับไปถึง 8,000 ปี จะเป็นช่วงเวลาที่สำคัญมากเพราะเป็นช่วงสุดท้ายของยุคน้ำแข็ง (Ice Age) ซึ่งสิ้นสุดไปเมื่อ 10,000 ปีที่ผ่านมา ข้อมูลที่ได้นี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิทยาศาสตร์มาก เพราะเป็นหลักฐานบ่งบอกสภาพความแห้งแล้งความชุ่มชื้นในพื้นที่นั้นได้เป็นอย่างดี นี่เป็นข้อได้เปรียบของประเทศเขตร้อน เขตอบอุ่น และทั่วโลก ที่มีความชัดเจนของสภาพอากาศ และทำให้มีตัวอย่างของต้นไม้จำนวนมากที่มีศักยภาพในการศึกษาเรื่องวงปีไม้

เขตภูมิอากาศแบบเขตร้อนขึ้นต้นไม้มีการเจริญเติบโตเกือบตลอดปี จึงทำให้ไม่มีการสร้างวงปีที่ไม่ชัดเจน วงปีหรือวงเจริญเติบโตนี้หากเกิดขึ้นกับไม้ชนิดใด ความกว้าง-แคบของวงปีสามารถที่จะอธิบายถึงสภาพ

แวดล้อมในพื้นที่นั้นๆได้ เช่น การเกิดภาวะแห้งแล้ง โรคแมลงระบาด ไฟป่า เป็นต้น เพราะสภาพแวดล้อมต่างๆ จะถูกบรรจุไว้ภายในต้นไม้ซึ่งแสดงออกมาให้เห็นจากร่องรอยของขนาดวงปีนั่นเอง นี่คือความสามารถพิเศษอย่างหนึ่งของต้นไม้ การบันทึกสภาพแวดล้อมจะยาวหรือสั้น ขึ้นอยู่กับอายุต้นไม้ ประเทศไทยเพิ่งเริ่มมีการศึกษาวิจัยด้านวงปีไม้ ดังนั้นจึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทราบถึงสภาพภูมิอากาศในอดีตที่ผ่านมาของประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงภูมิหลัง สิ่งแวดล้อมในอดีต เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับสภาพในปัจจุบัน และคาดการณ์ไปในอนาคต เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ต่างๆของโลก ดังนั้นวงปีไม้จึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยอธิบายถึงสภาพภูมิอากาศในอดีต โดยเฉพาะลมมรสุมเขตร้อนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของภูมิอากาศโลกที่หากเข้าใจแล้วก็จะเกิดความเชื่อมโยงในการอธิบายสภาพภูมิอากาศโลกต่อไป ประเทศไทยมีไม้ไม่กี่ชนิดที่สามารถนำมาศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ได้ เช่น ไม้สักและไม้สน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สัก เป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ที่มีคุณภาพดีและมีความนิยมที่นำมาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือนเป็นระยะเวลานาน ส่วนไม้สนเป็นไม้ที่ขึ้นอยู่ตามป่าต้นน้ำลำธาร พื้นที่ป่าของประเทศไทยลดลงอย่างมากในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะเร่งดำเนินการศึกษาทั้งตัวอย่างไม้ที่มีชีวิตอยู่ ตัวอย่างไม้ที่ถูกตัดอยู่ในพื้นที่ และไม้จากอาคารสิ่งก่อสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อต้องการสร้างและขยายเส้นดัชนีไม้สักและไม้สนในประเทศไทย
- 1.2.2 เพื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศ ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติต่างๆ เช่น เอลนีโญ กับความกว้างของวงปีไม้
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของวงปีไม้ต่างชนิดกันกับสภาพภูมิอากาศ
- 1.2.4 เพื่อต้องการสร้างเส้นน้ำฝนและอุณหภูมิในอดีต
- 1.2.5 เพื่อที่จะอธิบายสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในอดีต เปรียบเทียบ อธิบายกับสภาพภูมิอากาศโลก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาจะเป็นพื้นที่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่าชุมชน ป่าอนุรักษ์ต่างๆ ทั้งเขตอุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ที่มีสภาพป่าธรรมชาติของไม้สักและไม้สนที่สมบูรณ์ ได้แก่ พื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ ชร.16 และ หน่วยต้นน้ำโป่งสลิ อ.แม่สรวย จ. เชียงราย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน อ. เมือง จ. แม่ฮ่องสอน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดอยเชียงดาว อ.เชียงดาว จ. เชียงใหม่ พื้นที่โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อ.แม่แจ่ม จ. เชียงใหม่ อุทยานแห่งชาติพุเตย จ. สุพรรณบุรี และป่าชุมชนบ้านโรง จ. เพชรบุรี

1.3.2 ขอบเขตของตัวแปร

- 1) ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ขนาดความกว้างของวงปีไม้ และอายุของไม้ทั้งไม้สักและไม้สน
- 2) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้แก่ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา และดัชนีสภาพภูมิอากาศ MEI, SOI, SST และ NINO4

1.4 การดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย ประกอบไปด้วย 4 ส่วนอย่างกว้างๆคือ

- 1.4.1 การติดต่อประสานงานกับหน่วยงานราชการที่ดูแลในแต่ละพื้นที่ที่จะขออนุญาตในการเก็บตัวอย่าง ในส่วน
- 1.4.2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยรวม และของประเทศ
ไทย การวิจัยด้านวงปีไม้จากแหล่งต่างๆ
- 1.4.3 การเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา
- 1.4.4 การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ
- 1.4.5 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ผล
- 1.4.6 การเขียนรายงานและบทความตีพิมพ์ในวารสารในและต่างประเทศ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ดัชนีไม้ทั้งไม้สักและไม้สน
- 1.5.2 การขยายความยาวของเส้นดัชนี
- 1.5.3 การบ่งบอกสภาพภูมิอากาศจากดัชนีวงปีไม้
- 1.5.4 การอธิบายการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
- 1.5.5 การสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่

1.6 ประโยชน์ที่จะได้จากโครงการงานวิจัย

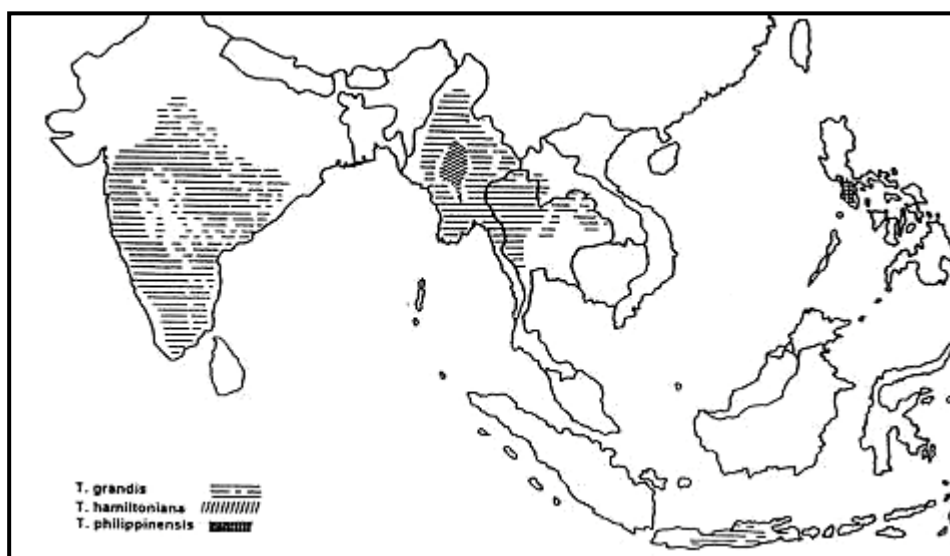
- 1.6.1 การวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอดีตโดยใช้ระยะเวลาค่อนข้างยาวนาน (มากกว่า 100 ปี) โดยใช้วงปีไม้สักและไม้สนเป็นตัวบ่งชี้
- 1.6.2 การวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทดสอบโมเดลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศถึงความแม่นยำ
มากน้อยเพียงไร โดยใช้โมเดลนั้นมา verification กับดัชนีวงปี
- 1.6.3 การวิจัยนี้สามารถเพิ่มผลผลิตทางป่าไม้ โดยพิจารณาจากการตอบสนองของพืชต่อปริมาณน้ำฝน
และอุณหภูมิ
- 1.6.4 การวิจัยนี้สามารถใช้ในการจัดการป่าไม้ โดยได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศของป่าไม้ใน
อดีตเพื่อเปรียบเทียบกับการทำลายหรือการใช้ประโยชน์จากอดีตกับปัจจุบันได้
- 1.6.5 เพื่อใช้ข้อมูลพื้นฐานจากการวิจัยเชื่อมโยงไปสู่การศึกษาในศาสตร์อื่นๆ เช่นการวิวัฒนาการการ
ดำรงชีวิตของมนุษย์ในอดีต การใช้ทรัพยากรป่าไม้ เป็นต้น

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การกระจายตัวของไม้สักตามธรรมชาติ

ไม้สัก จัดอยู่ในสกุล (Genus) *Tectona* อยู่ในวงศ์ *Verbenaceae* ปัจจุบันได้เปลี่ยนมาอยู่ในวงศ์ *Lamiaceae* มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ *Tectona grandis* , *T. hamiltoniana* และ *T. philippinensis* การกระจายตัวตามธรรมชาติครอบคลุมเพียงพื้นที่บริเวณเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ประเทศอินเดีย พม่า ลาว กัมพูชา และประเทศเวียดนาม นอกจากนี้ยังพบที่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย และสุราเวซี ประเทศฟิลิปปินส์ ในประเทศมาเลเซียไม่พบแหล่งไม้สักตามธรรมชาติ (Lamprecht, 1986) (รูปที่ 2-1) ไม้สักขึ้นได้ในความสูงที่แตกต่างกันเช่นบริเวณภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทยระหว่าง 100-900 เมตรระดับความสูงจากน้ำทะเล (MSL) ในประเทศอินเดียปกติจะพบอยู่ระหว่าง 400-800 เมตรระดับความสูงจากน้ำทะเล บางครั้งอาจจะพบอยู่ในบริเวณที่มีความสูง 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ในประเทศพม่าพบอยู่ระหว่าง 900-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล หรือในบางครั้งอาจสูงถึง 1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล (Dahms, 1982)

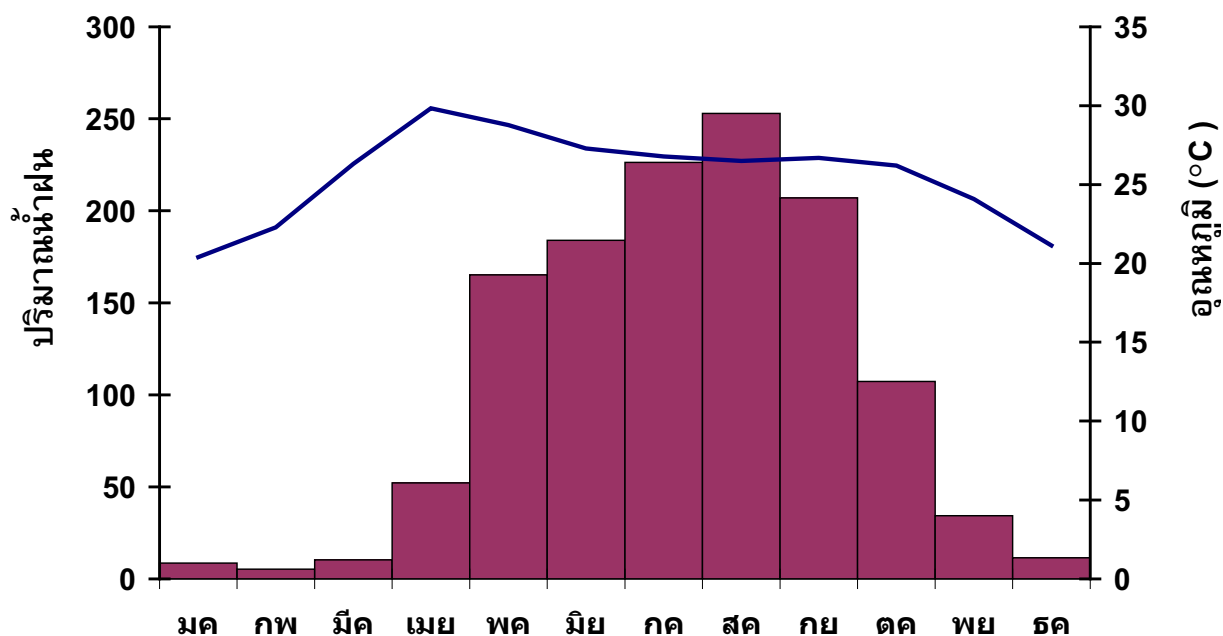


รูปที่ 2-1 การกระจายตัวตามธรรมชาติของไม้สัก

2.2 การกระจายตัวและลักษณะที่สำคัญของไม้สักในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน ระหว่างเส้นละติจูดที่ $5^{\circ} 1/2'$ ถึง $20^{\circ} 1/2'$ เหนือ และเส้นลองจิจูดที่ $97^{\circ} 1/4'$ ถึง $105^{\circ} 1/4'$ ตะวันออก ลักษณะที่ตั้งเช่นนี้ทำให้ประเทศไทยได้รับ อิทธิพล จากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาความชื้นจากทะเลอันดามัน และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดพาความหนาวเย็นและความแห้งแล้งมาจากประเทศจีน ทำให้บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางของ

ประเทศไทย มี 3 ฤดูกาล คือฤดูร้อนที่เริ่มต้นประมาณเดือน มีนาคม - มิถุนายน ฤดูฝนเริ่มต้นประมาณเดือน กรกฎาคม - ตุลาคม และฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณเดือน พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ (รูปที่ 2-2)



รูปที่ 2-2 แผนภูมิปริมาณน้ำฝนในคาบ 90 ปี (พ.ศ. 2454-2546) และอุณหภูมิ ในคาบ 52 ปี (พ.ศ. 2494-2546) ประเทศไทย

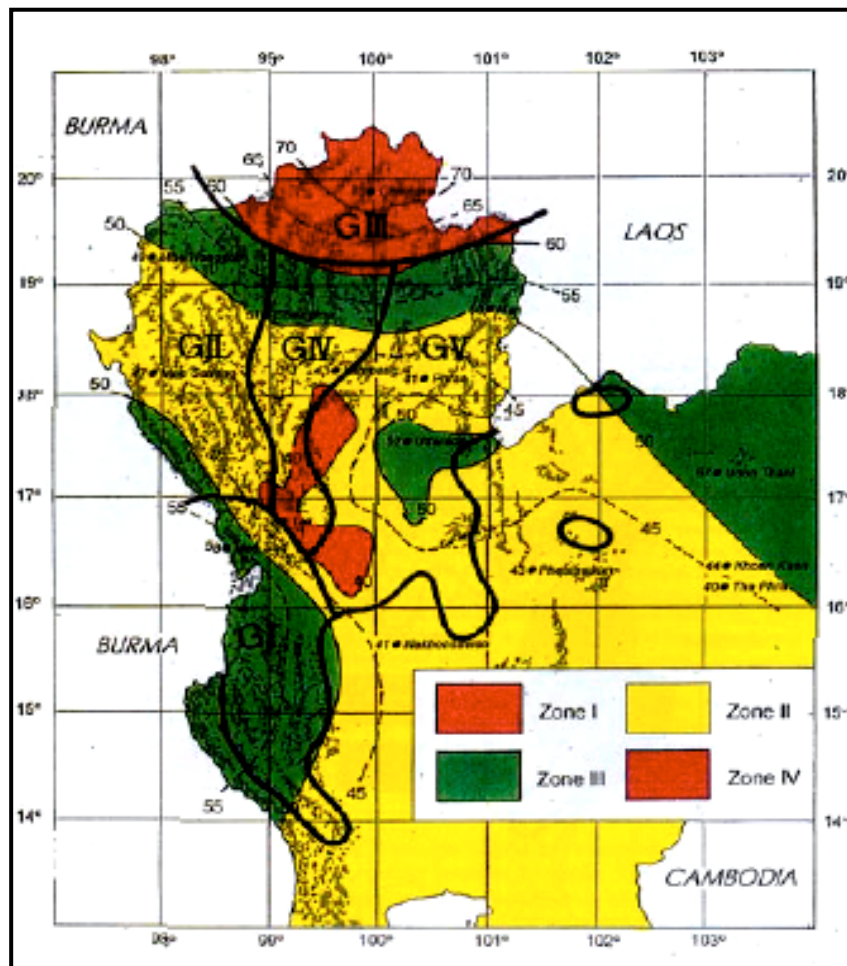
ลักษณะอากาศเช่นนี้เองทำให้ พื้นที่ดังกล่าว จัดว่าเป็นเขต ป่าชาวนา คือมีช่วงของฤดูที่ชุ่มชื้นและ ฤดูที่แห้งแล้งชัดเจน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สนับสนุนต่อระบบนิเวศป่าไม้เบญจพรรณ และไม่ป่าเต็งรัง

ไม้สักขึ้นอยู่ในป่าเบญจพรรณ ในประเทศไทยไม้สักขึ้นได้ดีตามสภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขา ตั้งแต่ บริเวณชายแดนพม่าจากระดับน้ำทะเลประมาณ 100-900 เมตร ไม้สักเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่ที่มี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1200 มิลลิเมตร อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ไม้สักขึ้นได้ดีกับดินแทบทุก ชนิด ดีที่สุดกับดินที่ไม่อุ้มน้ำเพราะไม้สักไม่ชอบดินที่น้ำชุ่มขัง จะพบไม้สักเพียงชนิดเดียวในดินประเภท ตะกอน (Alluvium) (รูปที่2-3)

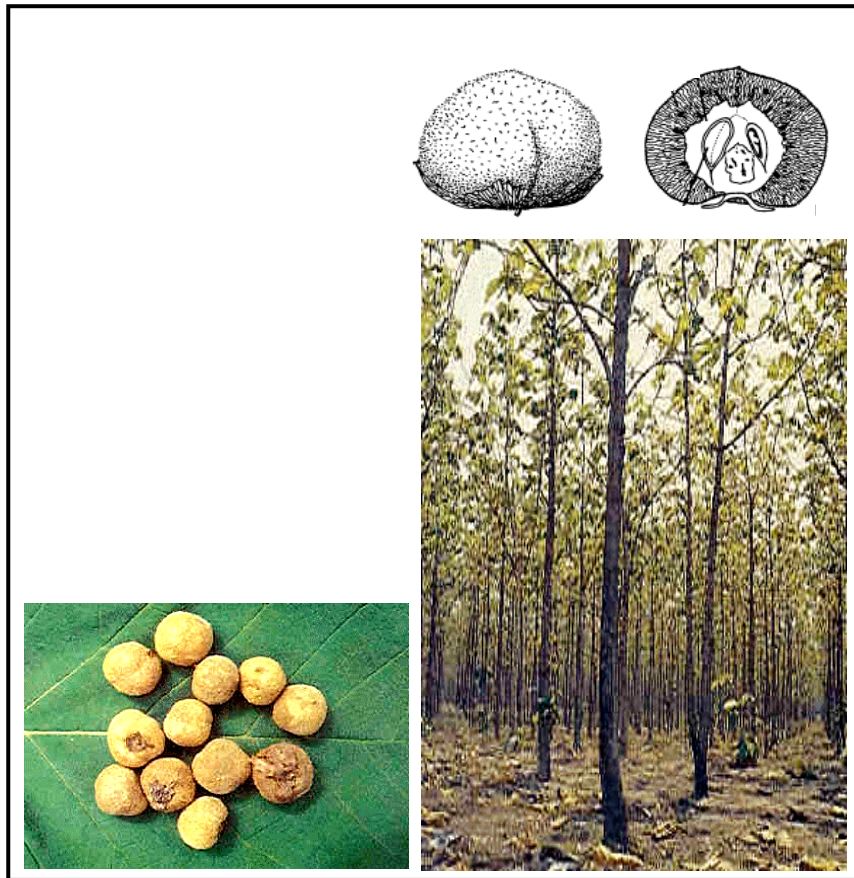
ในสภาพทั่วไปของไม้สักจะผลัดใบประมาณเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ ขึ้นอยู่กับพื้นที่และสภาพ ภูมิอากาศ ใบใหม่จะผลิเมื่อเริ่มต้นฤดูฝนประมาณปลายเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ดอกสักจะออกประมาณ เดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ผลสักจะเกิดประมาณเดือนสิงหาคมถึงกันยายน เดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ผลจะเริ่มแก่ แต่ทั้งนี้ช่วงเวลาอาจจะมีความคลาดเคลื่อนบ้างขึ้นอยู่กับพื้นที่ ต้นสักจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในช่วงระยะแรก ออกดอกครั้งแรกเมื่ออายุประมาณ 5-6 ปี ต้นสักสามารถที่จะแตกหน่อได้ ในการปลูกสร้าง สวนป่าไม้สักมักจะใช้วิธีการเพาะเมล็ดแล้วปล่อยให้โตประมาณ 1 ฟุต ต่อจากนั้นจะตกแต่งให้เหลือแต่หน่อ และสามารถนำไปปลูกในพื้นที่ที่เตรียมปลูกได้ (รูปที่2-4) ปกติลำต้นสักจะไม่กลมตรง พบไม้บ่อยนักที่ต้นสัก จะสูงถึง 45 เมตร และมีเส้นรอบวงประมาณ 2 เมตร ต้นสักเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีกิ่งก้านน้อย เปลือกจะ แตกเป็นร่อง ใบตรงกันข้ามมีก้านใบสั้นๆ ใบเป็นรูปรีหรือรูปไข่ ต้นสักที่ยังเล็กอยู่จะมีใบขนาดใหญ่ประมาณ 35-40 เซนติเมตรและมีขนที่ใบ ในพื้นที่ที่ฤดูแล้งเด่นชัดต้นสักจะทิ้งใบยืนต้น ดอกสีขาวขนาดเล็กเป็นช่อจะ

พบบริเวณปลายยอด เมล็ดสักแข็งมีสีน้ำตาลและมีขน ระบบรากของไม้สักเป็นระบบที่มีรากแก้วและรากฝอย รากฝอยแผ่กว้างใต้ผิวดินไม่ลึกนัก เนื้อไม้มีสารประกอบได้แก่ Lapachol, Tectochinon, Resin, Oil, Cautschuk, Tricalcium phosphat, Silica acid และ color (Sanderman & Dietrichs, 1959) ส่วนเนื้อไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ (Sapwood) กว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร มีสีเหลืองอมขาว ถึงเทา แก่นไม้ (heartwood) มีสีเหลืองถึงน้ำตาลเข้ม จัดเป็นไม้มวงปี (ring porous) ถึง กึ่งวงปี (halb-ring porous) ท่อลำเลียงน้ำ (pore) ในบริเวณไม้ต้นฤดู (earlywood) ปกติจะเกิดเดี่ยวเป็นระเบียบ parenchyma กั้นระหว่างวงปี (รูปที่ 2-5 และ 2-6) ในส่วนของท่อลำเลียงน้ำในช่วงปลายฤดูฝนส่วนใหญ่จะเกิดการอุดตันโดยสาร Tylose ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตของเซลล์ parenchyma บริเวณผนังเซลล์สร้างยื่นเข้ามาบริเวณด้านใน ไม้สดจะมีกลิ่นหืน (Dahms, 1982, Wagenfuehr & Scheiber, 1985) ไม้สักเป็นไม้ที่มีความคงทนมาก

ปัจจุบันจากรายงานสถิติการป่าไม้ของกรมป่าไม้ (2542) พื้นที่ป่าไม้เบญจพรรณในประเทศไทย เหลืออยู่ประมาณ 44,056.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 34 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด (พื้นที่ป่าไม้ในปี 2542 เท่ากับร้อยละ 25.28 ของพื้นที่ประเทศ) ซึ่งส่วนมากมีไม้สักกระจายตัวตามธรรมชาติ



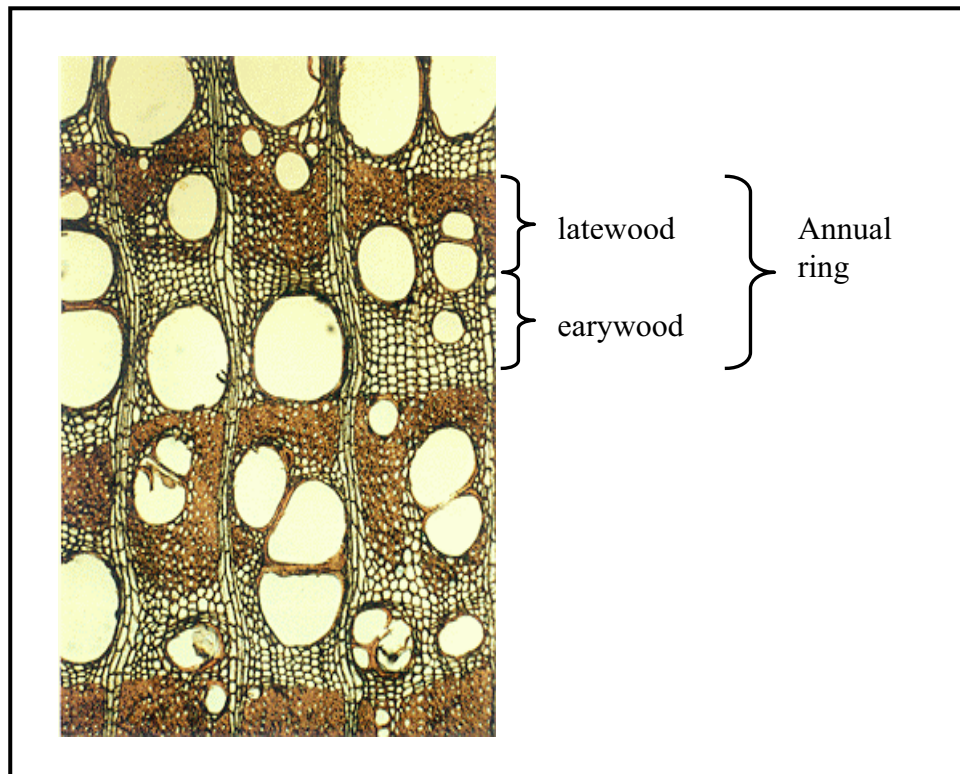
รูปที่ 2-3 การกระจายตัวของไม้สักในประเทศไทย



รูปที่ 2-4 ลักษณะต่างๆของไม้สัก



รูปที่ 2-5 ผิวหน้าของไม้สัก



รูปที่ 2-6 ลักษณะทางกายวิภาคของไม้สัก

Phanijkul (1999) และสำนักวิชาการป่าไม้ (2537) ได้กล่าวถึงปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของไม้สัก ดังนี้

- ปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดิน

จากการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ไม้สักสามารถเจริญเติบโตได้ พบว่า อยู่ในช่วง 500-5,000 มิลลิเมตร/ปี แต่ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไม้สักมากที่สุด คือ ประมาณ 1,270-3,800 มิลลิเมตร/ปี และต้องมีช่วงเวลาที่ฝนแล้งทั้งช่วงประมาณ 3-4 เดือน นอกจากนี้ ดินจะต้องมีระดับความชื้นอยู่ในระดับที่อึดตัวนาน 8 สัปดาห์

- อุณหภูมิ

ไม้สักสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 2-48 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 13-40 องศาเซลเซียส จากการศึกษาของ Kaosa-ard (1992) พบว่า ลูกไม้สักสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 30/25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน) แต่หากอุณหภูมิต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส ไม้สักจะหนาขึ้นและจะหยุดการเจริญเติบโต นอกจากนี้ สภาพน้ำค้างแข็ง (Frost) เป็นปัจจัยจำกัดต่อการกระจายพันธุ์ของไม้สัก มีผลทำให้เกิดการตายจากยอดลงสู่ลำต้น (Die-Back)

- แสงสว่าง

ไม้สักเป็นไม้ที่ต้องการแสงในการเจริญเติบโต (Light Demander) ปริมาณแสงที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงร้อยละ 75-100 ของปริมาณแสงที่ได้รับเต็มที่ในช่วงเวลากลางวัน จากการศึกษาของ Kaosa-ard (1992) พบว่า ระยะเวลาที่รับแสงในช่วงเวลากลางวันมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกไม้สักน้อยมาก

- ดิน

ไม้สักสามารถเจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิด แต่คุณสมบัติและความลึกของชั้นดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก โดยดินที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไม้สักจะต้องเป็นดินลึก สามารถระบายน้ำได้ดี มีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในช่วง 6.5-8.0 นอกจากนี้ จะต้องมีความชื้นและฟอสฟอรัสในดินสูง ซึ่งดินที่ไม้สักสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ ดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินภูเขาไฟ เช่น หินอัครี หินแปร และหินตะกอน จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของดินป่าสักในประเทศไทย พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.1-7.3

- ลักษณะภูมิประเทศ

ระดับความสูงที่สามารถพบไม้สักขึ้นได้เองตามธรรมชาติ คือ 200-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่สำหรับไม้สักในประเทศไทย พบว่า สามารถขึ้นได้ที่ระดับความสูง 100-900 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

นอกจากนี้ ระดับความลาดชันของพื้นที่ (Slope) ต้องไม่เกินร้อยละ 15 เนื่องจากพื้นที่ที่มีความลาดชันมากเกินไปจะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของชั้นดิน และส่งผลให้มีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก

ทิศด้านลาด (Aspect) มีผลต่อการรับแสงและปริมาณความชื้นในดิน พบว่า ไม้สักที่เจริญเติบโตทางทิศเหนือและทิศตะวันออกมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงดีกว่าไม้สักที่เจริญเติบโตในบริเวณด้านลาดทิศใต้และทิศตะวันตก

- ไฟป่า

ไฟป่ามีผลต่อการกระจายพันธุ์ของไม้สักสูง โดยระยะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ ระยะที่เป็นไม้ขนาดเล็ก กล้าไม้ และลูกไม้ นอกจากนี้ ไฟปายังมีผลทำให้ไม้สักลดการเจริญเติบโตลงร้อยละ 50 อย่างไรก็ดี หากมีการกันไฟเป็นระยะเวลานาน ไม้สักจะลดลงและหายไปจากพื้นที่ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงขึ้น และเมล็ดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นโดยไฟจะทำให้การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติลดลง ป่าสักธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นป่าดิบได้ในที่สุด

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเป็นปัจจัยภายนอก (Exogenous Factors) ประกอบกับปัจจัยภายใน (Endogenous Factors) อาทิ อายุ และฮอร์โมน และกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ (Human Activities) จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของวงปีไม้สัก การศึกษาทางด้าน Dendroclimatology เป็นการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีไม้สักกับข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาในปัจจุบันที่ได้มีการบันทึกไว้ โดยการจัดปัจจัยภายนอกอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง ปัจจัยภายใน และกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ออกไป ดังนั้น รูปแบบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายแนวโน้มของสภาพภูมิอากาศในอดีตได้

2.3 ประวัติการใช้ประโยชน์จากไม้สัก

ล้านนาเป็นดินแดนแห่งขุนเขาและป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2531 ดินแดน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน มีพื้นที่ป่าเขารวมกันถึง 63% ของพื้นที่ทั้งหมดเฉพาะน่านมีพื้นที่ป่าเขาถึง 80% เชียงใหม่มีพื้นที่ป่าเขาเกือบ 80% แม่ฮ่องสอนและลำปางเกือบ 70% ลำพูนเกือบ 60% พะเยาเกือบ 50% ส่วนเชียงรายและแพร่เกือบ 40%

ขุนเขาที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ย่อมสะท้อนถึงลักษณะของดินและสะท้อนว่าปริมาณน้ำฝนมีมากพอเพียงในการเลี้ยงดูต้นไม้เหล่านั้น เท่ากับเป็นบ่อเกิดของแหล่งน้ำลำธารมากมาย ย่อมหมายถึงความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ ที่ส่งผลให้เกษตรกรรมที่ให้ผลผลิตอย่างดี

ซึ่งเป็นที่ประจักษ์ชัดเจนอยู่แล้วสำหรับบทบาทของภาคเหนือตอนบนในด้านนี้

การเข้ามาของบริษัทค้าไม้ของอังกฤษในดินแดนล้านนาสมัยรัชกาลที่ 5 เป็นจุดเริ่มแรกของการตัดไม้จำนวนมหาศาล ไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ทรงคุณค่าที่สุดของภูมิภาคนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สัก ซึ่งถือว่าเป็นไม้สักที่คุณค่าที่สุดในบรรดาไม้ทั้งหลาย เพราะเหตุว่าไม้สักคงทน ไม่หดหรือแตกเมื่ออากาศเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบา ปลูกไม่กัดและมีผลตายไม้สวยงามเหนือกว่าไม้ชนิดอื่น

ก่อนที่จะมีการพัฒนาการสร้างเรือจักรกลและเครื่องบิน เรือไม้เป็นพาหนะที่มีประสิทธิภาพที่สุด ไม้สักเป็นไม้ที่มีราคาสูงและเป็นที่ต้องการมาก ต่อเมื่อเรือจักรกลพัฒนามากขึ้น ความต้องการไม้สักจึงลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ไม้สักก็ยังเป็นที่ต้องการอย่างมากในแง่ของเครื่องตกแต่งภายในบ้านและอาคาร

เมื่ออังกฤษเข้ามาทางทิศตะวันตกจากชายแดนพม่า แม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่จึงเป็นจุดแรกที่มีการโค่นไม้สักมาก ต่อมาเมื่อเกิดรถไฟสายเชียงใหม่-กรุงเทพฯ ตั้งแต่ต้น พ.ศ. 2460 การขนส่งรถไฟสะดวกและรวดเร็วกว่าเดิม การค้าไม้จึงเริ่มขยายออกไปถึงลำปางและแพร่อันเป็นจุดผ่านของทางรถไฟ นับแต่นั้นมาไม้สักได้กลายเป็นสินค้าอันดับหนึ่งของล้านนา รายได้จำนวนมากที่ธุรกิจไม้สักสร้างขึ้นตกอยู่ในมือของเจ้าเมืองในล้านนา ทำให้รัฐบาลกลางตั้งกรมป่าไม้เพื่อยึดกุมอำนาจการจัดการทรัพยากรป่าไม้แต่ผู้เดียว

จากพื้นที่ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2504 รวม 320.7 ล้านไร่ พื้นที่ป่าไม้ของไทยมีจำนวน 171 ล้านไร่ (53.3%) อยู่ในล้านนาถึง 43% แต่พอถึงปี พ.ศ. 2531 พื้นที่ไม้ทั่วประเทศเหลือเพียง 90 ล้านไร่ และพื้นที่ป่าไม้ล้านนาเหลือ 31.6 ล้านไร่ หมายความว่าในช่วงเวลาเกือบ 3 ทศวรรษ ป่าไม้ในล้านนาถูกทำลายไปถึง 12 ล้านไร่ (ชเนศ เจริญเมือง, 2538)

2.3.1 ก่อนตั้งกรมป่าไม้

การจัดการป่าไม้ของประเทศไทย ตามประวัติศาสตร์แล้ว เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นตั้งแต่สมัยเริ่มตั้งประเทศไทย คือ สมัยกรุงสุโขทัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปลูกป่า ในสมัยพ่อขุนรามคำแหงนั้น พระองค์ท่านได้แขวนกระดิ่งไว้ที่ประตูวัง ใครมีทุกข์ร้อนก็มาลั่นกระดิ่งร้องทุกข์ พระองค์ท่านก็ได้สอบสวนให้ความยุติธรรม พระองค์ทรงชักนำให้ราษฎรปลูกป่า ในปี พ.ศ. 1214 นั้น พ่อขุนรามคำแหงได้ปลูกต้นตาลไว้ได้มีอายุถึง 14 ปี จึงให้ช่างสกัดหินทำเป็นแท่น ต่อแท่นศิลาอาสน์ สำหรับให้พระได้นั่งเทศน์สั่งสอนประชาชนในวันศีลวันพระ (ธรรมสวนะ) ส่วนวันธรรมดา พ่อขุนรามคำแหงก็จะได้ไปทรงนั่งเป็นประธาน ปรึกษาความบ้านความเมือง เรื่องนี้ทำให้เห็นว่า พ่อขุนรามคำแหงมีพระราโชบายที่อบรมพลนิกรของพระองค์ให้มีความรักป่า รักสวน รักการปลูกสร้าง พร้อมทั้งอบรมศีลธรรมไปด้วยในตัว และได้จารึกไว้เป็นหลักฐานที่อ้างอิงได้ว่ามีการปลูกสร้างสวนป่าในสมัยพระองค์

แต่ตลอดระยะตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานีมาจนถึงสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้น เป็นระยะเวลา 546 ปี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านการจัดการป่าไม้ เพราะ

- สมัยก่อนยังไม่ได้เห็นความสำคัญของป่าไม้ต่อการพัฒนาประเทศ

- เป็นที่เชื่อกันว่า ป่าไม้เป็นแหล่งเพาะเชื้อของโรคภัยไข้เจ็บหลายอย่าง
- ต้องการให้ราษฎรได้ทำความเจริญก้าวหน้าในด้านการปลูกข้าว, การเกษตรแต่เพียงด้านเดียว ถือว่าป่าดงนั้นเป็นของสาธารณะ ควรจะได้บุกเบิกโค่นถาง เผา เปลี่ยนเป็นนาหรือเป็นไร่เสียให้หมด
- การปกครองบ้านเมืองก็อยู่ไม่ค่อยจะสงบ จึงไม่มีเวลาที่จะคิดถึงเรื่องป่าไม้ และสมัยนั้นมองไปทางไหนก็มีแต่ป่า

จากเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงไม่ได้ควบคุมเรื่องการป่าไม้แต่อย่างใด การทำไม้ และการเก็บหาของป่า จะตัดฟัน ไร่สอย หรือซื้อขายของราษฎรจึงเป็นไปอย่างเสรีในระยะ 6 ศตวรรษที่ผ่านมา จนเมื่ออังกฤษได้ได้ครอบครองอินเดียและพม่าบางส่วนแล้ว ได้มีการทำไม้สักเป็นสินค้าออกต่างประเทศ เมื่อทราบว่ามีเมืองไทยยังมีไม้สักอยู่มาก พวกอังกฤษ พม่า และจีนในท้องถิ่นก็เริ่มตัดโค่นไม้สักในเมืองไทยส่งออกทำสินค้าไปต่างประเทศกันมากขึ้น

พ.ศ.2372 รัฐบาลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 3 เห็นว่า สมควรที่จะควบคุมกิจกรรมป่าไม้ให้เป็นกิจลักษณะโดยในระยะนั้นหรือสมัยนั้นก็มีเพียงการเก็บภาษี เรียกว่า "การเก็บภาษีขอนไม้สัก" ที่ผ่านกรุงเทพ ออกไปต่างประเทศตามจดหมายเหตุผลวันที่ 1/จ.ศ.1191 (พ.ศ.2372) ได้มีการตั้ง ขุนจำเริญรักษา ขึ้นเป็นเจ้าภาษีขอนไม้สัก และจากจดหมายเหตุผลฉบับเดียวกันนี้ทำให้ทราบว่า การทำไม้กระยาเลยบางอย่างออกมาใช้ประโยชน์ เช่น ไม้ตะแบก ไม้ตะเคียน ไม้ยาง และไม้ؤلโลก

พ.ศ. 2385 ตามจดหมายเหตุผลวันที่ 16/จ.ศ. 1204 พระยาเชียงใหม่และพระยาลำปาง บอกมายังกรุงเทพ ว่ามีชาวอังกฤษ ชาวมอญ และชาวพม่าจากเมืองเมาะลาลิง มาตัดไม้สักที่อยู่ตามชายแดนเมืองเชียงใหม่ ลำพูน และเมืองตาก แล้วก็นำเอาเงินมามอบไว้ให้ 500 เหรียญ (คงจะเป็นรูป) พระยาทั้งสองนั้นยังไม่ทราบว่า จะทำอย่างไรกับเงิน 500 เหรียญนั้นว่าควรจะได้รับหรือไม่ ไม้สักก็ถูกตัดโค่นแล้ว จึงแจ้งมายังกรุงเทพ เรื่องนี้แสดงให้เห็นว่า ชาวต่างประเทศเริ่มเข้ามามีบทบาทในการทำไม้ในปี 2385 หรือก่อนหน้านั้นแล้ว

พ.ศ.2389 ตามจดหมายเหตุผลวันที่ 68/จ.ศ. 1208 นั้น ทางกรุงเทพ ได้แจ้งให้เจ้านายทางหัวเมืองฝ่ายเหนือจัดส่งไม้สักเป็นส่วยทดแทนทองคำที่เคยส่งได้ จะเห็นได้ว่า การทำไม้และการค้าไม้ได้เกิดขึ้นในสองลุ่มน้ำเช่นกัน คือ แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาละวิน ซึ่งรวมเอาแม่น้ำเมยและแม่น้ำปายเข้าไปด้วย

การอนุญาตทำไม้ในครั้งนั้น ผู้ใดจะทำไม้สักทางภาคเหนือจะต้องไปขออนุญาตจากเจ้านายฝ่ายเหนือผู้เป็นเจ้าของป่า เมื่ออนุญาตออกให้ เจ้านายจึงเขียนใบอนุญาตลงบนใบลานให้ไว้แก่ผู้รับทำป่าเป็นคู่มือทุกราย และไม่มีข้อสัญญาอันหนึ่งอันใดเลย นอกจากคำอนุญาต "ให้ตัดไม้ในป่าดงนั้นๆ" เท่านั้นเพราะฉะนั้น ผู้รับอนุญาต (ทำไม้) จะตัดฟันไม้อเล็กหรือไม้อใหญ่ หรือทำประการใดก็ได้หมด ในระยะเวลานี้ รัฐบาลยังไม่ได้รับประโยชน์อันใดจากการทำป่าไม้สักในประเทศเลย เพราะมอบให้เจ้าผู้ครองนครภาคเหนือเป็นผู้ดำเนินการเองทั้งสิ้น

เหตุการณ์ต่างๆ ในการป่าไม้ภาคเหนือได้ดำเนินการมาอย่างซุกซลักตลอดระยะเวลาจนถึง พ.ศ. 2416 พระเจ้าอริยวิไชยหนทเป็นเจ้าผู้ครองนครเชียงใหม่และมีเจ้าพระยารัตนธิเบศน์ เมื่อครั้งยังเป็นพระนรินทรราชเสนีขึ้นมาเป็นเจ้าหลวงประจำอยู่ ณ เมืองเชียงใหม่ ได้มีการปรับปรุงวิธีการตัดไม้และเก็บค่าตอบแทน โดยได้ขอเพิ่มค่าตอบแทนเป็นส่วนแบ่งให้รัฐบาลกลางส่วนหนึ่ง สำหรับใช้ทำนุบำรุงหัวเมืองฝ่ายเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าไม้สักทางเขตชายแดนฝั่งตะวันตกของเมืองเชียงใหม่ เช่น ป่าแม่ยม, ป่าแม่เมย, ป่าท่าตาง, ป่าท่าสองยาง, และป่าแม่เมย(เข้าใจว่าเป็นป่าแม่เหย) โดยการเก็บเงินค่าตอบแทนนั้นยังคงเดิม ส่วนการขออนุญาตตัดฟันนั้นมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม คือ ผู้ตัดฟัน (หรือผู้รับสัมปทานป่าไม้) จะต้องได้ใบอนุญาตซึ่งมีตราของเจ้าผู้ครองนครประทับหนึ่งดวงจึงจะเป็นใบอนุญาต (สัมปทาน)

