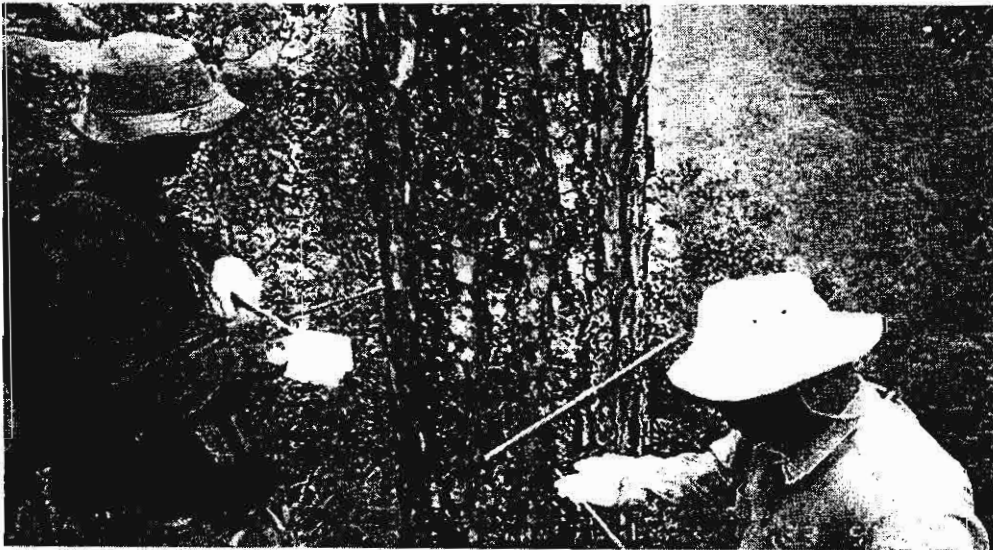


เนื้อเชื้อ collus มาอุคบริเวณขนาดผลอย่างรวดเร็ว เช่นกรณีไม้สักไม่มากกว่า 3 เดือนบริเวณขนาดผลนั้นจะถูกปกคลุมด้วยเนื้อเชื้อใหม่ และคันไม้จะไม่ได้รับอันตรายจนถึงตายหลังจากที่มีการเก็บตัวอย่าง

สภาพความเป็นจริงในปัจจุบันพบว่าบริเวณที่มีป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักและป่าสนเขาอยู่ห่างไกลจากตำแหน่งที่ตั้งของถ้ำ และสภาพป่าเป็นป่าที่ผ่านการทำไม้อย่างหนักมาเกือบทั้งหมด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าสภาพป่าในอดีต (หากใช้ผลจากการกำหนดอายุไม้ประมาณ 2000 ปีก่อนปัจจุบัน) จะมีความอุดมสมบูรณ์มากน้อยอย่างไร ขนาดของไม้และเสาไม้คงเป็นหลักฐานที่ไม่ต้องพรรณนามากนักถึงความอุดมสมบูรณ์ในอดีตกาล ระยะเวลาที่เนิ่นนานการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากมนุษย์หลายยุคหลายสมัย ความต้องการพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรม การเพิ่มขึ้นของชุมชน การตั้งหลักแหล่งที่อยู่อาศัย ที่ทำมาหากินแบบเฉพาะที่ การใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้จากคันไม้ เปลี่ยนมาเป็นการใช้พื้นที่ป่าไม้ จนมาถึงสมัยรัตนโกสินทร์ตอนกลาง รูปแบบการสัมปทานป่าไม้ชัดเจนขึ้น จนมาถึงยุคที่มีการให้สัมปทานป่าไม้อย่างหนัก มิได้คำนึงถึงระยะเวลาของการพักฟื้นและทดแทนของสังคมไม้ หากจะคำนวณอย่างคร่าวๆก็ประมาณกว่า 5000 ปี ทำให้ไม้เหลือร่องรอยสภาพป่าดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษาให้เห็น



รูปที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างไม้ที่มีชีวิต

3.1.2 ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดี

ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีเป็นหลักฐานที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้เพื่อที่จะตอบคำถามต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ วัฒนธรรมโรงไม้ และสิ่งแวดล้อมในอดีต เป็นต้น ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ได้มาจากแหล่งโบราณคดีประเภทเดียว คือ แหล่งโบราณคดีประเภทถ้ำในวัฒนธรรมโรงไม้ โดยเป็นตัวอย่างไม้จากโรงไม้และเสาไม้ เนื่องจากทั้งตำแหน่งและที่ตั้งของโรงไม้ เสาไม้ ในแต่ละพื้นที่ที่เข้าไปเก็บตัวอย่างอาจมีการเปลี่ยนแปลงมาก่อนหน้านี้ เพราะสภาพหลักฐานที่ปรากฏ (ปี พ.ศ. 2544-2545) พบว่าทั้งโรงและเสาถูกทำลายซึ่งอาจเป็นทั้งจากธรรมชาติเองเนื่องจากผ่านพ้นมาเป็นเวลาหลายปี และจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งไม่ทราบว่าเป็นก็อาชุนมาแล้ว อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยก็ให้ความสำคัญและตั้งสมมุติฐานว่า ตำแหน่ง รูปลักษณ์ที่ปรากฏในขณะที่เก็บข้อมูลนั้นเป็นตำแหน่งสำคัญที่จะต้องให้คงสภาพหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดจากโครงการวิจัยนี้ ดังนั้นหลังจากที่ทางคณะผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเสร็จก็นำตัวอย่างไปวาง ณ ตำแหน่งเดิม

รูปร่างของโรงไม้และขนาด ที่แตกต่างกันอาจจะบ่งบอกถึงความแตกต่างของชุมชน และ/หรืออายุของชุมชน วัฒนธรรม ความเชื่อ ดังนั้นหลักเกณฑ์อย่างง่ายที่ทางคณะผู้วิจัยตั้งขึ้นมาประกอบด้วย

- แบ่งรูปร่างของโรงและขนาด ตามนักโบราณคดี
- เลือกตัวอย่างที่ดีตามประเภทที่แยกไว้ ตัวอย่างที่ดีในการศึกษาครั้งนี้ คือ บริเวณที่หัวหรือท้ายโรงสามารถเห็น โครงสร้างของไม้ได้ชัดเจน และความสมบูรณ์ของไม้ที่เหลืออยู่
- เจาะตัวอย่างจากตัวอย่างที่เลือก โลง หรือ เสา จากด้านบนสุดเข้าสู่แก่นด้านใน
- หลังจากที่ได้เจาะตัวอย่างไม้แล้วได้มีการอุดรูที่เจาะด้วยการใช้เศษไม้ เศษจากการเจาะ ทำให้มีขนาดเท่ารูที่เจาะอุดเข้าไปและตกแต่งบริเวณผิวภายนอกให้คล้ายคลึงกับสภาพเดิมมากที่สุด



รูปที่ 3.2 แสดงการเก็บตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดี

3.2 จำนวนตัวอย่าง

3.2.1 ไม้ที่มีชีวิต

ในการศึกษาได้เก็บตัวอย่างจาก ไม้ที่มีชีวิตคือ ไม้สักและไม้สนที่ขึ้นอยู่บริเวณพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดไม้ พื้นที่เก็บตัวอย่าง จำนวนตัวอย่าง

ชนิดไม้	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง
ไม้สน	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน	95
ไม้สัก	บ้านน้ำสุผาตือ จ.แม่ฮ่องสอน	36
	สันปันแดง จ.แม่ฮ่องสอน	64

3.2.2 ไม้จากแหล่งโบราณคดี

ในการศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา 2 กลุ่มน้ำคือ กลุ่มน้ำตาง ซึ่งในบริเวณกลุ่มน้ำตางได้เก็บตัวอย่างจาก 6 ถ้ำ คือ ถ้ำลอด หุบเขาบ้านไร่ ถ้ำบ้านอุ้มอง ถ้ำแม่กลางจันทร์ ถ้ำบ้านน้ำริน ถ้ำบ้านบ่อไคร้ กลุ่มน้ำของ ซึ่งในบริเวณกลุ่มน้ำของได้เก็บตัวอย่างจาก 2 ถ้ำ คือ ถ้ำผาแดง และถ้ำโลงยักษ์ จำนวนตัวอย่างที่เก็บจากหัวโลง 105 ตัวอย่าง และจากเสา 62 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

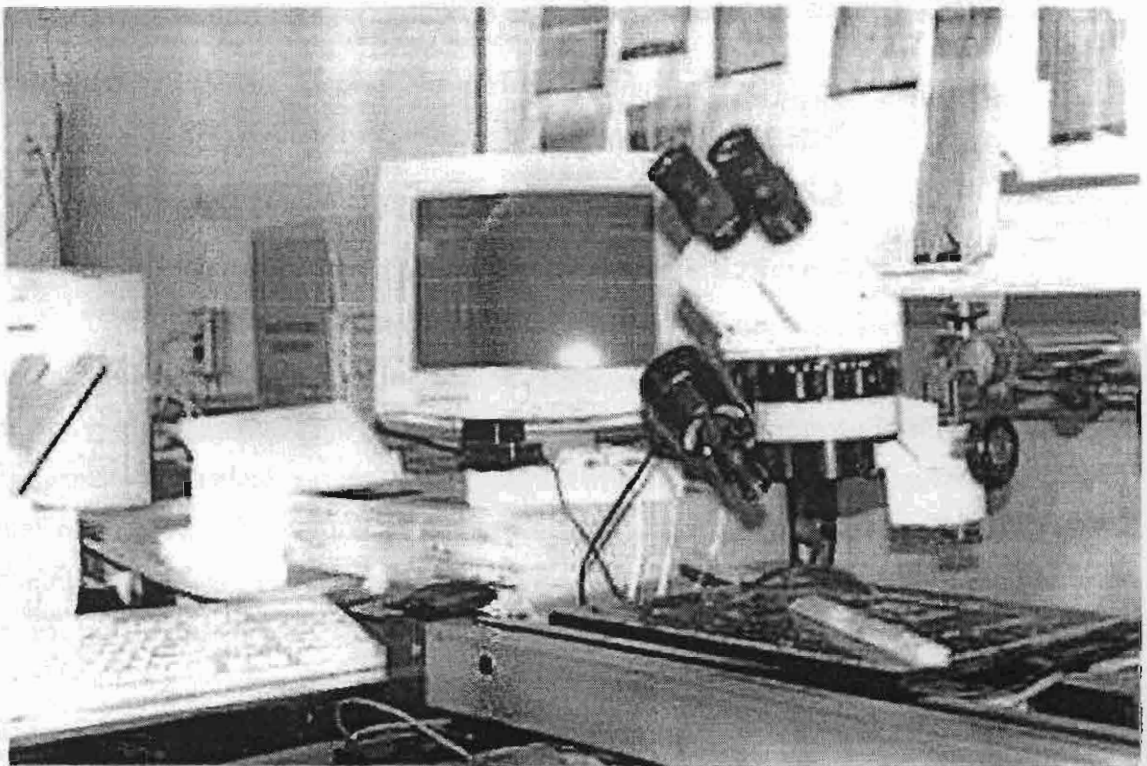
ตารางที่ 3.2 แสดงพื้นที่กลุ่มน้ำ ถ้ำ รหัสถ้ำ และจำนวนตัวอย่าง

กลุ่มน้ำ	วันที่เก็บตัวอย่าง	สถานที่	ชื่อพื้นที่	รหัส	จำนวนตัวอย่าง	
					โลง	เสา
ตาง	11-พค.44	อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน	ถ้ำน้ำลอด	TL	9	-
	12,13 พค.44		หุบเขาบ้านไร่	BR	11	12
	4 กค.44		ถ้ำบ้านอุ้มอง	UM	2	-
	5 กค.44		ถ้ำแม่กลางจันทร์	MLJ	8	5
	6 กค. 44		ถ้ำบ้านน้ำริน (NT)	BNR	5	-
	25,27 ธค. 44		ถ้ำบ้านบ่อไคร้	BO	36	3
	29 ธค. 44		หุบเขาบ้านไร่	BRN	22	31
ของ	26 ธค.44	อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน	ถ้ำผาแดง	PD	4	-
	26 , 28 ธค.44		ถ้ำโลงยักษ์	LY	8	11
				รวม	105	62

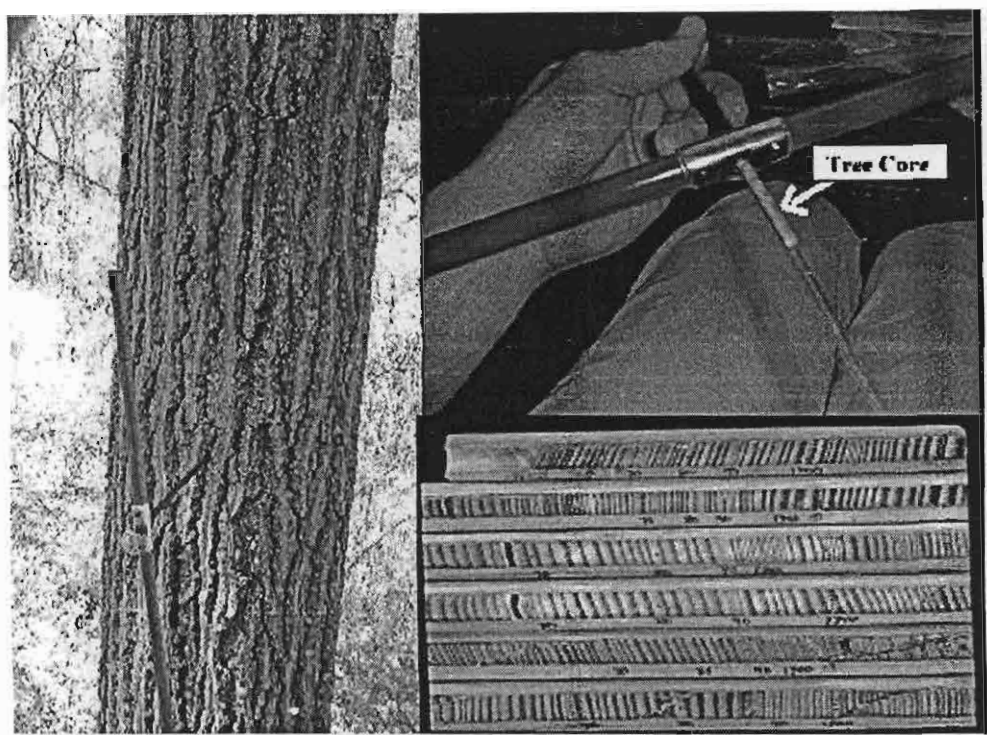
3.3 การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 การวัดความกว้างวงปี

- การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดี/และ ไม้มีชีวิตที่เก็บมา ต้องนำมาวางบนแท่นรองรับตัวอย่างที่ขนาดพอเหมาะกับขนาดของตัวอย่าง ในกรณีที่ไม้เป็น ไม้มีชีวิตต้องนำมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงวางตัวอย่างลงบนแท่นรองรับ โดยให้ด้านหน้าตัด (cross-section) ขึ้นข้างบนอาจสังเกตได้โดยหากยกตัวอย่างไม้ขึ้นมอง เส้นไม้จะอยู่ในแนวตั้งฉาก และหากมองจากด้านบนจะเห็นวงปีขวางกับแท่นที่วางในแนวตั้งฉาก ติดตัวอย่างไม้ด้วยกาวธรรมดาหรือกาวที่ไม่ละลายน้ำ พันตัวอย่างไม้กับแท่นรองรับด้วยเทปให้แน่น ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน ต่อจากนั้นเดือนผิวด้านหน้าของตัวอย่างเพื่อให้เห็นวงปีชัดเจน ต่อจากนั้นเข้าสู่กระบวนการนับและวัดวงปี
- การวัดความกว้างวงปี อุปกรณ์ในการวัดและนับจำนวนความกว้างวงปี (TSAP, version 3.2, 1998) ซึ่งประกอบด้วย แท่นที่เลื่อนได้ (moving stage) ติดกับกล้องไมโครสโคป (microscope) ซึ่งมีกำลังขยายอยู่ระหว่าง 4x-40x และต่อโดยตรงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อสะดวกในการจัดเก็บและการจัดการข้อมูล ความละเอียดในการวัดมีค่าเท่ากับ 0,01 มิลลิเมตร โดยทั่วไปจะวัดและนับจำนวนตั้งแต่ด้านในของไม้ (pith) ออกมาสู่บริเวณเปลือก (bark) (รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์และการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ)



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ในการวัดขนาดและจำนวนวงปี



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างไม้ในพื้นที่ศึกษา และในห้องปฏิบัติการ

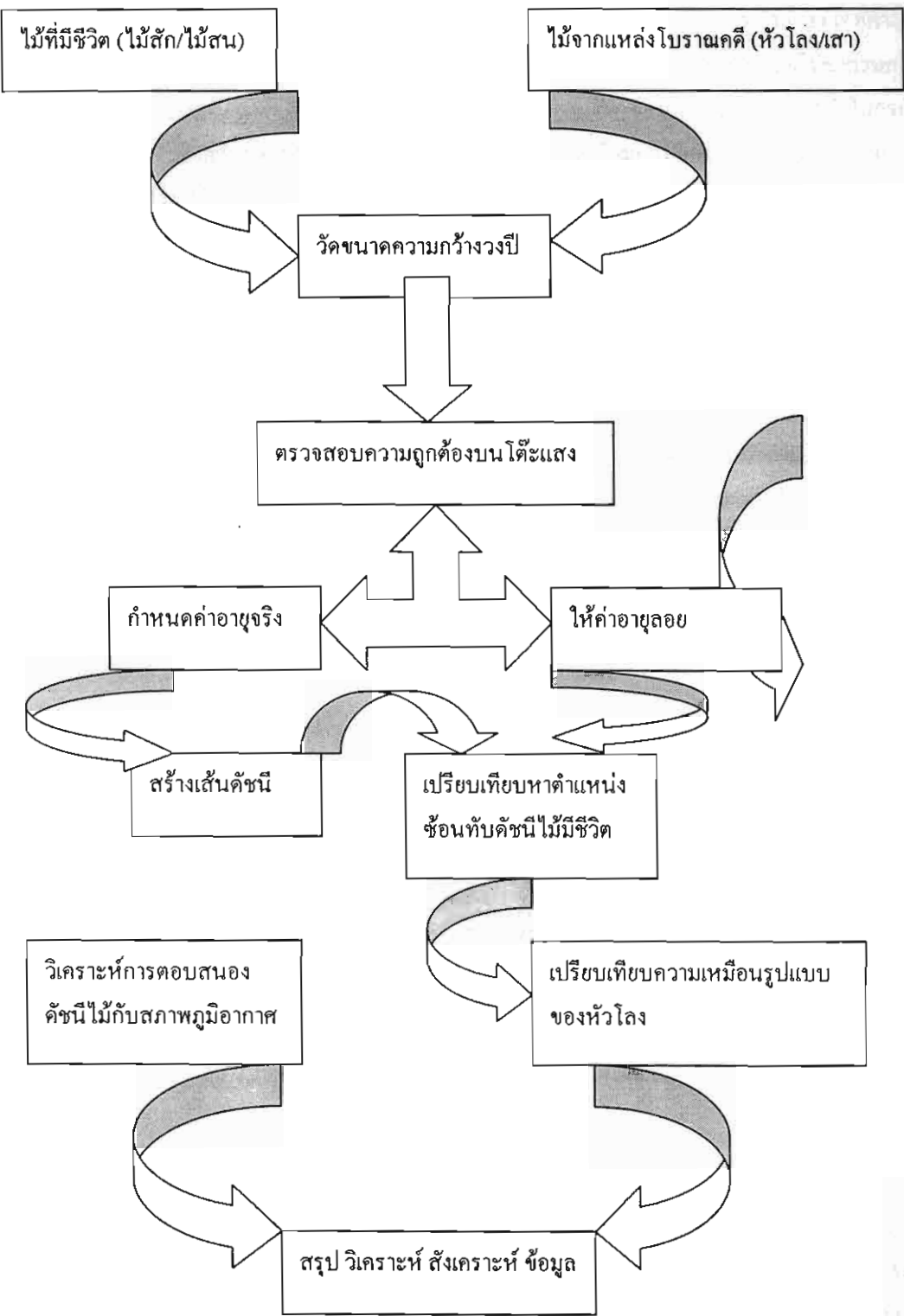
3.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในการดำเนินงานเกี่ยวกับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล มี 2 ขั้นตอนคือ

3.3.2.1 การตรวจสอบบนโต๊ะแสง ข้อมูลจำนวนวงปีและความกว้างของวงปีแต่ละตัวอย่างจะ

พิมพ์ออกมาเป็นกราฟเส้น โดยแกน x เป็น ปีและแกน y เป็นความกว้างวงปี (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) เริ่มต้นโดยการจับกราฟเส้นของแต่ละคู่จากต้นเดียวกัน (หรือโลงเดียวกัน/เสาเดียวกัน) มาหารูปแบบการเจริญเติบโต ทำเช่นนี้ไปทุกๆ ต้น และเมื่อได้เส้นกราฟเฉลี่ยของแต่ละต้นแล้วก็นำเส้นกราฟของแต่ละต้นมาหาความเหมือนบนโต๊ะแสงต่อไปจนหมดทั้งหมดไม้หรือทั้ง 1 พื้นที่ที่เก็บข้อมูล ต่อจากนั้นจึงไปตรวจสอบด้วยค่าทางสถิติซึ่งจะอธิบายต่อไป และหากกราฟเส้นคู่ใด (จากต้นเดียวกัน) มีความไม่สอดคล้องกันควรกลับไปตรวจสอบข้อมูลใหม่โดยพิจารณาจากตัวอย่างจริง หรือในบางครั้งต้องวัดใหม่

