



รายงานวนศาสตร์วิจัย

FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่ม ๗๓

กันยายน ๒๕๒๓

NUMBER 73

SEPTEMBER 1980

ผลผลิตของผลและเมล็ดไม้สนสามใบในป่าธรรมชาติ

CONE AND SEED PRODUCTIONS IN THE NATURAL STAND

OF PINUS KESIYA ROYLE EX GORDON

พงษ์ศักดิ์ สหุนалу  
คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
กรุงเทพฯ

PONGSAK SAHUNALU  
FACULTY OF FORESTRY  
KASETSART UNIVERSITY  
BANGKOK 9, THAILAND

**FOREST RESEARCH BULLETIN**  
**FACULTY OF FORESTRY, KASETSART UNIVERSITY**

- No 30 Wasan Kaitpranect & Somsak Sukwong: Height growth of teak (Tectona grandis, Linn. F.) as related to environmental factors.\*
- No 31 Somkid Siripatanadilok: Development of teak flower (Tectona grandis, Linn).\*
- 1975 No 32 Prakong Intrachandra: Efficiency comparison between machanized and hand weeding at Ban Dan Lan Hoy Teak Plantation, Sukhothai Province.\*
- No 33 Wuthipol Hoamuangkaew: Economics of lac production: a case study of the extension and research station of lac at Klangdong, Amphor Paeckhong, Changwat Nakhonratchasima.\*
- No 34 Tawee Kaewla-iaad and Somsak Sukwong: Point sampling trial in dry dipterocarps forest.\*
- No 35 Somneug Pongampai: Morphology of some forest trees in Dipterocarpaceae.\*
- No 36 Chara Boonyasirikool and Wuthipol Hoamuangkaew: Testing accuracy of some log rules.\*
- No 37 Bunvong Thaiutsa, Choob Khemmark, Wisut Suwannapinunt, and Somporn Chaicharuss Soil properties of plantation after thinning.\*
- 1976 No 38 Sanit Aksornkoe: Structure of mangrove forest at Amphoe Khlung Changwat Chantaburi, Thailand.
- No 39 Bunvong Thaiutsa, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpranect, Somsak Sukwong: Changes of soil properties in teak forest under the different silvicultural systems.\*
- No 40 Pongsak Sahunalu: Foliage area estimation of local pines.
- No 41 Pitaya Petmak, Bunvong Thaiutsa, Pongsak Sahunalu: Dry weight increment of Pinus kesiya seedlings after fertilizer application.\*
- No 42 Chow Chutpong, Bunvong Thaiutsa, Choob Khemmark, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpranect: Nutrient composition of needles from fertilized and unfertilized Pinus kesiga Royle ex Gordon.\*
- No 43 Wasan Kaitpranect, Bunvong Thaiutsa, Wisut Suwannapinunt, Manop Kamchornchird: Effects of thinning and fertilization on soil properties of pine plantation.\*
- No 44 Sathit Wacharakitti: Tropical forest land-use evolution/Northern Thailand.\*
- No 45 Pongsak Sahunalu, Boonyong Sureepong, Suree Bhumibhamon: Effect of light on the germination of Pinus kesiya Royle ex Gordon seeds.\*
- No 46 Pongsak Sahunalu, Pramook Likithamanit, Prin Sri-Aran: Diameter and age distributions of Pinus merkusii Jungh and de Vries and Pinus kesiya Royle ex Gordon stands.\*
- No 47 Wiraj Chunwarin: Culm structure and composition of three Thai bamboos.
- 1977 No 48 Wiraj Chunwarin: Physical properties of three Thai bamboos.
- No 49 Praphant Koesomboon: Attitude of high school student in Bangkok toward forest resources conservation.\*
- No 50 Wasan Kaitpranect, Bunvong Thaiutsa, Paitoon Kanchanapinpong, Somsak Sukwong: Soil improvement of teak plantation by agricultural intercropping.\*
- 1978 No 51 Chalerm mahittikul, Prin sri-aran, Kasem sooksathan, Seri Drabyasara: Utilization of waste from agriculture for fiber-overlaid plywood and properties of panels.\*
- No 52 Bunvong Thaiutsa, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpranect: Preliminary study of production and chemical composition of forest litter in Thailand.\*
- No 53 pidhaya petmark, pongsak Sahunalu: Primary production of Teak Plantations I. Net primary production of thinned and unthinned teak plantations at Ngao, Lampang.\*
- No 54 Choompol Ngampongsai: Habitat relations of the sambar in Khao-Yai National Park.

รายงานงานวิจัย  
FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่มที่ ๗๓  
กันยายน ๒๕๒๓

NUMBER 73  
SEPTEMBER 1980

ผลผลิตของผลและเมล็ดไม้สนสามใบในป่าธรรมชาติ  
CONE AND SEED PRODUCTIONS IN THE NATURAL STAND  
OF PINUS KESIYA ROYLE EX GORDON

พงษ์ศักดิ์ สหุนาลู

PONGSAK SAHUNALU

คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
กรุงเทพฯ ๕

FACULTY OF FORESTRY  
KASETSART UNIVERSITY  
BANGKOK 9, THAILAND

คำนำ

ผลการศึกษา เรื่อง "ผลผลิตของผลและเมล็ดไม้สนสามใบในป่าธรรมชาติ" นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยแม่บท เรื่อง "การวิจัยทางวนวัฒนวิทยาและคุณสมบัติของไม้" ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการที่ ว.ว.๑๘ ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ ขอขอบคุณคณะวนศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องยานพาหนะ ขอบคุณ คุณเสนากร จากกรมสัตว์ แห่งศูนย์บำรุงพันธุ์ไม้สน-ไม้ไค้ เร่วไทย-เกษตรศาสตร์ (ในขณะที่ยังทำการศึกษาเรื่องนี้) และ คุณพิน เกตุกุล หัวหน้าศูนย์เพาะชำกล้าไม้สนเขาบ่อแก้ว ที่กรุณาอำนวยความสะดวก ขอขอบคุณ ผศ.บุญวงศ์ ไทยอุทิศสาห์ ผศ. นิยม เกษมบุค ผศ. ปริญญา ศรีอริชัย และ อ. ประมุข สวัสดิธรรมวิทย์ ที่กรุณาช่วยเหลือตลอดเวลาในการเก็บข้อมูลในท้องที่ และขอขอบคุณคุณมานพ อิศสระชัย ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผลและเมล็ดไม้ในท้องปฏิบัติการ

พงษ์ศักดิ์ สุหนาท

กัณฑ์ายน ๒๕๒๓.

CONE AND SEED PRODUCTIONS IN THE NATURAL STAND  
OF PINUS KESIYA ROYLE EX GORDON<sup>1/</sup>

2/  
PONGSAK SAHUNALU

ABSTRACT

A study on cone and seed productions in the natural stand of Pinus kesiya Royle ex Gordon was carried out at Bawluang, Hod, Chiangmai in 1976. The harvest method was applied by selection of 4 sample trees representing each tree in the four diameter classes. Cone count by age, cone size and oven-dried weight were determined. Seed count was also done by extraction of the 2-yr old cone samples. Allometric relationships between amounts of cone and tree dimensions, biomass, and age, between cone weight and cone size and between number of seed and cone size or weight were analyzed. Results of the study showed that allometric relationships were found to be generally applicable for the estimation of the amounts of cone and seed of this tree species. For amounts of cone estimation, it is recommended to use the DBH of trees as the independent variable in the allometric equations for the sake of convenience and accuracy. Cone weight was well correlated with cone volume. Number of seed per cone was best explained by the allometric relations with cone

---

1/ A portion of the study on "Silviculture and Wood Properties Research" financial supported by the Kasetsart University research grant :  
KU/SILVIC 1.18.

2/ Dept. of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart Univ., Bangkok.

diameter, cone weight, and cone volume rather than cone length. Quantitative characteristics of cone were also studied. Proportion of cone produced by each tree was found to be exceptionally constant with 20 : 48 : 10 : 22 % of total cone number for 3-yr, 2-yr, 1-yr, and current cones respectively. Diameter of cone increased as cones approached the mature stage but length of cone was found to be longest in 1-yr old cone and decreased as diameter increased. Decreasing trend of cone weight : cone volume ratio was found to be associated with cone development and suggested an indicator for determining cone age and maturity. Total amounts of cone were 176.77 kg/ha in dry weight and 6,612 cones/ha in cone number. Distribution of weight and number by age of cones were 29.17, 121.07, 25.19, and 1.33 kg/ha and 1,340, 3,220, 642, and 1,432 cones/ha for 3-yr, 2-yr, 1-yr and current cones respectively. Total seed from the 2-yr old cone was estimated to be 79,158 seeds/ha. If 35 % of the remaining seeds in 3-yr old cone was taken into account, total seed production would be 90,688 seeds/ha. These seeds included 73,094 and 68,378 seeds/ha of full seeds and viable seeds respectively.

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1. The relationship between total cone dry weight and diameter at breast height (D) of <u>Pinus kesiya</u> in natural stand.....	9
2. The relationship between cone number and diameter at breast height (D) of <u>Pinus kesiya</u> in natural stand.....	10
3. The relationship between total cone dry weight and age at breast height of tree in natural stand of <u>Pinus kesiya</u> ...	15
4. The relationship between cone number and age at breast height of tree in natural stand of <u>Pinus kesiya</u> .....	16
5. The relationship between cone dry weight and cone volume of <u>Pinus kesiya</u> in natural stand .....	22
6. The relationships between seed number/cone and cone diameter or cone length of <u>Pinus kesiya</u> in natural stand.....	26
7. The relationships between seed number/cone and cone dry weight or cone volume of <u>Pinus kesiya</u> in natural stand..	27

# ผลผลิตของผลและเมล็ดไม้สามใบในป่าธรรมชาติ

พงษ์ศักดิ์ สหุมาลี ๒/

## คำนำ

ในขอบเขตการผลิตของพืชสีเขียวโดยการสังเคราะห์แสงนั้น ส่วนหนึ่งของผลผลิตที่ได้ นอกเหนือไปจากส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และรากแล้ว ยังมีอีกส่วนหนึ่งซึ่งมักจะถูกลืมข้ามไปเสมอ คือ ส่วนซึ่งเป็นอวัยวะสำหรับการสืบพันธุ์ของพืช ซึ่งได้แก่ ดอก ผล และเมล็ด ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นมาต่อเนื่องกันไปตามลำดับ และตามอายุของพืชพรรณนั้น ๆ ในการศึกษาถึงผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ของพืชพรรณชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าพืชพรรณชนิดนั้นจะอยู่ในรูปแบบใดก็ตาม มักไม่ได้นำถึงถึงส่วนสำคัญส่วนนี้ของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชไม้ยืนต้นหรือต้นไม้ควายแล้ว ปริมาณของผลผลิตส่วนนี้อาจมีมากพอที่จะทำให้การประมาณผลผลิตของตนไม่ทั้งหมดหรือทั้งป่าผิดพลาดไปไม่มากนัก โดยความเป็นจริงแล้ว ผลผลิตส่วนที่เป็นอวัยวะสำหรับการสืบพันธุ์ (reproductive organs) ของพืชนั้น นอกจากจะมีความสำคัญต่อการสืบต่อขยายพันธุ์ (regeneration) ของพืชพรรณโดยทรงแล้ว ยังมีความสำคัญต่อการไหลเวียนของธาตุอาหาร เป็นที่ทราบกันดีว่า ในส่วนที่เป็นกลีบ เกสร และน้ำหวานของดอกไม้มีประโยชน์ต่อแมลงซึ่งถือว่าเป็นผู้บริโภค (consumer) ตัวหนึ่งในระบบนิเวศของสิ่งที่มีชีวิต ผล และเมล็ดก็เช่นเดียวกัน นอกจากจะเป็นอาหารสำหรับสัตว์นานาชนิดแล้ว ยังเป็นแหล่งของธาตุอาหาร และพลังงานที่จะเก็บกักและปลดปล่อยให้แก่ระบบนิเวศน์ควาย เช่นเดียวกับส่วนอื่น ๆ ของพืช ทั้งนี้การศึกษาถึงปริมาณผลผลิตของส่วนที่เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ของพืชจึงควรได้รับความสนใจจากนักนิเวศวิทยาตามผลผลิตเป็นอย่างมาก แต่ความจริงแล้วปริมาณผลผลิตส่วนนี้ของพืชบางชนิด ตัวอย่างเช่น ดอกไม้

๑/ ส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง "การวิจัยทางวนวัฒนวิทยาและคุณสมบัติของไม้" ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการที่ ว.ว.๑.๖๘