พ.ศ.2417 เนื่องจากเหตุการณ์อนุญาตให้ทำไม้ของผู้เป็นเจ้าของป่าต่างๆ มิได้เป็นไปโดยยุติธรรม และสมควร เนื่องจากเจ้าของป่า (ไม้สักทางเหนือ) ส่วนมากเห็นแก่ได้ มักจะให้อนุญาตซ้ำซ้อน ดังนั้นจึงมักเกิดกรณีพิพาทระหว่างผู้ขออนุญาต ผู้รับอนุญาต และเจ้านายเจ้าของป่าอยู่เนืองๆ และมีคำร้องทุกข์ของบรรดาพ่อค้าไม้หรือผู้ทำไม้ถึงรัฐบาลอยู่เสมอ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 จึงมีพระบรมราชโองการ 2 ฉบับ ฉบับหนึ่งว่าด้วย "การภาษี" ไม้ขอนสักและไม้กระยาเลย พ.ศ.2417 (จ.ศ.1236) ในพระบรมราชโองการอีกฉบับหนึ่ง มีความสำคัญว่า สัญญาที่ผู้รักษาเมืองหรือเจ้าผู้ครองนครจะทำกับชาวต่างประเทศนั้นต้องได้รับสัตยาบันจากรัฐบาลจึงจะมีผลบังคับใช้ การทำไม้สักทางภาคเหนือก็สงบเรียบร้อยชั่วคราว เหตุการณ์นี้สะท้อนให้เห็นว่า เมื่อการทำไม้สักในพม่าถูกจำกัดขอบเขตตามวิธีการป่าไม้ของ Dr. Brandis ก็ทำให้พวกเขาหันเหความสนใจมาสู่เมืองไทย และพวกเขาก็มาประสบปัญหาเกี่ยวกับเจ้านายเจ้าของป่า ถึงแม้ว่าการตัดฟันไม้อาจจะกระทำได้เหมือนในพม่า ก่อนการจัดการของ Dr. Brandis ก็ตาม

พ.ศ.2426 รัฐบาลกลางได้พยายามเจรจากับผู้ครองนครฝ่ายเหนืออีกครั้งหนึ่งหลังจากตกลงกันแล้วเมื่อ พ.ศ.2416 โดยมีส่วนควบคุมและแบ่งผลประโยชน์จากป่าไม้สักคนละครึ่งเป็นผลสำเร็จ

พ.ศ.2427 มีประกาศพระบรมราชโองการเรื่อง "การซื้อไม้ขอนสัก" .เพราะเมื่อรัฐบาลได้ทำสัญญาทางพระราชไมตรีกับประเทศอังกฤษ คนในบังคับอังกฤษก็ได้เข้ามาลงทุนทำป่าไม้มากรายขึ้น ความยุ่งยากในการทำและซื้อไม้ขอนสัก จึงบังเกิดขึ้นเนืองๆ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวจึงได้มอบให้พระเจ้านองยาเธอ กรมหลวงพิชิตปรีชากรเสด็จขึ้นไปจัดราชการที่นครเชียงใหม่ ได้ทรงเปลี่ยนแปลงให้ข้อสัตยาบันสัญญา การตัดฟันไม้ป่าขึ้นและเพิ่มเติมค่าต่อขึ้นเป็น 2 รูปี เงินค่าต่อซึ่งเจ้าพระยารัตนธิเบศร์ กับกรมหลวงพิชิตปรีชากรได้ขอขึ้นนั้น ได้เป็นของรัฐบาลกลางทั้งสิ้น

ในระหว่าง พ.ศ. 2430 ถึง 2432 เมื่อรัฐบาลได้สามารถควบคุมกิจการป่าไม้สักในมณฑลพายัพจนเป็นระเบียบรัดกุมดีแล้ว ก็มีชาวตะวันตกคนแรกเป็นชาวอเมริกัน ชื่อ Dr.Cheek ได้ขอร่วมลงทุนทำไม้สักกับรัฐบาล ปรากฏว่าประสบความล้มเหลว ต้องมีการฟ้องร้องเรียกเงินคืน และต้องรีบไม้ที่ท่าออกมาเป็นของหลวงทั้งสิ้น จากบทเรียนอันนี้ทำให้คิดกันว่า ควรจัดการให้ป่าเป็นของหลวงทั้งสิ้น

พ.ศ. 2432 ได้มีผู้ซึ่งมีความสนใจและมีความคิดเห็นการณโกลในเรื่องการป่าไม้ที่นักการป่าไม้ควรจะลึกถึง คือ พระยาดำรงราชพลขันธ์ เป็นเอกอัครราชทูตประจำกรุงเบอร์ลิน ท่านได้มีความสนใจเกี่ยวกับกิจการป่าไม้และเห็นความสำคัญของกิจการป่าไม้ที่จะเกี่ยวกับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศขึ้นมาอย่างถ่องแท้และจริงจัง จึงเสนอเรื่องผ่านกระทรวงการต่างประเทศให้มีการปรับปรุงเกี่ยวกับกิจการป่าไม้ในประเทศนี้เสียใหม่ กับได้เสนอร่างพระราชบัญญัติและระเบียบที่เกี่ยวข้องมายังกรุงเทพฯ เพื่อพิจารณาสนับสนุนข้อเสนอ ท่านก็ได้บันทึกเล่าถึงสถานการณ์ป่าไม้ในประเทศเยอรมันไว้ด้วย

พ.ศ.2435 นอกจากได้มีการแสดงว่ารัฐบาลสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวแห่งกรุงสยามนั้นมีความสนใจที่จะหาแหล่งศึกษาวิชาการป่าไม้ให้นักศึกษาไทยอยู่ แต่ยังทราบกันไม่เป็นที่ชัดแจ้งและได้มีเหตุการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำไม้ในป่าเมืองไทยหลายประการ

กรมพระดำรงราชานุภาพซึ่งในขณะนั้นดำรงตำแหน่งเสนาบดีกระทรวงมหาดไทย ซึ่งเป็นผู้ทูลเกล้าถวายความคิดเห็นและได้รับพระบรมราชานุญาตจากพระบาทสมเด็จพระจุลเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้สรรหาผู้ที่ได้รับการศึกษาทางด้านวิชาการป่าไม้มารับราชการ โดยมีแนวคิดที่จะจัดตั้งหน่วยงานด้านการป่าไม้ขึ้นในประเทศไทย และได้เจรจาขอตัว Mr. H. A. Slade เจ้าหน้าที่ป่าไม้ในกรมป่าไม้พม่า จากรัฐบาลอินเดีย Mr. H. A. Slade เดินทางมาถึงประเทศไทยในเดือนมกราคม พ.ศ.2439 ในฐานะที่เป็นผู้ที่มีประสบการณ์มากและเป็นผู้ทำงานอย่างจริงจัง เริ่มปฏิบัติงานเกี่ยวกับปัญหาไม้สักทันที

Mr. H. A. Slade ได้ทำรายงานเสนอต่อเสนาบดีกระทรวงมหาดไทย ลงวันที่ 26 มิถุนายน 2439 มีข้อความพอสรุปดังนี้

- กล่าวถึงวิธีการจัดการป่าไม้ในประเทศพม่า ที่แล้วมา
- กล่าวถึงการนอกราชฎีบังหลวงในวงการป่าไม้สยาม
- กล่าวถึงการทำป่าทั้งหมดเป็นของรัฐบาลสยาม
- กล่าวถึงการจัดตั้งกรมป่าไม้เพื่อรับหน้าที่ดูแลจัดการป่าไม้
- กล่าวถึงการสัมปทาน โดยปรับปรุงวิธีให้และวิธีการเก็บภาษีและค่าต่อ

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้รับรายงานจากกระทรวงมหาดไทยและได้มีพระราชหัตถเลขา เห็นชอบด้วยกระทรวงมหาดไทยและเห็นด้วยความคิดหรือรายงาน Mr. H. A. Slade ว่าถูกต้องดีแล้วทุกประการ กรมป่าไม้จึงได้ถูกตั้งขึ้นในวันที่ 18 กันยายน 2439 เป็นต้นมา มีชื่อภาษาอังกฤษว่า The Royal Forest Department (สำนักวิชาการป่าไม้, 2539)

2.3.2 ภายหลังตั้งกรมป่าไม้

รัฐบาลไทยได้จัดตั้ง "กรมป่าไม้" ขึ้นด้วยวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ 1) เพื่อให้มีการคุ้มครองป่าไม้ 2) เพื่อให้มีการบำรุงส่งเสริมความสมบูรณ์ของป่า 3) เพื่อจัดวางโครงการทำไม้ เพื่อให้ป่าไม้อำนวยประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ และอำนวยความผาสุกแก่ประชาชนได้มากที่สุด และยืนยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้

กรมป่าไม้ของไทยได้ดำเนินการเจรจาขอโอนกรรมสิทธิ์พื้นที่ป่าไม้ในมณฑลพายัพเป็นสมบัติของแผ่นดินในปี 2440 มีการประกาศใช้กฎหมายรักษาป่าและควบคุมการทำไม้และจัดเก็บภาษีให้รัดกุมยิ่งขึ้น รวมทั้งจัดส่งนักเรียนไทยไปศึกษาวิชาการป่าไม้ที่ Imperial Forest College เมือง เคะกูณ ประเทศอินเดีย การจัดการป่าไม้ของล้านนาจึงเข้ามาอยู่ในการควบคุมของรัฐบาลไทยอย่างเต็มที่ โดยนำหลักวิชาการป่าไม้ตามแนวของประเทศอังกฤษมาใช้โดยเน้นการรวมศูนย์การจัดการป่าไม้โดยรัฐบาลส่วนกลาง

นับตั้งแต่ล้านนาได้โอนกรรมสิทธิ์การจัดการป่าไม้แก่กรมป่าไม้แห่งราชอาณาจักรไทย ป่าได้ถูกจัดการเพื่อเศรษฐกิจเป็นด้านหลัก โดยเน้นเพียงการตัดไม้เพื่อการส่งออก บริษัทต่างประเทศ อาทิ บริษัทบอมเบย์เบอร์มา บริษัทบริติชบอร์เนียว บริษัทสยามฟอเรสต์ ฯลฯ ตลอดจนถึงบริษัทภายในประเทศและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ คือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) ได้เข้ามาสัมปทานไม้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย ซึ่งอยู่ในมือของบริษัทต่างประเทศถึง 85 เปอร์เซนต์ ส่วนที่เหลือเป็นรัฐบาลและพ่อค้าพื้นเมือง โดยในภาคเหนือตอนบนในปี พ.ศ.2521 มีพื้นที่ป่าที่มีการให้สัมปทานรวม 83,309.74 ตร.กม. ไม้สักที่ส่งออกจากประเทศสยามในปี พ.ศ.2466 เป็นจำนวน 58,309.74 ตัน และในปี พ.ศ.2467 จำนวนถึง 58,282 ตัน

นอกจากนั้น ป่ายังถูกจัดการเพื่อตอบสนองการพัฒนาด้านเศรษฐกิจในรูปแบบอื่นอีก อาทิ การให้สัมปทานไม้หมอนรถไฟ ไม้ฟืนรถไฟ เมื่อได้มีการสร้างทางรถไฟมาถึงภาคเหนือ และการให้สัมปทานชุดเหมืองแร่ในเขตป่า ตลอดจนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในช่วงเริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 เป็นต้นมา มีการสร้างถนน การสร้างเขื่อน ไฟฟ้ามาอย่างต่อเนื่อง นโยบายส่งเสริมพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออกภายใต้การปฏิวัติเขียวได้ส่งผลให้เกิดการขยายพื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจอย่างขนานใหญ่ ข้าวโพด ชิง กะหล่ำ ได้รุกร้าเข้าไปในผืนป่า ภูตอย เพื่อสนองตอบนโยบายการส่งออกของรัฐบาล

การออกกฎหมายป่าไม้ประกาศให้ป่าเป็นของรัฐ รัฐเป็นผู้จัดการป่าแต่เพียงผู้เดียว คนที่อยู่ในป่าและใช้ประโยชน์จากป่าตั้งแต่ครั้งก่อนจึงตกเป็นผู้กระทำความผิด ป่าจึงถูกเข้าใจว่าเป็น "ของหลวง" ความรู้สึกเป็นเจ้าของที่เคยจัดการดูแลป่ามาโดยตลอดเริ่มเลือนไป ชุมชนที่อยู่กับป่าได้แต่มองการทำลายป่าอย่างถูกต้องตามกฎหมายและนโยบายของรัฐโดยไม่มีสิทธิจัดการทรัพยากรใกล้ๆ บ้านของตนแม้แต่น้อย ส่งผลให้พื้นที่ป่าลดลง ปี พ.ศ.2508 มีพื้นที่ป่าไม้ภาคเหนือตอนบน 54,085,753 ไร่ (82.34%) แต่ในปี พ.ศ.2534 มี

พื้นที่ป่า 38,126,875 ไร่ (58.05%) จึงเท่ากับลดลงไปถึง 15,958,878 ไร่ และใน พ.ศ. 2542 มีพื้นที่ป่าเหลือ 25.3 % ของพื้นที่ประเทศ

การลดลงของพื้นที่ป่าทางภาคเหนือได้สะท้อนอย่างชัดเจนถึงประสิทธิผลการจัดการป่า โดยการรวมศูนย์อำนาจการจัดการไว้ที่รัฐส่วนกลาง (ชัชวาล ทองดีเลิศ, 2542)

จากสถานการณ์การทำไม้สักที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยเน้นในเรื่องการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ เพียงเนื้อไม้อย่างเดียว แต่นั่นอาจจะเป็นเพราะว่าความอุดมสมบูรณ์ของป่ายังดีอยู่และจำนวนประชากรยังมีจำกัด ความชัดเจนอย่างหนึ่งคือไม้สักเป็นไม้ที่มีคุณค่าและมูลค่าเป็นเป็นที่ประจักษ์แก่ชาวโลกมาช้านาน คาดว่าไม้สักในสมัยแรกๆถูกส่งออกไปต่างประเทศเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะประเทศอังกฤษและประเทศเยอรมัน จึงเป็นข้อที่น่าเสียดายในเรื่องการติดตามไม้เหล่านี้เพื่อประโยชน์กับงานวิจัยต่อไป

2.4 ไม้สน

ในประเทศไทยพบไม้สน 2 ชนิดคือ สนสองใบและสน 3 ใบ

2.4.1 ไม้สนสองใบ

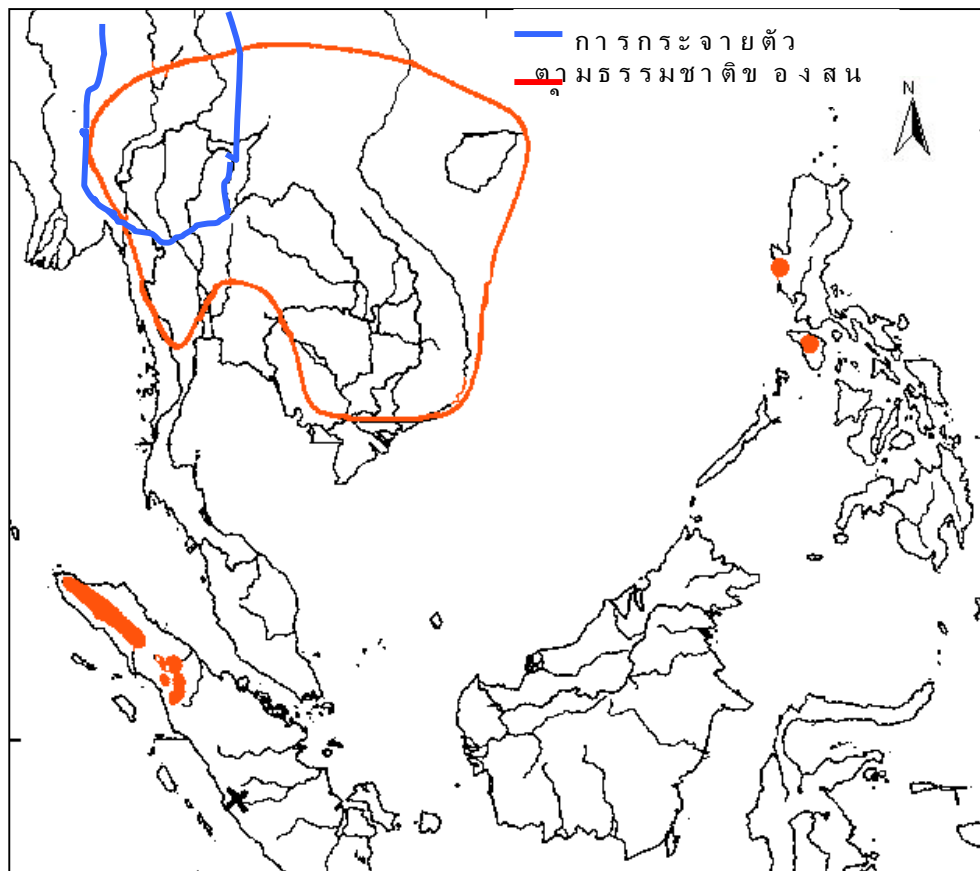
ไม้สนสองใบ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese อยู่ในวงศ์ Pinaceae อันดับ Coniferales มีชื่อสามัญ (ไทย) เกี้ยวเปลือกลำ (ภาคเหนือ) เกี้ยวเปลือกลำ (เชียงใหม่) จ้วง (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เชียงเขา (กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) โซ (กะเหรี่ยง เชียงใหม่) ใต้ (อุบลราชธานี ศรีสะเกษ) สนเขา สนสองใบ สนหางม้า (ภาคกลาง) สะรอล (เขมร สุรินทร์) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Merkus pine. (สุรีย์ ภูมิภมร และ อนันต์ คำคง (2538) , วิศาล เลิศนิตวงศ์ (2544))

ไม้สนสองใบเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ไม้ผลัดใบ ลำต้นเปลาตรง เมื่อโตเต็มที่อายุ 80-90 ปี มีความสูงประมาณ 20-40 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (สูง 1.30 เมตร) ประมาณ 50-110 เซนติเมตร เปลือกหนามีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำคล้ำ เปลือกแตกเป็นร่องลึก ใบเป็นใบเดี่ยว เล็กเรียวยาวเป็นรูปเข็ม ใบยาว 12-25 เซนติเมตร สีเขียวเข้ม ปลายใบแหลม ขอบใบหยักเล็กน้อย มีกาบหุ้มกลุ่มใบกลุ่มละ 2 ใบ ดอก (เกสร) จะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันคนละช่อดอก การออกดอกจะอยู่ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม ดอกตัวเมียจะเจริญเป็นผล ในหนึ่งปีจะให้ผลเพียงครั้งเดียว โดยผลจะแก่ในช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน ความยาวของผลเมื่อแก่ประมาณ 9-14 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร และภายในแต่ละชั้นของกลีบมีเมล็ดติดเปลือก (วิศาล เลิศนิตวงศ์ , 2544)

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

1) การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สนสองใบ

ไม้สนสองใบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินั้นมีอยู่ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศพม่า ไทย ลาว เขมร เวียดนาม เกาะซามบาลเลส เกาะมินโดโร ประเทศฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะสุมาตราในประเทศอินโดนีเซีย (Keiding, 1968) (รูปที่ 2-7)



รูปที่ 2-7 การกระจายของพันธุ์ไม้สนสองใบ-สามใบในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
ที่มา: ดัดแปลงมาจาก <http://www.conifers.org/pi/pin/>

ในประเทศไทยการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สนสองใบ มีอยู่ในพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูง โดยมียอดเขาทางภาคเหนือ และมียอดเขาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับภาคกลางมีลงมาถึงจังหวัดเพชรบุรี (สุริย์ ภูมิภมร, อนันต์ คำคง, 2538) ดังนี้

1. ด้านทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ไปจนถึงเขตติดต่อพรมแดนประเทศเมียนมา สูงจากระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร
2. บริเวณระหว่างอำเภอเมืองและอำเภอแม่สวด จังหวัดตาก
3. แถบจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี พบขึ้นกระจัดกระจายเป็นกลุ่มพื้นที่เล็กน้อยบนภูเขาที่ไม่สูงมากนัก และมีป่าเต็งรัง 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) นิเวศวิทยาของไม้สนสองใบ

ลักษณะการขึ้นของไม้สนสองใบจะขึ้นเป็นกลุ่มไม้สนสองใบล้วนๆ หรือปนอยู่กับไม้สนสามใบ หรือไม้ใบกว้างอื่นๆ ตามภูเขาที่แห้งแล้ง กระจายพันธุ์ผสมกับป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarps Forest) โดยมีไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น มีไม้เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.ex Mig.) และพลวง (*D. tuberculatus* Roxb.) เป็นไม้รองลงมา (Cooling, 1968) เป็นสังคมพืชของสังคมพลวง-สนสองใบ และสังคมเหียง-สนสองใบ แต่บางครั้งก็ขึ้นเป็นหมู่ไม้สนสองใบล้วนๆ ในพื้นที่ที่เป็นป่าสนเขา (ปรีชา ธรรมนนท์ , 2539)

ลักษณะภูมิอากาศในพื้นที่ที่พบสนสองใบขึ้นอยู่ มักอยู่ในพื้นที่แบบมรสุมที่มีช่วงฤดูแล้งสั้นประมาณ 4-5 เดือนต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,100-4,000 มม. และอุณหภูมิประมาณ 18-30 องศาเซลเซียส สนสองใบตามปกติชอบขึ้นในที่ที่มีอากาศร้อนและชื้น ส่วนในพื้นที่ที่ค่อนข้างเย็นและมีช่วงความเย็นยาวนานพอควรแต่ไม่ชื้นจัดเกินไป มักจะเป็นถิ่นกระจายของป่าสนเขา ซึ่งอาจพบสังคมที่เป็นสนล้วนๆ (กิจจา เจนการยง, 2526) สำหรับอุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายน-มกราคม อุณหภูมิจะแตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่จะมีผลต่อการออกดอกออกผลของไม้สนสองใบ (วิศาล เลิศนิธิวงศ์ , 2544)

สภาพดินของป่าสนทางเขตร้อนมีความอุดมสมบูรณ์ไม่มาก และมีความชื้นในดินน้อยกว่าป่าไม้ใบกว้าง จะพบสนสองใบอยู่บนดินที่แตกสลายมาจากวัตถุต้นกำเนิดต่างๆ กัน และมักทนอยู่ได้ในที่ค่อนข้างแห้งแล้งทั้งบนที่ราบและที่ภูเขา ดินในป่าสนสองใบส่วนมากเป็นดิน podzolic เกิดจากการสลายตัวของหินแกรนิต ดินไม่อุดมสมบูรณ์ (Keiding, 1968) ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรด pH อยู่ระหว่าง 5.5-5.7 บริเวณผิวดิน และ 4.8-5.2 บริเวณชั้นล่างถัดลงไป ดินตื้น ดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือเป็นดินทราย มีการระบายน้ำดี (วิศาล เลิศนิธิวงศ์, 2544) ในสังคมพลวง-สนสองใบ ดินส่วนใหญ่เป็นดินลูกรัง มีปริมาณ clay และ silt อยู่ในระดับสูง และมีปริมาณของโปรแตสเซียมอยู่ในระดับสูงแต่ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ แต่สำหรับสังคมเหียง-สนสองใบ ดินจะมีปริมาณ clay อยู่ในระดับสูง มีปริมาณของโปรแตสเซียมอยู่ในระดับต่ำ การที่พบไม้สนสองใบในที่ดินแล้งและแห้งแล้งมีไม่อื่นๆ ขึ้นอยู่น้อยชนิด เพราะว่าไม้สนสองใบเป็นไม้โตเร็วที่ชอบแสงสว่าง ไม่สามารถขึ้นแข่งกับไม้ชนิดอื่นได้โดยเฉพาะพวกไม้ใบกว้าง จึงต้องขึ้นอยู่ในที่โล่งกว้าง หรือที่ดินตามไหล่เขา (ปรีชา ธรรมนนท์, 2539)

ลักษณะทางด้านภูมิประเทศ สามารถพบสนสองใบได้ในพื้นที่ความสูงตั้งแต่ 30-2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล (Cooling, 1968) โดยสนสองใบที่อยู่ในสังคมพลวง-สนสองใบ จะขึ้นอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีระดับความสูงและความลาดชันอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนสนสองใบที่ขึ้นในสังคมเหียง-สนสองใบ จะพบอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีระดับสูงและตามสันเขาเป็นส่วนใหญ่ (ปรีชา ธรรมนนท์, 2539) และเนื่องจากไม้สนขึ้นได้ดีในสภาพภูมิประเทศที่ค่อนข้างเย็นและมีช่วงความเย็นยาวนานพอควร แต่ไม่ชื้นจัดจนเกินไป ทำให้พบสังคมที่เป็นสนสองใบล้วนๆ ขึ้นในพื้นที่ที่มีระดับสูง (อุทิศ ภูฏอินทร์, 2541)

2.4.2 ไม้สนสามใบ

1) ลักษณะทั่วไป

สนสามใบเป็นไม้ต้นขนาดกลางถึงใหญ่ สูง 10 – 30 เมตร โดว์ดรอบ 80 – 200 เซนติเมตร ไม่ผลัดใบ ต้นเปลาตรง เรือนยอดที่สมบูรณ์จะเป็นพุ่มกลม กิ่งแยกจากลำต้นมักบิดคดงอเป็นข้อคอก เปลือกสีน้ำตาลปนชมพูอ่อน ล่อนเป็นสะเก็ดตื้น ๆ รูปตาข่าย มักมีขนหรือน้ำมันสีเหลืองซึมออกตามรอยแตก กระพี้สีเหลืองอ่อน มีน้ำมันซึมทั่วไป แก่นสีน้ำตาลแกมชมพู (เต็ม สมิตินันท์, 2518)

ใบ เล็ก ยาวเรียวยาวเป็นรูปเข็ม ไม่แข็ง ออกเป็นกระจุก ๆ ละ 3 ใบ ยาว 10 – 25 เซนติเมตร หลังใบเป็นร่องตลอดแบบรางน้ำ ท้องใบโค้งเป็นรูปเกือกม้า ขอบใบหยักถี่ ๆ ละเอียด ปลายใบแหลม โคนใบอัดแน่นอยู่ในกระเปาะ

ดอก ดอกเพศผู้จะออกเป็นช่อสีเหลืองแบบหางกระรอก ติดเป็นกลุ่มบริเวณใกล้ ๆ ปลายกิ่ง ช่อหนึ่ง ๆ ยาว 2 – 4 เซนติเมตร ดอกเพศเมียจะออกเดี่ยว ๆ หรืออย่างมากไม่เกิน 3 ดอกตามกิ่ง เมื่อผสมพันธุ์แล้วจะค่อย ๆ เติบโตขึ้นเป็นผลต่อไป

ออกดอกระหว่างเดือน พฤศจิกายน ถึง มกราคม เป็นผลระหว่างเดือนธันวาคม ถึง มีนาคม

ผล เมื่ออ่อน ๆ อยู่มีลักษณะกลม ขนาด 5 – 8 เซนติเมตร เมื่อแก่จะแยกออกเป็นกลีบ ๆ กลีบแข็ง โคนยังติดอยู่กับแกนกลางของผล ลักษณะของผลตอนนี้จะป็นรูปกรวยคว่ำ เมล็ดรูปรี ๆ มีครีบบาง ๆ สีขาว ก้านผลยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร

ในสภาพป่าธรรมชาติที่มีสนสามใบขึ้นอยู่ พบว่าไม้สนสามใบมักขึ้นเป็นกลุ่มหรือเป็นดง มีบางแห่งขึ้นกระจัดกระจาย เนื่องจากเมล็ดของไม้สนสามใบสามารถงอกและเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ดอนมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และในที่โล่งแจ้งอันเนื่องมาจากการทำลายป่า ทำให้เรือนยอดและพื้นที่ถูกไฟไหม้ดังนั้นไม้สนสามใบจึงเป็นไม้เบิกนำชนิดหนึ่ง การงอกของเมล็ดเริ่มขึ้นหลังจากเมล็ดที่มีปีกเดียวปลิวออกจากผลที่แก่จัดตกตามบริเวณพื้นป่า เมื่อเมล็ดได้รับปริมาณความชื้นพอเพียงในฤดูฝนก็จะเริ่มงอกทันที ทั้งนี้ถ้าเป็นไปตามสภาพของพื้นที่ในป่าธรรมชาติที่สนสามใบขึ้นอยู่ส่วนใหญ่จะเป็นสันเขาซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 – 1,500 เมตร มีไม้อื่นขึ้นปะปนบ้างเช่นไม้ก่อชนิดต่าง ๆ ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้เหียง ไม้พลวง พื้นดินค่อนข้างเป็นทรายจัด เป็นดินร่วนหรือมีหินกรวด ลูกจริงปะปนอยู่มาก ชั้นของหน้าดินตื้น ตามบริเวณยอดเขาสูงสนสามใบมีการพัฒนาระบบรากดีมากเพื่อไว้สำหรับต้านทานลมและการพังทลายของดินตามธรรมชาติ (สมเกียรติ กลั่น และ คณิต รัตนวัณณ์กุล, 2536)

2) การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สนสามใบ

ไม้สนสามใบ มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติเป็นบริเวณกว้างระหว่าง 30°N และ 12°N ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้บริเวณประเทศพม่า อินเดีย ชีเบต ลาว เวียดนาม ไทย ฟิลิปปินส์ และจีน รูปที่ 2-7 สนสามใบจะขึ้นอยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 350 – 2,900 เมตร ส่วนใหญ่พบว่าอยู่ในช่วงความสูงเกินกว่า 1,000 เมตรขึ้นไป ที่ระดับความสูงที่สูงที่สุดที่สนสามใบขึ้นอยู่ สภาพภูมิอากาศจะเป็นแบบเขตอบอุ่น มีสภาพเกล็ดน้ำแข็งเกาะอยู่ ปริมาณความชื้นในดินแทบจะไม่มีหรือมีก็น้อยมากในขณะที่สนสามใบที่ขึ้นอยู่ในระดับความสูงต่ำสุด สภาพพื้นที่จะเป็นเขตร้อนชื้นหรือร้อน พื้นดินจะขาดปริมาณความชื้นเป็นเวลาหลายเดือน ชนิดดินเป็นดินที่ขาดธาตุอาหาร ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่ป่าสนทั้งหมดในประเทศไทยมีประมาณ 1.4 ล้านไร่ มีทั้งสนสามใบและสนสองใบ แต่มีสภาพป่าสนค่อนข้างดีประมาณ 175,000 ไร่ (Bryde et al, 1995 อ้างใน สมเกียรติ กลั่น และ คณิต รัตนวัณณ์กุล, 2536)

ไม้สนสามใบที่พบในประเทศไทยขึ้นอยู่ตามบริเวณเทือกเขาทางทิศตะวันตก ทิศเหนือและพื้นที่ราบสูงโคราช ดินบริเวณป่าไม้สนสามใบส่วนมากพบว่าเป็นดินร่วนและดินร่วนปนทรายเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดคือ หินแกรนิตส์และหินทราย ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในป่าสน อยู่ระหว่าง 5.5 – 5.7 ตามบริเวณพื้นผิวดิน และ 4.8 – 5.2 ตามบริเวณชั้นล่างถัดลงไป ซึ่งเกิดเนื่องจากการเปิดพื้นที่ป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอยและทำพื้นที่กสิกรรมและเกิดเนื่องจากไฟป่าที่ไหม้อยู่เป็นประจำ การเรียงตัวของชั้นดินบริเวณป่าสนในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตรจากพื้นดินจะเป็นดินร่วนปนทราย จากนั้นที่ระดับ 15-85 เซนติเมตร

จะเป็นดินทรายร่วนสีแดง มีสภาพเป็นเมือกกลมปานกลางหรือมีหินจากวัตถุต้นกำเนิดปะปนอยู่ด้วย มีการระบายน้ำดี (สมเกียรติ กลั่นกลั่น และ คณิต รัตนวัฒน์กุล, 2536)

โดยสรุปแล้วไม้สน 2 และ 3 ใบในประเทศไทยมีการกระจายเป็นบริเวณกว้างตั้งแต่ภาคใต้ จ. เพชรบุรีครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัญหาการทำลายทรัพยากรป่าไม้ทำให้ประเทศไทยสูญเสียไม้สนไปด้วย และอีกเหตุผลหนึ่งเนื่องจากประชาชนในพื้นที่ที่มีความต้องการใช้ยางไม้สน และเนื้อไม้สนเองเป็นเชื้อเพลิงที่ดี ดังนั้นจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่พบไม้สนที่มีอายุมากเหลืออยู่น้อยมาก ไม้สนเป็นไม้ที่มีระบบรากตื้นหากมีพายุรุนแรงอาจทำให้ต้นหักโค่นได้ และเมื่อต้นสนล้มโค่นในพื้นที่จะผุพังเร็วมากเนื่องจากไม้สนมีความหนาของไม้ที่มีชีวิตอยู่ (sapwood) กว้างมาก เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกิดการผุพังเร็ว ซึ่งต่างจากไม้สักที่มีเนื้อไม้ (heart wood) ที่กว้าง และมีบริเวณไม้ที่มีชีวิต (sapwood) ที่แคบ ดังนั้นเมื่อเจอไม้สักที่ถูกโค่นล้มหรือตัดทิ้งอยู่ในพื้นที่ อาจมีเพียงบริเวณเปลือกและส่วนที่ใกล้เคียงผุพังแต่เนื้อไม้ด้านในยังอยู่ในสภาพที่ดี

2.5 นิเวศวิทยาและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้

นิเวศวิทยา (ecology) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสังคมพืช ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมนอกจากเป็นแหล่งสำคัญในการป้องกันวัตถุและพลังงานที่จำเป็นให้แก่กระบวนการทางชีววิทยาของพืชแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพถิ่นที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมต่อความต้องการของต้นพืช ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ (climatic factors) ปัจจัยเกี่ยวกับดิน (soil factors) และปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ (topographic factors) (อุทิศ ภูอินทร์, 2541)

2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของต้นไม้และสิ่งแวดล้อม

การเจริญเติบโต (growth) มีความหมายอยู่ 2 ประการคือ การเพิ่มพูนขนาด และการสร้างส่วนใหม่ๆ ขึ้นมา ไม้ยืนต้นมีการเจริญเติบโตอยู่ 2 ส่วน คือ ทางความสูงและทางเส้นผ่าศูนย์กลาง การเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ซึ่งมีปัจจัย 2 อย่างที่มาควบคุมทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตแตกต่างกันไป ประการที่หนึ่งเกิดจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ และการขยายตัวของแคมเบียม และประการที่สองเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก (Kramer, 1962) ซึ่งการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของไม้ในแถบร้อนจะเจริญเติบโตแบบไม่ต่อเนื่อง แต่จะแปรผันไปตามฤดูกาล โดยทั่วไปแล้วขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

2.5.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านภูมิอากาศ

ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ มีอิทธิพลต่อสังคมพืชมาก มีบทบาทต่อการกระจายของชนิดพันธุ์และสังคมพืช ความสมบูรณ์ การเจริญเติบโตของชนิดพันธุ์พืช และความมั่นคงของสังคมพืช การเปลี่ยนแปลงในช่วงสั้นและช่วงยาว รวมถึงแบบของรูปลักษณะของพันธุ์พืช (อุทิศ ภูอินทร์, 2541) ซึ่งปัจจัยทางภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณน้ำฝน (precipitation) แสงสว่าง (light) ความชื้น (moisture) และลม (wind) เป็นต้น

ปริมาณน้ำฝน เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความชื้นขึ้นในเปลือกและลำต้น และมีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยน้ำมีผลต่อกิจกรรมของแคมเบียม ทั้งนี้เพราะน้ำทำให้เซลล์แคมเบียม ขยายขนาดขึ้น และยังมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในของต้นไม้อีกมากมายด้วยแม้แต่ในช่วงเวลาสั้นๆ (Kramer, 1962)

อุณหภูมิในอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งต่อกิจกรรมของแคมเบียม จะทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอบอุ่น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างผิดปกติ จะทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของไม้ยืนต้นเปลี่ยนแปลงได้ (รังสิมา มาระวิชัย, 2524)

แสงสว่าง ความเข้มของแสงและช่วงเวลาที่ได้รับแสง มีผลต่อกระบวนการทาง สรีรวิทยาของไม้ยืนต้นและต่อกิจกรรมของแคมเบียม (รังสิมา มาระวิชัย, 2524)

2.5.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านดิน

ปัจจัยด้านดิน เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ เช่น มีคุณสมบัติในการรักษาความชุ่มชื้นในดิน การระบายน้ำ เป็นต้น (อุทิศ กุฏอินทร์, 2541) 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 โดยจะมีผลต่อกิจกรรมแคมเบียมของไม้ยืนต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน คือปริมาณน้ำฝน ความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวพันไปถึงการซึมของน้ำ ปริมาณน้ำบาดิน (ยุทธพงษ์ ศิริมังคละ, 2542)

เนื้อดินและโครงสร้างทางธรณีวิทยา เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของพืช เพราะเป็นสิ่งช่วยให้พืชได้รับอาหาร น้ำ และเป็นที่ยึดเกาะของราก ซึ่งช่วยให้พืชทรงตัวอยู่ได้ เนื้อดินประกอบด้วยอนุภาคของ อนินทรีย์สารในภาวะเดี่ยว ซึ่งมีขนาดไม่เกิน 2 มม. โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มขนาดทราย (sand) ซิลท์ (silt) และดินเหนียว (clay) ซึ่งมีอัตราส่วนแตกต่างกันตามชนิดของเนื้อดินแต่ละประเภท (อนิวรรณ รัตนธร, 2532)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะธาตุอาหารพืชหลายชนิดอยู่ในสภาพที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถ้าภาวะความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสม

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในส่วนธาตุอาหารพืชซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการเจริญเติบโต สามารถแบ่งเป็นสองประเภทตามความต้องการใช้ของพืช คือพวกที่พืชต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโตมากเรียกว่า ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และพวกที่พืชมีความต้องการน้อยกว่า และส่วนใหญ่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติอย่างพอเพียง เรียกว่าธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอินทรีย์วัตถุซึ่งจะย่อยสลายกลายเป็นธาตุอาหารพืชต่อไป (อนิวรรณ รัตนธร, 2532)

2.5.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านภูมิประเทศ

ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ถือว่าเป็นปัจจัยที่มีผลทางอ้อมต่อสังคมพืช โดยจะมีผลต่อความแปรผันของปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ และดิน การกระจายของพันธุ์พืชบางชนิดสัมพันธ์อยู่กับปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ (อุทิศ กุฏอินทร์, 2541) ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (elevation) ความลาดชัน (slope) ทิศด้านลาด (aspect) เป็นต้น

ความสูงจากระดับน้ำทะเล เป็นปัจจัยซึ่งอาจใช้เป็นตัวกำหนดชนิดประเภท และการเจริญเติบโตของพืชพรรณ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวตั้งหรือระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล จะมีค่ามากกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวนอนหรือเส้นรุ้ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวตั้งจะเป็นไปในลักษณะที่อุณหภูมิของอากาศจะลดลงตามความสูงของพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น (Knight, 1963) โดยเฉลี่ยอุณหภูมิจะลดลง 6.5 องศาเซลเซียส ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร (วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ, 2540)

ความลาดชันของพื้นที่ เป็นลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ประการหนึ่ง เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ และปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ยืนต้น (กิตติ ศิริวัลลภ, 2516)

ทิศด้านลาด เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดินและปริมาณแสงที่ได้รับ โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่าทิศลาดทางเหนือและตะวันออกมีความชุ่มชื้นมากกว่าทิศด้านลาดทางตะวันตก และได้ ปัจจัยเกี่ยวกับทิศด้านลาดนี้อาจจะมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตทางความสูงของต้นไม้อย่างไม่ค่อยสำคัญ กล่าวคือ ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณทิศด้านลาดทางเหนือและตะวันออกจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงดีกว่าในบริเวณทิศด้านลาดทางตะวันตกและใต้ (กิตติ ศิริวัลลภ, 2516)

ปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ซึ่งโดยทั่วไปการวัดความเจริญเติบโตที่ใช้กัน คือการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือการวัดระดับความสูง ซึ่งค่าทั้งสองนี้อาจไม่ผันแปรจริงกับอายุจริงของต้นไม้ เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งและปัจจัยภายนอกต่างๆอาจเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นไม้โดยการศึกษากว้างปีจะให้ความละเอียดของผลผลิตแต่ละปี และหากในพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ใกล้เคียงมีการจดบันทึกข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาต่างๆ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้น ปัจจัยเหล่านี้สามารถนำมาศึกษากับวงปีของต้นไม้ได้โดยตรง เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลที่สุดต่อการเจริญเติบโตของสำคัญที่สุด

2.6 วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม

2.6.1 การพัฒนางานวิจัยด้านวงปีไม้

การวิจัยเกี่ยวกับวงปีไม้ (dendrochronology) มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ในช่วงประมาณ 70-80 ปีที่ผ่านมาของศตวรรษที่ 20 ในระยะแรกมีห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับเรื่องนี้ในประเทศอเมริกา และในยุโรปน้อยมาก ห้องปฏิบัติการเหล่านี้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการหาอายุของข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์และโบราณคดี (Dating historical and archeological material) ในปัจจุบันจำนวนงานวิจัยที่นับไม่ถ้วนและมาจากพื้นที่แต่ละทวีปที่แตกต่างกันมีข้อมูลมากมายและยังมีการทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง เช่นการใช่วงปีศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ (dendroclimatology) โดย Fritts (1976) และต่อมาใน ค.ศ. ที่ 1980 Schweingruber (1983a, 1988 และ 1992a) นักวิจัยที่สนใจเรื่องวิธีการศึกษาได้แก่ Kairiukstis et al. (eds.) (1987) Cook and Kairiukstis (eds.) (1990)

ต่อมาในระหว่างปี ค.ศ. 1985 การวิจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศกับความกว้างวงปีก็ได้เริ่มที่มหาวิทยาลัย นอกจากจะเป็นการจัดการเรียน การสอน และงานวิจัย ยังมีการให้ความรู้กับนักศึกษาและผู้สนใจทั่วไปเกี่ยวกับวงปีไม้ โดยจัดการศึกษาภาคสนามทุกปีในอเมริกาและในยุโรป ซึ่งเรียกว่า Field- Week เช่นเดียวกับการประชุมในระดับชาติและระดับภาคและการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ (ยุโรป-กลาง, ยุโรปเหนือ, รัสเซีย และในสวิสเซอร์แลนด์) และ

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว วารสาร "Tree-Ring Bull" ได้เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 ในประเทศอเมริกา เพื่อเผยแพร่งานวิชาการที่เกี่ยวกับเรื่องวงปีไม้

ส่วนในยุโรป Dendrochronologia เป็นวารสารที่จัดพิมพ์และสนับสนุนงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวงปีไม้ เช่นกัน

หากลำดับเกี่ยวกับการพัฒนางวงปีไม้ด้านพงศาวดารและประวัติศาสตร์จากประเทศต่างๆ ได้แก่

ตารางที่ 2-1 การพัฒนางวงปีไม้ด้านพงศาวดารและประวัติศาสตร์

ชื่อ ปี ค.ศ.	ประเทศ
● Eckstein and Wrobel, 1983	Deutschland
● Graeslund, 1984	Scandinavien
● Corona, 1983	Italien
● Liphschitz, 1986	Israel
● Wu Xinangding et al. 1987	China
● Luckmann and Innes, 1991	Canada
● Mitsuthani, 1990	Japan
● Robinson 1990, Cook 1990	USA
● Kairiukstis and Shiyatov 1990	USSR
● Park 1995	Korea

สำหรับในประเทศทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นั้น (ตารางที่ 2-2) งานวิจัยเกี่ยวกับวงปีไม้ มีการพัฒนาและขาดความต่อเนื่องในระยะเริ่มต้นคือ