ถ้าเป็นตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีจะมีความยากมากกว่าไม้ที่มีชีวิต เพราะจะหาตำแหน่งยึดโยงได้ยาก เนื่องจากไม้ส่วนใหญ่จะผุพังค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามใช้หลักการเช่นเดียวกับไม้ที่มีชีวิต กราฟเส้นของแต่ละตัวอย่างจาก 1 ต้น (หรือจาก 1 หัวโลง/ 1 เสา) จะถูกนำมาซ้อนทับหาความเหมือนบนโต๊ะแสงโดยซ้อนทับกราฟเส้นที่มาจากตัวอย่างเดียวกันก่อน (โลงหรือเสา) ต่อจากนั้นจึงซ้อนทับกับตัวอย่างอื่นๆที่มาจากถ้ำเดียวกัน



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงาน

3.3.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (Holmes

1983) หลักการในการทำงานของโปรแกรม คือการนำข้อมูลดิบทั้งหมดไปสร้างเส้นกราฟจำลอง (โดยการคิดคำนวณของโปรแกรม) และนำกราฟข้อมูลดิบแต่ละเส้นเทียบความเหมือนกับเส้นกราฟมาตรฐานที่โปรแกรมสร้างขึ้น ค่าความถูกต้องทางสถิติจะน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับผู้วิจัยเลือกช่วงของการเปรียบเทียบเช่นทุกๆ 20 ปี ในกรณีที่ข้อมูลดิบค่อนข้างอายุน้อย(น้อยกว่า 100 ปี) หรือทุกๆ 40 หรือ 50 ปีในกรณีที่ข้อมูลดิบค่อนข้างมาก (มากกว่า 100 ปี)

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบทางด้านสถิตินี้ จะเป็นแนวทางให้มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอีกครั้งหนึ่งในกรณีที่ข้อมูลทางสถิติที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ (ค่าสถิติที่ยอมรับได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนปี (lag) ที่ต้องการซ้อนทับข้อมูล เช่น หากต้องการตรวจสอบทุก 20 ปี ค่าความเชื่อถือทางสถิติจะสูงมากกว่า ความต้องการตรวจสอบทุกๆ 40 ปี หรือ 50 ปี

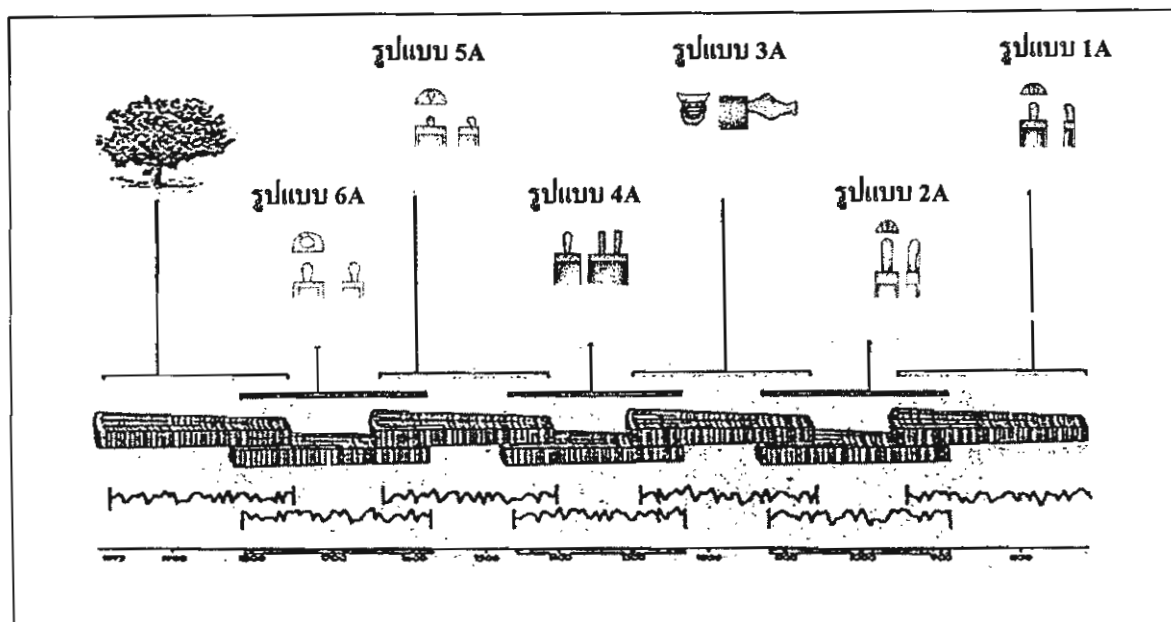
สำหรับไม้ที่มีชีวิตทำได้ง่ายเนื่องจากสามารถกำหนดอายุที่แน่นอนของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างได้ทันทีจากการซ้อนทับบนโต๊ะแสง คือ หากตัวอย่างมีเปลือกติดอยู่หรือผู้วิจัยมีความมั่นใจว่าส่วนที่อยู่นอกสุดเป็นวงปีวงสุดท้ายที่สามารถที่จะกำหนดอายุได้ทันทีโดยมีข้อพึงระวังคือ ต้องพิจารณาว่าเดือนที่ไปเก็บข้อมูลเป็นเดือนอะไร เช่นเก็บข้อมูลเมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2546 ดังนั้นปีสุดท้ายที่จะกำหนดให้อายุต้องเป็นปี พ.ศ. 2545 เนื่องจากต้นไม้ส่วนใหญ่จะเริ่มเจริญเติบโตในฤดูฝน หรือหากไปเก็บข้อมูลในช่วงฤดูฝน เช่นเดือนสิงหาคม ของปี พ.ศ. 2546 วงปีวงสุดท้ายยังไม่สมบูรณ์ ในกรณีนี้ผู้วิจัยไม่ควรที่จะวัดวงปีวงสุดท้ายเพราะขนาดยังไม่สมบูรณ์ และการกำหนดอายุให้กับต้นไม้ควรเป็นปี พ.ศ. 2545 เช่นกัน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างให้สมบูรณ์ การให้รายละเอียดเกี่ยวกับวันที่ เดือน ปี ในการเก็บข้อมูล จึงมีความสำคัญอย่างมาก

3.3.3 การเทียบหาอายุของโลงไม้

แน่นอนว่าไม้จากโลงไม้จะต้องมีอายุมากกว่าไม้ที่มีชีวิตอยู่ในปัจจุบัน และมากกว่าดัชนีไม้ที่มีอยู่แล้ว ดังนั้นในการหาอายุของโลงไม้ ในการศึกษาครั้งนี้โดยการเทียบกราฟของโลงไม้ กับดัชนีไม้สักที่ทราบอายุแล้ว โดยที่หากกราฟซ้อนทับกันมีความคล้ายคลึงกันมาก มีค่าทางสถิติที่น่าเชื่อถือได้ ก็สามารถที่จะให้อายุโลงไม้ได้ หากโลงไม้มีอายุมากและดัชนีไม้ที่สร้างขึ้นใหม่และที่มีอยู่แล้ว สั้นเกินไปจนไม่สามารถที่จะหาบริเวณไหนที่ซ้อนทับกันได้ ในการอธิบายผลที่สามารถอธิบายได้จากภาพลักษณะของกราฟความกว้างวงปีว่าแคบกว้างอย่างไร และอธิบายร่วมกับข้อมูลส่วนอื่นของผู้วิจัยร่วม และหากสามารถส่งตัวอย่างไม้ไปตรวจสอบด้วยคาร์บอน 14 ก็จะประมาณการอายุของโลงไม้ได้เช่นกัน

3.3.4 การเทียบหาความสัมพันธ์ของหัวโลง

จากรูปที่ 3.5 จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่าหัวโลงที่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน อาจมีความหมายทางสังคม ชนชั้น วัฒนธรรม ความเก่าแก่ของลำดับทางวัฒนธรรม กล่าวคือหัวโลงที่มีรูปร่างอย่างง่ายควรที่จะเกิดมาก่อนหัวโลงที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการซ้อนทับกราฟเส้นของวงปีไม้ที่ได้จากการวัดและการตรวจสอบ



รูปที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบหัวโลงรูปแบบแตกต่างกัน ด้วยการซ้อนทับวงปีของจีนไม้ตัวอย่างที่ได้จากโลง

3.3.5 วิธีการทำมาตรฐาน (Standardization)

ค่ามาตรฐาน (standardization) เป็นขบวนการขั้นพื้นฐานในการศึกษาวงปีไม้ (dendrochronology) ซึ่งได้พิจารณาแล้วว่าเป็นหลักการเบื้องต้นอย่างหนึ่ง เนื่องจากความกว้างวงปีอาจมีความแปรปรวนจากปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่เงื่อนไขทางสิ่งแวดล้อม แต่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในเรื่องอายุของต้นไม้ (tree age) ความสูงของลำต้น และเงื่อนไขและความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ในการศึกษาความแปรปรวนของความกว้างวงปีกับสภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปซึ่งอาจเป็นการทำงานที่ง่ายที่สุดที่จะประมาณการระบบการเปลี่ยนแปลงของขนาดวงปีที่เกี่ยวข้องกับอายุและพยายามที่จะกำจัดปัจจัยนี้ออกไปในขณะที่ทำการวัดขนาดความกว้างวงปีที่มีการกำจัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอายุและภูมิฐานฐานออกไปเรียกว่าการทำ standardization และการถ่ายทอดข้อมูลซึ่งเรียกว่า ดัชนีวงปีไม้ (ring-width indices) โดยทั่วไปแล้วดัชนีวงปีไม้ไม่มีแนวโน้มของเส้นตรง ค่าเฉลี่ยคือ 1 ความแปรปรวนของค่าที่มากกว่าในความกว้างวงปีของต้นไม้ที่มีอายุน้อย หรือต้นไม้ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมีการเปรียบเทียบกับความแปรปรวนที่น้อยกว่าของความกว้างวงปีของไม้ที่มีอายุมากหรือส่วนของไม้ที่โตช้า

3.3.6 การสร้างเส้นดัชนีสำหรับไม้ที่มีชีวิต (Chronology Index)

การสร้างเส้นดัชนี (Chronology Index) เส้นดัชนีคือเส้นที่เป็นตัวแทนรูปแบบการเจริญเติบโตของหมู่ไม้ได้มาจากการนำตัวอย่างทั้งหมดในสังคมหมู่ไม้เดียวกันมาคำนวณหาค่า linear regression หรือ negative exponential จะใช้สถิติใดนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบการเจริญเติบโตของข้อมูลดิบ ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ spline function ในการเลือกค่าที่เหมาะสม เช่น 66 หรือ 128 ต้องพิจารณาค่าสถิติเบื้องต้นที่ได้จากการคำนวณด้วย COFECHA โดยพิจารณา ค่าความอ่อนไหว (mean sensitivity) และค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation) โดยทั่วไปหากค่าความอ่อนไหวค่อนข้างสูง (มากกว่า 0.5) อาจเลือกค่า spline function ที่ 66 ซึ่งจะหมายความว่ากราฟเส้นที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่หลัง

จากมีการคำนวณทางสถิติแล้ว จะมีความอ่อนไหว และเก็บรายละเอียดเดิมไว้ประมาณ 50% ในการทำเส้นดัชนีนี้ เพื่อที่จะลดความแตกต่างของขนาดความกว้างวงปีในช่วงที่ไม่มีอายุน้อยและไม้ที่มีอายุน้อยมาก ในการสร้างเส้นดัชนีผลลัพธ์ที่ได้จะได้เส้นดัชนี 3 เส้น คือ ARSTAN chronology (ARS) STANDARD chronology (STD) และ RESIDUAL chronology (RES) ในการเลือกใช้ดัชนีเส้นไหนขึ้นอยู่กัับวัตถุประสงค์ของผู้ทำการวิจัย โดยที่เส้นดัชนี ARS และ STD จะมีความยาวมากกว่าเส้นดัชนี RES 1 ปี เนื่องจากเส้นดัชนี RES มีการคำนวณเพื่อลดความสัมพันธ์ภายในตัวเองออกไป (autocorrelation) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ สำหรับไม้ที่มีชีวิตจะใช้ค่า RES ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.3.7 การตอบสนองระหว่างขนาดความกว้างวงปีกับสภาพภูมิอากาศ

ในการวิเคราะห์การตอบสนองระหว่างดัชนีไม้กับสภาพภูมิอากาศ ได้ใช้โมเดลการตอบสนองสภาพภูมิอากาศที่เรียกว่า response function (Cook 1989) โดยที่กำหนดให้ข้อมูลดัชนีเป็นตัวแทนตามและข้อมูลสภาพภูมิอากาศเป็นตัวแปรอิสระ ในการคิดคำนวณโมเดลยอมให้ใส่ค่าสภาพภูมิอากาศ 17 เดือน ดังนั้นในการคำนวณควรพิจารณาให้เหมาะสมว่าจะเลือกเดือนใดเป็นเดือนตั้งต้นและเดือนใดเป็นเดือนสุดท้าย และจำนวนเดือนที่ใช้ในการคำนวณ หลักเกณฑ์อย่างกว้างๆ คือ ควรทราบว่าฤดูกาลเจริญเติบโตโดยทั่วไปครอบคลุมเดือนไหนบ้าง และความยาวของข้อมูลดัชนีวงปีและข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่นในกรณีที่ข้อมูลดัชนีวงปีค่อนข้างยาว อาจใช้การคำนวณได้ทั้ง 17 เดือน แต่ถ้าข้อมูลค่อนข้างสั้นอาจลดลงมาเหลือเพียง 15 หรือ 11 เดือน และข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิควรเป็นข้อมูลที่ยาวเช่นกัน เพราะหากข้อมูลสั้นผลการวิเคราะห์จะได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูง แต่ในความเป็นจริงเกิดจากจำนวนข้อมูลที่น้อยมีโอกาสดูได้มากกว่าเท่านั้นเอง ตัวอย่างการเลือกจำนวนเดือนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การตอบสนองของดัชนีไม้กับสภาพภูมิอากาศ คือ หากต้องการวิเคราะห์ 15 เดือน โปรแกรมจะถามว่าข้อมูลเดือนเริ่มต้นคือเดือนอะไร เนื่องจากฤดูกาลเจริญเติบโตของประเทศไทย คือ ตั้งแต่ปลายฤดูแล้ง (เมษายน) ถึงปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน) ดังนั้น ถ้าต้องการให้เดือนครอบคลุมการเจริญเติบโต ซึ่งอาจจะมีใช้ฤดูกาลที่ผิดปกติ ดังนั้นหากเลือกเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนเริ่มต้น และต้องการวิเคราะห์ 15 เดือน เดือนที่ใช้ในการคำนวณคือ

- พฤศจิกายน
- ตุลาคม
- กันยายน
- สิงหาคม
- กรกฎาคม
- มิถุนายน
- พฤษภาคม
- เมษายน
- มีนาคม
- กุมภาพันธ์
- มกราคม
- ธันวาคม
- พฤศจิกายน
- ตุลาคม
- กันยายน

โดยที่เดือน มกราคม-พฤศจิกายน คือเดือนของปีปัจจุบันที่สัมพันธ์กับวงปีไม้ และเดือน -ธันวาคม, -พฤศจิกายน, -ตุลาคม, -กันยายน คือ เดือนก่อนฤดูกาลเจริญเติบโต

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของผลรวมปริมาณน้ำฝน (average total rainfall) เนื่องจากความชุ่มชื้นที่เกิดจากฝนสามารถที่จะเก็บสะสมอยู่ในสภาพแวดล้อม (เช่น ดิน) ในลำต้นของต้นไม้ สำหรับอุณหภูมิใช้ค่าเฉลี่ย เนื่องจากอุณหภูมิมีการกระจายแผ่รังสีความร้อนออกไปได้ตลอดเวลา

ในการคำนวณใช้หลักเกณฑ์ทางสถิติ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) และการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ซึ่งจะบอกค่าน้ำหนักของเดือนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้

3.4 การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเพื่อการทำสไลด์ในการวิเคราะห์

ละอองเรณู

การศึกษาเรณูวิทยาเป็นหลักฐานอย่างหนึ่งที่นิยมศึกษากันเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับพืชพรรณและสภาพภูมิอากาศในอดีต อย่างไรก็ตามในการศึกษาทางเรณูวิทยาขั้นตอนในการปฏิบัติประกอบด้วยวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยาก ตั้งแต่ในการเริ่มเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

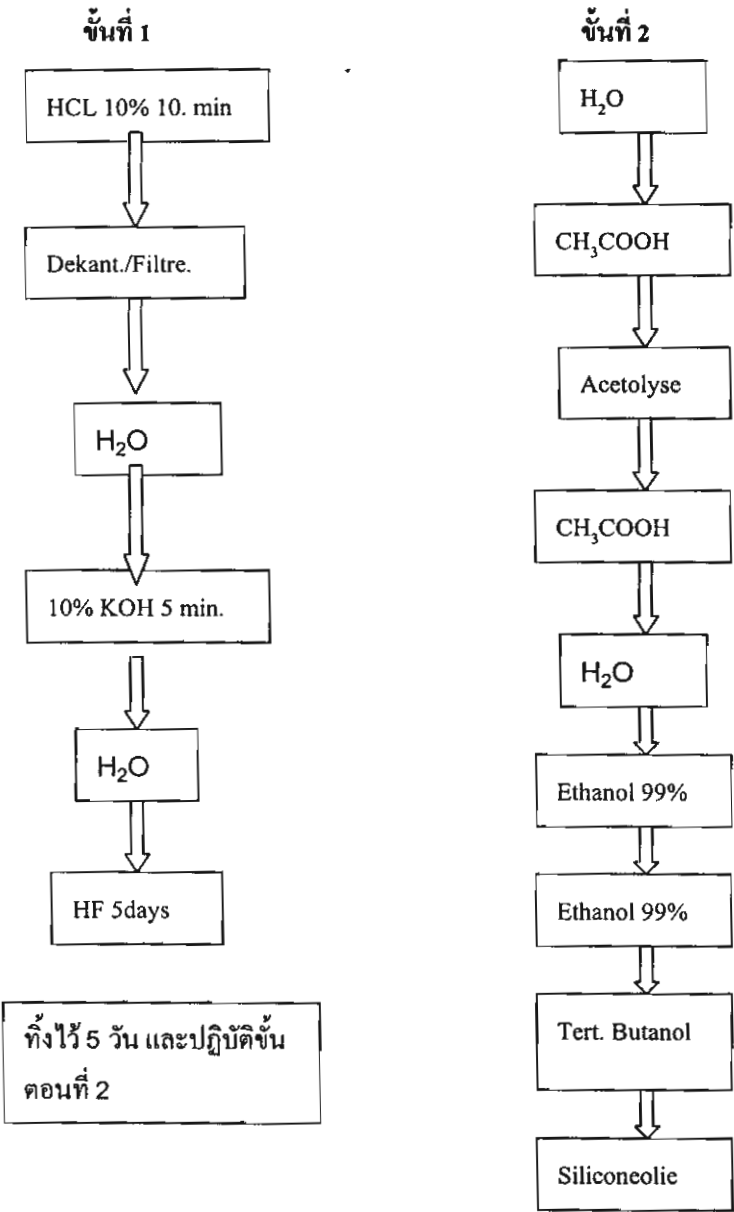
ตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาละอองเรณูโบราณในครั้งนี้มาจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ และแหล่งโบราณคดีเพิงผาลำดอด ที่ดำเนินการขุดค้นโดยโครงการ โบราณคดีบนพื้นที่สูงอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

สำหรับขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

1. ใส่ตัวอย่างดินประมาณ 2 ส่วน ใน 10 ส่วน ของหลอด (หลอดพลาสติกมาตรฐาน เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ความสูงของหลอด 10 ซม.) ลงในหลอดทดลองพลาสติกพร้อมทั้งให้รายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่าง
2. เติม แอลกอฮอล์ 95.5 % ลงไปเล็กน้อย แล้วเติม HCL 10% ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน ค่อยๆเติม เพราะหากตัวอย่างมี CaCO_3 จะทำให้เกิดปฏิกิริยาฟองฟู หากเกิดปฏิกิริยามาก ให้เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อยเพื่อให้ปฏิกิริยาไม่รุนแรง
3. นำตัวอย่างไปต้มประมาณ 10 นาที แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที และนำตัวอย่างมากรอง รินสารส่วนบนออก
4. เติมน้ำกลั่นประมาณ 6 ส่วนใน 10 ส่วน แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที รินน้ำกลั่นส่วนบนออก
5. กรองตัวอย่างด้วย sieve ที่มีขนาดเล็กมากเพื่อให้สิ่งสกปรกแยกออกไป
6. นำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว เติม KOH 10% ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้วต้มประมาณ 5 นาที
7. นำตัวอย่างไป centrifuge ประมาณ 5 นาที รินสารส่วนบนออก
8. เติมน้ำกลั่นประมาณ 6 ใน 10 ส่วน นำตัวอย่างใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที
9. เติม HF ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน ปิดฝาหลอด แล้วตั้งทิ้งไว้ใน Hood ประมาณ 5 วัน

