



รายงานวนศาสตร์วิจัย

FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่มที่ ๗๐

กรกฎาคม ๒๕๒๓

NUMBER 70

JULY 1980

ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สัก

PRIMARY PRODUCTION OF TEAK PLANTATIONS

II. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของสวนป่าไม้สักอายุต่าง ๆ ที่งาว ลำปาง

II. NET PRIMARY PRODUCTION OF VARIOUS AGE PLANTATIONS
OF TEAK AT NGAO, LAMPANG

พิทยา เพชรมาก

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฬุ

คณะวนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรุงเทพฯ

PIDHAYA PETMARK

PONGSAK SAHUNALU

FACULTY OF FORESTRY

KASETSART UNIVERSITY

BANGKOK 9, THAILAND

FOREST RESEARCH BULLETIN

FACULTY OF FORESTRY, KASETSART UNIVERSITY

- 1973 No 24 Kian Eadkeo & Charn Boonyasirikool: Taper values of Dipterocarpus obtusifolius, Teijsm.*
- No 25 Wiraj Chunwarin & Damrong Sri-Aran: Macroscopic and microscopic structure of commercial woods in series Thalamiflorae and Disciflorae of Thailand.*
- No 26 Suvit Sangtongproaw : Morphological study of pines in Thailand.*
- No 27 Pricha Dhanmanonda: Site Quality of mixed deciduous forest with teak at Mae Huad, Lampang, as determined by soil aggregate.
- No 28 Choornpol Ngampongsai: The distribution and development of teak-root in different ages plantation.*
- 1974 No 29 Wiraj Chunwarin & Damrong Sri-Aran: Macroscopic and microscopic structure of important woods in Series Calyciflorae, Inferae, Heteromerae, Bicarpeolatae, Micembryae, Daynnales, and Unisexuals.*
- 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 machanize 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 Packchong, Changwat Nakhonratchasima.*
- No 34 Tawee Kacwla-lad, Somsak Sukwong: Point sampling trial in dry dipterocarpa forest.*
- No 35 Somnueg Pongampai: Morphology of some forest trees in Dipterocarpaceae.*
- No 36 Charn Boonyasirikool and Wuthipol Hoamuangkaew : Testing accuracy of some log rules.*
- No 37 Bunvong Thaiutsa, Choob Khemnark, Wisut Suwannapinunt, and Somporn Chaicharus: 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 Khemnark, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpranect : Nutrient composition of needles from fertilized and unfertilized PINUS KESIYA 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 Satbit 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 Likitthamanit, Prin Sri-Aran: Diameter and age Distributions of pinus merkusii Jungh and devries 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.*

รายงานวนศาสตร์วิจัย

FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่มที่ ๗๐

NUMBER 70

กรกฎาคม ๒๕๒๓

JULY 1980

ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สัก

PRIMARY PRODUCTION OF TEAK PLANTATIONS

II. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของสวนป่าไม้สักอายุต่าง ๆ ที่นาง ลำปาง

II. NET PRIMARY PRODUCTION OF VARIOUS AGE PLANTATIONS OF TEAK AT NGAO, LAMPANG

พิทยา เพชรนาถ

PIDHAYA PEIPIK

พงษ์ศักดิ์ สหุนาสุ

PONGSAK SAHUNALU

คณะวนศาสตร์

FACULTY OF FORESTRY

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

KASETSART UNIVERSITY

กรุงเทพฯ

BANGKOK 9, THAILAND

PRIMARY PRODUCTION OF TEAK PLANTATIONS

II. NET PRIMARY PRODUCTION OF VARIOUS AGE PLANTATIONS OF TEAK AT NGAO, LAMPANG

PIDEAYA PETERMARK^{1/} AND PONGSAK SAHUNALU^{2/}

ABSTRACT

Aboveground biomass and net primary production of 5, 8, 13, and 18-year old teak plantations at Huay Tak, Ngaio, Lampang were determined by repeat determination of DBH and H in the permanent sample plots during 1977 and 1978. Allometric relations for the estimation of the biomass and stem volume were found by the destructive method using 34 sample trees felled from various age plantations. Total aboveground biomass, stem, branch, and leaf biomass were 19.6-110.9, 14.6-82.7, 2.9-18.1, and 2.1-8.4 t/ha respectively. Stem biomass of all age plantations accounted for 75% of the total aboveground biomass. Stem volume ranged between 35.09-18.29 m³/ha and LAI was 2.17-8.57 ha/ha. Biomass, stem volume, and LAI tended to increase from the 5-year old plantation to 14-year old plantation where maximum values attained and then the trends were reversely observed. Standing crop and stem volume might be simply estimated by using the mean

^{1/} Silviculture Division, Royal Forest Department, Bangkok.

