



# วิทยานิพนธ์

ตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ  
จังหวัดลำปาง

**GROWTH AND YIELD MODELS FOR TEAK IN MAE MO  
PLANTATION, LAMPANG PROVINCE**

นางสาวจุรีพร สิริรัชชเยศ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

ปริญญา

การจัดการป่าไม้

การจัดการป่าไม้

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

Growth and Yield Models for Teak in Mae Mo Plantation, Lampang Province

นามผู้วิจัย นางสาวจุรีพร สิริรัชชเยศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัสดี ประสมสินธ์, Dr. rer. nat. )

กรรมการ

( รองศาสตราจารย์สันติ สุขสะอาด, วท.ค. )

กรรมการ

( อาจารย์จ้งรัก วัชรินทร์รัตน์, วท.ค. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์สันติ สุขสะอาด, วท.ค. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉกหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 19 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๐

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

Growth and Yield Models for Teak in Mae Mo Plantation, Lampang Province

โดย

นางสาวจุรีพร สิริรัชชเยศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

พ.ศ. 2550

จूरินทร์ สิริรัชชเชศ 2550: ตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ  
จังหวัดลำปาง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาการจัดการป่าไม้  
ภาควิชาการจัดการป่าไม้ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัสสิ  
ประสมสินธุ์, Dr. rer. nat. 89 หน้า

การศึกษาการเติบโตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปางโดยอาศัย  
เทคนิคการวิเคราะห์ห่วงปีไม้และเทคนิคการพยากรณ์ เพื่อนำมาสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์การ  
เติบโตและผลผลิตในรูปปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ของไม้สักในสวนป่าโดยการวิเคราะห์  
การถดถอย ซึ่งตัวแบบที่ได้สามารถนำไปพยากรณ์การเติบโตและผลผลิตในรูปปริมาตรไม้ที่ทำ  
เป็นสินค้าได้รวมทั้งสามารถนำมาจัดทำเป็นตารางผลผลิตของไม้สัก

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะมีอัตรา  
การเติบโตรายปีระหว่าง 0.547-9.650 มิลลิเมตร และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยรายปีระหว่าง 1.163-  
7.487 มิลลิเมตร ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้รายต้นอยู่ในรูป  
สมการยกกำลัง (Power equation) โดยกำหนดให้อายุของต้นไม้เป็นตัวแปรอิสระ ส่วนตัวแบบ  
สำหรับพยากรณ์ปริมาตรไม้รายต้นที่ทำเป็นสินค้าได้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น (Linear equation)  
โดยกำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวเป็นตัวแปรอิสระ

จากผลการศึกษาดังกล่าว สามารถนำมาจัดทำเป็นตารางผลผลิต สำหรับการประเมิน  
ผลผลิตในรูปปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ต่อหน่วยเนื้อที่ (ไร่) ของหมู่ไม้ในช่วงเวลาต่างๆ ทั้งใน  
อดีตและอนาคต เมื่อความหนาแน่นของหมู่ไม้ไม่แตกต่างกันไปจากปัจจุบัน

จूरินทร์ สิริรัชชเชศ

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

8106150

Jureporn Sirithuchayes 2007: Growth and Yield Models for Teak in Mae Mo Plantation, Lampang Province. Master of Science (Forestry), Major Field: Forest Management, Department of Forest Management. Thesis Advisor: Assistant Professor Patsi Prasomsin, Dr. rer. nat. 89 pages.

The study of growth and yield for teak in plantations was conducted in Mae Mo plantation, Mae Mo District, Lampang Province. The technique of tree ring analysis was used to investigate the growth of teak. Then, the growth and yield models for teak were determined by the technique of regression analysis.

The results indicated that diameter growth of teak in Mae Mo plantation ranged from 0.547 to 9.650 millimeter a year as a current annual increment (CAI) and from 1.163 to 7.487 millimeter as an average of change or mean annual increment (MAI). The best regression equation for forecasting diameter growth, diameter at breast height (dbh), of teak was expressed as a power equation, whereas the equation for estimating merchantable volume per tree of teak was a linear equation using data on dbh.

According to the mentioned equations, merchantable volume of stand, cu.m. per rai, could be estimated over the periods of time going on the assumption that stand density should be stable.

Jureporn Sirithuchayes

Student's signature

Patsi Prasomsin

Thesis Advisor's signature

8 / 06 / 07

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผศ.ดร.ปัสสิ ประสมสินธุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รศ.ดร.สันติ สุขสอาด กรรมการวิชาเอก อ.ดร.จงรัก วัชรินทร์รัตน์ กรรมการวิชาการ ผศ.ดร.วันชัย อรุณประภารัตน์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษาเสนอแนะ ทั้งด้านการเรียนและการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี รวมถึง อ.ดร.ขวัญชัย ดวงสถาพร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าในทุกๆ ด้าน ให้คำปรึกษาแนะนำเรื่องการเรียนรู้ รวมทั้งการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ คุณเรวัต พิมสาร หัวหน้าสวนป่าแม่เมาะและเจ้าหน้าที่สวนป่าแม่เมาะทุกท่าน ที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการเข้าทำวิจัย ที่สมหญิง ละการชั่ว ที่ได้คำแนะนำทั้งเรื่องการเรียนรู้และทำวิจัย เพื่อนิสิตปริญญาโทสาขาการจัดการป่าไม้ที่ได้ช่วยในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และเพื่อนๆวนศาสตร์ 65 ที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาตลอดการศึกษาระดับปริญญาโทนี้ ได้แก่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วงปีไม้ ภาควิชาการจัดการป่าไม้ ภายใต้โครงการ “Tree Ring Reconstructions of Asian Monsoon Climate Dynamics” ของ Tree-Ring Laboratory Lamont-Doherty Earth Observatory Palisades, New York

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณต่อบิดา มารดา และพี่สาว ที่ได้สนับสนุน ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ และมอบแต่สิ่งดีๆ ให้แก่ลูกเสมอมา

จวีพร สิริรัชชเขต

มิถุนายน 2550

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	23
สถานที่ทำการวิจัย	30
ผลและวิจารณ์	35
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ภาคผนวก	61
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	89

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลเบื้องต้นของสวนป่าไม้สักแม่เมาะ	34
2	ข้อมูลสภาพของสวนป่าไม้สักแม่เมาะ	36
3	ค่าความเพิ่มพูนรายปี และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของไม้สัก	37
4	ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตของไม้สักรายต้น	46
5	ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้	47
6	ตารางผลผลิตของไม้สัก สวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตามแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูก	50
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	ช่วงชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก	62
2	ผลการวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตของไม้สักรายต้น	64
3	ผลการวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ผลผลิตในรูปปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้	66

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่สวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง	32
2	ปริมาณน้ำฝนบริเวณสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง	33
3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเพิ่มพูนรายปี และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี	40
<b>ภาพผนวกที่</b>		
1	เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ (Haga altimeter)	68
2	เครื่องมือวัดความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ (Spiegel relaskop)	68
3	เครื่องมือวัดความหนาเปลือกต้นไม้ (Swedish bark gauge)	69
4	เครื่องมือเจาะใส่ไม้ (Increment borer)	69
5	เครื่องมือวัดความกว้างวงปี	70
6	การวางแผนสำรวจแบบ Line plot system	71
7	แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลสำหรับสำรวจสวนป่าเบื้องต้น	72
8	แบบบันทึกข้อมูลสำหรับสำรวจเพื่อสร้างตัวแบบประเมินการเติบโตและผลผลิต	73
9	แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) และลำดับวงปีตามปีพ.ศ. (y) ในรูปแบบต่างๆ	74
10	แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) ในรูปแบบต่างๆ	79
11	ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ในแต่ละแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูก	84

## ตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

### Growth and Yield Models for Teak in Mae Mo Plantation, Lampang Province

#### คำนำ

การเติบโตของต้นไม้ นับได้ว่าเป็นตัวชี้วัดถึงศักยภาพของป่าไม้ในเรื่องของปริมาณ ขนาด และคุณภาพของผลผลิต รวมทั้งความเหมาะสมของพื้นที่ในป่านั้นๆ ด้วย นักจัดการป่าไม้ใช้ข้อมูลการเติบโตและผลผลิตของต้นไม้มาเป็นฐานข้อมูลหลักในการตัดสินใจเพื่อการวางแผนจัดการป่าไม้ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดกำลังผลผลิต การกำหนดแผนการทำไม้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบเพื่อหาทางเลือกในการจัดการและปฏิบัติทางวนวัฒนต่างๆ กัน ดังนั้นนักจัดการป่าไม้จึงถือได้ว่าข้อมูลการเติบโต และผลผลิตของต้นไม้หรือหมู่ไม้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเกี่ยวกับไม้สัก ซึ่งถือว่าเป็นไม้เศรษฐกิจของไทย

ปัจจุบันไม้สักมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องมีการนำเข้าไม้สักจากต่างประเทศ ดังเช่นในปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยต้องนำเข้าไม้สักประมาณ 120,641 ลูกบาศก์เมตรซึ่งมีมูลค่าถึง 2,844 ล้านบาท (กรมป่าไม้, 2547) ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการวางแผนจัดการสวนป่าไม้สักเพื่อให้สามารถให้ผลผลิตไม้สักมีปริมาณตามต้องการและยั่งยืน ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับการเติบโตและผลผลิตของไม้สัก

การศึกษาการเติบโตของไม้สักที่ผ่านมามีส่วนใหญ่มุ่งเป็นการศึกษาจากการวัดต้นไม้ซ้ำในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยอาจวัดอย่างถาวร หรือศึกษาจากการสุ่มวัดต้นไม้ในหมู่ไม้ที่มีอายุต่าง ๆ กัน จากการดำเนินการดังกล่าวอาจได้ข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนและไม่เพียงพอสำหรับการจัดการป่าไม้อย่างประณีต และต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานเนื่องจากเหตุผลหลายประการ เช่น ต้นไม้ในเขตร้อนส่วนใหญ่มีลักษณะเปลือกหนาและหลุดร่อนง่าย ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดซ้ำ การวัดต้นไม้ซ้ำในฤดูกาลที่แตกต่างกันในแต่ละปีอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์การเติบโตรายปี การสร้างกราฟหรือตัวแบบการเติบโตจากการสุ่มวัดไม้ที่มีอายุต่างกัน ณ เวลาใดเวลาหนึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากหมู่ไม้แต่ละชั้นอายุอาจมีชั้นคุณภาพพื้นที่และการปฏิบัติทางวนวัฒนวิธีที่แตกต่างกัน และการศึกษาการเติบโตของหมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรต้องใช้เวลาศึกษาที่ยาวนานและต้องมีระบบการจัดการฐานข้อมูลอย่างต่อเนื่องที่ดี ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการ

ดำเนินการค่อนข้างสูงด้วย นอกจากนี้ข้อมูลการเติบโตที่ได้จากวิธีการดังกล่าวจะเป็นข้อมูลที่ค่อนข้างหายาก เนื่องจากการวัดการเติบโตโดยรวมหรือค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment : MAI) ในขณะที่การจัดการป่าไม้ยังประณีตต้องการทราบรูปแบบการเติบโตของหมู่ไม้อย่างละเอียด เช่น ค่าความเพิ่มพูนรายปี (current annual increment : CAI) หรือค่าความเพิ่มพูนระยะคาบ (periodic increment : PI) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์การเติบโตของต้นไม้และหมู่ไม้ภายใต้สภาพแวดล้อมหรือการปฏิบัติทางวนวัฒนวิธีที่แตกต่างกันได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และสามารถทราบผลผลิตของหมู่ไม้ในอดีตและคาดคะเนไปในอนาคตได้ซึ่งนับว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญยิ่งในการวางแผนจัดการป่าไม้

การวิเคราะห์วงปี (tree ring analysis) เป็นเทคนิคหนึ่งสำหรับศึกษาการเติบโตของต้นไม้สามารถหาค่าความเพิ่มพูนรายปีได้ทำให้เราทราบว่าต้นไม้มีการเติบโตทางความโตอย่างไร การวิเคราะห์วงปีมีกระบวนการสำคัญ คือ Crossdating เป็นกระบวนการที่ทำให้เราสามารถยืนยันความถูกต้องระหว่างปีกับวงปีนั้นๆ ที่เราศึกษาได้

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่า กรณีศึกษาสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วงปีไม้และเทคนิคการพยากรณ์ เพื่อให้สามารถพยากรณ์การเติบโตและผลผลิตได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และเหมาะสมต่อการวางแผนจัดการสวนป่าไม้สัก

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเติบโตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ
2. เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับใช้พยากรณ์การเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ
3. เพื่อสร้างตารางผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ

## การตรวจเอกสาร

### 1. ไม้สัก

#### 1.1 ลักษณะทั่วไปและการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สัก

ไม้สักมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ ว่า *Tectona grandis* Linn.f วงศ์ Labiatae ใช้ชื่อทางการค้า ว่า Teak (ธงชัย, 2536) เป็น ไม้ผลัดใบขนาดใหญ่ มีลำต้นเปลาตรง เมื่อโตเต็มที่สูงเกินกว่า 20 เมตร มักมีพูพอนโคนต้น เรือนยอดกลม ปราศจากกิ่งก้านจนใกล้จะถึงเรือนยอด ยอดเป็นพุ่มกว้าง สีของลำต้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา เปลือกแตกเป็นร่องตื้นๆ ตามความยาวของลำต้น และหลุดออกเป็นแผ่นบางๆ ลึกๆ เปลือกนอกหนา 0.30-1.70 เซนติเมตร เปลือกในมีสีน้ำตาลและเขียวอ่อน กระพี้ขาวและหนา เนื้อไม้สีน้ำตาลทองหรือเหลืองทองถึงน้ำตาลแก่ มีลายเป็นเส้นสีน้ำตาลแทรก เห็นเส้นวงปีเด่นชัดและลายเส้นวงปีนี้บ่งบอกถึงการเติบโต และอายุของต้น โดยความโต 1 วง จะใช้เวลา 1 ปี เนื้อไม้เสี้ยนตรง เนื้อหยาบ แข็งปานกลางเลื่อยไสตบแต่งง่าย

ใบสักจะแตกออกตามกิ่งก้านหรือตามลำต้นเล็กๆ ของกล้าไม้จะออกเป็นคู่ๆ ตรงกันข้าม เมื่อต้นสักยังเล็กจะมีใบขนาดใหญ่มาก อาจจะมีควมกว้างถึง 40 เซนติเมตร และยาวถึง 80 เซนติเมตร เมื่อต้นสักอายุมากขึ้น ขนาดใบจะลดลง รูปของใบรีมน หรือรูปไข่ ท้องใบสากหลังใบเขียวแกมเทาเป็นขน ใบอ่อนที่เพิ่งแตกมีสีน้ำตาลแดง และมีขนอ่อนนุ่ม ไม้สักเป็นไม้ผลัดใบ ใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง น้ำตาลและแดงในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม และในช่วงเดือนพฤษภาคมก็แตกใบใหม่ ใบอ่อนที่แตกจะเติบโตอย่างรวดเร็วและโตเต็มที่ในราวๆเดือนกรกฎาคม

ช่อดอกจะเริ่มแทงออกมา ดอกสักเล็กๆ เริ่มทยอยบานไปเรื่อยๆ ใช้เวลาประมาณ 20-30 วัน ช่วงเวลาที่ดอกบานคือเดือนกันยายน ดอกสักช่อหนึ่งๆ ยาวประมาณ 40-60 เซนติเมตร แต่ละช่อดอกประกอบด้วยดอกเล็กๆ สีขาวหรือขาวเต็มม่วง ออกเป็นช่อตามปลายกิ่งและมีจำนวนมาก 750-3,000 ดอก ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของช่อดอกและลำต้น

หลังจากการผสมเกสรดอกสักก็จะเติบโตเป็นผลเล็กๆ ประมาณ 50 วัน ผลจึงเจริญเต็มที่ ในเดือนมกราคม ลักษณะผลค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 เซนติเมตร ผลหนึ่งๆ มีเมล็ดใน 1-4 เมล็ด เปลือกแข็งมีขนสั้นๆ นุ่มๆ สีน้ำตาลหุ้มอยู่ ผลจะแก่ในราวๆ เดือน พฤศจิกายน-

มกราคม ผลที่แก่จัดหรือแห้งจะมีสีน้ำตาลและร่วงหล่นลงตามธรรมชาติ เมื่อถึงฤดูฝนผลหรือเมล็ดสักเหล่านี้ก็จะแตกออกและเติบโตเป็นต้นกล้าต่อไป (โชคชัย, 2536)

ปัจจัยที่ควบคุมให้เกิดความเหมาะสมต่อการเติบโตของไม้สัก ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และลักษณะทางธรณีวิทยาของดิน (ธงชัย, 2536) โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 1.1.1 สภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย

- 1) ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมเฉลี่ย 1,250-2,500 มิลลิเมตรต่อปี มีวันฝนตกเฉลี่ย 118 วันต่อปี และช่วงความแห้งแล้งเด่นชัด 3-5 เดือนต่อปี
- 2) แสงสว่าง สำหรับไม้สักนับว่าเป็นเรื่องสำคัญมากเพราะว่าไม้สักเป็นไม้ที่ต้องการแสงสว่างมากในปริมาณความเข้มแสงระหว่าง 75-94 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแสงกลางวัน ไม้สักจึงไม่ชอบขึ้นอยู่ใต้ร่มเงาของไม้อื่น
- 3) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 13-40 องศาเซลเซียส

### 1.1.2 สภาพภูมิประเทศประกอบด้วย

- 1) ระดับความสูงของพื้นที่ ไม้สักเติบโตได้ดีอยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 200-1,000 เมตร ไม้สักในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลยิ่งต่ำจะเติบโตได้ดี
- 2) ความลาดชันของพื้นที่ ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของไม้สักมาก ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ หากความลาดชันเพิ่มขึ้นอัตราการเติบโตของไม้สักจะลดลง
- 3) ทิศด้านลาด (Aspects) มีผลกระทบต่อเติบโตของไม้สักทางด้านความสูงและความโต เช่น ทิศลาดด้านเหนือและตะวันออก ไม้สักจะเติบโตทางความสูงมากกว่าทางทิศลาดด้านใต้และตะวันตก เพราะต้องแข่งขันกันแย่งแสงสว่าง ส่วนไม้สักที่ขึ้นทางทิศลาดด้านใต้จะเติบโตทางความโตของลำต้นมากกว่าไม้สักที่ขึ้นอยู่ทางทิศลาดด้านเหนือและตะวันออก (โชคชัย, 2536)

1.1.3 ลักษณะทางธรณีวิทยาของดิน นับว่าเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเติบโตของต้นไม้มากที่สุด

- 1) ลักษณะของดิน ดินที่เหมาะสมต่อการเติบโตของไม้สักควรจะเป็นดินร่วนปนทราย หรือเป็นดินที่เกิดจากการผุสลายของหินปูน เพราะไม้สักเป็นไม้ที่ต้องการธาตุ

แคลเซียมและฟอสฟอรัสมากกว่าปกติ ดินควรลึก การระบายน้ำดี ดินที่ไม้สักเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร คือดินตื้น ดินมีความเป็นกรดสูง ดินเหนียวระบายน้ำไม่ดี ดินทรายมีธาตุอาหารต่ำ ดินลูกรังมีผิวดินที่น้ำซึม ได้ยากและตื้น

2) ความเป็นกรดค้างของดิน (pH) ที่เหมาะสมต่อการเติบโตได้คืออยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ดินมีความเป็นกลางถึงด่างซึ่งหากค่า pH ต่ำกว่า 6.0 จะไม่ปรากฏไม้สักขึ้นอยู่เลยตามธรรมชาติ แต่ถ้า pH อยู่ระหว่าง 7.5-8.5 การเติบโตของไม้สักไม่ดีเท่าที่ควร

ไม้สักเป็น ไม้ป่าเขตร้อน และมีแหล่งกำเนิดธรรมชาติของโลกจำกัดอยู่เฉพาะในแถบเอเชียตอนใต้ ได้แก่ อินเดีย พม่า ไทย ลาว (เฉพาะส่วนที่อยู่ติดกับไทย) และบางจุดของอินโดนีเซีย โดยการนำเมล็ดพันธุ์เข้าไปปลูกจนเป็นป่าไม้สักธรรมชาติเมื่อประมาณ 500 ปีมาแล้ว

ในประเทศไทย ไม้สักจะขึ้นอยู่ตามธรรมชาติเฉพาะในตอนเหนือของประเทศ ในแถบกลุ่มน้ำแม่กก สาละวิน ปิง วัง ยม และน่าน ได้แก่ ในจังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ อุทัยธานี และต่อมาถึงบางส่วนของแถบตะวันตกของจังหวัดกาญจนบุรี ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 30,000 ตารางกิโลเมตร จากการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ ระหว่างปีพ.ศ. 2537-2540 พบว่าแหล่งไม้สักที่สำคัญจะอยู่ในจังหวัดลำปาง แพร่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ตาก กำแพงเพชร และ นครสวรรค์ (สมยศ และชมภูงูช, 2541)

สำหรับในต่างประเทศได้มีการนำไปปลูกนอกถิ่นกำเนิดในประเทศต่างๆ ที่มีอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น มาเลเซีย ศรีลังกา รวมถึงแอฟริกา อเมริกา และบางเกาะของออสเตรเลีย ก็สามารถปลูกได้ แต่คุณภาพเนื้อไม้และสีจะแตกต่างกันออกไป (สุทัศน์, 2536)

## 1.2 การจัดการสวนป่าไม้สัก

### 1.2.1 การปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ได้สรุปการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบของการจัดการสวนป่าสัก เพื่อเพิ่มพูนอัตราการเติบโตของต้นสักให้โตถึงขนาดที่ต้องการได้เร็วขึ้น ซึ่งจะสามารถลดรอบอายุตัดฟันให้สั้นลง ในขณะที่เดียวกันก็สามารถเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนและเพิ่มรายได้ส่วนหนึ่งโดยการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบของการดำเนินการปลูกสร้างสวนสัก ให้เป็นการ

จัดการที่ละเอียดประณีตขึ้น ด้วยการจัดการที่ดีทุกขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูกและการบำรุงรักษา มีการแผ้วถางวัชพืช ไล่ปุ๋ยและป้องกันไฟอย่างจริงจังถึงปีที่ 6 จากนั้นมีการทำความสะอาดสวน จนถึงรอบอายุตัดฟัน ตลอดจนกิจกรรมอื่น ๆ ที่ต้องดำเนินการเพิ่มเติมอีกหลายประการ ดังวิธีการในขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้ (บรรเลง, 2545)

1) การปลูกและการปลูกซ่อม เป็นเรื่องที่ต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังและพิถีพิถัน ทั้งนี้เพื่อให้ต้นสักมีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดมากที่สุด โดยทั่วไปการปลูกไม้สักมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีแรกปลูกโดยใช้เหง้าเป็นวิธีที่สะดวกประหยัดค่าใช้จ่าย ขนาดของเหง้าที่ใช้ได้ดีที่สุดคือ เหง้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตรงคอราก (collar) ประมาณ 2 เซนติเมตร วิธีที่ 2 การปลูกด้วยกล้าชำลุง วิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการเพาะชำต้นกล้าและการปลูกสูงกว่า แต่จะเป็นที่นิยมสำหรับการปลูกโดยใช้กล้าที่ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศซึ่งมุ่งเน้นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มพูนผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น

2) การบำรุงรักษาในระยะแรก จะมีกิจกรรมต่างๆที่ต้องดำเนินการต่อไปนี้

- การกำจัดวัชพืช ต้นสักอ่อนจะถูกรบกวนจากวัชพืชมาก โดยเฉพาะพวกหญ้า ซึ่งจะแย่งธาตุอาหารในดิน และบดบังแสงทำให้ต้นสักอ่อนได้รับแสงสว่างที่ต้องใช้ในการเติบโตไม่เต็มที่ ซึ่งจะมีผลให้ต้นสักเกิดความอ่อนแอหรือเสียหายทรงตัวหรือถึงตายได้ การกำจัดวัชพืชให้แก่ต้นสักอ่อนที่เพิ่งแตกจากเหง้า จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปฏิบัติให้ทันกาล ในปีแรกอาจจำเป็นต้องทำ 2-4 ครั้ง ถ้าวัชพืชรุนแรงควรเริ่มด้วยการใช้จอบดาบรอบโคนต้นสักในรอบแรกตามด้วยการแผ้วถางวัชพืชระหว่างแถวดำเนินการทำนองเดียวกันในรอบต่อไป ถ้าต้นสักเติบโตพ้นวัชพืช การแผ้วถางวัชพืชในปีที่ 2 และ 3 อาจทำเพียง 1-2 ครั้ง ปีที่ 4-5 ทำปีละ 1 ครั้งการกำจัดวัชพืชสามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบ เช่นแรงงานคน หรือเครื่องจักรกลเป็นต้น

- การไล่ปุ๋ย การปลูกสร้างสวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ได้ทดลองไล่ปุ๋ยแก่ต้นสักผลปรากฏว่า ต้นสักตอบสนองต่อปุ๋ยอยู่ในเกณฑ์ดี ฉะนั้น การไล่ปุ๋ยให้แก่ต้นสักจึงเป็นกิจกรรมที่ให้ผลคุ้มค่ากับการลงทุน ดินบริเวณที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ การเติบโตของต้นสักไม่เป็นไปตามเป้าหมายควรใช้ปุ๋ยช่วย การใช้ปุ๋ยเร่งการเติบโตในปีแรกจะช่วยทำให้ต้นสักขึ้นปกคลุมพื้นที่อย่างรวดเร็ว ปัญหาวัชพืชและปัญหาเกี่ยวกับไฟไหม้จะลดน้อยลง อัตราการรอดตายสูงขึ้น เป็นผลดีหลายด้านเป็นต้นว่า ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช ค่าปลูกซ่อม ค่าป้องกันไฟ นอกจากนั้น การไล่ปุ๋ยจะช่วยให้สวนสักมีความเติบโตสม่ำเสมอมากขึ้น และได้ผลผลิตจากสวนออกมาใช้ประโยชน์เร็วขึ้นด้วย เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนจากการไล่ปุ๋ยที่ดีที่สุด ควรดำเนินการตามหลักเกณฑ์ในการไล่ปุ๋ย คือใช้ปุ๋ยชนิดที่ถูกต้องตรงกับความต้องการของต้นสัก นั่นคือ ควรเป็นสูตรที่มีค่าไนโตรเจน (N) สูง แต่ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ดินประกอบในการปลูก