๒/ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ๘



ชนิดต่าง ๆ นั้น นักวิชาการทางด้านชีววิทยาการวัดปริมาณผลผลิตของพืช และอาจจะไม่ได้อาศัย ปริมาณผลผลิตที่จะนำไปใช้ประโยชน์ โดยตรงกับปริมาณธาตุอาหารหรือพลังงานต่ออย่างใด หรือแม้แต่ ปริมาณผลผลิตของผลหรือ เมล็ดของพืชผลที่มนุษย์นิยมบริโภคโดยตรง เช่นผลไม้ หรือเมล็ดพืชไม่ว่าจะเป็นเมล็ดข้าว ข้าวโพด ถั่ว หรือพืชชนิดใด ๆ ก็ตาม ก็มีการวัดปริมาณโดยแตร เช่นกัน แต่ อาจจะใช้วัดปริมาณกันในรูปที่จะช่วยหรือทำเป็นสินค้าขายนั้น ซึ่งโดยแท้จริงแล้วสิ่งเหล่านี้คือ อาหารนั่นเอง และอาจจะใช้เพื่อต้องการทราบปริมาณของแร่ธาตุ และคุณค่าของอาหารเหล่านี้ เมื่อนั้นก็จะหลีกเลี่ยงการวัดปริมาณผลผลิตออกมาเป็นรูปน้ำหนักแห้งไม่ได้ ซึ่งปริมาณผลผลิตที่วัด ออกมาในรูปน้ำหนักแห้งนี้เองที่ทางนิเวศวิทยา เรียกว่ามวลชีวภาพหรือ biomass ซึ่งเป็น ปริมาณที่ใหญ่ประโยชน์ในการแปรรูปไปได้อย่างกว้างขวางกว่าการวัดปริมาณในรูปอื่น

รายงานเรื่องนี้เป็นผลจากการพยายามที่จะวัดปริมาณผลผลิตของส่วนที่เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ส่วนหนึ่งของไม้สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) คือส่วนที่เป็นผล (cone) และเมล็ด (seed) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้สนสามใบพุ่มอยู่ในป่าธรรมชาติ ทั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประมาณหาว่าผลผลิตทั้งสองอย่างนี้มีอยู่ในปริมาณมากน้อยเพียงใด และเป็นส่วนหนึ่งของค่าประมาณผลผลิตของ ไม้สนสามใบทั้งต้นและกิ่งป่า ซึ่งค่าการวัดประโยชน์ที่จะได้จากการประมาณหาปริมาณผลผลิตส่วนหนึ่งของ ไม้สนสามใบนั้นนอกจากจะทำให้ทราบปริมาณผลผลิตทั้งหมดของต้นไม้ทั้งต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดแล้ว ผลพลอยได้ที่จะได้จากการศึกษาอาจจะนำไปพิจารณาถึงการประโยชน์ส่วนที่ผล ซึ่งโดยแท้จริงแล้วก็เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถจะนำไปใช้ในรูปของพลังงานก็ได้ เช่นทำเชื้อเพลิงหรือใช้เป็นวัสดุในการปรับปรุงคุณภาพของดิน เช่นทำปุ๋ย หรือเป็นส่วนผสมของดินสำหรับปลูกพืชไร่ เป็นต้น และส่วนที่เป็นเมล็ดนั้น หากสามารถประมาณค่าได้อย่างถูกต้องจากแม่ไม้หรือต้นไม้ในป่าธรรมชาติก็สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ในการพิจารณาการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural regeneration) ก็ได้ เพราะปัญหาของการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural regeneration) ก็คือการปลูกป่า (artificial regeneration) ก็คือ ยอมรับอยู่กับผลผลิตของเมล็ดเป็นอันดับแรก

อุปการณและวิธีการ

๑. พื้นที่และลักษณะของป่าที่ทำการศึกษา

ได้เลือกกลุ่มของไม้สนสามใบในป่าธรรมชาติ ตามลอบหลวง (ถม.ที่ ๓๒ บนเส้นทางจาก อำเภอฮอก - อำเภอเมสะเรียง) อำเภอฮอก จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งอยู่ในเขตรั้วเส้นรุ้งที่ ๑๘° ๑๐' เหนือ และเส้นแวงที่ ๑๐๑° ๔๕' ตะวันออก พื้นที่ป่าอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ ๕๕๐ เมตร ซึ่งเป็นแปลงเดียวกันกับที่ พงษ์ศักดิ์ สุนทรวิ และคณะ (๒๕๑๔) ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของการกระจายของขนาดและอายุของป่าไม้สนสองใบและสนสามใบ และลักษณะดินเป็น sandy clay ซึ่งจัดอยู่ใน great soil group ประเภท Red yellow podzolic ในพื้นที่ดังกล่าวมีไม้สนสามใบขึ้นอยู่ ๑๕๐ ตาต่อ ha (เฉพาะไม้ที่มีขนาดสูงเกินกว่า ๑.๐๐ เมตรขึ้นไป) และมีลักษณะการกระจายของไม้สนสามใบขึ้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจากรระดับความสูงเพิ่มออก (DBH class interval ๑๐ ซม.) อยู่ ๔ ชั้น แต่ไม่มีใครสนใจเสมอ กล่าวคือ มีจำนวนต้นมากที่สุดที่ ชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๒ - ๒๒ ซม. ส่วนไม้ขนาดเล็กที่ ชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง ๒ - ๑๒ ซม. มีจำนวนต้นพอ ๆ กับ จำนวนต้นที่ ชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๒ - ๓๒ ซม. หลังจากนั้นจำนวนต้นจะลดลงไป มีไม้ขนาดใหญ่โต เกินกว่า ๓๒ ซม. อยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ลักษณะของป่าจึงตามลักษณะการกระจายของอายุของต้นไม้อยู่ในประเภท unbalanced - uneven - aged stand (พงษ์ศักดิ์ สุนทรวิ และคณะ, ๒๕๑๔) สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ ของกลุ่มของไม้ที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงไว้ใน Table 1. ซึ่งได้จากการศึกษาเพิ่มเติมในลำดับต่อมา สำหรับพรรณไม้ชนิดอื่นที่ขึ้นร่วมกับมี เต็ง (*Shorea obtusa*), เพียง (*Dipterocarpus obtusifolius*), ปอขาม (*Colona flagrocarpa*) เหมือด (*Helicia robusta*) เสม็ด (*Sclenosperram wallichii*) และก่อเกือบ (*Castanopsis acuminatissima*) ซึ่งมีอยู่แต่เพียงปรปรายเท่านั้น ส่วนพืชพื้นล่างนอกจากจะมีกล้าไม้สนสามใบขึ้นอยู่กระจัดกระจายทั่วไปแล้วมี กล้วยไม้ของไม้จำพวก เช่น เต็ง และก่อเกือบ ขึ้นอยู่คองห่างพนาแนบเช่นกัน นอกจากนี้ยังมี เฝรั่ง (*Phoenix humilis*) ขึ้นอยู่เป็นแห่ง ๆ อีกด้วย

Table 1. Some characteristics of the stand studied.

Stand density (stem/ha) <sup>1/</sup>	180
DBH : mean (cm)	18.22
range (cm)	4.57 - 33.78
Height : mean (m)	10.39
: range (m)	3.50 - 15.00
Age : mean (yr)	14
: range (yr)	4 - 25 (unbalanced- uneven-aged stand)
Stem volume <sup>2/</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	33.98
Biomass in : stem	17.29
dry weight : branch	6.59
(t/ha) <sup>2/</sup> : leaf	1.79
: total aboveground	25.67
: total wood	23.88
Leaf area index (ha/ha) <sup>2/</sup>	3.02

<sup>1/</sup> For trees with H > 1.30 m.

<sup>2/</sup> as for 1976 and excluding other tree species.

๒. การประมาณปริมาณผลผลิตสามใบไม้ป่าธรรมชาติ

ทำการวางแปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด  $50 \times 50$  ม.<sup>๒</sup> ในกลุ่มของไม้สนกิ่งกลาง แล้วทำการนับจำนวนและวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร จากพื้นดิน ( DBH หรือ D ) ด้วย diameter tape และวัดความสูงของลำต้นทั้งหมด (H) ด้วย Haga hypsometer จากเส้นผ่าศูนย์กลาง ๔ ชั้น ที่ศึกษาโดย หงษ์ศักดิ์ สุนทรู และคณะ (๒๕๕๔) ทำการเลือกต้นไม้ที่เป็นตัวแทนในแปลงขนาด โดยเลือกเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยในแต่ละชั้นขนาด วัดขนาดความกว้างของเรือนยอดในแนวตั้งจากซึ่งกันและกันสองด้าน แล้วเฉลี่ย (R) แล้วทำการวัดต้นไม้ลงโดยตัดโคน วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคน ( $D_0$ ) ที่ระดับ ๓๐ ซม. จากพื้นดิน ( $D_{0.30}$ ) ที่ระดับ ๑.๓๐ เมตร ( DBH หรือ D ) ที่ระดับโตกิ่งสกกิ่งแรก ( $D_B$ ) และที่ระดับ  $1/10$  ของความสูงของลำต้นทั้งหมด ( $D_{0.1}$ ) วัดความสูง กิ่งแรกของลำต้น (H) วัดความสูงของลำต้นจากโคนถึงระดับโตกิ่งสกกิ่งแรก ( $H_B$ ) และวัดความยาวของ เรือนยอด ( $H_K = H - H_B$ ) ตัดท่อนไม้ตัวอย่างออกเป็นท่อน ๆ โดยให้ท่อนแรกยาว ๓๐ ซม. และต่อต่อ ๆ ไปท่อนละ ๑ เมตร จนตลอดกิ่งปลายยอด ชั่งน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง ใบ และยอดสนในแปลงวางกิ่งกลาง แล้วแยกประเภทของผลผลิตออกเป็น ๔ ประเภท โดยอาศัยลักษณะภายนอกของผลผลิต กล่าวคือ (๑) ผลผลิตที่เกิดใหม่ (current cone) ซึ่งมีขนาดเล็ก มีสีเขียวอมม่วง และยังไม่เกิดเกล็ด (scale) ของผลอย่างเด่นชัดนัก (๒) ผลผลิตอายุ ๑ ปี (1 - year old cone) ซึ่งมีขนาดโตขึ้นมา มีสีเขียวสดและเกิดเกล็ดของผลอย่างชัดเจน (๓) ผลผลิตอายุ ๒ ปี (2 - year old cone) ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุด มีสีเขียวแก่ หรือมีสีน้ำตาลปรากฏอยู่บนเกล็ดเป็นแห่ง ๆ (๔) ผลผลิตอายุ ๓ ปี (3 - year old cone) ซึ่งเป็นผลแก่มีสีน้ำตาลและเกิดเกล็ดออกหมดแล้ว แต่ยังคงอยู่บนกิ่ง ทำการนับจำนวนผลผลิตประเภทต่าง ๆ เหล่านี้ จากต้นไม้ตัวอย่างที่ตัดลงทุกต้น และเก็บตัวอย่างย่อย (subsample) ของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และยอดสนนำไปอบแห้งด้วย เตาอบที่อุณหภูมิ  $55^{\circ}C$  จนน้ำหนักคงที่ แล้วเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้ง โดยอาศัยอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตัวอย่างย่อยของส่วนต่าง ๆ ดังกล่าว

นำปริมาณของผลผลิตสามใบไม้ ในรูปน้ำหนักแห้งและจำนวนผล ไปศึกษาความสัมพันธ์กับขนาดทรงส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ตลอดจนปริมาณน้ำหนักของแต่ละส่วน และอายุของต้นไม้ โดยพยายามหาความสัมพันธ์ที่จะให้ผลการประมาณผลผลิตปริมาณผลผลิตได้อย่างถูกต้องที่สุด และไม่ยุ่งยากในกาที่จะนำผลการเหล่านั้นไปปรับใช้

๓. การประมาณหาปริมาณเมล็ดของสนสามใบในป่าธรรมชาติ

การประมาณหาปริมาณเมล็ดของสนสามใบในป่าธรรมชาตินี้ ได้ศึกษาจากผลสนอายุ ๒ ปี เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากว่า ผลสนอายุ ๑ ปี และผลสนที่เกี๋ยงใหม่ยังมีขนาดเล็ก และคาดว่าเมล็ดยังไม่เจริญเต็มที่ ส่วนผลสนอายุ ๓ ปี ขึ้นไป แต่ยังไม่ถึงขนาดนั้น ส่วนนี้ หลุมผลแก่เกินไปจนกระทั่งเอาออกและไปประมาณเมล็ดร่วงลงไปในเองโดยธรรมชาติ เกือบหมดแล้ว จึงไม่ได้นำมาศึกษาด้วย และเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ไม่นำผลสนอายุ ๓ ปี ขึ้นไปมาศึกษาปริมาณเมล็ดด้วย ก็เพราะว่าเมล็ดแก่จนกระทั่งเกิดลึ้อออก เช่นนั้น ในทางปฏิบัติหากทำการเก็บมาเพื่อกระเทาะเอา เมล็ดออก จะเสียเวลามากและให้เมล็ดน้อย และเมล็ดอาจร่วงลงลงกาย ในขณะทำการเก็บก็ได้