10. นำตัวอย่างออกมาเขย่าด้วยเครื่องประมาณ 2 นาที
11. ใส่เข้าเครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที รินสารเคมีด้านบนออก
12. เติมน้ำกลั่นประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้วใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที เทน้ำด้านบนออก
13. เติม CH_3COOH ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน ใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที เทสารเคมีด้านบนออก
14. เติม $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ 8 ml และ con. H_2SO_4 1 ml คัมประมาณ 1.30 นาที
15. ใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 2 นาที เทสารด้านบนออก
16. เติม CH_3COOH ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที เทสารด้านบนออก
17. เติมน้ำกลั่น ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที รินน้ำออก
18. เติม Ethanol 99.9% ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน centrifuge ประมาณ 5 นาที แล้วรินสารส่วนบนออก
19. ตักตัวอย่างที่อยู่ก้นหลอดมาใส่ขวดแก้วขนาดเล็ก แล้วเติม Butanol เขย่าให้เข้ากัน หยด Silicon ประมาณ 5 หยด ปิดฝาขวดแก้วด้วยกระดาษที่สะอาด
20. นำไปตั้งในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 50°C ประมาณ 2 วัน
21. นำตัวอย่างมาทำสไลด์

ขั้นตอนการเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาละอองเรณูจากแหล่งโบราณคดี



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการศึกษาละอองเรณู

บทที่ 4

ผลการวิจัย

นาฏสุตา ภูมิอานงค์
รัศมี ขุทรงเดช

ผลการวิจัยในบทนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรก เป็นผลการวิจัยทางด้านวงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม จากตัวอย่างไม้ที่มีชีวิต ส่วนที่สองเป็นผลการวิจัยทางด้านวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ ส่วนที่สาม เป็นผลการวิจัยทางด้านเรณูวิทยา หรือละอองเรณูกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งตัวอย่างของดินที่นำมาวิเคราะห์หาละอองเรณูได้มาจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ กับแหล่งโบราณคดีเพิงผาดำลอค

วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม

การศึกษาวงปีไม้เป็นทั้งเรื่องวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ ที่กล่าวว่าเป็นวิทยาศาสตร์นั้น เพราะในการ ปฏิบัติ ตั้งแต่การเริ่มต้นเลือกพื้นที่ เก็บตัวอย่าง การปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ การพิสูจน์ความเหมือนของรูปแบบการเจริญเติบโต และการวิเคราะห์ผล ต้องอาศัยเครื่องมือและวิธีทางวิทยาศาสตร์ ต่างๆเข้ามาช่วย และที่กล่าวว่าเป็น ศิลปศาสตร์ เนื่องจากกราฟเส้นการเจริญเติบโตของต้นไม้มีความอ่อนไหว การซ้อนทับของกราฟเส้นการเจริญเติบโตที่ละเส้น ที่ละเส้น จาก 1 ต้น ไปสู่ จำนวนเป็น 10 เป็น 100 ต้น เป็นเรื่องของศิลปะที่ต้องทำอย่างใจเย็น และอดทน ดังนั้นจึงปฏิเสธไม่ได้เลยว่าผู้ที่ศึกษาเรื่องวงปีไม้ควรมีทั้งใจรักในธรรมชาติและความอดทนในการทำงาน

การนำเสนอผลการศึกษเกี่ยวกับวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนแรก ไม้ที่มีชีวิต ส่วนที่สอง ไม้จากแหล่งโบราณคดี และส่วนที่สามเป็นผลการศึกษาละอองเรณู

ส่วนที่หนึ่ง ผลการศึกษาจากไม้ที่มีชีวิต คือ ไม้สักและไม้สน หัวใจในการศึกษาไม้ที่มีชีวิตมีอยู่ 2 ประการ ประการแรก การกำหนดอายุที่แน่นอนของเส้นดัชนี เส้นดัชนีไม้ ในความหมายอย่างง่ายก็คือ กราฟเส้นการเจริญเติบโตที่เป็นตัวแทนของหมู่มานั้น โดยได้มาจากการวัดและนับจากต้นไม้ในสังคมหมู่มั้เดียวกัน ที่มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่เหมือนกัน นำมาซ้อนทับกันปีต่อปี จากต้นเดียวกัน และขยายออกไปยังต้นข้างเคียง ความยาวของเส้นดัชนีจะมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับอายุของต้นไม้ในหมู่มั้ นั้น โดยทั่วไปเส้นดัชนีไม้มีหน่วย ประการที่สอง เนื่องจากข้อสมมติฐานที่ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ในปัจจุบัน ก็คงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตในอดีตเช่นกัน โดยต้องมีการพิสูจน์ให้เห็นว่าปัจจัยภายนอกปัจจัยใดมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ และในระดับที่มากน้อยต่างกันอย่างไร

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 ประการนี้คือ เมื่อได้เส้นดัชนีไม้หนึ่งๆ ที่กำหนดอายุที่แน่นอน ต่อมา มีการศึกษาไม้ประเภทเดียวกันจากแหล่งต่างๆ ที่ไม่ทราบที่มา ไม่ทราบอายุ ก็สามารถนำตัวอย่างเหล่านั้นมาซ้อนทับเปรียบเทียบกับเส้นดัชนีเพื่อที่จะหาที่มาของแหล่งไม้ และหาอายุที่แน่นอน (สรุปประกอบจากกรอบแนวความคิด ในบทที่ 1) และผลจากการศึกษาการตอบสนองของวงปีไม้ต่อปัจจัยภายนอก หากได้ผลว่ามีการตอบสนองกันในเดือนไหนแล้ว

สามารถที่จะนำความยาว (จำนวนปี) ส่วนที่เหลือของวงปีไม้ (ปกติมีจำนวนมากกว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ) สร้างเส้นภูมิอากาศย้อนกลับไปในอดีต

ส่วนที่สอง ผลการศึกษาไม้จากแหล่งโบราณคดี ในการศึกษาครั้งนี้เน้นที่โลงไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หัวโลงที่เหลือเนื้อไม้ให้ศึกษามากกว่าส่วนอื่นๆ และเสาโลง ในส่วนของไม้จากแหล่งโบราณคดีนี้ มีข้อจำกัดค่อนข้างมาก เนื่องจากตัวอย่างมีน้อยและไม่สมบูรณ์ แต่ทั้งหมดก็เป็นตัวอย่างที่มีคุณค่าทางวิทยาศาสตร์อย่างมาก การนับ การวัดวงปี ต้องเป็นไปอย่างรอบคอบและอดทน การแปลความหมายจากวงปีเพื่อสะท้อนให้เห็นสภาพแวดล้อมในอดีต การเปรียบเทียบรูปแบบลักษณะ ทั้งขนาดความกว้าง จำนวน ความอ่อนไหว ของไม้จากแหล่งโบราณคดีและไม้ที่มีชีวิตอยู่ในปัจจุบัน เป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อน

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาไม้จากแหล่งโบราณคดี คือ การพยายามหาค่าอายุจริงให้กับ ไม้จากแหล่งโบราณคดี โดยการซ้อนทับหรือหารอยเชื่อมกับ ไม้ที่มีชีวิต หากยังมีช่องว่างของการศึกษาในเรื่องการต่ออายุ อย่างไรก็ตาม ไม้จากแหล่งโบราณคดียังให้ความหมายถึงสภาพแวดล้อมต่างๆ ในสมัยที่ต้นไม้เหล่านั้นยังเจริญเติบโตอยู่

ส่วนที่สาม ผลการศึกษาละอองเรณู ซึ่งสามารถตอบคำถามให้กับนักวิจัยได้ว่าพื้นที่ศึกษานั้นๆควรมีลักษณะระบบนิเวศเช่นใดในอดีต

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาจากละอองเรณูอาจกล่าวได้ว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและมีความสลับซับซ้อนมากกว่าการศึกษาวงปีไม้ โดยเฉพาะในเรื่องการตีความ ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษา เช่นที่กูมฮาปี (Keahofer and Penny 1998) หรือที่หนองสองห้อง (Maloney 1997) เนื่องจากความหลากหลาย ความแปรปรวน ของผลการศึกษาซึ่งยากต่อการอธิบาย

4.1 ผลการศึกษาวงปีไม้ที่มีชีวิต

อารีรัตน์ หัฏฐะเมตตา และนาฏสุตา ภูมิอานงค์

4.1.1 ไม้สัก

4.1.1.1 อุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-ผาเสื่อ

จากการวัดขนาดความกว้างวงปีของไม้สัก ตรวจสอบบน โศระแสง และสุดท้ายได้สร้างเส้นดัชนีของไม้สักที่ถ้ำปลา-ผาเสื่อ จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ต่อจากนั้นนำมาคำนวณการตอบสนองของดัชนีไม้สักกับสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จาก 3 สถานี คือ สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศจาก จ. แม่ฮ่องสอน ซึ่งมีข้อมูลทั้งปริมาณน้ำฝนและข้อมูล อุณหภูมิที่ยาวที่สุด (ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ค.ศ.1911-2000 และข้อมูลอุณหภูมิ ค.ศ.1951-2000) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจาก อ.ปาย (ค.ศ.1978-2000) และข้อมูลปริมาณน้ำฝนจาก อ.ปางมะผ้า ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเพียง 14 ปี (ค.ศ.1986-2000)

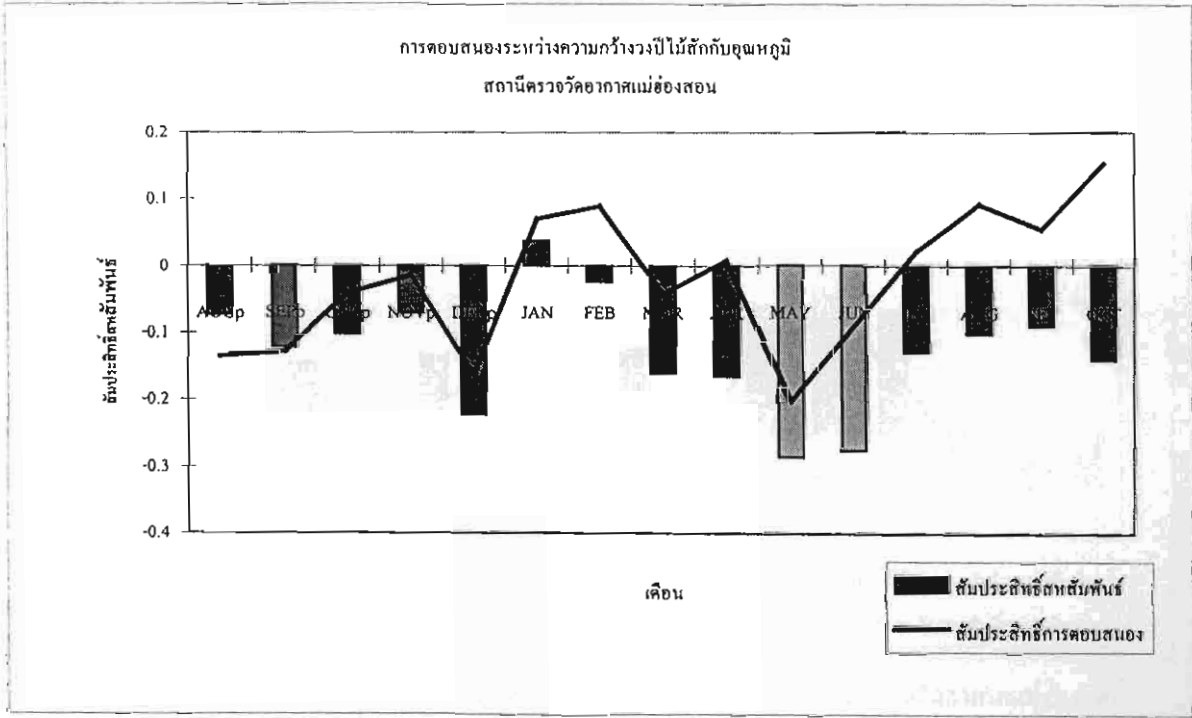
ผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งสิ้น 36 ตัวอย่าง พบว่าข้อมูลทั่วไปทางสถิติที่ประกอบด้วย ขนาดความกว้างวงปีเฉลี่ยเท่ากับ .52 มิลลิเมตร ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (std) เท่ากับ 1.538 ค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation) เท่ากับ 0.68 และค่าความอ่อนไหว (mean sensitivity) เท่ากับ 0.36 ในเบื้องต้นกล่าวได้ว่าไม้สักที่ถ้ำปลา-ผาเสื่อ มีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกค่อนข้างสูง (พิจารณาจากค่าความอ่อนไหว ที่มากกว่า 0.5) นั้นหมายถึงขนาดความกว้างของวงปีสามารถอธิบายข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้ค่อนข้างดี

ในการคำนวณการตอบสนองของดัชนีวงปีไม้สักกับสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากความยาวของเส้นดัชนีเท่ากับ 153 ปี (1848-2000) และข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากทั้ง 3 สถานี มีความยาวที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นความต่างของผลการศึกษา จึงได้ทำการคำนวณสภาพภูมิอากาศทั้ง 3 สถานี กับเส้นดัชนี โดยใช้จำนวนเดือนทั้งหมด 15 เดือน โดยที่เดือนเริ่มต้นได้แก่ เดือนตุลาคมของปีปัจจุบัน และจำนวนเดือนที่คำนวณ 15 เดือน ดังนั้นโมเดลในการคำนวณ จะเลือก เดือน มกราคม – ตุลาคม ของปีปัจจุบัน และ เดือนธันวาคม – สิงหาคม ของเดือนที่ผ่านมา ที่เลือกจำนวนเดือนเท่านี้ เนื่องจากว่าเดือน มกราคม ถึง ตุลาคม ครอบคลุมช่วงฤดูกาลเจริญเติบโตของต้นไม้แล้ว (ปกติต้นไม้ในป่าร้อนชื้นจะเริ่มเจริญเติบโตในช่วงฤดูฝน และสิ้นสุดปลายฤดูฝน) และช่วงเดือนที่ผ่านมา สามารถที่จะครอบคลุมหากต้นไม้มีการตอบสนองต่อภายในตัวเองสูง หมายความว่าความสามารถในการสะสมอาหารของปีที่ผ่านมา อาจจะช่วยให้อายุไม้ไม่ตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกปีต่อปีอย่างรวดเร็ว

การตอบสนองความกว้างวงปีกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิจากสถานีแม่ฮ่องสอน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และกราฟที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับอุณหภูมิ

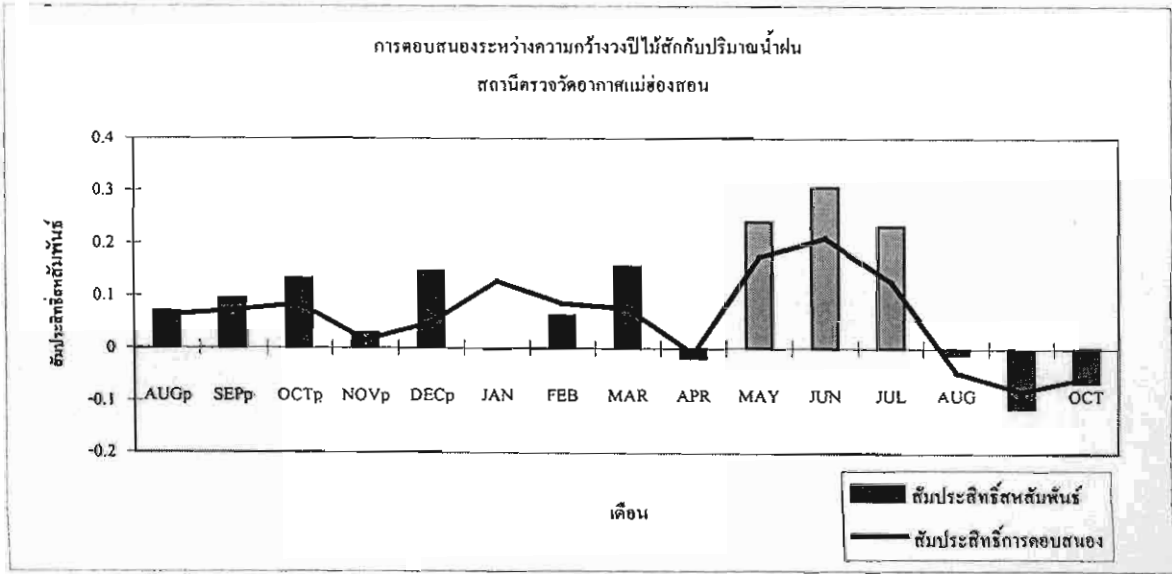
Temperature		Total variance explained (R^2)=11.68
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.0737	-0.135
SEEp	-0.122	-0.1285**
OCTp	-0.1019	-0.041
NOVp	-0.0706	-0.0142
DECp	-0.2228	-0.163
JAN	0.038	0.0707
FEB	-0.0242	0.0895
MAR	-0.161	-0.042
APR	-0.1653	0.0078
MAY	-0.2856**	-0.2026**
JUN	-0.2743**	-0.0893**
JUL	-0.1282	0.022
AUG	-0.1008	0.093
SEP	-0.0889	0.0561
OCT	-0.1392	0.1544



กราฟที่ 4.1 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักกับอุณหภูมิ สถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน

Precipitation		Total variance explained ($R^2=19.38$)
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	0.0703	0.0625
SEEp	0.0941	0.072**
OCTp	0.1327	0.084
NOVp	0.0288	0.0154
DECp	0.1459	0.0492
JAN	-0.0021	0.127
FEB	0.0618	0.0856**
MAR	0.1557	0.0753
APR	-0.018	-0.0097
MAY	0.239**	0.1732**
JUN	0.3046**	0.2091**
JUL	0.2304**	0.1256**
AUG	-0.0107	-0.044
SEP	-0.113	-0.0804
OCT	-0.0635	-0.0532



กราฟที่ 4.2 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน สถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน

จากตารางที่ 4.1 และกราฟรูปที่ 4.1 อธิบายได้ว่า คัชนีวงปีไม้สามารถอธิบายข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (อุณหภูมิ) ได้เพียง 11.68 % (total valiance explained) โดยที่ อุณหภูมิในเดือน พฤษภาคม และมิถุนายน ของปีปัจจุบันจะมีผลทำให้วงปีแคบลง และคัชนีวงปีไม้สามารถอธิบายข้อมูลปริมาณน้ำฝน ได้ 19.38 % โดยที่ปริมาณน้ำฝนของ เดือน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม ของปีปัจจุบันมีผลต่อความกว้างวงปี

จากผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการอธิบายของคัชนีไม้มีค่าที่ค่อนข้างต่ำ จึงได้ทำการคำนวณโดยใช้วิธีแบ่งครึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยในช่วงแรกทำการคำนวณคัชนีไม้กับข้อมูลน้ำฝนในช่วง 1911-1955 และช่วงที่ 2 ระหว่าง 1956-2000 ผลที่ได้จากการศึกษามีความน่าสนใจและแตกต่างออกไป ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 คือ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างคัชนีไม้สัก(ถ้าปลา-ผาเสือ)กับข้อมูลน้ำฝน (ค.ศ.1912-1955)

R ² =27.2	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	-dec	- nov	-oct	-sep	-aug
Sim.coef	.13	.06	-.04	-.12	.26	.33	.36	-.12	-.23	.11	.11	-.11	.16	.08	.08
Res.coef	.19	.01	-.09	-.00	.20	.18	.14	.05	-.21	.04	.10	-.16	.11	-.02	-.05

จากตารางที่ 4.3 คัชนีวงปีไม้สามารถอธิบายปริมาณน้ำฝนในช่วง 1912-1955 ได้ถึง 27.2 % ซึ่งมากกว่าเมื่อใช้ช่วงน้ำฝนทั้งหมด (1911-2000) ปริมาณน้ำฝนของเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคมมีผลต่อความกว้างของวงปี

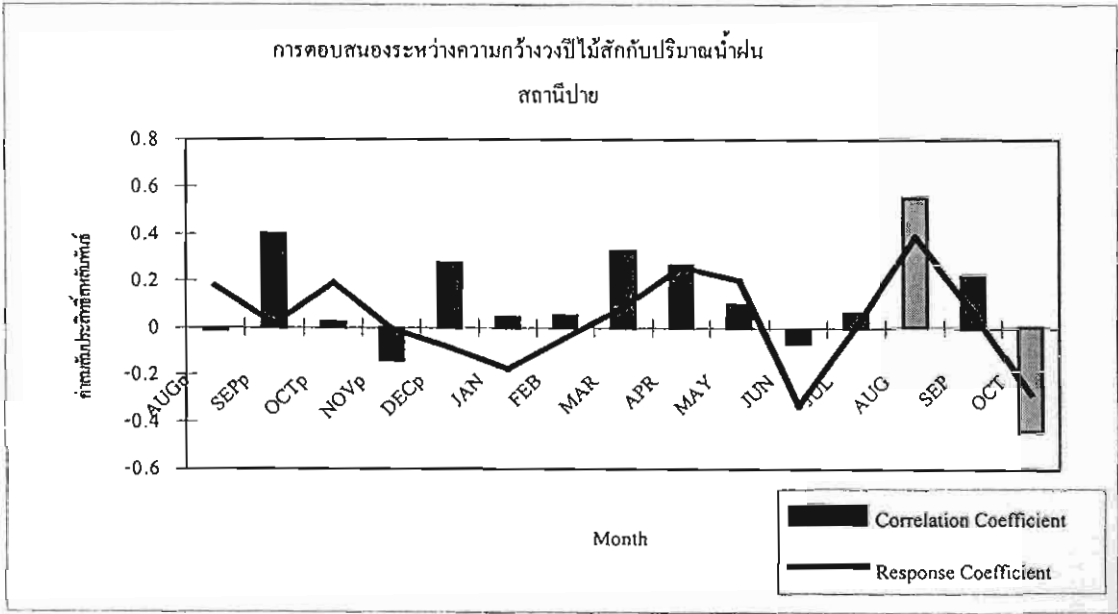
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างคัชนีไม้สัก(ถ้าปลา-ผาเสือ)กับข้อมูลน้ำฝน (ค.ศ.1956-2000)