ครั้งแรกควรใช้ร็อคฟอสเฟตรองกันหลุม ๆ ละ 0.5 กิโลกรัม เพราะต้นสักจะได้ธาตุแคลเซียม (Ca) อันเป็นธาตุที่ต้นสักต้องใช้เป็นปริมาณมากตามด้วยการใส่ปุ๋ยสูตร 20-10-10 ซึ่งเป็นปุ๋ยที่นิยมใส่เร่งความเจริญเติบโตของต้นไม้ในระยะแรก โดยใส่ปีละ 2 ครั้ง ๆ ละ 30 กรัมต่อต้น ในปีแรก ในปีที 2, 3 และ 4 ใส่ปีละ 1 ครั้ง ต้นละ 50 กรัม และในช่วงของปีที่ 5 และ 6 ใส่ปีละ 1 ครั้ง ต้นละ 200 กรัม เพื่อช่วยเร่งการเติบโตให้ต้นสักขยายทางเรือนยอดปกคลุมช่องว่างได้เร็วขึ้น ปุ๋ยที่ใช้ควรใช้ร่วมกันทั้งปุ๋ยวิทยาศาสตร์และปุ๋ยหมักเพราะต้นสักต้องการอินทรีย์วัตถุเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์ของดิน และช่วยเพิ่ม pH ของดินอีกด้วย สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ยนั้น ใช้ชะแลงกระทุ้งดินให้เป็นหลุมตรงข้ามกัน 2 จุด ณ บริเวณปลายใบตอกจากนั้นตักปุ๋ยใส่หลุม แล้วกลบหลุม เพื่อป้องกันปุ๋ยกระจายเวลาฝนตกช่วงระยะเวลาใส่ปุ๋ยจะอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายน และกันยายน รวม 2 ครั้งต่อปี

- การป้องกันและกำจัดโรคแมลง ชนิดของแมลงที่สำคัญและมีอัตราการทำลายสูงได้แก่มอดป่าเจาะไม้สัก หนอนเจาะก้านต้นสัก หนอนผีเสื้อเจาะกิ่งสัก หนอนผีเสื้อกินใบและดอกสัก เป็นต้น โรคที่ทำความเสียหายแก่กล้าสักมีหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ โรครากเน่า (root rot) พบมากในแปลงเพาะโรคที่เกิดจากเชื้อราต่าง ๆ เช่น โรคไส้ฝู โรคใบด่างของไม้สัก เป็นต้น

- ไฟป่าและการป้องกัน ไฟป่าในฤดูแล้งทำความเสียหายให้แก่ต้นสักมาก สวนสักที่มีอายุไม่เกิน 5 ปี ควรระวังไฟไหม้เพราะจะมีผลให้ต้นสักชะงักความเติบโต แดกกิ่งก้านสาขา มาก รูปทรงลำต้นไม่สวยงาม วิธีป้องกันคือ หลังจากถางวัชพืชแล้ว ควรรีบกวาดให้ออกห่างจากต้นสักและทยอยทำการชิงเผากำจัดวัชพืชที่เป็นเชื้อไฟ (prescribe burning) ไปเรื่อย ๆ โดยควรหลีกเลี่ยงการชิงเผาในตอนกลางวันเพราะอากาศร้อนไฟจะไหม้รุนแรง และอาจลุกลามทำความเสียหายแก่ต้นสักได้

3) การบำรุงรักษาในระยะหลัง เพื่อให้ต้นสักมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว รวมทั้งมีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ การบำรุงรักษาในระยะหลังนับว่ามีความสำคัญสำหรับการปลูกสักเชิงเศรษฐกิจ ต้นสักที่มีอายุ 5 ปี จึงต้องได้รับการดูแลรักษาเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- การทำความสะอาดหรือแผ้วถางสวน (weeding) ในระยะแรกต้องควบคุมกำจัดวัชพืชไม่ให้แย่งแย่งน้ำ อาหาร และบดบังต้นสักแต่เมื่อสิ้นปีที่ 5 เรือนยอดของต้นสัก ซึ่งได้รับการดูแลอย่างละเอียดประณีตตามขั้นตอน ในระยะแรกจะเริ่มเบียดชิดกันและปกคลุมวัชพืชได้เกือบจะสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามเมื่อถึงไ้วหลายปี สวนสักบางแห่งอาจถูกรบกวนโดยต้นไม้ที่ไม่ต้องการ เช่น เถาวัลย์หรือไผ่ จึงต้องทำความสะอาดหรือแผ้วถางสวนเป็นระยะ ๆ ควรดำเนินการในช่วงต้นฤดูฝน เพื่อเศษวัชพืชจะได้ผุสลายก่อนถึงฤดูแล้ง สาเหตุที่ไม่ควรดำเนินการในฤดูแล้งเนื่องจากอาจเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้สวนป่ารุนแรงทำอันตรายให้แก่ต้นสักได้

- การเกลادتอ (coppice) สวนสักที่ขาดการบำรุงรักษา อาจถูกเถาวัลย์ซึ่งมีก้านขึ้นอยู่หนาแน่นทำอันตรายต่อต้นสักได้ เช่น ทำให้เกิดแผลโรคราเข้าทำลายได้ง่าย หรือลำต้นเอนคด และเมื่อเกิดอาการดังกล่าวแล้ว เป็นการยากที่จะทำให้ลำต้นตรงดั้งเดิมได้ กรณีที่เรือนยอดของสักหักลง เนื่องจากทาน้ำหนักเถาวัลย์ไม่ไหว ก็จะมีการแตกกิ่งในบริเวณที่หัก ทำให้เกิดเป็นง่ามหรือลำต้นยอมขึ้นแข่งกัน วิธีแก้ไขก็ต้องตัดทิ้งและทำการเกลادتอ การเกลادتอที่ดีและเรียบร้อยหน่อที่งอกจะแข็งแรงและเติบโตได้อย่างรวดเร็ว การเกลادتอที่เลวหน่อมักจะเกิดมากอ่อนแอต่อแต่น้ำขังและเน่า ทำให้ชะงักการเติบโตหรือตายไปเลย

- การลิดกิ่ง (pruning) เป็นการตัดกิ่งที่อยู่ช่วงล่างของลำต้นเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของลำต้นของต้นไม้ส่วนที่เป็นท่อนซุงให้ตรงเปลวปราศจากตา การลิดกิ่งต้นสักควรใช้เลื่อย เพื่อการลิดกิ่งโดยเฉพาะตัดกิ่งให้รอยตัดเสมอกับผิวของลำต้นแล้วใช้สีขาวหรือปูนขาวป้ายรอยตัดนั้น เพื่อป้องกันเชื้อราเข้าทำลาย ควรเริ่มการลิดกิ่งตั้งแต่ปีที่ 2 ไปเรื่อย ๆ แต่ในระยะแรกนี้ควรเป็น กิจกรรมร่วมกับการแผ้วถางวัชพืชของคนงาน ปีที่ 4 จึงเริ่มลิดกิ่งอย่างจริงจังโดยตัดกิ่งล่าง ๆ ออกไม่เกินร้อยละ 30 หรือ 1 ใน 3 ส่วนของเรือนยอด จากนั้นควรกระทำในช่วงปีที่ 6-9 อีกครั้งหนึ่ง ในปีใดปีหนึ่ง ตามความเหมาะสมของอัตราการเติบโต การลิดกิ่งควรกระทำจนถึงระดับความสูง 5 เมตร ซึ่งเป็นความยาวของซุงท่อนแรก ผลการลิดกิ่งจะปรากฏเมื่อถึงคราวต้นสักโตได้ขนาดตัดมาใช้ประโยชน์ โดยที่ซุงท่อนแรกจะปราศจากตาขนาดใหญ่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มชั้นคุณภาพของท่อนซุงอันเป็นการเพิ่มทั้งคุณค่าและราคาแก่ไม้ ค่าลงทุนลิดกิ่งต้นหนึ่งเพียงส่วนน้อย แต่ราคาที่เพิ่มขึ้นของไม้ต้นนั้นเพิ่มเป็นหลายเท่าตามลักษณะคุณภาพไม้

### 1.2.2 การตัดขยายระยะ

การตัดขยายระยะ (thinning) เป็นการกระทำที่ตัดฟันในหมู่ไม้ที่ยังไม่แก่เต็มที่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นไม้ที่เหลืออยู่ และเพื่อเป็นการเพิ่มพูนผลผลิตทั้งหมดของป่า ผลผลิตทั้งหมดนั้นนอกจากไม้ที่ตัดออกจากการตัดขยายระยะ ซึ่งหากปล่อยให้ทิ้งไว้ในหมู่ไม้ก็จะถูกไม้อื่นแก่งแย่งจนต้องตายไปแล้ว ยังได้จากไม้ที่เหลือให้เหลือไว้ได้เจริญเติบโตอย่างแข็งแรงเป็นไม้ใหญ่อย่างรวดเร็ว ดังนั้น วัตถุประสงค์หลักของการตัดขยายระยะจึงทำให้การเติบโตของต้นไม้ที่เหลือได้กระจายอย่างสม่ำเสมอ ในอัตราสูงและเป็นการใช้ประโยชน์ไม้ก่อนที่จะถึงกำหนดรอบตัดฟัน การตัดขยายระยะ อาจจะแบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ (วิสุทธิ์, 2539)

1) Low thinning เป็นวิธีการตัดขยายระยะที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดต่ำจะเป็นต้นที่ถูกคัดเลือกตัดออกก่อนตามลำดับขึ้นไปจนถึงต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดบน บางครั้ง

จึงเรียกวิธีการตัดขยายระยะนี้ว่าเป็นวิธีธรรมชาติ กล่าวคือ ต้นไม้ที่ถูกเบียดบัง (Overtopped หรือ Suppressed) จะถูกคัดเลือกตัดออกก่อน เมื่อการตัดกระทำหนักขึ้น พวกต้นปานกลาง (Intermediate) และต้นไม้รองเด่น (Codominant) ก็จะถูกตัดออก พวกต้นไม้เด่น (Dominant) บางต้นอาจจะถูกตัดออกด้วยถ้าหากการตัดกระทำหนักมากขึ้นตามลำดับ

2) Crown thinning เป็นการตัดที่จะเลือกต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดบนออกเพื่อส่งเสริมการเติบโตของต้นไม้ที่เหลือ ซึ่งเป็นต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดบนเช่นเดียวกันกับต้นไม้ที่ถูกคัดเลือกตัดออกไป ต้นไม้ที่โคนตัดออกส่วนใหญ่ มีชั้นเรือนยอดเป็นพวกต้นรองเด่น แต่พวกต้นไม้เด่นและ ต้นไม้ปานกลาง บางต้นที่ไปขัดขวางการเติบโตของต้นไม้ที่ต้องการจะเหลือไว้ก็อาจจะโดนตัดออกไปด้วย ดังนั้นต้นไม้ที่จะเหลือไว้ภายหลังการตัดขยายระยะ โดยวิธีนี้คือ ต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดเป็นต้นไม้เด่น และต้นไม้รองเด่นบางต้น

3) Selection thinning นี้แตกต่างในหลักการไปจากสองวิธีแรกที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว กล่าวคือ วิธีนี้จะเลือกตัดต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดบนที่เป็นต้นไม้เด่น ออกอย่างเดียวเพื่อที่จะส่งเสริมการเติบโตของต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดล่าง ๆ รองลงไป ไม้ที่มีชั้นเรือนยอดเด่นและเป็นต้นไม้ที่มีความแข็งแรงดี เป็นต้นไม้ที่ต้องการเหลือไว้ในสองวิธีแรกนั้น จะเป็นต้นไม้ที่ถูกตัดออกไปใน Selection thinning การใช้วิธีนี้จึงควรระวังและมีขอบเขตจำกัดตามวัตถุประสงค์ เพราะจะทำให้เกิดผลเสียแก่หมู่ไม้ได้

4) Mechanical thinning เป็นวิธีการตัดขยายระยะชนิดต้นเว้นต้น หรือแถวเว้นแถว ซึ่งจะกระทำในกรณีที่มีความเติบโตของหมู่ไม้สม่ำเสมอ โดยมากจะตัดเมื่อหมู่ไม้มีอายุน้อย

นอกจากนี้อาจจะมีวิธีที่ 5 คือ Free thinning ซึ่งเป็นการรวมหลาย ๆ วิธีของทั้ง 4 นั้น เข้าผสมกัน โดยพิจารณาทั้งลักษณะของเรือนยอด ลักษณะของลำต้น และระยะห่างระหว่างต้นควบคู่กัน

การตัดขยายระยะไม้สักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ใช้ระบบเลือกตัด (Selection system) แบบ Low thinning ดำเนินการกับแปลงไม้สักที่มีการเติบโตของต้นไม้ไม่เท่ากัน คัดเลือกต้นไม้ที่มีลักษณะไม่ดีและเล็กลงมาใช้ประโยชน์ก่อน เหลือต้นไม้ที่มีลักษณะดีไว้ทำออกในรอบตัดฟันสุดท้าย สำหรับพื้นที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดี กำหนดรอบตัดฟัน (rotation) ไว้ที่อายุ 30 ปี โดยกำหนดการตัดขยายระยะครั้งที่ 1 เมื่อไม้สักอายุ 10 ปี ตัดออกแล้วคงเหลือไม้สักไว้ 50 ต้นต่อ

ไร่ จากนั้นตัดขยายระยะครั้งที่ 2 เมื่อไม้สักอายุ 15 ปี ตัดออกแล้วคงเหลือไม้สักไว้ 35 ต้นต่อไร่  
สุดท้ายตัดขยายระยะครั้งที่ 3 เมื่อไม้สักอายุ 20 ปี ตัดออกแล้วคงเหลือไม้สักไว้ 25 ต้นต่อไร่ ส่วน  
พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กำหนดรอบตัดฟันไว้ที่อายุ 30 ปี ทำการตัดขยายระยะครั้งที่ 1 เมื่อ  
ไม้สักอายุ 20 ปี ตัดออกแล้วคงเหลือไม้สักไว้ 50 ต้นต่อไร่ การตัดครั้งสุดท้าย (final cut) กระทำเมื่อ  
ไม้สักอายุ 30 ปี จะตัดไม้ออกหมดโดยจะกำหนดเป็นแปลง (block) แปลงละประมาณ 100 ไร่ และ  
คงเหลือไม้สักหรือไม้เศรษฐกิจพื้นเมืองไว้อย่างน้อย 5 ต้นต่อไร่ (แม่ไม้) ทั้งนี้เพื่อดำเนินการปลูก  
สร้างสวนป่ารอบใหม่ โดยปลูกใหม่ด้วยกล้าหรือเหง้า หรือปล่อยให้ต้นเดิมแตกหน่อขึ้นมาเป็นต้น  
ใหม่ต่อไป (อ.อ.ป., 2548ก)

รอบหมุนเวียนที่ให้ผลผลิตรายปีในรูปปริมาตรไม้ที่มากที่สุด โดยพิจารณาจากอายุเมื่อ  
มีค่า ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (Mean annual increment: MAI) สูงสุด ค่าความเพิ่มพูนรายปี (Current  
annual increment: CAI) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อไม้มีอายุน้อย จนถึงจุดหนึ่งแล้วจะค่อยๆ ลดลง  
ส่วนค่า MAI นั้นจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่า CAI จนกระทั่งที่อายุใดอายุหนึ่ง (ขึ้นอยู่กับชนิดไม้) ค่า  
MAI กับ CAI จะมีค่าเท่ากันพอดี ซึ่งถือว่าจุดนั้นเป็นจุดที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ แล้วใช้อายุไม้ ณ  
จุดนั้นเป็นอายุที่ครบรอบตัดฟัน (rotation) (นฤตย์ และอาษา, ม.ป.ป.)

ในปี พ.ศ. 2548 อ.อ.ป. ได้จัดทำโครงการปลูกและใช้ประโยชน์สวนป่าไม้สักของ อ.อ.ป.  
ขึ้นมาพิจารณาปรับปรุงแผนการทำไม้สักสวนป่าให้สอดคล้องกับมาตรฐานการจัดการป่าไม้อย่าง  
ยั่งยืนของ อ.อ.ป. โดยจัดทำเป็นแผนการทำไม้ 30 ปี (อ.อ.ป., 2548ข)

### 1.3 การใช้ประโยชน์ของไม้สัก

ไม้สักเป็นไม้ที่มีลวดลายสีส้มสวยงาม เลื่อยไสตกแต่งง่ายยึดเหนี่ยวดี ไม้สักหรือ  
แตกง่ามน้ำหนักเบาพอประมาณมีความแข็งแรงปานกลางแต่มีความทนทานสูงมาก ไม่ว่าจะต่อการ  
เปลี่ยนแปลง ของสภาพลมฟ้าอากาศหรือแมลงและเห็ดรา ดังนั้นจึงสามารถนำไม้สักใช้ประโยชน์  
ได้หลายอย่างตามอายุและขนาดของไม้ที่ตัดออกมาจำหน่าย นับตั้งแต่ไม้ซุงเพื่อนำไปแปรรูปใช้ใน  
การก่อสร้างบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ ปาร์เก้ แกะสลัก โมเสค วงกบ ครอบและบานประตูหน้าต่าง  
 ฯลฯ การใช้ประโยชน์ไม้สักเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ มีดังนี้ (โชคชัย, 2536)

1.3.1 ไม้ซุงเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน การปลูกและตัดไม้สักเพื่อจำหน่ายใน  
ลักษณะของไม้ซุงหรือไม้แปรรูปเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง ไม่มีปัญหาเรื่องตลาดแต่อย่างใด ทั้งนี้

เพราะในปัจจุบันความต้องการใช้ไม้สักมีมากกว่าที่ผลิตได้ แต่การปลูกสักเพื่อใช้ประโยชน์ดังกล่าว ต้องใช้ระยะเวลาตัดฟันนาน 20-30 ปี หรือหวังผลตอบแทนในระยะยาว ผู้ลงทุนจึงควรวางแผนอย่างรอบคอบก่อนดำเนินการ เช่น ต้องมีเงินลงทุนเพียงพอตลอดโครงการ มีพื้นที่มากพอที่จะดำเนินการหมุนเวียนโดยไม่ทำให้การดำเนินงานหยุดชะงัก

1.3.2 ไม้บางและไม้อัด การปลูกไม้สักเพื่อใช้ทำไม้บางและไม้อัดนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะนำไม้ส่งขายให้กับโรงงานทำไม้อัดไม้บาง ไม้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์จึงต้องมีลักษณะแปลตรง ไม่มีตำหนิจากปมตา ดังนั้นจะเป็นต้องวางแผนการปลูกและการจัดการอย่างดี โดยกำหนดรอบตัดฟันไว้ประมาณ 15-20 ปี โดยในปีที่ 6 ทำการลิดกิ่งและตัดขยายระยะเพื่อสร้างราคาไม้ ไม้ที่ตัดออกมาจะนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ทำเฟอร์นิเจอร์ ทำของเด็กเล่น ทำบ้าน ทำล้อเคบิน ฯลฯ ทำการตัดอีกครั้งในปีที่ 11 สามารถนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ ปาร์เก้ และบ้านไม้ซุง ปีที่ 15 จึงตัดไม้ออกทั้งหมดเพื่อจำหน่ายเป็นไม้บาง และไม้ซุงแปรรูปก่อสร้างบ้านเรือน

1.3.3 การทำเฟอร์นิเจอร์ และฝาบ้านแบบ Log Cabin หรือ Log home เป็นไม้ที่มีลักษณะแปลตรง และมีขนาดเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ หรือบ้านไม้ซุงลักษณะเล็ก (Teak timber) ปลูกสักอายุ 5 ปี เพื่อตัดไม้จำหน่าย ไม้ซุงขนาดที่ต้องการคือ ความโตเส้นรอบวง 30-50 เซนติเมตร แต่ถ้ากำหนดรอบตัดฟัน 15 ปี ต้องการการตัดขยายระยะ 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เปิดเรือนรากและเรือนยอดที่ชิดกันออก ไม้สักจะเติบโตเฉลี่ยทางเส้นรอบวงระดับอกประมาณ 100 เซนติเมตร ตัดมาจำหน่ายเป็นไม้ซุงแปรรูปหรือใช้ประโยชน์อย่างอื่น

## 2. การเติบโตของต้นไม้

### 2.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเติบโตของต้นไม้

การเติบโตของต้นไม้ คือ การเพิ่มขนาดของราก ลำต้น และกิ่งก้านของต้นไม้ตามกาลเวลาที่เพิ่มขึ้น การเติบโตของต้นไม้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนของน้ำหนัก ปริมาตร หรือขนาดและรูปร่างของต้นไม้ (Husch *et al.*, 1982 )

การเติบโตนั้นสามารถเกิดขึ้นได้พร้อมกันในทุกๆส่วนของต้นไม้และเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งตัวแปรที่สามารถวัดเพื่อศึกษาการเติบโตนั้นมีหลายตัว เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter)

ความสูง (height) ขนาดเรือนยอด (crown size) พื้นที่หน้าตัด (basal area) ปริมาตร (volume) และ น้ำหนัก (weight) (กันดันทันท์, 2548) เป็นต้น

การเติบโตของต้นไม้มักจะกล่าวกันในรูปของส่วนที่เพิ่มขึ้น (Increment) ซึ่งส่วนที่เพิ่มขึ้นของต้นไม้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท (ปีสตี, 2534) คือ

2.1.1 ความเพิ่มพูนรายปี (Current annual increment: CAI) เป็นการเติบโตหรือความเพิ่มพูนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี

2.1.2 ความเพิ่มพูนระยะคาบ (Periodic increment: PI) เป็นความเพิ่มพูนที่เพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งซึ่งมากกว่าหนึ่งปี อาจจะเป็นช่วงละ 5 หรือ 10 ปีก็ได้

2.1.3 ความเพิ่มพูนเฉลี่ยในระยะคาบ (Periodic annual increment: PAI) เป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หาได้โดยเอาความเพิ่มพูนระยะคาบหารด้วยจำนวนปีในระยะคาบนั้น

2.1.4 ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (Mean annual increment: MAI) เป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยที่หาได้จากความเพิ่มพูนสะสมทั้งหมด หารด้วยอายุทั้งหมด

## 2.2 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง

การเติบโตของต้นไม้จะเป็นการเติบโตที่เป็นระยะๆ ในการเปลี่ยนรูปทรงของลำต้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วงเวลาหนึ่งๆ ในป่าเขตอบอุ่นการเติบโตของต้นไม้ในแต่ละปีจะเป็นขั้นรอบๆ ลำต้นจนเห็นได้ชัด (ชาญ, 2525) ทำให้เห็นขนาดของต้นไม้ขยายใหญ่ขึ้นกว่าเดิม ช่วงแรกวงปีมีขนาดใหญ่แล้วจะค่อยแคบลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น การเติบโตทางความโตจะมีความแปรผันแบบผกผันกับความหนาแน่นของหมู่ไม้ และการตัดขยายระยะ (กิระและธรรมบุญ, ม.ป.ป.) หมู่ไม้ที่ได้รับการตัดขยายระยะแล้วจะมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกเฉลี่ยโตกว่าหมู่ไม้ลักษณะเดียวกันที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ

Philip (1994) ได้แบ่งรูปแบบการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางในสวนป่าของไม้ชนิดหนึ่งๆ ออกเป็น 3 ระยะ คือ

2.2.1 ระยะเริ่มของการเติบโต (The early immature stage) เป็นระยะที่การเติบโตของต้นไม้ในหมู่ไม้ยังไม่มีการแก่งแย่งกัน เรือนยอดไม่ชิดติดกัน อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางในระยะนี้ยังไม่ได้รับผลกระทบจากการแก่งแย่งกันระหว่างต้นไม้

2.2.2 ระยะกลางของการเติบโต (The responsive middle stage) เป็นระยะที่มีการเบียดชิดกันของเรือนยอดต้นไม้ และเป็นระยะที่การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางตอบสนองได้อย่างรวดเร็วต่อการจัดการใดๆ ภายในหมู่ไม้ เช่น การตัดขยายระยะ และการให้ปุ๋ย เป็นต้น

2.2.3 ระยะสุดท้ายของการเติบโต (The final or mature stage) เป็นระยะที่เห็นได้ชัดว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการเติบโตถึงแม้ว่าจะมีการจัดการใดๆ

### 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้

การเติบโตของต้นไม้แต่ละต้นแตกต่างกันไป ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากปัจจัยหลัก 2 ประการ (Kramer and Kozlowski, 1960) คือ

2.3.1 ศักยภาพในการเติบโตตามลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้ (Hereditary potentialities of trees) เป็นความสามารถทางพันธุกรรมในการเติบโตของต้นไม้ชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยทางด้านชีวภาพ

2.3.2 ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental factors) สภาวะแวดล้อมที่ต้นไม้ขึ้นอยู่นั้นจะส่งผลกระทบต่อเติบโต

Whitmore (1975) กล่าวว่าปัจจัยทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของต้นไม้ในเขตร้อนชื้นต่างๆ กับถิ่นที่ตั้ง และลักษณะของเรือนยอด ส่วน Husch *et al.* (1982) กล่าวว่า การเติบโตของต้นไม้เป็นผลเนื่องมาจากการกระทำร่วมกันของสิ่งแวดล้อมกับความสามารถทางกรรมพันธุ์ของไม้แต่ละชนิดซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าวได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ลักษณะดิน ลักษณะภูมิประเทศ และการแข่งขัน ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้แสดงถึง “คุณภาพแหล่งไม้” (Site quality) ซึ่งการแข่งขันสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยวนวัฒนปฏิบัติหรือวนวัฒนวิธี

ในสวนป่า วนวัฒนปฏิบัตินับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเติบโต เช่น การตัดขยายระยะ การลิดกิ่ง เป็นต้น การตัดขยายระยะมีผลอย่างมากต่อการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ต้นไม้ที่ได้รับการตัดขยายระยะอย่างถูกต้องตามเวลาที่สมควรจะมีความกว้างของวงปีที่จะค่อยๆ ลดลงเพียงเล็กน้อยอย่างสม่ำเสมอออกมาจากใจกลางซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ชัดก็ต่อเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับลักษณะของวงปีของต้นไม้ที่ไม่ได้รับการตัดขยายระยะ (วิสุทธิ, 2539)

## 2.4 การวัดการเติบโตของต้นไม้

การเติบโตของต้นไม้สามารถวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งของต้นไม้ ซึ่งอาจจะศึกษาเป็นรายต้นหรือเป็นหมู่ไม้ตามแต่วัตถุประสงค์หรือปัจจัยอื่นๆ เช่น ระยะเวลา ขนาดประมาณที่มี เป็นต้น ในการวัดการเติบโตหรือความเพิ่มพูนสามารถทำได้โดยวิธีต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ปัสสิ, 2534)

2.4.1 การวัดจากแปลงตัวอย่าง (Sample plots) แปลงตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือแปลงตัวอย่างชั่วคราว และแปลงตัวอย่างถาวร แปลงตัวอย่างชั่วคราวนั้นเลือกทำในที่ที่ต้นไม้มีอายุต่างกัน แปลงหนึ่งๆ สำหรับไม้อายุชั้นหนึ่งๆ แล้ววัดไม้ในแปลงนั้นๆ ส่วนแปลงตัวอย่างถาวรเป็นการเลือกทำในที่ที่ต้นไม้ยังเขี่ยวอยู่ แล้วทำการวัดไม้เป็นระยะๆ ตามอายุของไม้ (เทอด, 2525)

2.4.2 การวิเคราะห์ตอ (Stump analysis) เป็นการศึกษาวงปีจากตอไม้ที่โค่นลงแล้วใช้เพื่อหาความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างเดียว (ชาญ, 2513)