ตารางที่ 2-2 งานวิจัยเกี่ยวกับวงปีไม้ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ชื่อ ปี ค.ศ.	ประเทศ
Brandis 1824-1907	นักพฤกษศาสตร์และนักนิเวศวิทยาชาวเยอรมัน
Coster 1927, 1928	นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมัน ศึกษาไม้สักที่ประเทศอินโดนีเซีย
Berlage 1931	นักอุตุนิยมวิทยาชาวฮอร์แลนด์
De Boer 1951	นักอุตุนิยมชาวฮอร์แลนด์ ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีไม้ สักจากเกาะชวากับสภาพภูมิอากาศ
Bhattacharyya et al. 1992	อินเดีย
Buckley et al. 1995	นักวิจัยชาวอเมริกา และคณะจากประเทศออสเตรเลีย ทำการศึกษาไม้สนในประเทศไทย
Pumijumnong et al. 1995	นักวิจัยไทยและคณะจากประเทศเยอรมันศึกษาไม้สักในประเทศไทย

2.6.2 ความหมายเกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านวงปีไม้

ในปัจจุบันนี้ความหมายเกี่ยวกับวงปีไม้มีมากขึ้นขึ้นอยู่กับนำไปใช้ประโยชน์ และประยุกต์ใช้กับเรื่องต่างๆ ได้แก่

1) Dendrochronology (dendro = ต้นไม้, chronos = เวลา, logos = ศาสตร์) กล่าวรวมได้ว่า คือ ศาสตร์ซึ่งใช้วงปีของต้นไม้บอกอายุที่แน่นอนทั้งในการวิเคราะห์กระบวนการทางเวลาและพื้นที่ทั้งด้านภูมิประเทศและวัฒนธรรม ซึ่งสามารถแยกออกเป็นศาสตร์ต่างๆ เฉพาะด้านคือ

dendroarchaeology: การใช้ประโยชน์จากวงปีเพื่อศึกษาถึง “เมื่อไรที่ไม้นั้นถูกตัด, ขนส่ง, ขึ้นตอน และนำมาใช้ในการก่อสร้าง” ตัวอย่าง การทราบอายุของชิ้นไม้จากสิ่งก่อสร้างที่หักพังในทางตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกาเพื่อที่จะประมาณเวลาว่าสร้างขึ้นเมื่อไร

dendroclimatology : การใช้ประโยชน์จากวงปี “เพื่อที่จะสร้างเส้นภูมิอากาศในอดีตและปัจจุบัน” ในพื้นที่ตัวอย่าง การวิเคราะห์ความกว้างของวงปีเพื่อที่ต้องการทราบว่า ปริมาณน้ำฝนมากน้อยเท่าใดที่ตกลงมาในแต่ละปีก่อนที่จะมีการเก็บบันทึกข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

dendroecology : การใช้ประโยชน์จากวงปี เพื่อที่จะศึกษาผลกระทบต่อบรรยากาศโลก ตัวอย่าง การวิเคราะห์ผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้โดยการศึกษาความกว้างของวงปีที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา

dendrogeomorphology: การใช้ประโยชน์จากวงปีเพื่อที่จะหาอายุกระบวนการบนผิวโลกที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลง และรูปแบบของภูมิทัศน์ ตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นไม้โดยศึกษาจากวงปี เพื่อที่จะหาปีที่เกิดการเลื่อนของแผ่นดิน

dendroglaciology: การใช้ประโยชน์ของวงปีเพื่อที่จะหาปีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงชั้นน้ำแข็งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตัวอย่าง การศึกษาวงปีของไม้ที่ขึ้นที่ Moraines เพื่อที่จะประมาณเวลาการเกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำแข็ง

dendrohydrology: การใช้ประโยชน์ของวงปีเพื่อที่จะศึกษาทรัพยากรน้ำ ตัวอย่าง เพื่อต้องการทราบปีที่น้ำท่วมและความต่อเนื่องของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในทะเลสาบ

dendropyrochronology: การใช้ประโยชน์ของวงปี เพื่อที่จะศึกษาช่วงเวลาการเกิดไฟป่าทั้งเรื่องของเวลาและพื้นที่ ตัวอย่าง การใช้รอยแผลที่เกิดจากไฟป่ามาทำการศึกษาความถี่ของการเกิดไฟป่าในอดีต

2) คำอื่น ๆที่เกี่ยวข้อง

วงปี : คือชั้นของเซลล์ของเนื้อไม้ที่สร้างขึ้นมามีว่าจะเป็นต้นไม้ (ไม้ขนาดใหญ่) หรือเป็นไม้ขนาดเล็กกลางในช่วง 1 ปี โดยปกติประกอบขึ้นด้วยเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางซึ่งสร้างมาในช่วงฤดูการเจริญเติบโต (เรียกว่าไม้ต้นฤดู) และ เซลล์ที่มีผนังเซลล์หนาซึ่งเป็นเซลล์ที่สร้างขึ้นมาปลายฤดูการเจริญเติบโต (เรียกว่าไม้ปลายฤดู) เซลล์ตั้งแต่ไม้ต้นฤดูที่เริ่มสร้างจนถึงเซลล์ปลายฤดูการเจริญเติบโต รวมกันเรียกว่า 1 วงปี (annual ring) ซึ่งปกติจะเจริญเติบโตเป็นรอบภายในลำต้นไม้

ดัชนีวงปี : คือความต่อเนื่องของวงปี ซึ่งอาจจะจะเป็นความกว้างของวงปี หรือค่าสูงสุดของความหนาแน่นของไม้ปลายฤดู ซึ่งถูกแปลงให้ไปเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย หรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าดัชนี 0.75 (หรือ 75) สำหรับค่าปีนั้นชี้ให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของไม้มีน้อยกว่าค่าปกติ (ซึ่งค่าปกติอาจใช้ เป็น 1 หรือ 100)

การปรับค่ามาตรฐาน: หลักเกณฑ์ในการกำจัดปัจจัยที่ไม่ต้องการในช่วงเวลาที่ยาวของคุณสมบัติจากค่าความกว้างวงปี โดยการแบ่งจากค่าที่เป็นจริงโดยการประมาณการจากค่าสถิติที่ได้จากสมการซึ่งสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นไม้ตลอดเวลาตั้งแต่ต้นไม้เริ่มเจริญเติบโต ซึ่งปกติกระบวนการนี้คือการ

กำจัดค่าความแตกต่างระหว่างไม้ช่วงที่มีอายุน้อยกับไม้ช่วงที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางสรีรวิทยาและกระบวนการต่างๆที่เกิดจากสภาพแวดล้อมของสังคมป่า

2.6.3 ช่องว่างของงานวิจัย

งานวิจัยทางด้านวงปีไม้คงมีการพัฒนาต่อไปทั่วโลก ทั้งในเขตที่มีความพร้อมทั้งวัตถุดิบ (ไม้) ผู้เชี่ยวชาญ และเครื่องมือ งานวิชาการทางด้านวงปีไม้เริ่มขยับเข้าสู่เขตภูมิอากาศแบบป่าร้อนชื้น ซึ่งในอดีตคิดว่าไม่สามารถศึกษาได้ (Bass & Vetter 1989) แต่เนื่องจากความต้องการเชื่อมต่อข้อมูลสภาพภูมิอากาศของโลก ทำให้นักวงปีไม้ (Dendrochronologist) หันมาให้ความสำคัญและพัฒนาการศึกษาในป่าร้อนชื้น และเพื่อต้องการเข้าใจถึงรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้เพื่อที่จะนำมาวางแผนการจัดการอย่างยั่งยืนต่อไป

อย่างไรก็ตาม Schweigruher (1996) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับช่องว่างของการศึกษาวิจัยไว้คือ

1) การสร้างวงปี (Tree-ring formation)

มีงานวิจัยจำนวนมากมายกกล่าวถึงระยะเวลาการสร้างวงปีในช่วงฤดูการเจริญเติบโต แต่มีงานวิจัยจำนวนน้อยที่เสนอความสัมพันธ์ระหว่างระดับเซลล์กับความรู้ในเรื่องการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับความหนาของผนังเซลล์ การทดลองในห้องปฏิบัติการและการเก็บข้อมูลในภาคสนามของไม้สนที่อายุน้อยและอายุมากและพืช angiosperm (ไม้ดอก เมล็ดมีเปลือกหุ้ม) ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันจะเป็นพื้นฐานที่แข็งแกร่งเกี่ยวกับงานวิจัยทางด้านระบบนิเวศที่ใช้วงปีไม้ในการศึกษา (dendroecological research)

2) อิทธิพลของพื้นที่ต่อการเจริญเติบโตของ xylem (The influence of a stand on the growth of the xylem)

งานวิจัยที่เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ (dendroclimatological research) มักจะละเลยเกี่ยวกับการศึกษาพลวัตของพื้นที่ศึกษา (stand dynamic) ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ภายในสังคมต้นไม้ทั้งด้านการแก่งแย่งและการช่วยเหลือ (competition และ cooperation) หรือความสัมพันธ์ลำดับของพื้นที่ศึกษา (stand hierarchy) บังคับในพื้นที่และสภาพภูมิอากาศมีน้อยมาก ในลำดับแรกของการศึกษาที่จะก้าวต่อไป ควรที่จะศึกษาและอธิบายได้ว่าปัจจัยอะไรมีการตอบสนองที่รุนแรงมากที่สุด เช่นการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างวงปีอย่างฉับพลันในต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่เดียวกัน มีความสำคัญที่ควรจะทำกราฟวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean curves) และข้อมูลที่ต่อเนื่อง (response function) ในการศึกษาหลายๆกรณีเป็นเรื่องที่ง่ายและมีความเป็นเหตุเป็นผลเกี่ยวกับงานวิจัยทางด้านระบบนิเวศโดยใช้วงปีไม้ (dendroecological research) เมื่อต้นไม้จำนวนมากแสดงผลสะท้อนในเรื่องความกดดันออกมา

3) การพิจารณาเกี่ยวกับไม้ที่มีอายุหลายปี (Consideration of all perennial wood plants)

ไม้ที่มีเนื้อไม้มีความสำคัญมากในการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ ไม้ที่มีการเจริญลำดับ 2 (secondary growth) สามารถที่จะใช้ในการศึกษาวงปี ซึ่งรวมทั้ง ไม้ใหญ่ ไม้พุ่ม ไม้แคระ ในเขตอาร์ติก อบอุ่น แห้งแล้ง และป่าชื้น ในทั้งหมดนี้ การศึกษาวงปีไม้ได้ให้ความสนใจต่อ ไม้พุ่ม และไม้แคระแกรน เพราะการศึกษาวงปีสามารถบอกอายุได้อย่างแน่นอน มวลชีวภาพ และพลวัตของชนิดของพืชหลักในทวีปนั้น และที่สำคัญสามารถที่จะทำการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับชนิดไม้ในเขตป่าร้อนชื้นได้

4) ผลกระทบจากมลภาวะที่มนุษย์สร้างขึ้นในพื้นที่ที่มีมลภาวะรุนแรงหรือในพื้นที่ที่อยู่ในบริเวณเขตปลดปล่อย (The impact of anthropogenic pollution in heavily population area or in the vicinity of emitters)

มีการศึกษาพอสมควรเกี่ยวกับการลดลงของพื้นที่ป่า "forest decline" แต่เงื่อนไขทางด้านชีววิทยาและนิเวศวิทยาสามารถที่จะใช้มาทำนายเกี่ยวกับมลภาวะที่มนุษย์สร้างขึ้นยังขาดแคลนงานวิจัย การศึกษาในห้องปฏิบัติการและในพื้นที่ที่ป่าไม้ตายอย่างชัดเจนเนื่องมาจากมลภาวะที่มนุษย์สร้าง แนวทางการศึกษาเกี่ยวกับการลดลงของป่าไม้ควรนำเรื่องนี้พิจารณาด้วย เป็นไปอย่างแน่นอนแล้วว่าวงปีไม้ได้มีความสำคัญต่อการปลูกสร้างสวนป่า และพื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานมาก่อน เพราะต้นไม้สามารถที่จะให้วงปีต่อเนื่อง

5) อิทธิพลของเงื่อนไขทางปัจจัยสภาพแวดล้อมระหว่างศตวรรษที่ 20 ต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ (The influence of environmental conditions during the 20th century on tree growth)

ในสมัยยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมมนุษย์ได้เปลี่ยนแปลงระบบนิเวศอย่างมากมาย การเจริญเติบโตของต้นไม้ได้รับอิทธิพลมาจากเทคนิคการจัดการป่าไม้ การใช้ปุ๋ย และอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การศึกษาวิจัยการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นไม้ในศตวรรษสุดท้ายกับศตวรรษที่ 20 แหล่งข้อมูลทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี สามารถที่จะนำมาเปรียบเทียบผลผลิตของป่า เป็นเรื่องที่สำคัญมากที่งานทางด้านป่าไม้สามารถนำมาศึกษาร่วมกับงานทางด้านประวัติศาสตร์และโบราณคดี

6) วงปีไม้เป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางฟิสิกส์-เคมี

การศึกษาเกี่ยวกับโลหะหนักในไม้และการวิเคราะห์ด้วย stable carbon, oxygen และ hydrogen isotopes ในการศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ กลับนำมาเป็นคำถามมากกว่าคำตอบ ตัวอย่างเช่น การศึกษาทั่วไปมักจะอ้างถึงหลักเกณฑ์ทางระบบนิเวศ เช่นความสำเร็จของการศึกษาขึ้นอยู่กับคุณภาพของตัวอย่างที่เก็บมา จึงเป็นเรื่องที่สำคัญมากที่นักชีววิทยา นักนิเวศวิทยา นักฟิสิกส์ จะทำงานด้วยกันอย่างใกล้ชิด การทำงานร่วมกันจะส่งผลให้คุณค่างานทางด้าน isotope มีมากขึ้น

7) ความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืช ดิน และการเจริญเติบโตของต้นไม้ (The relationship between plant association, soil science and tree growth)

ยังเป็นข้อสงสัยว่าการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ช่วยในการสนับสนุนหรือเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยของพืชที่แบ่งออกเป็น phytosociologist อย่างไร นอกจากนี้ยังเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะรู้เกี่ยวกับสังคมพืชที่สามารถคงทนได้หลายช่วงทศวรรษ ทั้งๆที่อาจจะมีความแตกต่างของจำนวนสมาชิก จากโครงสร้างวงปีที่ได้รับความเครียดมีความเป็นไปได้ที่จะวัดว่าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นเมื่อไรและอย่างไร เหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นอาจจะใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่ององค์ประกอบของหน่วยของพืชที่เกิดขึ้น

8) วงปีเป็นดัชนีในการชี้วัดโรคพืช (The tree ring as indicators of the processes involved in tree disease)

วงปีไม้สามารถที่จะเข้ามาเกี่ยวข้องกับส่วนของโรคพืช วงปีสามารถที่จะบอกได้ว่า อาการของโรคพืชเคยเกิดขึ้นเมื่อไร

9) การศึกษาด้านกายวิภาคของพืชเป็นพื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ (Wood anatomy as basis for all dendrochronological studies)

จนถึงปัจจุบันนี้ลักษณะทางกายวิภาคของพืชถูกใช้เพื่อการอธิบายลักษณะเดี่ยวๆของพืช ตัวอย่างการหายไปของวงปี ผลของการศึกษาเกี่ยวกับระบบนิเวศโดยใช้วงปีไม้ได้รับการสนับสนุน การทำ micro-section จะทำให้การศึกษาโครงสร้างของวงปีมีความชัดเจนมากขึ้น

10) ต้นไม้และรากกับความเครียดที่ผ่านมา (Tree and root cross-section as chronics of stress history)

การศึกษาระบบนิเวศวิทยาโดยใช้วงปีไม้เกือบทั้งหมดมุ่งประเด็นไปที่ลักษณะทางระบบนิเวศ และทางชีววิทยา การศึกษา ชิว-ฟิสิกส์ ยังเป็นเรื่องที่ไม่เคยมีการปฏิบัติ มีความเป็นไปได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบราก เพื่อที่จะบอกได้ว่าประวัติความเครียดของต้นไม้มีมาอย่างไรเกิดบางช่วงเวลาหรือทั่วพื้นที่ การศึกษาลักษณะเช่นนี้จะเป็ประโยชน์ในพื้นที่ที่ปราศจากการเก็บบันทึกข้อมูลระยะยาวทางอุตุนิยมวิทยา

11) การใช้เทคนิคแบบเก่าและแบบใหม่ในการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ (The use of old and new techniques in dendrochronology)

ร้อยละ 90 ของการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้จะเป็นการวัดความกว้างวงปี เทคนิคที่ปฏิบัติกันเป็นประจำที่มีความก้าวหน้าขึ้นคือ x-ray densitometry และวิธีอย่างง่ายคือ skeleton plotting ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สามารถจะถอดรหัสลายละเอียดของระบบนิเวศได้ซึ่งถูกเก็บไว้ในวงปีไม้ อย่างไรก็ตาม Image analysis หรือ simulation models เป็นวิธีการที่ดี ที่อยู่บนพื้นฐานของ นิเวศ-สรีรวิทยา และการศึกษาทางกายวิภาค สามารถที่จะพัฒนางานที่สำคัญทางด้านนิเวศวิทยาโดยใช้วงปีไม้ได้

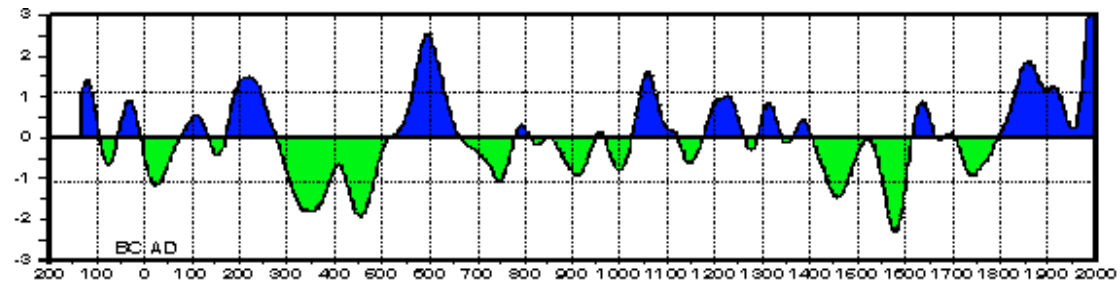
12) เครือข่ายภูมิอากาศโดยใช้วงปีไม้ (Global sampling network/global synoptic dendroclimatology)

การเปรียบเทียบผลการศึกษาสามารถทำได้เพียงเมื่อต้นไม้มาจากระบบนิเวศที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกัน ความหนาแน่นของไม้ปลายฤดูและวงปีจาก subalpine และ subpolar ซึ่งเป็นเขตสูงสุดที่ต้นไม้สามารถขึ้นได้ มาช่วยเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดไปคือ การสร้างเส้นอุณหภูมิย้อนกลับสามารถที่จะทำได้ทางครึ่งโลกซีกเหนือ เครือข่ายการเก็บตัวอย่างอย่างหนาแน่นจากไม้ที่มีชีวิตสามารถที่จะให้ข้อมูลในระดับบางเขตหรือทุกๆ 10 ปี หรือการผันแปรของอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนตัวอย่างของเครือข่ายที่มีข้อมูลเกี่ยวกับการกระจายและช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงในขอบเขตหนึ่ง ที่ไม่มีข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ยาว แต่บางครั้งเครือข่ายที่มีความยาวข้อมูลมากๆ เช่น 1000-8000 ปี ดัชนีไม้ก็ไม่มีมากนัก ความมากมายของข้อมูลทางด้านประวัติศาสตร์สามารถที่จะพบได้ในพื้นที่ซึ่งเคยเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยมาก่อน พื้นที่ที่อยู่ห่างไกลเช่น alpine เป็นแหล่งสะสมของการทับถมของแม่น้ำทางเหนือ มี subfossil wood จำนวนมาก ในอนาคตอาจมีความเป็นไปได้ที่จะมีการสร้างเครือข่ายความอ่อนไหวของเส้นน้ำฝนที่ครอบคลุมพื้นที่อย่างกว้าง เช่นทางตะวันตกของอเมริกาเหนือ ทางเหนือแอฟริกา และตอนใต้ของยุโรป ถึงแม้ว่าจะยังไม่แน่ใจว่า เครือข่ายสามารถจัดเตรียมรายละเอียดของสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องและครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางได้หรือไม่ แต่เป็นที่แน่นอนว่าสามารถที่จะแสดงการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของสภาพภูมิอากาศในระยะยาวได้

2.7 หลักการเบื้องต้นในการศึกษา Dendrochronology

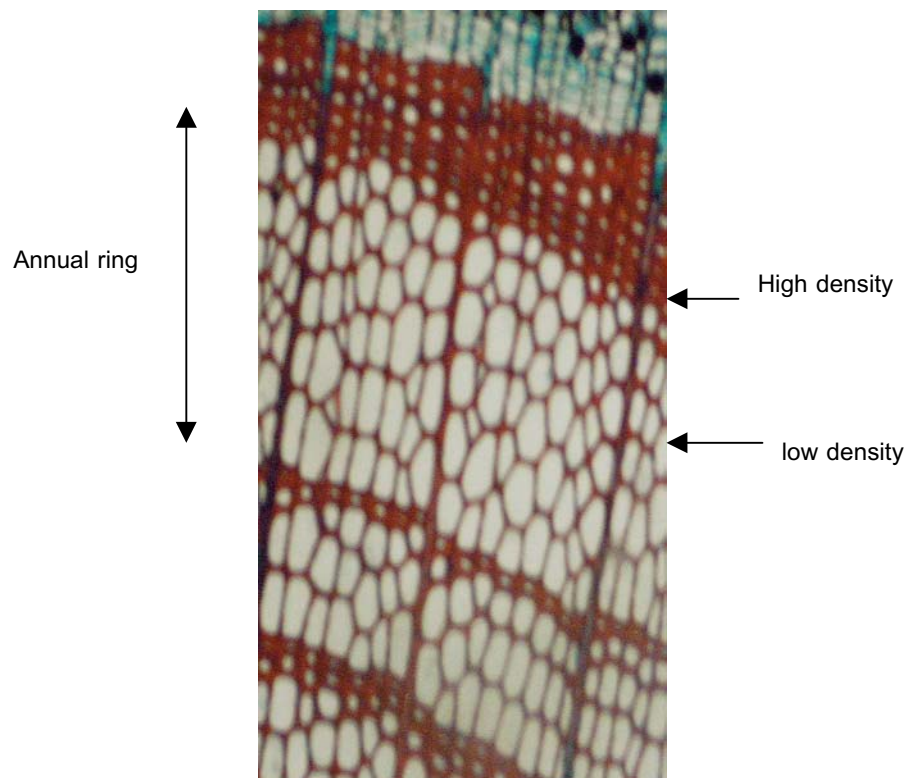
2.7.1 ความเหมือนกัน (Uniformitarian) กระบวนการทางด้านกายภาพและชีวภาพซึ่งเชื่อมโยงเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันซึ่งส่งผลให้ต้นไม้เจริญเติบโตต้องเคยเกิดขึ้นก่อนในอดีต (Fritts, 1976) หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ “ปัจจุบันคือกุญแจไปสู่อดีต : The Present is the Key to The past” ผู้ที่ได้

กล่าวประโยคไว้คือ James Hutton ในปีค.ศ. 1785 อย่างไรก็ตาม Dendrochronology ได้เพิ่มเติมความหมายในทางตรงกันข้ามคือ “อดีตคือกุญแจไปสู่อนาคต : The past is the Key to the Future” หรือในอีกความหมายหนึ่ง เมื่อทราบถึงเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมซึ่งเกิดขึ้นในอดีต (โดยการวิเคราะห์จากวงปี) เราสามารถที่จะทำนายและ/หรือจัดการ สภาพแวดล้อมในอนาคตได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 แสดงอิทธิพลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อต้นไม้ทั้งในอดีตและปัจจุบัน

2.7.2 ปัจจัยจำกัด (Limiting Factors) กล่าวคือ อัตราที่จะเกิดขึ้นได้จากกระบวนการต่างๆของพืชสามารถจะเกิดได้เร็วเท่ากับปัจจัยที่จำกัดที่มากที่สุด เช่น หากฝนเป็นปัจจัยจำกัดของพืช ดังนั้นปริมาณเนื้อไม้ที่ผลิตโดยต้นไม้ใน 1 ปี จะสะท้อนถึงปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกในพื้นที่นั้น ในปีนั้น



รูปที่ 2-9 แสดงปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้

2.7.3 ผลรวมของการเจริญเติบโตของต้นไม้ (Aggregate Tree Growth) กล่าวคือ ลำดับการเจริญเติบโตของต้นไม้แต่ละต้น สามารถที่จะแยกส่วน (decomposed) และนำไปสู่ผลรวมทั้งหมด (whole) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทั้งมนุษย์และธรรมชาติ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ตลอดเวลา ตัวอย่างวงปีของต้นไม้ที่เติบโตขึ้นในเวลา 1 ปี มีผลมาจากปัจจัยรวมต่างๆดังนี้

- 1 อายุของต้นไม้ ซึ่งเป็นเรื่องทางสรีรวิทยา
- 2 สภาพภูมิอากาศของปีนั้นที่เกิดในพื้นที่ป่านั้น
- 3 ปัจจัยภายนอก เช่น การระบาดของแมลง ทำให้เกิดใบร่วง และทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง
- 4 กระบวนการเสียอย่างอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึง

ดังนั้นหากต้องการศึกษาผลจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมปัจจัยใดมากที่สุด ควรพยายามลดปัจจัยทางด้านอื่นให้เหลือน้อยที่สุด เช่น หากต้องการที่จะศึกษาสภาพทางภูมิอากาศไว้ ปัจจัยเรื่องอายุก็ต้องพยายามที่จะกำจัดออกไป ต้นไม้ และ พื้นที่ ที่จะเลือกในการศึกษาก็ต้องเลือกให้มีข้อจำกัดของทั้งปัจจัยภายนอกและภายในของระบบนิเวศน้อยที่สุด

โมเดลของการเจริญเติบโตอยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์คือ

$$R_t = A_t + C_t + D1_t + D2_t + E_t$$

โดยที่ : “ความกว้างวงปี ที่ปีใดปีหนึ่ง (t) คือฟังก์ชัน

ของการเปลี่ยนแปลงของอายุ (A),

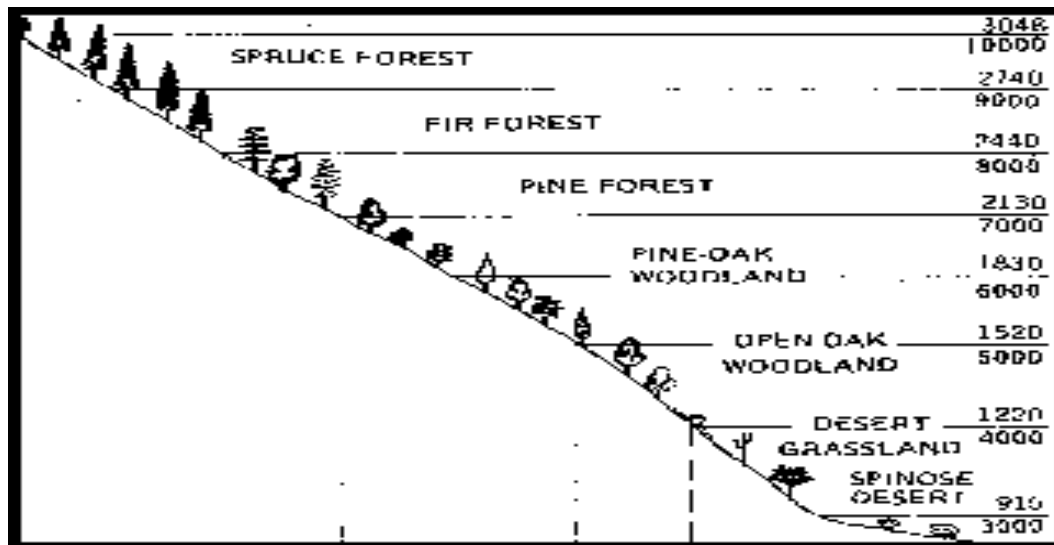
อากาศ (C),

การรบกวนจากขบวนการของพื้นที่ศึกษา (D1),

การรบกวนจากขบวนการของพื้นที่ศึกษา (D2),

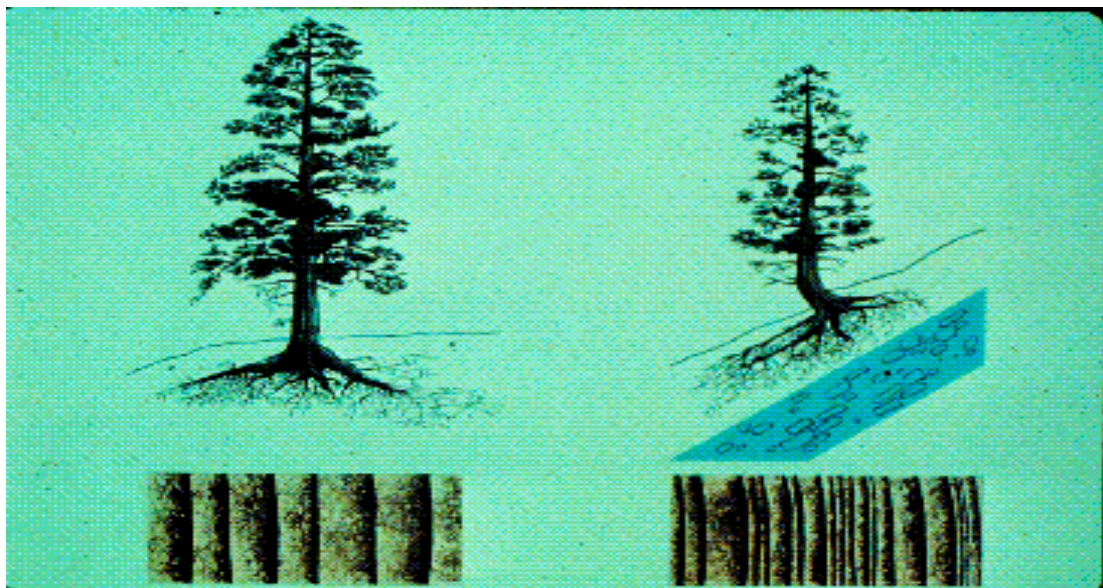
และความผิดพลาดอื่นๆ (random error) (E) ”.

2.7.4 การกระจายตัวทางระบบนิเวศ (Ecological Amplitude) กล่าวคือชนิดไม้สามารถที่จะเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ เพิ่มจำนวน ขยายไปยังพื้นที่ที่กว้าง หรือในพื้นที่ที่แคบ หรืออาจจะจำกัดอยู่ในบางพื้นที่ ตัวอย่าง ไม้สนพอนเดโรซา (Ponderosa pine: *Pinus ponderosa*) มีการกระจายพันธุ์ที่กว้างมากที่สุดของไม้สนทั้งหมด ในทางตอนเหนือของอเมริกา สามารถเติบโตในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความแตกต่างกันมาก (เช่น พื้นที่ชื้นแฉะ พื้นที่แห้งแล้ง ระดับความสูงจากน้ำทะเลไม่มากนัก หรือที่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก) ซึ่งตรงกันข้ามกับ ชิควอยักษ์ (Giant Sequoia: *Sequoiadendron giganteum*) เจริญเติบโตในพื้นที่ที่จำกัดในบริเวณพื้นที่ลาดชันทางตะวันตกของ Sierra Nevada ของ แคลิฟอร์เนีย ดังนั้น ชิควอยักษ์ มีการกระจายของระบบนิเวศที่แคบ หลักการนี้มีความสำคัญเพราะว่าชนิดพืชที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาทางด้านวงปีไม้ ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่ตามขอบของระบบนิเวศนั้นๆ เช่น ไม้สนปรูซ (*Picea glauca*) ซึ่งขึ้นอยู่บริเวณด้านเหนือสุดของเส้นรุ้ง ของแนวเขตที่ต้นไม้สามารถขึ้นได้



รูปที่ 2-10 แสดงการกระจายตัวของต้นไม้ตามระดับความสูงที่แตกต่างกัน

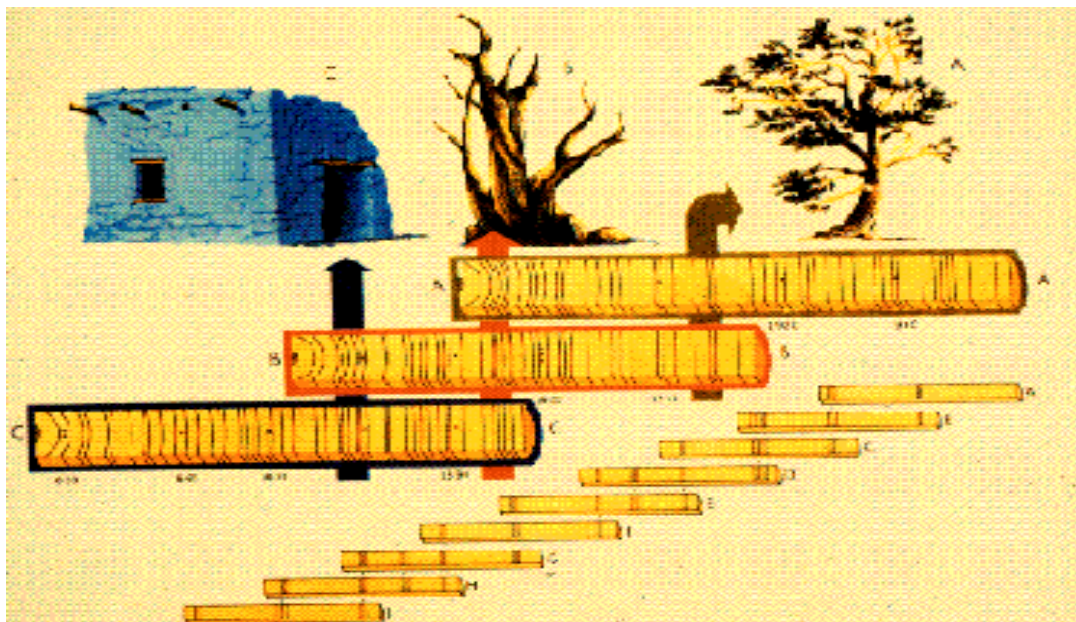
2.7.5 หลักการในการเลือกพื้นที่ศึกษา (Site Selection) การเลือกพื้นที่ที่จะเป็นประโยชน์ในการศึกษา Dendrochronology ต้องสามารถบอกได้และเลือกให้เข้ากับข้อกำหนดที่จะทำเส้นดัชนีที่ต้องการให้มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ต้นไม้ที่ตอบสนองต่อความแห้งแล้ง สามารถที่จะพบได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยจำกัด เช่นบริเวณพื้นที่ที่เป็นหินโผล่ หรือบริเวณหน้าผา ของพื้นที่ภูเขา ดังนั้นนักวิจัยไม่สนใจเกี่ยวกับเรื่องเงื่อนไขความแห้งแล้งในอดีต ควรที่จะมีเป้าหมายในการเลือกเก็บตัวอย่าง ในพื้นที่ที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด การเลือกต้นไม้ในบริเวณพื้นที่ที่ต่ำ หรือพื้นที่ที่มีความชื้น หรือมีน้ำขัง ก็จะไม่มีการสร้างวงปีที่มีความอ่อนไหวเป็นพิเศษ กับปริมาณน้ำฝน นักวิจัยไม่ต้องการเลือกพื้นที่ศึกษาที่สะท้อนผลทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ตนสนใจมากที่สุด



ที่มา: <http://www.utk.edu>

รูปที่ 2-11 แสดงความแตกต่างของวงปีไม้ในพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะต่างกัน

2.7.6 หลักเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความเหมือนกัน (Crossdating) กล่าวคือ การเปรียบเทียบรูปแบบของความกว้างวงปี หรือลักษณะอย่างอื่นเช่น รูปแบบของความเข้ม (density) ของ วงปี ความต่อเนื่องของวงปีที่แตกต่างกัน สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่าวงปีไหนที่สร้างขึ้นเมื่อไร ตัวอย่างที่สามารถบอกอายุของสิ่งก่อสร้างได้ เช่นบ้านของชาวอินเดียนแดง ที่สร้างขึ้น โดยการเทียบเคียงระหว่างตัวอย่างไม้ที่จะมาจากสิ่งก่อสร้างและตัวอย่างที่ได้มาจาก ต้นไม้ที่มีชีวิตอยู่

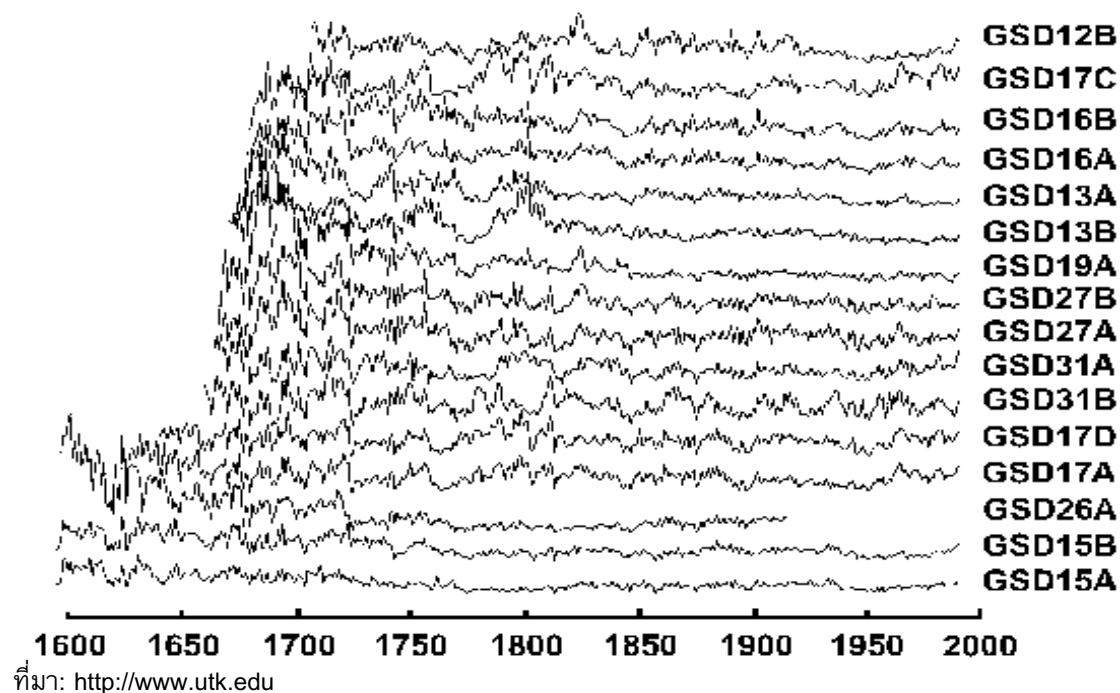


ที่มา: <http://www.utk.edu>

รูปที่ 2-12 แสดงการเปรียบเทียบความเหมือนกัน

2.7.7 การจำลองแบบ (Replication) สัญญาณจากสภาพแวดล้อมที่ต้องการศึกษาต้องเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุด และการรบกวนจากส่วนอื่นๆ (noise) ต้องน้อยที่สุด โดยการเลือกเก็บตัวอย่างจากต้นไม้ 1 ต้น มากกว่า 1 ด้านรัศมี และเลือกเก็บต้นไม้มากกว่า 1 ต้น ในพื้นที่ที่ศึกษา การที่เก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ตัวอย่างจากต้นไม้ 1 ต้น เพื่อที่จะลดความคลาดเคลื่อนของความแตกต่างในต้นไม้เดียวกัน "intra-tree variability" การที่ต้องเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ต้นในพื้นที่ศึกษา และอาจจะต้องเลือกพื้นที่ศึกษาหลายๆพื้นที่ศึกษา เป็นการทำให้แน่ใจว่า การรบกวน (noise) มีน้อยมาก

Great Sand Dunes



รูปที่ 2-13 แสดงกราฟเส้นการเจริญเติบโตจากพื้นที่ศึกษาจำนวนมาก

2.8 การประยุกต์ใช้วงปีไม้กับปรากฏการณ์ El Niño-Southern Oscillation

ตัวอย่าง Stahle et al. (1993) ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเส้น Southern Oscillation Extremes โดยใช้ความกว้างของวงปีไม้ จากบริเวณตอนใต้ของอเมริกา (Sierra Madre Occidental และ Southern Great Plains Woodhouse (1993) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของ ENSO ต่อความกว้างวงปีไม้ในพื้นที่ตอนกลางโคโลราโด และ D'Arrigo and Jacoby (1991) ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับ "A 1000-year record of winter precipitation from northern New Mexico, USA: a reconstruction from tree-rings and its relation to El Niño and Southern Oscillation". งานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ El Niño กับวงปีไม้ ในประเทศไทยนั้น ผลการศึกษาทั้งสองให้ข้อสรุปว่าปรากฏการณ์ El Niño ส่งผลให้สภาพอากาศในปีนั้นแห้งแล้งและทำให้วงปีไม้แคบลง Pumijumnong (2001) การศึกษาปรากฏการณ์และการสร้างเส้นดัชนี El Niño-Southern Oscillation ในประเทศไทย โดยใช้ความกว้างวงปีไม้ ไม้ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ ไม้สัก ไม้สน 2 ใบ และ 3 ใบ พื้นที่ศึกษาครอบคลุม เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอัมผาง จังหวัดตาก เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋น จังหวัดตาก เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ดัชนีของไม้สักมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนี ENSO เดือน พฤษภาคมถึงตุลาคม ของปีปัจจุบัน และดัชนีของไม้สนมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนี ENSO ตั้งแต่เดือนกันยายนของปีที่ผ่านมาจนถึงเมษายนของปีปัจจุบัน

2.9 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงปีไม้ในเอเชีย

อาจกล่าวได้ว่าการศึกษาวงปีไม้ในบริเวณเอเชีย หรือแถบป่าร้อนชื้น มีการพัฒนาน้อยมากหากเทียบกับประเทศอื่นๆของโลก ประเด็นสำคัญที่เป็นชนวนหนึ่งเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศที่มีความไม่ชัดเจนของฤดูกาล ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นไม้มีตลอดทั้งปีและทำให้ไม่เห็นความชัดเจนระหว่างเนื้อไม้ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ไม้สร้างวงปี Bass & Vetter (1989) กล่าวว่า การศึกษาวงปีไม้ในเขตป่าร้อนชื้น (tropical rain forest) และกึ่งร้อนชื้น (Subtropical rainforest) ในเวลาที่ผ่านมา

มาไม่มีความเป็นไปได้ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโดยรวมของโลก และความเชื่อมต่อกันของ สภาพภูมิอากาศ ทำให้ต้องเข้าใจ สภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น ความพยายามที่จะศึกษาทางด้านวงปีไม้เพื่อเป็นเครื่องมือบ่งบอกถึงสภาพภูมิอากาศจึงเริ่มขึ้น

อย่างไรก็ดีปรากฏเอกสารอ้างอิงที่เก่าแก่ที่พอจะประมาณได้ว่ามีเค้าโครงการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ หรือเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ในเขตกึ่งป่าร้อนชื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบเอเชียคือ Geiger (1915) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของฮอริโมนกับการทิ้งใบของไม้สักที่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย นอกจากนี้ Coster (1927,1928) ได้ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการหยุดการเจริญเติบโตของไม้สักกับสภาพภูมิอากาศที่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซียและพบว่ามีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ยังได้มีการกล่าวไว้ในเอกสาร โดย Brandis นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันที่ได้เข้ามาอยู่ในประเทศอินเดียและประเทศพม่าเป็นเวลานาน ได้กล่าวถึงไม้สักว่าเป็นไม้ที่มีวงปี (Liese,1986)

การศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้สักที่ทำอย่างเป็นเรื่องราวและสร้างดัชนีไม้สักขึ้นเป็นเส้นแรกเป็นการ ศึกษาของนักอุตุนิยมวิทยา ชาวเนเธอร์แลนด์ ที่ในสมัยนั้นประเทศอินโดนีเซียยังเป็นเมืองขึ้นของประเทศเนเธอร์แลนด์ (Berlage,1931) ได้ทำการสร้างดัชนีของไม้สักที่มีอายุมากที่สุดคือประมาณ 400 ปี จากหมู่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย และทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับปัจจัยต่างๆทาง สภาพภูมิอากาศ และพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัดโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ต่อจากนั้นนักวิทยาศาสตร์จากทั้งประเทศออสเตรเลีย (Murphy,1994; Murphy&Whetton,1989; Palmer & Murphy,1993), นักอุตุนิยมวิทยาชาวเนเธอร์แลนด์ (DeBore,1951) และนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา (Jacoby & D'Arrigo,1990) ได้นำดัชนีไม้สักของ Berlage มาทำการวิเคราะห์ใหม่ โดยใช้เทคโนโลยีด้านการคิดคำนวณที่ทันสมัยขึ้น ซึ่ง ผลการศึกษาโดยรวมพบว่า ขนาดความกว้างวงปีของไม้สักจากชวามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ เปลี่ยนจากฤดูแล้งมาเป็นฤดูฝน

จะเห็นได้ว่าการศึกษาวงปีไม้สักในประเทศอินโดนีเซียมีความเข้มข้นพอสมควรในช่วง 1915-1993 และการศึกษาทั้งหมดจะเป็นนักวิทยาศาสตร์จากต่างประเทศที่ได้นำความรู้เกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านวงปีไม้ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิชาชีววิทยาเข้ามาประยุกต์ใช้ จนถึงปัจจุบัน (2549) ไม่มีผลงานวิจัยใหม่ๆ จากประเทศนี้เลย อาจเนื่องมาจาก ไม้สักในประเทศอินโดนีเซียมีเพียงที่เกาะชวาและคาดว่าจะเป็นที่นำเข้ามาปลูกตั้งแต่สมัยก่อน (Hesmer,1970) และอีกสาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะไม่มีนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็น ชาวอินโดนีเซีย

ประเทศอินเดีย เป็นประเทศหนึ่งในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรป่าไม้ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ เรื่องวงปีไม้ ก่อนข้างที่จะมีความต่อเนื่อง อาจจะเป็นเพราะในประเทศอินเดียมีสถาบันการศึกษาและสถาบันอื่นๆที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับงานวิจัยทางด้านนี้ เช่นที่ Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, LUCKNOW เนื่องจากที่ตั้งของเมืองอยู่ทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย และอยู่ใกล้กับเทือกเขาหิมาลัยทำให้สถาบันนี้มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับเรื่องพืชพรรณในอดีตและเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้สถาบัน Climatatology and Hydrometeorology Division, Indian Institute of Tropical Meteorology. มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งลมมรสุม ดังนั้นงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์จึงมีอย่างต่อเนื่องได้แก่ Chowhury (1940), Plant and Borgeonkar (1983) และ Bhattacharyya et al. (1992) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความกว้างของวงปีของไม้สักพบว่าปริมาณน้ำฝนของเดือนตุลาคมของปีที่ผ่านมามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความกว้างวงปี Borgeonkar et al. (1996) ได้ศึกษาความกว้างวงปีของไม้ *Cedrus deodara* จากสามพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกันทางตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัย ผลจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความกว้างวงปีของไม้ และปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกว้างวงปี และได้มีการสร้างเส้นภูมิอากาศในช่วง

ก่อนฤดูฝนคือ มีนาคม-เมษายน-พฤษภาคม เส้นอุณหภูมิที่สร้างขึ้นใหม่ย้อนหลังกลับไปถึงในศตวรรษที่ 18 Borgeonkar et al.(1994) ศึกษาความกว้างวงปีไม้จากไม้ต่างชนิดกันคือ Abies, Cedrus, Picea และ Pine จากทางตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัย โดยที่ความกว้างของวงปีไม้ได้แสดงศักยภาพในการศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศเป็นอย่างดีและได้สร้างเส้นน้ำฝนที่ Srinagar, Kashmir, India กลับไปถึงศตวรรษที่ 18 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆอีกมาก

ประเทศไทย อาจกล่าวได้ว่าได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้เมื่อไม่กี่ปีมานี้เอง เอกสารงานวิจัยชิ้นแรกเป็นของ Thammincha et al. (1988) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านรัศมีของไม้สน 2 ใบ และ สน 3 ใบ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ต่อจากนั้นอีก 7 ปี คือในปี 1995 (พ.ศ. 2538) ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับไม้สักขึ้นเป็นครั้งแรกของประเทศไทย (Pumijumnon, 1995; Pumijumnon et. al., 1995a; 1995b) โดยที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลไม้สักบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดคือ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำพูน จังหวัดแพร่ จังหวัดตาก และจังหวัดลำปาง จำนวนพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 29 พื้นที่ ศึกษา จำนวนตัวอย่าง 425 ตัวอย่าง จาก 288 ต้น ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีไม้สักที่ยาวที่สุด 312 ปี จากพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ตื่น จังหวัดตาก ผลการศึกษาสรุปโดยภาพรวมคือ ไม้สักทางภาคเหนือของประเทศไทยตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิใกล้เคียงกัน คือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงคาบเกี่ยวจากฤดูแล้งมาสู่ฤดูฝน (เมษายน-กรกฎาคม) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความกว้างวงปี ส่วนอุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ และจากการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างเส้นน้ำฝนและเส้นอุณหภูมิกลับไปถึงปี 1870 (พ.ศ. 2413) พบว่าโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในช่วงที่ไม่มีข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2413-2454 (ค.ศ.1870-1911) ไม่มีความแตกต่างจากสภาพปัจจุบันมากนัก พ.ศ. 2454-2533 (ค.ศ.1911-1990) ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน เช่นเดียวกับปริมาณน้ำฝนและกราฟในช่วงปัจจุบัน (1911-1990) จะมีความแปรปรวนมากกว่าในอดีต

นอกจากนี้การศึกษาเรื่องวงปีไม้ในประเทศไทย ยังมีคณะนักวิจัยชาวต่างชาติที่ให้ความสำคัญโดยเฉพาะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับไม้สนในทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและมีผลการศึกษาในเบื้องต้นซึ่งได้มีการตีพิมพ์แล้วคือ D'Arrigo et al. (1997), Buckley et al., (1995)

ส่วนการทำงานวิจัยในด้านอื่นๆเกี่ยวกับวงปีไม้ในประเทศไทย เป็นงานวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาในระดับมหาบัณฑิต เช่น Boonchercho (1996) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีไม้สน กับตัวแปรด้านอากาศ ธรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว และภูกระดึง ประเทศไทย ผลจากการศึกษาพบความกว้างวงปีของไม้สนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี และมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี Sumitra (1999) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Correlative Study of Teak Ring Width and climatological Data from Srisatchanalai Area, Northern Thailand. ผลจากการศึกษาพบว่าความกว้างวงปีของไม้สักที่มีชีวิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในเดือนกรกฎาคม ส่วนไม้สักจากเสาที่บ้านเก่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และสิงหาคม Sukkosol (1998) ได้ทำการศึกษาเรื่อง A Study of Drought and Flood Events in Thai Historical Data of The 20th Century and Comparison with Meteorological Data and Tree-ring Indices. การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาข้อมูลเหตุการณ์ประวัติศาสตร์ไทยในช่วงศตวรรษที่ 20 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหตุการณ์ฝนแล้งและน้ำท่วมมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากปี พ.ศ. 2454-2536 (ค.ศ. 1911-1993) และข้อมูลวงปีไม้สนสามใบ ผลจากการศึกษาพบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับความกว้างวงปีไม้และสนับสนุนข้อมูลประวัติศาสตร์มากกว่าข้อมูลอุณหภูมิ โดยที่ปริมาณน้ำฝนเดือนพฤศจิกายนและตุลาคมมีผลเชิงบวกต่อความกว้างวงปีของไม้สนสามใบในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

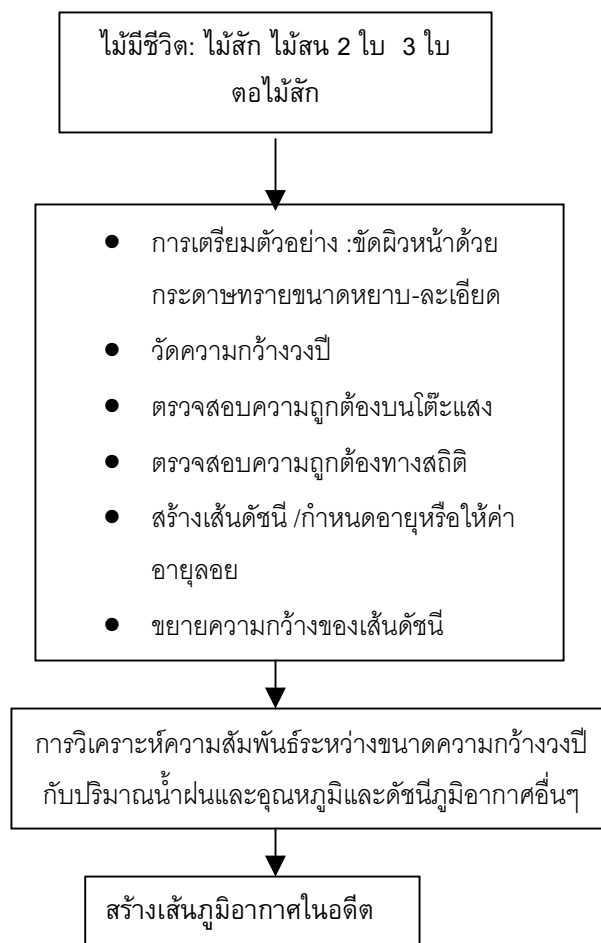
การศึกษาวงปีไม้ในประเทศพม่า นาฏสุดา ภูมิจำนงค์ (2542) การศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการเก็บข้อมูลในการศึกษาครอบคลุม พื้นที่ป่าเบญจพรรณที่แตกต่างกัน 3 เขตในประเทศพม่าคือ บริเวณ Pago Division, Magwe Division และ Mandalay Division พบว่า ไม้สักที่พม่า อายุมากที่สุด 250 ปี (จากข้อมูลที่เก็บมาทำการศึกษา) จากพื้นที่ Moswe Forest Reserve ในเขต Pago Division สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมินั้น เนื่องจากไม่สามารถได้ข้อมูลที่จับบันทึกจริงจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่พม่า หรือที่ได้ข้อมูลจริงมีเพียง 10 ปีเท่านั้น ดังนั้น ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้ ได้นำมาจากข้อมูลที่เผยแพร่ใน Internet ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่า มีเพียงพื้นที่ที่ Mandalay Division เท่านั้นที่ไม้สักมีการตอบสนองกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในลักษณะที่สามารถจะอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งข้อมูลคล้ายคลึงกับผลการศึกษาที่ประเทศไทยเป็นอย่างมาก

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 ขั้นตอนดำเนินงาน

ขั้นตอนในการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3-1 ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างทั้งจากไม้ที่มีชีวิต และจากตอไม้ที่เหลืออยู่ในพื้นที่ ตัวอย่างไม้ที่เก็บประกอบด้วยไม้สักและไม้สน ทั้งสนสองใบและสามใบ



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนในการทำงาน

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิที่จำเป็นสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ โดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีการบันทึกไว้ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศนี้นำไปใช้ในการคำนวณการตอบสนองของความกว้างวงปีไม้กับสภาพภูมิอากาศเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ทั้งนี้ในพื้นที่แต่ละแห่งจะใช้สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศที่ใกล้พื้นที่ศึกษา แต่ควรพิจารณาความยาวของข้อมูลด้วย เนื่องจากหากข้อมูลจำนวนปีไม่ยาวมาก แต่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศสั้นมาก จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูง ซึ่งเป็นผลมาจากโอกาสในการจับคู่ระหว่างตัวแปรตาม (วงปีไม้) และตัวแปรอิสระ (ปริมาณน้ำฝนหรืออุณหภูมิ) มีโอกาสสูง ดังนั้นจำเป็นต้องเสนอรายละเอียดไว้ในผลการวิจัยทุกครั้งถึงสภาพข้อมูลที่ใช้

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลรวมรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีที่อยู่ใกล้พื้นที่ศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีต่างๆ ดังนี้คือ

ตารางที่ 3-1 รายชื่อสถานีสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้ในการศึกษา

ชื่อสถานี	ข้อมูลน้ำฝน	ข้อมูลอุณหภูมิ	ระดับความสูงจากน้ำทะเล (ม)	ที่ตั้ง
อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	1911-2003	1951-2003	271	19° 18"-เหนือ 97° 50" ตะวันออก
อ.เมือง จ.เชียงใหม่	1911-2003	1951-2003	305	18° 47" เหนือ และ 98° 58" ตะวันออก
อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1977-2003	-	-	
อ.เมือง จ.เชียงราย	1911-2002	1951-2002	-	-
อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	1911-2002	1951-2002	-	-
อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	1950-2002	1950-2002	-	-

ตารางที่ 3-2 รายชื่อดัชนีภูมิอากาศ

climate	location	web site
SOI (Southern Oscillation Indices)	Sea level at Tahiti (10° 33" south, 149° 20" east And sea level pressure at Darwin (12° 26" south, 130° 52" east)	http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.html

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) รายชื่อดัชนีภูมิอากาศ

climate	location	web site
SST (Sea Surface Temperature) or ENSO, JMA this value is from the J a p a n Meteorological Agency (JMA)	Tropical pacific: 4°S-4°N, 150°W-90°W	http://www.coap.fsu.edu/pub/JMA_SST_INDEX
Multivariate ENSO Index (MEI)		http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/table.html

3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

การกำหนดพื้นที่ศึกษาที่เหมาะสมนั้นมีข้อพิจารณาดังนี้

ไม้ที่มีชีวิต

- เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติที่มีไม้สักและไม้สนสองใบ-สนสามใบเป็นไม้เด่นของสังคมพืช
- เป็นพื้นที่ที่มีการกระจายของชนิดไม้ดังกล่าวสม่ำเสมอ (homogeneity) มีร่องรอยการถูกรบกวนจาก

ปัจจัยภายนอกน้อยที่สุด

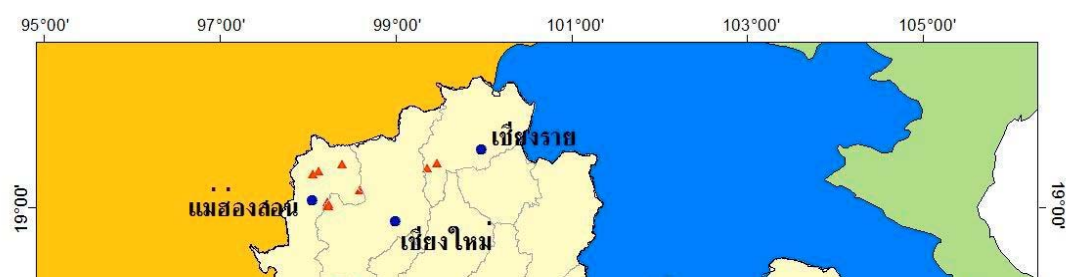
ไม้ที่ไม่มีชีวิต

ตัวอย่างไม้ที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ไม้ที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่ ต้นไม้ที่ถูกตัดทิ้งในพื้นที่ ต้นไม้ที่ถูกตัดฟันแล้ว ซักหลากรวมที่หมอนไม้ ตัวอย่างเหล่านี้อาจได้มาจากแหล่งต่าง ๆ กัน เช่น พื้นที่ป่าที่เคยผ่านการทำสัมปทานป่าไม้ หน่วยป่าไม้ต่าง ๆ ในกรณีที่ไม้มีการเคลื่อนย้ายมาจากที่อื่นควรที่จะทราบถึงแหล่งที่มา

ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเน้นไปที่พื้นที่ป่าอนุรักษ์ และจากการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิที่บ่งบอกถึงสภาพป่าธรรมชาติ ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้อักษรย่อ T แทนตัวอย่างไม้สัก HT แทนตัวอย่างไม้สักที่ไม่มีชีวิตและตัดมาเป็นเชิงสำหรับ CT คือไม้สักที่ไม่มีชีวิตและจะมาเป็นคอร์ PM แทนตัวอย่างไม้สน 2 ใบ PK แทนตัวอย่างไม้สน 3 ใบ และตามด้วยตัวอักษร 2-3 ตัว เพื่อจะบอกชื่อพื้นที่เก็บตัวอย่าง ข้อมูลได้มาจากพื้นที่ศึกษาดังต่อไปนี้ พื้นที่ป้องกันรักษา หน่วยป่าไม้ ชร.16 หน่วยต้นน้ำโป่งสลิ อ.แม่สลุย จ.เชียงราย ให้อักษรย่อเป็น TCR และ PSL เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า สันปันแดน พื้นที่ศึกษาบริเวณลำน้ำของ ให้สัญลักษณ์สำหรับไม้ที่มีชีวิตเป็น TNK ที่ตั้งของศูนย์ส่งเสริมพืชสมุนไพร ของกรมอุทยานแห่งชาติ พืชพันธุ์ และสัตว์ป่า (เดิมกรมป่าไม้) ตั้งอยู่ที่บ้านน้ำกาด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน ให้อักษรย่อ TNG สำหรับไม้มีชีวิต HTNG สำหรับเชิงไม้สัก และ CTNG สำหรับต่อไม้สักที่จะมาเป็นคอร์ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เชียงดาว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ให้อักษรย่อเป็น PMCD พื้นที่ศึกษาโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ ให้อักษรย่อคือ PMWJ1, PKWJ2, PKWJ3, PKWJ4, PMWJ4, PMWJ5 และ PKWJ6 พื้นที่อนุรักษ์พันธุ์ไม้ สน อ.ฮอด จ. เชียงใหม่ ให้อักษรย่อคือ PMHB, PMBK และ PKNT อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ให้อักษรย่อ PMPT ป่าชุมชนบ้านโรง อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี ให้อักษรย่อ PMTY จำนวนตัวอย่าง ชนิดไม้ และรายละเอียด พื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3-3 และรูปที่ 3-2

ตารางที่ 3-3 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา

จังหวัด	พื้นที่ศึกษา	ชนิดไม้	อักษรย่อ	พิกัด	จำนวนตัวอย่าง ต้น (คอร์)	ระดับความสูงจาก น้ำทะเล (ม)
เชียงราย	โป่งสลิ	สัก	TPSL	19° 49" N, 99° .47" E	23 (44)	401
	ชร16	สัก	TCR	19° 43" N, 99° .36" E	8 (20)	476
แม่ฮ่องสอน	น้ำของ	สัก	TNK THNK	19° 40" N, 98° .12" E	21 (80)	769
	น้ำกัต	สัก	TNG TCNG THNG	19° 48" N, 98° .39" E	18(68) 20(70) 25(74)	473
	ทุ่งสาแล	สัก	TSL	19° 36" N, 98° .06" E	20(38)	769
เชียงใหม่	วัดจันทร์ 1	สนสองใบ	PMWJ1	19° .07".48'N, 98°.18".09'	28(46)	828
	วัดจันทร์ 2	สนสามใบ	PKWJ2	19° 04"43' -98°17"11'	22(44)	1,114
	วัดจันทร์ 3	สนสามใบ	PKWJ3	19° 03"02' -98°18"51'	24(45)	1,068
	วัดจันทร์ 4	สนสองใบ	PMWJ4	19° 04"00' -98°17"51'	7(10)	1,047
	วัดจันทร์ 4	สนสามใบ	PKWJ4	19° 04"00' -98°17"51'	14(24)	1,047
	วัดจันทร์ 5	สนสองใบ	PMWJ5	19° 06"02' -98°18"24'	24(44)	1,037
	วัดจันทร์ 6	สนสองใบ	PMWJ6	19° 03"20' -98°17"11'	31(52)	1,152
	เขียงดาว	สน	PMCD	19° 19" N, 98° .59" E	29 (62)	2,000
	ห้วยบง	สน	PMBL	18° 16" N, 98° .42" E	7 (22)	1,025
	บ่อแก้ว	สน	PMBK	18° 16" N, 98° .36" E	8 (21)	1,036
สุพรรณบุรี	พุเตย	สน	PMPT	15° 28" N, 98° .43" E	33 (61)	793
	เพชรบุรี	สน	PMTY	12° 77" N, 99° .78" E	40 (72)	110
รวมจำนวนตัวอย่าง ไม้สัก 90 ต้น 250 ตัวอย่าง ไม้สักไม่มีชีวิต 45 ต้น 144 ตัวอย่าง ไม้สนสองใบ 207 ต้น 390 ตัวอย่าง สนสามใบ 80 ต้น 188 ตัวอย่าง						



สภาพทั่วไป พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตบ้านน้ำกาด ภายในบริเวณที่ตั้งของศูนย์ส่งเสริมพืชสมุนไพรของกรมอุทยานแห่งชาติ พืชพันธุ์ และสัตว์ป่า (เดิมกรมป่าไม้) พื้นที่ครอบคลุมประมาณ 4-5 ไร่ อยู่ในเขตการปกครองของ ต.บ้านน้ำกาด อ.เมือง จ. แม่ฮ่องสอน พื้นที่ด้านหน้าศูนย์ทดลองปลูกพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ บริเวณด้านหลังศูนย์และด้านข้างเป็นเขตพื้นที่ป่าสงวนเดิมซึ่งมีร่องรอยของการทำป่าสัมปทานไม้สักในอดีต สังเกตได้จากต่อไม้สักที่มีขนาดใหญ่ยังหลงเหลือในพื้นที่ พื้นที่เป็นที่ยืนต้นเขตรอบ ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 500-600 เมตร

ตัวอย่างไม้สักในพื้นที่ศึกษาได้เก็บตัวอย่างทั้งไม้ที่มีชีวิต และต่อไม้ นอกจากนี้ตัวอย่างไม้สักที่มีชีวิตในพื้นที่นี้ได้เคยเก็บตัวอย่างแล้วและสร้างเส้นดัชนีไม้สักขึ้นมา 2 เส้น ใช้ชื่อย่อว่า MAE1 และ MAE2 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะได้นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลไม้สักชุดใหม่

3.4.2 อุทยานแห่งชาติพุเตย

สภาพทั่วไปอุทยานแห่งชาติพุเตย บริเวณเขาพุเตย อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี (พื้นที่พิกัด 2541; ส่วนอุทยานแห่งชาติ, ม.ม.ป) บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 15° 28' 99" 43", มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 650-793 เมตร พื้นที่เป็นภูเขาสูงมีความลาดชันประมาณ 20 องศา มีทิศด้านลาดทิศตะวันออกเฉียงเหนือพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นป่าเต็งรังผสมสนเขา ไม้สนสองใบเป็นไม้เด่น มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 20-30 เมตร ความกว้างเรือนยอดประมาณ 9 เมตร บริเวณที่ต้นสนสองใบขึ้นกระจายอยู่ ครอบคลุม 2-3 ตารางกิโลเมตร จากการสำรวจโดยเจ้าหน้าที่ป่าไม้อุทยานแห่งชาติพุเตย มีไม้สนสองใบขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ประมาณ 1,300 ต้น ต้นสนขนาดใหญ่มีความสมบูรณ์ ถูกทำลายน้อย พื้นที่บริเวณป่าสนเกิดไฟไหม้เกือบทุกปีในช่วงฤดูแล้ง สำหรับพื้นที่ที่ระดับความสูงต่ำลงมาส่วนใหญ่จะเป็นป่าเบญจพรรณ

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 เขตอำเภอสรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ลักษณะภูมิประเทศ อุทยานแห่งชาติพุเตย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาด สลับกับสันเขาจนถึงเทือกเขาสูงชัน เป็นเทือกเขาติดต่อกับเขาตะนาวศรี ประกอบไปด้วยภูเขาสูง มียอดเขาสูงที่สุดใกล้กับบ้านห้วยหินคำ ตำบลวังยาว มีลำธารเล็กๆ หลายสายไหลผ่านลงสู่ห้วยกระเสียว ซึ่งอยู่ในที่ราบหุบเขา ถัดจากที่ราบหุบเขา ลงมาทางด้านทิศตะวันตกจะเป็นเนินเขา มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา แล้วค่อยๆ ลาดเทลงมาทางทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำท่าจีนจึงมีสภาพเป็นที่ราบ

ลักษณะทางธรณีวิทยา อุทยานแห่งชาติพุเตย มีเทือกเขาสลับเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันระหว่าง 10-30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ผิวดินเป็นดินเหนียว มีปูนมาร์ลปะปนในดิน องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก้อนหิน เศษหิน ทราย กรวด กรวดขนาดใหญ่ และก้อนหินขนาดใหญ่ในเนื้อดินเหนียวถึงดินเหนียวปนทราย แร่ธาตุสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ดีบุก วุลแฟรม และลิเทียม

ลักษณะภูมิอากาศ มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านในเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม นอกจากนี้ยังมีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดผ่านเข้ามาในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มจากเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มจาก

ปลายเดือนตุลาคม ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม (พื้นที่ 2541) 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 คือประมาณ 36.4 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคม ประมาณ 12-13 องศาเซลเซียส

ทรัพยากรป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าดิบชื้น อยู่บริเวณทิศเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ป่าสนสองใบธรรมชาติ อยู่กลางพื้นที่อุทยานฯ บนเทือกเขาพุเตย ป่าเต็งรัง ส่วนใหญ่อยู่กลางพื้นที่อุทยานฯ ด้านทิศใต้ ป่าเบญจพรรณ จะขึ้นสลับกับป่าเต็งรัง สำหรับป่าสนสองใบธรรมชาติที่ขึ้นในพื้นที่นี้จะอยู่ที่บริเวณเทือกเขาพุเตย ที่ระดับความสูง 763 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล มีต้นสนสองใบประมาณ 1,300 ต้น (ส่วนอุทยานแห่งชาติ, มมป) และจะขึ้นปนกับไม้หลายชนิด เช่น รัก พะยอม กระเจา เหียง เต็ง เหมือด สารภีดอย เป็นต้น

3.4.3 ป่าชุมชนบ้านโรง

สภาพทั่วไปป่าชุมชนบ้านโรง (นิพล ไชยสาส์, 2545) บริเวณชุมชนบ้านโรง ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 12° 77' N, 99° 78' E มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 60-110 เมตร พื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นป่าเต็งรังผสมสนเขา ไม้สนสองใบและไม้เหียงเป็นไม้เด่นในพื้นที่ ต้นสนสองใบมีการกระจายเพียง 1-2 ตารางกิโลเมตร ต้นสนทั่วไปมีขนาดลำต้นเล็ก มีร่องรอยการโดนทำลาย โดยเฉพาะเจาะเอายาง และไฟไหม้ พื้นที่บริเวณนี้ได้รับอันตรายจากไฟป่าแทบทุกปี

ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 338 ไร่ มีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ จรด บ้านห้วยหินเพลิง ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี

ทิศใต้ จรด บ้านทุ่งเกลือ ตำบลเขากระปุก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี

ทิศตะวันออก จรด ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าชะอำ-บ้านโรง (สวนป่าดอนขุนห้วย)

ทิศตะวันตก จรด พื้นที่ของชะอำรีสอร์ท

ลักษณะภูมิประเทศ บริเวณป่าชุมชน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาเตี้ยๆ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 80-107 เมตร มีร่องห้วยแห้ง ตรงกลางพื้นที่ เมื่อฝนตกหนักน้ำไหลลงห้วยหินเพลิง บางส่วนเป็นที่ราบและลาดลงสู่ร่องห้วย พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย ลักษณะดินเป็นดอนทราย ดินร่วนปนทราย ประกอบด้วยหินก้อนกรวดเล็กๆ มีลักษณะเป็นก้อนมนกลมอยู่กระจายเหนือพื้นดินและใต้ดินเป็นจำนวนมาก

ลักษณะทางธรณีวิทยา ดินเป็นดินร่วนปนทราย และดินลูกรัง มีหินกรวดก้อนเล็ก ๆ หลายขนาด สวยงาม มีลักษณะเคยถูกกัดกร่อน ก้อนมนกลม อยู่เหนือผิวดินและปะปนใต้ดินจำนวนมาก

ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเขตร้อนแบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนพฤศจิกายน ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ อากาศหนาวเย็นและแห้ง ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในช่วงฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตก ส่วนฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากลมทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และฤดูร้อนได้รับอิทธิพลจาก ลมทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศหัวหิน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีในคาบ 50 ปี ฝนตกมากสุดในเดือนตุลาคม 237.5 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 1,008.6 มิลลิเมตร สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยปานกลางในคาบ 50 ปี 27.6 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม - เมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเดือนธันวาคม - มกราคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2545)

ทรัพยากรป่าไม้ บริเวณพื้นที่ป่าชุมชนบ้านโรง มีลักษณะเป็นป่าเต็งรัง ผสมกับป่าสนเขา มีไม้สนสองใบและไม้เหียงเป็นไม้เด่นนำ ลักษณะเป็นสังคมพืช แบบป่าเต็งรังผสมสน นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่อีกหลายชนิด ไม้สนสองใบขึ้นอยู่เป็นกลุ่มๆ ละ 3-7 ต้น การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้ชนิดต่างๆ เป็นไปด้วยดี ยกเว้นไม้สนสองใบเป็นไปได้น้อยมากหรือเกือบเป็นไปไม่ได้เลย เพราะ cone ของไม้สนสองใบไม่มีเมล็ด หรือมีแต่ไม่สมบูรณ์ พันธุ์ไม้ที่ขึ้นปนกับสนสองใบได้แก่ ไม้เหียง มะม่วงป่า เป็นต้น (นิพล ไชยสาส์, 2545)



รูปที่ 3-3 ป่าสนสองใบ อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี



รูปที่ 3-4 ป่าสนสองใบ ป่าชุมชนบ้านโรง จังหวัดเพชรบุรี

3.4.4 ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดเชียงราย

สภาพทั่วไป พื้นที่ศึกษาที่จังหวัดเชียงรายแบ่งออกเป็น 2 บริเวณ คือบริเวณพื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ 16 สภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบ ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 400 เมตร สภาพพื้นที่ทั่วไปถูกตัดแปลงให้ตั้งเป็นหน่วยป้องกันป่าไม้ มีไม้สักขึ้นอยู่กระจายรอบๆพื้นที่ ไม่หนาแน่น ตัวอย่างที่เก็บได้จากพื้นที่ศึกษานี้ใช้ชื่อย่อว่า "TCR" และอีกพื้นที่หนึ่งที่เก็บข้อมูลได้แก่ บริเวณป่าสักใกล้ที่ตั้งหน่วยต้นน้ำ สภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ค่อนข้าง

ข้างราบ ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 350-400 เมตร มีไม้สักขึ้นอยู่กระจายทั่วไป จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ดังกล่าวถึงประวัติของป่าสักบริเวณสถานีหน่วยต้นน้ำ พบว่าเป็นพื้นที่ป่าสักเดิม แต่มีสภาพเสื่อมโทรม และมีการปลูกเพิ่มเติมเมื่อหน่วยต้นน้ำเข้ามาใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นสถานที่ตั้งที่ทำการ ตัวอย่างในพื้นที่ที่สองใช้ตัวย่อเป็น PSL



รูปที่ 3-5 หน่วยต้นน้ำ โป่งสลิ อ.แม่สลาย จ.เชียงราย



รูปที่ 3-6 พื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ ชร 16

3.4.5 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

ป่าเชียงดาว เป็นป่าเขาสูงชันมาก ในสมัยก่อนชาวบ้านท้องถิ่นไม่กล้าที่จะขึ้นไปเที่ยว เพราะเชื่อกันว่าเป็นป่าที่ลึกลับซับซ้อน ผู้ที่ขึ้นไปแล้วมักจะกลับลงมาไม่ได้ แต่เดิมป่าเชียงดาวอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าดงดิบ มีสัตว์ป่านานาชนิดอาศัยอยู่ชุกชุมมาก ต่อมาได้มีชาวเขาเผ่าต่าง ๆ โดยเฉพาะเผ่าม้งหรือเผ่าขิ่นไปอาศัยอยู่และถางป่าลงเพื่อปลูกฝิ่นเป็นจำนวนมาก ทำให้เป็นอันตรายต่อป่าไม้ สัตว์ป่า และสภาพป่า ตลอดถึงสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก กรมป่าไม้จึง

ได้เข้าดำเนินการจัดการป่าเชียงดาวให้เป็นป่าสงวนแห่งชาติ ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 537 (พ.ศ. 2516) ออกตามความใน พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 แต่กฎกระทรวงฉบับนี้ก็ได้แต่เพียงควบคุมและป้องกันเฉพาะชาวบ้านพื้นเมืองเท่านั้น ส่วนชาวเขากียังถากถางไร่เลื่อนลอยอยู่ทั่วไป ประกอบกับทางกรมป่าไม้ยังได้วางโครงการทำไม้ในรูปแบบป่าสัมปทานทับเข้าไปอีกด้วย โดยให้สัมปทานทำไม้สักแก่ ออ.ป. เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2515 และให้สัมปทานไม้กระยาเลยแก่บริษัท ป่าไม้จังหวัด เมื่อวันที่ 5 กันยายน 2516 จึงเป็นเหตุทำให้ป่าไม้ในบริเวณป่าเชียงดาวถูกตัดฟันถากถางลงอีกเป็นทวีคูณ การที่จะรักษาสภาพป่าและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมถึงสัตว์ป่าให้คงอยู่ได้ ก็จำเป็นจะต้องดำเนินการจัดการป่าไม้ให้เป็นในรูปแบบของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า โดยอาศัย พ.ร.บ.สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2503 เป็นแม่บทหรือเป็นหลักในการดำเนินการ ทั้งนี้เพื่อยุติการทำไม้ การแผ้วถางป่าและการลักลอบล่าสัตว์ป่า รวมถึงการทำลายภาวะสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ลงโดยเด็ดขาดและสิ้นเชิง ดังนั้น จึงได้จัดส่งเจ้าหน้าที่เข้าดำเนินการสำรวจข้อมูลเพื่อประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เมื่อปี พ.ศ. 2519 และได้จัดส่ง เจ้าหน้าที่เข้าปฏิบัติงานประจำเขตฯ ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. และต่อมาก็ได้ประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยลงในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ หน้า 19-21 เล่มที่ 95 ตอนที่ 87 เมื่อวันที่ 24 สิงหาคม 2521 ครอบคลุมพื้นที่ป่าบางส่วนในท้องที่ตำบลเชียงดาว ตำบลแม่ทะ ตำบลเมืองคอง ตำบลเมืองงาย อำเภอเชียงดาว และบางส่วนของท้องที่ตำบลเมืองแหง กิ่งอำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ รวมเนื้อที่ประมาณ 521 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 325,625 ไร่ มีอาณาเขตโดยรอบดังนี้

ทิศเหนือ จรดถนน ร.พ.ช.สายแม่จาง-เวียงแหง

ทิศใต้ จรดลำห้วยแม่ทะ และลำห้วยแม่กอกน้อย

ทิศตะวันออก จรดป่าโครงการแม่ทะ (ชม.7) และที่ทำกินของราษฎรหมู่บ้านแม่จาง บ้านหนองบัว บ้านปากกอง เชียงเขาดอยนาง เชียงเขาดอยหลวง-เชียงดาว บ้านยางทุ่งโป่ง หมู่บ้านถ้ำ และสบห้วยแม่ทะ

ทิศตะวันตก จรดลำห้วยแม่ทะ สบห้วยแม่ทะ-ลำน้ำแม่แดง เลียบตามลำน้ำ แม่แดงฝั่งซ้าย (หันหน้าตามน้ำ) จรดที่ทำกินราษฎรหมู่บ้านสันป่าสัก บ้านเหล่า-เมืองคอง บ้านหลวงเมืองคอง บ้านยางห้วยบ้าน บ้านวังมะริว บ้านยางแม่เมิน บ้านยางหนองบัว และ สบห้วยแม่กอกน้อย-ลำน้ำแม่แดง

ลักษณะภูมิประเทศ

ภูมิประเทศของป่าเชียงดาวประกอบไปด้วยป่าเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อน ยอดเขาที่สูงที่สุดคือ ยอดดอยหลวงเชียงดาว สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 2,275 เมตร นับว่าเป็นยอดเขาสูงเป็นที่ยี่สิบสามของประเทศ (ยอดเขาสูงที่สุดของประเทศคือ ยอดดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่รองลงมาคือ ยอดดอยอ่างขาง อำเภอฝาง-อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่) บนยอดดอยหลวงเชียงดาว มักจะมีเมฆหมอกปกคลุมอยู่ตลอดเวลา สภาพทั่ว ๆ ไป ภูเขาเป็นภูเขาหินปูน จึงประกอบไปด้วยหุบเขาและโพรงถ้ำ มีถ้ำใหญ่ที่สวยงาม คือ ถ้ำเชียงดาว เทือกเขาใหญ่ ๆ ที่สำคัญ นอกจากดอยหลวงเชียงดาวแล้ว ก็มียอดดอยนาง ดอยนางแตะ ดอยผาแดง ดอยโป่ง ดอยแม่สันกลาง ดอยกัวลม ดอยปี ดอยสันคมพรา ฯลฯ สภาพป่าบนยอดเขาจะเป็นป่าดงดิบและป่าเบญจพรรณ อันเป็นต้นน้ำลำธาร และลำห้วยที่สำคัญหลายสาย อาทิ ลำห้วยแม่งาย ห้วยละครหรือห้วยแม่ซ้อน ห้วยแม่กิด ห้วยแม่กะ ห้วยแม่ทะ ซึ่งมีน้ำไหลหล่อเลี้ยงตลอดปี ไหลลงสู่แม่น้ำปิงทางด้านทิศตะวันออก และมีลำห้วยแม่เหือง ห้วยฮ่อม ห้วยหญ้าไทร ห้วยบ้านช้าง ห้วยขี้เหล็ก ห้วยแม่หมื่น ลำน้ำแม่คอง ห้วยแม่เมิน และห้วยแม่กอกน้อย ไหลลงสู่ลำน้ำแม่แดง ซึ่งเป็นแควน้ำใหญ่ที่สุดที่ไหลลงสู่แม่น้ำปิงด้านทิศตะวันตก

ลักษณะภูมิอากาศ

เนื่องจากภูมิประเทศประกอบด้วยเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อนและอยู่ในภาคเหนือ ความสูง ๆ จากระดับน้ำทะเลปานกลางกว่า 2,000 เมตร โดยเฉพาะยอดดอยหลวงเชียงดาวที่มีเมฆหมอกปกคลุมอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้สภาพ

ดินฟ้าอากาศหนาวเย็นลักษณะคล้ายกิ่งเมืองหนาว อากาศโดยทั่ว ๆ ไปจะหนาวเย็นตลอดฤดูหนาวและฤดูฝน มีความชุ่มชื้นมาก ในเวลา กลางวันอากาศจะค่อนข้างร้อน แต่ระยะช่วงกลางคืนจะหนาวเย็นเป็นอย่างมาก

ชนิดป่าและพรรณไม้

ป่าเชียงดาว มีลักษณะที่ประกอบไปด้วยป่าดิบชื้นผสมป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณเขา ป่าสน ป่าเต็งรังเขาสูง ป่าเบญจพรรณต่ำเชิงเขา ไม้พื้นล่างในที่สูงชันจะเป็นพวกมอส เฟิร์นต่าง ๆ หวาย กล้วยป่า ว่านสมุนไพรหลากหลายชนิด ในส่วนที่ต่ำลงไปประกอบด้วยป่าไผ่ชนิดต่าง ๆ อาทิ ไผ่หก ไผ่ขาง ไผ่หนาม ไผ่บงป่า ไผ่ไร่และไผ่ข้าวหลาม พันธุ์ไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ สัก เต็งรัง เหียงพลวง ชิงชัน ประดู่ แดง เก็ด ไม้ก่อชนิดต่าง ๆ สมอ กะบาก หว้า ตะแบก เสลา ส้าน มะม่วงป่า กระท้อนป่า มะยมป่า มะไฟป่า มะกอกป่า จั้วป่า และปอชนิดต่าง ๆ

การเดินทาง

จากจังหวัดเชียงใหม่มีเส้นทางรถยนต์สู่ตัวอำเภอเชียงดาว ระยะทางประมาณ 72 กม. มีรถยนต์ประจำทาง และรถยนต์รับจ้างสองแถวขนาดเล็กวิ่งตลอดเวลา และจากตัวตลาดอำเภอเชียงดาวมีเส้นทางรถยนต์ถึงที่ทำการเขต ฯ ระยะทางประมาณ 6 กม. และมีรถยนต์รับจ้างสองแถวขนาดเล็กวิ่งรับจ้างตลอดวันเช่นกัน



รูปที่ 3-7 ตัวอย่างป่าสนและการเก็บตัวอย่างที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว

3.4.6 โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ ต.บ้านจันทร์ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ โดยมีระยะทางห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ 165 กม. บนเส้นทางหลวงหมายเลข 1095 และ 1265 (สายเชียงใหม่-แม่มาลัย-ปาย-โครงการหลวง) หรือ 155 กม. จากตัวเมืองเชียงใหม่บนเส้นทางหลวงหมายเลข 107 และ 1096 (สายเชียงใหม่-สะเมิง-บ่อแก้ว-ดงสามหมื่น-โครงการหลวง) และอยู่ห่างจากตัวอำเภอแม่แจ่ม เป็นระยะทาง 65 กม. บนเส้นทางจาก ต.บ้านจันทร์ ถึง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน โดยเป็นเส้นทางที่อยู่ระหว่างกำลังก่อสร้าง โดยอนาคตอันใกล้จะเป็นเส้นทางคมนาคมที่ใกล้ที่สุดในการเดินทางจาก จ.เชียงใหม่ถึง จ.แม่ฮ่องสอน โดยทางรถยนต์

พื้นที่ศึกษาอยู่ท่ามกลางหุบเขาและที่ราบสูง ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 900-1,300 ม. ประมาณ เส้นรุ้งที่ 19 ถึง 20 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 98 ถึง 99 องศาตะวันออก โครงการหลวงฯ มีพื้นที่ รวมทั้งสิ้น 151,250 ไร่ (242 ตร.กม หรือ 24,200 เฮกเตอร์) โดยแบ่งเป็น

พื้นที่เพื่อการอนุรักษ์ จำนวน 41,276 ไร่ (66 ตร.กม/6,604 เฮกเตอร์)

พื้นที่ป่าเพื่อการผลิต จำนวน 100,012 ไร่ (160 ตร.กม/ 16,002 เฮกเตอร์)

พื้นที่เพื่อการเพาะปลูกและที่อยู่อาศัย 9,962 ไร่ (159 ตร.กม/1,594 เฮกเตอร์)

อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน

ทิศตะวันออก ติดต่อ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่และ อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน

ทิศใต้ ติดต่อ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่

ทิศตะวันตก ติดต่อ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน

ปัจจุบันพื้นที่โครงการหลวงฯนี้ ประกอบด้วย 3 ตำบล ได้แก่ ต. บ้านจันทร์ ต. แจ่มหลวง และ ต.แม่แดด ประกอบด้วย 17 หมู่บ้าน

สภาพภูมิประเทศ

พื้นที่โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นภูเขา สลับกับที่ราบหุบเขา โดยมีพื้นที่บางตอนเป็นเนินเขาใหญ่น้อยสลับกัน และมีแหล่งน้ำซับกระจายอยู่ทั่วไปภายในพื้นที่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 900-1300 ม. ซึ่งเป็นความสูงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้เมืองหนาว โดยเฉพาะประเภทสน สองใบและสนสามใบ ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าสนตามธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดและคงเหลืออยู่เพียงแห่งเดียวของประเทศไทย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 6 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 3-3 ซึ่งประกอบด้วยไม้สนสองใบและสนสามใบซึ่งเป็นไม้เด่นในพื้นที่