R ² =37.5	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	-dec	- nov	-oct	-sep	-aug
Sim.coef	-.15	.07	.31	.14	.23	.27	.08	.10	.03	-.28	.19	.18	.11	.11	.07
Res.coef	-.09	-.01	.23	-.01	.30	.23	-.09	.01	.11	.20	.31	.12	.13	.06	.09

จากตารางที่ 4.4 คัชนีวงปีไม้สักสามารถอธิบายข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้สูงขึ้นคือ 37.5 % แต่ข้อมูลที่ นำสังเกตคือปริมาณน้ำฝนในเดือนมีนาคมมีผลต่อความกว้างวงปี ซึ่งหมายความว่าในช่วงปี 1956-2000 เกิดการเคลื่อนของการตกของฝนมาตกในช่วงเดือนมีนาคม อาจเป็นข้อมูลหนึ่งที่อาจช่วยสนับสนุนได้ว่าเกิดการแปรปรวน ของสภาพภูมิอากาศในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน (สถานีปาย)

Precipitation (pai)		R ² =46.72
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.01	0.1771
SEPP	0.4007**	0.0161
OCTp	0.0237	0.1899
NOVp	-0.1418	-0.0026
DECp	0.2755	-0.0836
JAN	0.0441	-0.1766
FEB	0.0531	-0.0411
MAR	0.3255	0.087
APR	0.2665	0.2595**
MAY	0.0993	0.2009**
JUN	-0.0659	-0.3302
JUL	0.0641	0.0063
AUG	0.5544**	0.3824**
SEP	0.2207	0.068
OCT	-0.4393**	-0.2824**



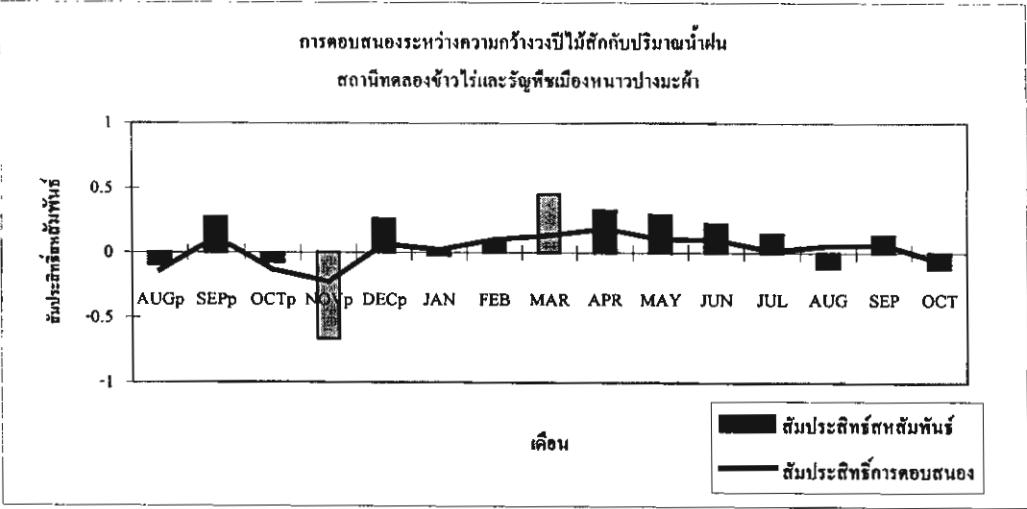
กราฟที่ 4.3 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน สถานีปาย

จากตารางที่ 4.5 และกราฟที่ 4.3 แสดงค่าการตอบสนองของดัชนีวงปีไม้กับปริมาณน้ำฝนที่สถานีป่า ซึ่งมีข้อมูลความยาวของปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ ค.ศ.1979-2000 พบว่าค่าดัชนีวงปีไม้สามารถที่จะอธิบายข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้ถึง 46.12 % ข้อที่พึงสังเกตคือเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ค่อนข้างสั้น ดังนั้นในการคิดคำนวณโอกาสที่ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจะจับกับข้อมูลความกว้างวงปีมีมากซึ่งจะทำให้ค่า total variance explained มีค่าที่สูง โดยที่ปริมาณน้ำฝนเดือนสิงหาคมมีผลต่อความกว้างวงปีไม้สัก

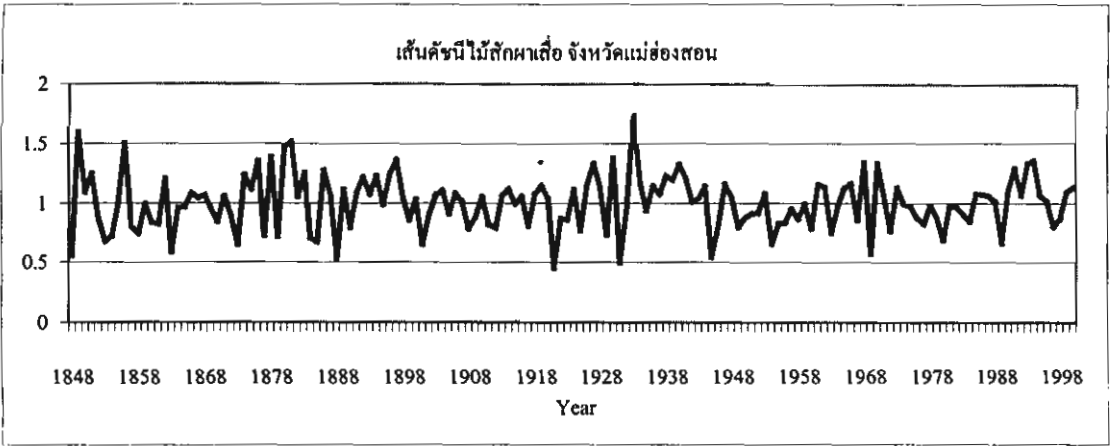
ตารางที่ 4.6 และกราฟที่ 4.4 แสดงสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนที่สถานีปางมะผ้า ซึ่งมีความยาวของข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ ค.ศ.1986-2000 ดังนั้นจึงพบว่าค่าความสามารถในการอธิบายดัชนีวงปีไม้มีค่าที่สูงเท่ากับ 41.13 % ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับข้อมูลที่สถานีป่าเนื่องจากว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ค่อนข้างสั้นจึงทำให้ในการคิดคำนวณได้ค่าความสามารถในการอธิบายของตัวแปรตาม (ดัชนีวงปีไม้) ต่อตัวแปรอิสระมีค่าที่สูง โดยที่ปริมาณน้ำฝนของเดือนมีนาคมมีผลต่อความกว้างวงปีของ ไม้สัก

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน (สถานีปางมะผ้า)

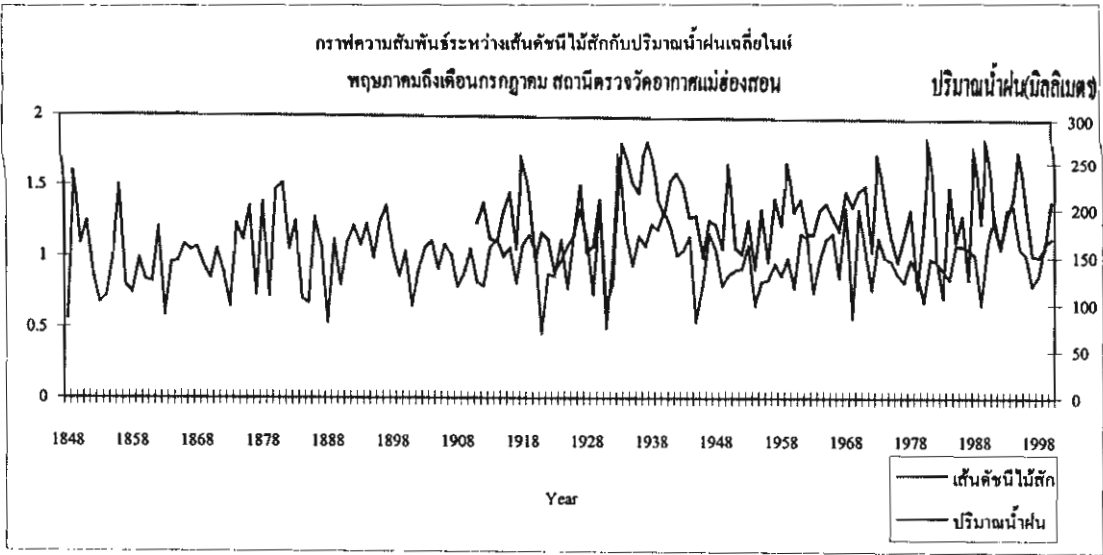
Precipitation (pangmapa)		R ² =41.13
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.0969*	-0.1367**
SEIp	0.2728	0.1143**
OCTp	-0.0757	-0.1309**
NOVp	-0.665**	-0.2216**
DECp	0.2588	0.0637**
JAN	-0.0217	0.0216**
FEB	0.0963	0.1016**
MAR	0.4499**	0.1325**
APR	0.3265	0.1859**
MAY	0.2913	0.1043**
JUN	0.2223	0.0976**
JUL	0.1413	0.0137**
AUG	-0.1139	0.0552**
SEP	0.1297	0.0641**
OCT	-0.1164	-0.064**



กราฟที่ 4.4 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน สถานีปางมะผ้า



กราฟที่ 4.5 ดัชนีไม้สักที่ผาเสือ จ.แม่ฮ่องสอน



กราฟที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม จ.แม่ฮ่องสอน

กราฟที่ 4.5 เป็นกราฟเส้นดัชนีของไม้สักจากอุทยานแห่งชาติป่าผาเสือ และกราฟที่ 4.6 ซึ่งให้เห็นถึงความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันระหว่างปริมาณน้ำฝนของเดือนที่มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญ (พฤษภาคม-กรกฎาคม)

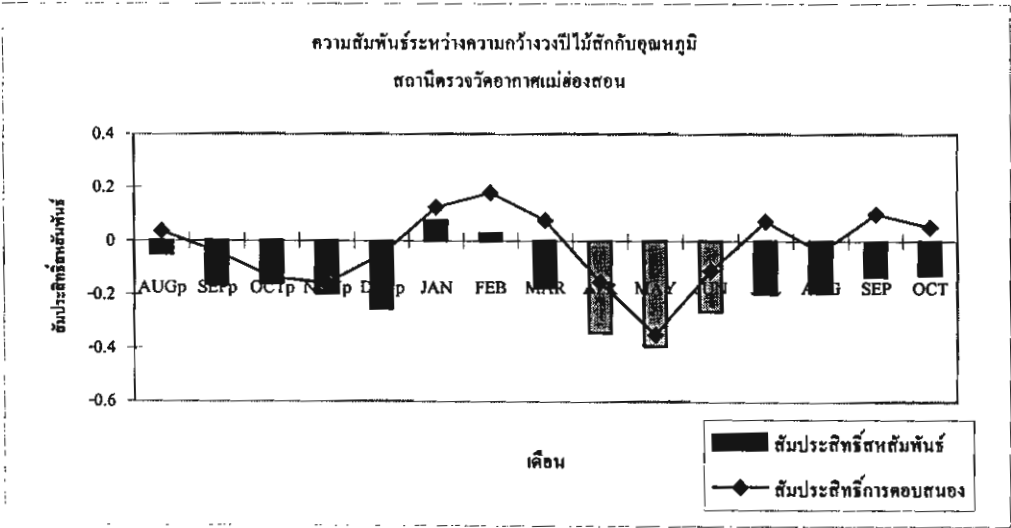
1.4.1.2 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดง

ขนาดความกว้างของวงปีของไม้สักจากพื้นที่ศึกษาสันปันแดง จำนวนทั้งสิ้น 64 ตัวอย่าง ดัชนีวงปีไม้ยาว 192 ปี (ค.ศ.1809-2000) มีค่าสถิติพื้นฐาน ดังต่อไปนี้ ขนาดความกว้างวงปี เท่ากับ 0.48 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.298 ค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation) เท่ากับ 0.69 และค่าการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอก (mean sensitivity) เท่ากับ 0.33 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับดัชนีไม้สักที่ป่าผาเสือ

ตารางที่ 4.7 และกราฟที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีวงปีไม้สักกับอุณหภูมิจากสถานีแม่ฮ่องสอน (ค.ศ.1951-2000) ผลจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในเดือนเมษายนของปีปัจจุบันมีผลทำให้วงปีแคบลง และดัชนีวงปีไม้สักสามารถที่จะอธิบายข้อมูลอุณหภูมิได้ 26.3

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับอุณหภูมิ (สถานีแม่ฮ่องสอน)

Temperature		R ² =26.3
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.0503	0.0354
SEIp	-0.1661	-0.0411
OCTp	-0.1605	-0.1367**
NOVp	-0.1982	-0.1589**
DECp	-0.2537	-0.0495
JAN	0.0748	0.1247
FEB	0.028	0.1784**
MAR	-0.1755	0.0761**
APR	-0.3417**	-0.1532**
MAY	-0.3917**	-0.3487**
JUN	-0.264**	-0.1112**
JUL	-0.1972	0.074
AUG	-0.1918	-0.0394
SEP	-0.1326	0.1019
OCT	-0.125	0.0545



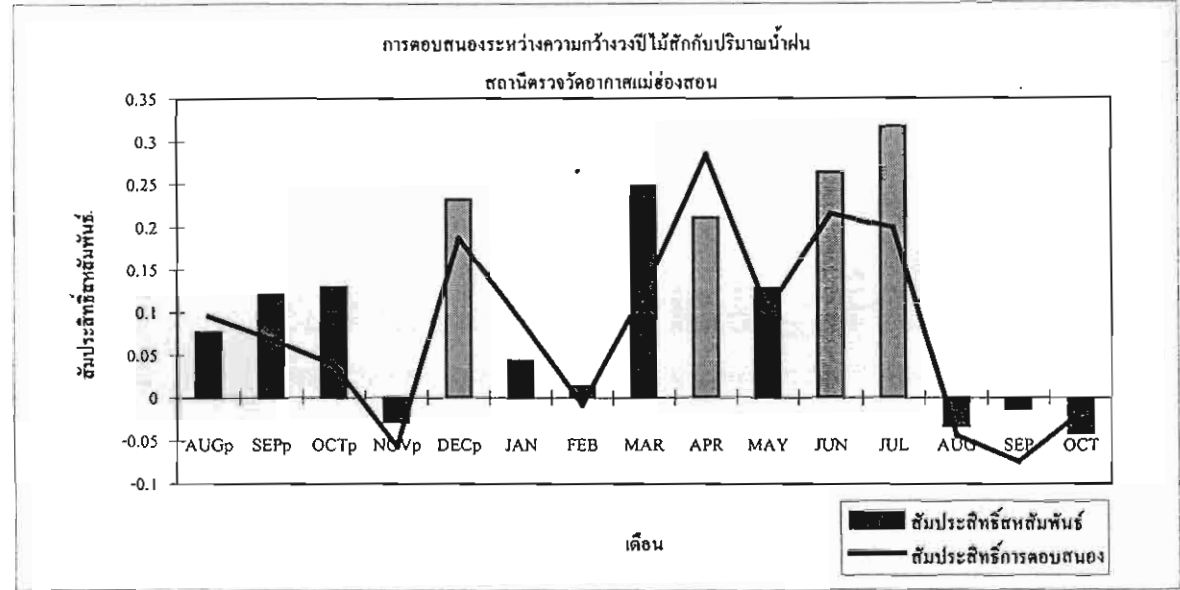
กราฟที่ 4.7 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สัก (เส้นป็นแดง) กับอุณหภูมิ สถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน

ตารางที่ 4.8 และกราฟที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนที่สถานีแม่ฮ่องสอน โดยที่ดัชนีวงปีไม้สักสามารถที่จะอธิบายปริมาณน้ำฝนได้ 29.46 % โดยที่ปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน มิถุนายน และกรกฎาคมของปีปัจจุบันมีผลต่อความกว้างวงปี

ตารางที่ 4.9 และกราฟที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักที่ต้นปิ่นแดงกับปริมาณน้ำฝนที่ปาย ซึ่งดัชนีวงปีไม้สักสามารถที่จะอธิบายปริมาณน้ำฝนได้ 38.17% และปริมาณน้ำฝนเดือนสิงหาคมมีผลต่อความกว้างวงปี และตารางที่ 4.10 และกราฟที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีวงปีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนที่สถานีปางมะผ้า ดัชนีวงปีไม้สักสามารถอธิบายปริมาณน้ำฝนได้ถึง 81.09% โดยที่ปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคมมีผลต่อความกว้างวงปี แต่เช่นเดียวกับที่ได้อธิบายไว้ในเบื้องต้นคือว่า ต้องระมัดระวังในการแปลผลเช่นกันหากไม่ได้พิจารณาว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการคำนวณนั้นมีจำนวนเท่าไร

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน
(สถานีแม่ฮ่องสอน)

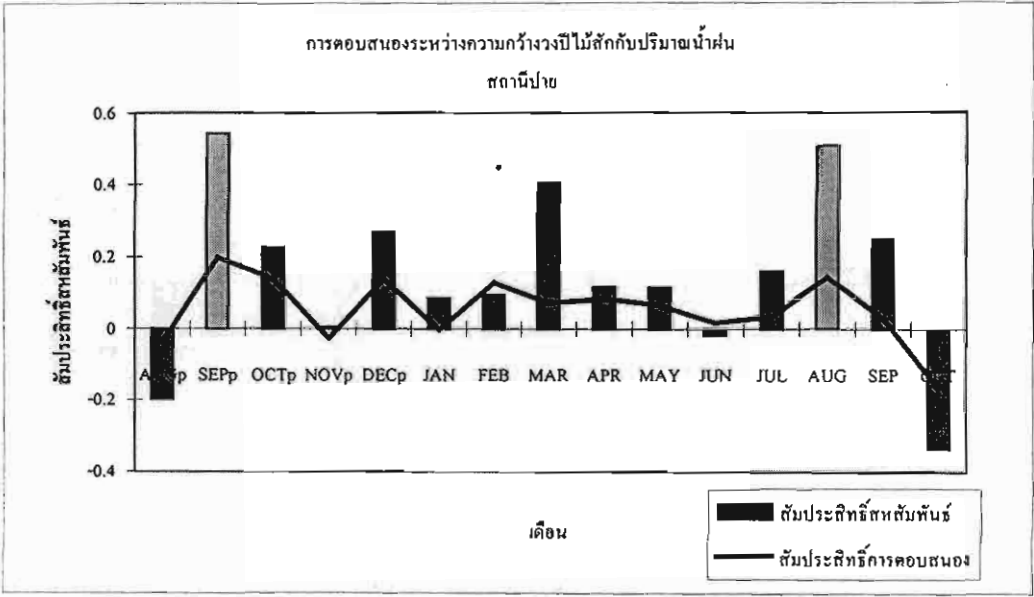
Precipitation		R ² =29.46
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	0.0772	0.0958
SEPp	0.1205	0.0689
OCTp	0.1286	0.0385
NOVp	-0.0285	-0.0561
DECp	0.2314**	0.186**
JAN	0.0434	0.0908
FEB	0.0132	-0.0082
MAR	0.2475	0.1244
APR	0.2096**	0.2838**
MAY	0.1275	0.1015**
JUN	0.2624**	0.2146**
JUL	0.3167**	0.1984**
AUG	-0.0329	-0.0433
SEP	-0.0134	-0.0738
OCT	-0.041	-0.0164



กราฟที่ 4.8 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน สถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สัก (สันป็นแดง) กับปริมาณน้ำฝน (สถานีตรวจวัดอากาศปาย)

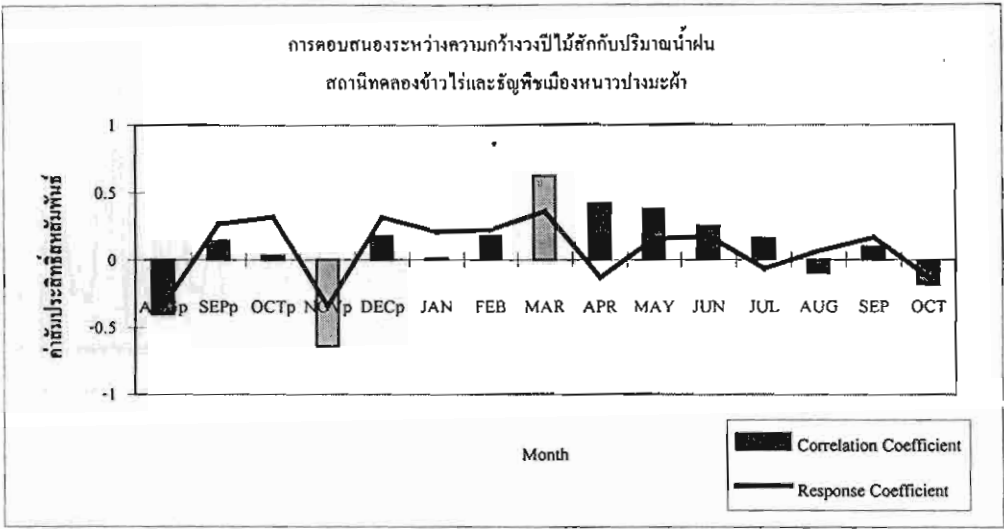
Precipitation (Pa)		R ² =38.17
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.1975	-0.0363
SEpp	0.5422**	0.1978**
OCTp	0.2268	0.1378**
NOVp	0.0063	-0.0259
DECp	0.27	0.1378
JAN	0.084	-0.0018
FEB	0.0955	0.1278**
MAR	0.4041**	0.0722
APR	0.1166	0.0836**
MAY	0.1145	0.0668**
JUN	-0.0167	0.018
JUL	0.1603	0.0354
AUG	0.5046**	0.1417**
SEP	0.252	0.0321
OCT	-0.3337	-0.1663**