ทำการสุ่มเลือกผลสนอายุ ๒ ปี จากชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลสน ๒ ขนาดละผลจำนวน ๖ ผล นำไปตากแดดจนผลสนแห้งและเกิดลึ้อออก ทำการนับ เมล็ดจากผลสนตัวอย่างแต่ละผล และนำจำนวนเมล็ดไปศึกษาหาความสัมพันธ์กับขนาดของผล ตลอดจนน้ำหนักและปริมาตรของผลสน ซึ่งใช้หลักการ เกี่ยวกับการศึกษาถึงปริมาณของผลสนดังกล่าวแล้ว ในข้อ ๒ จนกระทั่งได้สมการความสัมพันธ์ที่จะใช้ในการประมาณหาปริมาณเมล็ดของผลสนสามใบได้อย่างถูกต้องแม่นยำที่สุด ทั้งปริมาณเมล็ดจากผล ๆ เดียวและปริมาณเมล็ดจากแม่ไม้ทุกต้นในป่าที่ศึกษา

ผลและวิจารณ์ผล

๑. การประมาณหาปริมาณผลสนสามใบในป่าธรรมชาติ

๑.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลสนสามใบกับขนาดผลสนหรือปริมาตรของผลสน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลสนในรูปน้ำหนักแห้ง หรือปริมาตรของผลสนหรือจำนวนผลสนทั้งจำนวนรวมทั้งหมด หรือจำนวนของผลสนอายุต่าง ๆ กับขนาดทรงผลสนต่าง ๆ ของลำต้น โดยใช้รูปแบบของสมการเส้นตรง (linear regression) ทั้งในรูปแบบอย่างง่าย (simple regression) และในรูปแบบแอลโลเมตรี (allometric relation) ปรากฏว่ารูปแบบของสมการอย่างง่ายไม่สามารถจะใช้ในการประมาณหาปริมาณของผลสนในรูปน้ำหนักหรือปริมาตรหรือจำนวนผลสนได้อย่างถูกต้องแม่นยำเท่าใดนัก เพราะปริมาณของผลสนจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อขนาดของลำต้นเพิ่มขึ้น และรูปแบบของสมการที่พบว่า สามารถใช้ในการประมาณหาปริมาณของผลสนในรูปดังกล่าว ได้ดีที่สุด คือสมการแอลโลเมตรี เช่นเดียวกับกับสมการที่ใช้ในการประมาณหาปริมาณผลสนหรือปริมาตรของผลสนต่าง ๆ ของต้นไม่

ไม้ต้นไม้อายุตั้งแต่ไม้ใบแคบ ไม้ใบกว้าง และไม้ใบยาว หรือไม้ป่าธรรมชาติ และทั้งไม้ในเขตอบอุ่น หรือเขตร้อนและเขตร้อน คางง์ต่าง ๆ ของสมการแอลโลเมตรี ในรูป  $y = Ax^h$  ในเมื่อ  $y$  คือ ปริมาณน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพหรือจำนวนของผลต้น,  $x$  คือ ขนาดทรงสวนต่าง ๆ ของต้นสน (tree dimensions),  $A$  และ  $h$  คือ ค่าคงที่ของสมการพหุคูณกำลังที่หนึ่งของความสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $r$ ) ของสมการ แสดงไว้ใน Table 2. ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของผลต้นทั้งหมดที่ จำนวนผลต้นทั้งหมดหรือจำนวนผลต้นอายุต่าง ๆ ก็มีความสัมพันธ์กับขนาดของสวนต่าง ๆ ของต้นไม้นั้น เป็นส่วนใหญ่ และดูเหมือนว่า ขนาดความกว้างของเรือนยอด ( $R$ ) ของต้นสนมีความสัมพันธ์ที่สูงสุด และขนาดความยาวของเรือนยอด ( $L$ ) ของต้นสนมีความสัมพันธ์น้อยที่สุดในบรรดาขนาดทรงสวนต่าง ๆ ของต้นไม้นั้นในกรณีวิเคราะห์ตั้งแต่ทั้งหมด ๑๐ ค่าด้วยกัน (Table 2) หรือกล่าวได้คืออย่างหนึ่งว่า ปริมาณผลต้นสนไม้ป่าธรรมชาติมีความสัมพันธ์กับขนาดความกว้างของเรือนยอดมากกว่าสอง (เพราะค่า  $h$  มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับ ๒) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า มีความสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดของเรือนยอดทรงสวนที่กว้างที่สุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณของผลต้นมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงรระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ  $D$ ) ของต้นสนเป็นอย่างมาก เช่นเดียวกัน ก็จะเห็นได้จากค่า  $h$  (๐.๕ - ๐.๕) และค่า  $r$  (๐.๕๓ - ๐.๕๘) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และยังเมื่อพิจารณาจาก  $A$  ซึ่งเป็นค่าคงที่อีกค่าหนึ่งของสมการ จะยิ่งเห็นได้ชัดเจกว่า เมื่อค่า  $x$  หรือค่า independent variable (ซึ่งในที่นี้คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงรระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร) มีค่าเท่ากับ ๐ ค่า intercept ของสมการเส้นตรงนี้ มีค่าอย่างมาก เมื่อเทียบกับค่า  $A$  ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลต้นกับขนาดความกว้างของเรือนยอด ก็ยิ่งแสดงว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงรระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ  $D$ ) เป็นค่าที่ให้การประมาณหาปริมาณของผลต้นได้ที่ดีที่สุด ในทางปฏิบัติในการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงรระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ  $D$ ) นั้น ทำได้ง่ายที่สุด และเป็นขนาดความโตของต้นไม้นั้นแล้วกันทีเดียวไป จึงอาจกล่าวได้ว่า การประมาณหาปริมาณผลต้นทั้งในรูปของน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ หรือจำนวนของผลต้นทั้งจำนวนทั้งหมดและจำนวนผลต้นจำแนกตามอายุของผลต้นนั้น สามารถใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นไม้ต้นตรงระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ  $D$ ) เป็นตัวแปรอิสระได้ใกล้เคียงและเหมาะสมที่สุด ดังแสดงไว้ใน Fig. 1 และ Fig. 2 และรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ ควรจะเป็นดังนี้

Table 2. Constant parameters of the allometric relations ( $y = ax^h$  or  $\log y = \log A + h \log x$ ) and their correlation coefficients (r) for the estimation of amounts of cone by using various dimensions of tree as the independent variables.

Cone type	Constant parameter	Independent variable									
		D <sub>0</sub> (cm)	D <sub>30</sub> (cm)	D <sub>0.1</sub> (cm)	D (cm)	D <sub>B</sub> (cm)	H (m)	H <sub>K</sub> (m)	R	$D^2 H$ (cm <sup>2</sup> , m)	
Total cone dry weight per tree (cone, kg/tree)	h	2.079	2.201	2.613	1.961	1.793	4.111	4.412	1.335	2.084	0.805
	log A	-2.959	-3.046	-3.523	-2.538	-2.252	-2.244	-4.699	-1.370	-1.415	-2.959
	r	0.9674	0.9609	0.9653	0.9441	0.9196	0.7626	0.9288	0.4343	0.9906	0.9429
Total cone number per tree (N cone, no/tree)	h	2.042	2.162	2.566	1.925	1.758	4.025	4.329	1.294	2.049	0.790
	log A	-1.326	-1.403	-1.836	-0.914	-0.635	-0.626	-3.155	0.248	0.184	-1.330
	r	0.9650	0.9581	0.9628	0.9409	0.9157	0.7582	0.9253	0.4274	0.9894	0.9396
3-yr old cone per tree (n <sub>3</sub> , no/tree)	h	1.942	2.054	2.442	1.827	1.666	3.783	4.101	1.178	1.956	0.749
	log A	-1.879	-1.951	-2.367	-1.481	1.213	-1.188	-3.523	-3.328	-0.447	-1.876
	r	0.9580	0.9505	0.9563	0.9320	0.9056	0.7440	0.9151	0.4061	0.9856	0.9305
2-yr old cone per tree (n <sub>2</sub> , no/tree)	h	2.110	2.236	2.650	1.994	1.824	4.229	4.496	1.412	2.111	0.819
	log A	-1.740	-1.824	-2.268	-1.320	-1.035	-1.055	-3.699	-0.189	-0.175	-1.752
	r	0.9717	0.9658	0.9688	0.9497	0.9259	0.7765	0.9367	0.4545	0.9934	0.9490
1-yr old cone per tree (n <sub>1</sub> , no/tree)	h	1.910	2.021	2.403	1.799	1.642	3.717	4.035	1.165	1.919	0.738
	log A	-2.143	-2.215	-2.620	-1.752	-1.491	-1.460	-3.699	-0.623	-0.730	-2.143
	r	0.9611	0.9537	0.9596	0.9359	0.9102	0.7455	0.9181	0.4096	0.9864	0.9342
Current cone per tree (n <sub>c</sub> , no/tree)	h	2.053	2.170	2.583	1.930	1.760	3.955	4.322	1.209	2.066	0.791
	log A	-3.009	-2.081	-2.523	-1.587	-1.304	-1.255	-3.699	-0.333	-0.494	-2.200
	r	0.9563	0.9484	0.9553	0.9299	0.9035	0.7345	0.9108	0.3939	0.9834	0.9280

D<sub>0</sub> = Diameter at the stem base, D<sub>30</sub> = Diameter at 30 cm above ground, D<sub>0.1</sub> = Diameter at 1/10 of total height,

D = Diameter at breast height, D<sub>B</sub> = Diameter at the lowest living branch, H<sub>B</sub> = Height of tree from stem base

to the lowest living branch, H = Total height of tree, H<sub>K</sub> = Crown height (H-H<sub>B</sub>), R = Crown diameter,

$D^2 H$  = Square of diameter at breast height multiplied by total height of tree.

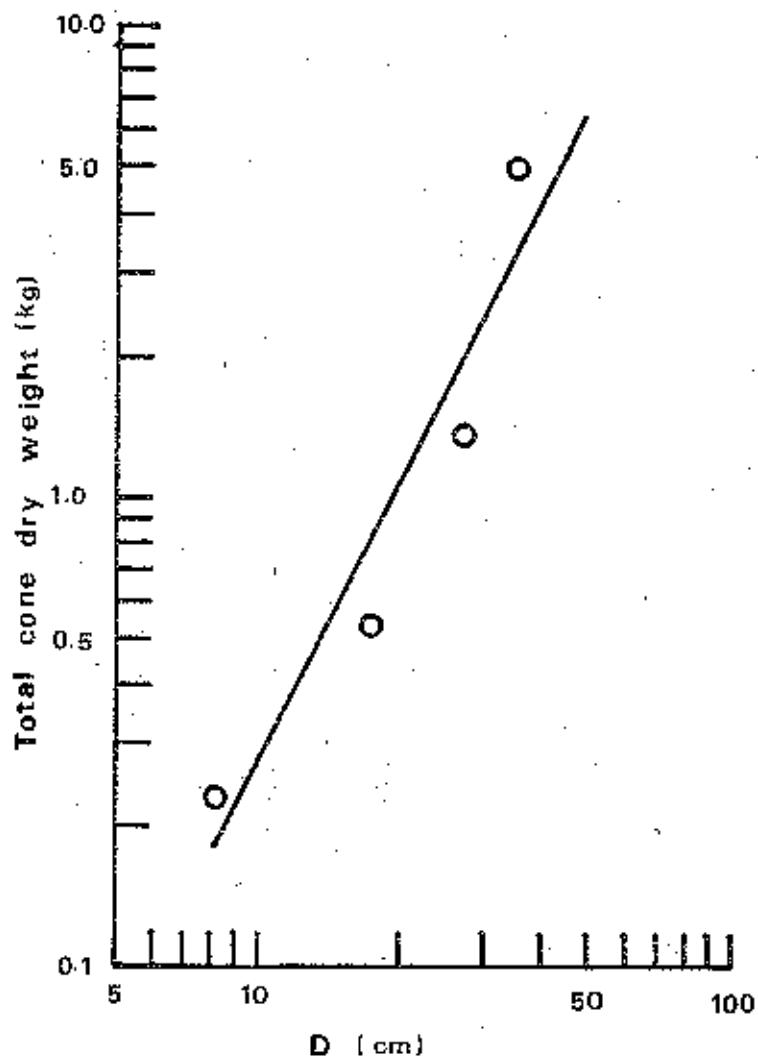


Figure 1. The relationship between total cone dry weight and diameter at breast height(D) of Pinus kesiya in natural stand.