รูปที่ 3-8 ป่าสนที่บ้านวัดจันทร์

3.4.7 โครงการอนุรักษ์พันธุ์ไม้สน ห้วยบง บ่อแก้ว และหนองกระทิง

บริเวณนี้ประกอบด้วย 3 พื้นที่ศึกษา ที่ติดต่อกัน พื้นที่แรกได้แก่ พื้นที่อนุรักษ์และรวบรวมพันธุ์ไม้สน หน่วย ห้วยบง ตั้งอยู่ประมาณ เส้นรุ้งที่ 18° 16' N และเส้นแวงที่ 98° 42' E ระดับความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 1025 ม. บนเส้นทาง เชียงใหม่-ฮอด-แม่สะเรียง ประมาณหลักกิโลเมตรที่ 32 หน่วยห้วยบงเป็นพื้นที่ปลูกสนหลากหลายสายพันธุ์

พื้นที่ป่าดั้งเดิม เป็นป่าสน ซึ่งยังพอเหลือตัวอย่างไม้สน 2 ใบให้ศึกษาบ้าง แต่สภาพโดยทั่วไปต้นสนถูกเจาะเอาหน้ำยาง และอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์นัก ตัวอย่างไม้สนสองใบในพื้นที่นี้ค่อนข้างน้อย ได้ให้อักษรย่อเป็น PMHB

พื้นที่ศึกษาที่สองคือบริเวณบ่อแก้ว ระดับความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 1036 ม. อยู่ห่างจากบริเวณหน่วย ห้วยบงประมาณ 4 กม. เป็นสถานีวิจัยทางการปลูกป่าโดยเฉพาะไม้สน ทั้งตามธรรมชาติดั้งเดิมและมีการปลูกเพิ่มเติม ไม้สนสองใบที่พบอยู่ในสภาพที่ไม่ค่อยสมบูรณ์ โดยเก็บตัวอย่างได้ประมาณ 8 ต้น 21 ตัวอย่าง ได้ให้อักษรย่อเป็น PMBK

พื้นที่ศึกษาที่สามได้แก่หน่วยหนองกระทิง เป็นหน่วยอนุรักษ์เมล็ดพันธุ์ไม้สน 3 ใบ อยู่บนถนนที่แยกเข้ามาที่ อ.กัวลุม ประมาณหลักกิโลเมตรที่ 23 ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1070 ม. พื้นที่ศึกษานี้มีระยะทางห่างจาก หน่วยห้วยบงประมาณ 40 กม. ไม้สนสามใบเป็นไม้ปลูกที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ สีส้มจำนวนมาก ตัวอย่างที่นำมาศึกษาทั้งสิ้น 20 ต้น 75 ตัวอย่าง ได้ให้อักษรย่อเป็น PKNT



รูปที่ 3-9 ป่าสนที่บ่อแก้ว (ซ้าย) และที่หนองกระทิง จ.เชียงใหม่ (ขวา)

3.4.8 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน จ.แม่ฮ่องสอน

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน มีที่ตั้งของที่ทำการอยู่ประมาณกม ที่ 2 บนถนน น้ำของ-ปางคอง ซึ่งแยกจากถนนสายหลัก เชียงใหม่แม่ฮ่องสอน เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าที่เชื่อมโยงกับเขตอนุรักษ์อื่นๆได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นเทือกเขาสลับที่ราบลุ่มระหว่างลำน้ำ มีชายแดนติดต่อกับประเทศพม่า พื้นที่ป่าโดยทั่วไปจัดว่ามีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งหนาแน่นไปด้วยไม้สักและไม้สน

ตัวอย่างไม้ที่เก็บในพื้นที่ดังกล่าวได้แก่ตัวอย่างไม้สักที่ริมฝั่งน้ำของ บริเวณพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างเป็นภูเขาไม้สักขึ้นอยู่เป็นไม้เด่น พบถ้ำหลายถ้ำซึ่งเป็นถ้ำทางโบราณคดี ไม้สักขึ้นอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ แต่พบร่องรอยการกานต้นไม้ และตอเก่าของไม้สักค่อนข้างมาก โดยให้อักษรย่อว่า TNK

พื้นที่ศึกษา ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน อีกพื้นที่หนึ่งคือ บริเวณตรงข้ามบ้านทุ่งสาแล ซึ่งอยู่ด้านเดียว กับพื้นที่ไม้สักบริเวณลุ่มน้ำของ บริเวณนี้เป็นภูเขาที่เทือกเดียวกันซึ่งมีถ้ำทางโบราณคดีค่อนข้างมาก และพบว่าในถ้ำส่วนมากจะมีโลงไม้ซึ่งเป็นหลักฐานทางโบราณคดีที่สำคัญที่ทำมาจากไม้สัก ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจและควรที่จะมีการศึกษาถึงความเชื่อมโยงของไม้สักตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน โดยให้อักษรย่อของตัวอย่างที่เก็บมาว่า TSSL1

3.5 การเก็บตัวอย่างไม้

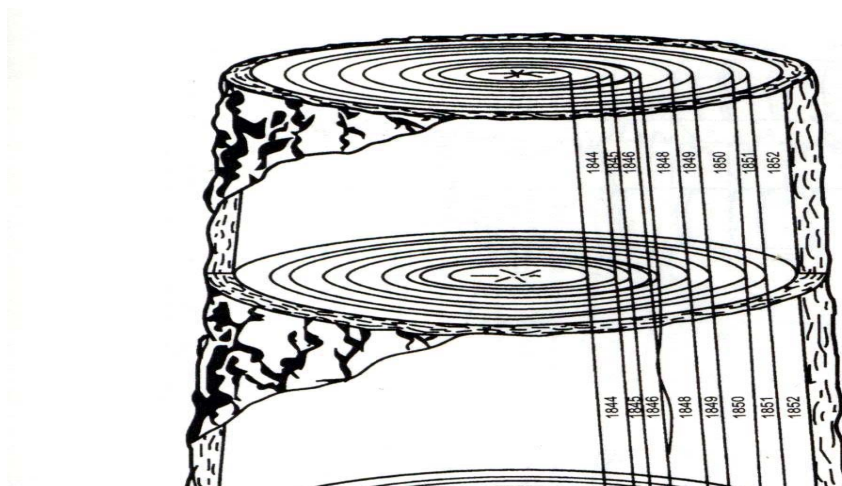
3.5.1 หลักการเก็บตัวอย่างไม้

การเจริญเติบโตของต้นไม้แต่ละต้น วงปีของต้นไม้ที่เติบโตขึ้นในเวลา 1 ปี มีผลมาจากปัจจัยรวมด้านต่างๆ ได้แก่ สภาพพื้นที่ อายุของต้นไม้ สภาพภูมิอากาศของปีนั้นที่เกิดขึ้นในพื้นที่แห่งนั้น ปัจจัยภายในของต้นไม้เอง เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม ฮอร์โมน ปัจจัยภายนอก เช่น ไฟป่า แมลงทำลาย สัตว์กัดแทะ และกระบวนการเสียอย่างอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึง สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของต้นไม้ ดังนี้ (Fritts, 1976)

	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

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

สำหรับไม้ที่มีชีวิต จึงใช้หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างไม้เป็นแบบเฉพาะเจาะจง (purposive selection) เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยตัวอย่างไม้ที่เลือกควรขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำและอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัด (C) และมีลักษณะภายนอกโดยทั่วไปมีรูปทรงดี เปลือกกลม ตรง เรือนยอดสมบูรณ์ พยายามหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่ได้รับอันตรายจากไฟป่า แมลง สัตว์กัดแทะให้มากที่สุด เพื่อลดปัจจัยภายนอกอย่างอื่น (D_2) ที่ไม่ใช่ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ สำหรับปัจจัยทางด้านอายุ (A) จะถูกลดในขั้นตอนการคำนวณเพื่อสร้างเส้นดัชนี



รูปที่ 3-10 แสดงลักษณะวงปีในแนวตั้ง

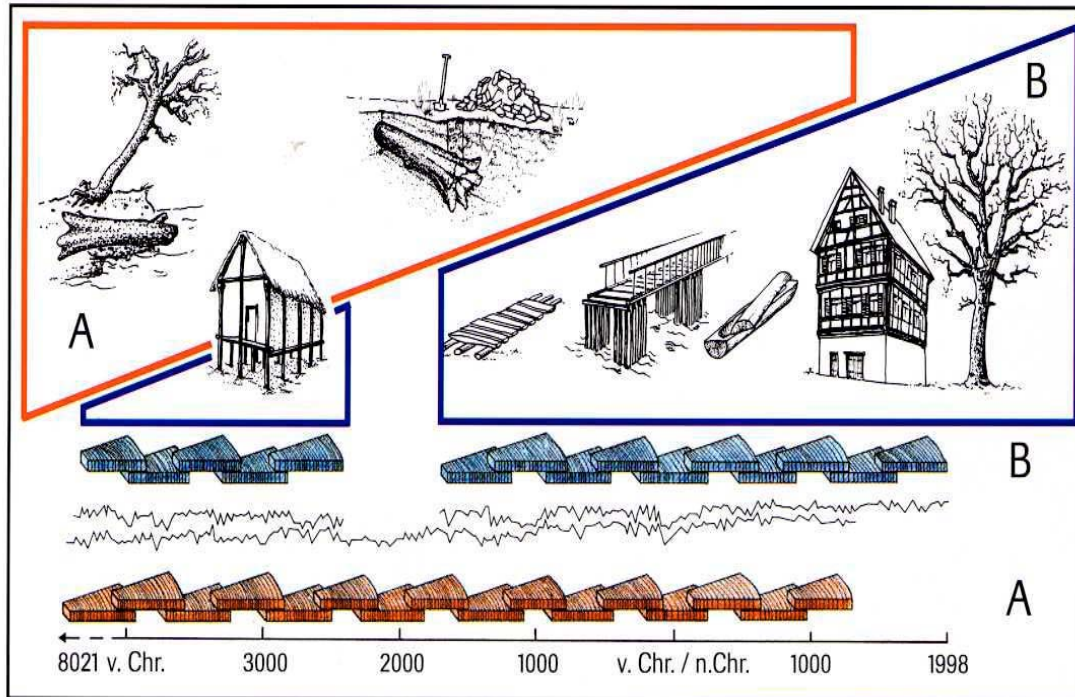
3.5.2 จำนวนตัวอย่าง

ในการเก็บตัวอย่างไม้ที่มีชีวิตเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ ในแต่พื้นที่/หมู่ไม้ควรเก็บตัวอย่างไม้น้อยกว่า 30 ต้น เก็บตัวอย่างต้นละอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง ในทิศทางตรงกันข้าม รวม 60 ตัวอย่าง นำมา สร้างเส้นดัชนีที่เป็นตัวแทนที่ดีของสังคมพืชนั้น ในกรณีที่สังคมพืชนั้นมีต้นไม้ที่มีอายุมาก แต่จำนวนตัวอย่างทั้งสังคมพืชอาจไม่ถึง 30 ต้น ให้หมายเหตุไว้ให้ชัดเจน ในพื้นที่แต่ละแห่ง ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างดังนี้

1. เลือกต้นไม้ สัก/สนที่มีลำต้นขนาดใหญ่ ลักษณะภายนอกทั่วไปรูปทรงดี เปลือกลมตรง เรือนยอดสมบูรณ์ พยายามหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่ได้รับอันตรายจากไฟป่าและการถูกทำลายต่างๆ ให้มากที่สุด
2. ใช้เครื่องมือ increment borer ซึ่งยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร เก็บตัวอย่าง โดยเลือกเก็บตรงบริเวณที่สูงประมาณ 1.30 เมตร โดยทำการเก็บต้นละ 2 ตัวอย่างในทิศทางตรงกันข้าม โดยเจาะให้มีมุมตั้งฉากกับลำต้นของไม้จากด้านนอก (เปลือก) จนถึงประมาณแก่นไม้ (หมุนเครื่องเจาะในทิศตามเข็มนาฬิกา)
3. เครื่องเจาะตัวอย่างแบบใช้เครื่องยนต์ มีดอกสว่านที่สามารถถอดเข้า-ออกได้ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. สำหรับใช้กับไม้ที่ตายแล้ว
4. เมื่อเจาะถึงแก่นไม้แล้วจึงใช้ลิ้นของเครื่องมือ increment borer ดึงตัวอย่างไม้ออกมา และบรรจุตัวอย่างไม้ลงในหลอดพลาสติก ทำการปิดปลายหลอดทั้งสองข้าง
5. บันทึกชื่อสถานที่เก็บตัวอย่าง และหมายเลขตัวอย่าง และวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง
6. หมุนเครื่องเจาะไม้ออกจากลำต้น (ควรรีบหมุนออกเนื่องจากยางไม้อาจมาเกาะที่เครื่องเจาะทำให้ไม่สามารถหมุนออกได้)
6. ทำความสะอาดเครื่องเจาะไม้

3.6 หลักเกณฑ์ในการศึกษา Dendrochronolog

โดยทั่วไปแล้วการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ควรจะเริ่มต้นจากการศึกษาไม้ที่มีชีวิต เพื่อที่จะเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานต่างๆ แล้วจึงเพิ่มตัวตัวอย่างไม้จากแหล่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-11 แสดงการเชื่อมต่อเส้นดัชนีจากไม้ที่มีชีวิตไปยังหลักฐานอื่นๆ

3.7 ขั้นตอนการศึกษาทาง Dendrochronology

3.7.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างไม้ที่เก็บมาฝังให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในตัวอย่างระเหยออกไป วางตัวอย่างไม้ลงบนแท่นรองที่มีขนาดพอเหมาะกับขนาดของตัวอย่าง (supported wood) โดยให้ด้านหน้าตัดขวาง (cross-section) ขึ้นข้างบน ติดตัวอย่างไม้กับแท่นรองด้วยกาว และพันให้แน่นด้วยเทปกาว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน ชัดตัวอย่างด้วยกระดาษทราย เพื่อให้เห็นวงปีได้ชัดเจน หรือหากเป็นเชียงไม้ ต้องขัดผิวหน้าด้วยกระดาษทราย หยาบ-ละเอียด ตามลำดับ

3.7.2 การวัดความกว้างวงปี

ตัวอย่างไม้ที่เตรียมไว้นำมาทำการวัดความกว้างวงปี โดยใช้อุปกรณ์ในการวัดและนับวงปี ซึ่งประกอบด้วยแท่นรองตัวอย่างที่เลื่อนได้ (moving stage) ต่อกับกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีกำลังขยายอยู่ระหว่าง 4x-40x ซึ่งต่อตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อสะดวกในการบันทึกข้อมูล และในการปรับแก้ข้อมูล ซึ่งค่าในการวัดมีความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร (รูปที่ 3-12 แสดงอุปกรณ์ในการวัดความกว้างวงปี) โดยการวัดความกว้างวงปี ทำการวัดเริ่มจากด้านแก่นไม้จนถึงด้านเปลือกของแต่ละตัวอย่าง

3.7.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบบนโต๊ะแสง ข้อมูลจากการวัดความกว้างวงปีของแต่ละตัวอย่างจะพิมพ์ออกมาเป็นกราฟเส้น โคนแกน x เป็นปี และแกน y เป็นความกว้างวงปี ในการพิมพ์กราฟข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TSAP (Rinn, 1989) นำกราฟเส้นของแต่ละตัวอย่างมาเทียบหาความเหมือนบนโต๊ะแสง โดยหลักการทางชีววิทยา ต้นไม้ส่วนมากที่มาจากพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน หรือแหล่งเดียวกันรูปแบบการเจริญเติบโตควรเหมือนกัน ในการศึกษานี้ต้องตรวจสอบทุกตัวอย่าง หากตัวอย่างใดผิดปกติไปจากตัวอย่างส่วนมากต้องกลับไปตรวจสอบกับตัวอย่างไม้อีกครั้ง และเมื่อตรวจสอบด้วยสายตาเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (Homles et al., 1986)

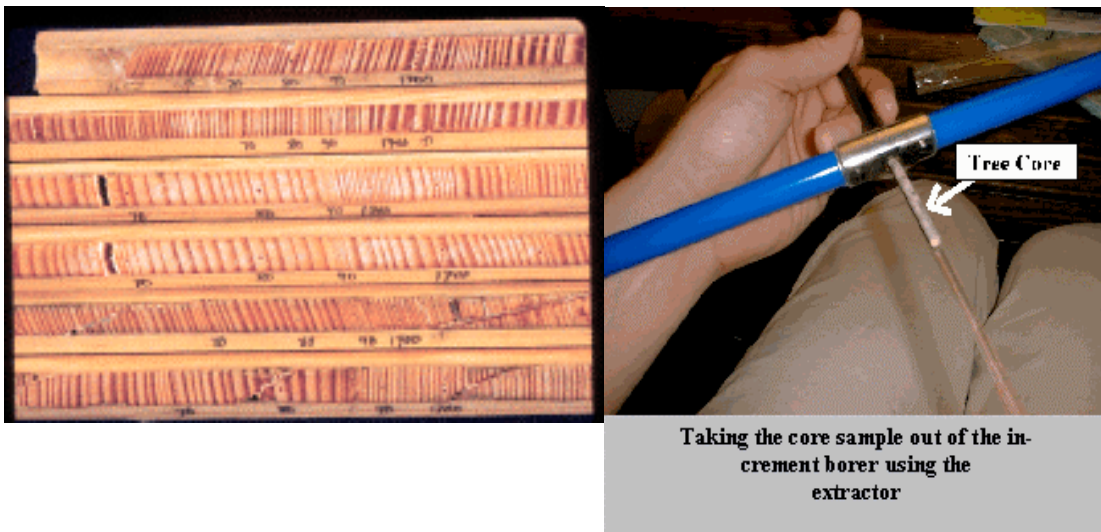
2. การตรวจสอบความถูกต้องโดยโปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (Homles et al., 1986) โดยใช้สถิติการหาความสัมพันธ์อย่างง่าย หลักการในการทำงานของโปรแกรมคือนำข้อมูลของทุกตัวอย่างไปสร้างกราฟเส้นจำลองขึ้นมา (master curve) แล้วนำกราฟเส้นจำลองนี้มาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์กับข้อมูลแต่ละตัวอย่าง ผลลัพธ์บอกถึงค่าความสัมพันธ์แต่ละช่วงที่มีการกำหนดให้มีการตรวจสอบทุกๆ 40 ปี หรือช่วงเวลาที่กำหนดช่วงการซ้อนทับ (lag) จนสิ้นสุดความยาวของตัวอย่าง หาก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างกราฟเส้นจำลองกับข้อมูลดิบมีค่าสถิติน้อยกว่าค่าที่มีความน่าเชื่อถือ ต้องกลับไปศึกษาตัวอย่างอีกครั้ง (ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า lag ที่กำหนดค่า lag กว้าง จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ต่ำ ค่า lag น้อย จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ยอมรับได้สูง)

3.7.4 การสร้างเส้นดัชนี (Chronology Index)

เมื่อข้อมูลผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ตัวอย่างไม้ทั้งหมดที่มีค่าความสัมพันธ์ทางสถิติที่เชื่อถือได้ จะรวมอยู่ใน 1 แฟ้มข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ARSTAN (Cook and Kairiukstis, 1989) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกเป็นการคำนวณสถิติความสัมพันธ์แบบ Linear Regression หรือ Negative Exponential ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เพื่อที่จะปรับลดขนาดความกว้างวงปีอันเนื่องมาจากปัจจัยบางอย่างนอกเหนือจากปัจจัยด้านภูมิอากาศ และความแตกต่างของความกว้าง วงปีในช่วงที่มีอายุน้อยกับอายุมากออกไป ขั้นที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ Spline Function ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดค่าที่ 66 สำหรับไม้สัก และ 128 สำหรับไม้สน เนื่องจากข้อมูลความกว้างวงปีของไม้สักโดยทั่วไปมีค่าความอ่อนไหวสูงมากกว่าไม้สน ซึ่งหมายความว่า กราฟเส้นที่สมการคำนวณขึ้นมาใหม่จะสัมผัส (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) รูปที่3-14 และรูปที่ 3-15



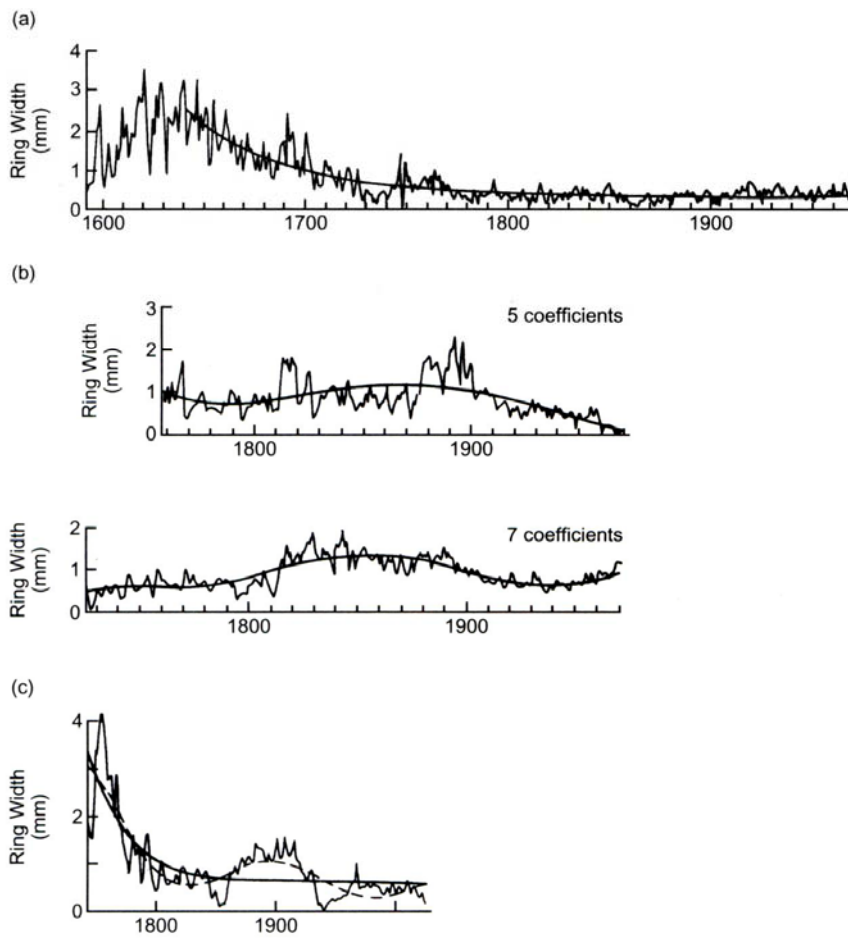
รูปที่ 3-12 อุปกรณ์เครื่องมือวัดขนาด/นับจำนวนวงปี ต่อตรงเข้ากับชุดคอมพิวเตอร์



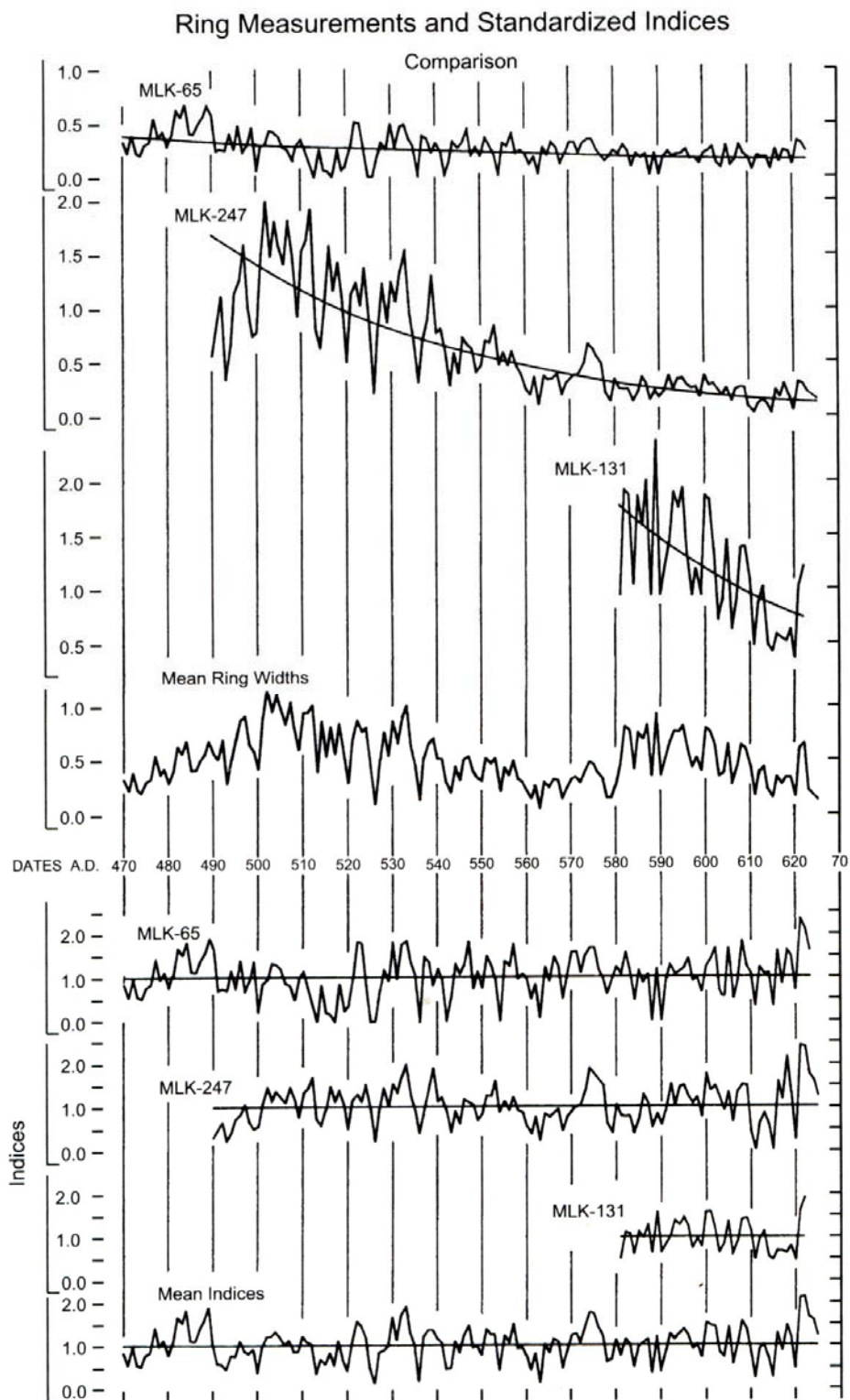
)

ข)

รูปที่ 3-13 ก) ตัวอย่างไม้สนจากคอร์ ข) ตัวอย่างการเอาคอร์ออกจากเครื่องมือเจาะตัวอย่างไม้



รูปที่ 3-14 แสดงการลดความแตกต่างของอายุในช่วงที่ไม่มีอายุมากและไม่มีอายุน้อยโดยการ detrending ที่มา: Fritts (1976)



รูปที่ 3-15 แสดงการสร้างเส้นดัชนีไม้
ที่มา: Fritts (1976)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 เส้นดัชนีไม้

4.1.1 เส้นดัชนีไม้สัก

1) เส้นดัชนีไม้ที่มีชีวิต

เส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิตที่สร้างขึ้นใหม่ จำนวน 5 เส้น เส้นที่ 1 เส้นดัชนีไม้สักที่หน่วยต้นน้ำโป่งสลิ จ. เชียงราย มีความยาว ระหว่าง พ.ศ. 2438-2544 (ค.ศ.1895-2001) เส้นที่ 2 พื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ ขร. 16 จ. เชียงราย มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2240-2544 (ค.ศ. 1697-2001) เส้นที่ 3-5 พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน จ. แม่ฮ่องสอน ซึ่งในพื้นที่นี้ได้ สร้างเส้นดัชนีไม้ที่มีชีวิต 3 เส้น คือ เส้นดัชนีไม้สักน้ำของ มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2418-2546 (ค.ศ.1875-2003) เส้นดัชนีไม้สักน้ำกาด มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2445-2546 (ค.ศ. 1902-2003) และเส้นดัชนีไม้สักที่บ้านทุ่งสาแล1 ความยาวระหว่าง พ.ศ. 2355 -2548 (ค.ศ. 1812-2003)

2)เส้นดัชนีไม้สักที่ไม่มีชีวิต

ตัวอย่างไม้สักจากตอไม้ที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่บ้านน้ำกาด อ.เมือง จ. แม่ฮ่องสอน ได้เก็บตัวอย่างทั้งแบบเฉียงไม้และเจาะเป็นคอร์ ได้สร้างเส้นดัชนีขึ้นมา 2 เส้น โดยเบื้องต้นยังไม่สามารถกำหนดค่าอายุได้ ซึ่งเรียกว่าเส้นดัชนีลอย โดยเส้นดัชนีที่สร้างจากตัวอย่างที่ตัดมาเป็นเฉียง มีจำนวนวงปีทั้งสิ้น 208 วง และเส้นดัชนีที่เจาะมาเป็นคอร์มีจำนวนวงปีทั้งสิ้น 304 วง

ค่าสถิติเบื้องต้นสำหรับไม้ที่มีชีวิตได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 4-1 โดยที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) หมายถึง ขนาดความกว้างวงปีของแต่ละตัวอย่างแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของขนาดความกว้างวงปีมากน้อยเท่าไร โดยทั่วไปค่าที่ไม่สูงมากจะเป็นค่าที่ดี ค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) หมายถึง ขนาดความกว้างของวงปีแต่ละปีขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของวงปีของปีที่ผ่านมาแล้วมากน้อยเท่าไร ซึ่งโดยทั่วไปไม้ใบกว้างเช่นไม้สักจะมีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองน้อยกว่าไม้ใบแคบ เช่นไม้สน เนื่องจากไม้สักจะทิ้งใบในช่วงฤดูแล้งและช่วงเวลาดังกล่าวต้นสักจะหยุดการเจริญเติบโตและต้นสักจะเจริญเติบโตอีกครั้งหนึ่งเมื่อฤดูฝนเริ่มต้น ซึ่งไม้สนที่เป็นไม้ใบแคบจะไม่ทิ้งใบในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นกิจกรรมบางอย่างของไม้สนอาจดำเนินอยู่ และการพึงพาอาหารภายในต้นที่สะสมของปีที่ผ่านมาจะช่วยในการเจริญเติบโตของไม้สนในปีปัจจุบัน ดังนั้นโดยทั่วไปไม้สักจะมีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองค่อนข้างต่ำและความอ่อนไหวซึ่งหมายถึงค่าการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกของไม้สักจะมีมากกว่าไม้ใบแคบ ส่วน % variance in 1 eigenvector หมายถึง ความสามารถในการอธิบายสภาพภูมิอากาศของดัชนีวงปีไม้

รูปที่ 4-1 แสดงเส้นดัชนีของไม้สักในพื้นที่ศึกษา

4.1.2 เส้นดัชนีไม้สน

ดัชนีไม้สน สร้างขึ้นมาจากไม้ที่มีชีวิตอย่างเดียว เนื่องจากไม้สนที่โคนล้มในพื้นที่มีการผุพังอย่างมากจนไม่สามารถที่จะเก็บตัวอย่างได้

เส้นดัชนีไม้สนที่สร้างขึ้นใหม่จาก จ.เชียงใหม่มีจำนวนทั้งสิ้น 11 เส้น เส้นที่ 1 ดัชนีไม้สน 2 ใบจากบ้านวัดจันทร์ 1 มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2233-2544 (ค.ศ.1690-2001) เส้นที่ 2 เป็นสนสามใบ จากบ้านวัดจันทร์ 2 มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2352-2544 (ค.ศ.1809-2001) เส้นที่ 3 เป็นดัชนีไม้สนสามใบจากบ้านวัดจันทร์ 3 มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2469-2544 (ค.ศ. 1926-2001) เส้นที่ 4 เป็นดัชนีไม้สน 2 ใบ สร้างจากพื้นที่

ที่วัดจันทร์ 4 มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2293-2544 (ค.ศ. 1750-2001) เส้นที่ 5 เป็นเส้นดัชนีไม้สน จากบ้าน
วัดจันทร์ 4 เช่นกันแต่เป็นดัชนีไม้สน 3 ใบ มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2445-2544 (ค.ศ.1902-2001) เส้นที่ 6
เป็นดัชนีไม้สน 2 ใบที่สร้างจากบ้านวัดจันทร์ 5 มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2330-2544 (ค.ศ.1787-2001) และ
เส้นที่ 7 เป็นดัชนีไม้สน 2 ใบ มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2482-2544 (ค.ศ.1939-2001) เส้นดัชนีไม้สนสองใบ
จากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว มีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2340-2546 (ค.ศ.1797-2003) เส้นดัชนีไม้สน
สองใบที่ห้วยบงมีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2398-2546 (ค.ศ.1855-2003) เส้นดัชนีไม้สนสองใบที่บ่อแก้วมี
ความยาวระหว่าง พ.ศ. 2414-2546 (ค.ศ.1871-2003) เส้นดัชนีไม้สนสามใบจากหนองกระทิงมีความยาว
ระหว่าง พ.ศ. 2458-2546 (ค.ศ.1915-2003) เส้นดัชนีไม้สน 2 ใบที่อุทยานแห่งชาติพุเตย จ. สุพรรณบุรี มี
ความยาวระหว่าง พ.ศ. 2265-2544 (ค.ศ.1722-2001) และเส้นดัชนีไม้สนจากป่าชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรีมี
ความยาวระหว่าง พ.ศ. 2366-2544 (ค.ศ. 1823-2001)

ค่าสถิติเบื้องต้นได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 4-1 และเส้นดัชนีนำเสนอในรูปแบบที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 สรุปสถิติเบื้องต้นสำหรับไม้สักและไม้สน (หมายเหตุ * คือจำนวนวงปีของไม้สักที่เหลื่อมอยู่ของต่อไม้)

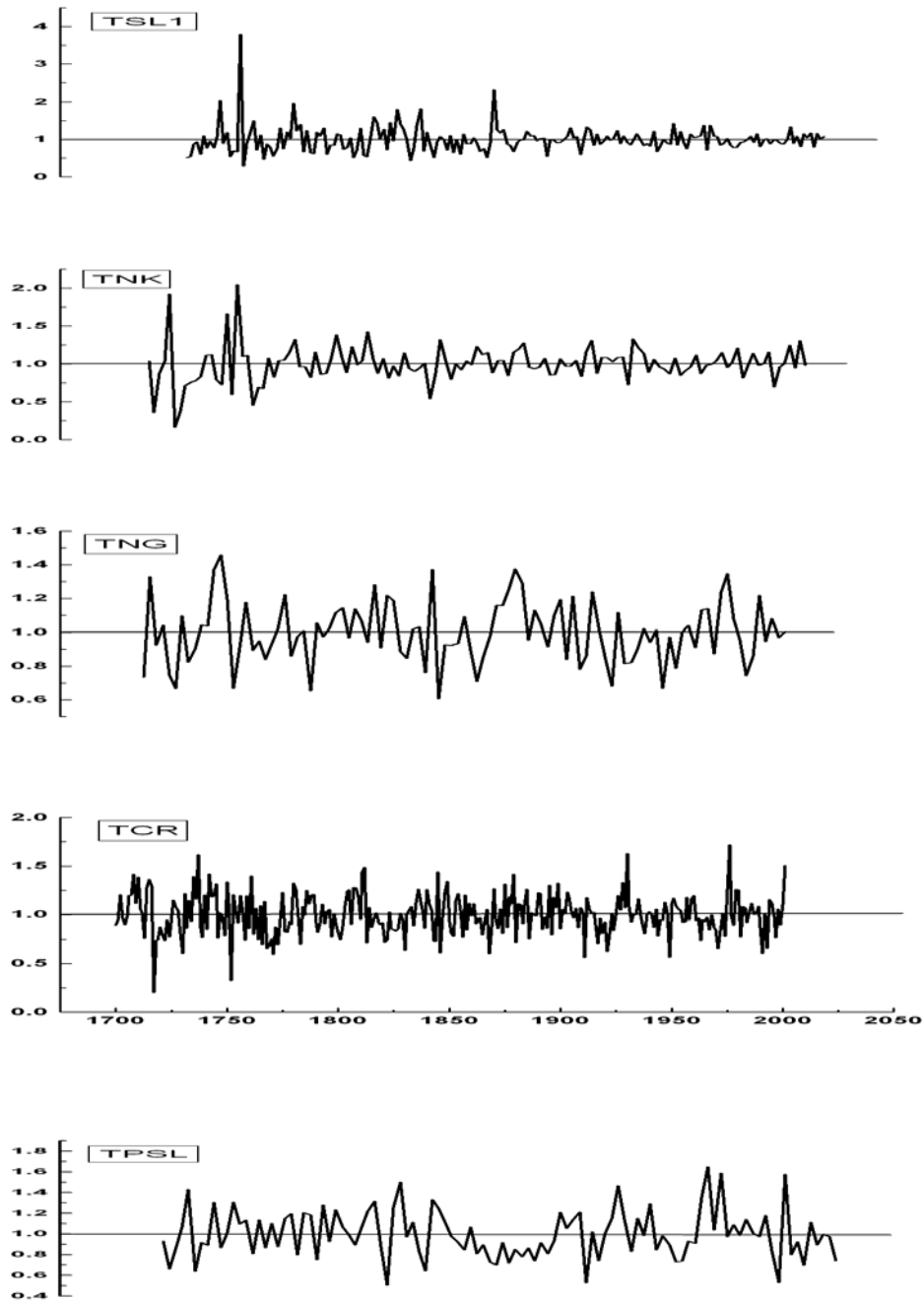
จังหวัด	พื้นที่ ศึกษา	อักษรย่อ	ชนิดไม้	Raw data								standardization	
				จำนวน ต้น	จำนวน ตัวอย่าง	ปี	ช่วงอายุ	ค่าเฉลี่ย ความ กว้างวง ปี (มม)	ค่าเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าความอ่อนไหว	ค่าความ สัมพันธ์ ใน ตัว เอง	variance	in eigen vector
เชียงใหม่	โป่งสไล	TPSL	สัก	23	44	107	พ.ศ. 2438-2544 (ค.ศ.1895-2001)	1.86	1.44	.40	.71	31.78	
	ขร.16	TCR16	สัก	8	20	305	พ.ศ. 2240-2544 (ค.ศ.1697-2001)	1.77	1.01	.32	.72	43.17	
	น้ำของ	TNK	สัก	21	80	129	พ.ศ. 2418-2546 (ค.ศ.1875-2003)	3.24	1.84	.28	.71	31.67	
	น้ำก๊าด	TNG	สัก	18	68	102	พ.ศ. 2445-2546 (ค.ศ.1902-2003)	2.76	1.55	.33	.68	34.68	
หนองคาย	บ้านสา แล1	TSL1	สัก	20	38	193	พ.ศ. 2355-2547 (ค.ศ.1812-2004)	2.31	1.50	.31	.72	29.48	
	เข็ ย ง บ้านน้ำ ก๊าด	HNG	สัก	25	74	208*							
	ค อ ร ์ บ้านน้ำ ก๊าด	CNG	สัก	20	70	304*							

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) สรุปสถิติเบื้องต้นสำหรับไม้สักและไม้สน (หมายเหตุ * คือจำนวนวงปีของไม้สักที่เหลืออยู่ของต่อไม้)

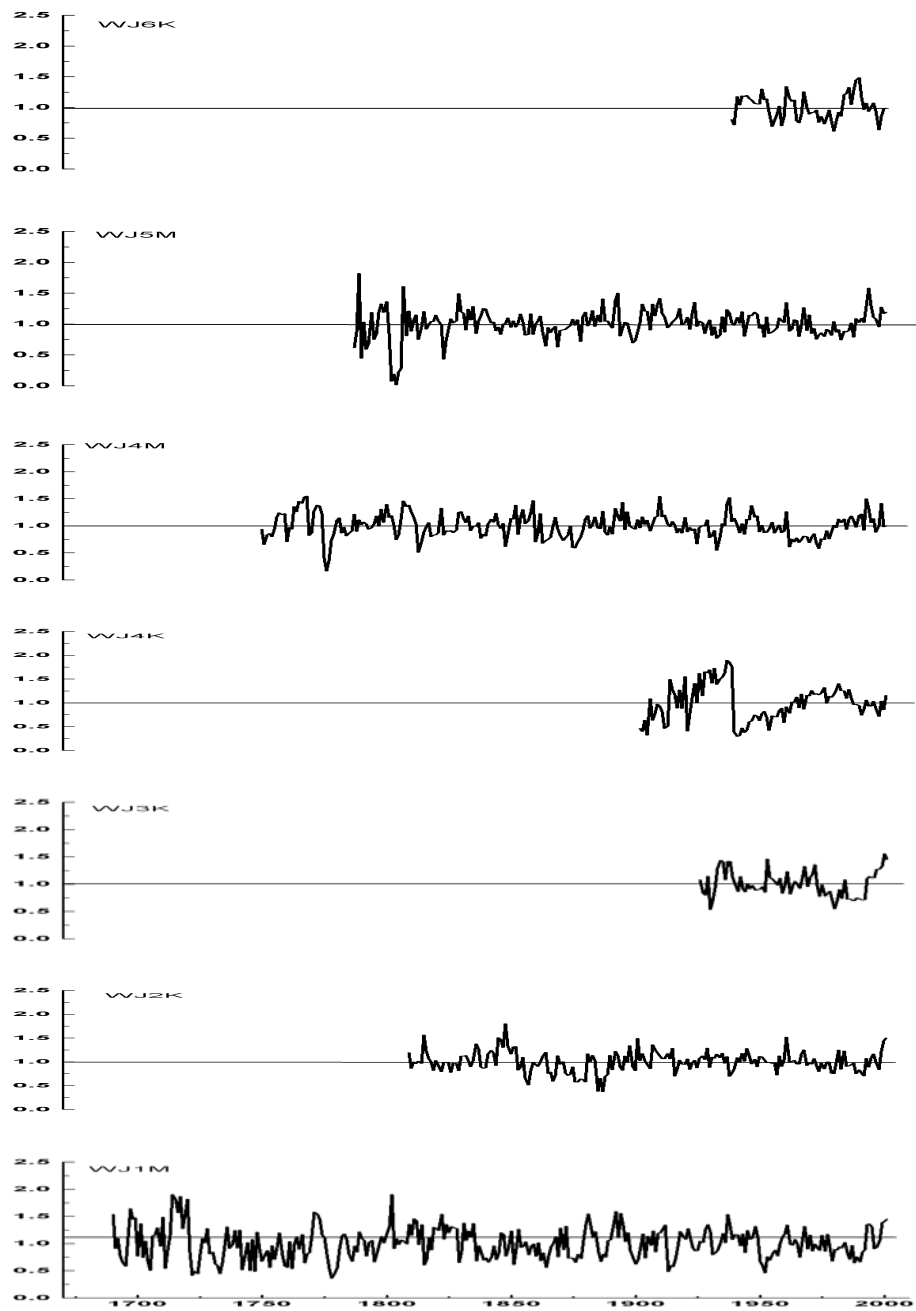
จังหวัด	พื้นที่ศึกษา	อักษรย่อ	ชนิดไม้	Raw data							standardization	
				จำนวนตัวอย่าง	ปี	ช่วงอายุ	ค่าเฉลี่ยความกว้างวงปี (มม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความอ่อนไหว	ค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง		
	วัดจันทร์ 1	PMWJ1	สนสองใบ	30	46	312	พ.ศ. 2233-2544 (ค.ศ. 1690-2001)	.90	.48	.34	.60	29.96
	วัดจันทร์ 2	PKWJ2	สนสามใบ	25	44	193	พ.ศ. 2352-2544 (ค.ศ. 1809-2001)	1.92	1.03	.29	.68	35.91
	วัดจันทร์ 3	PKWJ3	สนสามใบ	25	45	76	พ.ศ. 2469-2544 (ค.ศ. 1926-2001)	2.43	1.35	.26	.76	38.26
	วัดจันทร์ 4	PMWJ4	สนสองใบ	7	10	252	พ.ศ. 2293-2544 (ค.ศ. 1750-2001)	1.26	.76	.25	.80	37.29
	วัดจันทร์ 4	PKWJ4	สนสามใบ	22	24	100	พ.ศ. 2445-2544 (ค.ศ. 1902-2001)	2.77	1.22	.28	.64	27.99
	วัดจันทร์ 5	PMWJ5	สนสองใบ	25	44	215	พ.ศ. 2330-2544 (ค.ศ. 1787-2001)	1.07	.56	.28	.70	28.51
เชียงใหม่	วัดจันทร์ 6	PMWJ6	สนสองใบ	32	52	63	พ.ศ. 2482-2544 (ค.ศ. 1939-2001)	2.82	1.33	.28	.66	30.55