2.4.3 การวิเคราะห์ลำต้น (Stem analysis) การเติบโตในอดีตของต้นไม้ เราจะสามารถทราบได้จากการวิเคราะห์ลำต้น ซึ่งการศึกษาการวิเคราะห์ลำต้นจะทำให้เราทราบว่าต้นไม้มีการเติบโตอย่างไรในทางความโตและความสูง นอกจากนี้ยังทำให้เราทราบถึงการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของต้นไม้ด้วย ทั้งนี้ก็เพราะว่าหน้าตัดของลำต้นที่ระดับความสูงต่างๆ การวัดดังกล่าวเราอาจจะวัดจากต้นไม้ที่ยืนต้นก็ได้โดยการใช้ส่วสำหรับเจาะใส่ไม้ (Increment borer) เจาะที่ระดับความสูงต่างๆ ของลำต้น แล้วนับและวัดวงปี ถ้าต้นไม้ไม่นิ่งไม่ใหญ่จนเกินไป หรือเนื้อไม้ไม่แข็งจนเกินไป

2.4.4 การเจาะวัดหาความเพิ่มพูน (Increment boring) การเจาะวัดหาความเพิ่มพูน เป็นวิธีการวัดการเติบโตของต้นไม้โดยใช้เครื่องเจาะใส่ไม้ (Increment borer) เจาะเอาไส้ของไม้ (Core)



### 3. ผลผลิตและตารางผลผลิต

ผลผลิต (Yield) หมายถึง ผลผลิตทางป่าไม้ ไม่ว่าจะวัดเป็นหน่วยปริมาตร หรือมูลค่าอย่างอื่น ซึ่งเราตัดฟันออกมาจากป่าแห่งใดแห่งหนึ่งในช่วงระยะเวลาที่ให้ หรือหมายถึงปริมาตร หรือปริมาณอย่างอื่นของผลผลิตทางป่าไม้ที่มีอยู่ หรือเกิดขึ้นในหมู่ไม้หนึ่งในเวลาที่กำหนดให้ (Davis, 1966)

ตารางผลผลิต (Yield table) หมายถึง ตารางที่แสดงผลผลิตหรือปริมาณไม้ต่อหน่วยพื้นที่ในไม้อายุต่างๆ ที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ที่มีหมู่ไม้อายุสม่ำเสมอในป่านั้น ซึ่งใช้ประมาณผลผลิตของหมู่ไม้ได้ดี เนื่องจากตารางผลผลิตมักจะแยกออกเป็นชนิดไม้ และหน่วยผลผลิตทางการค้า (Chapman และ Meyer, 1949)

ในการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตนั้น รวบรวมข้อมูลจากแปลงตัวอย่างที่ครอบคลุมช่วงอายุต่างๆ และสภาพพื้นที่ต่างๆ ซึ่งตารางผลผลิตอาจสร้างได้จาก Multiple regression analysis โดยคำนวณจากข้อมูลตัวแปรอิสระ คือ อายุ แหล่งไม้ และความเบียดเสียด (อาจจะกำหนดเป็นเชิงปริมาณ เช่น จำนวนต้นต่อหน่วยเนื้อที่) และผลผลิตอาจแสดงในรูปปริมาตรไม้ พื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงก็ได้ (สมชาย, 2534)

### 4. การวิเคราะห์ห่วงปีไม้ (Tree ring analysis)

#### 4.1 การเกิดและลักษณะวงปีไม้

วงปีเกิดจากการเจริญและแบ่งเซลล์ของ Cambium ในฤดูการเติบโต ซึ่งโดยทั่วไปเริ่มขึ้นระหว่างปลายฤดูร้อนกับต้นฤดูฝน อัตราการเติบโตจะเร็วในตอนต้นฤดูเติบโต และค่อยๆ ช้าลงเมื่อจวนหมดฤดูเติบโต คือปลายฤดูฝนอย่างเข้าฤดูหนาว อัตราการเติบโตที่ต่างกันนี้ทำให้ขนาดของเซลล์และความหนาของผนังเซลล์ Xylem ไม่เหมือนกัน จากด้านตัดขวางของเนื้อไม้และราก จะเห็นชั้นของการเติบโตนี้ได้เป็นชั้นๆ เรียกว่า วงเติบโต (Growth ring หรือ Growth layer) ถ้าการเจริญนี้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอในช่วงปีหนึ่งๆ ก็มักจะเรียกกันว่า วงปี (Annual ring หรือ Annual layer) ในฤดูฝน น้ำในดินมีมาก Cambium มีการแบ่งตัวและเปลี่ยนรูปไปเป็น Xylem มาก เซลล์ของ Xylem จึงมีขนาดใหญ่ ผนังเซลล์บาง ไม่เรียงตัวอัดกันแน่นมองเห็นได้ง่าย เรียกว่า ไม้ต้นฤดู (Earlywood) ส่วนเซลล์ที่เกิดในฤดูที่มีน้ำน้อย เซลล์จะมีขนาดเล็กและแคบกว่า ผนังเซลล์หนากว่า เรียกว่า ไม้ปลายฤดู (Latewood) (เทียมใจ, 2546)

ในบางครั้งการเจริญนี้ต้องหยุดชะงักเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพดินฟ้าอากาศ มีโรคเกิดขึ้น หรือเกิดจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เมื่อสภาพต่างๆ เข้าสู่สภาวะปกติแล้วจะมีวงเติบโตอันที่สองเกิดขึ้นได้ ชั้นที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า วงปีหลอก (False annual ring) ชั้นของการเติบโตซึ่งประกอบไปด้วยสองวง หรือมากกว่าเรียกว่า Multiple annual ring นอกจากนี้ในกรณีที่ Cambium ส่วนหนึ่งไม่แบ่งตัวทำให้งปีที่เกิดขึ้นมีไม่ครบวง ส่วนที่ไม่ครบวงนั้นไปซ้อนอยู่กับวงเก่า เรียกวงเติบโตชนิดนี้เรียกว่า วงชะงัก (Discontinuous ring) (เทียมใจ, 2546) วงปีที่ผิดปกตินี้จะก่อให้เกิดปัญหาในการใช้วิธี Crossdating คือ วงปีจะถูกจับคู่ด้านหนึ่งแต่อีกด้านหนึ่งไม่สามารถจับคู่กับวงปีอื่นๆ ได้ การแก้ปัญหานี้อาจทำได้โดยการใช้วิธี Crossdating กับหลายๆ ตัวอย่างจากต้นใกล้เคียงกัน หรือตัวอย่างจากพื้นที่ใกล้เคียง (ขวัญชัย, 2542)

สำหรับไม้แต่ละชนิดนั้นมีรูปแบบวงปีที่แตกต่างกัน การเจาะวัดความเพิ่มพูนเป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อวัดการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่อย่างไรก็ตามการเจาะจะต้องใช้ความระมัดระวังเกี่ยวกับรูปทรงของต้นไม้ ลักษณะของลำต้นที่ไม่เป็นวงกลมและรูปแบบวงปีที่ป็นรูปไข่มักจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ ลักษณะที่ผิดปกตินี้จะเกิดจากสภาวะสิ่งแวดล้อมซึ่งทำให้ต้นไม้อาจจะโตเร็วทางด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านหนึ่ง (Avery, 1975) อย่างไรก็ตามจะต้องสำรวจตัวอย่างให้มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม เพื่อลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว

#### 4.2 แนวคิดเกี่ยวกับรุกขกาลวิทยา (Dendrochronology)

รุกขกาลวิทยา เป็นคำแปลจากภาษาอังกฤษคำว่า “Dendrochronology” ประกอบด้วย Dendro เป็นภาษากรีกแปลว่าต้นไม้ รวมกับคำว่า Chronology เป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลาและเหตุการณ์ต่างๆ ดังนั้นความหมายของรุกขกาลวิทยาจึงหมายถึง ศาสตร์ที่วิเคราะห์ลักษณะของวงปี และนำเวลาที่วงปีต้นไม้เกิดขึ้นมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของโลก และอวกาศในศาสตร์ทางกายภาพและวัฒนธรรม (ปีสตี และขวัญชัย, 2548) ซึ่งการศึกษา Dendrochronology ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์ในแขนงต่างๆ เช่น Dendroclimatology เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของลักษณะวงปีไม้กับสภาพภูมิอากาศทั้งในอดีตและปัจจุบัน หรือ Dendroecology Dendrohydrology และ Dendromorphology เป็นการนำเอาลักษณะวงปีทั้งในอดีตและปัจจุบันมาศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาป่าไม้ ลักษณะทางอุทกวิทยาในอดีตและลักษณะกระบวนการทางธรณีวิทยา ตามลำดับ (Fritts, 1976)

ในการศึกษาเกี่ยวกับรูกษกาลวิทยา จะมีกระบวนการพื้นฐานที่จำเป็น คือ การวิเคราะห์ห่วงปีและCrossdating ซึ่งจะทำให้เกิดความแม่นยำในด้านเวลาของแต่ละวงปีมากยิ่งขึ้น ซึ่งวงปีของไม้จะต้อง Crossdate ทั้งหมด ทั้งภายในต้น ระหว่างต้น หรือในหมู่ไม้ใกล้เคียง โดยวงปีจะถูกจับคู่ (Match) กับวงปีที่มีลักษณะคล้ายกัน หรือที่เกิดเวลาเดียวกัน ถ้ามีความผันแปรระหว่างปีเพียงพอ และจำนวนตัวอย่างมากพอ จะสามารถยืนยันความถูกต้องของปีที่ทำการศึกษได้ วิธีการ Crossdating จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีผลต่อความกว้างของวงปีในหมู่ไม้ นั้น (Fritts, 1976)

## 5. การพยากรณ์เชิงปริมาณ

### 5.1 ความหมายและความสำคัญ

การพยากรณ์เป็นการคาดคะเนหรือทำนายการเกิดของเหตุการณ์หรือสภาพต่างๆ ในอนาคต โดยการพยากรณ์จะทำจากการศึกษาแนวโน้มและรูปแบบการเกิดของเหตุการณ์ หรือสภาพการณ์จากข้อมูลในอดีต ซึ่งการพยากรณ์เชิงปริมาณนี้จะเป็นการใช้รายละเอียดของข้อมูลในอดีตมาเป็นแนวทางในการพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคและวิธีการพยากรณ์ต่างๆ (ทรงศิริ, 2539)

การพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย และการตรวจสอบการดำเนินงานของระบบ (ทรงศิริ, 2539) ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับการเติบโตของต้นไม้ ความกว้างของวงปีจะถูกกำหนดโดยความผันแปรของสิ่งแวดล้อมจาก 1 ปี ไปจนถึงหลายๆ ปี ซึ่งความผันแปรจะมีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (ขวัญชัย, 2542)

### 5.2 อนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา (Time series) หมายถึงค่าข้อมูลหรือค่าสังเกตที่เก็บรวบรวมตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาที่เก็บรวบรวมข้อมูลอาจห่างเท่ากันหรือไม่ก็ได้ โดยส่วนใหญ่ช่วงเวลาระหว่างเท่ากัน แต่ถ้าหากช่วงเวลาระหว่างไม่เท่ากันอาจเกิดปัญหาในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาได้ อนุกรมเวลาจะมีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากข้อมูลอื่นๆ คืออนุกรมเวลาเป็นข้อมูลที่ไม่อิสระกัน (ศิริลักษณ์, ม.ป.ป.) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งส่วนประกอบหลักของอนุกรมเวลา ได้แก่ แนวโน้ม (trend) อิทธิพลของฤดูกาล (seasonal

variations) อิทธิพลของวัฏจักร (cycle) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (irregular fluctuations) (Bruce *et al.*, 1993)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series analysis) ตามที่กัลยา (2546) ได้ให้ความหมายไว้ว่าการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรในอนาคต โดยศึกษาจากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรนั้นที่เปลี่ยนไปตามเวลาในอดีต โดยไม่ได้พิจารณาค่าของตัวแปรอื่นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์เลย ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลามีหลายเทคนิคในการวิเคราะห์จำเป็นต้องเลือกเทคนิคที่ใช้ให้เหมาะสม ส่วนทรงศิริ (2539) กล่าวว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นการศึกษาแผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่กำหนดด้วยรูปแบบอนุกรมเวลา (Time series model) จากแบบที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์โดยมีข้อสมมติว่า แผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในอนาคตจะไม่ต่างจากแผนแบบการเคลื่อนไหวในอดีต ความถูกต้องของการพยากรณ์มีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของรูปแบบอนุกรมเวลาที่กำหนดขึ้น การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการวิเคราะห์จากหนึ่งตัวแปรหรือหนึ่งปัจจัย ซึ่งเหมาะสมกับสภาพของการพยากรณ์ที่ไม่มีนโยบายขององค์กรหรือของนอกองค์กรเข้ามาเกี่ยวข้อง (ทรงศิริ, 2539)

วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลามีดังนี้ (ทรงศิริ, 2539)

5.2.1 วิธีง่าย (Naive method) ค่าพยากรณ์ในอนาคตจะมีค่าเป็นส่วนส่วนของค่าสังเกตล่าสุด

5.2.2 วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition method) ค่าพยากรณ์ในอนาคตจะได้จากการรวมค่าวัดส่วนประกอบของอนุกรมเวลาได้แก่ ค่าแนวโน้ม ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล ค่าวัดวัฏจักร และค่าวัดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ค่าวัดจะหาได้จากวิธีการเฉลี่ยแบบธรรมดา (Simple average) แบบเคลื่อนที่ (Moving average) แบบ Census II และการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares method)

5.2.3 วิธีปรับให้เรียบ (Smoothing method) ค่าพยากรณ์ในอนาคตเป็นค่าที่ได้จากค่าสังเกตในอดีต โดยให้น้ำหนัก (weight) กับค่าสังเกตแบบต่างๆ กรณีที่ให้น้ำหนักกับค่าสังเกตเท่ากันจะเรียกว่าวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average method) กรณีที่ให้น้ำหนักกับค่าสังเกตไม่เท่ากันเรียกว่าวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving average method) และกรณีที่ให้น้ำหนักกับค่าสังเกตลดหลั่นกันแบบเอกโปเนนเชียล (Exponential) จะเรียกวิธีปรับให้เรียบเอกโปเนนเชียล (Exponential smoothing method)

5.2.4 วิธีของ Box และ Jenkins (Box-Jenkins method) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยการหารูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ (Autocorrelation function) และค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์บางส่วนแบบอัตโนมัติ (Partial autocorrelation function) เป็นหลักในการพิจารณา และรูปแบบที่เลือกใช้จะอยู่ในกลุ่มของรูปแบบ ARIMA (Autoregressive integrated moving average) ซึ่งเป็นรูปแบบที่กำหนดว่าค่าพยากรณ์ในอนาคตเป็นค่าที่ได้จากค่าสังเกตหรือค่าพยากรณ์ก่อนหน้า และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ก่อนหน้า

5.2.5 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เป็นการศึกษาว่าตัวแปรอิสระมีอิทธิพลอย่างไรต่อตัวแปรตาม การอธิบายลักษณะความสัมพันธ์จะอธิบายด้วยรูปแบบการถดถอย (Regression model) เช่น รูปแบบการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear) แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เป็นต้น การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการถดถอยพิจารณาโดยการทดสอบสมมติฐาน และพิจารณาจากค่าสถิติบางค่าที่อธิบายประสิทธิภาพของรูปแบบ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination:  $r^2$ ) นอกจากนี้ยังควรพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของค่าคาดหวังของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขวัญชัย (2542) ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านภูมิอากาศ และการตัดขยายระยะ ต่อการเติบโตของไม้สนสามใบ โดยการเจาะวัดความกว้างวงปีของต้นไม้ที่ระดับ 30 เซนติเมตรจากพื้นดินในพื้นที่ส่วนป่าดอยบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม้สนสามใบที่ผ่านการตัดขยายระยะมีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกเฉลี่ยมากกว่าไม้สนสามใบที่ไม่ผ่านการตัดขยายระยะในแปลงปลูกปีเดียวกัน และความกว้างวงปีไม้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีมากกว่าไม้สนสามใบที่ไม่ผ่านการตัดขยายระยะ และพบว่าในช่วงก่อนการตัดขยายระยะ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด มีความสัมพันธ์กับความกว้างวงปี แต่ไม่มีผลในช่วงหลังการตัดขยายระยะ

Chojnacky (1996) ทำการสร้างตัวแบบการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้รายต้นของไม้ Pinyon และ Juniper ใน Dryland forest ของ นิวเม็กซิโก สหรัฐอเมริกา ทำการสร้างตัวแบบจากข้อมูลการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง จากการศึกษาวงปีโดยการเจาะวัดหาความเพิ่มพูนบริเวณโคนต้นใกล้กับคอราก ในระยะ 10 ปีย้อนหลังของไม้ขนาดกลางในพื้นที่ที่ศึกษา ตัวแบบที่ได้นี้ได้พัฒนามาจากตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้ในป่าเขตอบอุ่น ทางตอนใต้ของ

สหรัฐอเมริกาซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง คุณภาพแหล่งไม้และการแก่งแย่งกันของหมู่ไม้ ผลจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นเครื่องมือในการจัดการป่าไม้และสามารถนำไปพัฒนาตัวแบบการเติบโตของหมู่ไม้ได้ต่อไป

สมชาย (2534) ทำการประเมินผลผลิตของไม้สักในสวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ทางภาคเหนือของประเทศไทย ตั้งแต่อายุ 11-18 ปี โดยวิเคราะห์จำแนกคุณภาพแหล่งไม้ด้วยวิธี Anamorphic site index technique และสร้างสมการสำหรับประมาณผลผลิตของไม้สักในสวนป่าด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าการประมาณผลผลิตต่อไร่ของไม้สักสามารถประมาณได้อย่างถูกต้องเมื่อทราบดัชนีแหล่งไม้และพื้นที่หน้าตัดต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ได้เปลือก) มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าความสูงทั้งหมด

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. Haga altimeter (ภาพผนวกที่ 1)
2. Spiegel relaskop(ภาพผนวกที่ 2)
3. Swedish bark gauge(ภาพผนวกที่ 3)
4. Increment borer (ภาพผนวกที่ 4)
5. เทปวัดระยะ
6. เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง
7. กระจายลูกฟูก และหลอดกาแฟ
8. แบบบันทึกข้อมูล
9. มีดผ่าตัด
10. กระจายทราย
11. เครื่องมือวัดความกว้างวงปี (ภาพผนวกที่ 5)
12. เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS)
13. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป

### วิธีการ

#### 1. การรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการวิจัยในพื้นที่สวนป่าไม้สักแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ประกอบด้วยสวนป่าแปลงปลูกปี พ.ศ. 2511 2512 2516 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 และ2528

##### 1.1 การสำรวจสวนป่าเบื้องต้น

###### 1.1.1 วิธีการสำรวจ

ดำเนินการสำรวจในแต่ละชั้นอายุโดยใช้เทคนิคการสำรวจทรัพยากรป่าไม้แบบ Line Plot System ในการสำรวจจะใช้แปลงตัวอย่างวงกลม (Circular sample plot) ขนาด 0.05 เฮกตาร์หรือมีรัศมีของแปลงตัวอย่าง 12.62 เมตร (ภาพผนวกที่ 6) ซึ่งเนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนสามารถคำนวณได้ดังนี้ (สถิตย์, 2525)

$$\frac{\text{เนื้อที่ทำการสำรวจ}}{\text{เนื้อที่ป่าทั้งหมด}} = \frac{\% \text{ที่สำรวจ}}{100\%} = \frac{\text{เนื้อที่ของแปลงตัวอย่าง}}{\text{เนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทน}}$$

ในการสำรวจจำเป็นต้องกำหนดเปอร์เซ็นต์การสำรวจเบื้องต้น เพื่อให้สามารถคำนวณขนาดเนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนและสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างแนวและระหว่างแปลงได้ สำหรับในการศึกษานี้กำหนดเปอร์เซ็นต์การสำรวจเบื้องต้นเป็น 1.25 เปอร์เซ็นต์ และกำหนดระยะห่างระหว่างแนวและระหว่างแปลงสามารถกำหนดให้เป็น 100x400 หรือ 200x200 เมตร ซึ่งในการเลือกใช้ระยะห่างนี้จะขึ้นกับลักษณะของพื้นที่ที่สำรวจ

ตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูลที่ได้จากการสำรวจประการหนึ่งคือ ข้อมูลที่มีคุณภาพจะต้องได้จากการสำรวจที่มีขนาด (จำนวน) ตัวอย่างที่เหมาะสม ในที่นี้กำหนดให้มีเปอร์เซ็นต์การสำรวจเท่ากับ 1.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเพียงการกำหนดเบื้องต้นเท่านั้น ในการสำรวจในพื้นที่จริงอาจจะมีความ (จำนวน) ตัวอย่างมากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดก็ได้

ในการพิจารณาขนาดตัวอย่าง ในที่นี้จะใช้หน่วยตัวอย่าง คือ ต้นไม้แต่ละต้นที่สำรวจ และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการนำมาคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคือ ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาตรต้นไม้ถึง 2 ใน 3 (Philip, 1994)

จากนั้นคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมซึ่งกำหนดให้หน่วยตัวอย่างเป็น ต้นไม้แต่ละต้น โดยใช้สูตร ดังนี้ (สุรินทร์, 2541)

$$n = \frac{z^2 S^2}{d^2}$$

โดย  $n$  = ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม (ต้น)

- z = ค่าที่เปิดจากตารางการแจกแจงปกติมาตรฐานเมื่อกำหนดค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
- $S^2$  = ความแปรปรวนของตัวอย่าง
- d = ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่ยอมรับได้ในการประมาณในที่นี้กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 5 เปอร์เซนต์

การพิจารณาค่าที่ได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมนั้นมีหลักการเบื้องต้นดังนี้ ถ้าค่าขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ (n) มีค่าน้อยกว่าจำนวนตัวอย่างที่สำรวจภาคสนามให้ถือว่ามิขนาดตัวอย่างเพียงพอแล้ว แต่ถ้าค่าขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ (n) มีค่ามากกว่าจำนวนตัวอย่างที่สำรวจภาคสนามให้ถือว่าขนาดตัวอย่างยังไม่เพียงพอซึ่งจะต้องดำเนินการสำรวจภาคสนามเพิ่มโดยอาจวางแผนให้กระจายทั่วพื้นที่อย่างเป็นระบบ (อาจวางแผน ณ จุดระหว่างแปลงที่สำรวจแล้ว) แล้วคำนวณหาค่า n ใหม่ ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การสำรวจอาจมากกว่าหรือน้อยกว่า 1.25 % ก็ได้ขึ้นกับความแปรปรวนของข้อมูล ( $S^2$ )

### 1.1.2 การบันทึกข้อมูล

การสำรวจในขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจเพื่อให้ทราบสภาพของต้นไม้ในสวนป่า จึงทำการสำรวจแบบมีระบบที่เรียกว่า Line plot system โดยทำการบันทึกข้อมูลไม้ตัวอย่างที่อยู่ในแปลงวงกลมตามที่กำหนด (ภาพผนวกที่ 7) ดังนี้

- 1) บันทึกข้อมูลพื้นฐานของหน่วยตัวอย่าง เช่น อายุของหมู่ไม้ (ปีที่ปลูก) ระบบปลูก วนวัฒนวิธีที่ใช้ในการดูแลหรือจัดการสวนป่า
- 2) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดินของต้นไม้
- 3) วัดความสูงทั้งหมด

## 1.2 การสำรวจเพื่อสร้างตัวแบบประเมินการเติบโตและผลผลิตของไม้รายต้น

1.2.1 นำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก (dbh) ของไม้สักในแต่ละแปลงที่ได้จากการสำรวจในข้อ 1.1.2 มาวิเคราะห์หาค่าการกระจายโดยตั้งสมมติฐานว่ามีลักษณะ

ใกล้เคียงกับรูปแบบของโค้งปกติ (Normal curve) แล้วทำการแบ่งออกเป็น 6 ส่วนจะได้จำนวนชั้นความโตเป็น 6 ชั้น (ตารางผนวกที่ 1)

1.2.2 สุ่มวัดต้นไม้ตัวอย่างมาชั้นความโตละ 3 ต้น รวมทั้งสิ้น 18 ต้นต่อแปลงปีปลูก เพื่อเป็นตัวแทนและเก็บรวบรวมข้อมูล (ภาพผนวกที่ 8) ดังนี้

- 1) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร
- 2) วัดความหนาของเปลือกที่ระดับความสูง 1.30 เมตร โดยใช้ Swedish bark gauge วัด 3 จุด แต่ละจุดให้ทำมุมกันประมาณ 120 องศา
- 3) วัดความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ กำหนดระดับความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้จากโคนต้นจนถึงจุดสูงสุดที่ทำเป็นสินค้าได้ตามการซื้อขายจริงในหมอนไม้หรือจุดที่มีขนาดเส้นรอบวงไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือ Spiegel relaskop
- 4) ทำการแบ่งไม้ออกเป็นท่อนที่จะทำเป็นสินค้าได้โดยใช้หลักเกณฑ์เหมือนการทอนไม้จริงในหมอนไม้ โดยจะบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคนท่อน กลาง และปลายท่อน และขนาดความยาวของไม้แต่ละท่อน โดยใช้เครื่องมือ Spiegel relaskop และหักความยาวของท่อนไม้ด้านโคนและปลายด้านละ 10 เซนติเมตร เพื่อการตกแต่งท่อนไม้เมื่อมีการตัดท่อนไม้ในหมอนไม้ ทั้งนี้ได้ยึดเอาความยาวท่อนที่ 6 เมตร เป็นหลักเพื่อให้มีราคาสูงและเป็นที่ต้องการของตลาด
- 5) ใช้เครื่องมือ Increment borer เจาะไม้ตัวอย่างแต่ละด้านจากเปลือกถึงแก่นไม้ที่ระดับ 1.30 เมตร โดยเจาะต้นละ 2 จุด ในแนวทิศเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้ได้ไส้ไม้ (Core)
- 6) นำไส้ไม้ที่ได้ เก็บไว้ในกระดาษลูกฟูกหรือหลอดกาแฟ และบันทึกรายละเอียดของไส้ไม้และในการเก็บรักษาไส้ไม้ที่ได้นี้ จะต้องป้องกันจากความชื้นเพื่อไม่ให้เกิดเชื้อรา เพราะจะทำให้วงปีไม่ชัดเจน

### 1.2.3 การวัดความกว้างของวงปี

- 1) เตรียมไส้ไม้ตัวอย่าง (Core) โดยนำไส้ไม้ออกมาจากหลอดกาแฟหรือร่องลอนกระดาษลูกฟูก คัดไส้ไม้ด้วยกาวไวบนร่องของไม้ที่จัดเตรียมไว้สำหรับยึดไส้ไม้ตัวอย่างให้แน่น โดยให้ไส้ไม้โผล่มาประมาณ 1 ใน 2 ส่วน แล้วใช้กระดาษกาวพันรอบเพื่อยึดตัวอย่างให้แน่นยิ่งขึ้น แล้วปล่อยให้แห้งประมาณ 3 วัน หลังจากนั้น ใช้มีดผ่าตัดเคลื่อนด้านบนของไส้ไม้ออกเล็กน้อย

แล้วใช้เครื่องวัดกระดาศทรายวัด โดยเปลี่ยนจากกระดาศทรายหยาบไปละเอียดจนเห็นลักษณะวงปีชัด

2) นำไม้ที่เตรียมไว้มา Crossdating ด้วยการวิเคราะห์ผ่านกล้องจุลทรรศน์ และเขียนปี พ.ศ. ของวงปีแต่ละวงไว้บนไม้ยัดตัวอย่าง

3) วัดความกว้างของวงปีไม้สัก โดยใช้เครื่องมือวัดความกว้างวงปีไม้ชนิด Velmex Measuring System ที่มีความละเอียดในการวัดถึง 0.001 มิลลิเมตร และแสดงผลการวัดที่คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ J2X

4) นำข้อมูลความกว้างวงปีของไม้สักมา Crossdating โดยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ หรือวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) โดยใช้โปรแกรม COFECHA แล้วนำค่าทางสถิติที่ได้มาตีความเพื่อยืนยันปี พ.ศ. ที่เกิดวงปี

5) นำข้อมูลการเติบโตของไม้สักในสวนป่าที่ได้มาจัดทำเป็นแฟ้มข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเติบโตต่อไป

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

### 2.1 การศึกษาสถานภาพของสวนป่าและการเติบโตของไม้สักในสวนป่า

#### 2.1.1 การศึกษาสถานภาพของสวนป่า

1) จากข้อมูลการสำรวจสวนป่าเบื้องต้นในข้อ 1.1 กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (dbh) เฉลี่ยของแต่ละแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูก

2) หาความหนาแน่นของต้นไม้ในสวนป่า โดยใช้จำนวนต้นไม้ต่อไร่

#### 2.1.2 การศึกษาการเติบโตของไม้สักในสวนป่า

จากข้อมูลความกว้างของวงปีในข้อ 1.2.3 นำมาคำนวณหา CAI และ MAI ของไม้สักในแปลงปีต่างๆ พร้อมทั้งสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเพิ่มพูนรายปี และปี (พ.ศ.) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยให้ค่าความเพิ่มพูนรายปี อยู่ในแกนตั้งและปี อยู่แกนนอน

### 2.2 การสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่า

### 2.2.1 ตัวแบบการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง

1) จากข้อมูลความกว้างของวงปีในข้อ 1.2.3 ทำการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ชม.) ของไม้ตัวอย่างแต่ละต้น จะได้ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรายปีของไม้สักตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในแต่ละแปลงปีปลูก

2) สร้างตัวแบบพยากรณ์การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) ตามฟังก์ชันดังนี้

$$dbh = f(y) \quad (1)$$

กำหนดให้  $dbh =$  ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (ชม.)