^{2/} Dept. of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.

height of trees in each stand. Net primary production of these age series of teak plantation were found to be 3.00-6.61, 2.3-5.0, 0.54-1.09, and 0.17-0.52 t/ha. yr for total aboveground, stem, branch, and leaf respectively. Stem volume increment was 5.01-11.39 m³/ha. yr and efficiency of leaf for net production was 0.41-2.49. Maximum net primary production, stem volume increment and efficiency of leaf for net production were found to attain the maximum value at 5-year old and tended to decline in older plantations beyond 5-years.

สารบัญ

ABSTRACT.....	หน้า (i)
คำนำ	๑
อุปกรณ์และวิธีการ	๑
การเลือกพื้นที่และวางแปลนตัวอย่าง.....	๓
การประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาตรของลำต้นและ กิ่งก้านที่ผิวใบ.....	๔
การประมาณหาปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ ปริมาณความเพิ่มพูนของ ปริมาตรของลำต้น และประสิทธิภาพของใบต่อปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิ.....	๖
ผลและวิจารณ์ผล.....	๘
สมการความสัมพันธ์สำหรับการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาตรของลำต้น	๘
ปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาตรของลำต้น และกิ่งก้านที่ผิวใบ	๑๐
ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ ความเพิ่มพูนของปริมาตรลำต้น และประสิทธิภาพของใบ..	๑๔
สรุป.....	๑๕
เอกสารอ้างอิง.....	๒๕

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
1. Constant parameters of the allometric relation.	9
2. Some characteristics and standing crop of various age of teak plantations.	11
3. A comparison of the standing crop and leaf area index of 8-year old teak stand and some tree plantations.	15
4. Net primary production, stem volume increment and leaf efficiency.	20

ความสำคัญของการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตขั้นปฐมภูมิของไม้โต ๆ ก็ตามมีเน้นไว้ในรายงาน
ของ พิทยา ไชยมาน และ พงษ์ศักดิ์ สุธนพู (๒๕๒๑) สำหรับสวนป่าไม้สักที่ห้วยทากนี้ มีอยู่หลาย
ชั้นอายุ และได้รับการปฏิบัติทางวนวัฒนวิธีต่าง ๆ นานา เช่นการไถระยะปลูก (spacing) ต่าง ๆ กัน
การทดลองตัดขยายระยะ (บุบวงส์ ไทยอุตสาหกรรม และคณะ, ๒๕๕๕) และการปรับปรุงบำรุงพื้นที่
เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เป้าหมายในแบบปลายของการไถวนวัฒนวิธีดังกล่าวนี้ก็เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด
และสม่ำเสมอตลอดไปทั้งสิ้น ผลผลิตดังกล่าวนี้อาจจะวัดออกมาในรูปแบบใดก็ได้ แต่ในเชิงนิเวศวิทยา
ถ้าปริมาณนั้น ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ถือว่าเป็นผลผลิตที่จะอำนาจอประโยชน์
ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อมนุษย์ชาติและผู้บริโภค (consumer) บางประเภท ตลอดจนตนเอง
ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาเรื่องนี้ก็เพื่อที่จะทราบว่าในสภาพของสวนป่าอายุต่าง ๆ นั้น ไม้สัก
ควรจะให้ผลผลิตเป็นปริมาณมากน้อยเพียงใดและผลผลิตของสวนสักจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
เมื่อมีการเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้นตามอายุของต้นสัก รายงานเรื่องนี้จึงเป็นผลของการวิเคราะห์
ลักษณะการเจริญเติบโตของไม้สักในสวนป่าอายุต่าง ๆ โดยไม้โตค้ำบังถึงวนวัฒนวิธีอื่น ๆ แยกต่างใด
ซึ่งผลผลิตของไม้สักในที่นี้อาจจะนำไปใช้ในการพิจารณาไถวนวัฒนวิธีและการจัดการต่อสวนป่าต่อไป

ในอนาคต

- ๓ -

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลือกพื้นที่และวางแปลงตัวอย่าง

เริ่มทำการศึกษาเมื่อเดือนธันวาคม ๒๕๒๐ ที่บริเวณสวนสักห้วยทาก ตำบลบ้านหวด อำเภอวัง จังหัดลำปาง โดยการวางแปลงตัวอย่างถาวรขนาด ๒๐ x ๒๐ เมตร ในสวนป่าอายุต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้ทำการตัดสร้างขยายระยะ ดังนี้