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) สรุปสถิติเบื้องต้นสำหรับไม้สักและไม้สน (หมายเหตุ * คือจำนวนวงปีของไม้สักที่เหลืออยู่ของต่อไม้)

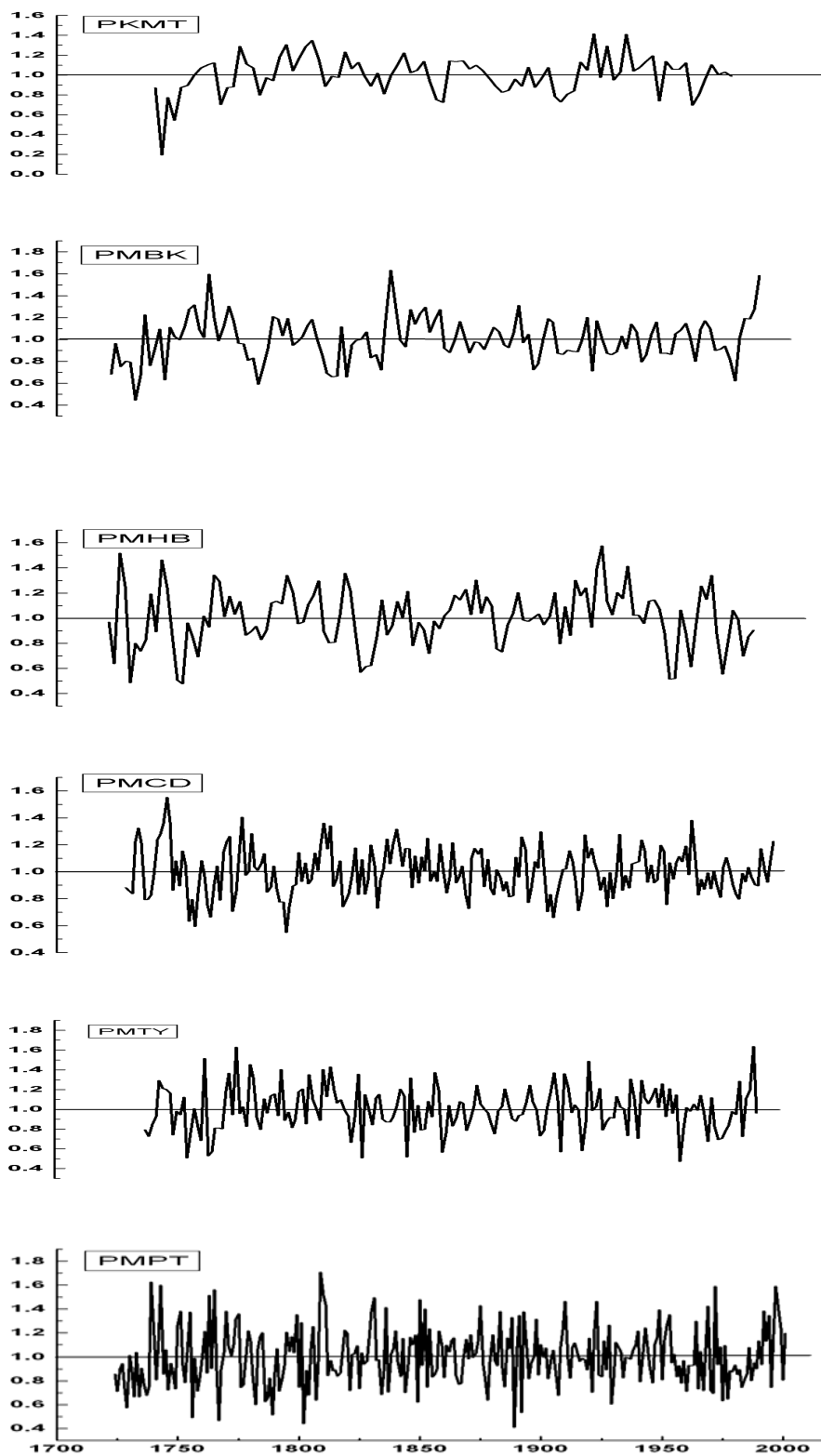
จังหวัด	พื้นที่ศึกษา	อักษรย่อ	ชนิดไม้	Raw data								standardization variance in 1 eigenvector
				จำนวน ตัวอย่าง	ปี	ช่วงอายุ	ค่าเฉลี่ย ความกว้างวง ปี (มม)	ค่าเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าความอ่อนไหว	ค่าความสัมพันธ์ ในตัวเอง		
เชียงใหม่	เขียงดาว	PMCD	สนสองใบ	62	207	พ.ศ. 2340-2546 (ค.ศ.1797-2003)	1.47	0.92	.28	.73	27.97	
	ห้วยบง	PMHB	สนสองใบ	25	149	พ.ศ. 2398-2546 (ค.ศ.1855-2003)	2.35	1.11	.32	.57	27.46	
	บ่อแก้ว	PMBK	สนสามใบ	21	133	พ.ศ.2414-2546 (ค.ศ.1871-2003)	2.07	10.6	.28	.63	27.45	
	หนองกระทิง	PKNT	สนสามใบ	73	89	พ.ศ.2458-2546 (ค.ศ.1915-2003)	4.17	1.88	.27	.67	30.87	
ภูเก็ต	พุดเตย	PMPT	สนสองใบ	61	280	พ.ศ.2265-2544 (ค.ศ.1722-2001)	1.04	.66	.34	.68	36.60	
	ป่าชุมชนบ้านโรง	PMTY	สนสองใบ	72	179	พ.ศ.2366-2544 (ค.ศ.1823-2001)	1.23	.58	.30	.59	45.24	



รูปที่ 4-1 แสดงดัชนีวงปีไม้สัก ไปงสลิ (TPSL), ชร.16 (TCR16), น้ำกาด (TNG) , น้ำของ (TNK) และ บ้านสาแล 1 (TSL1)



รูปที่ 4-2 แสดงดัชนีวงปีไม้สน วัดจันทร์ 1 (PMWJ1), PKWJ2, PKWJ3, PMWJ4, PKWJ4, PMWJ5, PMWJ6



รูปที่ 4- 2 (ต่อ) ดัชนีไม้สน พุเตย (PMPT), ชุมชนบ้านโรง (PMTY) เชียงดาว (PMCD) ห้วยบง (PMHB) บ่อแก้ว (PMBK) และหนองกระเทียม (PKNT)

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนี

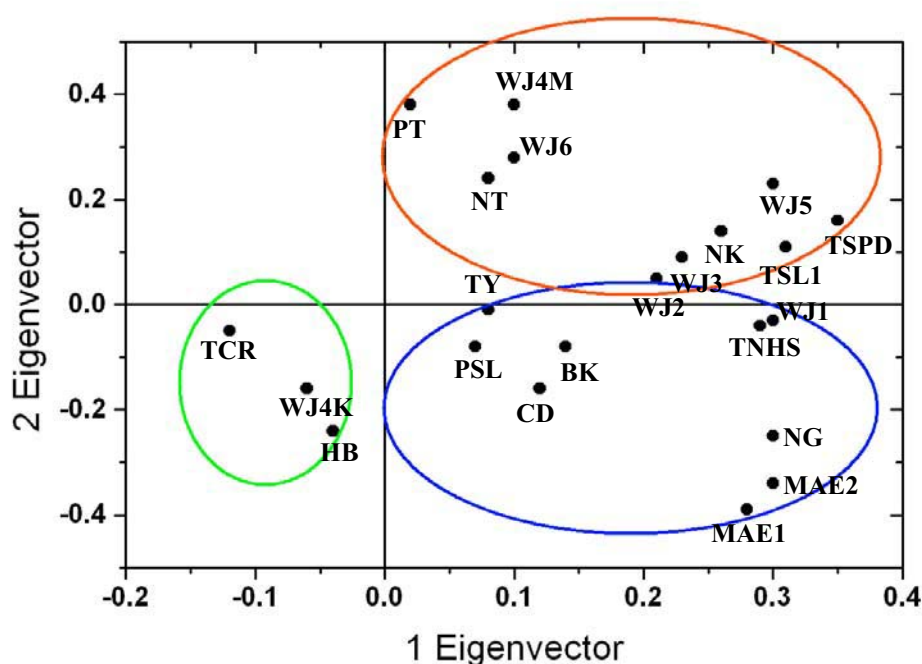
ตารางที่ 4-2 แสดงความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างเส้นดัชนีไม้สัก ในการนำเสนอได้เพิ่มตัวอย่างเส้นดัชนีไม้สัก อีก 4 เส้น ที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง คือ MAE1, MAE2 บริเวณบ้านน้ำกาด THNS ดัชนีไม้สักจากอุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-ผาเสื่อ และ TSPD ดัชนีสักจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน และความสัมพันธ์อย่างง่ายของดัชนีไม้สน โดยภาพรวมดัชนีไม้สักมีความสัมพันธ์ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนทั้งหมดค่อนข้างสูง ยกเว้นไม้สักจากจังหวัดเชียงรายมีค่าความสัมพันธ์ที่แตกต่างออกไป สำหรับดัชนีไม้สนพบว่าไม้สนชนิดเดียวกันมีความสัมพันธ์กันสูงกว่าต่างชนิด

ตารางที่ 4-2 ความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างเส้นดัชนี

ดัชนี ไม้	PMBK	PMCD	PMHB	PMPT	PMTY	PMWJ1	PKWJ2	PKWJ3	PKWJ4	PMWJ4	PMWJ5	PMWJ6	PKNT	TNHS	ESPD	TCR	TMAE1	TMAE2	TNG	TPSL	TNK	TSL1
1	1.0																					
2	.28	1.0																				
3	-.28	-.05	1.0																			
4	-.23	-.21	-.13	1.0																		
5	.10	.13	-.01	.12	1.0																	
6	.20	.37	.12	-.07	.10	1.0																
7	.27	.38	-.03	-.13	.24	.38	1.0															
8	.08	.27	.04	.19	.33	.37	.49	1.0														
9	-.16	.02	.16	-.11	-.07	-.07	-.19	1.0														
10	-.02	-.14	-.15	.15	-.20	.27	.15	-.02	-.15	1.0												
11	.16	.08	-.01	.20	.06	.67	.27	.38	-.21	.52	1.0											
12	.04	.03	-.08	.15	-.01	-.07	.35	.02	-.25	.32	.26	1.0										
13	.03	.13	-.20	.04	-.08	.07	.18	.14	.13	.29	.14	.09	1.0									
14	.07	-.07	-.13	.07	.11	.29	-.04	.14	.01	.18	.39	.10	.04	1.0								
15	.16	.09	-.17	.25	.12	.51	.25	.40	-.03	.15	.53	.18	.12	.63	1.0							
16	-.14	-.00	-.01	-.07	-.08	-.11	-.12	-.18	.06	-.07	-.08	-.19	-.17	-.13	1.0							
17	.26	.17	.05	-.16	.06	.36	.18	.16	-.06	-.12	.22	-.07	-.10	.56	.33	1.0						
18	.18	.19	.10	-.12	.13	.33	.30	.23	-.04	-.06	.24	.13	-.02	.54	.34	.88	1.0					
19	.16	.18	.11	-.13	-.10	.46	.19	.20	-.06	.07	.48	.13	.00	.44	.41	-.09	.68	.71	1.0			
20	-.04	.02	-.04	-.21	-.10	.13	.05	.01	.35	.16	.01	-.17	.23	.11	.07	-.25	.07	.07	.16	1.0		
21	.15	.05	-.13	.12	.10	.28	.18	.25	-.05	.07	.28	.17	.18	.45	.65	-.29	.25	.27	.17	.06	1.0	
22	.23	.06	-.12	.11	.13	.42	.21	.42	.08	.07	.48	.03	.21	.50	.75	-.06	.28	.24	.37	.21	.56	1.0

4.3 Principal component

ในการวิเคราะห์ principal component หรือ PCA เพื่อต้องการทราบว่าดัชนีไม้ชนิดไหนจะมีค่าตอบสนองกับสภาพภูมิอากาศมากน้อยอย่างไร และรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้มีความคล้ายคลึงกันหรือไม่ ในการคำนวณ ได้รวมข้อมูลดัชนีไม้ทั้งหมดที่ต้องการวิเคราะห์ ต่อจากนั้นใช้โปรแกรม DPL เมนู PCA ผลลัพธ์ที่ได้จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีไม้ต่างๆซึ่งแสดงออกมาเป็นค่า eigenvector โดยทั่วไป ค่า Eigenvector 1 จะหมายถึงค่าที่ดัชนีไม้ตอบสนองกับสภาพภูมิอากาศมากที่สุด และ eigenvector 2 เป็นค่าการตอบสนองรองลง ได้แปลงค่า 1 eigenvector และ 2 eigenvector มาจัดทำเป็น scattergram และอธิบายการกระจายของดัชนีไม้ที่อยู่ใกล้ แกน x (1 eigenvector) และ แกน y (2 eigenvector)



รูปที่ 4-3 scattergram ของดัชนีไม้ 22 เส้น

จากรูปที่ 4-3 สามารถแบ่งกลุ่มเส้นดัชนีไม้ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 อยู่ล่างขวา ใกล้กับแกน x (1 eigenvector) ประกอบด้วย ดัชนีไม้ทั้งสิ้น 9 ดัชนี เป็นดัชนีไม้สัก 5 เส้น ได้แก่ ดัชนีไม้สักที่บ้านน้ำกาด (MAE1, MAE2 และ NG) ดัชนีไม้สัก ที่ถ้ำปลา-ผาเสื่อ (TNHS) และไม้สักที่โป่งสลิ (TPSL) ดัชนีไม้สน 4 เส้น ได้แก่ ไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ 1 (PMWJ1) ไม้สนที่เชียงดาว (PMCD) ไม้สนที่บ่อแก้ว (PMBK) และไม้สนที่ชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรี (PMTY) โดยที่ ไม้สักที่บ้านน้ำกาดอยู่ใกล้แกน x มากที่สุด ซึ่งหมายถึง ดัชนีของไม้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอก ในที่นี้คือสภาพภูมิอากาศมากที่สุด กลุ่มที่ 2 ที่อยู่บนด้านขวามือ ประกอบด้วย จำนวนดัชนีไม้ทั้งสิ้น 10 ดัชนี เป็นไม้สัก 3 เส้นดัชนีที่วางตัวอยู่ใกล้กัน ได้แก่ ดัชนีไม้สักน้ำของ (TNK) ดัชนีไม้สักบ้านสาแล1 (TSL1) ดัชนีไม้สักสันปันแดน (TSPD) นอกนั้นเป็นดัชนีไม้สนจำนวน 7 เส้น ได้แก่ ไม้สนบ้านวัดจันทร์ 2 (PMWJ2) ไม้สนบ้านวัดจันทร์ 3 (PKWJ3) ไม้สนบ้านวัดจันทร์ 5 (PMWJ5) ไม้สนหนองกระทิง (PKNT) ไม้สนบ้านวัดจันทร์ 6 (PMWJ6) ไม้สนบ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4) และไม้สนที่พุเตย จ.สุพรรณบุรี (PMPT) โดยที่ไม้สักจะจับกลุ่มอยู่ใกล้กันมาก เช่นเดียวกับไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ 2 (PKWJ2) และ

บ้านวัดจันทร์ 3 (PKWJ3) บ่งบอกถึงรูปแบบการเจริญเติบโตและการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกที่คล้ายคลึงกัน กลุ่มที่ 3 ทางด้านซ้ายมือ เป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยเส้นดัชนี 3 เส้น ได้แก่ เส้นดัชนีไม้สักที่พื้นที่ป่าป้องกันหน่วย ชร. 16 (TCR) ดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ (PKWJ4) และดัชนีไม้สนที่ห้วยบง (PMHB) ในกลุ่มที่ 3 อธิบายได้ว่าการเจริญเติบโตของต้นไม้ตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกโดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศน้อยมาก และมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่แตกต่างไปจากดัชนีไม้ส่วนมาก

4.4 การตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ

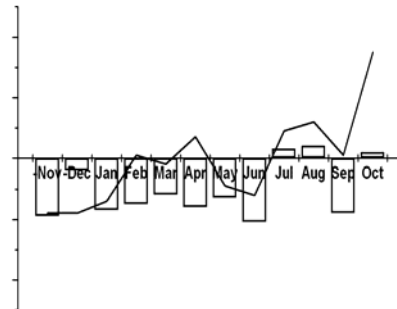
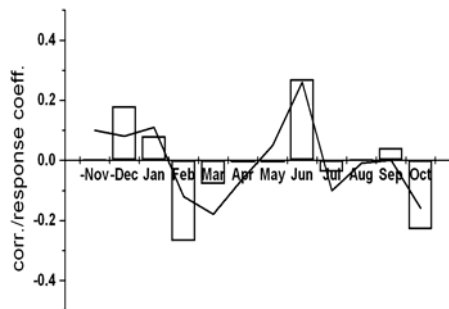
ตอบสนองของความกว้างวงปีต่อสภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ) เพื่ออธิบายถึง ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเดือนไหนมีผลต่อขนาดความกว้างวงปี หรือมีผลต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของต้นไม้

การตอบสนองของวงปีไม้สักที่เชียงราย พบว่าดัชนีไม้สักทั้ง 2 พื้นที่ศึกษา โป่งสลิ (TPSL) และพื้นที่ป้องกันรักษาหน่วยป่าไม้ ชร. 16 (TCR) ตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกทั้งปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิก่อนข้างต่ำ โดยดัชนีไม้สักที่โป่งสลิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำฝนในเดือนมิถุนายน ดัชนีไม้สักที่พื้นที่ป้องกันหน่วยป่าไม้ ชร. 16 มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเดือนกุมภาพันธ์ (รูปที่ 4-4 ; A,B) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ principal component (รูปที่ 4-3) ที่ดัชนีไม้สักที่ ชร.16 อยู่ห่างไกลจากดัชนีอื่น และใกล้กับ 2. eigenvector ซึ่งต่างจากการตอบสนองของดัชนีไม้สักที่จ.แม่ฮ่องสอนต่อสภาพภูมิอากาศที่มีความคล้ายคลึงกันมาก โดยที่ดัชนีไม้สักของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา ตอบสนองทางบวกต่อปริมาณน้ำฝนในเดือน เมษายน (ดัชนีไม้สักที่บ้านสาแล1) เดือนพฤษภาคม (ดัชนีไม้สักบ้านน้ำกาด และน้ำของ) และในทางกลับกันดัชนีทั้งสามมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิในเดือน พฤษภาคม (รูปที่ 4-4; C-E)

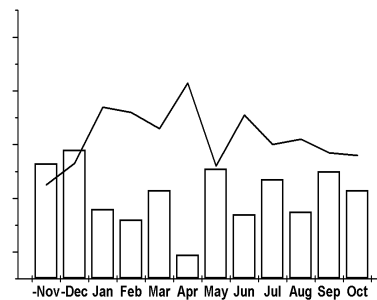
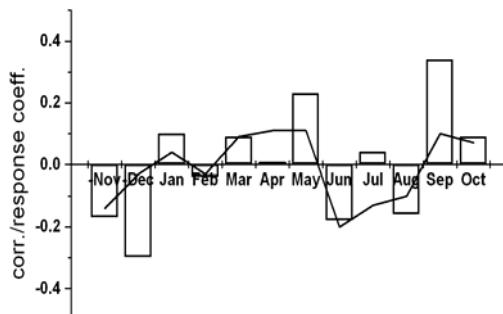
การตอบสนองของความกว้างวงปีของไม้สน ที่จังหวัดเชียงใหม่พบว่า ดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ทั้งไม้สนสองใบและสนสามใบ ตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในเดือน มีนาคมและเมษายน ยกเว้นดัชนีไม้สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 (PKWJ4) ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสัมพันธ์ของดัชนีเส้นนี้กับดัชนีไม้สนเส้นอื่นที่ต่ำ (ตารางที่ 4-2) และจาก scattergram (รูปที่ 4-3) ดัชนีสนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 อยู่ห่างไกลจากดัชนีเส้นอื่น และเข้าใกล้ 2 eigenvector มาก ดัชนีไม้สนสองใบที่เขียงดาว ตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนคล้ายคลึงกับดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ 6 คือเดือนกันยายน รวมทั้งไม้สนจากอุทยานแห่งชาติพุเตย จ.สุพรรณบุรี และ จากป่าชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรี ตอบสนองทางบวกกับปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายฤดูแล้ง (มกราคม-กุมภาพันธ์-มีนาคม และเมษายน) (รูปที่ 4-4; F-R)

โดยภาพรวมอาจสรุปได้ว่า ทั้งไม้สนสองใบและสนสามใบที่มีการเจริญเติบโตครอบคลุมสภาพภูมิประเทศที่ค่อนข้างกว้างคือตั้งแต่ จังหวัดเพชรบุรีจนถึงจังหวัดเชียงใหม่ มีรูปแบบการเจริญที่คล้ายคลึงกันและตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนที่เป็นช่วงปลายฤดูแล้ง (มีนาคม-เมษายน) ซึ่งแตกต่างจากไม้สักซึ่งโดยรวมแล้วตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงครึ่งแรกของฤดูฝน (เมษายน-กรกฎาคม)

A) $R^2 = 39.70$

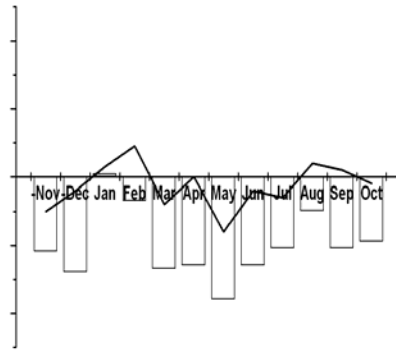
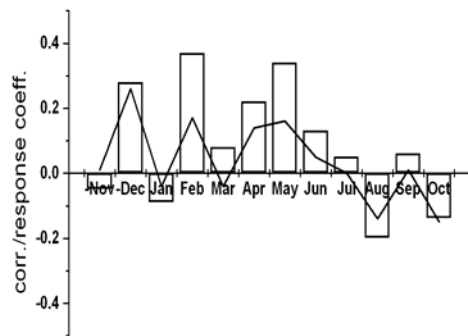


B) $R^2 = 33.75$

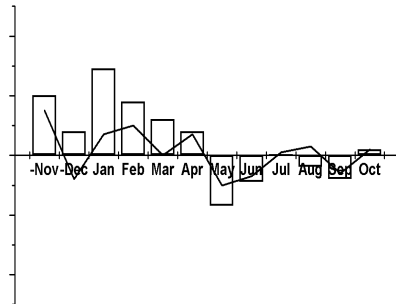
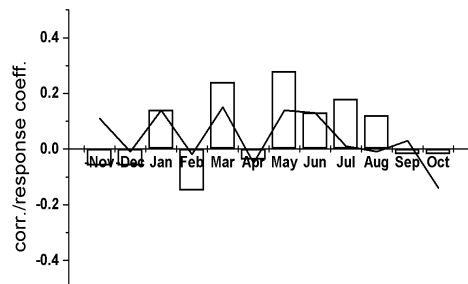


รูปที่ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักที่เชียงรายกับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.เชียงราย (ซ้าย) และอุทกภูมิ (ขวา) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * $p < 0.05$; A) โป่งสลิ (TPSL), B) ชร.16 (TCR) $R^2 = \text{coeff. of determination}$

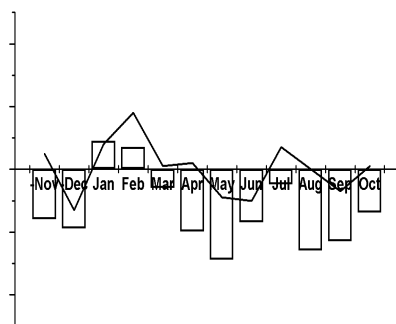
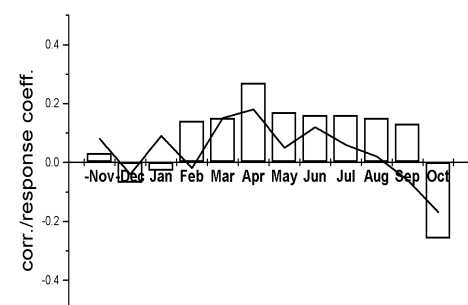
C) $R^2 = 43.61$



D) $R^2 = 23.50$

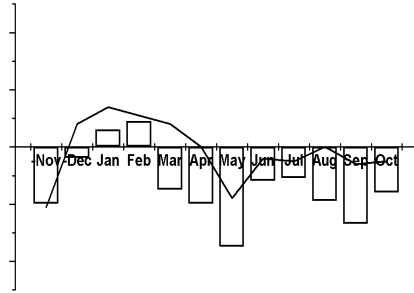
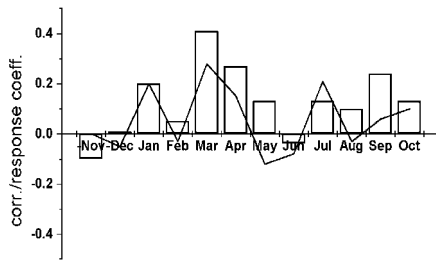


E) $R^2 = 27.05$

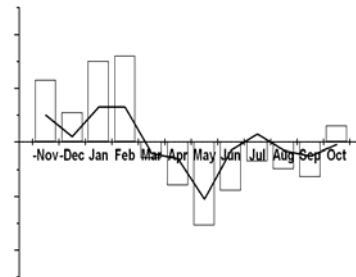
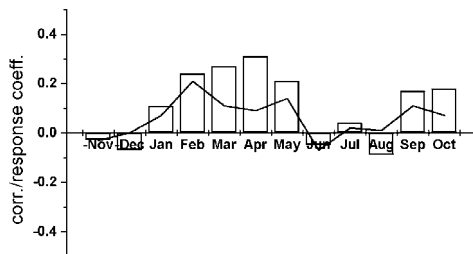


รูปที่ 4-4 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนกับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ. เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ซ้าย) และอุณหภูมิจังหวัดเชียงใหม่ (ขวา) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * $p < 0.05$; C) น้ำของ (TNK), D) น้ำกัด (TNG) และ E) ทุ่งสาแล 1 (TSL1) $R^2 = \text{coeff. of determination}$

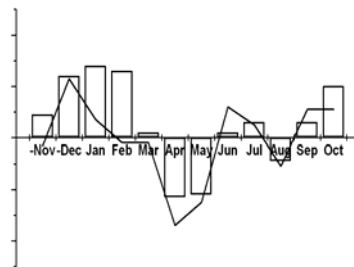
F) $R^2=44.72$



G) $R^2=37.67$

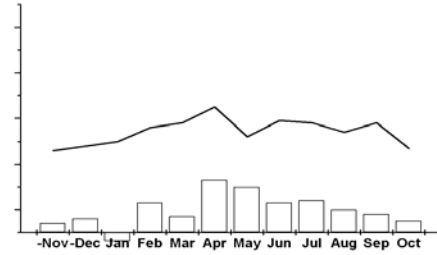
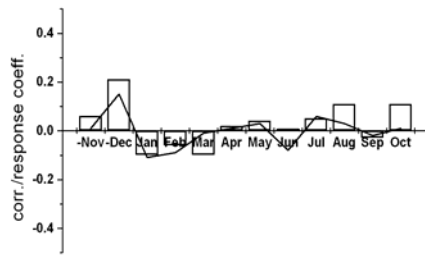


H) $R^2= 49.44$

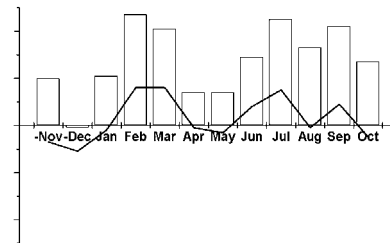
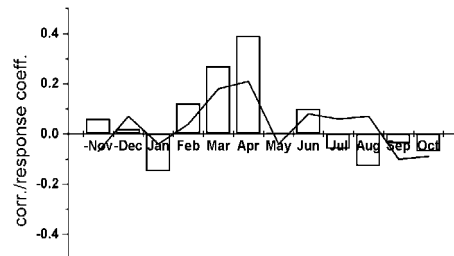


รูปที่ 4-4 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ซ้าย) และอุณหภูมิต้อง (ขวา) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น)
 * $p<0.05$; F) บ้านวัดจันทร์ 1 (PMWJ1), G) บ้านวัดจันทร์ 2 (PKWJ2) H) บ้านวัดจันทร์ 3 (PMWJ3) $R^2=$ coeff.of determinarion

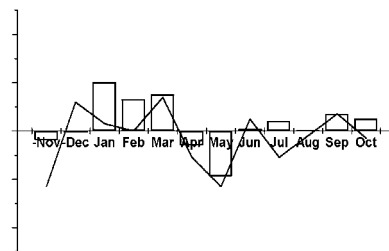
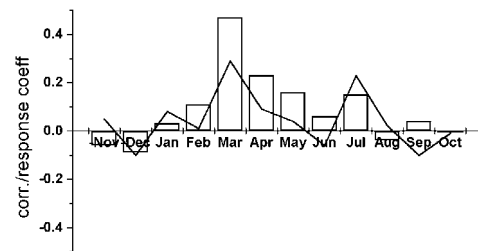
I) $R^2 = 39.82$



J) $R^2 = 56.37$

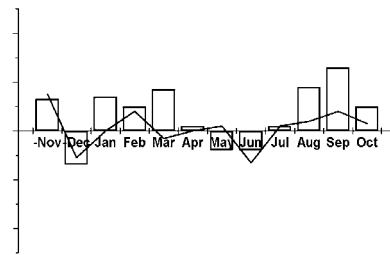
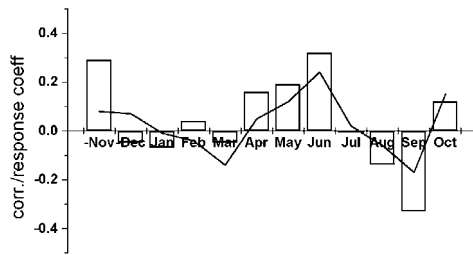


K) $R^2 = 36.41$

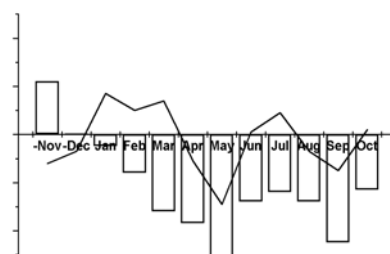
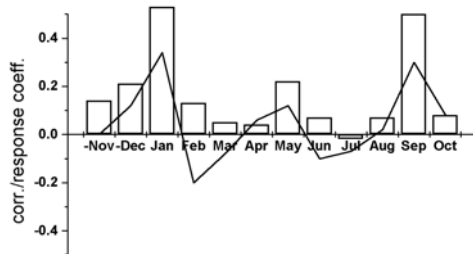


รูปที่ 4-4 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ซ้าย) และอุณหภูมิจ.แม่ฮ่องสอน (ขวา) corr.coef (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น)
* $p < 0.05$; I) บ้านวัดจันทร์ 4 (PKWJ4), J) บ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4) K) บ้านวัดจันทร์ 5 (PMWJ5) $R^2 =$ coeff.of determinarion

L) $R^2 = 36.41$

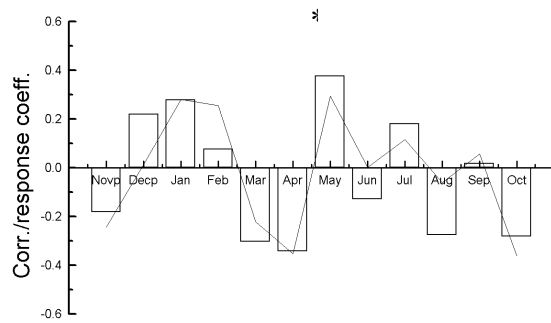


M) $R^2 = 67.66$

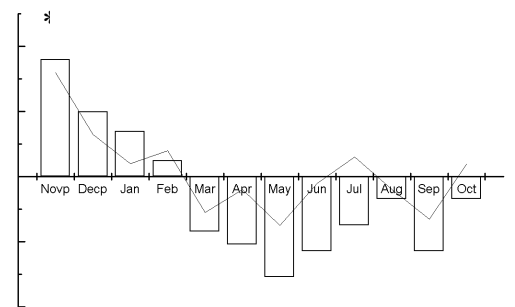
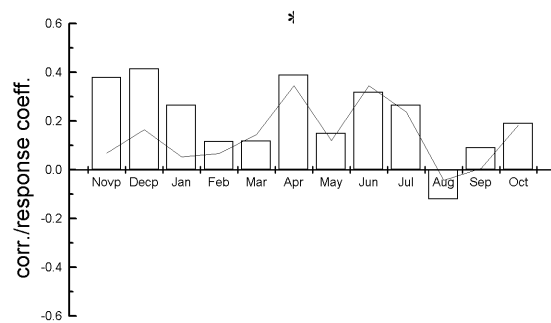


รูปที่ 4- 4(ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่บ้านวัดจันทร์ กับปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (ซ้าย) และอุณหภูมิตัว (ขวา) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น)
 * $p < 0.05$; L) บ้านวัดจันทร์ 6 (PMWJ6) และ M) เชียงดาว (PMCD) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิตัวจาก สถานีตรวจวัด อ.เมือง จ.เชียงใหม่ $R^2 = \text{coeff. of determination}$

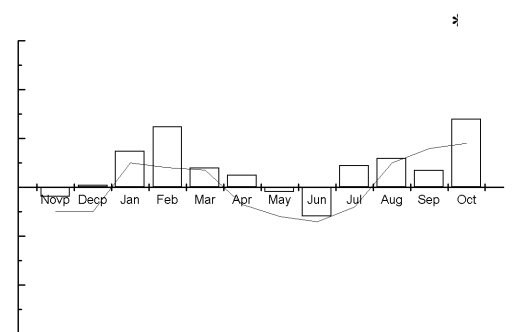
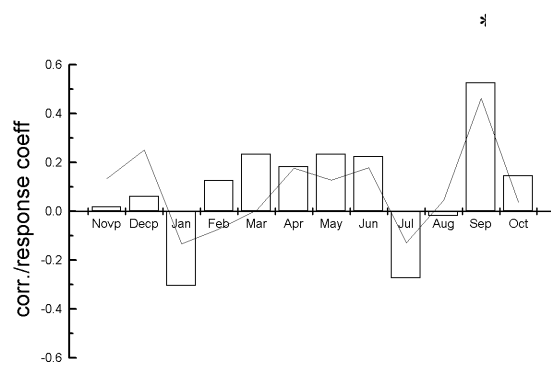
N) $R^2=58.8$



O) $R^2=64.6$

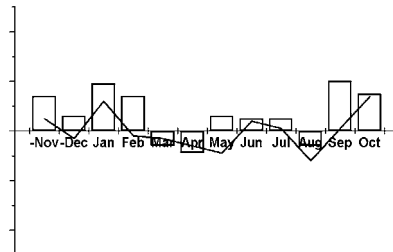
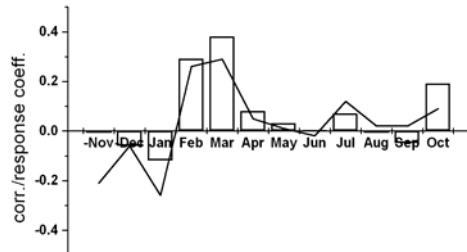


P) $R^2=68.3$

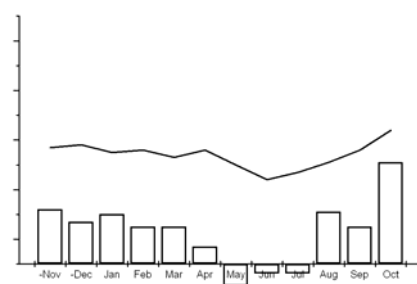
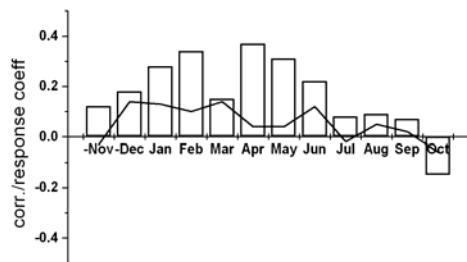


รูปที่ 4- 4 (ต่อ) : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่เชียงใหม่ปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.อมก๋อย (ซ้าย) และอุณหภูมิตัว (ขวา) จาก จ. เชียงใหม่ corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * $p<0.05$; N) ห้วยบง (PMHB), O) บ่อแก้ว (PMBK) และ P) หนองกระทิง (PKNT) $R^2 = \text{coeff. of determination}$

Q) $R^2=33.26$



R) $R^2=53.02$



รูปที่ 4-4 (ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนที่ปุเตย จ.สุพรรณบุรี ปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ. เมือง จ.สุพรรณ และ ดัชนีไม้สนที่บ้านทุ่งโรง จ. เพชรบุรี (ซ้าย) ปริมาณน้ำฝนสถานีตรวจวัด อ.หัวหิน และ อุณภูมิ (ขวา) corr.coeff (กราฟแท่ง) และ response function coeff. (กราฟเส้น) * $p<0.05$; Q) ปุเตย (PMPT), R) บ้านทุ่งโรง (PMTY) R^2 = coeff.of determinarion

4.5 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, MEI, NINO4 และ SST (JMA)

ผลการศึกษาการตอบสนองของดัชนีไม้กับดัชนี SOI, MEI, NINO4 และ ENSO

Southern Oscillation Index (SOI) คือค่าความกดอากาศด้านตะวันออกและตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกซึ่งมีค่าตรงกันข้าม ปกติบรรยากาศเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกใต้ทางฝั่งตะวันออกจะมีค่าความกดอากาศสูงขณะที่ทางฝั่งตะวันตกมีค่าความกดอากาศต่ำ นักอุตุนิยมวิทยาประเทศออสเตรเลียทำการวัดค่าทั้ง 2 นี้ บริเวณความกดอากาศที่เกาะตะวันออก ตาฮีติ (Eastern Island:Tahiti) ซึ่งอยู่ทางตะวันตกของอเมริกาใต้ ประมาณ 2700 ไมล์ และอีกบริเวณหนึ่งที่ตารวิน ซึ่งอยู่ทางเหนือของออสเตรเลียและค่าที่ได้จากความกดบรรยากาศของมหาสมุทรแปซิฟิกนี้นำมาคำนวณค่าดัชนี SOI

ดัชนี MEI ย่อมาจาก Multivariate ENSO Index เกิดจากความพยายามที่จะผสมผสานลักษณะของมหาสมุทร-บรรยากาศ ของปรากฏการณ์ ENSO ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ Multivariate ENSO Index (MEI) โดยการสังเกตตัวแปรต่างๆในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน ความเข้าใจ MEI อย่างง่าย ๆ คือค่าน้ำหนักเฉลี่ยของลักษณะสำคัญของ ENSO ประกอบด้วย 6 ตัวแปรคือ ความกดอากาศของทะเล (sea-level pressure) องค์ประกอบของลมพื้นผิวทั้งตะวันออก-ตะวันตก และเหนือ-ใต้ อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเล (sea surface temperature) อุณหภูมิอากาศ (surface air temperature) และปริมาณเมฆทั้งหมด (total amount of cloudness) โดยทั่วไปค่าบวกของ MEI เป็นตัวแทนของช่วงร้อนของ ENSO หรือ El Nino นั่นเอง

สำหรับ NINO4 นักอุตุนิยมวิทยาได้ทำการแบ่งขอบเขตของค่าความผิดปกติของอุณหภูมิของน้ำทะเลออกเป็น 4 ช่วง คือ NINO1, NINO2, NINO3 และ NINO4 ครอบคลุมพื้นที่ดังนี้ NINO1+2 , 0-10 องศาใต้ 90 องศาตะวันตก -80 องศาตะวันออก NINO3, 5 องศาเหนือ-องศาใต้, 150 องศาตะวันตก-90 องศาตะวันตก NINO4 , 5 องศาเหนือ-5 องศาใต้ 160 องศาตะวันออก-150 องศาตะวันตก และ NINO3.4, 5 องศาเหนือ-5 องศาใต้ 170 องศาตะวันตก-120 องศาตะวันตก

ดัชนีที่ใกล้เคียงกับประเทศไทยมากที่สุดคือ NINO 4

SST ย่อมาจาก Sea Surface Temperature เป็นค่าการตรวจวัดความร้อนของน้ำในมหาสมุทรแปซิฟิก เมื่อเกิดปรากฏการณ์ El Nino SOI จะมีค่าเป็นลบ และ SST จะมีค่าเป็นบวก

การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ENSO ในประเทศไทยโดย มันทนา พุกกะวัน (2531) สรุปว่าปริมาณฝนน้อยลงและอุณหภูมิสูงขึ้นในปี El Nino และในทางตรงกันข้ามปริมาณน้ำฝนมากขึ้นและอุณหภูมิลดต่ำลง ในปีที่เกิด La Nina ดังนั้นจึงตั้งสมมุติฐานว่าขนาดความกว้างวงปีควรจะแคบหรือการตอบสนองของดัชนีปีไม้ไม่ควรมีความสัมพันธ์ทางลบ อาจสรุปดังนี้

ตารางที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศกับขนาดความกว้างวงปี

สภาพภูมิอากาศและวงปีไม้	ENSO	
	ENSO warm event (Warm phase ENSO) El Nino	ENSO cold event (Cold phase of ENSO) La Nina
	SOI-	SOI+
	SSt (JMA) Index +	SST (JMA) Index -
	MEI +	MEI-
ปริมาณฝน	Low	High
อุณหภูมิ	high	Low
ความกว้างวงปี	Low	High

ผลการศึกษาพบว่าจากดัชนีไม้ทั้งหมด 18 เส้น พบว่า ไม้สักที่ทุ่งสาแล 1 จ.แม่ฮ่องสอน (TSL1) และที่โป่งสลิ จ.เชียงราย (TSPL) มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนี SOI ในเดือนมีนาคม-กรกฎาคม นอกจากนี้ยังพบดัชนีไม้สนสามใบที่หนองกระทิง (PKNT) และสนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4) มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญในเดือน พฤษภาคม และมีไม้สน 3 แห่งที่มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญคือ ดัชนีไม้สนสองใบที่เชียงดาว (PMCD) ดัชนีไม้สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 3 (PKWJ3) และดัชนีไม้สนสองใบที่ป่าชุมชนบ้านโรง จ.เพชรบุรี (PMTY)

ผลการศึกษาการตอบสนองของดัชนีไม้ทั้ง 18 เส้นกับเส้นดัชนี MEI พบว่า ดัชนีไม้สักทั้งหมดมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยที่ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านทุ่งโรง จ.เพชรบุรี (PMTY) ดัชนีไม้สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 2 (PKWJ2) มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม ส่วนดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับเส้นดัชนี MEI ในเดือน มีนาคม เมษายน มิถุนายน และ กรกฎาคม

ผลการศึกษาการตอบสนองของดัชนีไม้ทั้ง 18 เส้นกับ ดัชนี NINO4 พบว่ามีเพียงดัชนีไม้สักที่บ้านน้ำกาด (TNG) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนี NINO4 สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม ของปีที่ผ่านมา และดัชนีไม้สน 3 แห่งจากอุทยานแห่งชาติพุเตย (PMPT) สนสองใบบ้านวัดจันทร์ 5 (PMWJ5) และ สนสองใบจากบ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4) มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาการตอบสนองของดัชนีไม้ทั้ง 18 เส้นกับดัชนี SST พบว่า SST มีผลทำให้ความกว้างวงปีของไม้สักที่ น้ำกาด (TNG) และที่โป่งสลิ (TPSL) มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง SST มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญ กับขนาดความกว้างวงปีของไม้สน ที่เชียงดาว (PMCD) และ เพชรบุรี (PMTY)