$y =$  ลำดับวงปีตามปี พ.ศ. ตั้งแต่ปีที่ต้นไม้โตถึงขนาดตัดฟัน

3) คัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination:  $r^2$ ) ค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณ (Standard error of estimate: SE) ค่า F ในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน และระดับนัยสำคัญ (Significant: Sig.) รวมทั้งแนวโน้มของข้อมูลโดยจะพิจารณาเลือกตัวแบบที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดสูงและค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณต่ำ

### 2.2.2 ตัวแบบสำหรับประเมินปริมาตรไม้รายต้นในสวนป่า

1) นำข้อมูลไม้ตัวอย่างในข้อ 1.2.2 คำนวณปริมาตรไม้ท่อนของต้นไม้แต่ละต้นโดยใช้สูตร Huber's formula (Avery, 1994) ดังนี้

$$V = bL \quad (2)$$

เมื่อ  $V =$  ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลูกบาศก์เมตร)

$b =$  พื้นที่หน้าตัดได้เปลือก ณ จุดกึ่งกลางของไม้ท่อน (ตารางเมตร)

$L =$  ความยาวของไม้ท่อน (เมตร)

2) หาปริมาตรไม้รายต้นโดยรวมปริมาตรไม้แต่ละท่อนของต้นนั้น

3) สร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์ผลผลิตในรูปปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้โดยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) โดยกำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นตัวแปรอิสระ ส่วนปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เป็นตัวแปรตาม จะได้ฟังก์ชันดังนี้

$$V = f(\text{dbh}) \quad (3)$$

กำหนดให้  $V$  = ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลูกบาศก์เมตร)

$\text{dbh}$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร)

4) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ค่าคลาดเคลื่อนจากการประมาณ ค่า  $F$  ในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน และระดับนัยสำคัญ รวมทั้งแนวโน้มของข้อมูล

2.3 การสร้างตารางผลผลิตของไม้สักโดยอาศัยตัวแบบการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและตัวแบบประเมินผลผลิตรายต้น

ทำการสร้างตารางผลผลิตโดยอาศัยตัวแบบการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและตัวแบบประเมินผลผลิตรายต้น โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาอดีตถึงปัจจุบัน และพยากรณ์จากปัจจุบันไปอีก 30 ปี ตามแผนการทำไม้ของ อ.อ.ป. (2548ข)

1) การประเมินผลผลิตของหมู่ไม้รายปีจากอดีตสู่ปัจจุบัน

นำข้อมูลต้นไม้ตัวอย่างจากการสำรวจเบื้องต้นในข้อ 1.1 และขนาดความกว้างวงปีที่วัดได้มาหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในอดีต เพื่อประเมินผลผลิตในรูปปริมาตรไม้รายปีต่อหน่วยเนื้อที่ (ลบ.ม.ต่อไร่ต่อปี) โดยคำนวณปริมาตรไม้ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก จากข้อ 2.2.2 โดยคำนวณย้อนกลับจากปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2547) ย้อนกลับไปจนถึงปีที่ต้นไม้มิมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยต่ำสุดที่ทำเป็นสินค้าได้ (10 เซนติเมตร)

2) การพยากรณ์ผลผลิตของหมู่ไม้รายปีจากปัจจุบันสู่อนาคตอีก 30 ปี

นำข้อมูลความกว้างของวงปีไม้สักที่ได้ในข้อ 2.2.3 มากำหนดช่วงที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคาดคะเนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยเลือกช่วงข้อมูลที่มีแนวโน้มคงที่

หรือมีความแปรปรวนน้อย ตั้งแต่ปัจจุบันขึ้นไปในอดีต และใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) เพื่อให้เห็นแนวโน้มชัดเจนขึ้น ดังสมการ

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{y_t + \dots + y_{t-k+1}}{k} \quad (4)$$

เมื่อ  $\hat{y}_{t+1}$  = ค่าพยากรณ์ที่เวลา t+1  
k = จำนวนค่าสังเกต

จากข้อมูลในช่วงเวลาที่เลือก และข้อมูลที่ได้ใช้เทคนิคการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แล้ว นำมาวิเคราะห์หาค่า ความเพิ่มพูนเฉลี่ยในระยะเวลา (Periodic annual increment : PAI) แล้วนำข้อมูลนี้ไปพยากรณ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ของไม้แต่ละต้น ในแปลงตัวอย่างและคำนวณเป็นปริมาตรของผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ (ลบ.ม.ต่อไร่ต่อปี) ค่าที่ได้เมื่อนำไปแสดงในรูปของตารางจำแนกตามอายุ (ปี พ.ศ.) ต่างๆ จะทำให้ได้ตารางผลผลิตของหมู่ไม้

## สถานที่ทำการวิจัย

### 1. ประวัติ ที่ตั้ง และอาณาเขต

สวนป่าแม่เมาะเป็นสวนป่าที่ปลูกตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยใช้เงินทุนขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ทั้งหมด พื้นที่ดำเนินการอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแม่เมาะ-แม่ียง และป่าสงวนแห่งชาติแม่เมาะ ที่ทำการสวนป่าฯ ตั้งอยู่ที่ตำบลบ้านดง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พิกัด เส้นรุ้งที่ 10° 25' เหนือ เส้นแวงที่ 99° 44' ตะวันออก หรือพิกัด UTM ที่ 203712 N 576618 E อยู่ห่างจากจังหวัดลำปาง บนเส้นทางถนนพหลโยธิน ตอนลำปาง-เชียงใหม่ ประมาณ 32 กิโลเมตร ลำปาง โดยทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก จุดป่าสงวนแห่งชาติแม่เมาะ-แม่ียง ส่วนทิศใต้ จุด การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (แม่เมาะ) เริ่มดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าตั้งแต่ปี 2511 เป็นต้นมา (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ [อ.อ.ป.], 2548) (ภาพที่ 1)

## 2. ลักษณะทางกายภาพ

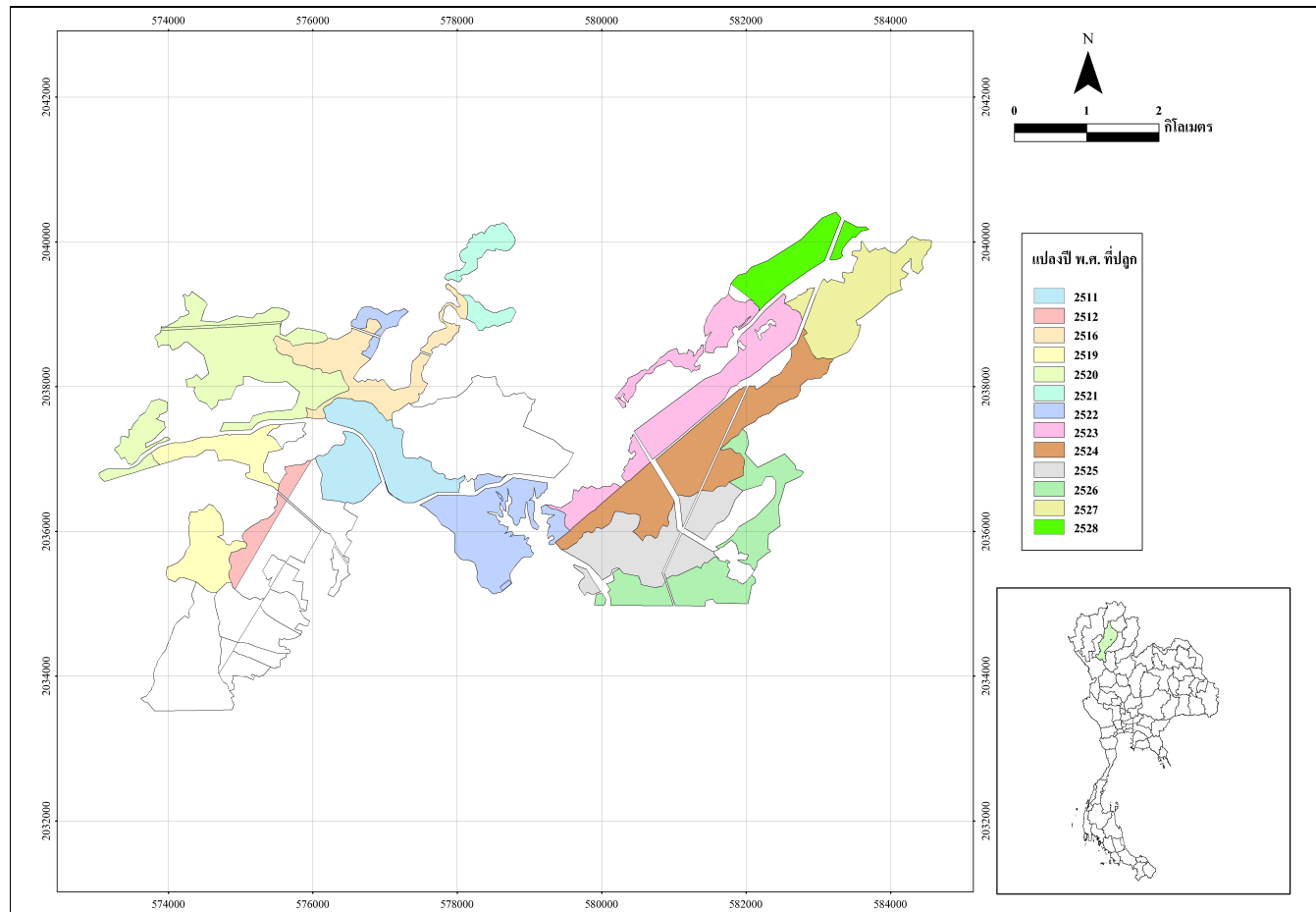
2.1 ลักษณะภูมิประเทศ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 300-350 เมตร ประกอบด้วยที่ลาดเชิงเขาที่สลับซับซ้อนสลับกับพื้นที่ราบ มีหินปูนขนาดใหญ่ไหลล้นทั่วไปในบางพื้นที่ ความลาดชันประมาณ 5-50%

2.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา ส่วนใหญ่เป็นภูเขาหินปูนกระจายทั่วไป

2.3 ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511-2547 เฉลี่ย 1,103 มม./ปี ช่วงฝนตกคือช่วงเดือน เม.ย.-พ.ย. ช่วงแห้งแล้งคือช่วงเดือน ธ.ค.- มี.ค. อุณหภูมิเฉลี่ย 25.3 องศาเซลเซียส ภูมิอากาศประกอบด้วย 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูแล้ง โดยตลอดทั้งปี อากาศเย็นสบาย ดังแสดงในภาพที่ 2 แต่เนื่องจากสถานีสวนป่าแม่เกาะขาดข้อมูลปริมาณน้ำฝนไปบางช่วง จึงใช้ข้อมูลจากสถานีลำปางแทนในปีที่ขาดหายไป

2.4 ลักษณะทางปฐพีวิทยา ดินเหนียวปนทราย มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยในบริเวณดินบน และเป็นกรดปานกลางในบริเวณดินล่าง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงถึงค่อนข้างสูง ฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำมาก โพแทสเซียมมีปริมาณค่อนข้างต่ำ ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมมีปริมาณสูง

2.5 ทรัพยากรป่าไม้ มีพื้นที่สวนป่าเนื้อที่ 13,964 ไร่ สภาพป่าเดิมเป็นป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักและป่าเต็งรัง ประกอบด้วยสวนป่าไม้สักจำนวน 13 แปลง ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่สวนป่าแม่เมะ จังหวัดลำปาง



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนบริเวณสวนป่าแม่เกาะ จังหวัดลำปาง

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2547, 2549)

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของสวนป่าไม้สักแม่เมาะ

แปลง ปลูกปี พ.ศ.	พื้นที่ แปลง (ไร่)	ระยะปลูก (เมตร)	วิธีการ/ปีที่ตัดขยายระยะ(พ.ศ.)	
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
2511	915	3x3	mechanical thinning/2538	mechanical thinning/2544
2512	448	4x4	mechanical thinning/2538	-
2516	883	4x4	selection thinning/2541	-
2519	923	4x4	selection thinning/2542	-
2520	1,173	4x4	selection thinning/2543	-
2521	385	3x3	selection thinning/2545	-
2522	1,198	4x4	selection thinning/2544	selection thinning/2545
2523	1,188	4x4	low thinning/2546	low thinning/2547
2524	1,321	4x4	-	-
2525	849	4x4	selection thinning/2546	-
2526	904	4x4	selection thinning/2542	selection thinning/2546
2527	809	4x4	selection thinning/2542	selection thinning/2546
2528	555	4x4	-	-

หมายเหตุ ทำการตัดขยายระยะในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน

ที่มา: อ.อ.ป. (2548)

## ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการเติบโตของไม้สักเพื่อสร้างตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวนทั้งหมด 13 แปลง จากแปลงปลูกปี พ.ศ. 2511 2512 2516 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 และ 2528 ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 1. สถานภาพของสวนป่าและการเติบโตของไม้สักในสวนป่า

#### 1.1 สถานภาพของสวนป่า

จากการสำรวจเบื้องต้นด้วยวิธี Line plot system กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในการประมาณ ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และการสำรวจอยู่ระหว่าง 0.24-0.49 เปอร์เซ็นต์ นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมด ของไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างทุกแปลงมาคำนวณหาค่าต่ำสุด (min.) ค่าสูงสุด (max.) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

จากตารางที่ 2 ไม้สักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.52 ถึง 25.27 เซนติเมตร แปลงปลูกปี พ.ศ. 2511 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งเป็นแปลงที่มีอายุมากที่สุด รองลงมาคือ แปลงปี 2516 และแปลงปี 2527 มีขนาดต่ำสุด ความสูงทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.8 ถึง 18.6 เมตร โดยแปลงปลูกปี พ.ศ. 2616 มีขนาดสูงสุด รองลงมาคือ แปลงปี 2521 และในแปลงปี 2519 มีขนาดต่ำสุด สำหรับความหนาแน่นของต้นไม้ในสวนป่าอยู่ในช่วง 31.75-74.19 ต้นต่อไร่ ในแปลงปี พ.ศ. 2528 มีจำนวนต้นต่อไร่สูงที่สุด รองลงมาคือแปลงปี 2512 แปลงปี 2519 มีจำนวนต้นต่อไร่ต่ำสุด

ตารางที่ 2 ข้อมูลสถานสภาพของสวนป่าไม้สักแม่เมาะ

แปลง ปลูกปี พ.ศ.	พื้นที่ สำรวจ (ไร่)	เปอร์เซ็นต์ ที่ สำรวจ	จำนวน ตัวอย่างที่ เหมาะสม (ต้น)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพียงอก (ซม.)				ความสูงทั้งหมด (ม.)				จำนวน ต้นต่อ ไร่
				min.	max.	mean	SD	min.	max.	mean	SD	
2511	2.50	0.27	65	12.6	37.3	25.27	5.16	12.0	22.5	16.7	1.93	39.97
2512	1.56	0.35	96	11.0	35.2	20.64	5.13	10.0	20.0	15.3	2.01	63.95
2516	2.19	0.25	161	10.0	41.2	22.24	7.18	12.0	25.2	18.6	2.95	54.36
2519	4.38	0.47	101	10.3	31.3	17.34	4.43	8.0	23.0	13.8	2.78	31.75
2520	2.81	0.24	88	10.6	29.1	17.89	4.26	10.0	23.0	16.4	2.72	38.37
2521	1.88	0.49	108	11.0	33.5	19.89	5.27	10.0	27.0	17.7	3.76	49.03
2522	3.75	0.31	99	10.0	34.2	17.70	4.47	8.5	24.0	15.1	3.46	61.29
2523	2.81	0.24	88	9.3	28.0	17.32	4.13	9.0	21.0	15.0	2.73	41.21
2524	4.38	0.33	77	9.2	28.9	16.81	3.76	6.0	23.0	14.9	3.13	39.06
2525	2.19	0.26	82	9.6	28.6	17.76	4.09	8.0	20.0	15.2	2.44	61.67
2526	3.13	0.35	95	9.1	35.0	18.15	4.51	7.0	19.5	15.2	2.08	59.34
2527	2.81	0.35	91	10.0	30.4	16.52	4.00	10.0	21.0	15.3	2.37	49.03
2528	1.56	0.28	94	10.0	26.9	16.65	4.30	6.0	24.0	17.5	2.59	74.19

## 1.2 การเติบโตของไม้สักในสวนป่า

จากการวัดความกว้างของวงปีเพื่อศึกษาแนวโน้มการเติบโตของไม้รายต้นในสวนป่าแต่ละแปลงทำให้ได้ข้อมูลความเพิ่มพูนรายปี (Current annual increment: CAI) และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (Mean annual increment: MAI) ทางด้านรัศมี ตั้งแต่ปี พ.ศ. ที่ต้นไม้โตถึงความสูง 1.30 เมตร ถึงปี พ.ศ. 2547 ในส่วนของปี พ.ศ. 2548 นั้นไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากเวลาที่เก็บตัวอย่างคือ ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมนั้น วงปีของต้นไม้ยังไม่สมบูรณ์หรือครบวง ได้ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3

ไม้สักในสวนป่าแม่เมาะมีความเพิ่มพูนรายปี 0.547-9.650 มิลลิเมตร ส่วนความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีอยู่ระหว่าง 1.163-7.487 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 ค่าความเพิ่มพูนรายปี และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของไม้สัก

แปลงปลูก	ปี พ.ศ. ที่ต้นไม้ สูงถึง 1.30 ม.	CAI (มม.)			MAI (มม.)		
		min.	max.	SD	min.	max.	SD
2511	2516	1.819	8.208	1.848	2.771	5.366	0.836
2512	2514	0.772	7.283	1.915	3.545	7.283	0.757
2516	2518	1.223	9.650	1.934	4.607	5.885	0.348
2519	2522	0.884	7.697	2.040	3.460	6.107	0.902
2520	2533	1.746	8.995	2.371	4.784	6.680	0.562
2521	2523	0.701	8.182	2.247	3.725	6.609	1.003
2522	2524	0.900	8.027	2.369	3.834	6.648	1.043
2523	2524	0.547	7.051	2.307	3.367	7.051	1.123
2524	2525	1.082	7.744	2.069	3.685	6.131	0.812
2525	2527	1.000	8.064	2.041	3.643	7.487	1.247
2526	2526	0.993	7.972	2.544	4.018	7.515	1.259
2527	2529	1.461	9.290	1.900	4.435	5.577	0.328
2528	2528	1.163	8.805	1.926	1.163	5.299	0.904

เมื่อนำค่าความเพิ่มพูนรายปีและความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของต้นไม้ในแต่ละแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูกมาสร้างกราฟ สามารถเห็นลักษณะการเติบโตของต้นไม้ได้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2511 ในช่วงแรก (2516-2532) CAI มีแนวโน้มและ MAI เพิ่มขึ้น แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2533-2536 CAI ลดลงอย่างชัดเจน MAI มีแนวโน้มค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ เมื่อทำการตัดขยายระยะ 1 ปีไปแล้วต้นไม้มีค่า CAI เพิ่มขึ้น

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2512 CAI และ MAI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วค่อยๆลดลงในปี พ.ศ. 2525 จากนั้นค่า CAI ในปี พ.ศ. ลดลงอย่างชัดเจนในช่วงปี พ.ศ. 2533-2536 เช่นเดียวกับแปลงปลูกปี พ.ศ. 2511 การตัดขยายระยะ CAI ยังคงลดลงหลังปีที่ทำการตัดขยายระยะ แต่เพิ่มขึ้นหลังปีที่ทำการตัดขยายระยะไปแล้ว 2 ปี

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2516 CAI และ MAI มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ แล้วเริ่มลดลงในปี พ.ศ. 2534-2536 ในปีหลังทำการตัดขยายระยะ CAI เพิ่มขึ้น

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2519 CAI และ MAI ลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2534-2536 ลดลงอย่างชัดเจน ค่า CAI เพิ่มขึ้นหลังปีที่ทำการตัดขยายระยะ

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2520 CAI และ MAI มีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ หลังจากทำการตัดขยายระยะ 1 ปี ค่า CAI ลดลงต่อเนื่องจนถึงปี 2547

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2521 มีการเติบโตเพิ่มขึ้น จนถึงปี พ.ศ. 2532 เป็นต้นมา ค่า CAI ลดลงอย่างชัดเจน ในปีที่ทำตัดขยายระยะ CAI เพิ่มขึ้นจากปีก่อน และเริ่มลดลงในปีถัดไป

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2522 ค่า CAI และ MAI มีอัตราเพิ่มขึ้น แล้วเริ่มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ในปี พ.ศ. 2544 ทำการตัดขยายระยะแล้วในปี พ.ศ. 2545 ค่า CAI เพิ่มขึ้น และลดลงในปีถัดไป

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2523 ค่า CAI MAI มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2533 CAI มีค่าลดลงอย่างชัดเจน ในปีที่ทำการตัดขยายระยะและหลังตัดขยายระยะ ยังคงมีแนวโน้มการเติบโตที่ลดลง

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2524 ในช่วงแรกมีการเติบโตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีแนวโน้มลดลงปีตั้งแต่ปี 2533

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2525 การเติบโตของไม้ในแปลงมีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆ ในปีที่ทำตัดขยายระยะ CAI มีค่าเพิ่มขึ้น และลดลงในปีถัดไป ในปีที่ทำการตัดขยายระยะ CAI มีค่าเพิ่มขึ้น แล้วลดลงในปีถัดไป

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2526 การเติบโตค่อนข้างคงที่ แล้วลดลงอย่างชัดเจนในปี พ.ศ. 2533 การตัดขยายระยะครั้งแรกค่า CAI เพิ่มขึ้นในปีที่ทำตัดขยายระยะและเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในปีถัดไป ส่วนการตัดขยายระยะครั้งที่ 2 CAI เพิ่มขึ้นในปีนั้น แล้วลดลงในปีถัดไป

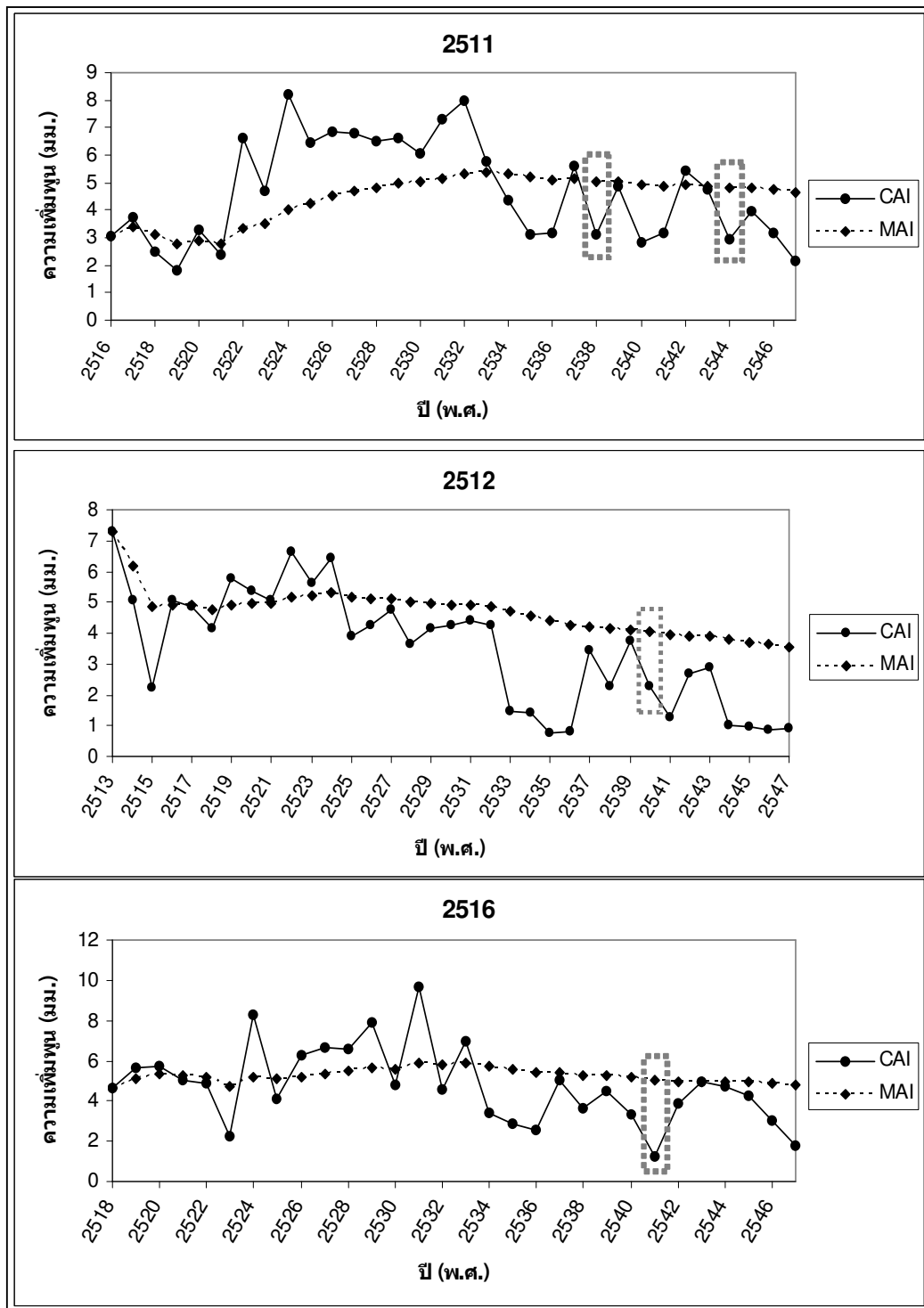
- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2527 แนวโน้มการเติบโตค่อนข้างคงที่ ซึ่งค่า CAI ลงในช่วงปี พ.ศ. 2533-2536 และเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2537-2539 เมื่อตัดขยายระยะครั้งแรกในปี พ.ศ. 2542 CAI มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการตัดขยายระยะครั้งที่ 2 CAI ลดลงทั้งในปีที่ทำตัดและหลังตัดขยายระยะ