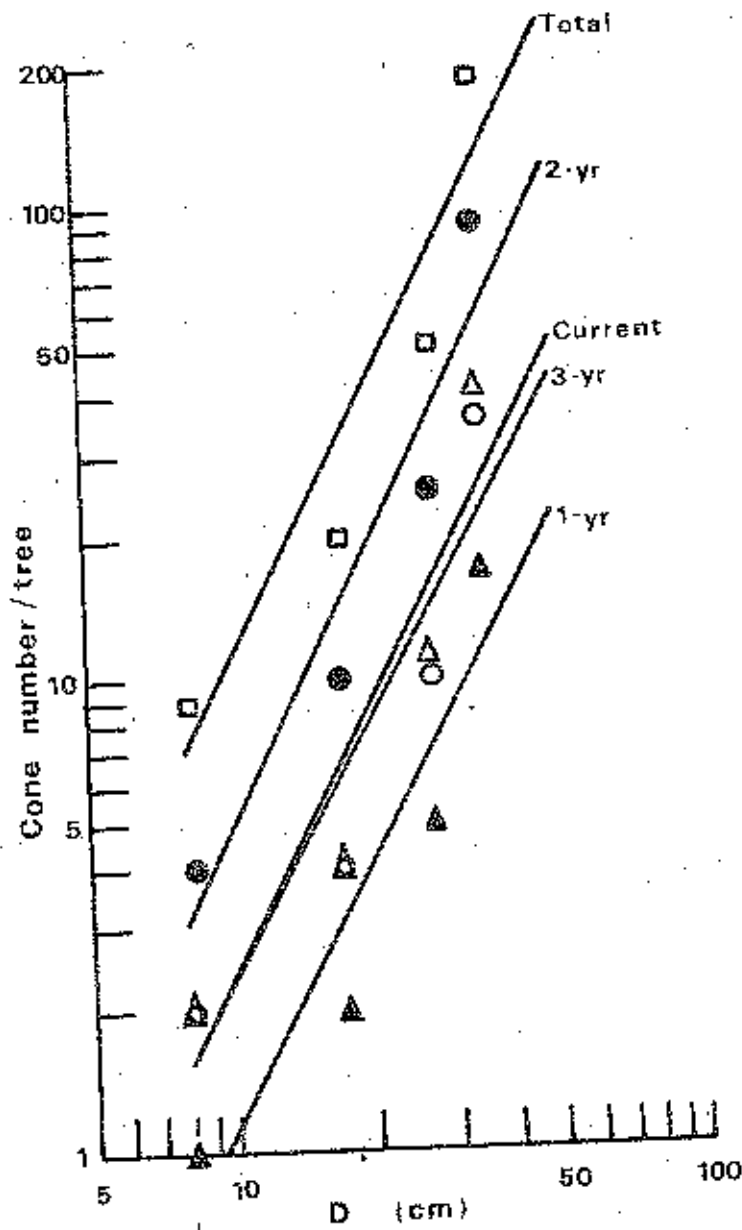


Figure 2. The relationship between cone number and diameter at breast height (D) of *Pinus kesiya* in natural stand.

๑. ปริมาณน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของผลสดไม้ังผลต่อต้น ( $w_{\text{cone}}$ , kg/tree) :

$$\log w_{\text{cone}} = 1.961 \log D - 2.538 \dots\dots\dots(1)$$

$$r^2 = 0.891 \quad , \quad r = 0.9441$$

๒. จำนวนผลสดไม้ังผลต่อต้น ( $N_{\text{cone}}$ , no/tree) :

$$\log N_{\text{cone}} = 1.925 \log D - 0.914 \dots\dots\dots(2)$$

$$r^2 = 0.885 \quad , \quad r = 0.9409$$

๓. จำนวนผลสดอายุ ๓ ปี ( $n_3$ , no/tree) :

$$\log n_3 = 1.827 \log D - 1.481 \dots\dots\dots(3)$$

$$r^2 = 0.864 \quad , \quad r = 0.9320$$

๔. จำนวนผลสดอายุ ๒ ปี ( $n_2$ , no/tree) :

$$\log n_2 = 1.994 \log D - 1.320 \dots\dots\dots(4)$$

$$r^2 = 0.902 \quad , \quad r = 0.9497$$

๕. จำนวนผลสดอายุ ๑ ปี ( $n_1$ , no/tree) :

$$\log n_1 = 1.799 \log D - 1.752 \dots\dots\dots(5)$$

$$r^2 = 0.876 \quad , \quad r = 0.9359$$

๖. จำนวนผลสดที่เก็บเกี่ยว ( $n_c$ , no/tree) :

$$\log n_c = 1.930 \log D - 1.587 \dots\dots\dots(6)$$

$$r^2 = 0.865 \quad , \quad r = 0.9299$$

ปริมาณของผลไม้นี้ในรูปของจำนวน (fruit number) นั้น มีผู้ศึกษาพบว่า มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH) ของต้นไม้ เช่น Downs and McQuilkin (1944) ซึ่งศึกษากับไม้ oak(acorn คอสน)นอกจากนี้ก็มี Grano (1957), Wenger (1957 a) และ Thorbjornsen (1960) ซึ่งพบความสัมพันธ์ดังกล่าวในไม้ loblolly pine (cone คอสน) และพบว่ามีความสัมพันธ์กับขนาดของเรือนยอดด้วย แต่ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวอย่างชัดเจนนัก นอกจาก Thorbjornsen (1960) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลของ loblolly pine (cone คอสน) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร ในรูปสมการเส้นตรงอย่างง่าย และปรากฏว่าโคคาสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์( $r$ ) เพียง ๐.๕๕๑ เท่านั้น นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลต่อพื้นที่ความสูงทั้งหมดกับปริมาตรของลำต้น กับปริมาตรของกิ่ง และกับความยาวของเรือนยอด แต่โคคาสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปแอลโอ เมตรีคัล เรเนอิมิ ในการศึกษาค้างนี้ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าการนับจำนวนผลของไม้สนของผู้ศึกษาค้างกล่าวแล้วข้างบนนี้ ส่วนใหญ่ใช้วิธีการนับจำนวนจากไม้ที่ขุดเอาไปโดยใช้กลองสองข้าง ปีนขึ้นไปเก็บมา หรือใช้กรรบระของร่มผลไม้ที่วางหล่นมา เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจทำให้ได้จำนวนโคคาไม่แน่นอนนัก ซึ่งต่างจากการศึกษาที่รายงานนี้ ทั้งนี้ เพราะในการศึกษาค้างนี้ ใช้วิธีเรียกว่า harvest method ซึ่งทำให้สามารถนับจำนวนของผลสนสามใบโคคาอย่างถูกต้อง และพบความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกว่า จึงคาดว่าวิธีนี้จะสามารถประมาณหาปริมาณผลสนโคคาของแผนยักวาคอย

ในการเลือกการประมาณหาปริมาณผลไม้นี้โดยใช้ขนาดของเรือนยอดนั้น Gysel (1957) พบว่า ผลไม้ oak (acorn) นั้น จะผลิตได้ตาม site และมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ของเรือนยอด (crown area) ของต้นไม้ และ Grano (1957) ก็รายงานนี้เหมือนกันว่า ปริมาณผลผลิตของผลสน Loblolly pine นั้น มีความสัมพันธ์กับปริมาตรของเรือนยอด (crown volume) ซึ่งดีกว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของผลสนกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น และในขณะเดียวกัน Goddard (1958) สังเกตพบว่าใน seed production area นั้น ต้นไม้ที่มีเรือนยอดกว้างใหญ่ไม่จำเป็นจะต้องเป็น heaviest cone producer เสมอไป ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Pomerooy (1949) ที่กล่าวว่า การเจริญของเรือนยอด (crown development) ไม่ใช่เป็น index ที่ดีต่อการทำนาย ปริมาณการผลิตของผลสนในอนาคตแต่อย่างใด ทั้งนี้ ในการศึกษาค้างนี้เขาพบว่า ปริมาณของผลสนสามใบโคคาที่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด

กับขนาดของ เรือนยอดก็ตาม ก็ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประมาณหาปริมาณของผลผลิตในกล้วย กล้วยนี้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ลองวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตในกล้วย กับปริมาณมวลชีวภาพของสวนต่าง ๆ ของต้นสนกล้วย ผลปรากฏว่า โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณผลผลิตไม่ว่าจะอยู่ในรูปน้ำหนักหรือมวลชีวภาพทั้งหมดทั้งต้น หรือ จำนวนผลผลิตทั้งจำนวนตั้งรวมกัน หรือจำนวนผลผลิตอายุต่าง ๆ ต่างก็มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด (Table 3) แต่เป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับมวลชีวภาพของลำต้น ( $w_s$ ) และมวลชีวภาพของส่วที่เป็นเนื้อไม้ ( $w_o$ ) มีความสัมพันธ์กับปริมาณของผลผลิตมากกว่ามวลชีวภาพของสวนอื่น ๆ ทั้งนี้อาจจะกล่าวได้ว่า ส่วนของต้นสนที่มีหน้าที่เป็น mechanical support ของผลผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณของผลผลิตมากที่สุดก็ได้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการผลิตของผลผลิตอาจมีปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวควบคุม เช่น ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้เน้นไปที่ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ เพียงแต่ให้ความสนใจในการวัดหาปริมาณของผลผลิต เพื่อที่จะหาวิธีการที่จะประมาณหาผลผลิตให้ได้อย่างถูกต้องเสียก่อนเท่านั้น สำหรับเรื่องของปัจจัยต่าง ๆ จะได้ศึกษาค้นคว้าต่อไปในอนาคต

๑.๒ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตในกล้วยกับอายุของต้นสนในป่าพรุ รมชาติ

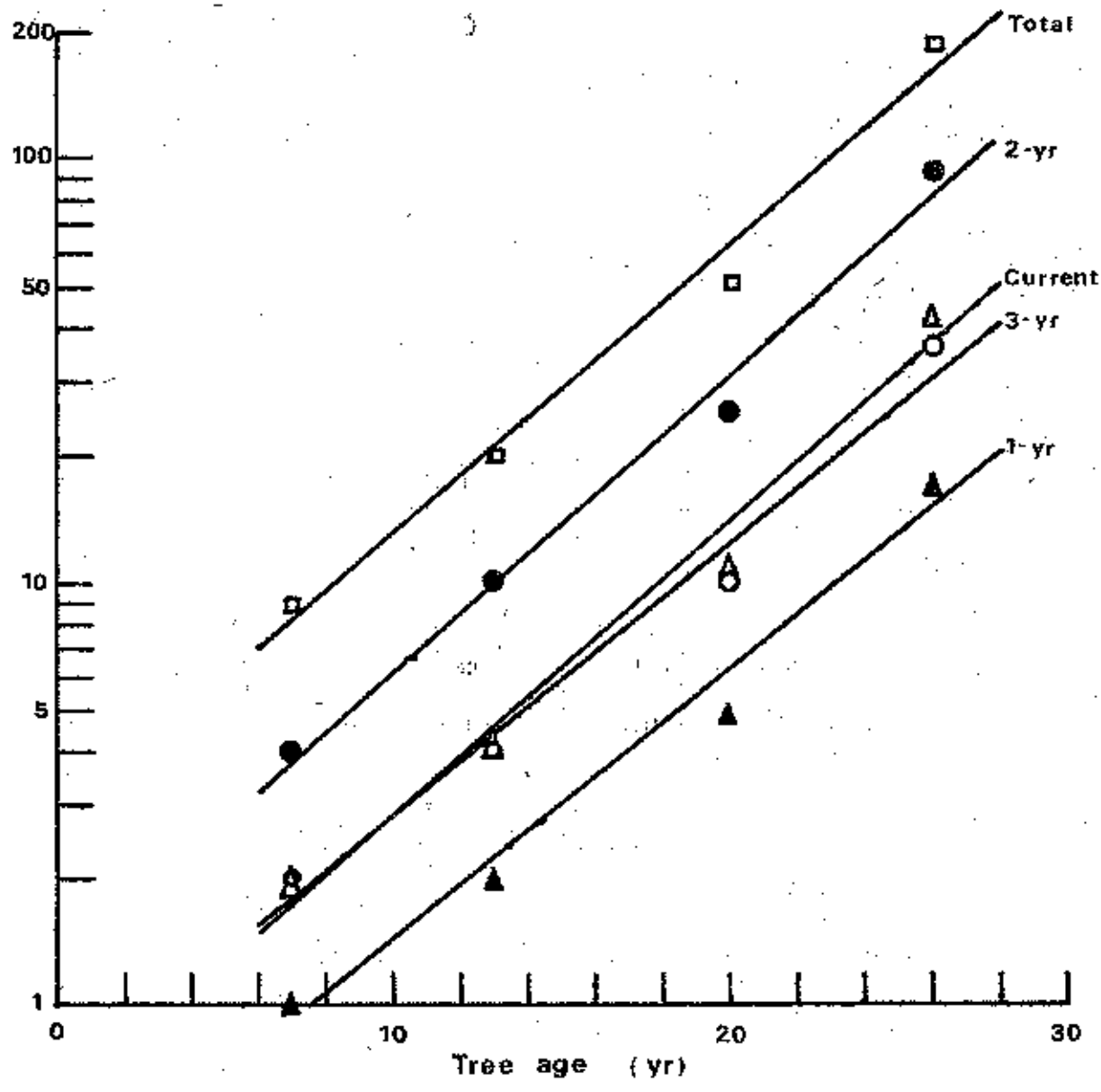
จากการวิเคราะห์ลำต้น (stem analysis) ของต้นสนในกล้วยทั้งสี่ต้นทำให้ได้อายุของต้นสนแต่ละต้นจากการนับปี โดยเฉกอย่างนี้ อายุของต้นไม้ตรงระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (อายุที่ DBH หรือ D) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับนั้น (พงษ์ศักดิ์ สุนทรพิชญ์ และคณะ, ๒๕๑๑) ทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของผลผลิตในกล้วยกับอายุของต้นสนได้ จากการทดสอบความสัมพันธ์โดยการใส่รูปแบบของสมการแบบต่าง ๆ ปรากฏว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของผลผลิตในกล้วยกับอายุของต้นสนในรูปของน้ำหนักแห้ง หรือมวลชีวภาพ หรือจำนวนของผลผลิตทั้งจำนวน รวมทั้งหมดหรือจำนวนของผลผลิตอายุต่าง ๆ กับอายุของต้นสน แสดงได้ในรูปของสมการ :

$$N_t = N_o \exp(rt) \text{ หรือ } \log N_t = \log N_o + rt$$
 โค้ดที่สุก ค้างแสดงไว้ใน Fig. 3