ตารางที่ 4-4 สรุปผลการตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, SST, NINO4 และ MEI

Index	SOI		SST		NINO4		MEI	
	+	-	+	-	+	-	+	-
TPSL								
TCR								
TNK								
TNG								
TSL1								
PMWJ1								
PKWJ2								
PKWJ3								
PMWJ4								
PKWJ4								
PMWJ5								
PMWJ6								
PMCD								
PMHB								
PMBK								
PKNT								
PMPT								
PMTY								

ในเบื้องต้นสรุปได้ว่าการศึกษาดัชนีไม้ ทั้ง 18 เส้น พบว่า ดัชนี TPSL, TNG, TSL1, PKWJ2, PMWJ4, PKNT และ PMPT มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ อย่างน้อย สัมพันธ์กับค่า SOI ในทางลบ และสัมพันธ์กับค่า NINO4, SST, และ MEI ในทางบวก (ค่า SOI - และ NINO4, MEI, SST + เป็นสภาพที่เกิดปี ENSO) ซึ่งตรงกันข้ามกับ ดัชนี PKWJ3 PMCD และ PMTY ที่สัมพันธ์กับ SOI + และ SST-, NINO4- และ MEI (-) (ค่า SOI+, MEI-, SST-, NINO4- เป็นสภาพที่เกิด La Nina)

จากตารางที่ 4-5 ปีที่เกิดปรากฏการณ์ ENSO และ La Nina รูปที่ 4-5 และ 4-6 แสดงดัชนีไม้ที่ตอบสนองปรากฏการณ์ ENSO และ La Nina โดยการตัดมาเพียงช่วงที่มีข้อมูล จากที่ตารางที่ 4-5 verification

ตารางที่ 4-5 ปี Warm Episode (ENSO) และ cold Episode Years

ที่มา : <http://climate.uvic.ca>

*ข้อมูลเพิ่มเติมจาก

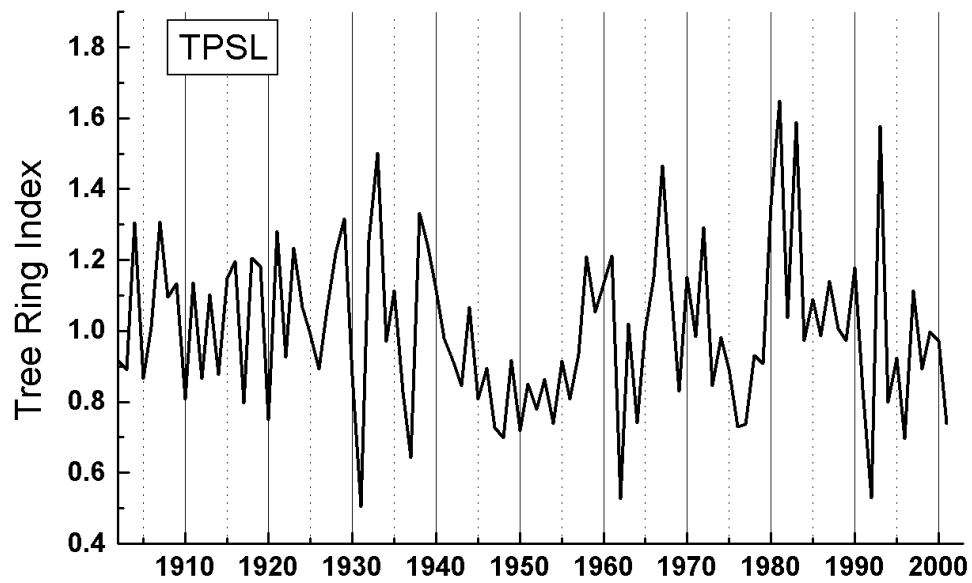
** ข้อมูลเพิ่มเติมจาก

Warm Episodes (ENSO) Years	Cold Episode Years (La Nina) Years
1902	1904
1905	1909
1911	1910
1914	1915
1918	1917
1923	1924
1925	1928
1929*	1933*
1930	1938
1932	1942*
1939	1944*
1940*	1945*
1941	1948*
1951	1947*
1953	1950
1957	1954*
1963*	1955
1965	1956
1969	1961*
1972	1964
1976	1967*
1977*	1970
1982	1971
1986	1973
1987*	1974*
1990*	1975
1991	1978*
1993*	1988
1994	1995
1997	
2002**	
2003**	

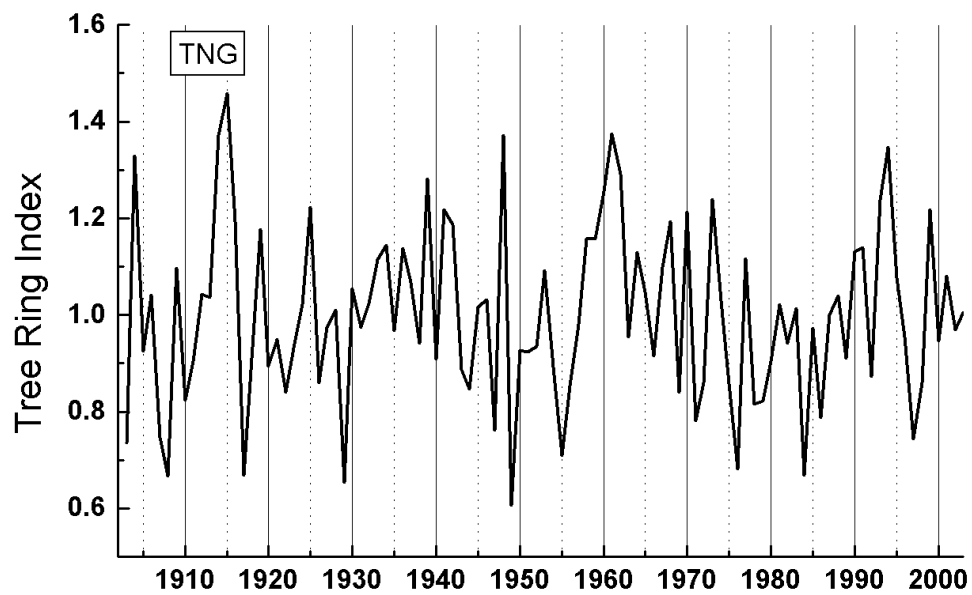
<http://www.ems.psu.edu>

<http://www.clearwest.com/> and BCC

A)

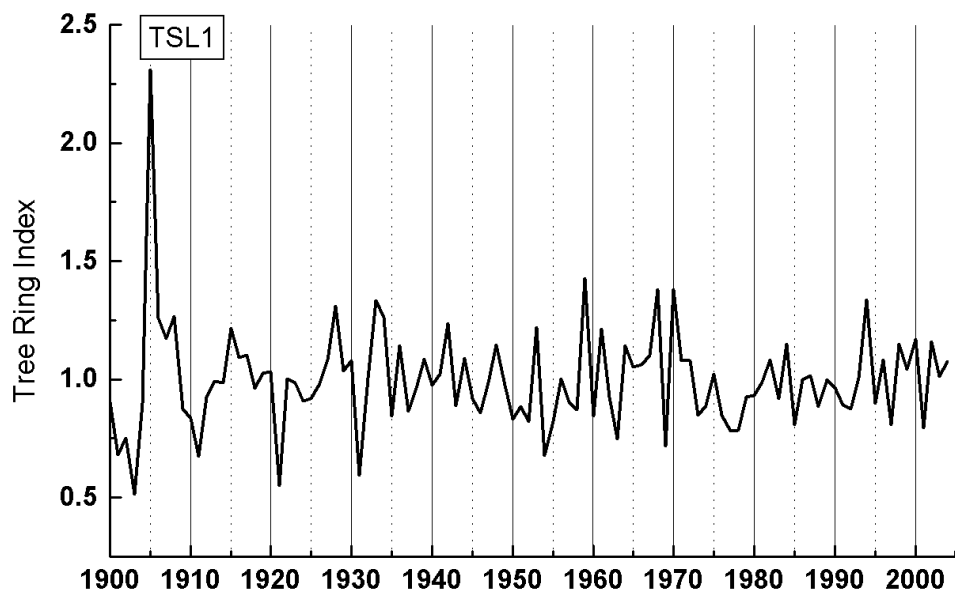


B)

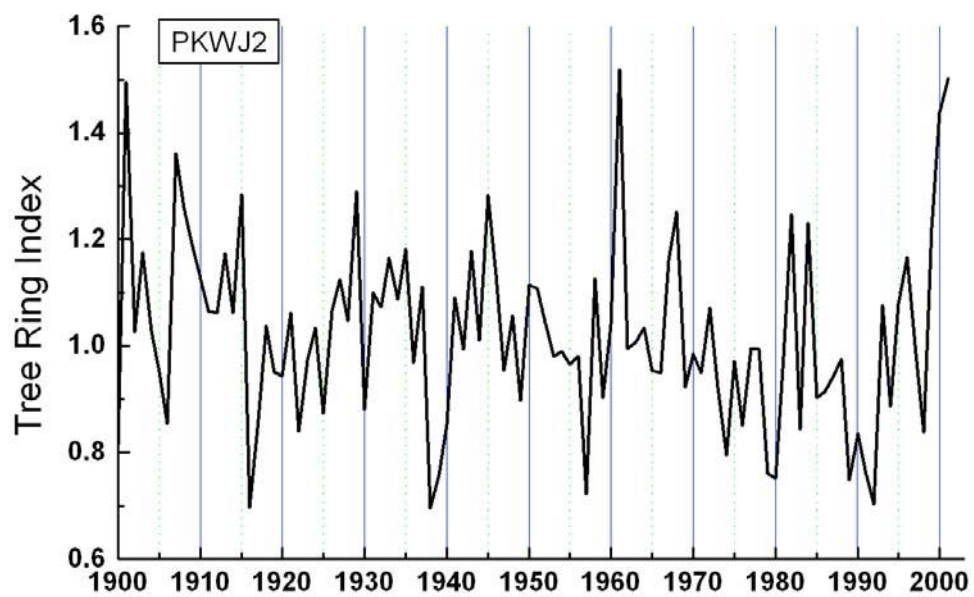


รูปที่ 4-5 แสดงเส้นดัชนี ที่สอดคล้องกับปีเกิด ENSO A) ไป่งสลิ (TPSL) และ B) น้ำกั๊ด (TNG)

c)

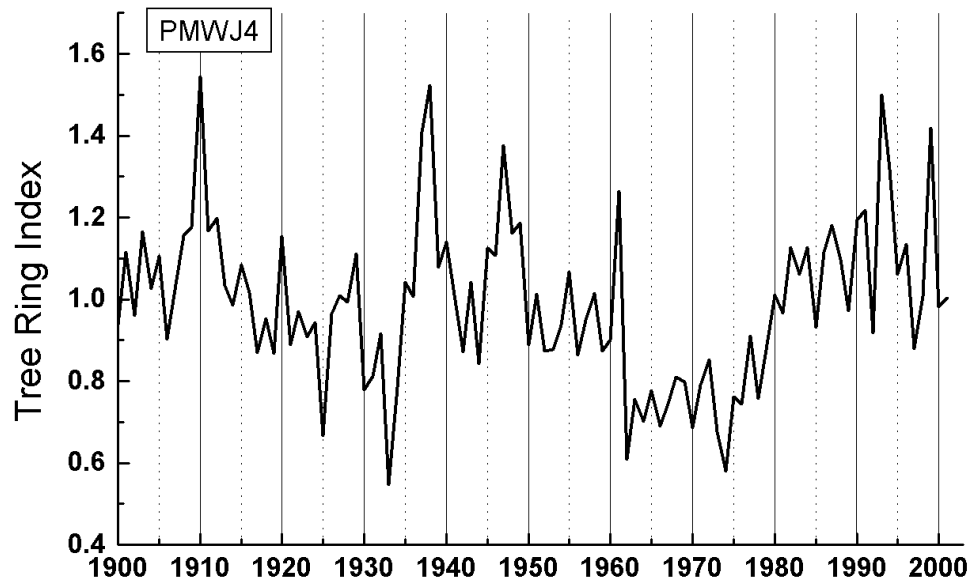


D)

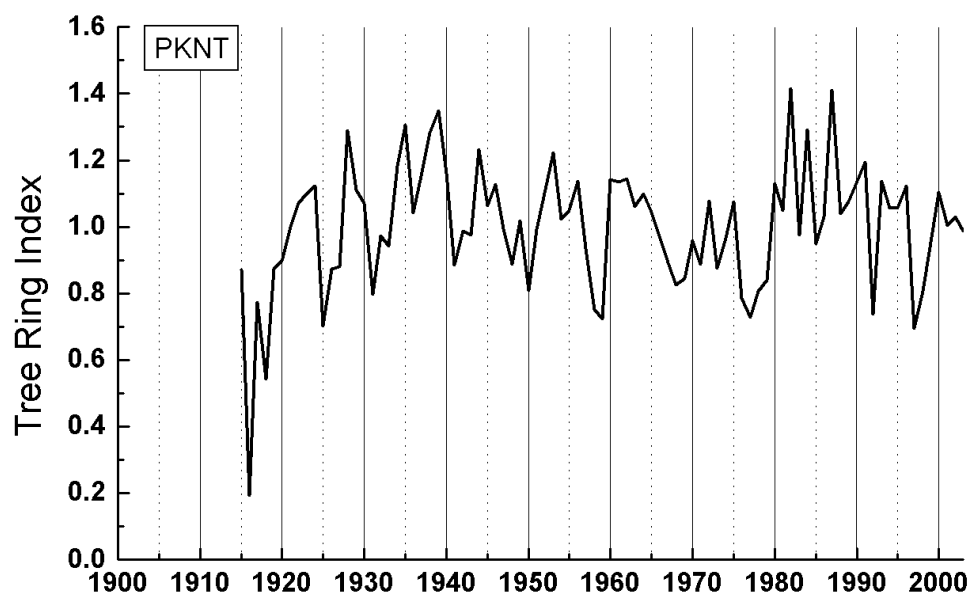


รูปที่ 4-5 (ต่อ) แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี ENSO C) ทุงสาแล 1 (TSL1) และ D) ไม้สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 2 (PKWJ2)

E)

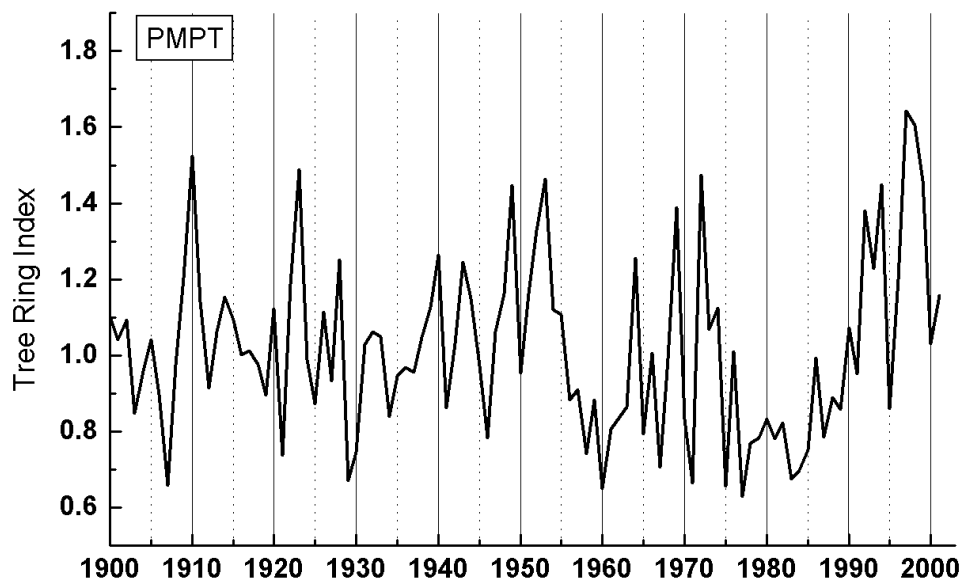


F)



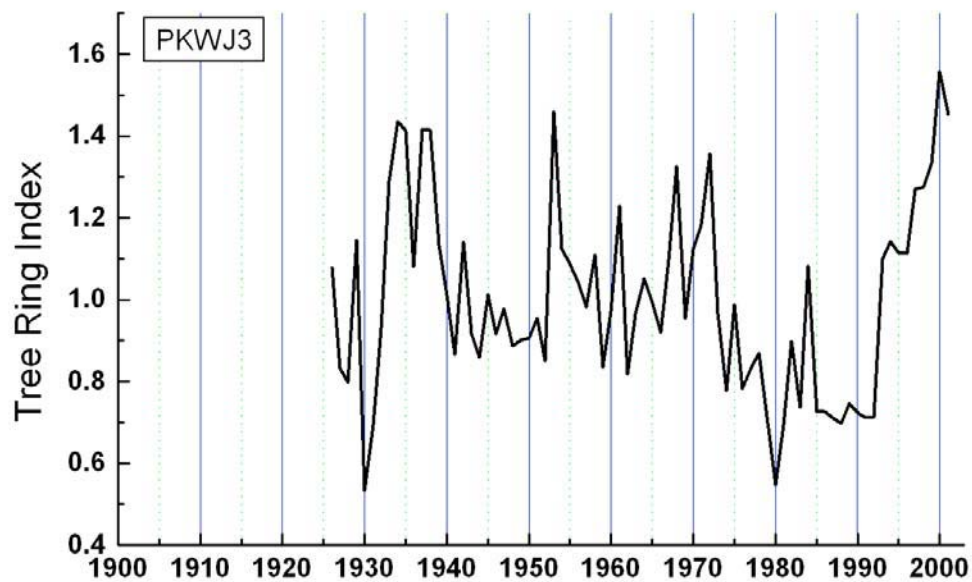
รูปที่ 4-5 (ต่อ) แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี ENSO E) ไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 (PMWJ4) และ F) สนสามใบที่หนองกระทิง (PKNT)

G)



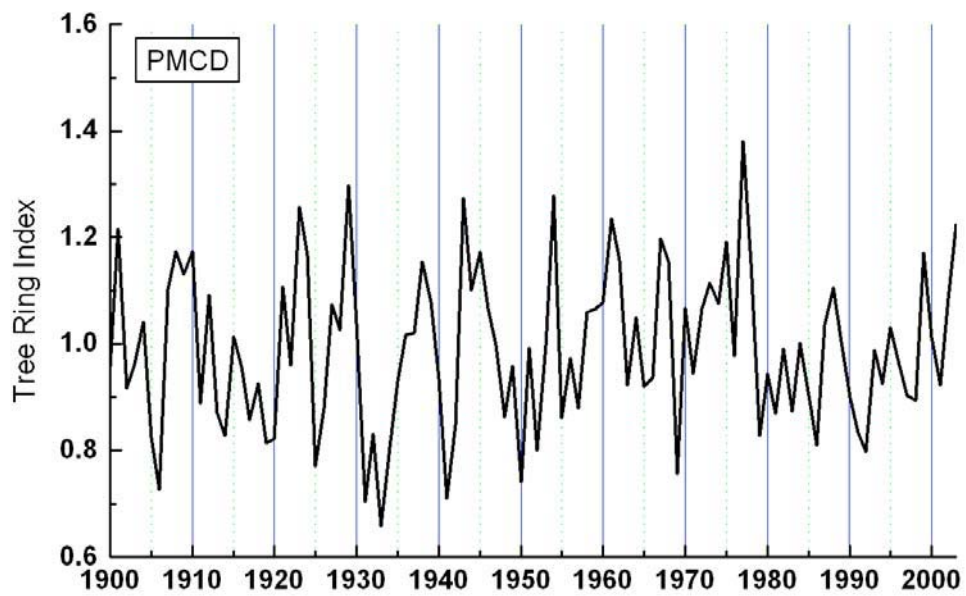
รูปที่ 4- 5 (ต่อ) แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี ENSO G) พุเตย (PMPT)

A)

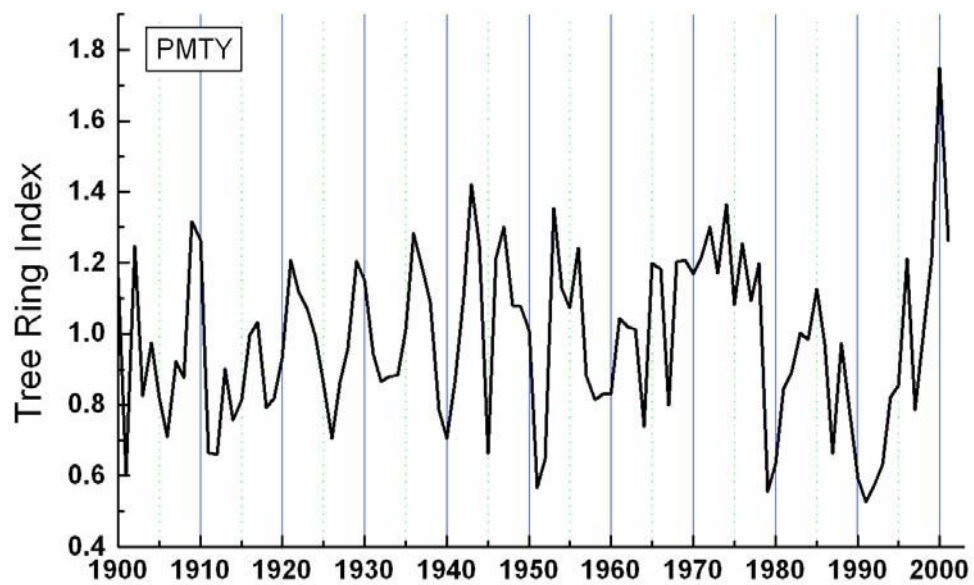


รูปที่ 4-6 แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี La Nina A) สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 3 (PKWJ3)

B)



C)



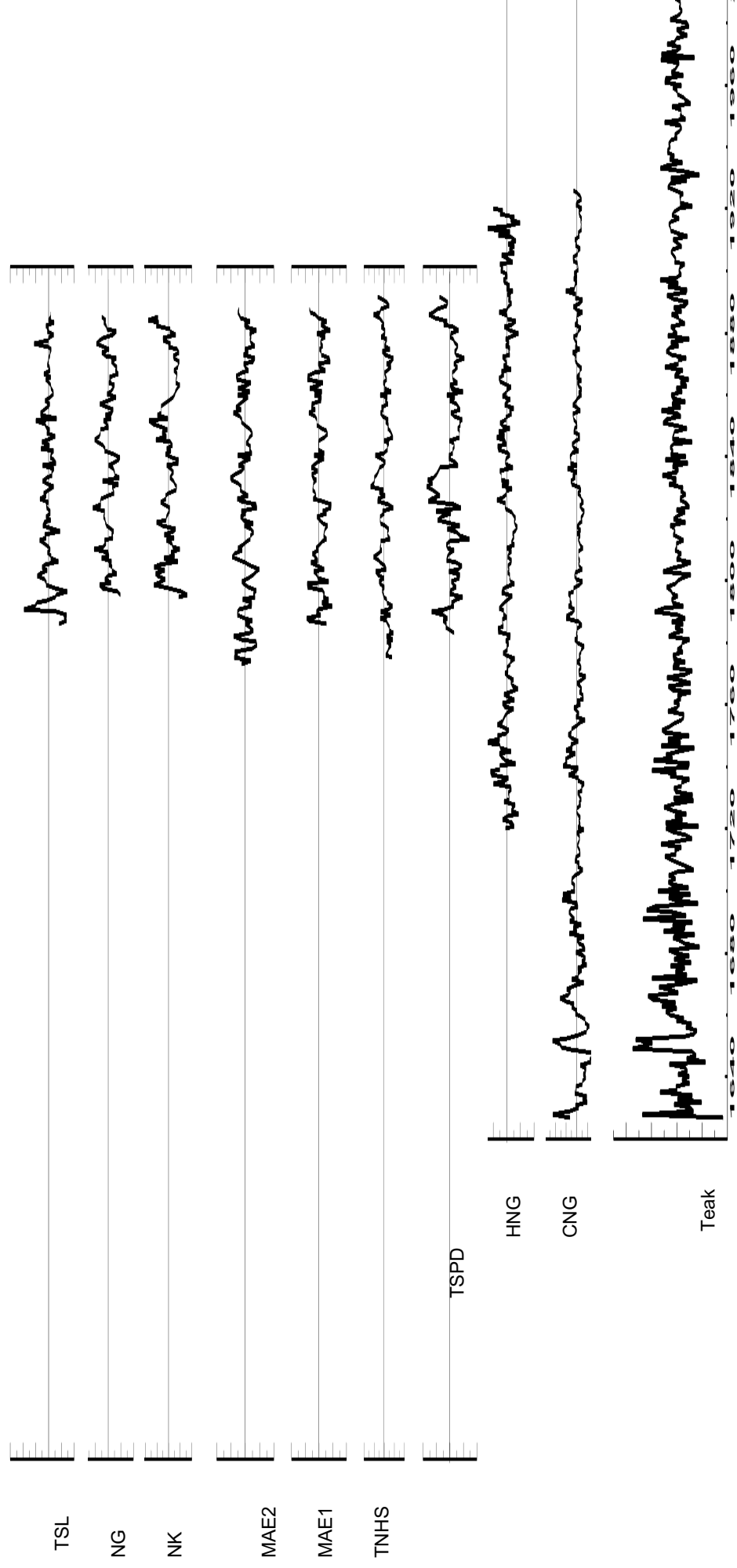
รูปที่ 4-6 แสดงเส้นดัชนีที่สอดคล้องกับปี La Nina B) สนสองใบที่เชียงดาว (PMCD) และ C) บ้านทุ่งโรง (PMTY)

4.6 การขยายเส้นดัชนีไม้สัก

ผลจากการวัดจำนวนวงปีและสร้างเส้นดัชนีลอยของดอไม้สัก (หมายถึงเส้นดัชนีที่ยังไม่สามารถกำหนดอายุได้) จากพื้นที่บ้านน้ำกาด จากตัวอย่างทั้งสิ้น 47 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่าง 144 ตัวอย่าง เมื่อนำจำนวนตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมาซ้อนทับกันและหารูปแบบความเหมือนของการเจริญเติบโต และตรวจสอบด้วยค่าสถิติความสัมพันธ์อย่างง่าย (COFECH menu DEP) พบว่าตัวอย่างทั้งจากเชียงใหม่และตัวอย่างที่เจาะเป็นคอร์จากดอไม้บริเวณบ้านน้ำกาด สามารถซ้อนทับกับเส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิต โดยมีค่าความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูง โดยในเบื้องต้นได้ใช้เส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิต จำนวน 8 เส้น ในพื้นที่ จ.แม่ฮ่องสอนและใกล้เคียงกับบริเวณที่เก็บตัวอย่างดอไม้ ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 เส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิตที่นำมาวิเคราะห์เพื่อการขยายเส้นดัชนีไม้สัก

ดัชนีไม้สัก	ช่วงความยาว	ค่าการซ้อนทับ
TNHS สันปันแดน	1890-2001	40
TSPD ถ้ำปลา-ผาเสือ	1882-2001	48
MAE1 หน่วยพืชสมุนไพร (น้ำกาด)	1880-1996	50
MAE2 หน่วยพืชสมุนไพร (น้ำกาด)	1893-1996	37
NK น้ำของ	1909-2003	21
NG น้ำกาด	1910-2003	20
TSL 1 บ้านทุ่งสาแล1	1900-2004	30
ดัชนีลอยของตัวอย่างที่เจาะเป็นคอร์	1627-1930 (304)	
ดัชนีลอยของตัวอย่างที่เป็นเชียงใหม่	1724-1932 (208)	



รูปที่ 4-7 แสดงเส้นดัชนีไม้สัก Teak คือเส้นดัชนีที่ขยายต่อระหว่างไม้สักที่ติดและไม้สักที่ติด

4.7 การสร้างเส้นสภาพภูมิอากาศในอดีต

4.7.1 ดัชนีไม้สัก

หลักการในการสร้างเส้นสภาพภูมิอากาศย้อนกลับไปในอดีตจะทำได้ก็ต่อเมื่อดัชนีไม้สักมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและ/หรืออุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ ในการศึกษาครั้งนี้ จากหัวข้อที่ 4.4 การตอบสนองของวงปีไม้ต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ พบว่าไม้สักจากจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีการตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองน้ำฝนและอุณหภูมิมีดังนี้

- 1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ปีต่อปีระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ จ.แม่ฮ่องสอน โดยใช้ดัชนีไม้สักที่ต่อขยายระหว่างไม้ที่มีชีวิตและตอไม้ ซึ่งมีความยาวระหว่าง พ.ศ. 2170-2547 (ค.ศ.1627-2004)
- 2) เมื่อได้เดือนของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีไม้สักแล้ว จะนำเดือนนั้นมาวิเคราะห์ค่าถดถอยพหุคูณ (regression analysis 2stepwise) ต่อไป ผลการวิเคราะห์จะได้รูปแบบสมการเพื่อนำมาใช้ในการสร้างภาพจำลองปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ต่อไป
- 3) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำฝนของเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงครึ่งแรกของฤดูฝนมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีไม้ และอุณหภูมิของเดือน พฤษภาคมและมิถุนายน มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีไม้สัก

โมเดลในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 โมเดลในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยดัชนีไม้สัก

ภาพจำลอง	ปริมาณน้ำฝนระหว่างเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม			อุณหภูมิของเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน
ดัชนีวงปีสัก				
ช่วงความยาว	1911-2004	1911-1950	1951-2004	1951-2004
ภาพจำลอง	1627-1910			1627-1950

ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4-8 โดยมีค่าทางสถิติที่สำคัญดังนี้ ค่า R^2 เป็นค่าที่อธิบายถึงความสามารถของดัชนีไม้ในการอธิบายปริมาณน้ำฝนของเดือนที่ใช้วิเคราะห์ ค่าความสัมพันธ์ (Correlation) เป็นค่าที่บอกถึงความคล้ายคลึงของข้อมูล reduction of error หมายถึง ข้อมูลอิสระที่นำมาคำนวณร่วมกับชุดของข้อมูลจริงและค่าประมาณการณ (estimation) ค่า sign product คือการตรวจสอบความเหมือนของข้อมูลจริงกับข้อมูลที่ได้ประมาณการณ

ผลการสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม พบว่าค่าสถิติทุกตัวมีนัยสำคัญ อธิบายได้ว่า ค่าปริมาณน้ำฝนจริงและค่าที่ได้จากแบบจำลอง มีความใกล้เคียงกันมาก โดยได้แบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 2 ส่วนคือการ calibration และ verification จากตารางที่ 4-8 ค่า calibration ค่อนข้างสูง หมายถึงการสร้างแบบจำลองของช่วง พ.ศ. 2454-2493 (ค.ศ.1911-1950) มีความคล้ายคลึงกันมากกว่าในช่วง verification คือ พ.ศ. 2494-2544 (ค.ศ.1951-2001)

ผลการศึกษาการสร้างแบบจำลองอุณหภูมิเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน แสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-8 ค่าสถิติภาพจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม โดยดัชนีไม้สัก

ค่าสถิติ	calibration (1911-1950)	verification (1951-2004)
$R^2 = .3$		
Corr.	.61*	.48*
Reduction of error	.37*	.23*
T-value	2.88*	3.66*
Sign-production	12*	12

* หมายถึงมีนัยสำคัญ

เมื่อ MJJ = $50.91899277 + 140.21542556 \cdot R$

เมื่อ MJJ = ประมาณการณน้ำในเดือน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม

R= ดัชนีไม้สัก

ตารางที่ 4-9 ค่าสถิติภาพจำลองอุณหภูมิตีเดือนพฤษภาคม และมิถุนายน โดยดัชนีไม้สัก

ค่าสถิติ	calibration (1911-1950)	verification (1951-2001)
$R^2 = .2$		
Corr.	.36	.46*
Reduction of error	.06 >==== .10	.35*
T-value	2.43*	2.67*
Sign-production	14	6*

* มีนัยสำคัญ

EMJ = $301.72269077 - 21.21715462 \cdot R$

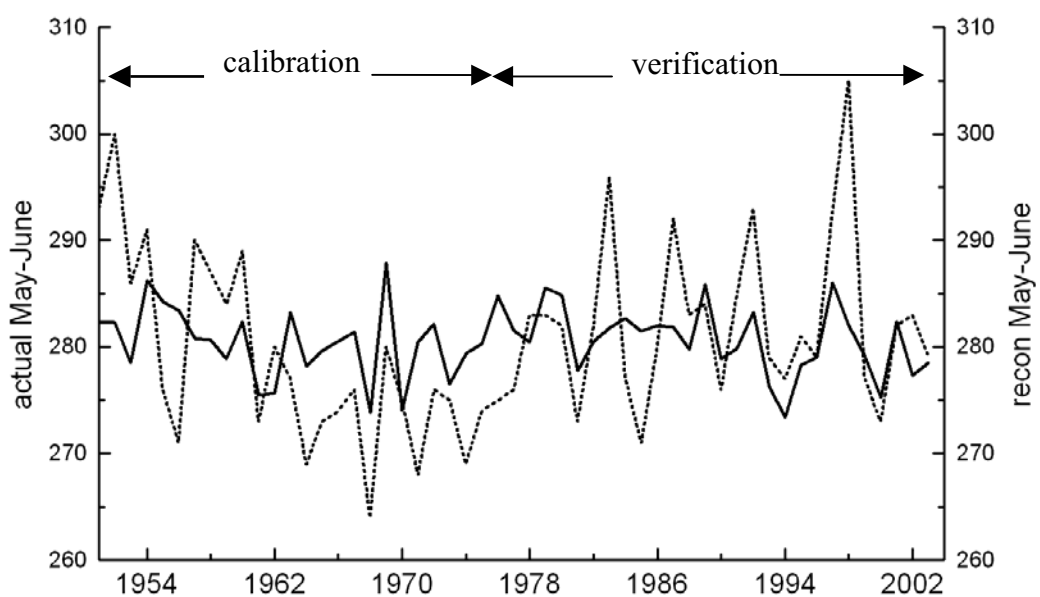
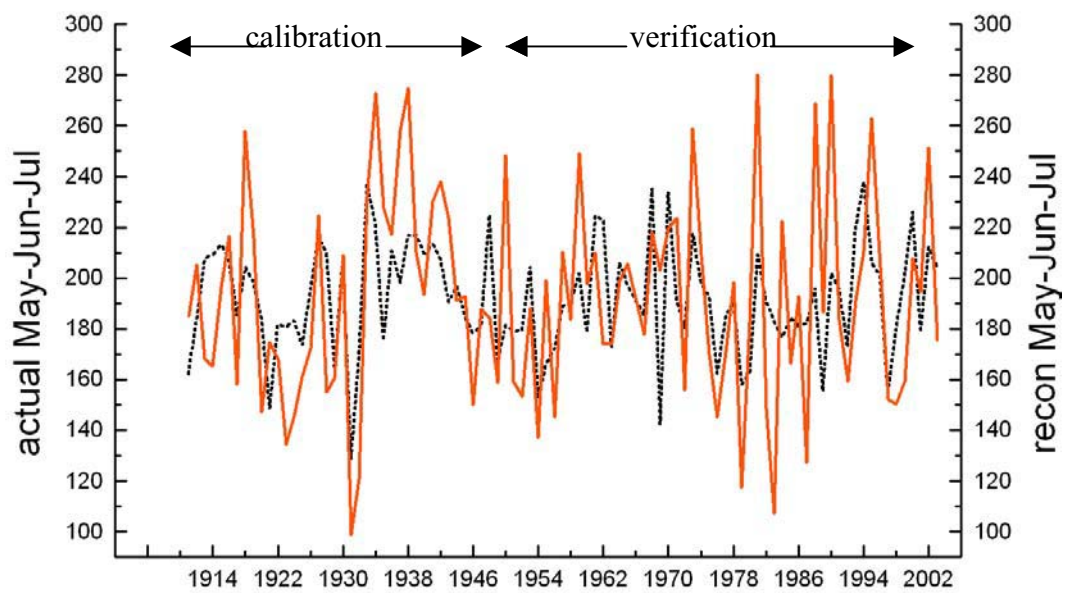
เมื่อ EMJ = ประมาณการณอุณหภูมิในเดือนพฤษภาคม และมิถุนายน

จากตารางที่ 4-9 พบว่าค่าสถิติ calibration ในช่วง พ.ศ. 2454-2493 (ค.ศ.1911-1950) อุณหภูมิจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองมีความคล้อยคลึงกันน้อยกว่า ในช่วง verification พ.ศ. 2494-2544 (ค.ศ.1951-2001)

รูปที่ 4-8 เปรียบเทียบปริมาณน้ำฝน ในช่วง พ.ศ. 2454-2546 (ค.ศ.1911-2003) และอุณหภูมิ ในช่วง พ.ศ. 2494-2546 (ค.ศ.1951-2003) ซึ่งเป็นค่าจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ากราฟเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณน้ำฝนและแบบจำลองฝนมีความคล้อยคลึงกันมากกว่าแบบจำลองอุณหภูมิและรูปที่ 4-9 กราฟเส้นแบบจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม และกราฟเส้นแบบจำลองอุณหภูมิเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในช่วง เดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ของปี พ.ศ.2454-2543 (ค.ศ.1911-2000) ประมาณ 191.82 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในช่วง พ.ศ. 2494-2543 (ค.ศ.1951-2000) เท่ากับ 28 องศาเซลเซียส พบว่าในช่วง 20ปีแรก พ.ศ.2170-2183 (ค.ศ.1627-1640) ปริมาณน้ำฝนน้อย (172.88 มม) กว่าค่าเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2545-2543 (ค.ศ.1911-2000) ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิที่มีค่าสูง (28.57 องศาเซลเซียส) กว่าค่าเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนในคาบ 40 ปี ต่อมาเพิ่ม

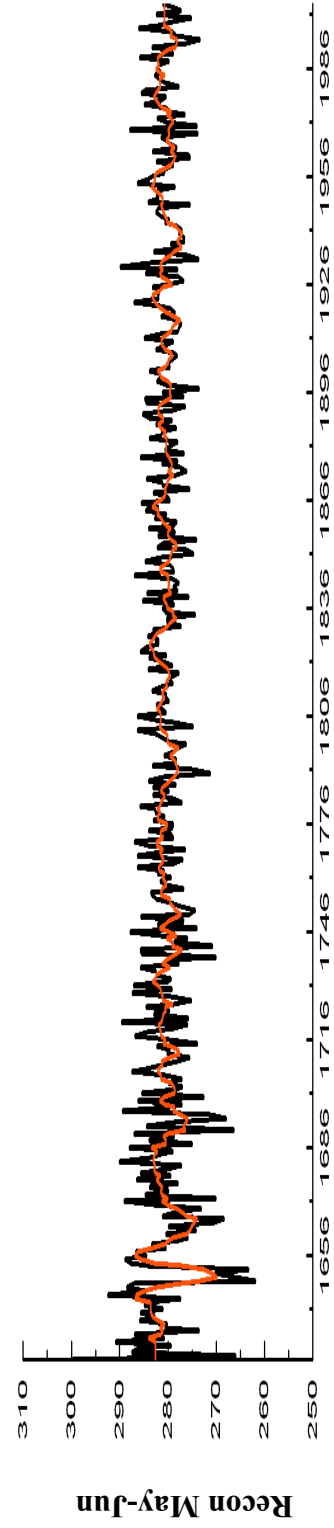
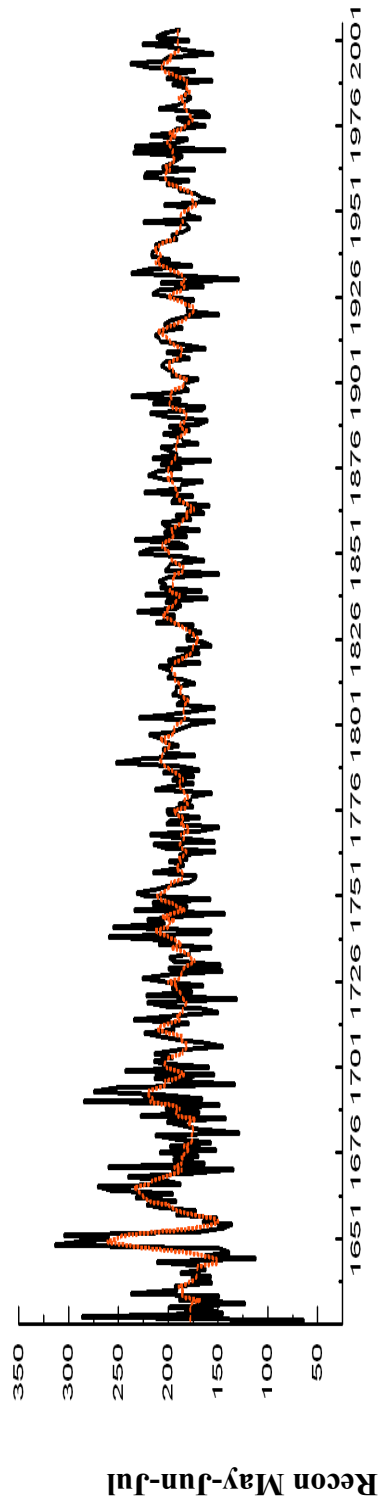
ขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ย เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่ลดลงเล็กน้อย ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอีกช่วงหนึ่ง ระหว่างพ.ศ. 2264-2283 (ค.ศ.1721-1740) ซึ่งทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยเช่นกัน ปริมาณน้ำฝน น้อยกว่าค่าเฉลี่ยจนถึงช่วงปี พ.ศ.2383 (ค.ศ.1840) ปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงค่าเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2404 –ปัจจุบัน (ค.ศ.1861-ปัจจุบัน) ขณะที่อุณหภูมิมีการขึ้นลงเล็กน้อย และอุณหภูมิก่อนช่วงใกล้เคียง ค่าเฉลี่ยมาตลอด คือ 28 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2404-ปัจจุบัน (ค.ศ.1861-ปัจจุบัน) เช่นกัน

โดยภาพรวมแล้ว ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ไม่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาเปรียบเทียบกับ ภาพจำลองของปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2170-2453 (ค.ศ.1627-1910) จะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน พ.ศ. 2454-2547 (ค.ศ.1911-2004) มีเพียงช่วงปี พ.ศ.2204-2223 (ค.ศ.1661-1680) ที่ปริมาณน้ำฝนค่อนข้าง สูงมากกว่าค่าเฉลี่ยอย่างชัดเจน สำหรับอุณหภูมิในภาพรวมค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (28.05 องศาเซลเซียส) ใน ช่วงที่ไม่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาเปรียบเทียบกับ ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน พ.ศ. 2494-2544 (ค.ศ.1951-2001) คือ 28 องศาเซลเซียส ในช่วงที่ไม่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา ภาพจำลองของค่าเฉลี่ย อุณหภูมิในช่วงพฤษภาคม-มิถุนายน พบว่าอุณหภูมิจะมีค่าขึ้นลงเล็กน้อย อยู่ระหว่างประมาณ 27 -28 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4- 8 บนกราฟเส้นแสดงข้อมูลน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคมจริง (เส้นประ) และกราฟเส้นแสดงภาพจำลองน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม (เส้นทึบ)

ล่างกราฟเส้นแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนจริง (เส้นประ) และภาพจำลองอุณหภูมิเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน (เส้นทึบ)



รูปที่ 4-9 บนกราฟเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ล่าง กราฟเส้นจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ระหว่างปี พ.ศ. 2170-2547 (ค.ศ. 1627-2004)