- แปลงปลูกปี พ.ศ. 2528 การเติบโตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แล้วเริ่มมีแนวโน้มค่อยๆ ลดลงในปี พ.ศ. 2534

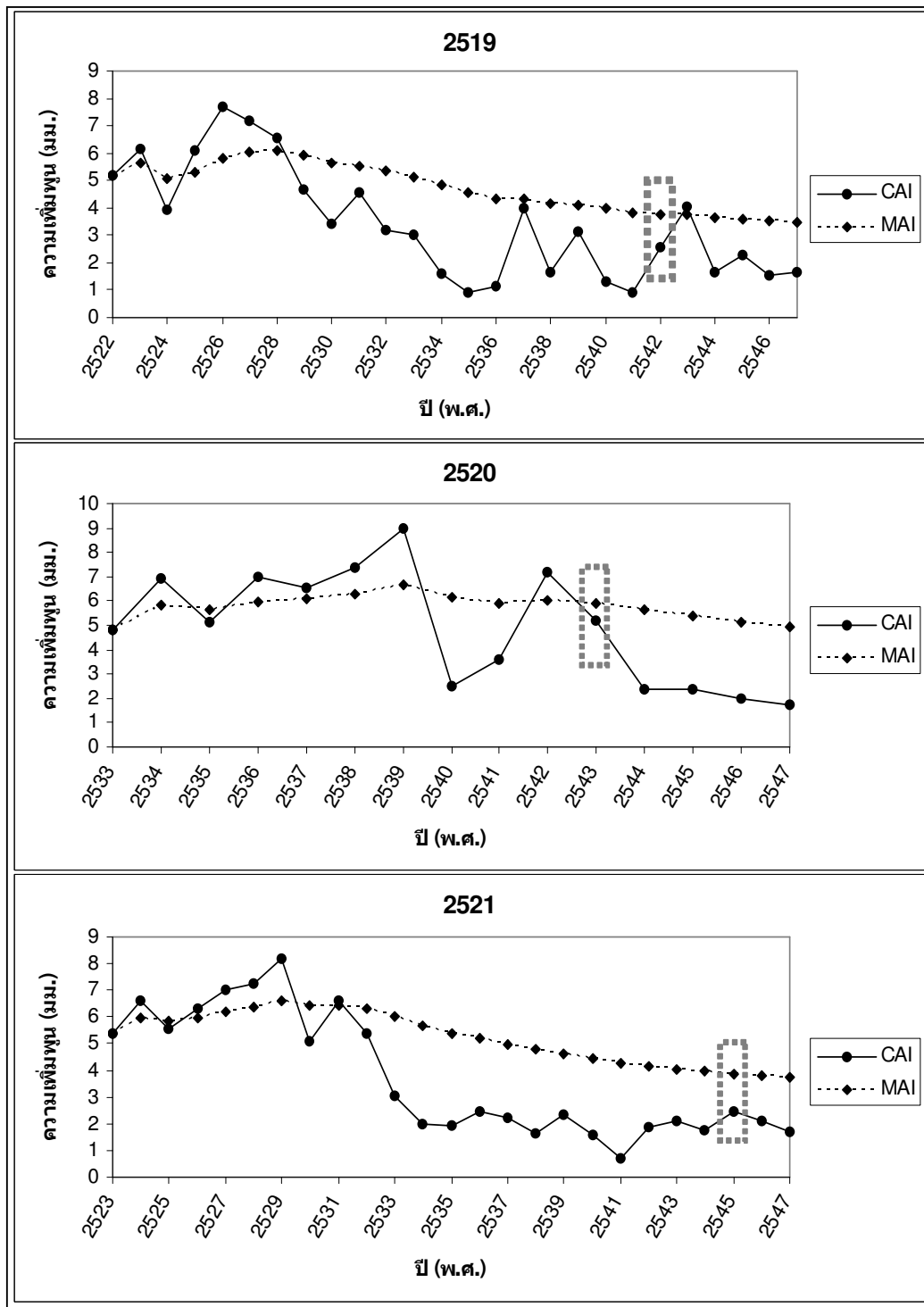
เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงจะพบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2533-2536 พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2540-2541 CAI มีค่าลดลงจากปีก่อนเหมือนกันอย่างชัดเจน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝน บริเวณสวนป่าแม่เกาะ ตามภาพที่ 2 พบว่ามีรูปแบบไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในปี พ.ศ. 2533-2536 พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2540-2541 มีปริมาณน้ำฝนลดลงจากปีก่อนหน้านั้นแล้วอัตราการเติบโตของต้นไม้ก็ลดลงไปด้วย แต่ทั้งนี้การที่ต้นไม้จะมีอัตราการเพิ่มขึ้น หรือลดลงนั้นก็มิได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านปริมาณน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียว เพราะนอกจากปริมาณน้ำฝนแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อ

การเติบโตของต้นไม้ เช่น อุณหภูมิ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พันธุกรรม รวมไปถึงระบบการจัดการ และการปฏิบัติทางวนวัฒนศาสตร์ของสวนป่าด้วย ตามที่ Kramer and Kozlowski (1960) และวิสุทธิ (2536) กล่าวไว้ นอกจากนี้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ลานีญา (La Nina) และ เอลนีโญ (El nino) ก็เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาพอากาศด้วย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546ก, 2546ข)

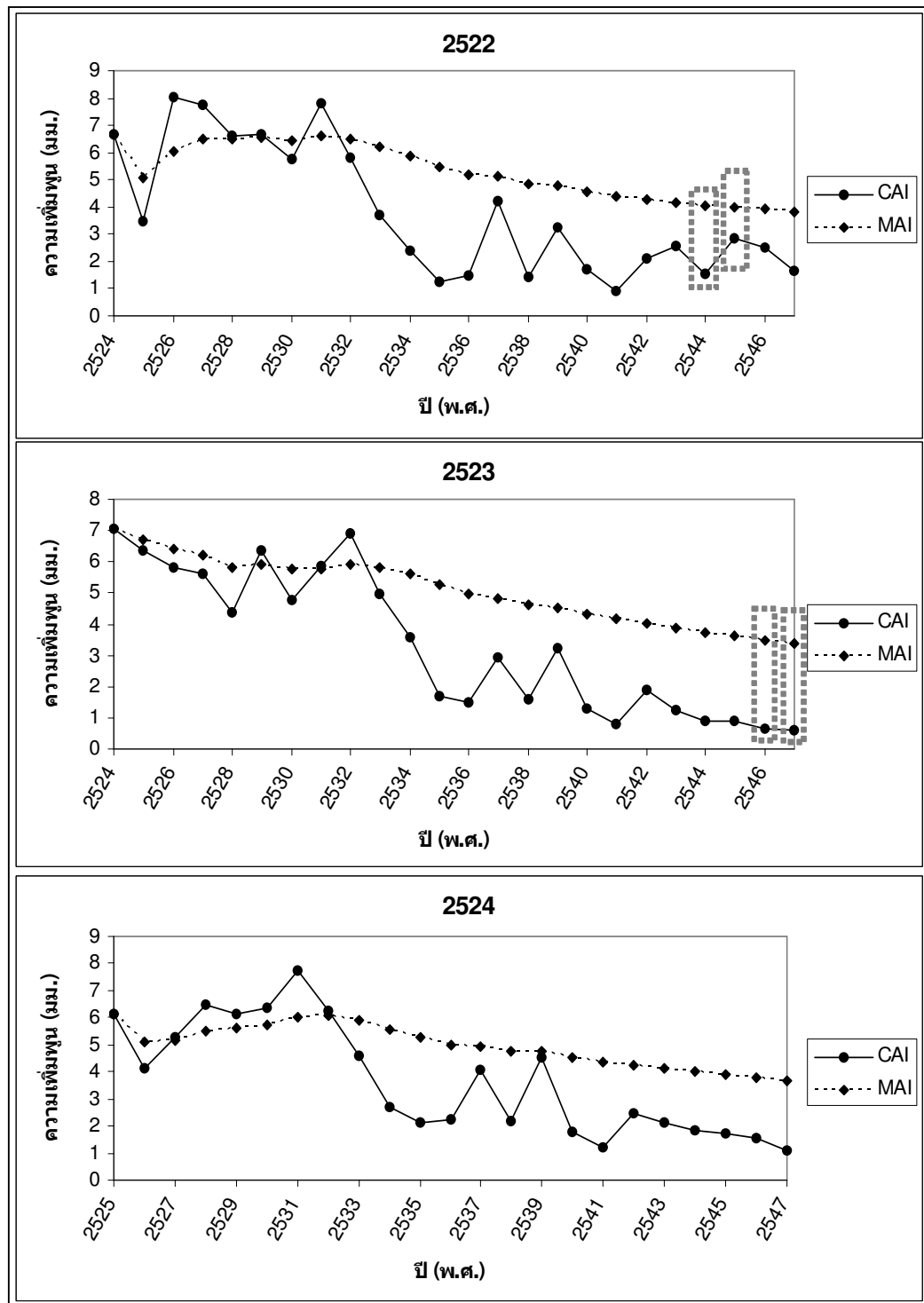
ในปีที่ทำการตัดขยายระยะและหลังตัดขยายระยะ 1-2 ปี ต้นไม้มีการเติบโตเพิ่มขึ้น แต่ยังมีบางแปลงที่ต้นไม้ไม่ตอบสนองต่อการตัดขยายระยะ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงที่ทำการตัดขยายระยะต้นไม้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่มาควบคุมการเติบโตมากกว่า เช่น ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเติบโตมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ และในการตัดขยายระยะครั้งแรกอย่างเช่นในแปลงปลูกปี พ.ศ. 2511, 2512, 2516 ทำการตัดขยายระยะเมื่อต้นไม้อายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป ซึ่งกระทำล่าช้ากว่ากำหนดการตามแผนงานที่กำหนดไว้ (อ.อ.ป., 2548ก) ทำให้ต้นไม้สูญเสียโอกาสเพิ่มพูนการเติบโต ทำให้อัตราการเติบโตของต้นไม้ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ต้นไม้เสียรูปทรงได้อีกด้วย



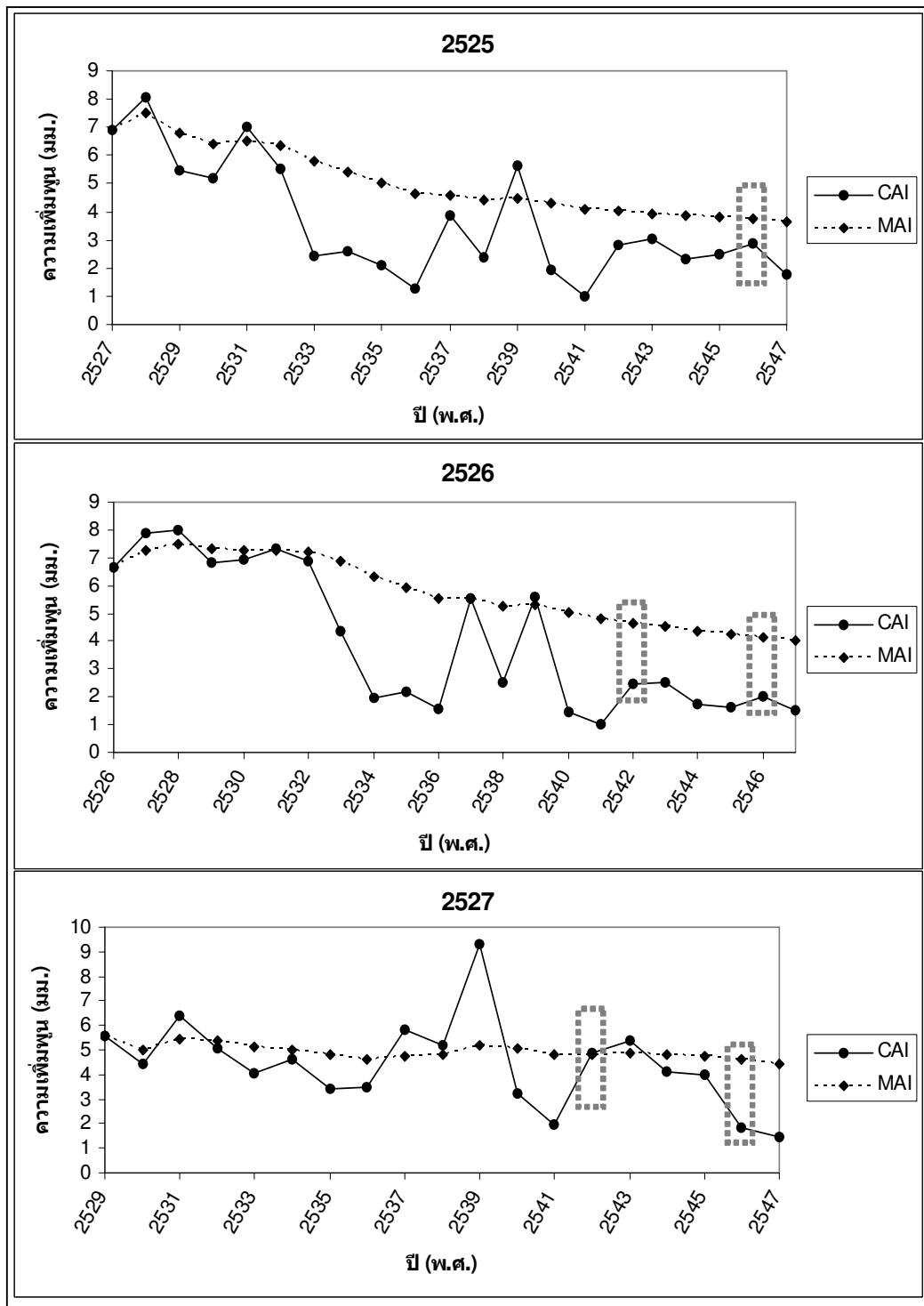
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเพิ่มพูนรายปี และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี



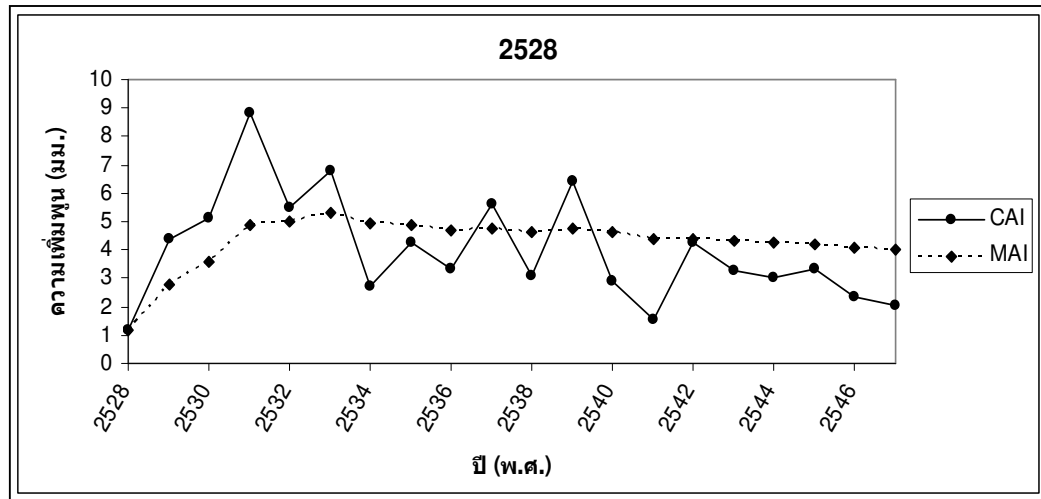
ภาพที่ 3 (ต่อ)



ภาพที่ 3 (ต่อ)



ภาพที่ 3 (ต่อ)



ภาพที่ 3 (ต่อ)

หมายเหตุ  ปีที่ทำการตัดขยายระยะ

## 2. ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตและผลผลิตของไม้สัก

### 2.1 ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง

จากข้อมูลความเพิ่มพูนรายปีที่ได้จากการวิเคราะห์ห้วงปีทำให้สามารถคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ตัวอย่างแต่ละต้น และได้ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรายปีของไม้สักแต่ละแปลง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งทำให้สามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์การเติบโตของเส้นผ่านศูนย์กลางที่สามารถวัดได้ และมีค่ามากขึ้นตามลำดับจนถึงปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2547)

ในการสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) โดยกำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นตัวแปรตาม และลำดับปีเป็นตัวแปรอิสระ โดยให้  $y = 1$  สำหรับปีเริ่มต้นของการวัดความกว้างวงปีในแต่ละแปลงและเท่ากับ 2, 3, 4, ... ในปีถัดไป ซึ่งขึ้นกับความสมบูรณ์ของไม้และขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์แนวโน้มในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ สมการเชิงเส้น (linear equation) สมการลอการิทึม (logarithm equation) สมการยกกำลัง (power equation) และสมการเอกโปเนนเชียล (exponential equation) ตามลำดับ ดังนี้

$$dbh = b_0 + b_1 y \quad (5)$$

$$dbh = b_0 + b_1 \ln y \quad (6)$$

$$dbh = b_0 y^{b_1} \quad (7)$$

$$dbh = b_0 + e^{b_1 y} \quad (8)$$

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล ได้ผลดังแสดงในตารางผนวกที่ 2 และภาพผนวกที่ 9 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ( $r^2$ ) ค่าคลาดเคลื่อนจากการประมาณ (SE) ของตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตของไม้สักรายต้น ดังตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าอายุของต้น ไม้มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าสูงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของทุกแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูก และรูปแบบสมการมีความสัมพันธ์กันในทางบวกกล่าวคือ เมื่อไม้มีอายุมากขึ้นจะทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากขึ้นตามไปด้วยอย่างมีนัยทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามไม่สามารถคาดคะเนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้สักเมื่อมีอายุประมาณ 1-5 ปี ได้อาจเป็นเพราะข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบดังกล่าวเกิดจากการเจาะวัดความกว้างวงปีที่ระดับ 1.3 เมตร ทำให้ขาดข้อมูลความกว้างของวงปีขณะที่ไม้มีอายุน้อย

ตารางที่ 4 ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตของไม้สักรายต้น

แปลงปลูกปี พ.ศ.	ตัวแบบ	r <sup>2</sup>	SE	ปีที่เริ่มต้นวัดความ กว้างวงปี
2511	dbh = 1.47(y <sup>0.792</sup> )	0.945	0.166	2516
2512	dbh = 2.922(y <sup>0.529</sup> )	0.899	0.156	2514
2516	dbh = 1.872(y <sup>0.827</sup> )	0.996	0.046	2518
2519	dbh = 3.890(y <sup>0.460</sup> )	0.900	0.131	2522
2520	dbh = 3.733(y <sup>0.565</sup> )	0.966	0.086	2533
2521	dbh = 3.661(y <sup>0.542</sup> )	0.972	0.078	2523
2522	dbh = 3.262(y <sup>0.574</sup> )	0.961	0.099	2524
2523	dbh = 4.193(y <sup>0.446</sup> )	0.887	0.135	2524
2524	dbh = 3.682(y <sup>0.480</sup> )	0.978	0.061	2525
2525	dbh = 3.938(y <sup>0.459</sup> )	0.979	0.057	2527
2526	dbh = 4.272(y <sup>0.515</sup> )	0.992	0.039	2526
2527	dbh = 3.193(y <sup>0.553</sup> )	0.936	0.121	2529
2528	dbh = 2.681(y <sup>0.590</sup> )	0.931	0.135	2528

กำหนดให้ dbh = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกนอกเปลือก (ซม.)

y = ลำดับวงปีตามปี พ.ศ. (1, 2, 3,...)

## 2.2 ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาตรไม้รายต้นที่ทำเป็นสินค้าได้

จากการสร้างตัวแบบสำหรับประเมินผลผลิตของไม้รายต้นในรูปปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย โดยกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ซม.) เป็นตัวแปรอิสระ ส่วนปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลบ.ม.) เป็นตัวแปรตาม วิเคราะห์ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาตรไม้รายต้นที่ทำเป็นสินค้าได้ในรูปแบบต่างๆ (ตารางผนวกที่ 3) แล้วเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด ค่าคลาดเคลื่อนจากการประมาณ และวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล (ภาพผนวกที่ 10) ได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาตรไม้รายต้น ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้

แปลงปลูกปี พ.ศ.	ตัวแบบ	r <sup>2</sup>	SE	ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพียงอก (ซม.)
2511	V = -0.253+0.019dbh	0.928	0.039	13.9-35.6
2512	V = -0.166+0.015dbh	0.795	0.059	12.0-35.1
2516	V = -0.254+0.022dbh	0.912	0.060	14.0-41.5
2519	V = -0.183+0.018dbh	0.856	0.048	10.5-20.7
2520	V = -0.197+0.019dbh	0.908	0.033	10.9-28.1
2521	V = -0.308+0.024dbh	0.841	0.074	13.3-32.3
2522	V = -0.278+0.023dbh	0.809	0.073	12.6-33.1
2523	V = -0.215+0.020dbh	0.920	0.032	10.9-27.0
2524	V = -0.221+0.020dbh	0.928	0.033	11.6-27.6
2525	V = -0.174+0.018dbh	0.968	0.019	10.8-28.5
2526	V = -0.229+0.021dbh	0.705	0.106	11.5-35.0
2527	V = -0.240+0.021dbh	0.846	0.052	12.0-28.3
2528	V = -0.216+0.021dbh	0.869	0.037	11.5-26.0

กำหนดให้ V = ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลบ.ม.)

dbh = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกนอกเปลือก (ซม.)

จากตารางที่ 5 ตัวแบบที่ได้เป็นรูปแบบสมการเชิงเส้น จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดในแต่ละแปลงมีค่าสูงอยู่ในช่วง 70.5-96.8 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีอิทธิพลต่อปริมาตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์และเมื่อพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนจากการประมาณ แล้วจะมีค่าไม่สูงนักทำให้สมการที่ได้มีความถูกต้องสูงในการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตของไม้สักรายต้น ในส่วนของแปลงปลูกปี พ.ศ. 2526 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด น้อยกว่าแปลงอื่นคือ 0.705 ในขณะที่เดียวกันมีค่าคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่อนข้างสูง อาจเป็นเพราะมีไม้บางส่วนที่มีตำหนิและการกระจายของขนาดไม้สม่ำเสมอแต่อย่างไรก็ตาม ค่าจุดตัดแกน y (y-intercept) ของทุกสมการในส่วนป่าทุกแปลงมีค่าเป็นลบทำให้ไม่สามารถคำนวณไม้ที่มีขนาดต่ำกว่าช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่กำหนดในตาราง เนื่องจากจะทำให้ปริมาตร ไม้มีค่าเป็นลบ ซึ่งเป็นเพราะการศึกษาวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลแยกเป็นแปลงอย่างละเอียดซึ่ง

ข้อมูลของไม้ตัวอย่างในแต่ละแปลงส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกอยู่ในช่วงดังกล่าว และมีการกระจายที่เข้าใกล้ค่าเฉลี่ย เนื่องจากมีอายุใกล้เคียงกัน ในขณะที่ไม้ขนาดเล็กไม่มีหรือมีน้อยมากทำให้สมการที่ได้ไม่ครอบคลุมไม้ขนาดเล็ก แต่อย่างไรก็ตามสมการที่ได้ก็สามารถใช้ได้ดี ในการประเมินปริมาตรไม้สักในสวนป่าภายใต้การดูแลขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เพราะขนาดจำกัดของการใช้ประโยชน์ของไม้มีค่าใกล้เคียงกับขนาดต่ำสุดของช่วงชั้นที่กำหนด รูปแบบสมการที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Duangsathaporn (2005)

### 3. ตารางผลผลิตของไม้สัก

การศึกษานี้ได้สร้างตารางผลผลิตของไม้สัก เพื่อคาดคะเนผลผลิตของไม้สักในอนาคตตามแปลงปลูกปี พ.ศ. ต่างๆ โดยอาศัยตัวแบบการเติบโตและผลผลิต (ปริมาณไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้) รายต้น รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่นของต้นไม้ในสวนป่า (จำนวนต้นต่อไร่) ตามขั้นตอนดังนี้

#### 3.1 ผลผลิตของหมู่ไม้จากอดีตสู่ปัจจุบัน

จากข้อมูลต้น ไม้ตัวอย่างจากการสำรวจเบื้องต้นนำมาประเมินผลผลิตในรูปปริมาตรรายปีต่อหน่วยเนื้อที่ (ลบ.ม.ต่อไร่ต่อปี) โดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับปี พ.ศ. ในตารางที่ 4 และสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกในตารางที่ 5 โดยคำนวณย้อนกลับจากปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2547) ย้อนกลับไปจนถึงปีที่ต้น ไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำสุดที่ทำเป็นสินค้าได้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร)

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าข้อมูลในช่วงแรกของแต่ละแปลงขาดหายไปเนื่องจากปริมาตรที่ได้คิดจากขนาดไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ ที่มีขนาดเส้นรอบวงไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงใช้ระยะเวลาแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของพื้นที่ และปัจจัยอื่นๆ ดังเช่นในแปลงปี 2511 มีการปลูกซ่อมที่ไม้ที่ตายและตัดขยายระยะกระจายทั่วทั้งแปลง ทำให้การเก็บต้น ไม้ตัวอย่างไม้ได้ได้ต้น ไม้ที่ปลูกครั้งแรก เช่นเดียวกับในแปลงปี 2520 มีการปลูกซ่อมและรื้อปลูกใหม่เป็นส่วนใหญ่ทำให้ไม่ได้ข้อมูลต้น ไม้ที่ปลูกครั้งแรก

### 3.2 ผลผลิตของหมูไ้รายปีจากปัจจุบันสู่ออนาคตอีก 30 ปี

คาดคะเนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ไปอีก 30 ปี (พ.ศ. 2577) จากข้อมูลความกว้างของวงปีที่ได้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ดังภาพผนวกที่ 11 ซึ่งในแต่ละแปลงปีปลูกกำหนดจำนวนค่าสังเกต ( $k$ ) แตกต่างกันตามลักษณะการเติบโตของต้นไม้ในแปลง จากนั้นอาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกในตารางที่ 4 คำนวณผลผลิตในรูปปริมาตรต่อหน่วยเนื้อที่ (ลบ.ม.ต่อไร่ต่อปี) ตามแปลงปี พ.ศ.ที่ปลูก

### 3.3 ตารางผลผลิตของไม้สัก

นำข้อมูลผลผลิตของหมูไ้รายปีจากอดีตสู่ปัจจุบัน และข้อมูลผลผลิตของหมูไ้รายปีจากปัจจุบันไปอีก 30 ปี สร้างเป็นตารางผลผลิตของไม้สักตามแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตในแต่ละปีมีความแปรปรวนค่อนข้างต่ำเนื่องจากการคาดคะเนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกได้ปรับให้มีแนวโน้มคงที่ซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติของต้นไม้เมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีการเติบโตค่อนข้างคงที่เช่นเดียวกัน จากตารางผลผลิตที่ได้นี้สามารถนำไปใช้สำหรับคาดคะเนผลผลิตในอนาคต และกำหนดกำลังผลผลิตของสวนป่าแห่งนี้ได้ แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือตารางผลผลิตนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปสภาพแวดล้อมอาจมีการเปลี่ยนแปลงและในบางแปลงปีปลูกอาจมีการตัดขยายระยะซึ่งจะมีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ และความหนาแน่นของต้นไม้ในสวนป่า

ตารางที่ 6 ตารางผลผลิตของไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ สวนป่าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ในปีต่างๆ (พ.ศ.)