Fig. 4 แสดงการประมาณหาปริมาณผลผลิตจากอายุของต้นสน (t, ปี) ได้จากสมการต่อไปนี้ :

๑. ปริมาณน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของผลผลิตทั้งหมดของต้น ( $w_{cone}$ , kg/tree) :

$$\log w_{cone} = 0.069 t - 1.157 \dots\dots\dots (7)$$
$$r^2 = 0.987, r = 0.9934$$



๒. จำนวนผลผลิตทั้งหมดที่ตกตาม (N<sub>conc</sub>, no/tree) :

$$\begin{aligned} \log N_{\text{conc}} &= 0.068 t + 0.436 \dots\dots\dots(8) \\ r^2 &= 0.985, r = 0.9925 \end{aligned}$$

๓. จำนวนผลผลิตอายุ ๒ ปี (n<sub>3</sub>, no/tree) :

$$\begin{aligned} \log n_3 &= 0.065 t - 0.207 \dots\dots\dots(9) \\ r^2 &= 0.980, r = 0.9897 \end{aligned}$$

๔. จำนวนผลผลิตอายุ ๒ ปี (n<sub>2</sub>, no/tree) :

$$\begin{aligned} \log n_2 &= 0.070 t + 0.088 \dots\dots\dots(10) \\ r^2 &= 0.988, r = 0.9942 \end{aligned}$$

๕. จำนวนผลผลิตอายุ ๑ ปี (n<sub>1</sub>, no/tree) :

$$\begin{aligned} \log n_1 &= 0.064 t - 0.495 \dots\dots\dots(11) \\ r^2 &= 0.983, r = 0.9914 \end{aligned}$$

๖. จำนวนผลผลิตที่เกิดใหม่ (n<sub>0</sub>, no/tree) :

$$\begin{aligned} \log n_0 &= 0.069 t - 0.243 \dots\dots\dots(12) \\ r^2 &= 0.979, r = 0.9895 \end{aligned}$$

จากผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ จะเห็นว่าสามารถจะประมาณหาปริมาณผลผลิตได้อย่างถูกต้อง ถ้าทราบอายุของต้นสน อย่างไรก็ตาม Chantanaparb (1975) กล่าวว่า ต้นสนในเขตลพบุรีจะผลิตผลผลิตได้เมื่อมีอายุ ๘ - ๘ ปี จะออกดอกโดยประมาณเมื่อมีอายุ ๑๒ - ๑๕ ปี ในป่าสงวนแห่งชาติบางบาลและเขาจอกออกดอกออกไป ถ้าเป็นป่าที่ค่อนข้างแน่น และ Garman (1955) กล่าวว่า ความสามารถในการผลิตผลผลิตนั้น จะเพิ่มขึ้นตามอายุจนถึงอายุอย่างน้อย ๑๐๐ ปี และพบว่าต้นสนที่น้อยใหญ่โตและคุณภาพของท้องที่ผลผลิตที่ผลิตผลผลิตได้แตกต่างกัน ส่วน Ovington (1957)

พบว่าไม้ Pinus sylvestris มีปริมาณผลสนเพิ่มขึ้นจากอายุ ๑๔ ปี จนถึงอายุ ๕๕ ปี

๕. ลักษณะทางปริมาณของผลสนสาขาใบในป่าธรรมชาติ

๕.๑ สัดส่วนของผลสนประเภทต่าง ๆ

จากการตัดต้นสนสาขาใบตัวอย่างลง ๔ ต้น เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตของผลสนและจำนวนผลสนประเภทต่าง ๆ ตามอายุของผลสนออกเป็น ๔ ประเภทดังกล่าวดังนี้ ปรากฏว่า จำนวนผลสนประเภทต่าง ๆ มีสัดส่วนที่ค่อนข้างคงที่ไม่ว่าต้นสนจะมีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ดังแสดงไว้ใน Table. 4 ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวนี้ น่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากจำนวนผลสนนั้นก็ น้ำหนักของผลสนนั้นก็ มีความสัมพันธ์กับขนาดและอายุของต้นสนดังกล่าวแล้ว ดังนั้นสัดส่วนดังกล่าวนี้อาจใช้เป็นตัวชี้วัดที่สามารถใช้ในการศึกษาผลสนในอนาคตกได้ หากทราบปริมาณของผลสนอายุใดอายุหนึ่ง เนื่องจากสัดส่วนเฉลี่ยของผลสนแต่ละประเภทไม่แตกต่างกันไปจากสัดส่วนของผลสนในต้นต้นเท่าใดนัก

มีนักวิจัยบางคน เช่น Grano (1951, 1957) Pomroy (1949) และ Wenger and Trousdell (1957, b) ได้สังเกตเห็นว่า จำนวนผลสนแก่และจำนวนผลสนใหม่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และได้เสนอแนะให้ใช้จำนวนผลแก่เป็นเครื่องชี้ผลผลิตของผลสนใหม่ในอนาคต ต่อมา Thorbjornson (1960) ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลสนใหม่กับผลสนแก่ในไม้ loblolly pine แต่ใช้ความสัมพันธ์ของความสัมพันธ์เพียง ๐.๖๕๐ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะการนับจำนวนผลสนที่ติดอยู่บนต้นทำได้ไม่ครบถ้วนนัก ถึงแม้ว่าจะใช้วิธีการปีนขึ้นไปนับจำนวนผลสนตามต้นก็ตาม

๕.๒ ขนาดและน้ำหนักของผลสนสาขาใบในป่าธรรมชาติ

จากการสุ่มตัวอย่างผลสนประเภทต่าง ๆ มาโดยวิธีผลสนอายุ ๓ ปี อายุ ๖ ปี และผลสนที่เกิดใหม่ปีนี้ ประเภทละ ๒๐ ผล และอายุ ๑ ปี จำนวน ๑๖ ผล มาทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงบริเวณที่กว้างที่สุด (diameter), วัดความยาวของผลสน (length) และคำนวณปริมาตรของผลสนในรูปของปริมาตรของกรวย คือ  $\frac{1}{3} \pi \frac{D^2}{4} L$  แล้วพบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของผลสนจะเพิ่มขึ้นจากผลสนที่เกิดใหม่ขึ้นจนกระทั่งผลแก่ (Table 5) ส่วนความยาวของผลสนนั้นโดยทั่วไปเมื่อผลสนยังอ่อนอยู่หรือผลสนที่เกิดใหม่จะมีขนาดสั้น แต่ค่อนข้างยาว เมื่อผลสนมีอายุได้ ๑ ปี หลังจากนั้น ผลสนจะขยายขนาดทางความกว้างออกเป็นผลโต ขนาดความยาวลดลง ทั้งนี้จะเป็นไปได้น่าสนใจเกี่ยวกับปริมาตรและน้ำหนักของผลสน แต่ที่น่าสังเกต จะเห็นว่า เมื่อผลสนแก่แล้ว อย่างเช่นนี้ ผลสนจะมีอายุ ๓ ปี นั้น ผลสนจะออกรอกแล้ว

Table 4. Proportion of each cone type of Pinus kesiya in natural stand

Tree No	DBH (cm)	Cone number/tree <sup>1/</sup>			
		3-year old cone	2-yr old cone	1-yr old cone	current cone
1	17.5	4 (20.00)	10 (50.00)	2 (10.00)	4 (20.00)
2	27.4	10 (19.60)	25 (49.02)	5 (9.80)	11 (21.60)
3	35.0	36 (19.25)	92 (49.20)	17 (9.09)	42 (22.46)
4	8.2	2 (22.22)	4 (44.40)	1 (11.11)	2 (22.22)
Average percentage by cone number		20.74	48.16	10.00	21.57
Average percentage by cone dry weight		16.50	68.49	14.25	0.75

<sup>1/</sup> Figures in parentheses are percentages of total cone number.

เป็นส่วนนี้ใหญ่ เป็นผลให้พื้นที่ขนาดความกว้างมากที่สุด และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับผลอายุ ๑ ปี และ ๒ ปี ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะผลแห้งและเมล็ดร่วงหมดไปแล้วเป็นส่วนนี้ใหญ่ สุทธิย์ แสงทองพราว (๒๕๑๖) พบว่า ผลสนสามใบที่แก่เต็มที่แล้ว จะมี ความกว้าง ๓ - ๕ มม. และมีความยาว ๔ - ๗ มม.

สิ่งที่น่าสนใจต่อไปอีกก็คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของผลสนต่อปริมาตรของผลสน (weight : volume ratio) จาก Table 5 จะเห็นว่าอัตราส่วนนี้ จะลดลงไปตามลำดับ เมื่อผลสนมีอายุมากขึ้น กระทั่งผลสนแก่เต็มที่ ค่าอัตราส่วนนี้อาจใช้เป็นตัวชี้วัดอายุของผลสนสามใบ และความแก่ (maturity) ของผลสนก็ได้ วิธีการในการวัดความแก่ของผลสนอยู่หลายอย่าง แต่ที่น่าสนใจและยอมรับโดยทั่วไป คือ การวัด



Table. 5. Mean dimensions, volume and weight of each cone type of Pinus kesiyae in natural stand.

Cone characteristics	Cone type <sup>5/</sup>			
	3-yr old cone	2-yr old cone	1-yr old cone	Current cone
Diameter (cm) <sup>1/</sup>	4.31 ± 0.51	3.79 ± 0.20	3.88 ± 0.28	1.085 ± 0.12
Length (cm) <sup>2/</sup>	7.39 ± 0.74	7.64 ± 0.73	8.16 ± 0.74	1.58 ± 0.12
Volume (cm <sup>3</sup> ) <sup>3/</sup>	36.39 ± 8.95	29.02 ± 5.26	32.65 ± 6.59	0.50 ± 0.13
Dry weight (g) <sup>4/</sup>	23.51 ± 5.63	34.05 ± 8.28	43.73 ± 7.99	0.83 ± 0.21
Weight:volume ratio (g/cm <sup>3</sup> )	0.660 ± 0.141	1.173 ± 0.192	1.349 ± 0.131	1.682 ± 0.198

1/ Diameter measured at the largest portion of cone.

2/ Length measured from cone base to cone tip.

3/ Volume estimated from:  $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L$ .

4/ Oven - dried weight.

5/ 20 cones of each type except for 16 cones of 1 - yr old cone were used.

ความตรงจำเพาะของผลสน อย่างเช่น Maki (1940) ใช้น้ำหนักากเป็นสารละลายยี่ หนึ่งผลสน ponderosa pine เหนือ แล้วหาปริมาณที่ออกมาเทียบกับน้ำหนัก ก็จะได้ค่าความตรงจำเพาะของผลสนออกมาและใช้ทดสอบว่า ผลสนสุกหรือยัง ทั้งนี้โดยการทดสอบพบว่า ผลสนชนิดนี้จะไปย้อมสีตัวเองได้ แต่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด เมื่อมีค่าความตรงจำเพาะอยู่ในช่วง ๐.๕๕ จากผลของการศึกษาในครั้งนี้ ถ้าหากว่าจะเก็บผลสนสามใบ เพื่อนำเมล็ดไปใช้ ควรจะเก็บเมื่อผลสนมีค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตร ประมาณ ๑.๑๗ ทั้งนี้เพราะว่า เมื่ออัตราส่วนเมล็ดต่อผลไปเกินกว่านี้ อย่างเช่น ๐.๖๕ จะเป็นผลสนที่แก่เกินไป และเมล็ดร่วงหล่นไปเป็นส่วนใหญ่ โดยปฏิบัติการเก็บ เมล็ดสนสามใบก็มักจะเก็บเมื่อผลสนอายุได้ ๒ ปี ไปแล้ว (Chantaneperb, 1975 และ สุวิทย์ แสงทองพราว, ๒๕๑๖) ทั้งนี้เนื่องจากจะพิจารณาจากลักษณะภายนอกของผลสนแล้ว ยิ่งถ้าใช้ค่าอัตราส่วนนี้ เป็นเครื่องตัดสินควยก็ได้ และกล่าวได้ไม่ยากนัก ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้การแตงต้นน้ำหรือของเหลว เพื่อหาค่าความตรงจำเพาะของผลสนก็ได้