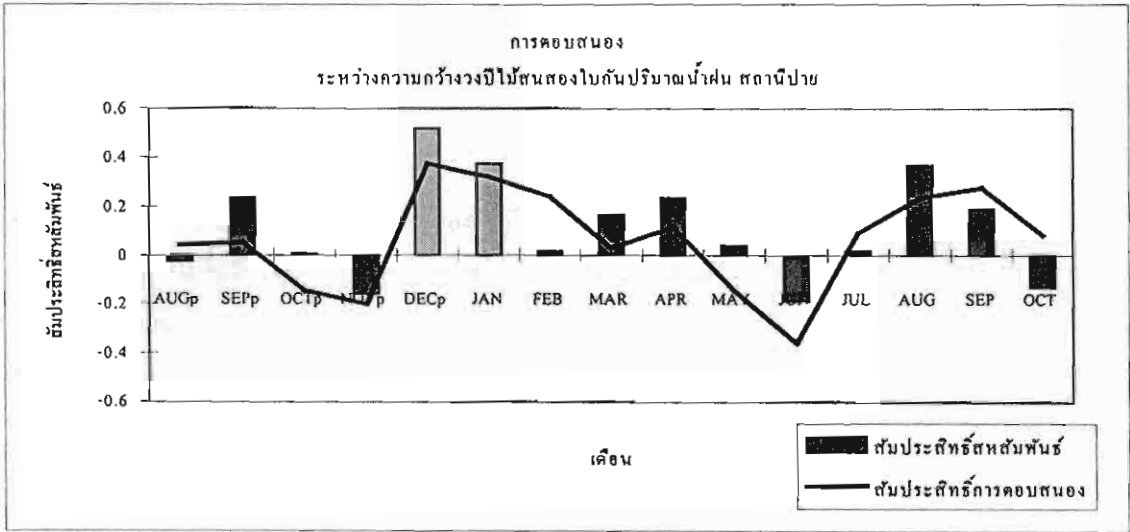
กราฟที่ 4.9 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สัก (สีน้ำตาล) กับปริมาณน้ำฝน (สถานีตรวจวัดอากาศป่าย)

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สัก (สีน้ำตาล) กับปริมาณน้ำฝน (สถานีตรวจวัดอากาศปางมะผ้า)

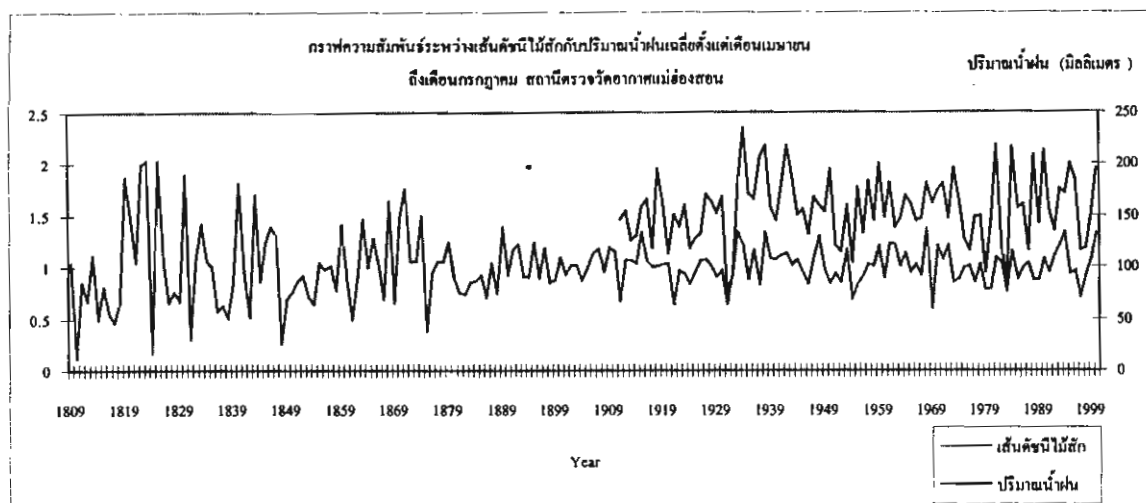
Precipitation (Pang Mapha)		$R^2=81.09$
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.4043	-0.3396**
SEPP	0.1429	0.2679**
OCTp	0.0286	0.3202
NOVp	-0.6432**	-0.3396**
DECp	0.1787	0.3161**
JAN	0.0095	0.2079**
FEB	0.1774	0.2251**
MAR	0.6242**	0.3612**
APR	0.4214	-0.1301
MAY	0.3786	0.1558
JUN	0.2502	0.1749**
JUL	0.1599	-0.0646
AUG	-0.0975	0.0647
SEP	0.0955	0.1637**
OCT	-0.1823	-0.1341



กราฟที่ 4.10 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สักกับ (สันปันแดง) ปริมาณน้ำฝน (สถานีตรวจวัดอากาศปางมะผ้า)



กราฟที่ 4.11 เส้นดัชนีไม้สัก เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดง



กราฟที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยระหว่างเมษายน-กรกฎาคม

กราฟที่ 4.11 และกราฟที่ 4.12 ซึ่งแสดงเส้นดัชนีไม้สักจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าต้นปันแดง และการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมของเดือนที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (เดือนเมษายน-กรกฎาคม) พบว่ากราฟทั้งสองเส้นมีความสอดคล้องกันคือ ในช่วงที่ปริมาณน้ำฝนมากขนาดวงปีก็จะกว้าง และในช่วงที่ปริมาณน้ำฝนน้อยความกว้างวงปีก็จะแคบลง

หากเปรียบเทียบดัชนีของไม้สักจาก 2 พื้นที่คือจากอุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-ผาเสื่อ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าต้นปันแดง ถึงแม้ว่าโดยภาพรวมการตอบสนองของดัชนีไม้สักจะมีความคล้ายคลึงกันคือปริมาณน้ำฝนในช่วงคาบเกี่ยวจากฤดูร้อนมาสู่ฤดูฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้ไม้สักทั้ง 2 พื้นที่เจริญเติบโต แต่หากพิจารณาในรายละเอียดของแนวโน้มการเจริญเติบโต หรือความแปรปรวนแล้วจะพบว่าไม้สักจากถ้ำปลา-ผาเสื่อ จะมีความแปรปรวนมากกว่าดัชนีไม้สักจากต้นปันแดง ซึ่งดัชนีไม้สักจากต้นปันแดงมีโครงสร้างเป็นไปตามหลักทางชีววิทยา คือในช่วงที่ต้นไม้อายุขนาดเล็กความกว้างวงปีค่อนข้างกว้างและลดหลั่นลงมาเมื่ออายุมากขึ้น ซึ่งสาเหตุอาจมีด้วยกันหลายประการ แต่ที่เป็นข้อสังเกตที่เด่นชัดอาจในเรื่องการเข้าไปรบกวนของมนุษย์ในพื้นที่ป่าไม้

4.1.2 ไม้สน

การวัดขนาดความกว้างวงปีและการคำนวณการตอบสนองดัชนีวงปีไม้สนใช้วิธีการเช่นเดียวกับไม้สักที่ผ่านมา

4.1.2.1 พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย

ไม้สนจากพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จำนวนทั้งหมด 95 ตัวอย่าง มีค่าดัชนียาวถึง 289 ปี (ค.ศ.1712-2000) อาจเป็นไปได้ที่ไม้สนมีจำนวนอายุที่มากกว่าในพื้นที่ศึกษานี้เนื่องมาจากไม้สักเป็นไม้ที่มีการนำไปใช้ประโยชน์มากกว่า จึงทำให้เกิดการสัมปทาน หรือแม้แต่ยกเลิกสัมปทานแล้วก็ยังมีการลักลอบตัดไม้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น ไม้สักที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่จึงมีอายุเฉลี่ยน้อยกว่าไม้สน

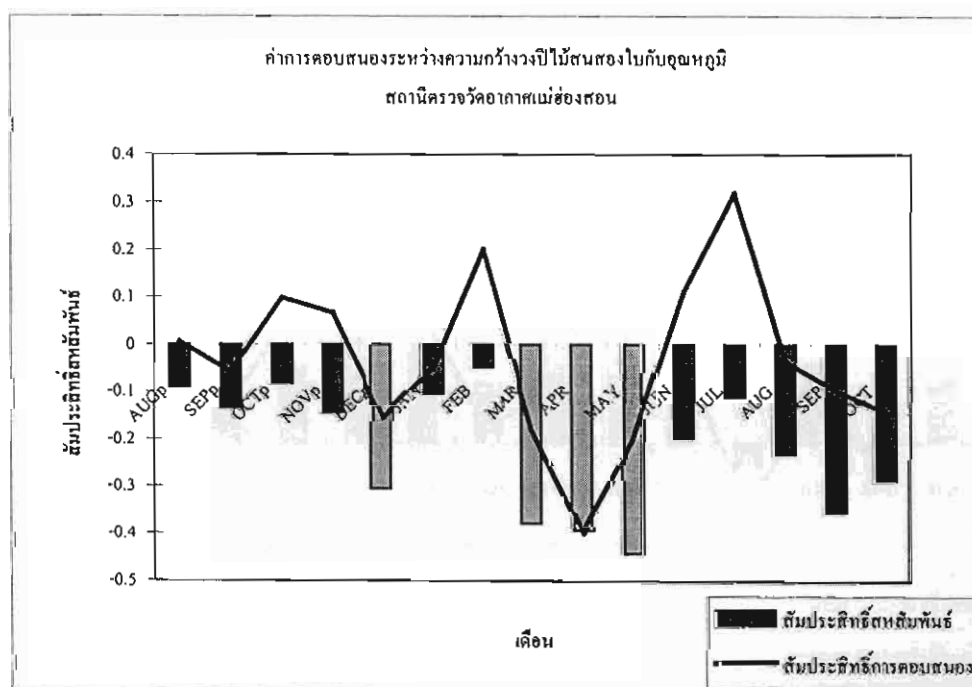
ข้อมูลสถิติของไม้สนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูม่าน้ำปายคือ ขนาดความกว้างวงปีเฉลี่ย 0.597 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (std) เท่ากับ 0.753 ค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation) เท่ากับ 0.833 และค่าความอ่อนไหว (mean sensitivity) เท่ากับ 0.267

หากพิจารณาค่าสถิติเบื้องต้นของไม้สักกับไม้สนแล้วพบว่าไม้สักจะมีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองต่ำ แต่ในไม้สนมีค่าความสัมพันธ์ในตัวเองที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยภายในของคนไม้เอง และเนื่องจากไม้สนเป็นไม้ที่ไม่ทิ้งใบ ดังนั้นขบวนการสังเคราะห์แสงอาจจะยาวมากกว่าในไม้สักซึ่งส่วนมากจะยืนทิ้งใบในช่วงฤดูแล้ง

ตารางที่ 4.11 และกราฟที่ 4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนและข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีแม่ฮ่องสอน พบว่า หากอุณหภูมิในช่วงเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคมมีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ขนาดของความกว้างวงปีของไม้สนในพื้นที่ศึกษาแคบลง ซึ่งจะมีความแตกต่างจาก ตารางที่ 4.12 และกราฟที่ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน พบว่าปริมาณน้ำฝนของเดือนเมษายนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้สน โดยที่ดัชนีวงปีไม้สนสามารถที่จะอธิบายอุณหภูมิได้ 37.29 % และอธิบายปริมาณน้ำฝนได้ 46.12 % ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนกับอุณหภูมิ

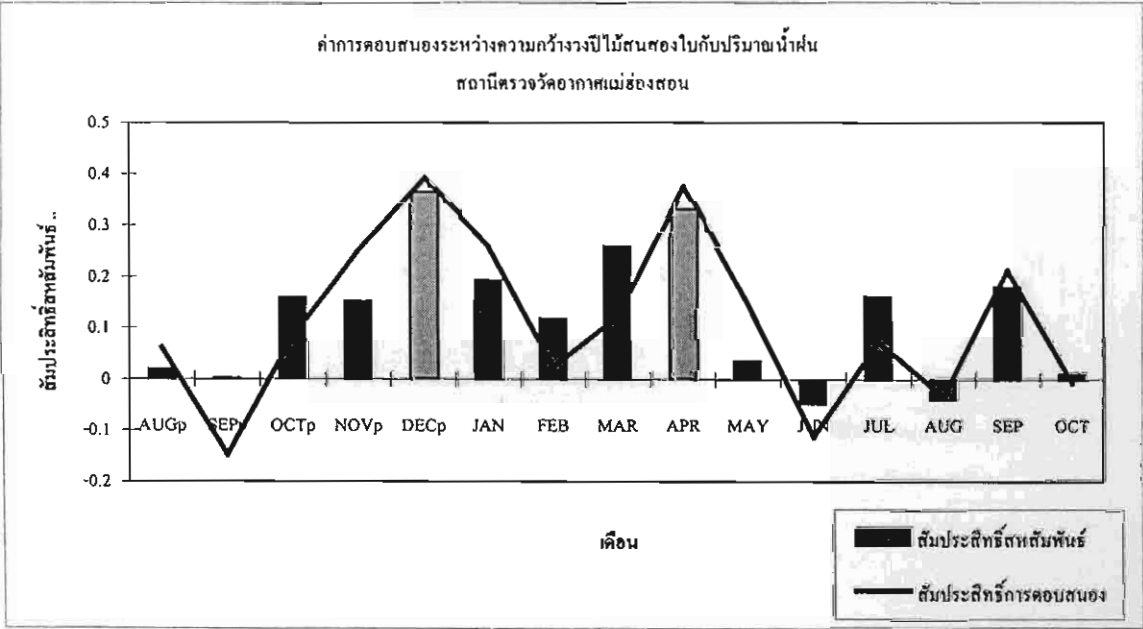
Temperature		$R^2=37.29$
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.0905*	0.0052
SEPp	-0.1342	-0.0581
OCTp	-0.0836	0.0977
NOVp	-0.1442	0.0658
DECp	-0.3055**	-0.1537**
JAN	-0.104	-0.0492
FEB	-0.048	0.2**
MAR	-0.3791**	-0.1796**
APR	-0.3938**	-0.3988**
MAY	-0.4432**	-0.2027**
JUN	-0.1968	0.1111
JUL	-0.1111	0.318**
AUG	-0.2299	-0.0359
SEP	-0.3544**	-0.0964
OCT	-0.286**	-0.142



กราฟที่ 4.13 แสดงค่าการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน

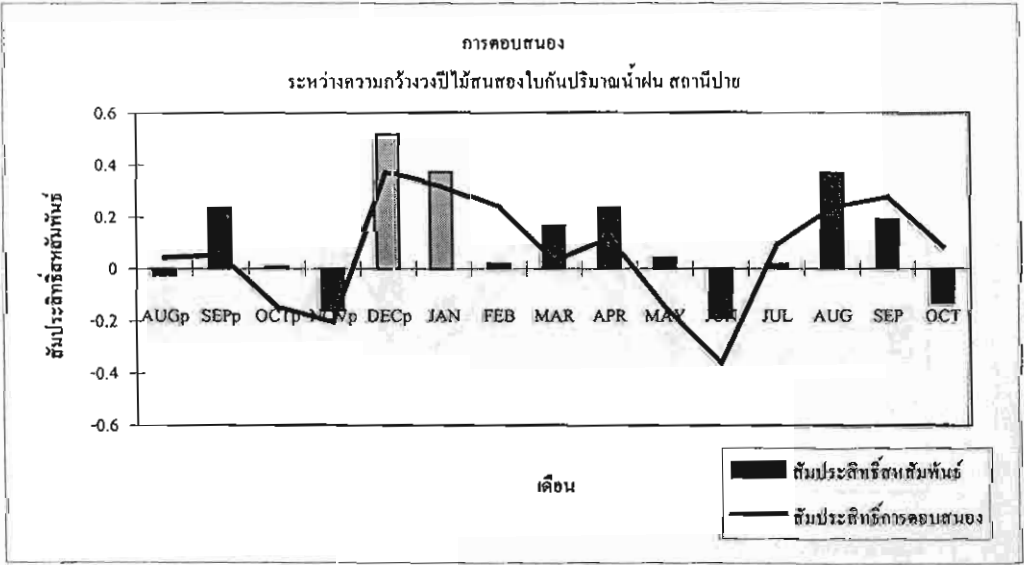
Precipitation		$R^2=46.12$
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	0.0195	0.0612
SEPP	0.0013	-0.1487
OCTp	0.1591	0.0813
NOVp	0.1516	0.2493**
DECP	0.362**	0.3898**
JAN	0.1929	0.2596**
FEB	0.1174	0.0237
MAR	0.2588**	0.1205
APR	0.3283**	0.3743**
MAY	0.0348	0.1482
JUN	-0.0469	-0.1122
JUL	0.1613	0.0727
AUG	-0.0387	-0.0331
SEP	0.1798	0.2116**
OCT	0.0107	-0.0062



กราฟที่ 4.14 แสดงค่าการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน

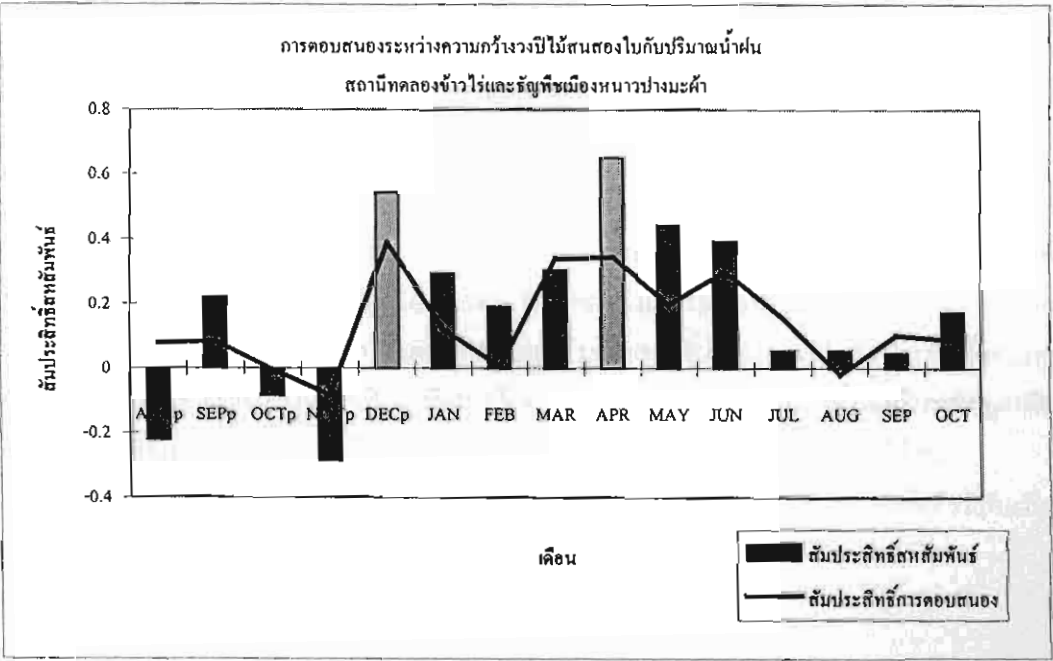
Precipitation (pai)		R ² =58.34
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.0255	0.0423
SEpp	0.2355	0.0531
OCTp	0.0085	-0.1462
NOVp	-0.1586	-0.2018**
DECp	0.5181**	0.3735**
JAN	0.374**	0.3193**
FEB	0.0179	0.2407
MAR	0.1658	0.031
APR	0.2346	0.1173
MAY	0.0404	-0.1458
JUN	-0.1873	-0.3602**
JUL	0.0175	0.0914
AUG	0.3683	0.2364**
SEP	0.1892	0.2764**
OCT	-0.1313	0.0849