(หน่วย : ลบ.ม./ไร่)

ปีที่ปลูก (พ.ศ.)	ปริมาณของไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ในปีต่างๆ (พ.ศ.)															
	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533
2511										0.008	0.025	0.071	0.145	0.277	0.526	0.802
2512	0.013	0.031	0.060	0.099	0.174	0.274	0.436	0.555	0.721	0.971	1.206	1.541	1.931	2.366	2.855	3.033
2516				0.007	0.019	0.024	0.045	0.085	0.188	0.317	0.473	0.752	0.984	1.677	2.106	2.901
2519				0.009	0.021	0.037	0.046	0.066	0.102	0.166	0.265	0.357	0.443	0.590	0.713	0.845
2520															0.004	0.013
2521								0.029	0.068	0.185	0.329	0.532	0.731	1.043	1.426	1.702
2522							0.008	0.012	0.022	0.031	0.063	0.133	0.246	0.482	0.747	0.974
2523								0.006	0.021	0.041	0.073	0.148	0.268	0.518	0.930	1.346
2524										0.004	0.009	0.015	0.024	0.072	0.196	0.358
2525									0.003	0.017	0.079	0.158	0.291	0.589	0.923	1.098
2526									0.030	0.053	0.094	0.184	0.358	0.614	0.968	1.314
2527													0.006	0.016	0.023	0.029
2528														0.020	0.059	0.213

ตารางที่ 6 (ต่อ)

(หน่วย : ลบ.ม./ไร่)

ปีที่ปลูก (พ.ศ.)	ปริมาณของไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ในปีต่างๆ (พ.ศ.)															
	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549
2511	1.074	1.298	1.560	2.080	2.401	2.934	3.258	3.634	4.329	4.983	5.393	5.958	6.410	6.717	7.282	7.852
2512	3.213	3.315	3.425	3.917	4.261	4.839	5.217	5.434	5.893	6.410	6.596	6.774	6.936	7.102	7.275	7.449
2516	3.177	3.537	3.875	4.595	5.141	5.834	6.371	6.573	7.238	8.092	8.985	9.858	10.519	10.924	11.750	12.722
2519	0.989	1.036	1.096	1.330	1.438	1.662	1.762	1.832	2.042	2.394	2.548	2.763	2.915	3.081	3.271	3.465
2520	0.052	0.100	0.195	0.323	0.582	1.067	1.267	1.555	2.234	2.815	3.100	3.390	3.640	3.871	4.162	4.458
2521	1.936	2.142	2.433	2.706	2.934	3.269	3.516	3.627	3.929	4.280	4.575	4.989	5.350	5.663	6.025	6.397
2522	1.165	1.272	1.413	1.878	2.053	2.484	2.732	2.871	3.203	3.657	3.948	4.496	5.006	5.355	5.828	6.326
2523	1.678	1.844	1.996	2.306	2.485	2.860	3.020	3.122	3.368	3.539	3.666	3.796	3.886	3.970	4.092	4.216
2524	0.488	0.595	0.719	0.982	1.138	1.511	1.675	1.790	2.047	2.283	2.499	2.709	2.908	3.051	3.298	3.556
2525	1.308	1.500	1.626	2.048	2.343	3.142	3.434	3.591	4.072	4.651	5.110	5.598	6.185	6.557	7.119	7.684
2526	1.495	1.725	1.913	2.638	3.011	3.958	4.232	4.426	4.922	5.460	5.843	6.210	6.678	7.034	7.506	7.982
2527	0.041	0.058	0.090	0.164	0.295	0.691	0.899	1.051	1.488	2.026	2.494	3.022	3.309	3.546	3.829	4.123
2528	0.314	0.523	0.758	1.247	1.596	2.412	2.846	3.084	3.828	4.466	5.110	5.878	6.453	6.977	7.745	8.543

ตารางที่ 6 (ต่อ)

(หน่วย : ลบ.ม./ไร่)

ปีที่ปลูก (พ.ศ.)	ปริมาณของไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ในปีต่างๆ (พ.ศ.)															
	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565
2511	8.430	9.017	9.605	10.194	10.782	11.371	11.959	12.548	13.136	13.725	14.313	14.902	15.490	16.079	16.667	17.256
2512	7.624	7.800	7.976	8.153	8.330	8.509	8.688	8.866	9.045	9.224	9.403	9.582	9.761	9.939	10.118	10.297
2516	13.648	14.586	15.548	16.510	17.473	18.435	19.398	20.360	21.323	22.286	23.248	24.211	25.173	26.136	27.098	28.061
2519	3.664	3.869	4.076	4.283	4.492	4.700	4.909	5.117	5.325	5.534	5.742	5.951	6.159	6.368	6.576	6.785
2520	4.764	5.075	5.386	5.697	6.008	6.319	6.630	6.941	7.252	7.563	7.874	8.185	8.496	8.807	9.118	9.429
2521	6.773	7.163	7.559	7.958	8.367	8.786	9.214	9.649	10.088	10.527	10.966	11.406	11.845	12.284	12.723	13.162
2522	6.849	7.389	7.941	8.511	9.092	9.679	10.282	10.886	11.491	12.095	12.699	13.303	13.908	14.512	15.116	15.720
2523	4.343	4.470	4.598	4.726	4.854	4.982	5.111	5.241	5.373	5.509	5.645	5.781	5.918	6.055	6.193	6.330
2524	3.818	4.085	4.351	4.622	4.896	5.176	5.457	5.738	6.020	6.302	6.583	6.865	7.146	7.428	7.710	7.991
2525	8.249	8.817	9.386	9.954	10.523	11.091	11.660	12.228	12.797	13.365	13.933	14.502	15.070	15.639	16.207	16.776
2526	8.466	8.963	9.460	9.960	10.463	10.971	11.482	11.992	12.502	13.013	13.523	14.034	14.544	15.054	15.565	16.075
2527	4.423	4.730	5.045	5.361	5.684	6.019	6.358	6.698	7.038	7.377	7.717	8.057	8.397	8.736	9.076	9.416
2528	9.380	10.251	11.132	12.013	12.893	13.774	14.654	15.535	16.415	17.296	18.177	19.057	19.938	20.818	21.699	22.579

ตารางที่ 6 (ต่อ)

(หน่วย : ลบ.ม./ไร่)

ปีที่ปลูก (พ.ศ.)	ปริมาณของไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ในปีต่างๆ (พ.ศ.)											
	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577
2511	17.844	18.433	19.021	19.610	20.169	20.758	21.346	21.935	22.524	23.112	23.701	24.289
2512	10.476	10.655	10.833	11.012	11.191	11.370	11.55	11.73	11.91	12.09	12.26	12.44
2516	29.023	29.986	30.948	31.911	32.873	33.836	34.798	35.761	36.723	37.686	38.648	39.611
2519	6.993	7.202	7.410	7.619	7.827	8.036	8.244	8.453	8.661	8.870	9.078	9.286
2520	9.740	10.051	10.362	10.673	10.984	11.295	11.606	11.917	12.228	12.539	12.850	13.161
2521	13.601	14.040	14.479	14.919	15.358	15.797	16.236	16.675	17.114	17.553	17.992	18.432
2522	16.325	16.929	17.533	18.137	18.741	19.346	19.950	20.554	21.158	21.763	22.367	22.971
2523	6.468	6.605	6.743	6.880	7.018	7.155	7.293	7.430	7.568	7.705	7.843	7.981
2524	8.273	8.555	8.836	9.118	9.399	9.681	9.963	10.244	10.526	10.808	11.089	11.371
2525	17.344	17.913	18.481	19.050	19.618	20.187	20.755	21.324	21.892	22.461	23.029	23.598
2526	16.586	17.096	17.606	18.117	18.627	19.137	19.648	20.158	20.669	21.179	21.689	22.200
2527	9.755	10.095	10.435	10.775	11.114	11.454	11.794	12.133	12.473	12.813	13.153	13.492
2528	23.460	24.341	25.221	26.102	26.982	27.863	28.743	29.624	30.505	31.385	32.266	33.146

หมายเหตุ ค่าคาดคะเนเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการศึกษาการเติบโตของไม้สักเพื่อสร้างตัวแบบการเติบโตและผลผลิตของไม้สักในสวนป่าแม่เกาะ จังหวัดลำปาง จากแปลงปลูก 13 แปลง คือ แปลงปลูกปี พ.ศ. 2511 2512 2516 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 และ 2528 สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

#### 1. สถานภาพของสวนป่าและการเติบโตของไม้สักในสวนป่า

ไม้สักในสวนป่าแม่เกาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.52-25.27 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย 13.8-18.6 เมตร และความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 31.75-74.19 ต้นต่อไร่ มีการเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางที่เป็นความเพิ่มพูนรายปีระหว่าง 0.547-9.650 มิลลิเมตร และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี ระหว่าง 1.163-7.487 มิลลิเมตร

#### 2. ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตและผลผลิตของไม้สัก

ตัวแบบพยากรณ์การเติบโตของเส้นผ่าศูนย์กลางสร้างด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) ได้สมการที่เหมาะสมในรูปสมการยกกำลัง (Power equation) กำหนดให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออกเป็นตัวแปรตามและจำนวนปี เป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งในแต่ละแปลงจะเริ่มนับจำนวนปีที่แตกต่างกันตามปี พ.ศ. ที่ต้นไม้ในแต่ละแปลงมีโตจนถึง 1.30 เมตร ซึ่งตัวแบบนี้ไม่สามารถใช้คาดคะเนในช่วง 1-5 ปีแรกเกิดของต้นไม้ได้เนื่องจากเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงออก

ส่วนตัวแบบสำหรับประเมินผลผลิตของไม้รายต้นในรูปปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ ได้สมการที่เหมาะสมในรูปสมการเชิงเส้น (Linear equation) โดยกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.) เป็นตัวแปรอิสระ ส่วนปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลบ.ม.) เป็นตัวแปรตาม ตัวแบบที่ได้สามารถใช้ได้ทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงออกขนาดต่ำสุดจำกัด 10.5 เซนติเมตร

### 3. การสร้างตารางผลผลิตไม้สัก

ตารางผลผลิตของไม้สักที่ได้จากการศึกษาทำให้ทราบผลผลิตของหมู่ไม้ในรูปปริมาตรไม้ต่อหน่วยเนื้อที่ (ลบ.ม.ต่อไร่) ตั้งแต่ไม้อายุขนาดเล็กจนถึงปัจจุบันและพยากรณ์ไปในอนาคตอีก 30 ปีตามแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูกได้ซึ่งคุณภาพของตารางผลผลิตขึ้นกับตัวแบบการประเมินการเติบโตและผลผลิตในรูปปริมาตรไม้รายต้น รวมทั้งระดับความหนาแน่นของต้นไม้ในสวนป่า ซึ่งนับว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญยิ่งในการจัดการสวนป่า

#### ข้อเสนอแนะ

1. การนำตัวแบบการเติบโตและผลผลิตไม้สักในสวนป่าแม่เกาะไปใช้จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดที่กำหนดไว้ คือ ขนาดต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เมื่อทำการประเมินปริมาตรไม้รายต้น และระดับความหนาแน่นของต้นไม้ในสวนป่า จะต้องไม่แตกต่างไปจากระดับที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน มิฉะนั้นจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ และการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาสวนป่าแม่เกาะจังหวัดลำปาง ตัวแบบและตารางผลผลิตที่ได้ สามารถนำไปใช้เฉพาะในพื้นที่นี้เท่านั้น แต่สามารถนำแนวทางการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ได้

2. การศึกษาวิจัยในอนาคตควรทดสอบตัวแบบ เนื่องจากการศึกษาในปัจจุบันเป็นการศึกษาการเติบโตจากอดีต ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไป การเติบโตของต้นไม้อาจมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปได้ สำหรับตารางผลผลิต เพื่อให้สามารถใช้ได้ทุกๆ ไป ควรสร้างเป็นตัวแบบและตารางผลผลิตที่อาศัยข้อมูลจากสวนป่าหลายแห่ง เพื่อจะได้นำไปใช้ในสวนป่าอื่นๆ ได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2547. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย 2547. ฝ่ายสถิติป่าไม้ กองแผนงาน กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย. 2546ก. ฝน. แหล่งที่มา: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=18>, 30 ตุลาคม. 2548.
- \_\_\_\_\_. 2546ข. ฝน. แหล่งที่มา: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=17>, 30 ตุลาคม. 2548.
- \_\_\_\_\_. 2547. (ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจังหวัดลำปาง). งานบริการข้อมูล กลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2549. (ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสวนป่าแม่เกาะ จังหวัดลำปาง). งานบริการข้อมูล กลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- กันตินันท์ ผิวสะอาด. 2548. คู่มือการวัดการเจริญเติบโตของไม้ในสวนป่า. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้พันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การวิเคราะห์สถิติ สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ขวัญชัย ดวงสถาพร. 2542. ผลของปัจจัยภูมิอากาศและการตัดสงขยระยะต่อการเจริญเติบโตของไม้สนสามใบสวนป่าดอยป้อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาญ บุญญสิริกุล. 2513. การผลิตป่าไม้เบื้องต้น. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ชาญ บุญญสิริภูท. 2525. **การคณิตป่าไม้**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โชคชัย พรหมแพทย์. 2536. **สักทองเพื่อการค้า**. บริษัทอโทร คอมมิวนิตี้, กรุงเทพฯ.
- ดิระ จองตระกูล และ ธรรมบุญ เต็มไชย. ม.ป.ป. **การเจริญเติบโตและผลผลิตของหมูไม้**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2539. **เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เทอด สุปรีชากร. 2525. **วนศาสตร์เบื้องต้น**. อมรินทร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- เทียมใจ คมกฤต. 2546. **กายวิภาคของพฤษ**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย เปาอินทร์. 2536. **การลงทุนปลูกไม้สักเพื่อการค้า**. บริษัทบพิชการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- นฤชัย พันธุ์บูรณะ และอาษา พรหมบุบผา. ม.ป.ป.. **การจัดการป่าไม้**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บรรเลง จันทร์วาวาม. 2545. **การวิเคราะห์ทางการเงินในการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก สวนป่าทองผาภูมิจังหวัดกาญจนบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **อ้างอิง**
- องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2540. แผนการดำเนินงานขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ประจำปี 2540**. กรุงเทพฯ.
- บัวตัน หวังธรา. 2509. **การตรวจสอบการใช้ Increment borer เพื่อหาความเจริญเพิ่มพูนของไม้สักทางเส้นผ่าศูนย์กลาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ปัสสิ ประสมสินธุ์. 2534. **คู่มือปฏิบัติการการคณิตป่าไม้**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้  
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_ และขวัญชัย ดวงสถาพร. 2548. **คู่มือการศึกษาและฝึกปฏิบัติงานภาคสนามการคณิตป่า  
ไม้**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิสุทธิ สุวรรณภินันท์. 2539. **ระบบวนวัฒน**. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์. ม.ป.ป. **เทคนิคการพยากรณ์การวิเคราะห์อนุกรมเวลา**. ม.ป.ท.
- สถิตย์ วัชรกิตติ. 2525. **การสำรวจทรัพยากรป่าไม้**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมชัย วุฒิสถียร. 2510. **การวิเคราะห์ลำต้นของไม้สักในสวนสักแม่หวด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมชาย เปรมพาณิชย์กุล. 2534. **ผลผลิตของสวนป่าไม้สัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมยศ แสงนิล และชมภูษ โสดาจันทร์. 2541. **แหล่งไม้สักที่สำคัญในประเทศไทย**. กลุ่มสำรวจ  
ทรัพยากรป่าไม้ ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์. 2536. **คู่มือการปลูกไม้สักทอง**. สำนักพิมพ์ เท็ค โทน่า แกรนด์สกรู๊ป, นนทบุรี.
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2541. **เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2548ก. **สวนป่าแม่มาะ**. สำนักอนุรักษ์และพัฒนาสวนป่าจังหวัด เชียงราย สำนักงานอนุรักษ์และพัฒนาสวนป่าภาคเหนือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2548ข. รายงานผลการปลูกสร้างสวนป่า ประจำปี 2548. แหล่งที่มา: [www.fio.co.th/budget/s\\_par.html](http://www.fio.co.th/budget/s_par.html), 25 ธันวาคม, 2549.

Avery, T.E. 1975. **Natural Resource Measurement**. McGraw Hill Book Company, New York.

\_\_\_\_\_. 1994. **Forest Measurements**. McGraw Hill Book Company, New York.

Bruce L. Bowerman and Richard T. O'Connell. 1993. **Forecasting and time series: an applied approach**. Belmont, Calif. Duxbury Press.

Chapman, H.H. and W.H. Meyer. 1949. **Forest Mensuration**. McGraw Hill Book Company, Inc., New York.

Chojnacky D.C. 1996. Modeling diameter growth for pinyon and juniper trees in dryland forests. **Forest ecology and forest management**. 93: 21-31.

Davis, Kenneth P. 1966. **Forest Management : regulation and valuation**. McGraw Hill Book Company, Inc., New York.

Fritts, H.C. 1976. **Tree ring and Climate**. Academic Press, London.

Husch Bertram, Charles I. Miller and Thomas W. Beers. 1982. **Forest mensuration**. New York , Wiley.

Duangstaporn Khwanchai. 2005. **Management Planing for Teak Plantation: A Case Study of Thong Pha Phum Plantation, Changwat Kanchanaburi.** Ph.D. thesis, Kasetsart University.

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1960. **Physiology of Trees.** McGraw-Hill Book Company, New York.

Philip, M. S. 1994. **Measuring Trees and Forests.** UK University Press, Cambridge.

Simmos, C.E. 1926. **A Manual of Forest Mensuration.** Culcutta, Government of India, India.

Thammincha, S., W. 1981. **Climatic variation in radial growth of Scots pine and Norway spruce and its importance in growth estimation.** Acta For. Fenn.

Troup, R.S. 1911. **Amanual of Forest Mensuration.** Culcutta, India Superintendent Government, India.

Whitmore, T.C. 1975. **Tropical Rain Forest of the Far East.** Clarendon, Oxford.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ช่วงชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก

ช่วงชั้นขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก (ซม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ในแปลงปลูกปี พ.ศ. ต่างๆ		
	2511	2512	2516
1	12.6 - 16.72	11.00 - 15.04	10.0 - 15.2
2	16.73 - 20.85	15.05 - 19.09	15.3 - 20.5
3	20.86 - 24.98	19.10 - 23.14	20.6 - 25.8
4	24.99 - 29.11	23.15 - 27.19	25.9 - 31.1
5	29.12 - 33.24	27.20 - 31.24	31.2 - 36.4
6	33.25 - 37.37	31.25 - 35.29	36.5 - 41.7
	<b>2519</b>	<b>2520</b>	<b>2521</b>
1	10.30 - 13.80	10.60 - 13.68	11.00 - 14.75
2	13.90 - 17.40	13.69 - 16.77	14.76 - 18.51
3	17.50 - 21.00	16.78 - 19.86	18.52 - 22.27
4	21.10 - 24.60	19.87 - 22.95	22.28 - 26.03
5	24.70 - 28.20	22.96 - 26.04	26.04 - 29.79
6	28.30 - 31.80	26.05 - 29.13	29.80 - 33.55
	<b>2522</b>	<b>2523</b>	<b>2524</b>
1	10.00 - 14.03	10.00 - 13.00	10.00 - 13.29
2	14.04 - 18.07	13.10 - 16.10	13.30 - 16.59
3	18.08 - 22.11	16.20 - 19.20	16.60 - 19.89
4	22.12 - 26.15	19.30 - 21.30	19.90 - 23.19
5	26.16 - 30.19	21.40 - 24.40	23.20 - 26.49
6	30.20 - 34.23	24.50 - 28.50	26.50 - 29.79

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ช่วงชั้นขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก (ซม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ในแปลงปลูกปี พ.ศ. ต่างๆ		
	2525	2526	2527
1	10.00 - 13.17	10.00 - 14.20	10 - 13.4
2	13.18 - 16.35	14.30 - 18.50	13.5 - 16.9
3	16.36 - 19.53	18.60 - 22.80	17.0 - 20.4
4	19.54 - 22.71	22.90 - 27.10	20.5 - 23.9
5	22.72 - 25.89	27.20 - 31.40	24.0 - 27.4
6	25.90 - 29.07	31.50 - 35.70	27.5 - 30.9
<b>2528</b>			
1	10.00 - 12.85		
2	12.86 - 15.71		
3	15.72 - 18.57		
4	18.58 - 21.43		
5	21.44 - 24.29		
6	24.50 - 27.40		

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ห้ตัวแบบสำหรับพยากรณ์การเติบโตของไม้สักรายต้น

แปลงปลูกปีพ.ศ.	รูปแบบ	r <sup>2</sup>	SE	F	Sig.
2511	Linear	0.941	1.657	497.924	0.000
	Logarithmic	0.870	2.471	206.849	0.000
	Power	0.945	0.166	536.767	0.000
	Exponential	0.844	0.281	167.428	0.000
2512	Linear	0.983	0.721	2001.758	0.000
	Logarithmic	0.819	2.374	153.900	0.000
	Power	0.899	0.156	302.436	0.000
	Exponential	0.944	0.115	578.267	0.000
2516	Linear	0.985	1.115	1869.841	0.000
	Logarithmic	0.894	2.938	244.733	0.000
	Power	0.996	0.046	6970.529	0.000
	Exponential	0.840	0.288	151.709	0.000
2519	Linear	0.984	0.580	1529.957	0.000
	Logarithmic	0.852	1.760	143.874	0.000
	Power	0.900	0.131	225.519	0.000
	Exponential	0.932	0.108	344.855	0.000
2520	Linear	0.969	0.834	434.041	0.000
	Logarithmic	0.918	1.353	155.979	0.000
	Power	0.966	0.086	399.869	0.000
	Exponential	0.909	0.142	139.754	0.000
2521	Linear	0.926	1.405	300.782	0.000
	Logarithmic	0.947	1.189	429.691	0.000
	Power	0.972	0.078	842.946	0.000
	Exponential	0.819	0.200	108.494	0.000
2522	Linear	0.935	1.304	332.774	0.000
	Logarithmic	0.942	1.232	376.034	0.000

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แปลงปลูกปีพ.ศ.	รูปแบบ	$r^2$	SE	F	Sig.
2522	Power	0.961	0.099	564.156	0.000
	Exponential	0.818	0.213	103.706	0.000
2523	Linear	0.926	1.144	288.606	0.000
	Logarithmic	0.885	1.427	177.218	0.000
	Power	0.887	0.135	181.430	0.000
2524	Exponential	0.850	0.156	130.813	0.000
	Linear	0.975	0.649	84.221	0.000
	Logarithmic	0.922	1.142	261.566	0.000
2525	Power	0.978	0.061	977.509	0.000
	Exponential	0.903	0.128	205.810	0.000
	Linear	0.987	0.439	1560.529	0.000
	Logarithmic	0.914	1.146	211.839	0.000
2526	Power y	0.979	0.057	934.253	0.000
	Exponential	0.923	0.108	240.839	0.000
	Linear	0.937	1.244	312.815	0.000
	Logarithmic	0.969	0.875	654.958	0.000
2527	Power	0.992	0.039	2586.121	0.000
	Exponential	0.818	0.187	94.293	0.000
	Linear	0.987	0.541	1411.990	0.000
	Logarithmic	0.837	1.950	92.244	0.000
2528	Power	0.936	0.121	263.870	0.000
	Exponential	0.965	0.089	500.115	0.000
	Linear	0.989	0.480	1751.013	0.000
	Logarithmic	0.862	1.724	118.522	0.000
2528	Power	0.931	0.135	255.728	0.000
	Exponential	0.935	0.131	273.976	0.000

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ผลผลิตในรูปปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้

แปลงปลูกปีพ.ศ.	รูปแบบ	$r^2$	SE	F	Sig.
2511	Linear	0.928	0.039	206.895	0.000
	Logarithmic	0.897	0.047	138.955	0.000
	Power	0.953	0.185	325.760	0.000
	Exponential	0.908	0.259	158.138	0.000
2512	Linear	0.795	0.059	61.959	0.000
	Logarithmic	0.476	0.066	46.931	0.000
	Power	0.812	0.378	69.271	0.000
	Exponential	0.791	0.399	60.479	0.000
2516	Linear	0.912	0.060	176.601	0.000
	Logarithmic	0.866	0.074	110.300	0.000
	Power	0.934	0.203	241.812	0.000
	Exponential	0.882	0.272	126.463	0.000
2519	Linear	0.856	0.048	98.897	0.000
	Logarithmic	0.820	0.053	72.819	0.000
	Power	0.946	0.208	281.378	0.000
	Exponential	0.890	0.298	128.746	0.000
2520	Linear	0.908	0.033	157.549	0.000
	Logarithmic	0.872	0.039	108.671	0.000
	Power	0.917	0.227	176.217	0.000
	Exponential	0.873	0.281	110.013	0.000
2521	Linear	0.841	0.074	84.911	0.000
	Logarithmic	0.784	0.086	58.137	0.000
	Power	0.961	0.164	397.377	0.000
	Exponential	0.950	0.185	307.0303	0.000
2522	Linear	0.809	0.073	67.797	0.000
	Logarithmic	0.744	0.084	46.433	0.000

## ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แปลงปลูกปีพ.ศ.	รูปแบบ	$r^2$	SE	F	Sig.
2522	Power	0.912	0.229	164.824	0.000
	Exponential	0.891	0.254	130.795	0.000
2523	Linear	0.920	0.032	184.280	0.000
	Logarithmic	0.881	0.039	118.200	0.000
	Power	0.970	0.153	521.166	0.000
2524	Exponential	0.942	0.214	259.186	0.000
	Linear	0.928	0.033	207.063	0.000
	Logarithmic	0.864	0.046	101.426	0.000
2525	Power	0.953	0.219	324.554	0.000
	Exponential	0.921	0.285	185.974	0.000
	Linear	0.968	0.019	480.951	0.000
	Logarithmic	0.960	0.021	380.233	0.000
2526	Power	0.937	0.233	236.550	0.000
	Exponential	0.870	0.334	106.892	0.000
	Linear	0.705	0.106	38.242	0.000
	Logarithmic	0.674	0.112	33.038	0.000
2527	Power	0.864	0.356	101.824	0.000
	Exponential	0.808	0.424	67.150	0.000
	Linear	0.846	0.052	87.709	0.000
	Logarithmic	0.786	0.061	58.747	0.000
2528	Power	0.961	0.179	396.150	0.000
	Exponential	0.943	0.217	262.957	0.000
	Linear	0.869	0.037	106.529	0.000
	Logarithmic	0.811	0.045	68.684	0.000
2528	Power	0.932	0.166	221.022	0.000
	Exponential	0.940	0.157	250.406	0.000