๒.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผลกับน้ำหนักของผลสนสามใบ

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผลกับน้ำหนักของผลสนสามใบ ปรากฏว่าขนาดของผลและน้ำหนักของผลสามมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการ allone try เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของลำต้นกับน้ำหนักของผล แต่ความสัมพันธ์ทาง allone try ระหว่างน้ำหนักของผลกับปริมาตรของผลสนได้ผลในการประมาณหาน้ำหนักของผลสนได้ดีที่สุด ดังแสดงไว้ใน Fig. 5 และอาจประมาณหาน้ำหนักแห้ง ( $v_{cone}^{dry}$ , g/cone) ได้จากปริมาตรของผลสน ( $v_{cone}$ , cm<sup>3</sup>) ได้จากสมการต่อไปนี้

๑. ผลสนอายุ ๓ ปี

$$\log v_{cone}^{dry} = 0.633 \log v_{cone} + 0.378 \dots \dots \dots (13)$$

$$r^2 = 0.335 , r = 0.5790$$

๒. ผลสนอายุ ๒ ปี

$$\log v_{cone}^{dry} = 0.947 \log v_{cone} + 0.141 \dots \dots \dots (14)$$

$$r^2 = 0.544 , r = 0.7375$$

๓. ผลสนอายุ ๑ ปี

$$\log v_{cone}^{dry} = 0.860 \log v_{cone} + 0.339 \dots \dots \dots (15)$$

$$r^2 = 0.838 , r = 0.9154$$

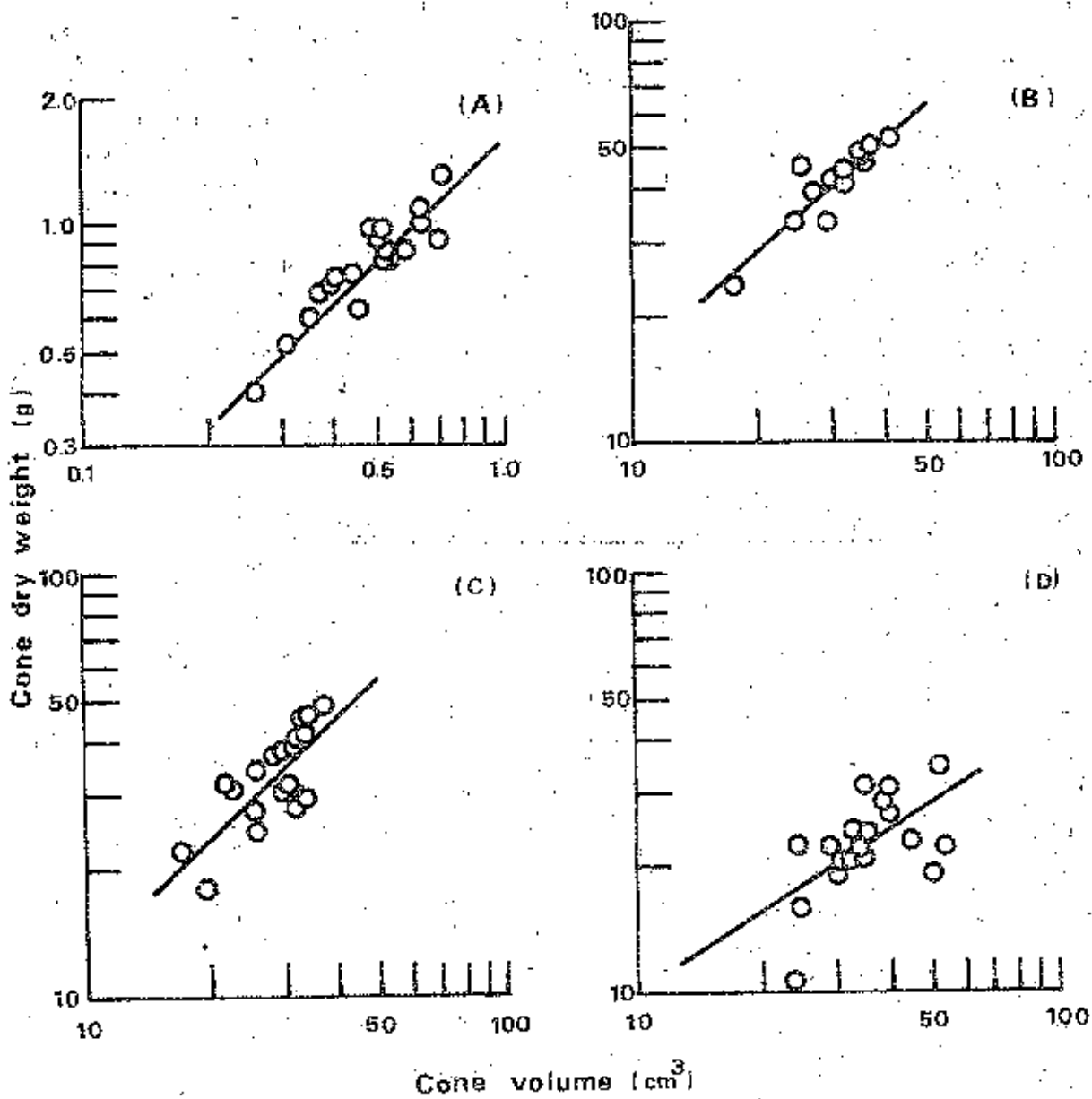


Figure 5. The relationship between cone dry weight and cone volume of *Pinus kesiya* in natural stand.  
(D) 3-yr old cone, (C) 2-yr old cone, (B) 1-yr old cone, (A) current cone.

๔. ผลผลิตที่เกิดขึ้น

$$\log W_{\text{cone}} = 0.887 \log V_{\text{cone}} + 0.187 \dots \dots \dots (16)$$

$$r^2 = 0.615, r = 0.9029$$

จากสมการเหล่านี้ จะเห็นว่า เมื่อทราบขนาดของผลผลิตสนสามใบแล้วก็จะสามารถประมาณหา น้ำหนักของผลผลิตอายุต่าง ๆ ได้โดยถูกต้องและสะดวกของการทราบอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักและปริมาตร เพื่อการตัดสินใจว่าผลผลิตเต็มที่แล้วหรือยังก็สามารถทำได้โดยง่าย

๓. ปริมาณผลผลิตของผลผลิตสนสามใบในป่าธรรมชาติ

เนื่องจากปริมาณผลผลิตสนสามใบทั้งใน รูปน้ำหนักแห้ง หรือมวลชีวภาพและจำนวนผลผลิตอายุต่าง ๆ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับความสูง ๑.๓๘ เมตร ( DBH หรือ D ) จากแปลงตัวอย่าง ๕๐ x ๕๐ เมตร ซึ่งได้ทำการสำรวจวัดไม้ทุกต้นในแปลง จึงทำให้สามารถประมาณหา ปริมาณผลผลิตของผลผลิตสนสามใบในป่าธรรมชาติดังแสดงไว้ใน Table 6 ในการประมาณหาปริมาณผลผลิตของผลผลิตสนสามใบนี้ ปริมาณน้ำหนักของผลผลิตทั้งหมดและจำนวนของผลผลิตทั้งหมดกับผลผลิตอายุต่าง ๆ ได้ ประมาณจากการใช้สมการ (๑), (๒), (๓), (๔), (๕) และ (๖) ส่วนน้ำหนักของผลผลิตอายุต่าง ๆ นั้น ประมาณได้จากสัดส่วนของน้ำหนักของผลผลิตประเภทนั้น ๆ จาก Table 4

ในแง่ของนิเวศวิทยาการประมาณ เมว่าปริมาณผลผลิตจะมีอยู่น้อย เมื่อเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพ เห็นอย่างเด่นชัดใน Table 6) แต่คาดว่า เมื่อผลผลิตเหล่านี้แก่เต็มที่และร่วงหล่นลงสู่พื้นดินแล้ว อาจสะสม อยู่ตามพื้นดินเป็นปริมาณมาก และผลผลิตที่แก่แล้วนั้น เชื้อราจะย่อยสลายได้ยาก ในแง่ของบทบาทที่จะปลดปล่อย ธาตุอาหารให้แก่ดินนั้น เมจะมีอยู่น้อย เมื่อเทียบกับส่วนที่เป็นใบหรือส่วนอื่น ๆ แต่หลังจากที่สะสมอยู่ใน มวลชีวภาพของผลผลิตอายุไม่ย่อยไปกว่าส่วนที่เป็นเนื้อไม้ ในบางประเทศผลผลิตที่แก่และเมล็ดหลุดร่วงไปหมด แล้วสามารถนำไปใช้ เป็นเชื้อเพลิงได้ดี หรือนำไปมอดผสมกับดินใช้เพาะซากกล้าไม้ก็ได้ อย่างไรก็ตามบทบาท ของการสะสมธาตุอาหารในผลผลิตสนสามใบนั้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอนนัก นอกจาก Ovington (1963) ซึ่งศึกษากับไม้ white pine พบว่า male cone มีพลังงานสะสมอยู่ถึง ๑.๕ x ๑๐<sup>๖</sup> cal/ha. และมีธาตุอาหารต่าง ๆ สะสมอยู่ ตั้งแต่ ๒.๖ - ๓.๕% ของใบสดน้ำหนักแห้ง

Table 6. Cone production of Pinus kesiya in natural stand

	Cone type				
	Total	3-yr old cone	2-yr old cone	1-yr old cone	Current cone
Total dry weight (kg/ha)	176.77	29.17	121.07	25.19	1.33
% of total cone weight	100	16.50	68.49	14.25	0.75
% of total aboveground biomass	0.68	0.11	0.47	0.10	0.005
% of total canopy weight	2.07	0.34	1.41	0.29	0.02
Total cone number (no/ha)	6,612	1,340	3,220	612	1,432

ในแง่ของการป่าไม้ปริมาณผลสน เป็นขั้นต้นแรกที่จะเข้าใจ ถึงการผลิต เมล็ดสน เพื่อการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติหรือเพื่อการปลูกป่า อย่างไรก็ตามในธรรมชาติที่ศึกษาครั้งนี้อาจอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะจะเป็นแหล่งผลิต เมล็ดไม้ได้ เนื่องจาก เป็นกลุ่มของไม้สนสามใบที่อายุน้อยมาก (Table 1) และค่อนข้างจะอยู่โดดเดี่ยวจากกลุ่มอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้พอจะเป็นเครื่องชี้แนะการที่จะประมาณหาปริมาณผลผลิตของผลสนในสภาพของป่าธรรมชาติได้ อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตของผลสนนั้น อาจผันแปรไปโดยตามสภาพของท้องถิ่น (site) ตามสิ่งแวดล้อม (environment) และตามสภาวะภายใน (internal factors) ดังเช่นที่กล่าวไว้โดย Gyssel (1957), Thorbjornsen (1960), Wenger (1957), Bis et al (1965), Lester (1967) และคนอื่น ๆ อีกหลายคน ความผันแปรที่เกิดขึ้นจากสิ่งเหล่านี้จะมีมากขึ้นแก่ไหน ในไม้สนสามใบ จำเป็นต้องได้รับความสนใจต่อไปในอนาคต

๔. การประมาณหาปริมาณเมล็ดสนสามใบในป่าธรรมชาติ

๔.๑. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผลสนกับจำนวนเมล็ด

จากตัวอย่างผลสนอายุ ๒ ปี จำนวน ๒ แล ซึ่งเลือกขึ้นมาเป็นตัวแทนของผลสนอายุนี้ ในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล นำมาศึกษาจำนวนเมล็ด ปรากฏว่าผลสนอายุ ๒ ปี จะให้เมล็ดแตกต่างกันไปตั้งแต่จำนวน ๕ เมล็ด ถึง ๑๕ เมล็ดต่อผล จำนวนเมล็ดสนสามใบที่ศึกษานี้ค่อนข้างจะน้อย เมื่อเทียบกับผลการศึกษารายงานไว้โดย สุวิทย์ แสงทองพราว (๒๕๑๖) ซึ่งพบว่า ผลสนสามใบอาจให้เมล็ดได้ตั้งแต่ ๒๐ - ๑๒๐ เมล็ดต่อผล อย่างไรก็ตาม จำนวนเมล็ดนี้อาจไม่แน่นอน หากศึกษาจากขนาดของผลสน ซึ่งจะทำให้หาจำนวนเมล็ดที่ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลสนมากกว่าจะขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของผล ดังแสดงไว้ใน Fig. 6 และอาจประมาณหาจำนวนเมล็ดสนสามใบต่อผล ( $n_{seed}$ , no/cone) ได้จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลสน ( $d_{cone}$ , cm) ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\log n_{seed} = 2.534 \log d_{cone} - 0.640 \dots\dots\dots(17)$$
$$r^2 = 0.677, r = 0.8225$$

ขนาดของผลสนกับจำนวนเมล็ดสนนี้ จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของไม้สนอย่างเช่น Eliason and Keit (1940) พบว่าผลผลิตของเมล็ดไม้ *Pinus sylvestris* มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับความยาวของผล Lyons (1956) พบว่าผลผลิตเมล็ดไม้ *Pinus resinosa* จะขึ้นแปรไปตามความยาวของผลสนและตามจำนวนเกดักของผลในผลสน แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากผลผล เนื่องจากความแตกต่างของการเจริญของผลใน แต่ละท้องที่และแตกต่างกันไป ในระหว่างกลุ่มของหมู่ไม้