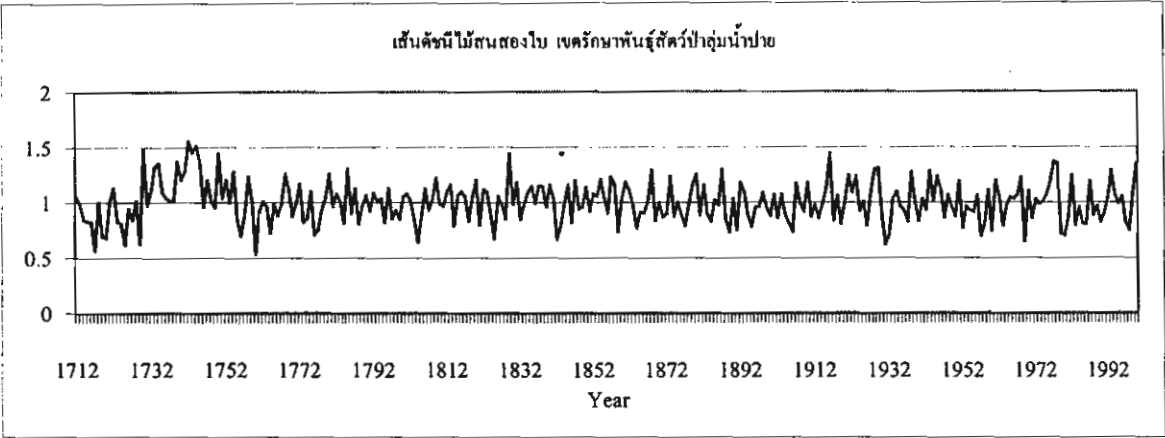
กราฟที่ 4.15 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีวงปีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน

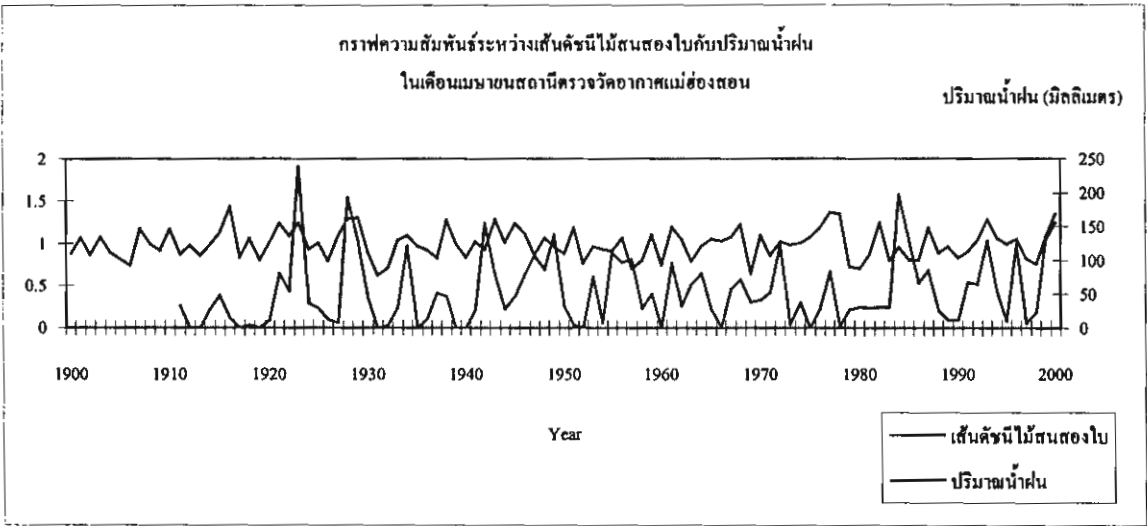
Precipitation (pangmapa)		R ² =83.19
MONTH	Correlation Coefficient	Response Coefficient
AUGp	-0.2218	0.0799
SEPP	0.2195	0.0845
OCTp	-0.085	-0.0048
NOVp	-0.285	-0.0835
DECp	0.5435**	0.3883**
JAN	0.2925	0.1231**
FEB	0.1914	0.0066
MAR	0.3031	0.3394**
APR	0.6501**	0.3419**
MAY	0.4427	0.1979
JUN	0.3927	0.2992**
JUL	0.0554	0.1565
AUG	0.0563	-0.0197
SEP	0.0488	0.1045
OCT	0.1752	0.0892



กราฟที่ 4.16 แสดงการตอบสนองระหว่างดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝน



กราฟที่ 4.17 ดัชนีไม้สนสองใบ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน



กราฟที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนสองใบกับปริมาณน้ำฝนเดือนเมษายน
สถานีตรวจวัดอากาศ จ.แม่ฮ่องสอน

ตารางที่ 4.13 และกราฟที่ 4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของดัชนีไม้สนกับปริมาณน้ำฝนที่สถานีปาย ดัชนีไม้สนสามารถอธิบายข้อมูลอุณหภูมิได้ 58.34% โดยที่หากฝนตกในเดือนมกราคม และเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมาจะมีผลต่อความกว้างวงปีของไม้สน และตารางที่ 4.14 และกราฟที่ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สนกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่สถานีตรวจวัดอากาศปางมะผ้า ดัชนีไม้สนสามารถอธิบายข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้ถึง 83.19% โดยที่ปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายนของปีปัจจุบันมีผลต่อความกว้างวงปีของไม้สน

กราฟที่ 4.17 แสดงเส้นดัชนีของไม้สน และกราฟที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดัชนีกับปริมาณน้ำฝนในเดือนเมษายน จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ จ. แม่ฮ่องสอน

4.2 ผลการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี

ข้อมูลจากแหล่งโบราณคดีใน 2 พื้นที่ลุ่มน้ำ คือ แหล่งโบราณคดีในลุ่มน้ำยาง ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลจากแหล่งโบราณคดีถ้ำลอด ถ้ำบ้านบ่อไคร้ ถ้ำยางจันทร์ 1 ถ้ำยางจันทร์ 3 ถ้ำแม่อุ้มอง และเพิงผาบ้านไร่ ส่วนตัวอย่างจากบ้านน้ำริน จากผลการวิเคราะห์ชนิดไม้จากกรรมป่าไม้ปรากฏว่าไม้ที่นำมาทำโลงเป็นไม้จำปาป่า (*Michelia sp.*) และไม้รัก (*Melanorrhoea usitata* Wall.)¹ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาศึกษาวงปีไม้ได้ และข้อมูลจากแหล่งโบราณคดีในลุ่มน้ำของได้แก่ ถ้ำผาแดง และถ้ำโลงยักษ์ ซึ่งรายละเอียดของผลการศึกษาในแต่ละพื้นที่จะได้นำเสนอต่อไป

4.2.1 แหล่งโบราณคดีถ้ำลอด

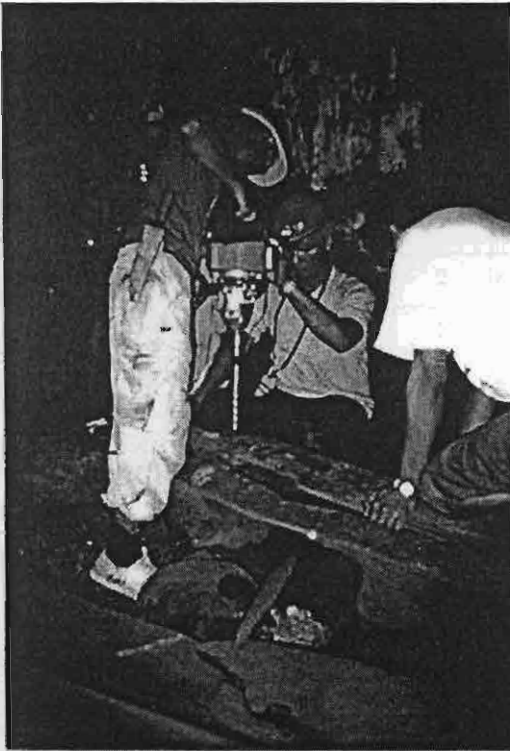
เนื่องจากแหล่งโบราณคดีถ้ำลอดได้เปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวมานานพอสมควร ดังนั้นสภาพโลงโดยทั่วไปอยู่ในสภาพชำรุดค่อนข้างมากทั้งสาเหตุจากธรรมชาติเอง และการเข้าไปรบกวนของมนุษย์

จากการศึกษาของ เชิดศักดิ์ ศิริยาภิวัฒน์ (2541) พบจำนวนโลงไม้ทั้งหมดประมาณ 20 โลง ทำจากไม้สักที่มี

ความยาวประมาณ 3-4 เมตร และมีสภาพที่ชำรุดมากจนยากแก่การจำแนกรูปแบบหัวโลงและท้ายของโลงได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เชิดศักดิ์ ได้จำแนกหัวโลงออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) แบบแท่งไม้สี่เหลี่ยมปลายมนสั้นยื่นออกมา 1 แท่ง ด้านล่างและข้างเป็นสันเหลี่ยมแบบเจาะรูปบริเวณใกล้ตัวโลง (ภาพลายเส้นที่ 4.1 ก) 2) แบบแท่งไม้สี่เหลี่ยมปลายมนยาวยื่นออกมา 1 แท่ง ด้านล่างและข้างเป็นสันเหลี่ยมแบบเจาะรูปบริเวณใกล้ตัวโลง (ภาพลายเส้นที่ 4.1 ข) และ 3) แบบแท่งสี่เหลี่ยมยื่นออกมา 1 แท่ง ด้านบนและเสมอขอบ ด้านล่างตัดเป็นมุมสู่ด้านล่าง และแกะโค้งเว้าซึ่งแบบนี้พบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น (ภาพลายเส้นที่ 4.1 ค)

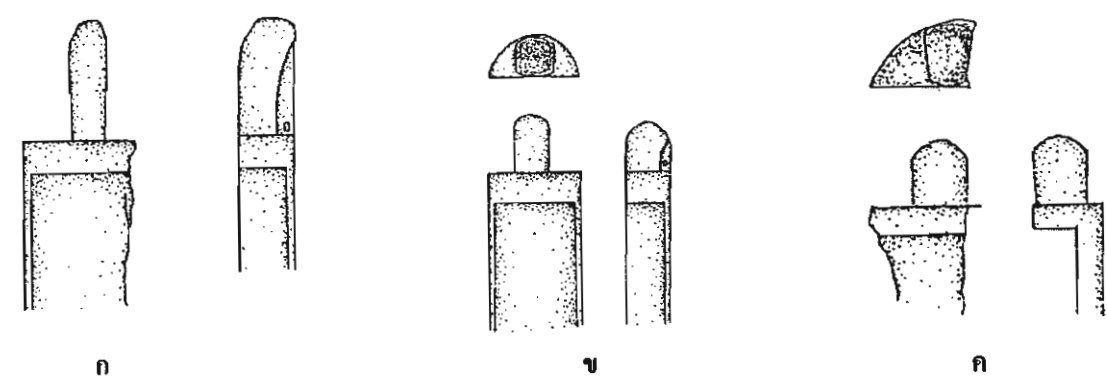
ในการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากไม่ได้มีนักโบราณคดีที่เข้าใจการแบ่งหัวโลงไปด้วย ทำให้ไม่ได้แยกลักษณะหัวโลงตามแบบที่เชิดศักดิ์ ได้ศึกษา

การเก็บตัวอย่างจากแหล่งถ้ำลอดมีการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง คือ ระหว่างวันที่ 11 พฤษภาคม 2544 และในช่วง วันที่ 6 กรกฎาคม 2544 จำนวนตัวอย่างและลักษณะรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาวงปี ดังแสดงในตารางที่ 4.15



รูปที่ 4.1 แสดงการเก็บตัวอย่างโลงไม้จากถ้ำ

¹ กลุ่มคุณสมบัติไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ภาพลายเส้นที่ 4.1 รูปแบบหัวโลงไม้ที่พบบริเวณแหล่งโบราณคดีถ้ำลอด
ที่มา : เชิดศักดิ์ ตรียาภิวัฒน์ (2541)

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์วงปีไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำลอด มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการศึกษาตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีถ้ำลอด อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน
จากโลงไม้ 10 โลง รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง

วันที่เก็บ ตัวอย่าง	รหัส	จำนวน	จำนวนวงปี	จำนวนวงปี	หมายเหตุ
		(ตัวอย่าง)		รวม	
11-พ.ค.-44	TL1A / B	2	46 / 49	57	
	TL2A / B	2	83 / 109	117	
	TL3A / B*	2	91 / 61	91	TL3B ไม่มีปัญหา
	TL4A / B	2	93 / 90	-	รูปแบบการเจริญเติบโตไม่สามารถซ้อนทับในต้นเดียวกัน
	TL5A* / B	2	53 / 59	62	
	รวม	10			
6-ก.ค.-44	TL6A / B	2	194 / 179	195	ตัวอย่างที่ได้จากการเจาะด้วย boring tool
	TL06A / B/ C/ D	1	97/123 /128/128		ตัวอย่างเฉียงไม้ (ท่อนไม้จากหัวโลง) TL 6 วัด 4 แนว
	TL7A / B*	2	82 / 157	172	
	TL8A* / B	2	186 / 214	-	รูปแบบการเจริญเติบโตไม่สามารถซ้อนทับในต้นเดียวกัน
	TL9A / B	2	91 / 71	91	
	TL10A / B / C	1	42 / 46 / 37	46	ตัวอย่างเฉียงไม้จากหัวโลง วัด 3 แนว
รวม		10			
รวมทั้งหมด		20			

หมายเหตุ * คือ เห็นจุดกึ่งกลางลำต้น (pith) A, B = หมายเลขที่เก็บ TL = ถ้ำลอด

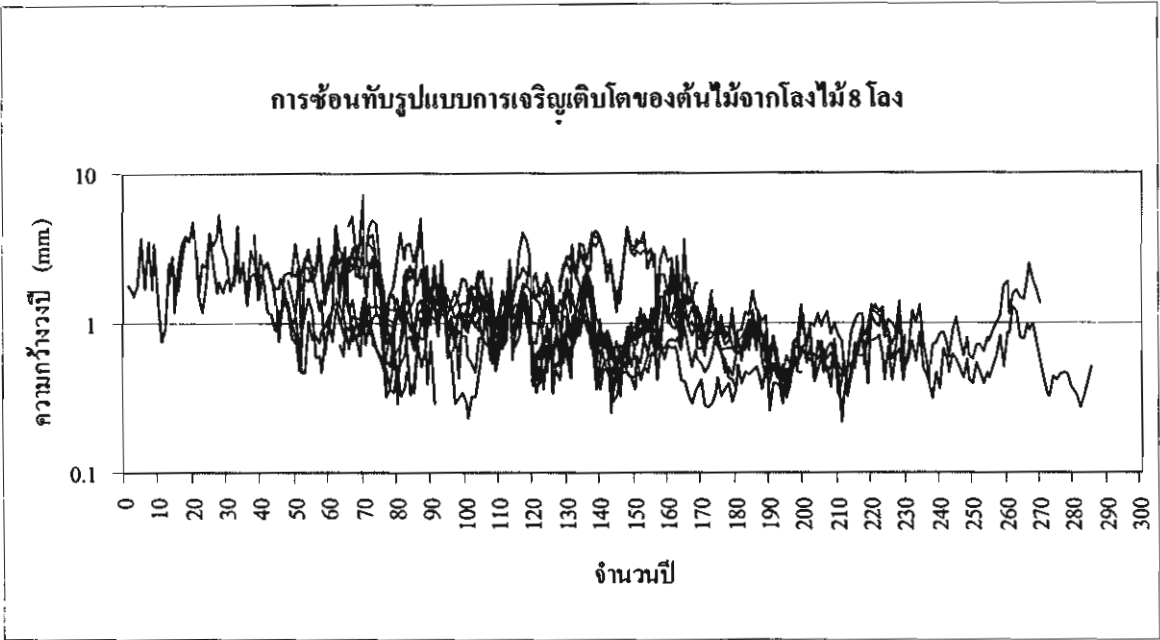
ตารางที่ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์จากชุดข้อมูลที่ 1

Correlation of 40-year dated segment, lagged 20 years

Flags : A= correlation under .3365 but highest as dated

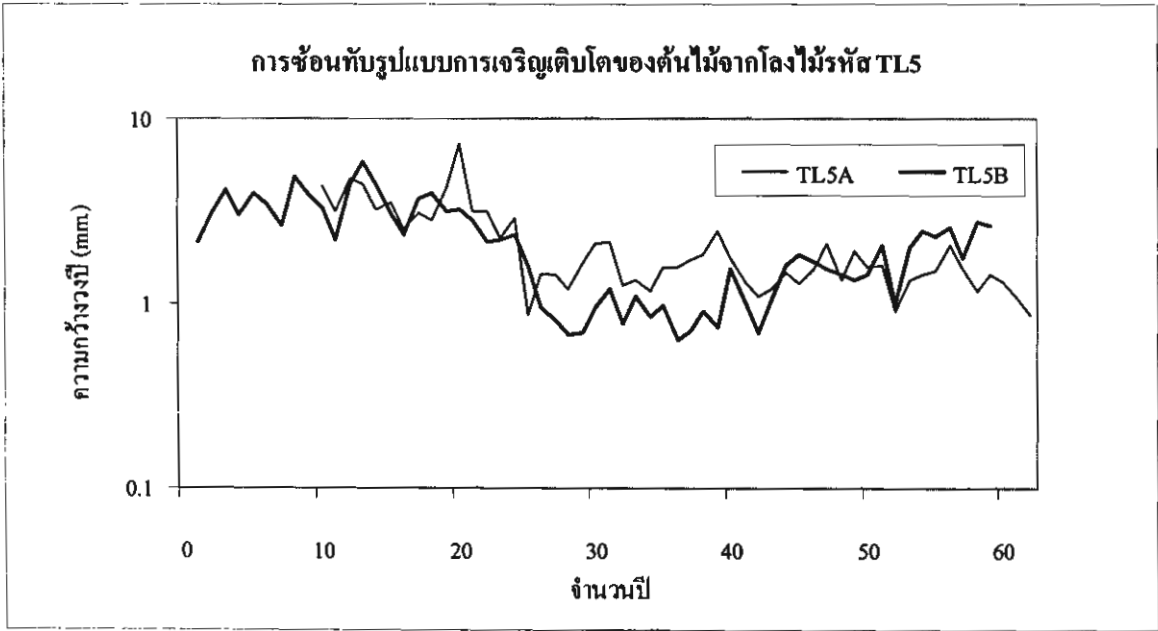
B= correlation higher at other than dated position

Seq series	Time_span		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
			39	59	79	99	119	139	159	179	199	219	239	259	279
1. TL1A	49	94			0.56	0.53									
2. TL1B	38	86		0.48	0.46	0.53									
3. TL2A	66	148				0.59	0.58	0.55	0.51						
4. TL2B	73	181				0.62	0.69	0.47	.39B	.38B	.39B				
5. TL3A-1	67	158				0.54	0.5	0.6	.34A						
6. TL3B	48	108			.36A	0.41	.30B								
7. TL4A	44	134			0.44	0.52	.35A	0.41							
8. TL4B	63	138				0.41	0.42	.36A							
9. TL6A	96	285					0.53	0.72	0.46	.35A	0.62	0.54	0.59	0.6	0.5
10. TL6B	95	270					0.68	0.75	0.76	0.68	0.55	0.44	0.7	0.65	0.5
11. TL06A	103	199						0.83	0.72	0.53	0.53				
12. TL06B	103	225							0.72	0.59	0.57	0.6	0.42	0.5	
13. TL06C	103	230							0.75	0.61	0.54	0.53	0.41	0.63	
14. TL06D	103	230							0.73	0.65	0.58	0.66	0.69	0.74	
15. TL7B	63	199				.21B	0.39	0.64	0.49	.29A	0.38				
16. TL9A	1	91	0.43	0.49	0.5	0.39									
17. TL9B	13	81	0.45	0.49	.34A	.31A									
18. TL10A	128	169							0.57	0.5					
19. TL10B	128	173							0.64	0.62					
20. TL10C	128	164							0.49						



กราฟที่ 4.19 การซ้อนทับรูปแบบการเจริญเติบโตจากโลงไม้ 8 โลง

กราฟที่ 4.19 แสดงการซ้อนทับของข้อมูลความกว้างวงปีของต้นไม้ที่ได้จากตัวอย่างโลงไม้ในพื้นที่ศึกษาถ้ำลอคมาซ้อนทับและเปรียบเทียบหาความเหมือนบนโต๊ะแสง จากนั้นนำไปทดสอบด้วยสถิติพื้นฐาน พบว่า ตัวอย่างโลงไม้ที่ได้จากชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วยโลงไม้ 8 โลง และมีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ได้ค่าอายุลดยจากชุดข้อมูลนี้ 285 ปี โดยโลงที่มีค่าอายุลดยมากที่สุด คือ TL 6 มีค่าอายุลดย 189 ปี



กราฟที่ 4.20 แสดงการซ้อนทับรูปแบบการเจริญเติบโตของต้นไม้จากโลงตัวอย่างรหัส TL5

กราฟที่ 4.20 มีเพียงตัวอย่างที่ TL5A และ TL5B เท่านั้นที่กราฟทั้งสองตัวอย่างซ้อนทับกันได้อย่างดี แต่ไม่สามารถซ้อนทับกับกราฟรูปแบบการเจริญเติบโตของรูปที่ 4.19 ได้ ค่าอายุลอกจากไม้ท่อนนี้เท่ากับ 62 ปี โดยตัวอย่างไม้จากโลงไม้รหัส TL5A มีจำนวนวงปี 53 วงปี และตัวอย่างไม้รหัส TL5B มีจำนวนวงปี 59 วงปี