4.7.2 ดัชนีไม้สน

เนื่องจากผลการตอบสนองของขนาดความกว้างวงปีของไม้สน ต่างไปจากไม้สักและระหว่างสน 2 ใบกับสน 3 ใบ ก็ยังมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองเส้นน้ำฝนและอุณหภูมิย้อนกลับของไม้สน จึงได้เลือกไม้สน ที่ให้ผลการตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 แสดงดัชนีไม้สนสองใบในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีต

ดัชนีไม้สน	ปีเริ่มต้นและสิ้นสุด	อายุ (ปี)
บ่อแก้ว (PMBK)	1871-2003	133
เชียงดาว (PMCD)	1797-2003	207
ห้วยบง (PMHB)	1855-2003	149
วัดจันทร์ 1 (PMWJ1)	1690-2001	312
วัดจันทร์ 4 (PMWJ4)	1750-2001	252
วัดจันทร์ 5 (PMWJ5)	1787-2001	215

จากตัวอย่างของดัชนีไม้สนสองใบทั้ง 6 พื้นที่ ซึ่งมาจากจังหวัดเชียงใหม่แต่เป็นพื้นที่ที่ติดต่อกับจังหวัดแม่ฮ่องสอน ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างง่าย ของดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ เพื่อที่จะเลือกเดือนที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญมาทำการศึกษาค้นคว้าต่อไปนั้น ข้อมูลวงปีและข้อมูลสภาพภูมิอากาศต้องวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปีต่อปี เนื่องจากดัชนีไม้สนมีช่วงอายุเริ่มต้นและสิ้นสุดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการลบความยาวของเส้นดัชนีให้เหลือเท่ากัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ความยาวของดัชนีไม้สนที่บ่อแก้ว (133 ปี) เป็นมาตรฐาน โดยเริ่มต้นปี พ.ศ. 2544 (ค.ศ.1871) และสิ้นสุดปี พ.ศ. 2544 (ค.ศ. 2001) เมื่อคำนวณความสัมพันธ์อย่างง่ายพบว่า ดัชนีไม้สนทั้ง 6 พื้นที่ที่มีความสัมพันธ์อย่างง่ายกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีเพียง ดัชนีไม้สนบ้านวัดจันทร์ 1, 4 และ 5 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูงกับน้ำฝนในเดือน มีนาคม และเมษายน และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์

โมเดลที่ใช้ในการสร้างเส้นน้ำฝนและอุณหภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 โมเดลในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยดัชนีไม้สน

ภาพจำลอง	ปริมาณน้ำฝนระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน			อุณหภูมิของเดือนกุมภาพันธ์
ดัชนีวงปี	สนสองใบบ้านวัดจันทร์ 1, 4			สนสองใบบ้านวัดจันทร์ 4
ช่วงความยาว	1911-2001	1911-1950	1951-2001	1951-2001
ภาพจำลอง	1871-1910 1750-1910	1871-1950	1951-2001	1871-1950

ตารางที่ 4-12 และ 4-13 แสดงสถิติจากการวิเคราะห์แบบจำลองเส้นน้ำฝนและอุณหภูมิ พบว่าในการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนจริงและปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง และอุณหภูมิจริงกับอุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าสถิติภาพจำลองของอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์ให้ค่าทางสถิติทุกตัวที่สูง

ตารางที่ 4-12 ค่าสถิติภาพจำลองฝนเดือนมีนาคม-เมษายนโดยดัชนีไม้สน

ค่าสถิติ	calibration (1911-1950)	verification (1951-2001)
$R^2 = .13$		
Corr.	.21	.37*
Reduction of error	.28*	.19*
T-value	2.72*	1.18>===1.72
Sign-production	9 < ==8	9< ==7

$$EMA = -28.15861016 + 32.28213751 \cdot V4 + 27.93359678 \cdot V5$$

เมื่อ EMA = ประมาณการค่าปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคมและเมษายน

V4 = ดัชนีไม้สนสองใบบ้านวัดจันทร์ 1

V5 = ดัชนีไม้สนสองใบบ้านวัดจันทร์ 4

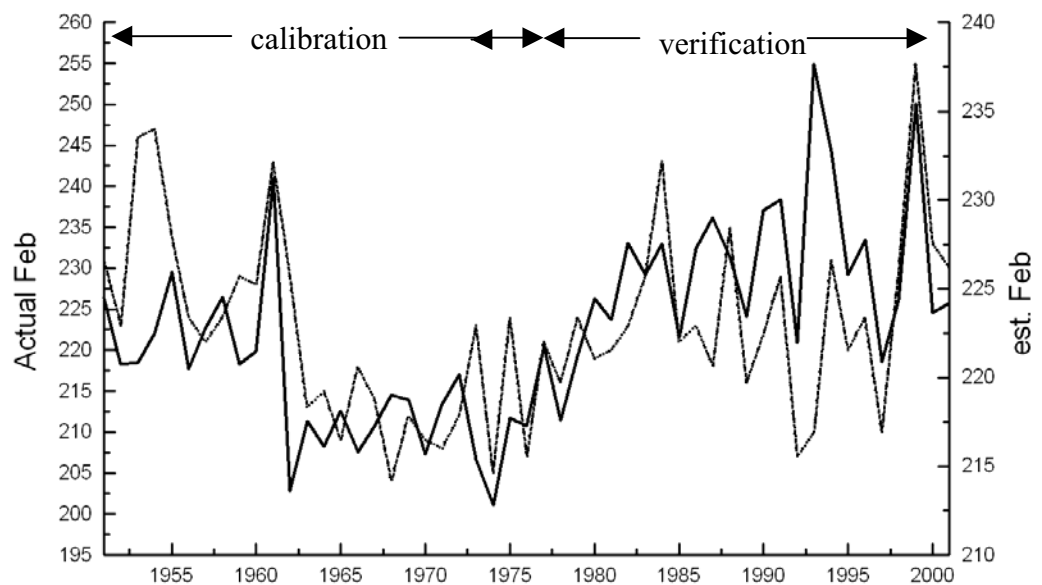
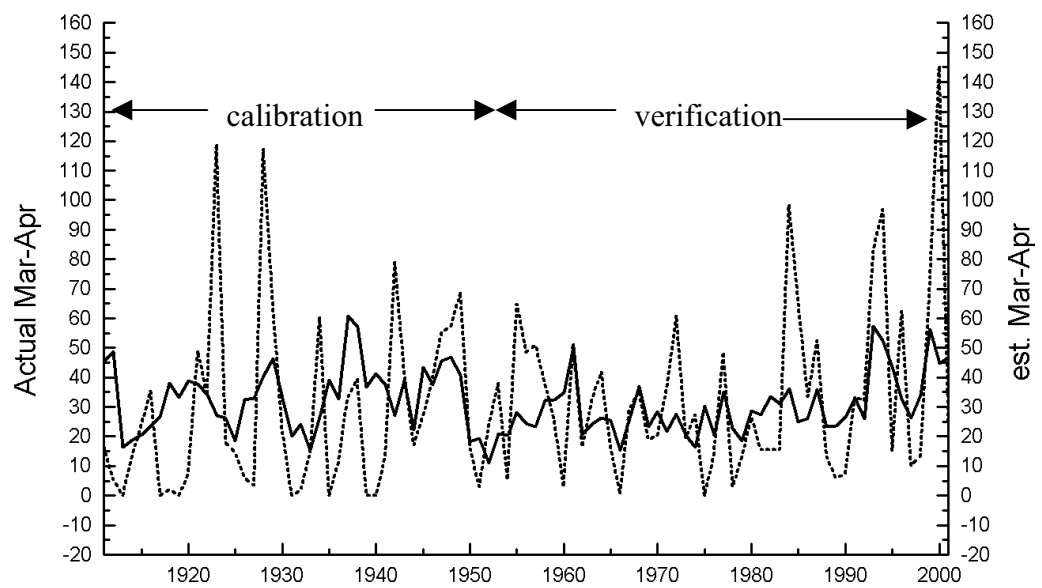
ตารางที่ 4-13 แสดงค่าสถิติภาพจำลองอุณหภูมิเดือน กุมภาพันธ์

ค่าสถิติ	calibration (1951-1977)	verification (1978-2001)
$R^2 = .2$		
Corr.	.61*	.37*
Reduction of error	.28*	.19*
T-value	2.72*	1.18>===1.72
Sign-production	9 < ==8	9< ==7

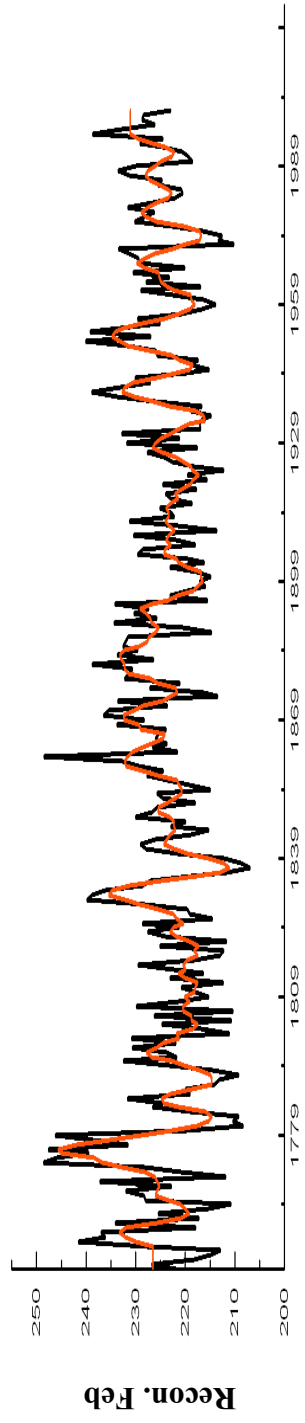
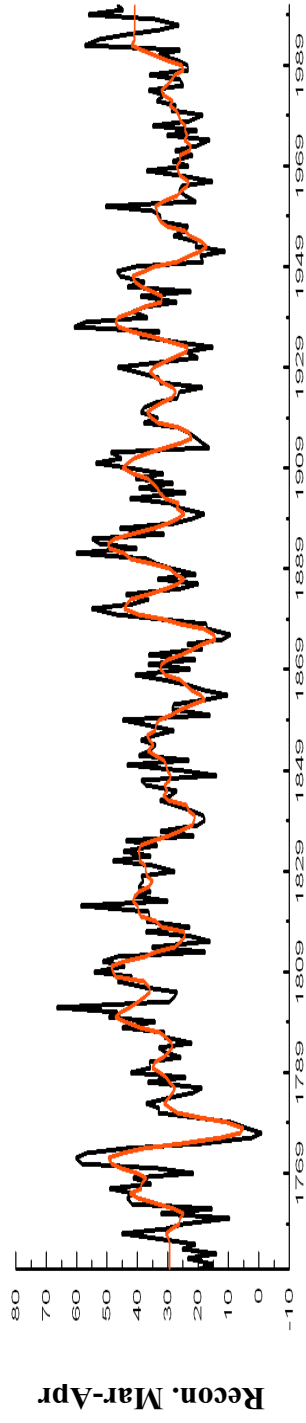
$$EF = 197.17306868 + 26.97642713 \cdot V5$$

เมื่อ EF = ประมาณการอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์ และ V5= ดัชนีไม้สนสองใบบ้านวัดจันทร์ 4

โดยภาพรวมแล้วดัชนีไม้สนจะตอบสนองต่ออุณหภูมิดีกว่าปริมาณน้ำฝน และในช่วงปี พ.ศ. 294-2520 (ค.ศ. 1951-1977) มีความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพจำลองและอุณหภูมิจริงมากกว่า ในช่วง พ.ศ. 2522-2544 (ค.ศ. 1979-2001)



รูปที่ 4-10 บนข้อมูลน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายนจริง (เส้นประ) และภาพจำลองกราฟเส้นน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน (เส้นทึบ)
ล่างอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนกุมภาพันธ์จริง (เส้นประ) และภาพจำลองอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์ (เส้นทึบ)



รูปที่ 4-11 บนกราฟเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน ส่วนกราฟเส้นจำลองค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์ ระหว่าง พ.ศ. 2293-2544 (ค.ศ. 1750-2001)

จากรูปที่ 4-11 พบว่าภาพจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.21 มม ในช่วงที่ไม่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาเปรียบเทียบ พ.ศ. 2293-2453 (ค.ศ.1750-1910) มีค่าสูงกว่าในช่วงที่มีการบันทึกข้อมูลโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (พ.ศ. 2494-2544 (ค.ศ.1951-2001) ค่าเฉลี่ย 31.40 มม) เล็กน้อย อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงที่มีการบันทึกของกรมอุตุนิยมวิทยา ระหว่างปี พ.ศ. 2494-2544 (ค.ศ.1951-2001) เท่ากับ 22.29 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงที่ไม่มีมีการบันทึกข้อมูล พ.ศ. 2293-2494 (ค.ศ.1750-1951) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.27 องศาเซลเซียส หากพิจารณาจากข้อมูลดังกล่าวอาจสรุปได้ว่าสภาพอากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเดือนดังกล่าว โดยภาพรวมปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูแล้งมีปริมาณต่ำ ซึ่งในการวิเคราะห์พบว่าในช่วง พ.ศ. 2293-2333 (ค.ศ.1750-1790) ปริมาณน้ำฝนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าในช่วงปี พ.ศ. 2454-2544 (1911-2001) และปริมาณน้ำฝนมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง พ.ศ. 2314-2353 (พ.ศ.1771-1810) หลังจากนั้นปริมาณน้ำฝนลดน้อยลงกว่าค่าเฉลี่ยในช่วง พ.ศ. 2454-2544 (ค.ศ.1911-2001) และกลับมากขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยจนถึงปี ค.ศ. 2437 (ค.ศ.1894) และมาสูงกว่าค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่งในช่วงปีปัจจุบัน พ.ศ. 2522-2544 (ค.ศ.1979-2001) สำหรับอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ระหว่าง 21.99-22.82 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษา การบ่งชี้สภาพภูมิอากาศในอดีตที่ชัดเจนของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีไม้สักและไม้สน ครอบคลุมพื้นที่ทั้งสิ้น 5 จังหวัด ได้แก่ จ.เชียงราย จ.แม่ฮ่องสอน จ.เชียงใหม่ จ.สุพรรณบุรี และ จ.เพชรบุรี ประกอบด้วยพื้นที่ศึกษา 18 พื้นที่ศึกษา จำนวนตัวอย่างประกอบด้วย ไม้สักมีชีวิต 90 ต้น 250 ตัวอย่าง ไม้สักไม่มีชีวิต 45 ตอ 144 ตัวอย่าง ไม้สนสองใบ 207 ต้น 390 ตัวอย่าง สนสามใบ 80 ต้น 188 ตัวอย่าง

5.1 เส้นดัชนี

เส้นดัชนีจากไม้ที่ชีวิตสร้างขึ้นจำนวน 18 เส้นดัชนี และเส้นดัชนีจากไม้สักไม่มีชีวิต อีก 2 เส้น ดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สรุปเส้นดัชนีวงปีไม้สัก

จังหวัด	ดัชนีไม้	ชนิดไม้	ความยาว	ปี
เชียงราย	TPSL	สัก	พ.ศ.2438-2544	107
	TCR	สัก	พ.ศ.2240-2544	305
แม่ฮ่องสอน	TNK	สัก	พ.ศ.2418-2546	129
	TNG	สัก	พ.ศ.2445-2548	102
	TSL1	สัก	พ.ศ.2355-2547	193
	HNG	เขียงไม้สัก		208*
	CNG	คอว์ไม้สัก		304*
เชียงใหม่	PMWJ1	สนสองใบ	พ.ศ.2233-2544	312
	PKWJ2	สนสามใบ	พ.ศ.2352-2544	193
	PKWJ3	สนสามใบ	พ.ศ.2469-2544	76
	PMWJ4	สนสองใบ	พ.ศ.2293-2544	252
	PMWJ5	สนสองใบ	พ.ศ.2330-2544	215
	PMWJ6	สนสองใบ	พ.ศ.2482-2544	63
	PMCD	สนสองใบ	พ.ศ.2340-2546	207
	PMHB	สนสองใบ	พ.ศ.2398-2546	149
	PMBK	สนสองใบ	พ.ศ.2414-2546	133
	PKNT	สนสามใบ	พ.ศ.2458-2546	89
สุพรรณบุรี	PMPT	สนสองใบ	พ.ศ.2265-2544	280
เพชรบุรี	PMTY	สนสองใบ	พ.ศ.2366-2544	179

* จำนวนวงปีของตอไม้ ที่ยังไม่ได้กำหนดอายุ

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนี

จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์อย่างง่ายของดัชนีที่สร้างขึ้นใหม่ 18 เส้นดัชนี และได้เพิ่มเส้นดัชนีไม้สักที่ศึกษาไว้แล้วซึ่งเก็บข้อมูลบริเวณใกล้เคียงในพื้นที่บ้านน้ำกาด 2 เส้นดัชนี จากพื้นที่อุทยานถ้ำปลา-ผาเสื่อ 1 เส้นดัชนี และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน อีก 1 เส้นดัชนี พบว่า ไม้สักทั้งหมดในจังหวัดแม่ฮ่องสอนให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูง ซึ่งหมายถึงรูปแบบการเจริญเติบโตที่คล้ายคลึงกันมาก สำหรับไม้สนนั้นส่วนมากแล้ว ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำกว่าไม้สัก และไม้สนที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาใกล้เคียงกันให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่สูงกว่าที่อยู่ต่าง ๆ พื้นที่

5.3 การวิเคราะห์ค่า principal component (PCA)

จากการนำค่าดัชนีทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกัน ดัชนีแต่ละเส้นจะมีค่าถ่วงน้ำหนักที่ต่าง ๆ กัน (eigenvector) ต่อจากนั้นนำค่าที่สำคัญคือ 1 และ 2 eigenvector มาทำกราฟระหว่างแกน x ที่เป็น 1. eigenvector และ แกน y เป็น 2 eigenvector นำค่าดัชนีทั้งหมดมา plot ค่า eigenvector ทั้ง 2 ในการอธิบายผล ดัชนีใดตกอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกับแกน x หรือ 1. eigenvector ดัชนีนั้นมีการตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศมากที่สุด และการจับกลุ่มของดัชนี หมายถึงดัชนีเหล่านั้นมีรูปแบบการเจริญเติบโตคล้ายคลึงกัน

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มของไม้สักส่วนใหญ่ ยกเว้นไม้สักจาก ชร. 16 มีแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อสภาพอากาศสูง และเส้นดัชนีไม้สักจาก จ.แม่ฮ่องสอน อยู่ใกล้เคียงกันมาก รองลงไปเป็นกลุ่มไม้สนจากบ้านวัดจันทร์ ส่วนไม้สนจากพุดเตย จ.สุพรรณบุรี และไม้สนจาก จ.เพชรบุรี ค่อนข้างมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างจากดัชนีอื่น

5.4 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อสภาพภูมิอากาศ

การตอบสนองของดัชนีไม้สักต่อสภาพภูมิอากาศ โดยภาพรวมไม้สักตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงต้นฤดูฝน ได้แก่ เมษายน-พฤษภาคม ยกเว้นไม้สักที่ ชร.16 เนื่องจากตัวอย่างจากพื้นที่ศึกษานั้นน้อย และอายุของไม้ในพื้นที่มีความแตกต่างกันมาก สำหรับการตอบสนองของไม้สักต่ออุณหภูมิจะเป็นในทิศทางผกผันกับเดือนช่วงต้นฤดูฝนคือเมษายนและพฤษภาคม

การตอบสนองของไม้สน ทั้งไม้สน 2 และ 3 ใบ มีแนวโน้มการตอบสนองต่อปริมาณฝนและอุณหภูมิที่คล้ายคลึงกัน คือโดยมากไม้สนจะตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนในทางบวกในช่วงปลายของฤดูแล้งคือเดือนมีนาคมและเมษายนและส่วนใหญ่จะตอบสนองต่ออุณหภูมิในทางบวกในช่วงปลายฤดูแล้งเป็นบวกเช่นกัน

ตารางที่ 5-2 สรุปการตอบสนองของเส้นดัชนีกับปริมาณน้ำฝน

จังหวัด	ดัชนี	-พย	-ธค	มค	กพ	มีค	เมษ	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค
เชียงใหม่	PSL												
	TCR												
แม่ฮ่องสอน	TNK												
	TNG												
	TSL1												
เชียงใหม่	PMWJ1												
	PKWJ2												
	PKWJ3												
	PMWJ4												
	PKWJ4												
	PMWJ5												
	PMWJ6												
	PMCD												
	PMHB												
	PMBK												
	PKNT												
สุพรรณบุรี	PMPT												
เพชรบุรี	PMTY												

ตารางที่ 5-3 สรุปการตอบสนองของเส้นดัชนีกับอุณหภูมิ (- * หมายถึง negative significant)

จังหวัด	ดัชนี	-พย	-ธค	มค	กพ	มีค	เมษ	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค
เชียงราย	PSL												
	TCR				*		*						
แม่ฮ่องสอน	TNK					- *		- *					
	TNG												
	TSL1							- *					
เชียงใหม่	PMWJ1							- *					
	PKWJ2			*	*			- *					
	PKWJ3												
	PMWJ4				*	*			*	*			
	PKWJ4	- *	- *	- *									
	PMWJ5												
	PMWJ6											*	
	PMCD					-*	-*	-*				*	
	PMHB												
	PMBK	*						- *					
	PKNT												
สุพรรณบุรี	PMPT												
เพชรบุรี	PMTY			*		*		*	*	*	*		

5.5 การตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI SST MEI และ NINO4

พบว่าดัชนีทั้งไม้สักและไม้สนตอบสนองต่อดัชนีต่างๆค่อนข้างน้อยมาก ความเข้าใจทั่วไปคือ หากปีที่เกิดปรากฏการณ์ el nino ควรที่จะมีค่า soi ที่ต่ำ (-) และค่า SST, NINO4 และ MEI ที่สูง (เป็น +) ซึ่งพอสรุปได้ว่า ไม้สักที่ PSL (โป่งสลิ) , TNG (น้ำกาด) PMWJ4 (สนสองใบบ้านวัดจันทร์4) มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ El Nino และ PMWJ2, PMWJ3 (ไม้สนสามใบที่บ้านวัดจันทร์ 2 และ 3) PMCD (สนสองใบที่เชียงดาว) PMTY (สนสองใบที่ชุมชนบ้านทุ่งโรง จ. เพชรบุรี) มีแนวโน้มสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ La Nina

ตารางที่ 5-4 สรุปผลการตอบสนองของดัชนีไม้ต่อดัชนี SOI, SST, NINO4 และ MEI

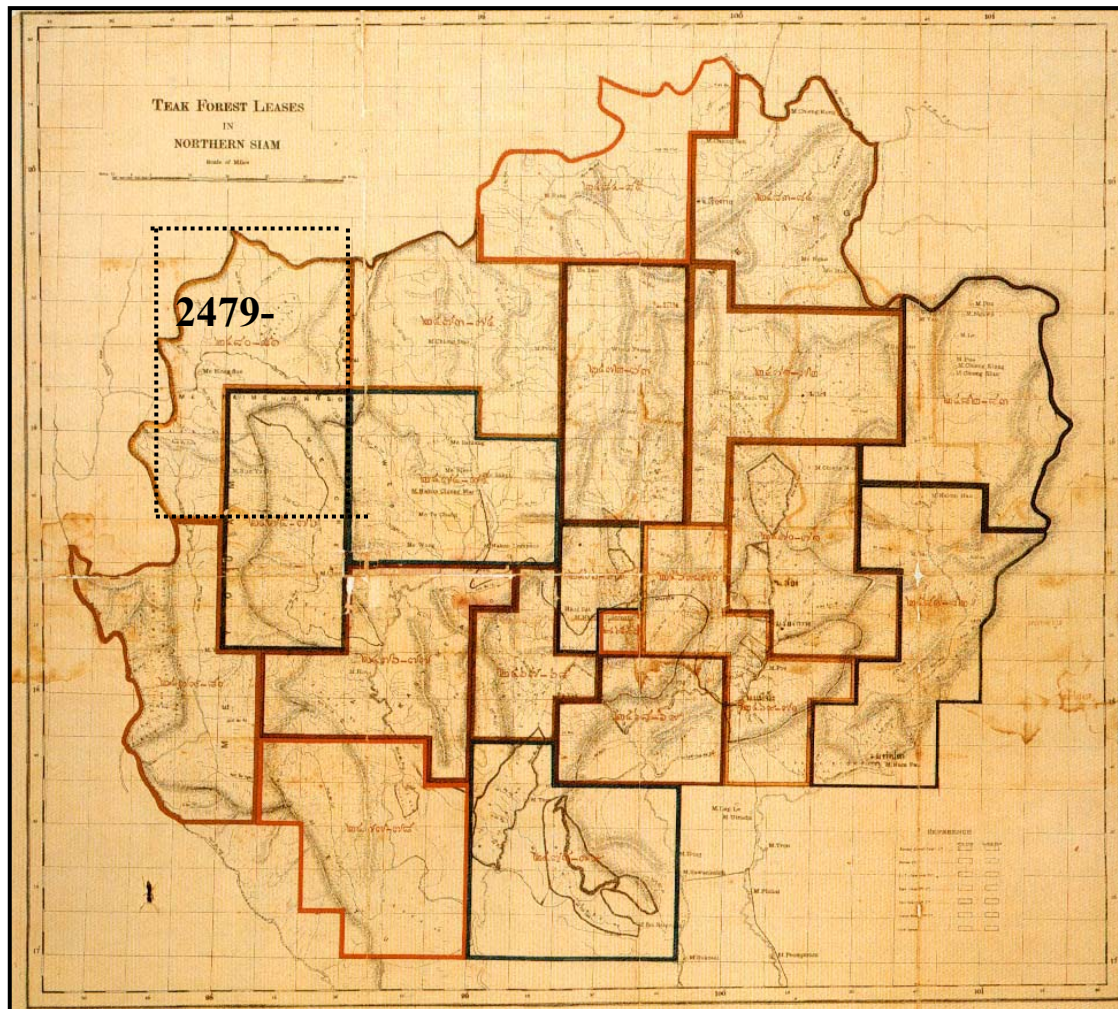
จังหวัด	Index	SOI		SST		NINO4		MEI	
		+	-	+	-	+	-	+	-
เชียงราย	TPSL								
	TCR								
แม่ฮ่องสอน	TNK								
	TNG								
	TSL1								
เชียงใหม่	PMWJ1								
	PKWJ2								
	PKWJ3								
	PMWJ4								
	PKWJ4								
	PMWJ5								
	PMWJ6								
	PMCD								
	PMHB								
	PMBK								
	PKNT								
สุพรรณบุรี	PMPT								
เพชรบุรี	PMTY								

5.6 การขยายความยาวเส้นดัชนี

จากตัวอย่างเชียงไม้สักที่บ้านน้ำกาด ที่นับจำนวนวงได้ 208 วง และจากคอร์ที่เจาะมานับจำนวนวงได้ 304 วง พบว่าสามารถต่อขยายความยาวของเส้นดัชนีได้ โดยเส้นดัชนีไม้สักที่ MAE1 (บริเวณบ้านน้ำกาด) มีจำนวนวงปีซ้อนทับกับดัชนีลอยเชียงและคอร์มากที่สุด 50 ปี และเส้นดัชนีอื่น ๆ มีการซ้อนทับกับดัชนีลอยคือ 48 , 40, 37, 30, 21 และ 20 ปี ตามลำดับ โดยคือเส้นดัชนีจาก ถ้ำปลาผาเสือ, สันปันแดน, MAE2, บ้านทุ่งสาแล1, น้ำของ และน้ำกาด ซึ่งเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ และดัชนีไม้มีชีวิตทุกเส้นของพื้นที่ จ.แม่ฮ่องสอน ที่นำมาศึกษาสามารถซ้อนทับกับดัชนีลอยทั้ง 2 และในช่วงที่ซ้อนทับให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เส้นดัชนีไม้สักเส้นแรกที่มีการขยายความยาวออกไปได้ประสบความสำเร็จในพื้นที่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน

จากการซ้อนทับกันได้ของวงปี จึงทำให้สามารถใช้ประโยชน์ในการกำหนดค่าอายุให้กับต้นไม้ในพื้นที่ที่เก็บมา และสรุปได้ว่าต้นไม้สักที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่บ้านน้ำกาดโดยตัดไล่เลี่ยกันคือประมาณ พ.ศ. 2473 - 2475 และไม้สัก เริ่มต้นเจริญเติบโตเมื่อปี พ.ศ. 2170 -2267

ผลศึกษาที่ได้นี้สอดคล้องกับข้อมูลการให้สัมภาษณ์ป่าไม้สักในพื้นที่ จ.แม่ฮ่องสอน คือประมาณปี พ.ศ. 2479-2481 (อาจมีการให้สัมภาษณ์ก่อนหน้านี้แต่ไม่มีข้อมูลที่กรมป่าไม้เก็บไว้) ซึ่งอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันกับอายุต้นไม้ โตไม้ในพื้นที่อาจมีการตัดก่อนที่จะประกาศให้สัมภาษณ์ก็เป็นไปได้



รูปที่ 5-1 แสดงพื้นที่ป่าสัมปทาน และบริเวณเส้นประ คือจังหวัดแม่ฮ่องสอน ปีที่ให้สัมปทานป่า คือ พ.ศ.

2479-2481

5.7 การสร้างเส้นภูมิอากาศในอดีต

5.7.1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโดยใช้ดัชนีไม้สัก

ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อประสบความสำเร็จในการขยายเส้นดัชนีไม้สักจึงได้นำเส้นดัชนีที่ขยาย ซึ่งมีค่าสิ้นสุดที่ พ.ศ. 2004 และปีที่เริ่มต้น พ.ศ. 2170 โดยนำมาสร้างเส้นน้ำฝนจำลองของเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ผลการศึกษาได้สมการแบบจำลองปริมาณน้ำฝนในเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน-กรกฎาคม และสมการแบบจำลองอุณหภูมิในเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ดังนี้

$$EMJJ = 50.91899277 + 140.21542556 * R$$

โดยที่ EMJJ = ค่าประมาณการณน้ำฝนเดือน พฤษภาคม-มิถุนายนและกรกฎาคม

R= ขนาดความกว้างวงปีของไม้สัก

$$EMJ = 301.72269077 - 21.21715462 * R$$

โดยที่ EMJ= ค่าประมาณการณอุณหภูมิจนเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน

R= ขนาดความกว้างวงปีของไม้สัก

โดยสรุปจากการใช้ดัชนีวงปีไม้สักมาสร้างแบบจำลองน้ำฝนในเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม พบว่าค่าประมาณจากแบบจำลองใกล้เคียงปริมาณน้ำฝนจริงมากที่สุด ค่าเฉลี่ยจริงของน้ำฝนเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม ระหว่างปี พ.ศ. 2454-2446 เท่ากับ 191.82 มม ค่าที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากับ 191.83 มม และค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองในช่วงที่ไม่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา (พ.ศ. 2170-2453) เท่ากับ 191.13 มม จึงสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ของเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม ระหว่างปี พ.ศ. 2170-2453 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจริง (พ.ศ. 2454-2546) 0.69 มม

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ช่วงที่มีข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ.2494-2546 เท่ากับ 28.0 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากับ 28.05 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ในช่วงที่ไม่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2170-2493 เท่ากับ 28.05 องศาเซลเซียส จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2170-2547 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน 0.05 องศาเซลเซียส

5.7.2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศจากดัชนีไม้สน

เนื่องจากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับดัชนีไม้สนพบในเดือน มีนาคม-เมษายน และมีเพียงดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 1 และ 4 ที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์ให้ความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญ กับดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4 สมการแบบจำลองปริมาณฝนและอุณหภูมิคือ

$$EMA = -28.15861016 + 32.28213751 * V4 + 27.93359678 * V5$$

เมื่อ EMA=ค่าประมาณการณปริมาณน้ำฝนเดือน มีนาคม-เมษายน

V4=ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 1

V5=ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4

$$EF = 197.17306868 + 26.97642713 * V5$$

เมื่อ EF=ค่าประมาณการณอุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์

V5= ดัชนีไม้สนสองใบที่บ้านวัดจันทร์ 4

ค่าเฉลี่ยน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน ของปี พ.ศ. 22454-2544 เท่ากับ 31.40 มม. ค่าเฉลี่ยน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากับ 31.40 มม. และค่าเฉลี่ยน้ำฝนในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2453-2293 เท่ากับ 32.21 มม. สรุปได้ว่าปริมาณฝนในเดือนมีนาคม-เมษายน ระหว่างปี 2453-2293 มีค่ามากกว่าในช่วงปัจจุบัน เท่ากับ 0.81 มม.

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนกุมภาพันธ์ของกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วง พ.ศ. 2494-2544 เท่ากับ 22.29 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากับ 22.54 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในช่วงพ.ศ.2293-2493 เท่ากับ 22.39 มม.

สรุปได้ว่าในช่วงพ.ศ. 2239-2493 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเดือนมีนาคม-เมษายน ของประเทศไทยมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของปีที่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา (พ.ศ.2494-2544) เท่ากับ 0.81 มม. และอุณหภูมิในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปีที่มีข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา เท่ากับ 0.1 องศาเซลเซียส

5.8 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

5.8.1 ควรเพิ่มเติมตัวอย่างไม้สักจากโตไม้เพื่อขยายเส้นดัชนีไม้สักให้ได้ยาวมากที่สุดเนื่องจากไม้สักมีศักยภาพที่ดีต่อการศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีต

5.8.2 ควรเพิ่มเติมไม้สักที่มีชีวิตเพื่อที่จะทำให้เส้นดัชนีที่มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น

5.8.3 ไม้สักจากสิ่งก่อสร้างต่างๆ ควรมีการศึกษาเพื่อที่จะได้กำหนดอายุของสิ่งก่อสร้างนั้นๆ ได้อย่างถูกต้องเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาเกี่ยวกับวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ของประเทศต่อไป

5.8.4 ควรขยายพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมให้ครอบคลุมทั้งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อที่จะศึกษาความเหมือนหรือความต่างของการเจริญเติบโตของไม้สักและเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างกับในประเทศไทย โดยเฉพาะตัวอย่างไม้สักจากประเทศพม่า

5.8.5 ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดี ควรมีการศึกษาอย่างจริงจังและเป็นระบบเพื่อที่จะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดช่วงอายุของหลักฐานต่างๆ

5.8.6 ควรเพิ่มเติมตัวอย่างไม้สนเพื่อปรับปรุงเส้นดัชนีให้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น และขยายพื้นที่ศึกษาให้ครอบคลุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีไม้สน 2 และ 3 ใบขึ้นอยู่

5.8.7 ควรที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับกายวิภาคของไม้ชนิดอื่นๆ ที่อาจมีศักยภาพเพื่อการศึกษาทางด้านวงปีไม้เพิ่มมากขึ้น เช่น ขุนไม้อพยไม้อ

5.8.8 เพิ่มเติมการศึกษาตัวแปรอื่นๆ เช่น ความกว้างของไม้ต้นฤดู ความกว้างของไม้ปลายฤดู หรือความหนาแน่นของไม้ปลายฤดู เพื่อตรวจสอบกับการตอบสนองกับสภาพภูมิอากาศ

5.8.9 ควรศึกษาเพิ่มเติมความผันแปร (variation) ในการสร้างเซลล์ของต้นไม้ในแต่ละปี เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการผันแปรของสภาพแวดล้อม

5.8.10 การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเช่น isotope การกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ อาจช่วยในการอธิบายผลต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- กมล 2546. ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางความสูงของไม้สนสามใบ (*Pinus kesiya*) กับ
ไม้ดัดแปลงบางประการ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์] กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กมล 2526. ลักษณะภายนอกและความหนาแน่นมูลฐานของไม้สนสองใบในป่าเพื่อการอนุรักษ์
ไม้ที่ห้วยสรินทร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์] กรุงเทพฯ : บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กมล 2542 (บรรณาธิการ). 2542. สืบสานล้านนาสานต่อลมหายใจของแผ่นดินมิ่งเมืองเนาวรัตน์คาร
องค์ เชียงใหม่
- กมล 2528. ไม้มีค่าทางเศรษฐกิจของไทย ตอนที่ 2 กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
- กมล 2538. มาจากล้านนา. พิมพ์ครั้งที่สอง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิ่งเมือง
- กมล 2542. โครงการศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยไม้สัก
จากวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนทุนวิจัย
- กมล 2545. ทัศนคติของชุมชนที่มีต่อป่าชุมชนเขาสน ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัด
สกลบุรี ฝ่ายส่งเสริมการพัฒนา สำนักงานป่าไม้ จังหวัดเพชรบุรี กรุงเทพฯ
- กมล 2539. ป่าลัดใบ. ป่าไม้กับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ดอกเบญ
- กมล 2541. การศึกษาเบื้องต้นด้านการจัดการนันทนาการของอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัด
สุพรรณบุรี กรุงเทพฯ
- กมล 2531. การหาผลกระทบของเอลนีโญที่มีต่อฝนในประเทศไทย กรุงเทพฯ : กรม
อุตุนิยมวิทยา
- กมล 2542. ความผันแปรของความชื้นดินภายใต้สวนสักอายุต่างกัน บริเวณสวนป่าทองผา
ภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์] กรุงเทพฯ.
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กมล 2524. ความผันแปรตามฤดูกาลของกิจกรรมแคมป์ในกิ่งของไม้เต็ง รัง และ แดง ในป่า
เต็งรัง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์] กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กมล 2544. สนสองใบ กรุงเทพฯ : ส่วนวนวัฒนวิจัย. สำนักงานวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้
- กมล 2540. อุตุนิยมวิทยา (Meteorology). กรุงเทพฯ : อักษราพิพัฒน์
- กมล 2531. ลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของสวนป่าสนธรรมชาติ บริเวณโครงการหลวง
บ้านวัดจันทร์ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วนศาสตร์]
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กมล 2538. ไม้โตเร็วเอนกประสงค์พื้นเมืองของประเทศไทย กรุงเทพฯ :
ภาววิจัย
- กมล 2539. การทดสอบดินกำเนิดไม้สนสองใบ ปี พ.ศ. 2514 กรุงเทพฯ
- กมล และ คณิต รัตนวัฒน์กุล. 2536. การปลูกไม้ป่า. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กรุงเทพฯ

- ณัฏ กิตติพันธ์ ธนิต ยิ่งวรรณศิริ. 2514. ลักษณะและวิธีการเจริญเติบโตของไม้สนสองใบและไม้สนสามใบ ใน กรมป่าไม้ เรื่องความรู้และค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับไม้สนในประเทศไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- อุทยานแห่งชาติ. มมป. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้ อุทยานแห่งชาติพุเตย กรุงเทพฯ : อัดสำเนา
- กรมการป่าไม้. 2539. 100 ปี วิชาการป่าไม้ไทย. กรมป่าไม้
- กรมป่าไม้. 2542. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทยปี 2542 สำนักสารนิเทศ กรมป่าไม้
- กมล ชัยธร. 2532. การจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่าสนสามใบและไม้สักบริเวณชั้นคุณภาพลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม] กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กฤษณ์. 2541. นิเวศวิทยาป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- P. & Vetter, R.E., (eds.). 1989. Growth rings in tropical woods. IAWA Bull. n.s. 10, 95-174.
- Ratnayake, A., Yadav, R.R., Borgaekar, H.P., Pant, G.B., 1992. Growing-ring analysis of Indian tropical trees:dendroclimatic potential. Current Science 62:736-741.
- Slater, H.P., 1931. Over het verband tusschen de dikte der jaaringen van Djatiboomen (*Tectona grandis* L.f.) en den regenval op Java. (About the relationship between annual ring width of Djati trees (*Tectona grandis* L.g.)
- Singh, H.P., Pant, G.B. and Kumar, K.R., 1994. Dendroclimatic Reconstruction of the Summer Precipitation at Srinagar, Kashmir, India, since the late eighteenth century . The Holocene, vol. 4(3); 299-306.
- Singh, H.P., Pant, G.B. and Kumar, K.R., 1999. Tree-ring chronologies from western Himalaya and their dendroclimatic potential. IAWA Journal. Vol. 20(3); 295-309.
- Boonchirdchoo, S., 1996. Correlative study of Pinus Tree ring-width and Climatic variables. Case Study; Nam Nao and Phu Kradung National Parks, Thailand. M.Sc Thesis in Tecjology of Environmental Management. BKK, Fac. of Graduate Studies, Mahidol University.
- Buckley, B.M., Barbetti, M., Watanasak, M., D'Arrigo, R. Boonchirdchoo, S., Sarutanon S., 1995. Dendrochronological investigations in Thailand. IAWA J, 16 (4): 393-409.
- Chowdhury, K.A., 1940. The forming of the growth ring trees in Indian tree. Part III. Vol. II. No.3. Indian Forest Records.
- Cook E.R. and Kairiukstis L.A., 1989. Methods of Dendrochronology Applications in the Environmental Sciences. Kluwer academic publishes Dordrecht/Boston/London: International institute for applied system analysis.
- Cooling E.N.G. 1968. Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics, *Pinus merkusii*. Oxford: Truex Press.
- Coster, C., 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen -und Jahresringbildung in den Tropen Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 37, 49-161.
- Coster, C., 1928. Einiges ueber das Dickenwachstum und die Inhaltsstoffe des Djatistammes, *Tectona grandis* L.f. Tectona 17, 1056-1057.

- Wijakul S., 1999. 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.
- Wijakul S.B., Borgaonkar, H.P., 1983. Growth ring of teak tree and regional climatology. In Singh, L.R., S., Tiwari, R.C., Srivastava, R.P. (eds.) , Environmental management. The Allahabad Geographical Society, Dept. of Geography, Uni. Allahabad, India, 154-158.
- Wijakulnong, N., 1995. Dendrochronologie mit Teak (*Tectona grandis* L.) in Nord-Thailand. Dissertation, University Hamburg, Germany.
- Wijakulnong, N., Eckstein D. & Sass U., 1995a. Tree-ring Research on *Tectona grandis* in northern Thailand. IAWA Journal, Vol. 16(4) :385-392.
- Wijakulnong, N., Eckstein, D., Sass, U., 1995b. A network of *Tectona grandis* tree-ring chronologies in northern Thailand. Proc. Workshop on Dendrochronology in Asia and the Pacific Region, 439 March 1995, Tsukuba, Japan 35-41.
- Yim F., 1989. TSAP: Time Series Analysis: Program. Version 2.3: Reference Manual. Heidelberg: German.
- Roberts N., 1998. The Holocene. Blackwell.
- Sandermann, W. & Dietrichs, H.H., 1959. Chemische Untersuchungen an Teakholz. *Holzforschung* 13, 137-148.
- Schweingruber, F.H., 1993. Trees and Wood in Dendrochronology. Springer-Verlag.
- Schweingruber, F.H., 1996. Tree Ring and Environment Dendroecology. WSL/FNP.
- Stahle, DW., Cleaveland, MK. 1993. Southern Oscillation extremes reconstructed from tree-ring of the Sierra Madre occidental and Southern Great Plains. *Journal of Climate*, 6(1): 129-140.
- Sukkosol, V., 1998. A Study of Drought and Flood Events in Thai History Data of the 20th Century and Comparison with Meteorological data and Tree-ring Indices. Master Thesis, Fac. of Graduate Studies, Mahidol University.
- Thammichai, S., Tourchob W. and Pipatwattanakul, D. 1988. Variation in radial growth of *Morus* and *Khasia* Pines in Thailand. Proceeding of the seminar on growth and yield in tropical mixed/moist forest, Hualalumpur, Malasia.
- Wagenfuehr, R. & Scheuber, I.C., 1985. *Holzatlas*. VEB Fachbuchverl. , Leipzig. 626-628.

ภาคผนวก วารสารสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ
(Environment and Natural Resources Journal)

สืบค้นได้ที่ (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)

Volume 2 – Number 1-2 –2004 / ISSN 1686-5456