๑. ส่วนสักอายุ ๕ ปี บริเวณห้วยส้มป่อยในเชิงปลูกเมื่อปี ๒๕๑๕ ความระยะปลูก ๓ x ๓ เมตร
๒. ส่วนสักอายุ ๘ ปี บริเวณสบพลึงนอก ปลูกเมื่อปี ๒๕๑๒ ความระยะปลูก ๒ x ๒ เมตร
๓. ส่วนสักอายุ ๑๓ ปี บริเวณห้วยแพ่ง ในแปลงทดลอง clone collection area ซึ่งปลูกเมื่อปี ๒๕๐๙ ความระยะปลูก ๒ x ๒ เมตร เนื่องจากพื้นที่จำกัด จึงวางแปลงตัวอย่างขนาดเพียง ๑๐ x ๑๐ เมตรเท่านั้น
๔. ส่วนสักอายุ ๑๘ ปี บริเวณบ้านหวดนอก ปลูกเมื่อปี ๒๕๐๒ ความระยะปลูก ๒ x ๒ เมตร

อนึ่ง แปลงตัวอย่างดังกล่าวได้พยายามเลือกในบริเวณที่มีความลาดชันค่อนข้างสม่ำเสมอ มีทิศทางคานวตรงอย่างเดียวกัน และโดยขอเท็จจริงแล้วของการแปลงตัวอย่างที่มีระยะปลูกเท่ากัน แต่เนื่องจากระยะปลูกในระยะหลัง ๆ นั้น ได้เปลี่ยนไปและบางแปลงได้มีการตัดสร้างขยายระยะไปแล้วเป็นระยะ ๆ จึงไม่สามารถเลือกแปลงตัวอย่างที่มีระยะปลูกเท่ากันได้ทุกชั้นอายุที่เลือกขึ้นมาศึกษาในครั้งนี้

ในแต่ละแปลงตัวอย่างทำการนับจำนวนต้น วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ D) ด้วย diameter tape พร้อมทั้งวัดความสูงทั้งหมด (H) ด้วยการใช้แท่งท่อนไม้ในแปลงตัวอย่างทั้งสี่แปลง

การประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาณของลำต้นและกิ่งไม้ที่ตายใน

การประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) เป็นวิธีการขั้นแรกในการประมาณค่า ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการ harvest method โดยการตัดไม้ตัวอย่าง ลงจากการสุ่มเลือกต้นไม้สักในแต่ละชั้นอายุที่มี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ D) เท่ากับหรือใกล้เคียงกับขนาดที่เป็นตัวแทนในชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter class) ตามลักษณะการกระจายของความถี่ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (frequency of diameter distribution) โดยได้ไม้สักตัวแทนในแต่ละชั้นอายุ จำนวนต่าง ๆ กันดังนี้คืออายุ ๕ ปี ๘ ปี, ๑๓ ปี, ๑๘ ปี, ๑๙ ปี, ๒๑ ปี, ๒๓ ปี และ ๒๕ ปี จำนวน ๕, ๖, ๒, ๑๐, ๓, ๕, ๒, และ ๓ ต้น ตามลำดับ รวมทั้งหมด ๔๘ ต้น ทั้งนี้โดยตัดต้นไม้สักจากบริเวณข้างเคียงของแปลงตัวอย่างโดยตัดบริเวณ

ทำการวัดขนาดของไม้ตัวอย่างที่ตัดลง โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ D) วัดความสูงทั้งหมด (H) แล้วทำการทอนไม้ตัวอย่างออกเป็นท่อน ๆ ละ ๑ เมตร ซลออกถึงยอดหรือจนถึงวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนท่อนทุกท่อน เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณ ของลำต้น

ทำการชั่งน้ำหนักสด (fresh weight, F.W.) ของลำต้น กิ่ง และใบของไม้สัก ตัวอย่างแต่ละต้น และเก็บตัวอย่างย่อยของแต่ละความไปอบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ ๘๕° C

จนน้ำหนักคงที่เพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้น (moisture content, mc %) และนำไป เปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้ง (ovendried weight, O.W.) จากสูตร :

$$O.W. = \frac{100 \times F.W.}{\% mc + 100} \dots\dots\dots (1)$$

คำนวณปริมาณของลำต้น (V_s) โดยใช้ Smalian formular คำนวณปริมาณของ ทอนไม้ตัวอย่างแต่ละท่อนแล้วรวมกันทุกท่อนเป็นปริมาณของลำต้นทั้งหมดจากสูตร :

$$V_s = \frac{1}{2} (BA_1 + BA_2) \cdot L \dots\dots\dots (2)$$

ในเมื่อ V_B คือปริมาตรของลำต้น (m^3)