4.2.1.2 สรุปผลการศึกษา

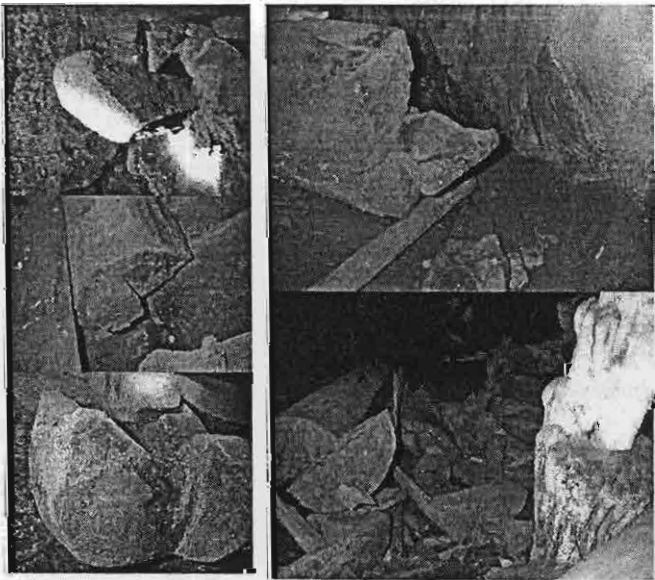
สรุปผลการศึกษาโลงไม้จากถ้ำลอค พบว่ามีตัวอย่างถึงร้อยละ 80 ที่สามารถหาตำแหน่งซ้อนทับของขนาดความกว้างวงปีได้ และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้จากการตรวจสอบมีค่าที่ค่อนข้างสูง นอกจากตัวอย่างไม้หมายเลข TL5A/B ที่ไม่สามารถซ้อนทับกับตัวอย่างอื่นๆ จึงสามารถสรุปได้ว่า ไม้ที่นำมาทำโลงทั้งหมดเป็นไม้มาจากสังคมหมู่ไม้เดียวกัน อายุค่อนข้างมาก โดยทั่วไปไม่มีขนาดความกว้างวงปีค่อนข้างกว้างถึงอายุประมาณ 20 ปี ต่อจากนั้นวงปีจะมีขนาดที่แคบสม่ำเสมอ ซึ่งในการศึกษานี้อาจสรุปได้ว่าวงปีที่แคบเกิดจากการขึ้นเบียดเสียดของสังคมป่ามากกว่าที่จะเกิดจากความแห้งแล้งในพื้นที่

เนื่องจากไม่สามารถจำแนกหัวโลงได้ แต่หากการจำแนกรูปแบบหัวโลงเป็นไปตามที่เชดศักดิ์ทำการแบ่งไว้ ผลจากการศึกษาจากวงปีไม้อธิบายได้ว่าไม่มีความแตกต่างในเรื่องอายุของหัวโลงทั้ง 3 ประเภท (เพราะข้อมูลส่วนใหญ่ซ้อนทับกันได้ ในตำแหน่งช่วงกลางของตัวอย่าง) เพียงแต่ว่าไม่สามารถจัดลำดับให้เห็นอย่างชัดเจนเพราะด้านที่ใกล้เปลือกชำรุดไปมาก อย่างไรก็ตามหากมีการนำตัวอย่างที่มีรูปร่างหัวโลงที่ชัดเจนไปหาอายุด้วยวิธี C14 อาจจะช่วยให้การลำดับช่วงอายุมีความชัดเจนได้บ้าง

4.2.2 บ้านบ่อไคร้

สินีนาฏ วรรณศรี และนาฏสุดา ภูมิจันทร์

หลักฐานทางโบราณคดีที่บ้านบ่อไคร้ โดยเฉพาะโลงไม้ จากการศึกษาของ เชดศักดิ์ ศิริวิวัฒน์ (2541) และโครงการสำรวจและจัดระบบฐาน ข้อมูลเกี่ยวกับ ถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2543) พบว่ามีประมาณ 30 โลง โดยมีหัวโลงที่หลากหลาย หากแบ่งหัวโลงออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ แล้วมีถึง 3 แบบ คือ แบบแท่งไม้สี่เหลี่ยมมนยื่นออกมา แบบที่เป็นหัวสัตว์ยื่นออกมา และแบบแท่งไม้ปลายบานโค้ง รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างของหัวโลง



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างหัวโลงจากแหล่งโบราณคดีบ้านบ่อไคร้

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์วงปีไม้แหล่งโบราณคดีบ้านบ่อไคร้ มีรายละเอียดดังนี้

ผลจากการศึกษาจากวงปีไม้ที่เก็บตัวอย่างทั้งหัวโลงและเสา เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2544 จำนวนทั้งสิ้น 71 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการศึกษาตัวอย่างโลงไม้สัก จากแหล่งโบราณคดีบ้านบ่อไคร้ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน

รหัส	ภูเขา	จำนวน (ตัวอย่าง)	ส่วนที่เก็บ		ลักษณะไม้	จำนวนวงปี	จำนวนวงปี รวม	หมายเหตุ
			โลงไม้	เสาไม้				
BO01A	3	1	X	-		52	52	หัวที่มีรูแวนเขือก
BO02A	3	1	X	-		147	147	หัวที่มีรูแวนเขือก
BO03A-B	3	2	X	-	nP / P	44 / 29	68	เป็นบริเวณหัวที่มีรูแวนเขือก
BO04A-C	3	3	X	-	P / P / -	31 / 50 / 27	51	หัวที่มีรูแวนเขือก
BO05A-B	3	2	X	-	nP / P	104 / 111	119	หัวที่มีรูแวนเขือก
BO06A-B	3	2	X	-		62 / 97	103	หัวเป็นรูปสัตว์ มีปากที่ปาก
BO07A,B	2	2	X	-	nP / nP	154 / 137	184	-
BO08A	2	1	X	-		106	106	หัวไม่มีรูที่แวนเขือก
BO09A-B	2	2	X	-		97 / 92	97	หัวแบนแหลม
BO10A-B	2	2	X	-	P / nP	174 / 149	204	หัวค่อนข้างแบน
BO11A-B	2	2	X	-		93 / 89	92	หัวแบนแหลม
BO12A-B	2	2	X	-		59 / 44	59	รูปคล้ายหัวสัตว์มีเขา
BO13A-B	2	2	x	-	P / nP	102 / 86	102	รูปหัวสัตว์
BO14A-B	2	2	x	-		39 / 31	42	-
BO15A-B	2	2	x	-		61 / 43	61	-
BO16A-B	2	2	x	-	P / -	89 / 99	99	-
BO17A	2	1	x	-	P / nP	183	183	หัวโลงเป็นแบบชาว
BO18A-B	2	2	x	-		133 / 145	145	-
BO19A,B	2	2	x	-	nP / P	106 / 116	127	หัวโลงกระดกโค้ง แต่เป็นแบบรูปยาวทั่วไป
BO20A-B	2	2	x	-		93 / 79	94	-
BO21A-B	2	2	x	-		100 / 95	100	-
BO22A-B	2	2	x	-		84 / 85	108	-
BO23A-B	2	2	x	-		123 / 114	122	-

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการศึกษาตัวอย่างโลงไม้สัก จากแหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านบ่อไคร้ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน (ต่อ)

รหัส	คูหา	จำนวน (ตัวอย่าง)	ส่วนที่เก็บ		ลักษณะไม้	จำนวนวงปี	จำนวนวงปี รวม	หมายเหตุ
			โลงไม้	เสาไม้				
BO24A-B	2	2	x	-	nP / nP	103 / 128	130	หัวรูปสัตว์
BO25A,B	2	2	x	-	nP / -	98 / 98	103	-
BO26A-B	2	2	x	-		127 / 125	129	หัวโลงยาว
BO27A-B	2	2	x	-	nP / nP	111 / 107	111	-
BO28A-B	2	2	x	-		145 / 123	163	-
BO29A-B	2	2	x	-		135 / 136	146	
BO30A-B	2	2	x	-		96 / 89	98	-
BO31A/B	2	2	x	-		190/256	-	หัวโลงยาวไม้ค่อนข้างใหม่มีเสาค้ำ วางประกบคูโลงด้านล่างไม่ได้เจาะ
BO32A-B	2	2	x	-		60/31	60	วางอยู่ใต้โลง 31A/B
BO33A/B	2	2	x	-		40/41	41	
BO34A-B	3	2	x	-		170 / 175	-	-
BO35A	3	1	x	-		157	157	-
BO36A,B	3	2	x	-		67 / 97	104	หัวขนาดเล็ก
BO37A	3	1	-	x	P	33 / 19	35	เจาะทะลุผ่าน pith
BO38A	3	1	-	x	P	61 / 68	68	เจาะทะลุผ่าน pith
BO39A	3	1	-	x	P	29 / 35	35	เจาะทะลุผ่าน pith
รวม		77	Core					

หมายเหตุ : BO = ถ้ำบ้านบ่อไคร้ A, B = หมายเลขตัวอย่างที่เก็บ
P = pith nP = near pith

คูหาที่ 3 ในพื้นที่หมายถึง อยู่ภายในตุ่มของตัวถ้ำ
คูหาที่ 2 เป็นส่วนเชื่อมต่อยกหว่างคูหาที่ 3 และ ที่ 1
คูหาที่ 1 เป็นบริเวณส่วนหน้าสุดถัดจากปากถ้ำเข้ามา

เมื่อทำการวัดวงปีและเปรียบเทียบความเหมือน เพื่อหาจำนวนวงปีรวมในแต่ละท่อนไม้ตัวอย่างแล้ว นำกราฟรูปแบบการเจริญเติบโตที่ผ่านการซ้อนทับกันกับตัวอย่างภายในดินเดียวกัน เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากวงปีปลอม หรือไม้บางส่วนที่ขาดหายไปในส่วนหนึ่งของตัวอย่างในท่อนโลงไม้เดียวกันเพื่อความถูกต้องของค่าที่ได้ ขึ้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลที่ได้อ่านซ้อนทับกับตัวอย่างไม้จากโลงและเสาอื่นในพื้นที่ศึกษาบนโต๊ะแสง และตรวจสอบความถูกต้องด้วยโปรแกรมทางสถิติ พบว่า ได้กราฟแสดงการซ้อนทับรูปแบบการเจริญเติบโตแบ่งออกเป็น

5 ชุดข้อมูล และเนื่องจากไม้ที่ทำการศึกษาเป็นไม้จากแหล่งโบราณคดีที่ถือเป็นไม้ที่ไม่มีชีวิตและกราฟที่ได้ไม่สามารถ
ซ้อนทับกับกราฟไม้สักที่มีอยู่ จึงกำหนดอายุออกมาในรูปของค่าอายุลอย โดยการนับวงปีจะเริ่มจากทางด้านกึ่งกลาง
ลำต้น (pith) กำหนดให้วงที่เริ่มต้นวงแรกแต่ละชุด ข้อมูลเป็นวงปีที่ 1 ดังกราฟ

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของตัวอย่างในกลุ่มที่ 1

Correlation of 40-year dated segment, lagged 20 years
Flags : A= correlation under .3365 but highest as dated
B= correlation higher at other than dated position

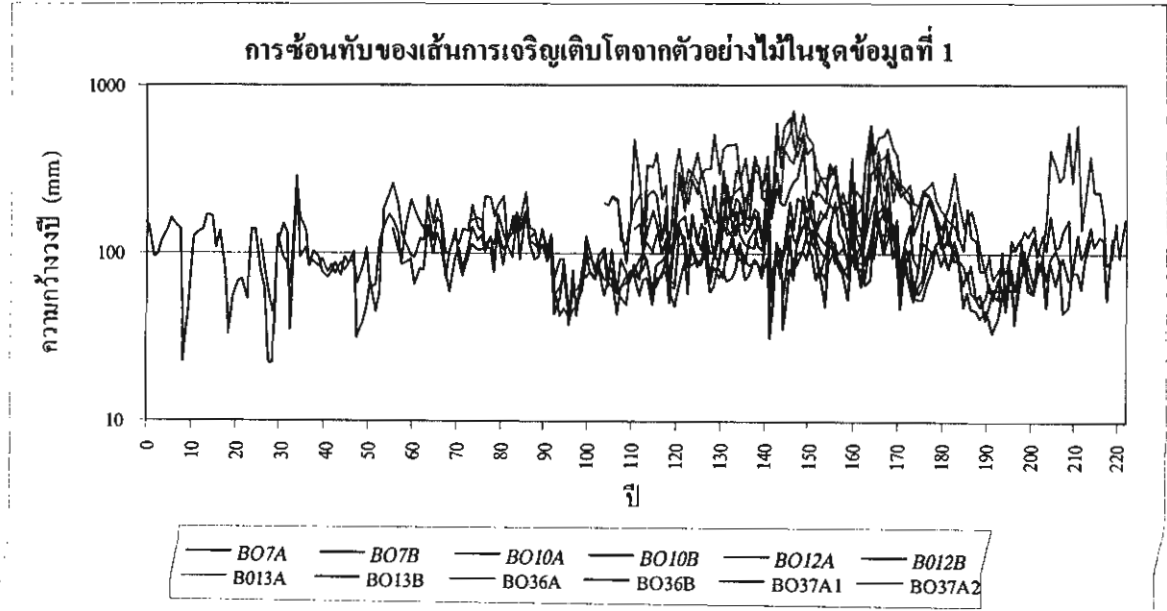
Seg series	Time_span	20	40	60	80	100	120	140	160	180
		59	79	99	119	139	159	179	199	219
BO7A	26	179	0.70	0.62	0.79	0.72	0.61	0.81	0.75	
BO7B	73	208		0.62	0.64	0.49	0.77	0.72	0.51	.29B
BO10A ¹	1	174	0.70	0.63	0.72	0.69	0.55	0.77	0.83	
BO10B ¹	56	204		0.38	0.49	0.46	0.41	0.70	0.75	0.68
BO12A ²	126	184					0.65	0.73	0.63	
BO12B ²	128	171					0.66	0.71		
BO13A ¹	121	222					.33A	0.42	0.51	0.49
BO13B ²	134	219					0.57	0.62	0.57	0.48
BO36A	111	177				0.38	.32B	.29A		
BO36B	117	213				0.56	0.52	0.60	0.39	.29B
BO37A1	106	138				.30B				
BO37A2	104	121				0.68				

หมายเหตุ: ¹ ไม้ที่มีหัวโลงแบบพื้นฐาน ² คือ ไม้ที่มีหัวเป็นรูปสัตว์

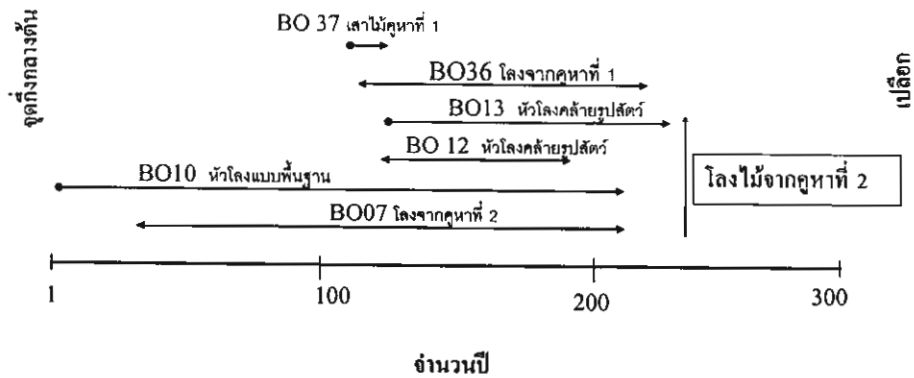
4.2.2.1.1 ชุดข้อมูลที่ 1

ชุดข้อมูลที่ 1 เป็นข้อมูลจากตัวอย่างโลงไม้ 5 โลง และเสาไม้ 1 ต้น รวม 12 ตัวอย่าง ในการวัดขนาดของ
ความกว้างวงปีไม้ จะเริ่มวัดวงปีที่ 1 จากด้านกึ่งกลางของต้นไม้ (pith) ออกไปสู่ด้านเปลือก(bark) ซึ่งค่าอายุลอยในชุด
ข้อมูลที่ 1 เท่ากับ 222 ปี โดยช่วงปีที่ 120-180 มีการซ้อนทับของจำนวนข้อมูลมากที่สุด และมีค่าสัมประสิทธิ์ความ
สัมพันธ์สูง จึงน่าจะเป็นช่วงที่มีความถูกต้องมากที่สุด และพบว่าโลงไม้รหัส BO36 (หัวโลงขนาดเล็ก) ในคูหาที่ 1
สามารถซ้อนทับกับรูปแบบการเจริญเติบโตของเสาไม้ในคูหาเดียวกัน คือ BO37 และสามารถซ้อนทับกับตัวอย่างไม้
รหัส BO7,10 (หัวโลงแบน),12(หัวโลงรูปสัตว์),13 (หัวโลงรูปสัตว์) ในคูหาที่ 2 ได้ ในด้านรูปแบบหัวโลง โลงไม้รหัส

BO10 ลักษณะหัวโลงเป็นแบบพื้นฐานและในการวัดวงปีเริ่มต้นจากกึ่งกลางต้น (pith) และในชุดข้อมูลนี้รหัสไม้ BO10A เริ่มที่วงปีที่ 1 และสิ้นสุดที่วงปีที่ 204 นั้นซ้อนทับกับโลงรหัส BO12(วงปีที่ 126-184) และ BO13(วงปีที่ 121-204) โดยรหัสที่ BO13 เริ่มต้นจากกึ่งกลางต้น (pith) เช่นกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า ไม้ที่นำมาทำหัวโลงแม้จะมีลักษณะหัวโลงที่แตกต่างกัน ก็เป็นไม้ที่มาจากสังคมหมู่ไม้เดียวกัน แต่ยังไม่สามารถจัดลำดับพัฒนาการของหัวโลงไม้ที่พบได้ชัดเจนเนื่องจากตัวอย่างไม้ทั้งหมดไม่เหลือเปลือกทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่า ไม้ถูกตัดมาใช้ประโยชน์ในช่วงเวลาเดียวกันหรือไม่



กราฟที่ 4.21 แสดงการซ้อนทับของเส้นการเจริญเติบโตจากตัวอย่างไม้ในชุดข้อมูลที่ 1



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงตำแหน่งซ้อนทับของแต่ละรูปแบบหัวโลงจากตัวอย่างไม้ในชุดข้อมูลที่ 1

4.2.2.1.2 ชุดข้อมูลที่ 2

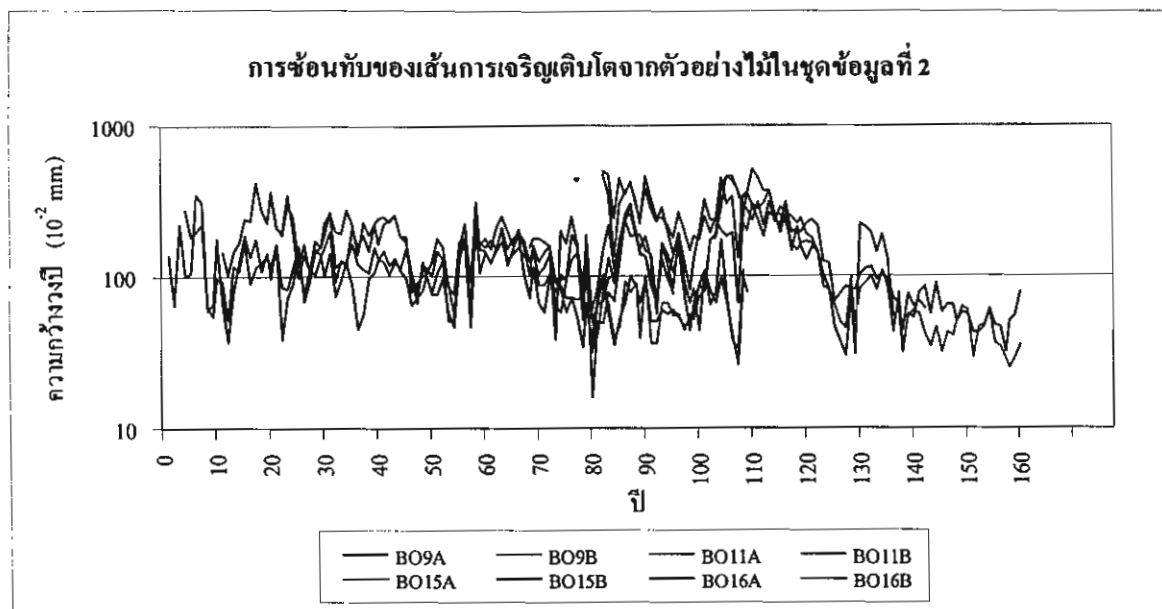
ชุดข้อมูลที่ 2 เป็นข้อมูลจากตัวอย่างโลงไม้ 4 โลง รวม 8 ตัวอย่าง ตัวอย่างทั้งหมดเป็นตัวอย่างไม้จากคูหาที่ 2 ตัวอย่างที่ BO9 (หัวโลงรูปแหลม) และ BO16 เริ่มนับวงปีจากจุดกึ่งกลางต้น ค่าอายุลอยที่ได้จากชุดข้อมูลที่ 2 เท่ากับ 159 ปี และจากค่าทางสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์มีค่าค่อนข้างสูง โดยช่วงที่น่าจะมีความถูกต้องมากที่สุดอยู่ในช่วงปีที่ 60-120 ของชุดข้อมูล ในด้านรูปแบบหัวโลง โลงรหัส BO9 และ BO11 เป็นโลงไม้ที่มีลักษณะหัวโลงแบบหัวแหลมเหมือนกันและสามารถซ้อนทับกันได้แม้จะเพียง 30 ปี อาจเกิดจากตัวอย่างที่ BO11 ตัวอย่างไม้ไม่ได้เริ่มจากส่วนของจุดกึ่งกลางต้นเนื่องจากไม้ส่วนผุพังไป แต่เมื่อซ้อนทับข้อมูลที่ BO15 และ BO16 ในชุดข้อมูล ทำให้แน่ใจได้ว่า ตัวอย่างไม้ 2 ตัวอย่างข้างต้น สามารถซ้อนทับกันได้จริงและจากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของตัวอย่างในกลุ่มที่ 2