ภาพผนวกที่ 1 เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ (Haga altimeter)



ภาพผนวกที่ 2 เครื่องมือวัดความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ (Spiegel relaskop)



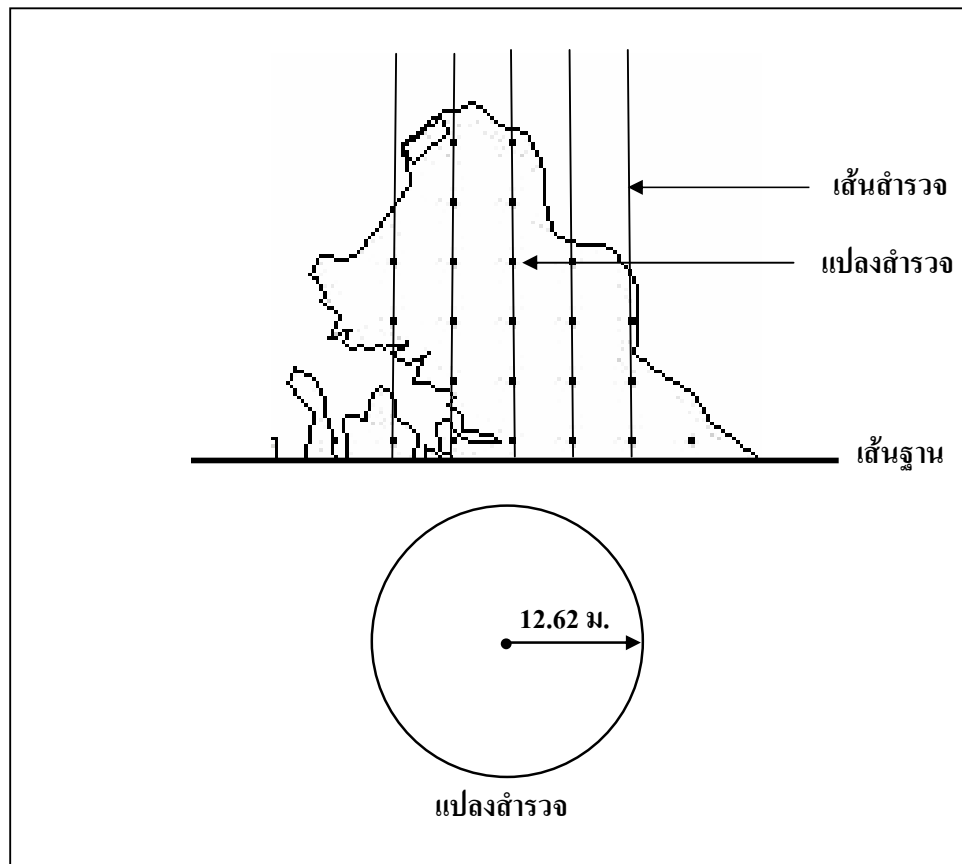
ภาพผนวกที่ 3 เครื่องมือวัดความหนาเปลือกต้นไม้ (Swedish bark gauge)



ภาพผนวกที่ 4 เครื่องมือเจาะไม้ (Increment borer)



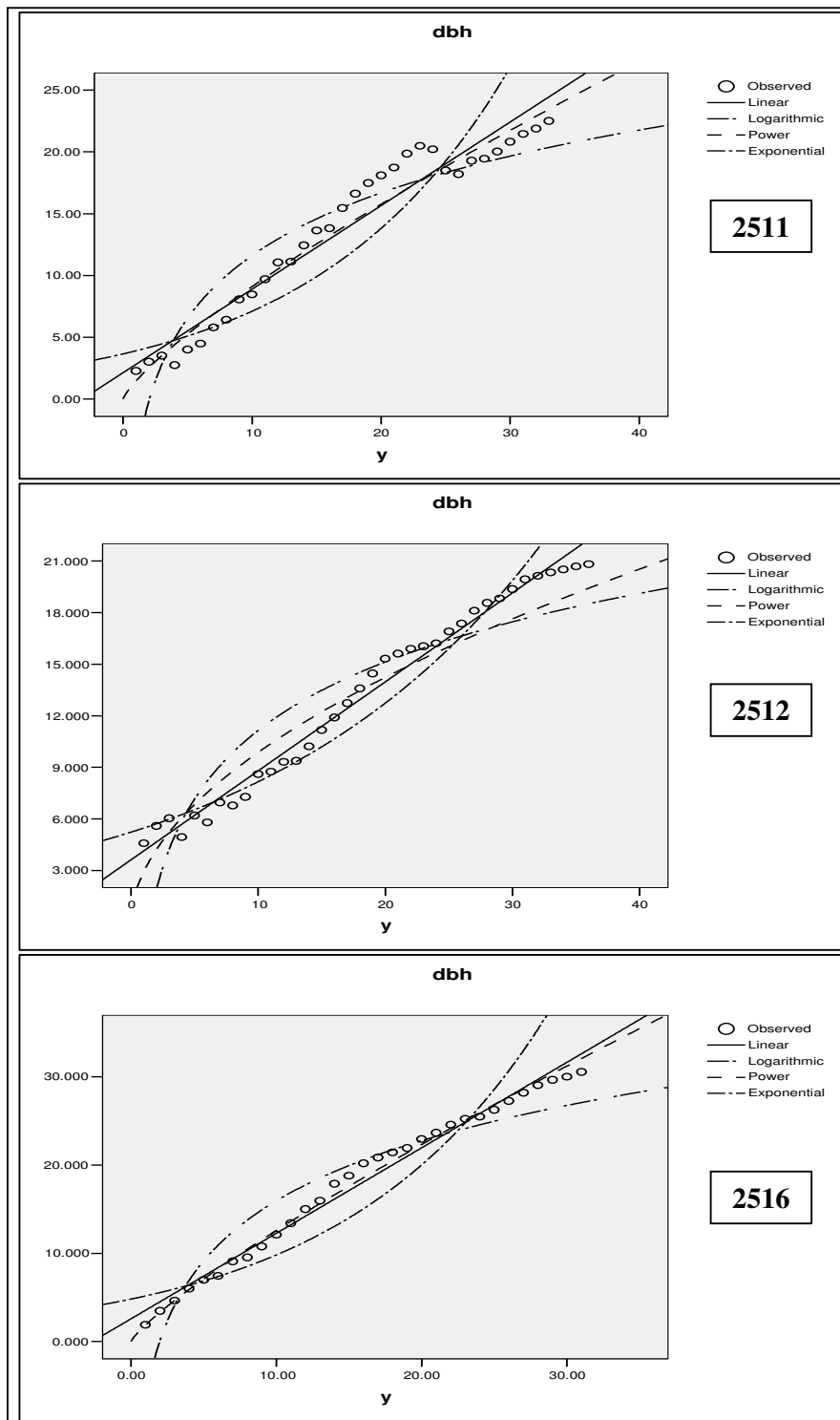
ภาพผนวกที่ 5 เครื่องมือวัดความกว้างวงปี



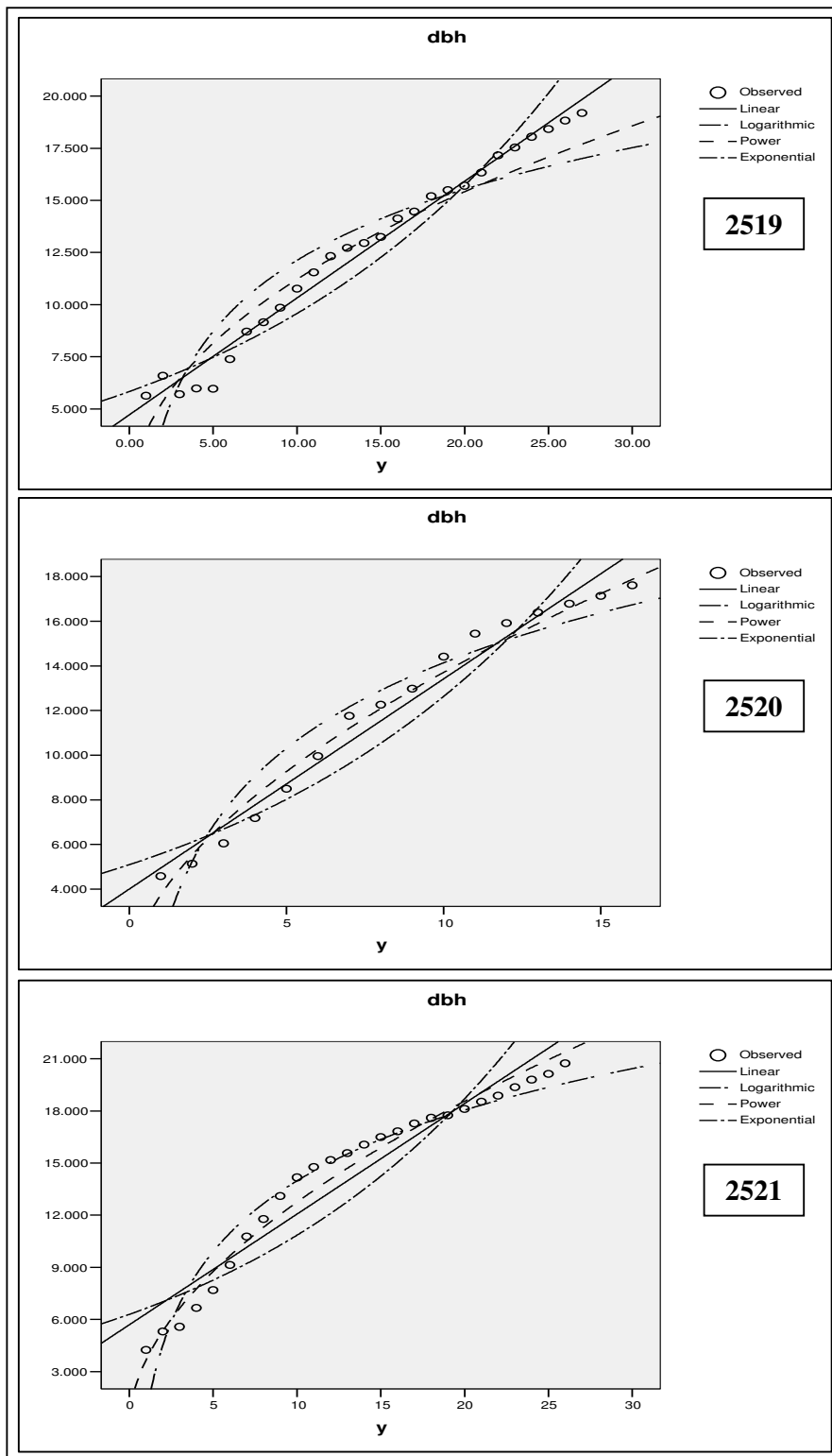
ภาพผนวกที่ 6 การวางแปลงสำรวจแบบ Line plot system



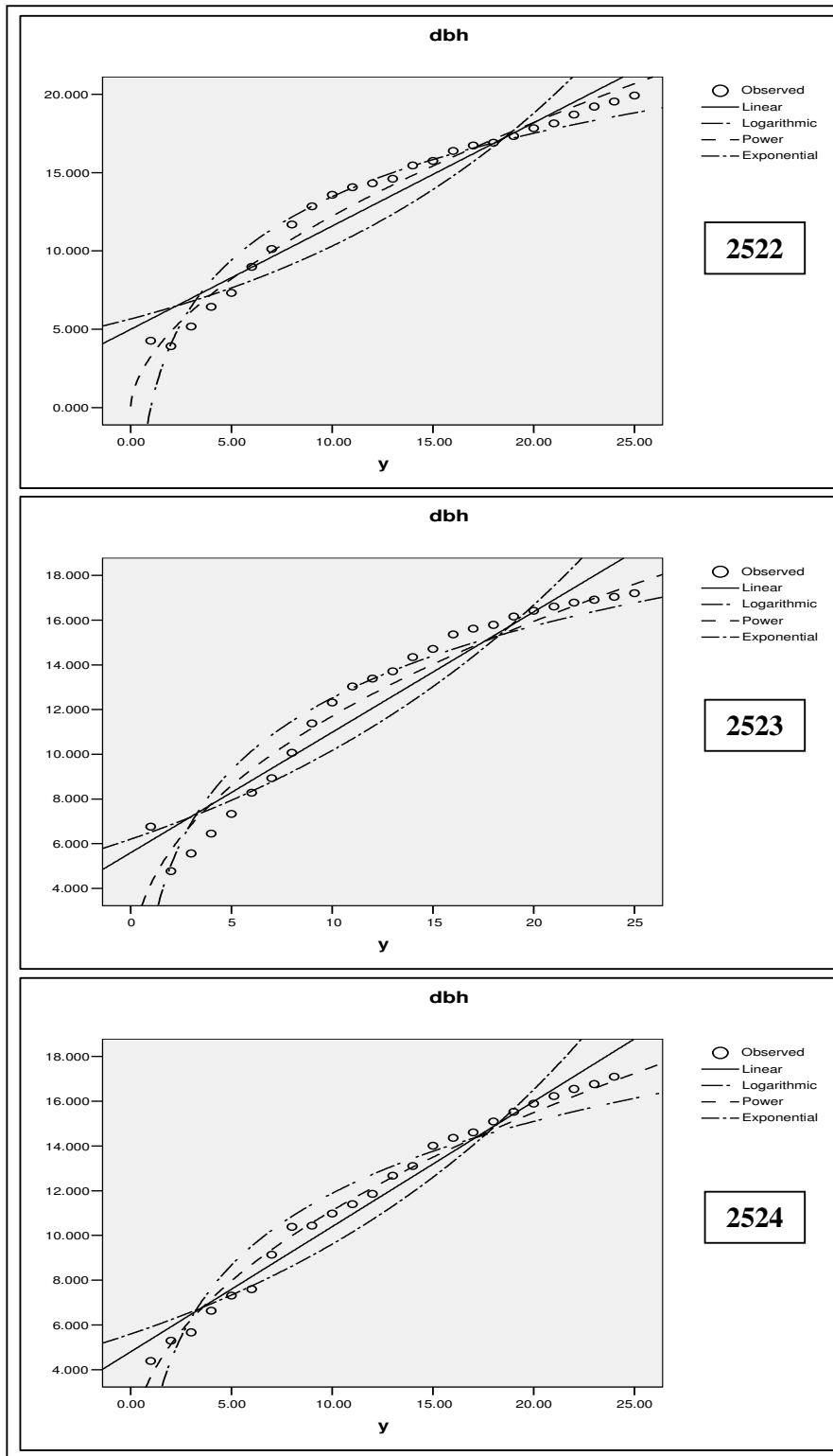




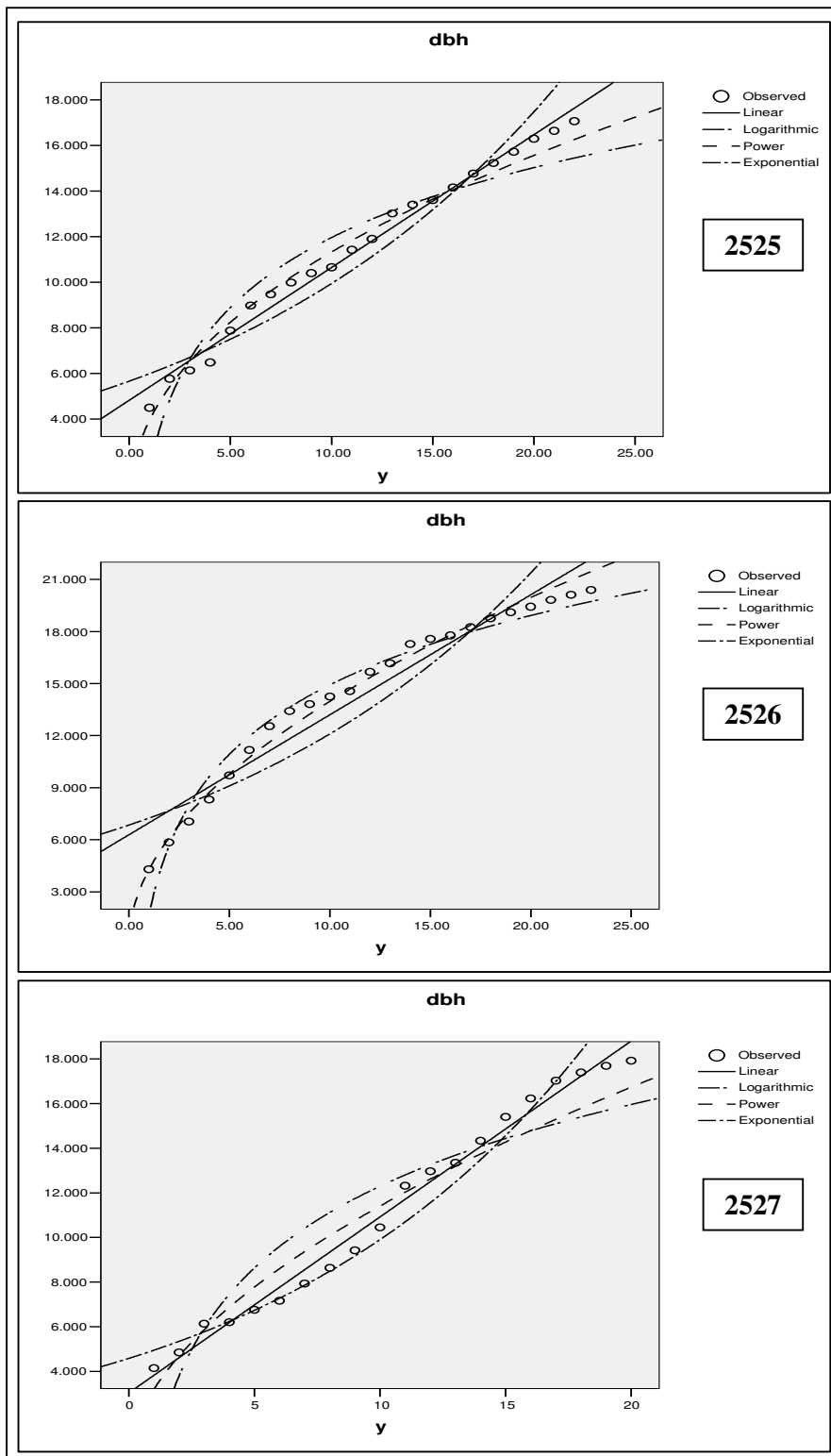
ภาพผนวกที่ 9 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) และลำต้นตามปีพ.ศ. (y) ในรูปแบบต่างๆ



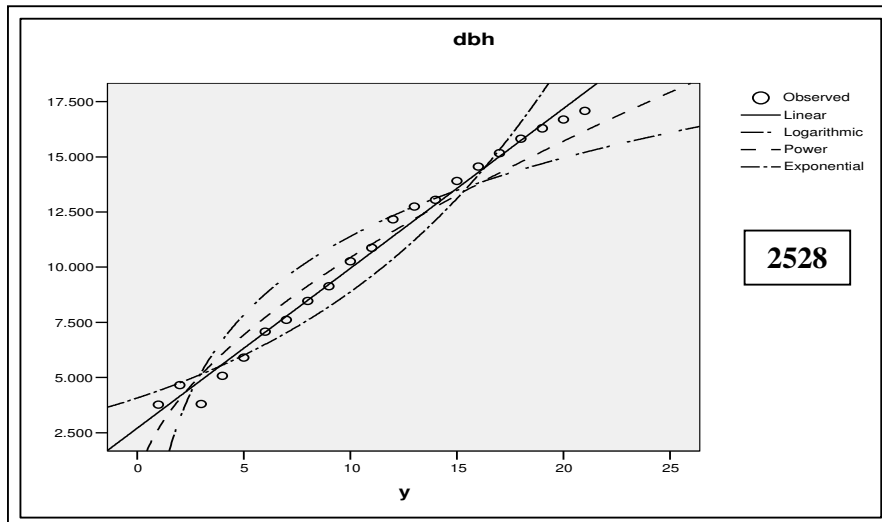
ภาพผนวกที่ 9 (ต่อ)



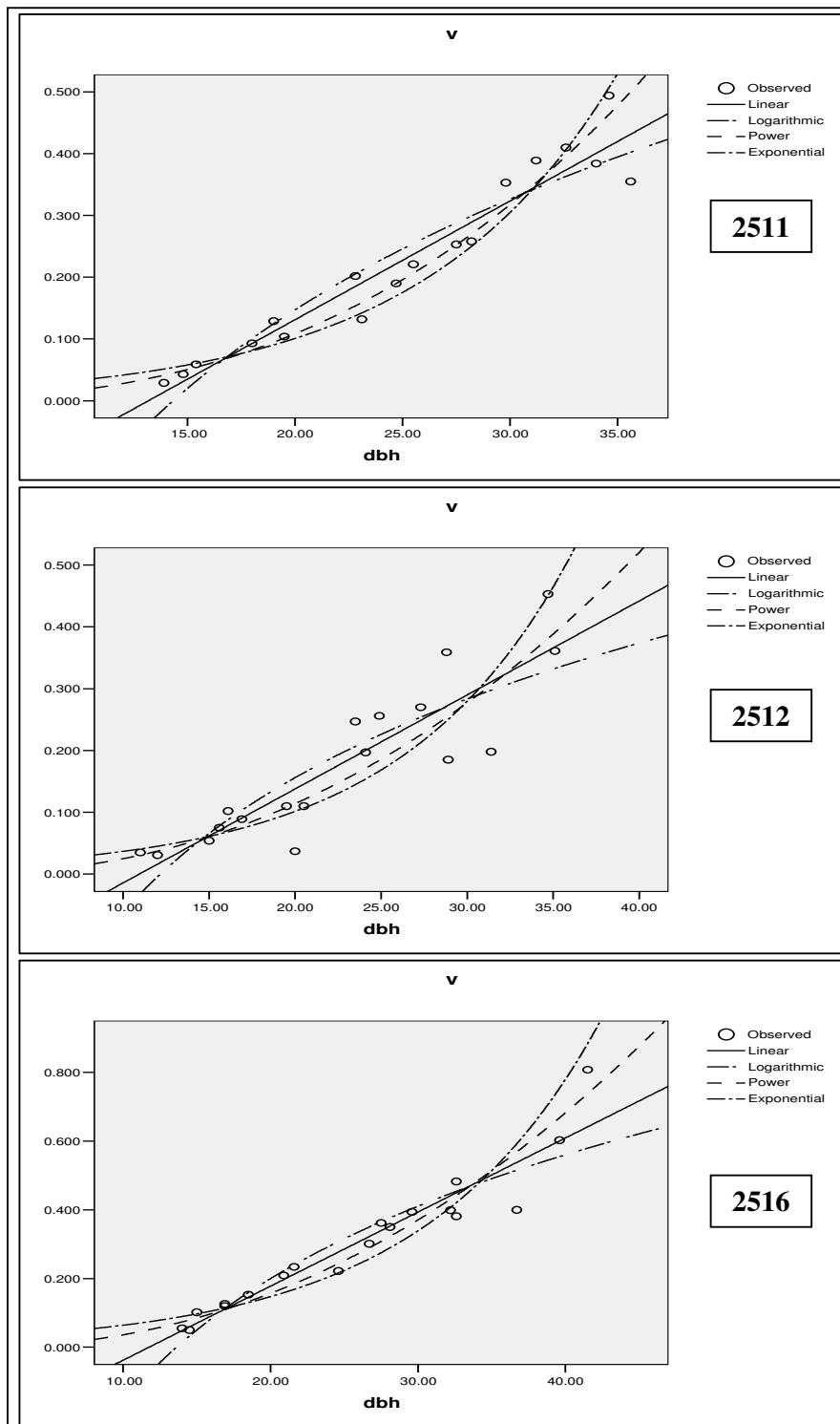
ภาพผนวกที่ 9 (ต่อ)



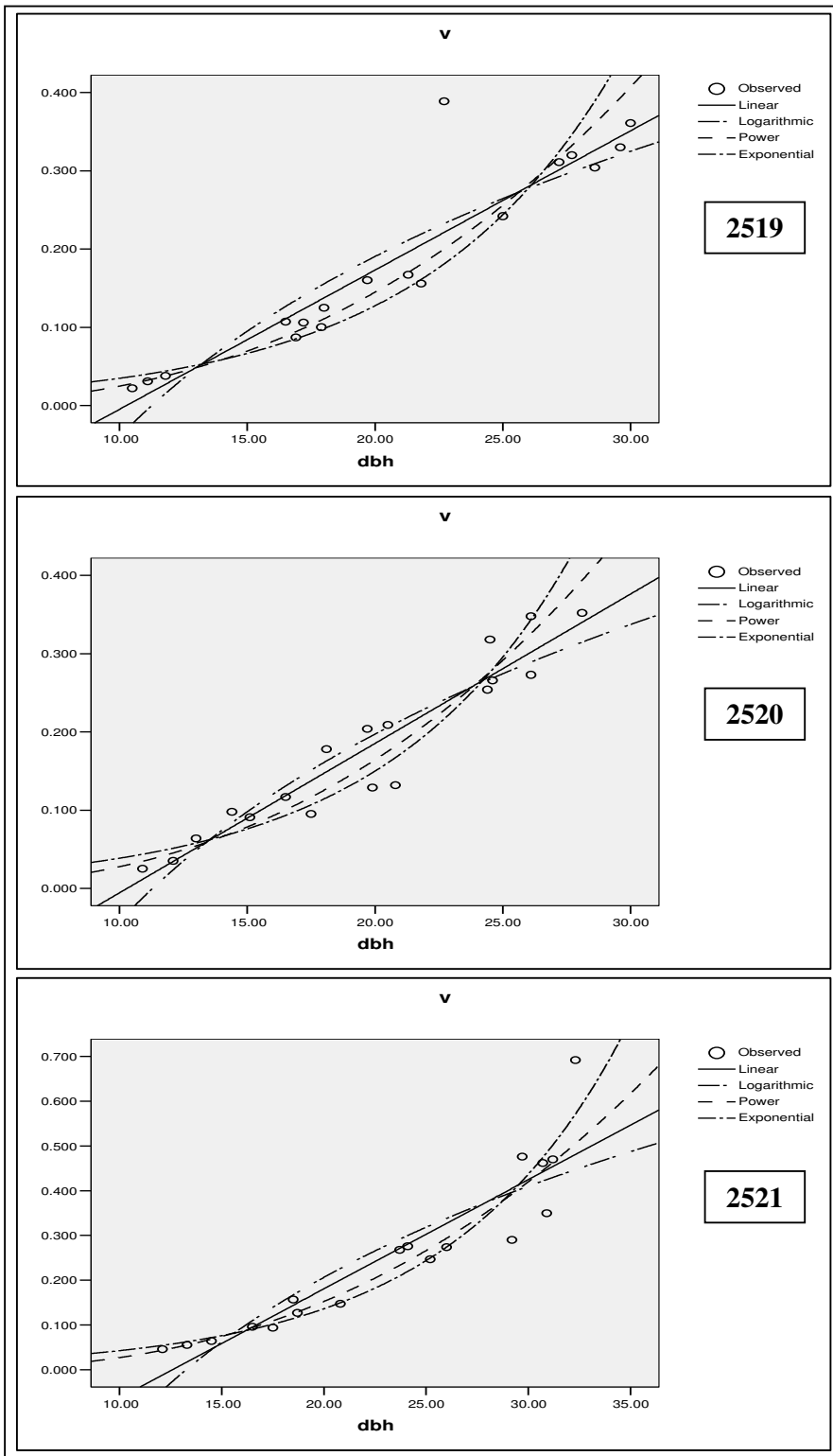
ภาพผนวกที่ 9 (ต่อ)