๔.๒ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหรือปริมาตรของผลสนกับจำนวนเมล็ด

นอกเหนือจากจำนวนเมล็ดสนสามใบในผลมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลสนแล้วยังมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของผลสน หรือปริมาตรของผลสนด้วย ดังแสดงไว้ใน Fig. 7 และอาจประมาณหาจำนวนเมล็ดสนสามใบต่อผล ( $n_{seed}$ , no/cone) ได้จากน้ำหนักของผล ( $w_{cone}$ , g) หรือจากปริมาตรของผลสน ( $v_{cone}$ , cm<sup>3</sup>) ได้จากสมการต่อไปนี้

๑. จำนวนเมล็ดจากน้ำหนักของผลสน

$$\log n_{seed} = 1.138 \log w_{cone} - 0.886 \dots\dots\dots(18)$$
$$r^2 = 0.652, r = 0.8074$$

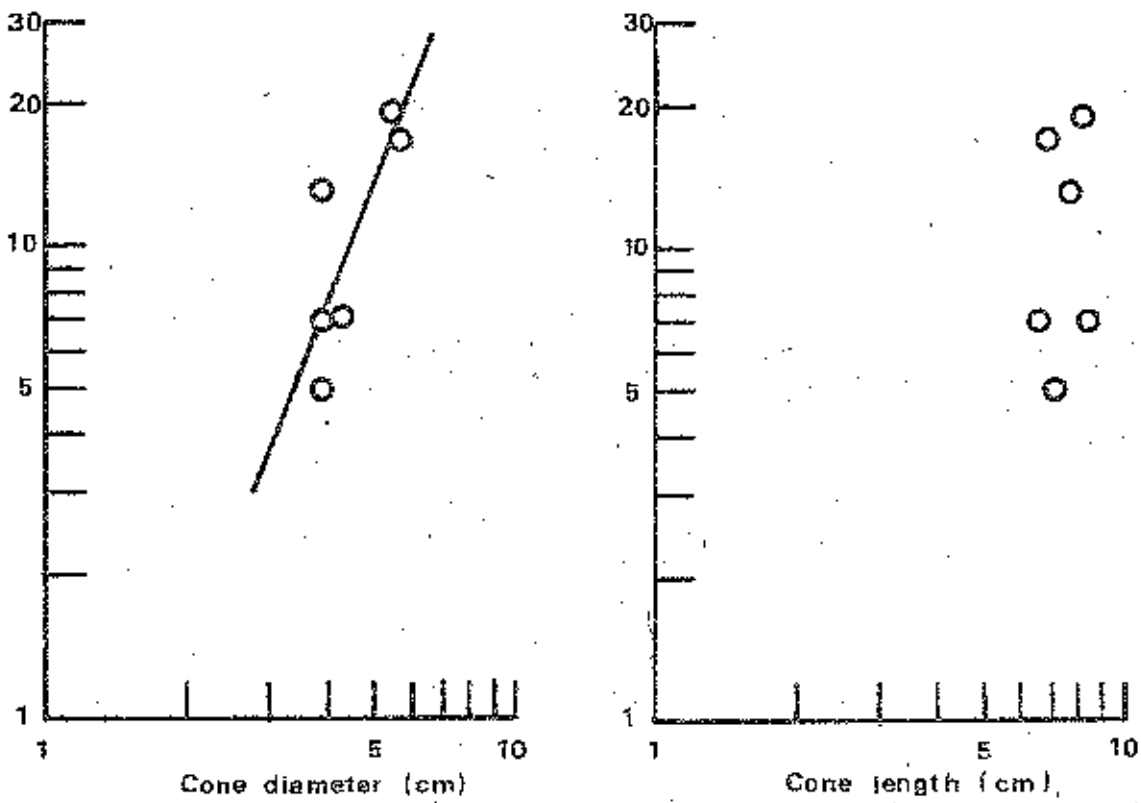


Figure 6. The relationships between seed number/cone and cone diameter or cone length of Pinus kesiya in natural stand.

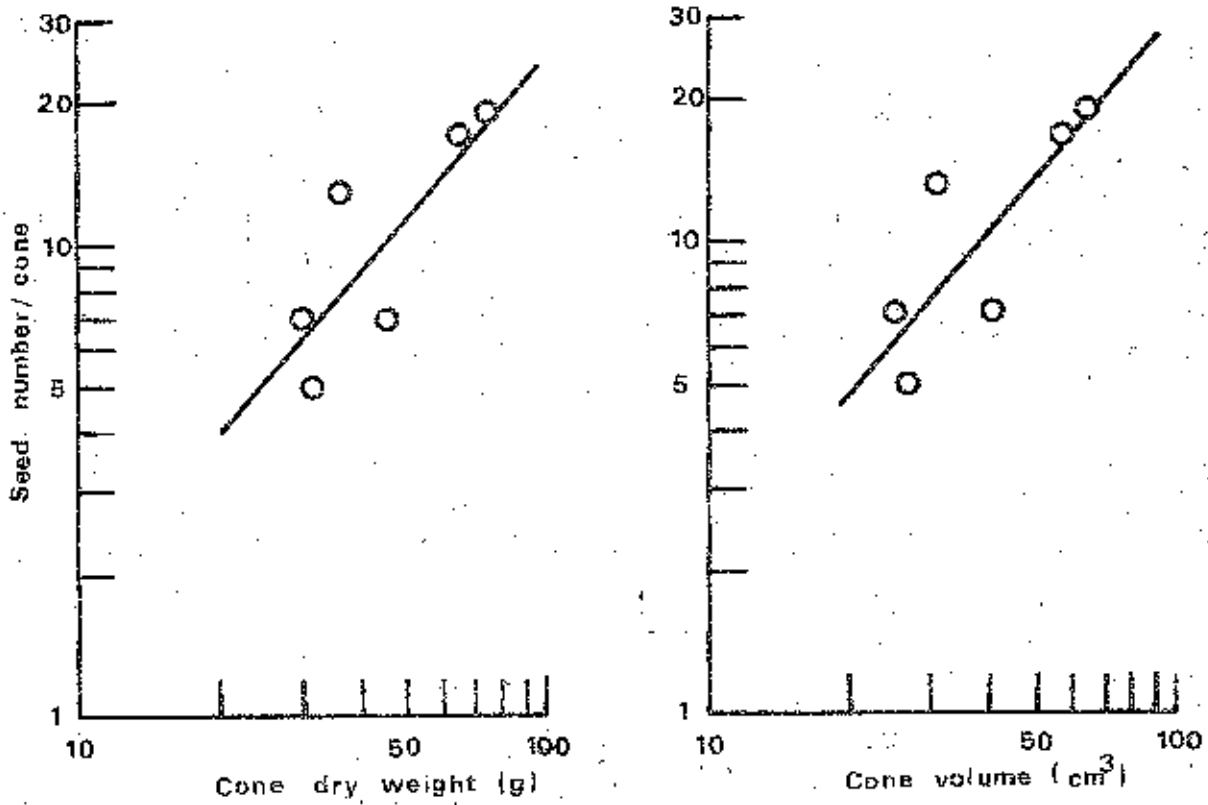


Figure 7. The relationships between seed number/cone and cone dry weight or cone volume of Pinus kesiya in natural stand.



๒. จำนวนเมล็ดจากปริมาตร ของผลสน

$$\log n_{seed} = 1.138 \log V_{cone} - 0.807 \dots\dots\dots(19)$$

$$r^2 = 0.652, r = 0.8074$$

จะเห็นว่าทั้งน้ำหนักของผลสนและปริมาตรของผลสนนี้ ผลการปร มาณหาจำนวนเมล็ดได้ใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นถ้าทราบอย่างใด อย่างหนึ่งก็จะสามารถปร มาณหาจำนวนเมล็ดสนสามใบได้ก็อย่างถูกต้องแม่นยำ จากสมการข้างกล่าว ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดกับปริมาตร ของผลสนสามใบนี้จะคล้ายคลึงกับความสัมพันธ์ของจำนวนเมล็ดกับปริมาตรของผลสน red pine (*Pinus resinosa*) จากการศึกษารอง Dickerman and Kozlowski (1971) แต่ในไม้ grand fir (*Abies grandis*) นั้น Ching (1960) พบว่าผลผลิตเมล็ดในรูปน้ำหนักจะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับน้ำหนักของผลและความยาวของผล แต่จำนวนเมล็ดจะไม่สัมพันธ์กับน้ำหนักหรือความยาวของผลแต่อย่างใด จึงจะเห็นได้ชัดจริงๆว่า ความสัมพันธ์ข้างกล่าวนี้แตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดไม้

๕. ปริมาณผลผลิต เมล็ดของไม้สนสามใบ ใบาธรรมชาติ

จากผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วแต่ต้น ทำให้สามารถปร มาณหาผลผลิตเมล็ดของไม้สนสามใบใบาธรรมชาติซึ่งแสดงไว้ใน Table. 7 ซึ่งเป็นเมล็ดจากผลสนอายุ ๒ ปี และอายุ ๓ ปี ที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อพื้นที่ป่า

ในป่าไม้สนสามใบที่ศึกษานี้ มีผลสนอายุ ๒ ปี อยู่ ๓,๒๒๐ ผล/เฮกเตอร์ (Table. 6) และปร มาณจำนวนเมล็ดจากน้ำหนักของผลสนอายุ ๒ ปี นี้ได้ ๓๘,๑๘๘ เมล็ด/เฮกเตอร์ หรือเฉลี่ย ๒๕ เมล็ด/ผล เนื่องจากในทางปฏิบัติอาจทำการ เก็บผลสนหนึ่งอายุ ๒ ปี ที่ยังไม่ออกรอก และผลสนอายุ ๓ ปี ซึ่งอาจออกผลรวมแล้ว Bryndum (1975) กล่าวว่า เมล็ดที่ผลิตออกมาหลังจากที่เมล็ดนั้นสุกแล้ว อาจพบ เมล็ดสนสามใบเหลืออยู่ ๘๕% จากการศึกษานี้พบว่าผลสนอายุ ๓ ปี มีอยู่ ๑,๓๘๐ ผล/เฮกเตอร์ (Table 6) เพราะฉะนั้นถ้าหากผลสนอายุ ๓ ปี นี้ยังไม่ออกรอกจะมีเมล็ดอยู่ ๑๒,๕๑๐ เมล็ด/เฮกเตอร์ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับผลที่ยังติดอยู่บนต้น หากผลที่อยู่บนต้นนี้บางส่วนได้ไปรบเมล็ดไปแล้ว เหลืออยู่ ๘๕% จริงๆ จะมีเมล็ดติดอยู่กับผล ๑๑,๕๓๒ เมล็ด/เฮกเตอร์ ดังนั้นเมื่อรวมกับเมล็ดที่ได้จากผลสนอายุ ๒ ปี แล้ว จึงควรจะผลิตเมล็ดได้ ๕๐,๒๘๘ เมล็ด/เฮกเตอร์ อย่างไรก็ตาม ผลผลิต เมล็ดที่ปร มาณได้ในที่นี้ค่อนข้างน้อย หากพิจารณาจากผลการ ศึกษาของ สุวิทย์ แซงทองพราว (๒๕๐๖) ที่รายงานไว้ว่า ผลสนสามใบจะให้เมล็ดได้ตั้งแต่ ๒๐ - ๑๒๐ เมล็ด/ผล แต่การปร มาณนี้อาจใช้ เป็น

Table 7. Seed production of Pinus kesiya in natural stand.