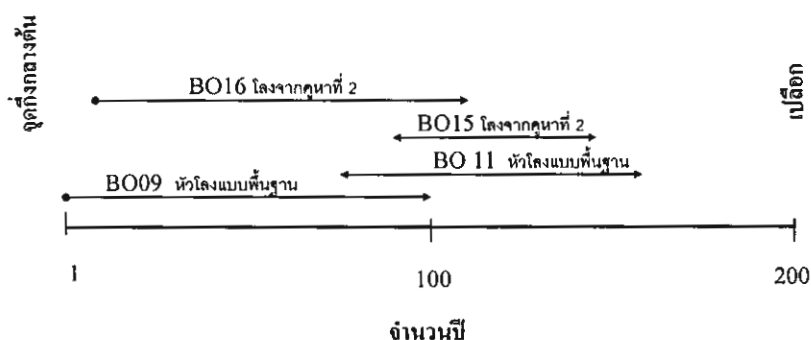
Correlation of 40-year dated segment, lagged 20 years
Flags : A= correlation under .3365 but highest as dated
B= correlation higher at other than dated position

Seg series	Time_span		0	20	40	60	80	100
			39	59	79	99	119	139
BO9A ¹	1	96	0.56	0.80	0.83	0.77		
BO9B ¹	3	94	0.50	0.66	0.80	0.83		
BO11B ¹	71	159			0.42	0.47	0.62	0.69
BO11A ¹	67	159			0.59	0.47	0.60	0.70
BO15A	81	141			0.68	0.69	0.68	
BO15B	81	123			0.60	0.62	0.59	
BO16A	19	107	0.67	0.74	0.84	0.84	0.83	
BO16B	10	108	0.58	0.78	0.85	0.64	0.64	

หมายเหตุ: ¹ โลงที่มีหัวโลงแบบพื้นฐาน



กราฟที่ 4.22 แสดงการซ้อนทับของเส้นการเจริญเติบโตจากตัวอย่างไม้ในชุดข้อมูลที่ 2



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงตำแหน่งซ้อนทับของแต่ละรูปแบบหัวโงของชุดข้อมูลที่ 2

4.2.2.1.3 ชุดข้อมูลที่ 3

ชุดข้อมูลที่ 3 เป็น ข้อมูลจากตัวอย่างโงไม้ 5 โง (BO20A/B, BO21A/B, BO22A/B, BO23A/B, BO29A/B) เสาไม้ 1 ต้น (BO38A1/A2) รวม 12 ตัวอย่าง โดยโงทั้งหมดเป็นตัวอย่างไม้จากคันทที่ 2 แต่เสาไม้เป็นเสาที่อยู่ใคันทที่ 1 ค่าอายุล่อยที่ได้จากชุดข้อมูลที่ 3 เท่ากับ 145 ปี แม้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในบางช่วงของข้อมูลจะมีค่าไม่สูงมากนัก ซึ่งเกิดจากวงปีไม้เกิดความผิดปกติขึ้นในช่วงปีนั้น หรือมีรูปแบบการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไปบ้างในแต่ละด้านของต้นไม้ แต่โดยภาพรวมค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์มีค่าค่อนข้างสูง เช่นเดียวกับข้อมูลชุดอื่นๆ ในชุดข้อมูลนี้ไม่มีตัวอย่างใดเห็นจุดกึ่งกลางของต้นไม้ มีเพียงเสาโงเท่านั้นที่เจาะตัวอย่างผ่านจุดกึ่งกลางของต้นไม้

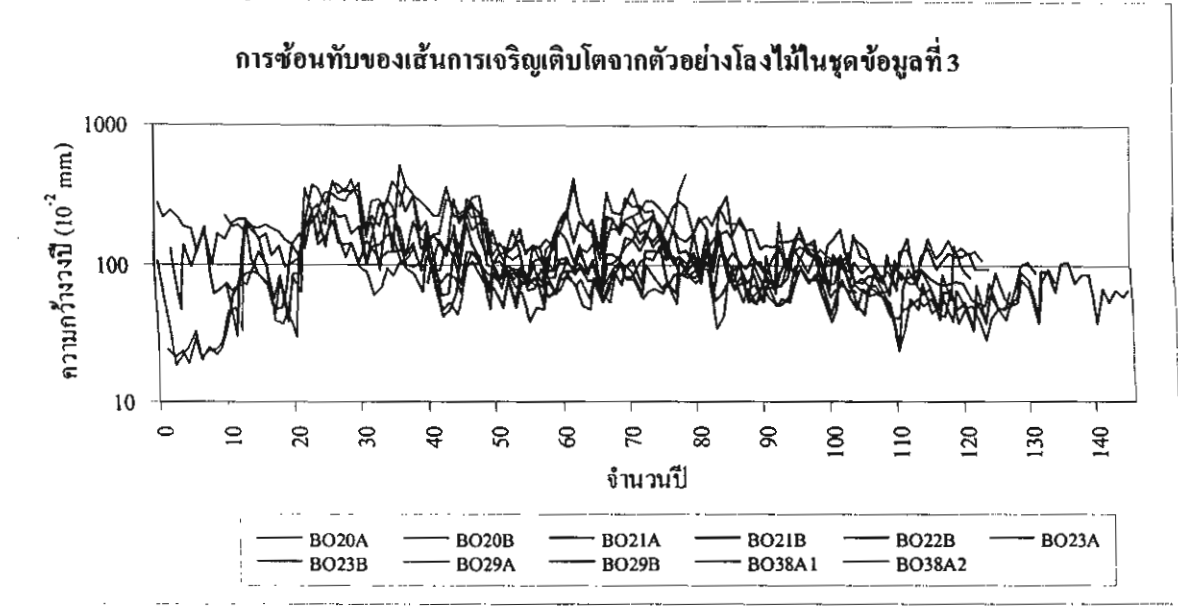
ตารางที่ 4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกลุ่มที่ 3

Correlation of 40-year dated segment, lagged 20 years

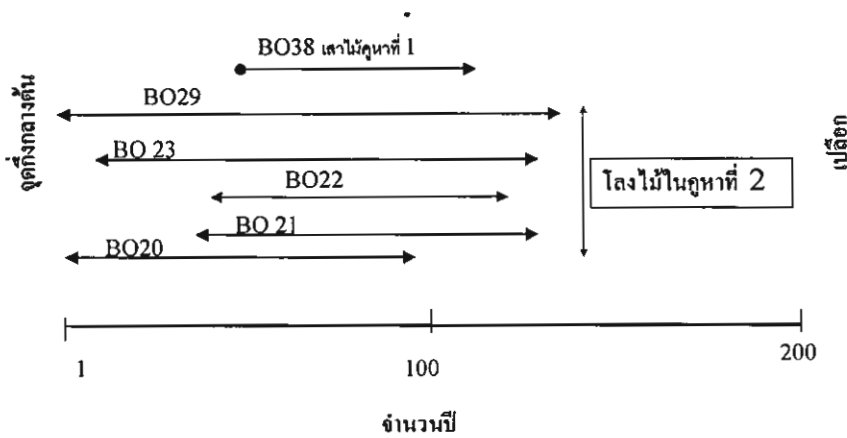
Flags : A= correlation under .3365 but highest as dated

B= correlation higher at other than dated position*

Seg series	Time_span		0	20	40	60	80	100
			39	59	79	99	119	139
BO20A	2	94	0.53	0.41	.31A	0.39		
BO20B	1	79	0.50	0.38				
BO21A	33	131		0.59	0.65	0.64	0.37	0.41
BO21B	41	127			0.60	0.49	0.46	0.40
BO22B	37	122		0.60	0.58	0.55	.30A	.32A
BO23A	3	125	.36B	.28A	.34A	0.42	0.38	.28A
BO23B	11	124	0.55	0.40	.34A	.34B	0.44	0.47
BO29A	1	134	0.44	0.42	0.51	0.50	.16B	.32A
BO29B	11	145	0.72	0.61	0.53	0.52	.32A	0.42
BO38A1	45	104			0.63	0.63	0.63	
BO38A2	45	111			0.52	0.60	.23A	



กราฟที่ 4.23 แสดงการซ้อนทับของรูปแบบการเจริญเติบโตจากตัวอย่างโลงไม้ในชุดข้อมูลที่ 3



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงตำแหน่งซ้อนทับของแต่ละรูปแบบหัวโลงจากตัวอย่างโลงไม้ในชุดข้อมูลที่ 3

4.2.2.1.4 ชุดข้อมูลที่ 4

ชุดข้อมูลที่ 4 เป็นข้อมูลจากตัวอย่างโลงไม้ 2 โลง (BO32A/B และ BO33A/B) รวม 4 ตัวอย่าง จากภูเขาที่ 2 ค่าอายุรอยที่ได้เท่ากับ 60 ปี โดยจากการเปรียบเทียบโดยการซ้อนทับเส้นรูปแบบการเจริญเติบโต สันนิษฐานได้ว่า น่าจะเป็นโลงไม้ที่มาจากไม้ต้นเดียวกัน

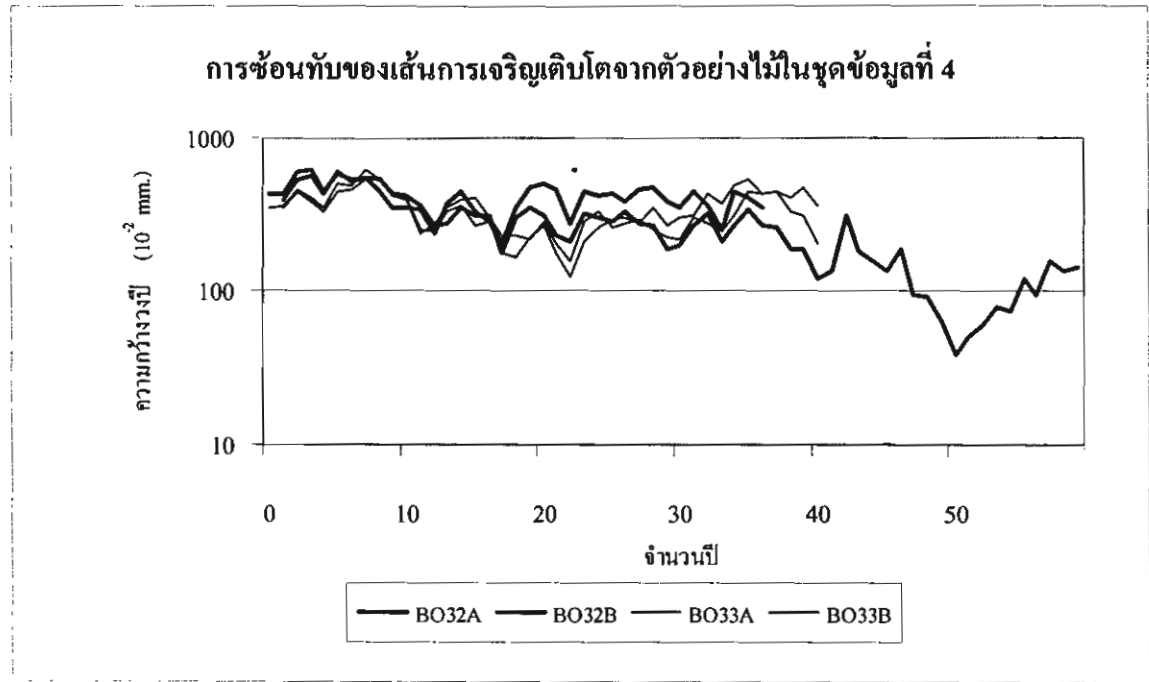
ตารางที่ 4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในกลุ่มที่ 4

Correlation of 40-year dated segment, lagged 20 years

Flags : A= correlation under .3365 but highest as dated

B= correlation higher at other than dated position

Seg series	Time_span		0	20
			39	59
BO32A	1	60	.74	.74
BO32B	2	37	.59	
BO33A	2	41	.76	
BO33B	1	41	.58	.60



กราฟที่ 4.24 แสดงการซ้อนทับของเส้นการเจริญเติบโตจากตัวอย่างไม้ในชุดข้อมูลที่ 4

4.2.2.1.5 ชุดข้อมูลที่ 5

ชุดข้อมูลที่ 5 เป็นข้อมูลจากตัวอย่างโลงไม้ 2 โลง (BO24A/B และ BO25A/B) รวม 4 ตัวอย่าง จากคูหาที่ 2 ค่าอายุขัยที่ได้เท่ากับ 130 ปี โดยจากการเปรียบเทียบโดยการซ้อนทับเส้นรูปแบบการเจริญเติบโต สันนิษฐานได้ว่า น่าจะเป็นโลงไม้ที่มาจากไม้ต้นเดียวกัน เนื่องจากตัวอย่าง ไม้ทั้งหมดเริ่มต้นที่ตำแหน่งใกล้เคียงกึ่งกลางของต้นมากเช่นเดียวกัน และโลงไม้ทั้งสองมีการแกะสลักหรือตกแต่งหัวโลงเป็นลักษณะคล้ายหัวสัตว์ เช่นเดียวกันและจำนวนวงปีและขนาดของโลงก็มีขนาดใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่ 4.22 แสดงสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในกลุ่มที่ 5

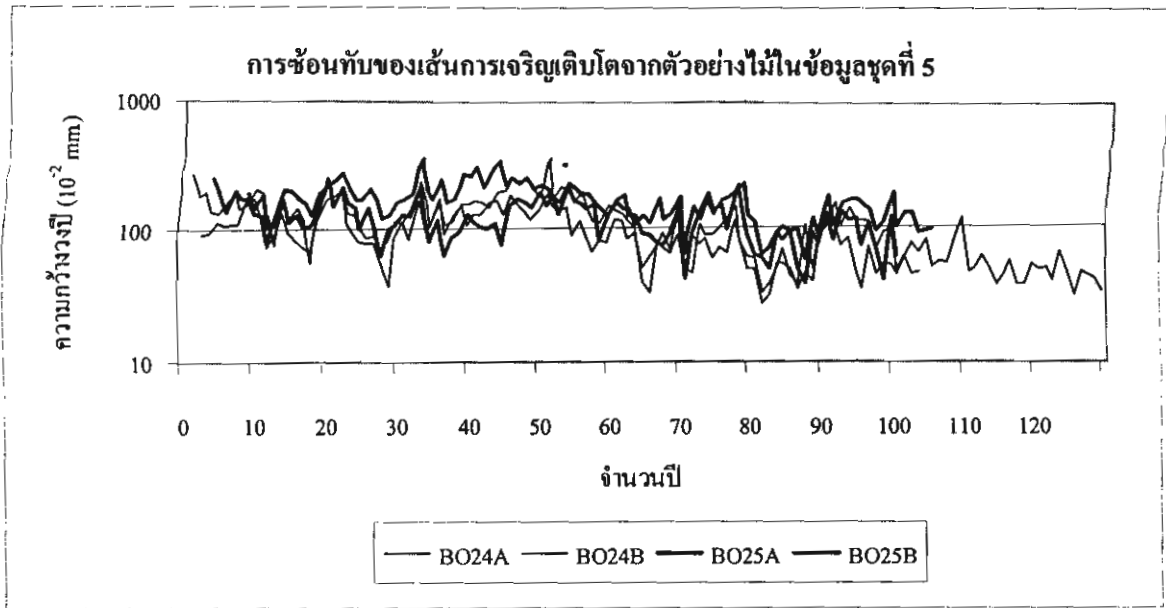
Correlation of 40-year dated segment, lagged 20 years

Flags : A= correlation under .3365 but highest as dated

B= correlation higher at other than dated position

Seg series	Time_span		0	20	40	60	80
			39	59	79	99	119
BO24A ¹	1	104	.70	.55	.48	.56	.55
BO24B ²	3	130	.52	.56	.64	.72	.61
BO25A ²	4	101	.63	.66	.60	.68	.68
BO25B ²	9	106	.74	.52	.44	.64	.67

หมายเหตุ: คือ โลงที่มีหัวเป็นรูปสัตว์



กราฟที่ 4.25 แสดงการซ้อนทับของเส้นการเจริญเติบโตจากตัวอย่างไม้ในชุดข้อมูลที่ 5

4.2.2.2 สรุปผลการศึกษา

สรุปผลจากการศึกษาด้านวงปีไม้จากแหล่งถ้ำบ่อไคร้ พบว่ามีความน่าสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากความหลากหลายของรูปแบบหัวโลง จำนวนตัวอย่างที่ค่อนข้างมากที่ช่วยให้การอธิบายต่างๆมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จากผลการศึกษาสามารถที่จะสรุปประเด็นได้ดังนี้

- 1) ไม้ที่นำมาประกอบทำโลง (ฝาบนและล่าง) เป็นไม้ที่มาจากต้นเดียวกัน จากข้อมูลทุกชุดข้อมูลที่ขนาดความกว้าง วงปีสามารถซ้อนทับกันได้ระหว่างตัวอย่าง A และ B และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูง
- 2) การวางโลงในพื้นที่ขนาดแคบมากและแห้งเช่นคูหาที่ 3 ไม่ต้องใช้เสาค้ำยัน โดยการผลักตัวโลงเข้าไปในคูหา
- 3) มีการใช้พื้นที่ถ้ำในหลายสมัยต่อเนื่องกัน (?) เนื่องจากมีทั้งโลงที่มีสภาพค่อนข้างใหม่และไม่สามารถเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตกับข้อมูลชุดใดๆ ได้ (เช่น โลงที่ 17A/B และ 31A/B)
- 4) มีการใช้ซ้ำหรือการเคลื่อนย้ายไม้ในถ้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเสาไม้
- 5) หากจะประมาณจากผลการศึกษาสามารถจัดกลุ่มสังคมของไม้สักได้ 5 กลุ่ม ซึ่งอาจแปลความหมายได้ว่าพื้นที่ป่าสักในบริเวณถ้ำบ่อไคร้ควรเป็นพื้นที่ป่าเบญจพรรณที่มีผืนป่าไม้สักกว้างขวางมากทำให้ตัวอย่างไม้ถึงแม้ว่ามีรูปแบบการเจริญเติบโตที่คล้ายคลึงกันแต่ก็ไม่สามารถซ้อนทับกันได้
- 6) ถ้ำบ่อไคร้เป็นถ้ำแห่งที่เดินทางเข้าถึงไม่ลำบากและบริเวณรอบๆถ้ำสภาพพื้นที่เป็นภูเขาที่ไม่สูงสลับกับพื้นที่ราบมีความเป็นไปได้หรือไม่ว่ามีใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณนี้โดยเป็นแหล่งชุมชนอย่างต่อเนื่อง

4.2.3 กลุ่มถ้ำแม่กลางจันทร์ (หรือ ถ้ำกลางจันทร์)

ถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 เป็นบริเวณเพิงผาด้านนอกที่มีโลงวางอยู่บนเสาดั้งตระหง่าน แต่สภาพค่อนข้างชำรุดประกอบด้วย

ถ้ำแม่กลางจันทร์ 3 เป็นส่วนต่อลึกเข้าไปภายในภูเขา ภายในถ้ำมีหินถล่มและมีโลงที่หกล่นลงไปวางอยู่ที่หุบหินด้านล่าง

เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 2544 ไม้ที่นำมาทำโลงและเสาค้ำยันทั้งหมดที่ถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 และถ้ำแม่กลางจันทร์ 3 เป็นไม้สัก มีขนาดใหญ่มาก ลักษณะทั่วไปของตัวอย่างที่เก็บบริเวณหัวโลงที่ถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 ซึ่งได้ตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่าง (MLJ1001A-3A) แต่สามารถวัดความกว้างวงปีได้เพียง 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ MLJ1002B วงปีแคบมากและไม่มีความชัดเจนที่จะพบขอบเขตของวงปีได้ จึงไม่ได้ทำการวัด และตัวอย่างหัวโลงจากถ้ำแม่กลางจันทร์ 3 จำนวน 6 ตัวอย่าง (MLJ2001A-5A) จาก 4 โลง และ เสาค้ำ 10 ตัวอย่างจาก เสาค้ำ 5 เสาค้ำ ตัวอย่างที่ MLJP003A/B ไม่ได้วัดเพราะขอบเขตของวงปีไม่ชัดเจนมาก ตารางที่ 4.23 แสดงรหัสตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่เจาะ จำนวนวงปีที่นับได้ และสถานภาพ

4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์วงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีถ้ำแม่กลางจันทร์ หมายเลข 1 และ 3 โดยจะเป็นการอธิบายควบคู่กันไปทั้งสองแหล่ง เพราะเป็นแหล่งที่อยู่ใกล้กันมาบนภูเขาสูงเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดภาพเปรียบเทียบได้ระหว่างสองแหล่งโบราณคดีที่ชัดเจน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.23 ชื่อถ้ำ รหัส ความหมาย จำนวนวงปี และสถานภาพของตัวอย่าง

แหล่งโบราณคดี	รหัส	ความหมาย	จำนวนวงปี	สถานภาพ
ถ้ำแม่กลางจันทร์ 1	MLJ1001A	หัวโลงทั้งหมด (หัวโลงรูปแบบธรรมดา)	168	no bark-no pith
	MLJ1001B		212	no bark-no pith
	MLJ1002A		141	no bark-no pith
	MLJ1002B		**ไม่ได้วัด	no bark-no pith
	MLJ1003A		72	no bark-no pith