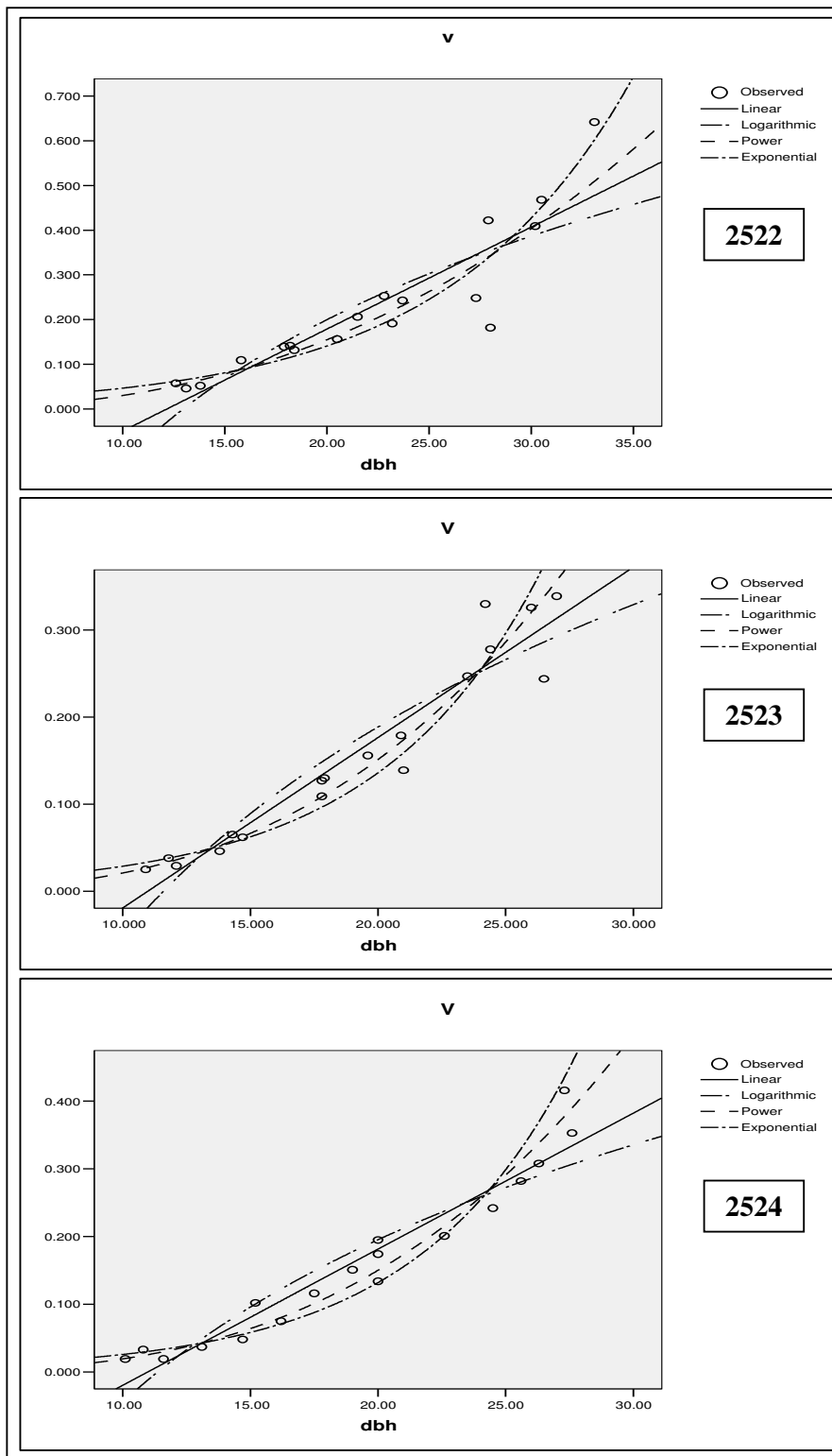
ภาพผนวกที่ 9 (ต่อ)



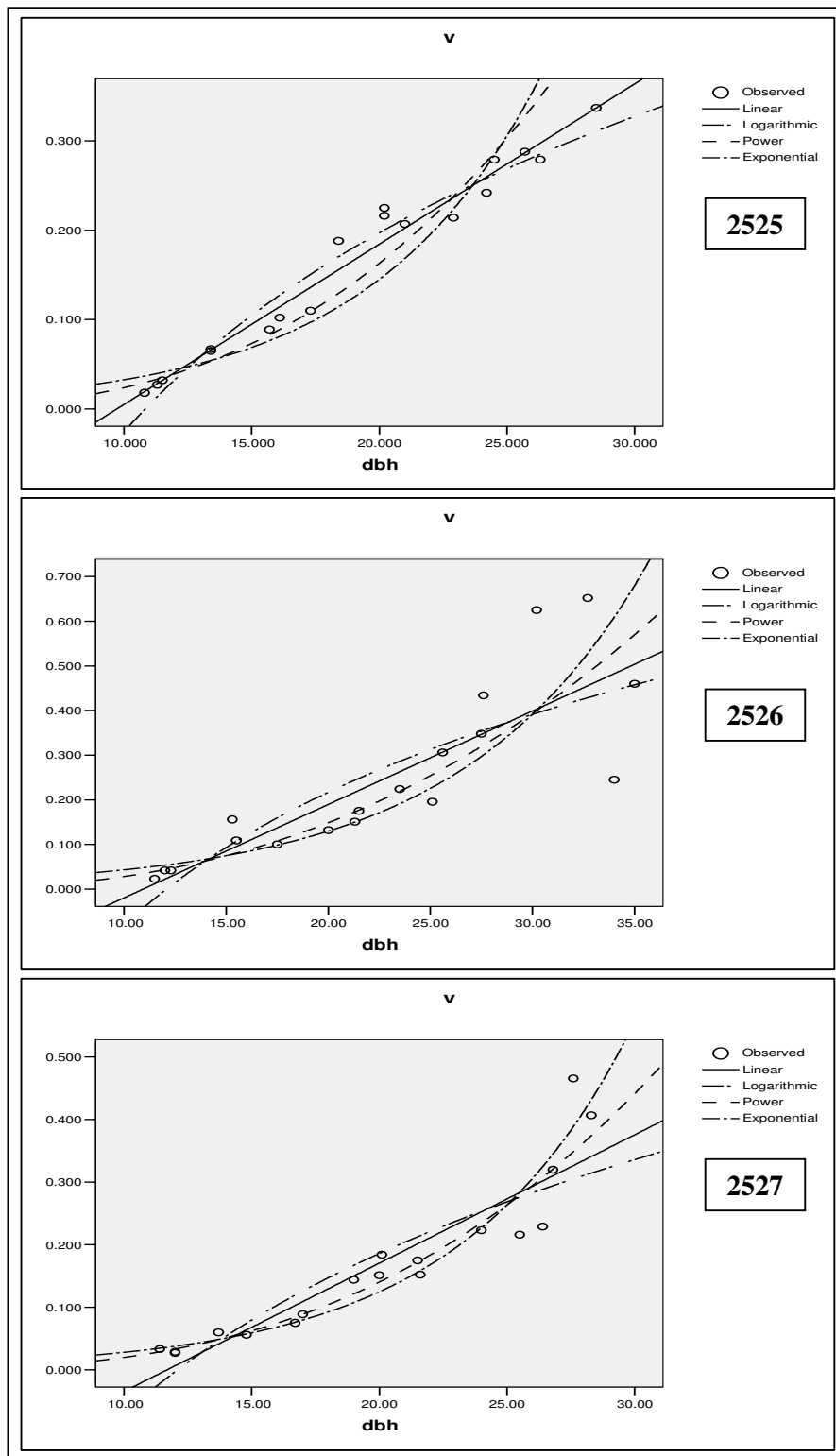
ภาพผนวกที่ 10 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) ในรูปแบบต่างๆ



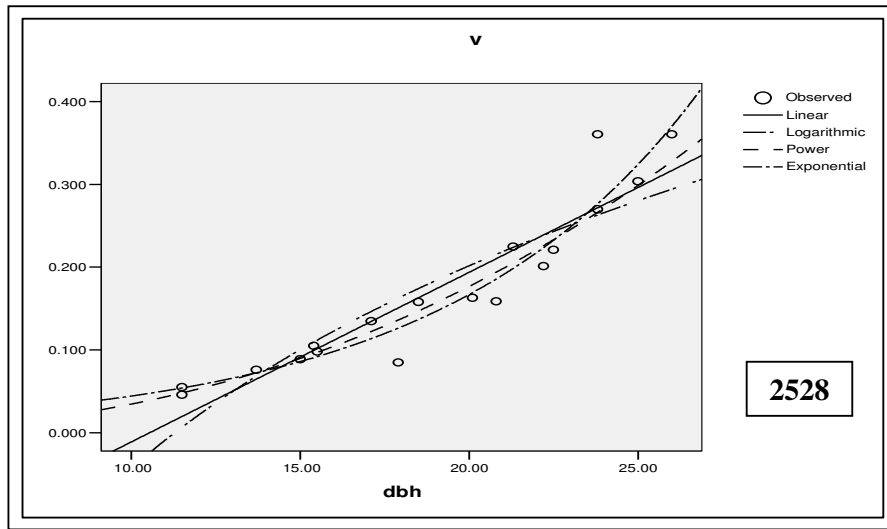
ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)



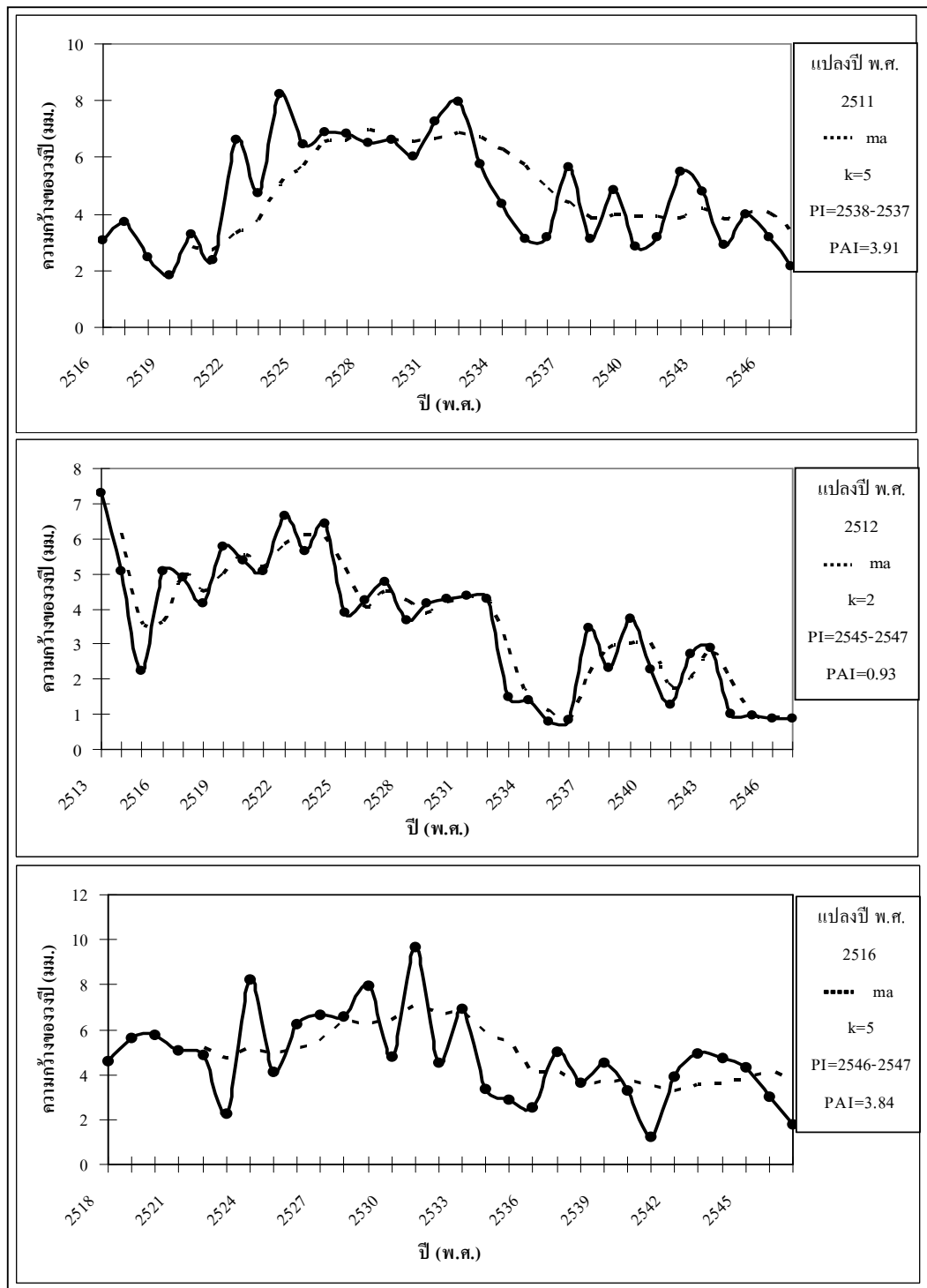
ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)



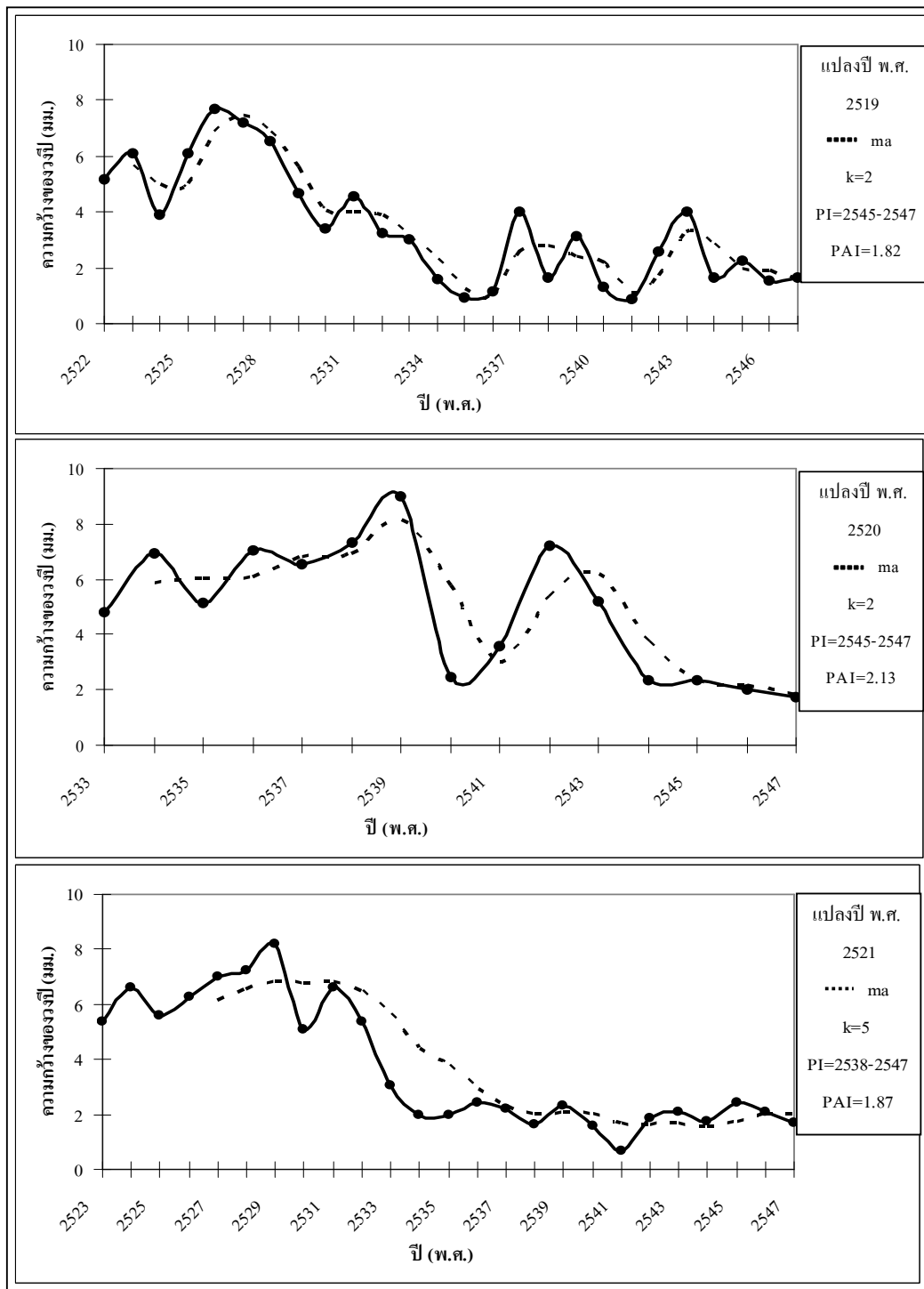
ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)



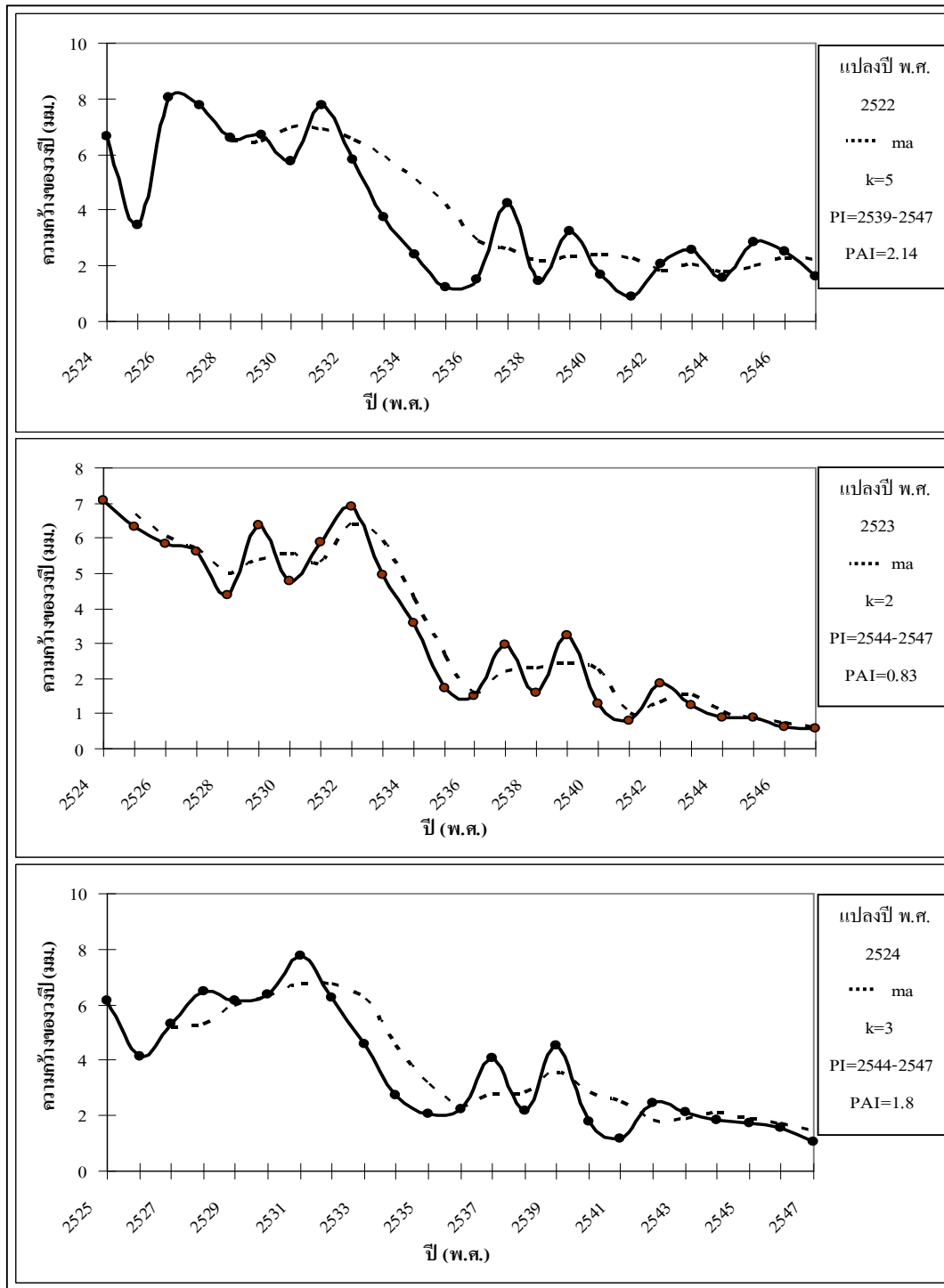
ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)



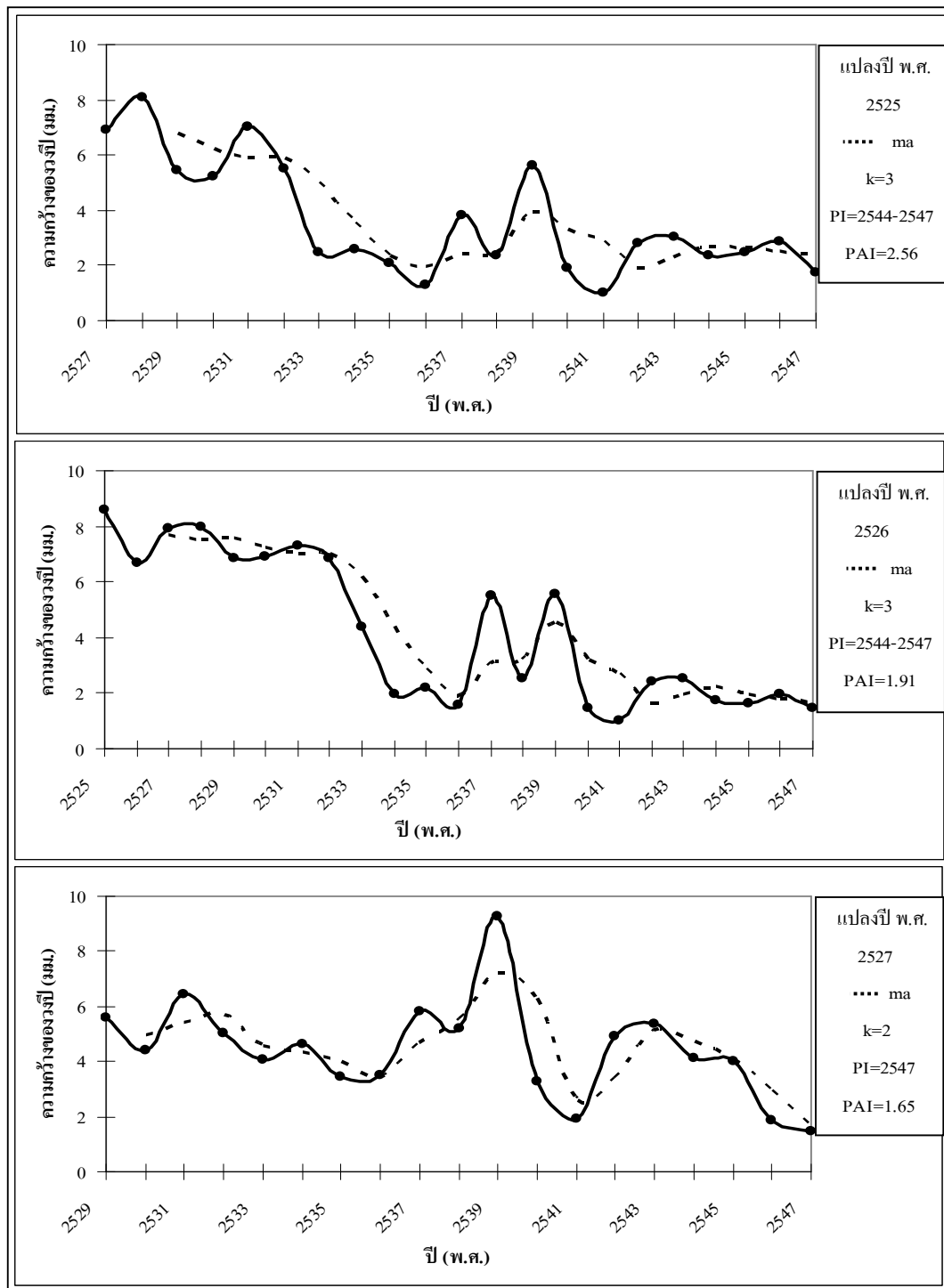
ภาพผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ในแต่ละแปลงปี พ.ศ. ที่ปลูก



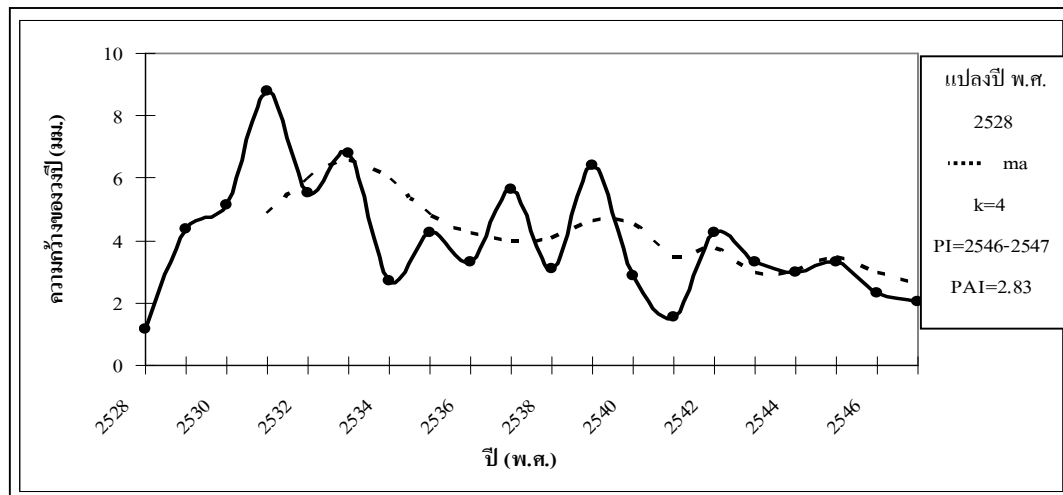
ภาพผนวกที่ 11 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ 11 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ 11 (ต่อ)



### ภาพผนวกที่ 11 (ต่อ)

หมายเหตุ ma = ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average), k = จำนวนค่าสังเกต, PI = ระยะเวลา,

PAI = ความเพิ่มพูนเฉลี่ยระยะเวลา (Periodic annual increment)

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจรีพร สิริชชยศ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	21 กันยายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	- ทุนผู้ช่วยสอนประจำภาคต้น ปีการศึกษา 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ - ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาประจำปี งบประมาณ 2549 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์