Cone type	Number of seed/ha	Remarks
2-yr old cone	79,158	Estimated from weight of 2-yr old cone by eq. (18)
3-yr old cone	11,530	35% of seed remained (Bryndum, 1975) in 1,340 cones of 3-yr old with 25 seed/cone
Total seed production	90,688	
Total full seed	73,094	Estimated from average 80.6% of seeds in 6 provenances reported by Bryndum (1975)
Total viable seed	68,378	Estimated from average 75.4% of seed in 6 provenances reported by Bryndum (1975)

แนวทางในการประมาณขนาดผลผลิต เมล็ดที่จะนำไปใช้กับกลุ่มแม่ไม้ หรือแหล่ง เมล็ดไม้สนสามใบตาม  
ธรรมชาติ อื่น ๆ ต่อไป ซึ่งหวังให้สามารถวางแผนการเก็บ เมล็ดได้ล่วงหน้า และคาดการณ์ต่าง ๆ ได้  
สำหรับจำนวนเมล็ดดี (full seed) นั้น ประมาณคร่าว ๆ ได้ ๓๓,๐๕๔ เมล็ด/เฮกเตอร์ และเมล็ด  
มีชีวิต (viable seed) มีอยู่ประมาณ ๒๘,๓๓๕ เมล็ด/เฮกเตอร์ ทั้งนี้โดยวิธีสุ่มเมล็ดที่ได้จากแหล่ง  
กำเนิดของไม้สนสามใบ ๕ แห่ง ซึ่งรายงานไว้โดย Brydum (1975) อย่างไรก็ตาม ความมีชีวิต  
ของเมล็ด (viability) นั้น ไม่มีผลโดยตรงต่อการผลิตกล้าไม้สนสามใบ (Brydum, 1975)

โดยปกติผลผลิต เมล็ดไม้มีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นตัวควบคุมอยู่ การศึกษานี้ไม่ครอบคลุมไป  
ถึงปัจจัยเหล่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องทำการศึกษาคต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยที่ จะช่วย ให้ได้ผลผลิต เมล็ด  
ต่อพื้นที่สูงสุด เพื่อจะได้แนวทางในการจัดการกับแหล่งผลิต เมล็ดพื้นที่ต่อไป

---

สรุป

การศึกษาเรื่องผลผลิตของผลและเมล็ดไม้สนสามใบในป่าธรรมชาติ ที่ตำบลบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิธีตัดต้นไม้วางอย่างอง และศึกษาผลผลิตของผลทั้งในรูปของน้ำหนักหรือมวลชีวภาพของผลและจำนวนผล ตลอดจนจำนวนเมล็ด สรุปผลการศึกษาก็งต่อไปนี้

๑. การประมาณผลผลิตของผลสนสามใบทั้งในรูปของน้ำหนักหรือมวลชีวภาพของผลและจำนวนผล อาจประมาณได้จากความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรี ระหว่างปริมาณผลสนกับขนาดทรงสวนต่าง ๆ ของต้นไม้หรือมวลชีวภาพของสวนต่าง ๆ ของต้นไม้ หรืออายุของต้นไม้ โดยอย่างถูกต้อง ยกเว้นความสูงของเรือนยอด และผลของการศึกษาได้เสนอแนะให้ใช้ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางทรงสวนระดับความสูง

๑.๓๖ เมตร ( D.H. หรือ D ) เป็นตัวแปรอิสระในการประมาณหาปริมาณผลสน โดยใช้สมการแอลโลเมตรี เพราะสามารถวัดได้สะดวกและให้ผลการประมาณได้ถูกต้องแม่นยำกว่าการวัดและการใช้ตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ

๒. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางปริมาณของผลสนสามใบในป่าธรรมชาติ พบว่าจำนวนผลสนซึ่งจำแนกเป็นผลสนอายุ ๑ ปี อายุ ๒ ปี อายุ ๑ ปี และผลสนที่เกิดใหม่มีสัดส่วนค่อนข้างคงที่ คือ

๒๕ : ๔๔ : ๑๐ : ๒๑% ของจำนวนผลสนทั้งหมดตามลำดับ ทั้งจากเมล็ดขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ ขนาดทรงสวน เส้นผ่าศูนย์กลางของผลสนจะเพิ่มขึ้นจากผลสนอายุน้อยไปหาผลสนอายุมาก แต่ความยาวของผลสนจะมากที่สุดที่ผลสนอายุ ๑ ปี แล้วลดลง เนื่องจากการขยายตัวทางเส้นผ่าศูนย์กลางอัตราส่วนระหว่างน้ำหนัก

แห้งกับปริมาตรของผลสน จะลดลงจากผลสนอายุน้อยไปหาผลสนอายุมาก (๑.๖๕, ๑.๙๕, ๑.๑๓ และ ๑.๖๖ กรัม/ซม<sup>๓</sup>. ตามลำดับ) และอาจใช้อัตราส่วนดังกล่าวนี้เป็นเครื่องชี้อายุและความแก่ของผลสนได้ นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำหนักของผลสนมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับปริมาตรของผล ในรูปของความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี

๓. ปริมาณผลสนสามใบในป่าธรรมชาติ ที่ตำบลบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ประมาณได้จากกลุ่มของต้นไม้ที่ศึกษามีอยู่รวมทั้งสิ้น ๑๕๖.๗๗ ก.ก. / เฮกตาร์ (น้ำหนักแห้ง) และมีจำนวนผลสนรวม ๒,๖๑๒ ผล/เฮกตาร์ ทั้งนี้โดยจำแนกเป็นน้ำหนักแห้งของผลสนอายุ ๑ ปี อายุ ๒ ปี อายุ ๑ ปี และผลสนที่

เกิดขึ้นในปี ๒๕.๑๗, ๑๒๑.๑๗, ๒๕.๑๘ และ ๑.๒๒ ก.ก./เฮกตาร์ ตามลำดับ และคิดเป็นจำนวนผล  
๑,๓๙๑, ๓,๒๒๖, ๒๑๒, และ ๑,๘๗๒ เมล็ด/เฮกตาร์ ตามลำดับ

๔. จำนวนเมล็ดจากผลสนอายุ ๒ ปี มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  
ของผล และน้ำหนักแห้งหรือปริมาณของผล แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดความยาวของผล และความ  
สัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปแอลโลเตรี เช่นเดียวกับความสัมพันธ์อื่น ๆ ที่กล่าวแล้ว

๕. เมล็ดสนส่วนใหญ่ในป่าธรรมชาติ จากผลสนอายุ ๒ ปี อย่างเดียวประมาณได้  
๓๕,๑๕๕ เมล็ด/เฮกตาร์ และถ้ารวมปริมาณเมล็ดที่อาจจะได้จากผลสนอายุ ๓ ปี ซึ่งมีอยู่ประมาณ  
๓๕ % เข้าไปด้วยแล้ว จะมีเมล็ดรวมทั้งสิ้น ๕๑,๒๕๕ เมล็ด/เฮกตาร์ ทั้งนี้โดยมีเมล็ดที่  
๓๓,๑๕๕ เมล็ด/เฮกตาร์ และมีเมล็ดที่มีชีวิต (viable seed) ๒๘,๓๒๕ เมล็ด/เฮกตาร์

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ สหุวรรณ, ประมุข ลีจิต ธรรมไทย์ และปญญศรี ศรีอรุณ, ๒๕๑๔. การกระจายของขนาดและอายุของป่าไม้สนสองใบและสนสามใบ รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ ๘ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ๑๕ หน้า.

สุวิทย์ แสงทองพิรวา, ๒๕๑๖. การศึกษาศัญชาวนิตยของไม้สนในประเทศไทย. รายงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ ๒๖ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ๔๔ หน้า.

Bryndum, K. 1975. Handling and storage of seed at Thai-Danish pine project. Report on the FAO/DANIDA training course on forest seed collection and handling. F.A.O. Vol 2 : 311 - 321.

Charatanaparb, L. 1975. Flowering and fertilization. In : Report on the FAO/DANIDA training course on forest seed collection and handling. F.A.O. Vol 2 : 13 - 23.

Ching, T.M. 1960. Seed production from individual cones of grand fir (Abies grandis). Jour. For. 58 : 959 - 961.

Dickermann, D.I. and T.T. Kozlowski. 1971. Cone size and seed yield in red pine (Pinus resinosa). The American Midland Naturalist. 85 : 431 - 436.

Downs, A.A. and W.E. McQuilkin. 1944. Seed production of Southern Appalechian oaks. Jour. For. 42 : 913 - 920.

- Eis, S., E.H. Garman, and L.F. Ebell. 1965. Relation between cone production and diameter increment of douglas fir (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco), grand fir (Abies grandis (Dougl.) (indl.)), and western white pine (Pinus monticola Dougl.).  
Can. Jour. Bot. 43 : 1553 - 1559.
- Eliason, E.J. and C.M. Heit. 1940. The size of scotch pine cones as related to seed size and yield. Jour. For. 38 : 65 - 66.
- Garman, E.H. 1955. Regeneration problems and their silvicultural significance in the coastal forest of British Columbia. Dept. Lands Forests Brit. Columbia Forest serv. Tech. Publ. T. 41.
- Goddard, R.E. 1958. Additional data on cost of collecting cones from a seed production area. Jour. For. 56 : 846 - 848.
- Grano, C.X. 1951. What loblollies are likely cone producers. Jour. For. 49 : 734.
- Grano, C.X. 1957. Indices to potential cone production of loblolly pine. Jour. For. 55 : 890 - 891.
- Gysel, L.W. 1957. Acorn production on good, medium, and poor oak sites in Southern Michigan. Jour. For. 55 : 570 - 574.
- Lester, D.T. 1967. Variation in cone production of red pine in relation to weather. Can. Jour. Bot. 45 : 1683 - 1691.
- Lyons, L.A. 1956. The seed production capacity and efficiency of red pine cones (Pinus resinosa Ait.) Can. Jour. Bot. 34 : 27 - 36.

- Maki, T.E. 1940. Significance and applicability of seed maturity indices for ponderosa pine. Jour. For. 38 : 55 - 60.
- Ovington, J.D. 1957. Dry - matter production by Pinus sylvestris L. Ann. Bot. N.S. 21 (82) : 287 - 314.
- Ovington, J.D. 1963. Flower and seed production. A source of error in estimating woodland production, energy flow and mineral cycling. OIKOS. 14 : 148 - 153.
- Pomeroy, K.B. 1949. Loblolly pine seed trees : selection, fruitfulness, and mortality. Southeast. For. Expt. Sta., Sta. Paper No.5, 17 pp.
- Thorbjornsen, E. 1960. A cone production study in loblolly pine on the coastal plain of North Carolina. Jour. For. 58 : 543 - 547.
- Wenger, K.F. 1957 a. Annual variation in the seed crops of loblolly pine. Jour. For. 55 : 567 - 569.
- Wenger, K.F. and K.B. Trousdell. 1957 b. Natural regeneration of loblolly pine in the South Atlantic Coastal Plain : Prod. Res. Report No. 13. U.S.D.A. 78 pp.
-



- No 55 Beonyalid Puriyakorn, Choob Khemmark, Pramuk Likithamanit, San Kaitpraneet: Growth of Hopca ferrea Pierre in sapling stage at Sakaerat forest, Pakthongchai, Nakorn Rachasima.\*
- No 56 William B. Drew, Sanit Aksornkoae, San Kaitpraneet: An assessment of productivity in successional stages from abandoned swidden (RAI) to dry evergreen forest in northeastern Thailand.\*
- 1979 No 57 Supichaya Bhasaputra: Fiber length variation and relationship with radial growth rate in sixteen-year and seven-month old Rhizophora candelaria.\*
- No 58 Pratuang Dhamanitayakul: Felling effect on neighbouring trees in Dry Dipterocarp Forest\*
- No 59 Niwat Ruangpanit, Sathit Wacharakitti, Sarayudh Bunyavejchewin: Range and forage around Nam Pong Reservoir Drawdown Area.\*
- No 60 Sathit Wacharakitti, Pairush Boonnorn, Prasong Sanguantam, Arthorn Boonsaner, Chawalit Silapatong, Anan Songal: The assessment of forest areas from landsat imagery.\*
- No 61 William B. Drew, Sanit Aksornkoae, San Kaitpraneet: The inventory of nutrients in vegetation during secondary succession from Swidden to Forest in Thailand.\*
- No 62 Choob Chemmark, Jeerayudh Panochit: Seedling dynamics of Dry Evergreen Forest at Sakaerat Forest, Pakthongchai, Nakornratchasima.\*
- No 63 Pongsak Sahunalu, Monton Jamroenpruksa, Bunyalid Puriyakorn, Picha Dhammanonda, Wisut Suwannapinant, Buared Prachaiyo: Comparative structural characteristic of three forest types at Namprom Basin, Chaiyaphoom Province.\*
- No 64 Pratuang Dhamanitayakul: The phenology of trees in Dry Evergreen Forest and its application to timing for logging operation.\*
- No 65 Kasem Chunkao, Samakkee Boonyawat: Soil moisture of Dry-Evergreen Forest and shifting area at Sakaerat Experimental Station.\*
- No 66 Kasem Chunkao, Samakkee Boonyawat: An accumulation of litterfall and some nutrients in Dry-Evergreen Forest Sakaerat.\*
- No 67 Pongsak Sahunalu, Monton Jamroenpruksa: Production and nutrient circulation of Dry Dipterocarp Forests in Thailand I. biomass of various community types of Dry Dipterocarp Forest.\*
- No 68 Pongsak Sahunalu, Bunyalid Puriyakorn, Wisut Suwannapinant, Choob Khemmark: Degradation of soil quality caused by deforestation at Sakaerat.\*
- No 69 Sathit Wacharakitti, Prakong Intrachanda, Sompetch Mungkorndin: Natural resources and land use studies of Sakaerat Environmental Research Station.\*
- No 70 Pidhaya Petmark, Pongsak Sahunalu: Primary production of teak plantations II. net primary production of various age plantations of teak at Ngao, Lampang.\*
- No 71 Buared Prachaiyo, Pongsak Sahunalu, Picha Dhammanonda, Wisut Suwannapinant, Bunyalid Puriyakorn, Monton Jamroenpruksa: Litter production in dry evergreen forest above Namphrom Dam, Chaiyaphoom Province.\*
- No 72 Bunvong Thaiutsa, Ananchai Kuantham, Visarn Lertnithiwong: Foliage area in relation to sources of Pinus kesiya planted in Thailand.\*

---

\* In Thai with English summary.