BA_1 และ BA_2 คือพื้นที่หน้าตัดของท่อนไม้ทั้งด้านบนและด้านล่างตามลำต้น (m^2)

L คือความยาวของท่อนไม้ (m)

ในกรณีที่ไม้เป็นท่อนสุกท่อนของลำต้น หากการคำนวณปริมาตรโดยอาศัยสูตรการคำนวณ ปริมาตรของรูปกรวย ดังนี้

$$V_B = \frac{1}{3} (BA \times L) \dots\dots\dots(3)$$

ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหัวตัดกับน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ ของส่วนต่าง ๆ ของไม้สักรวมทั้งปริมาตรทั้งหมดของลำต้น โดยใช้ allometric relation ในรูปของสมการต่อไปนี้ :

$$y = Ax^h \dots\dots\dots(4)$$

หรือ $\log y = \log A + h \log x$

ในเมื่อ y คือ ปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) หรือ ปริมาตร

x คือ ขนาด (dimensions) หัวตัดโคจากต้นไม้

A และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ ในการศึกษาคำนี้ใช้ทำการทดสอบ ความสัมพันธ์จากการใช้ขนาดหัวตัดโคจากต้นไม้หลาย ๆ อย่าง และเลือกใช้สมการที่ให้ความสัมพันธ์ ที่สูงที่สุดจะโคกล่าวต่อไป

คำนวณพื้นที่ผิวใบของไม้สักจากสูตรของ พิทยา เพชรมาก และ พงษ์ศักดิ์ สหุณาญ (๒๕๒๑)

ดังนี้

$$A = 10.16 w_1 + 0.002 \dots\dots\dots(5)$$

ในเมื่อ A คือพื้นที่ผิวใบ (cm^2)

w_1 คือน้ำหนักแห้งของใบ (kg)

และคำนวณดัชนีพื้นที่ผิวใบในรูปพื้นที่ผิวใบรวมทั้งหมดต่อพื้นที่ดิน (leaf area index, LAI)

จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (D_H หรือ D) และความสูงทั้งหมด (H) ของไม้สักในแปลงตัวอย่างทุกแปลงในปี ๒๕๒๐ นำไปคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพที่เวลา t₁ ได้ y₁ หรือ standing crop และโคปริมาตรของลำต้นต่อพื้นที่ในปี ๒๕๒๐ (V_{s1})

การประมาณหาปริมาณและผลิตภัณฑ์ ปริมาณความเพิ่มขึ้นของปริมาณของลำต้นและประสิทธิภาพของใบต่อปริมาณและผลิตภัณฑ์ :

จากการสำรวจต้นไม้ในแปลงตัวอย่างทั้งสองแปลงใน ค.ศ. ๒๕๒๑ พร้อมทั้งวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (D_H หรือ D) และความสูงทั้งหมด (H) ของไม้ทุกต้นอีกครั้ง สำหรับไม้สักที่ยืนต้นตาย ในการวัดไม้ครึ่งทั้งสองนี้ถือว่ามีความความโน้มถ่วงเท่าเดิม เพื่อสะดวกแก่การคำนวณผลผลิต

จากขนาดของต้นไม้หรือโคในครึ่งที่สอง (ที่เวลา t₂) นี้ นำไปคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพอีกครั้งหนึ่ง โดยตั้งสมมติฐานว่าความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณมวลชีวภาพและขนาดที่วัดได้ จากต้นไม้ในรูปแบบ allometric relation ยังคงเดิม และความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของเนื้อไม้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จากการปฏิบัติเช่นนี้ทำให้ได้ y₂ และคำนวณปริมาณของลำต้น จากการใช้ความสัมพันธ์ในรูปแบบเดียวกันกับที่คำนวณในครั้งที่ ๑ (ปี ๒๕๒๐) และได้ V_{s2} ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างปริมาณมวลชีวภาพที่เวลา t₂ (๒๕๒๑) และที่เวลา t₁ (๒๕๒๐) ก็จะเป็น ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (net primary production, Δ Pn) ดังสมการ :

$$\Delta Pn = \Delta y = y_2 - y_1 \dots\dots\dots(6)$$

และปริมาณความเพิ่มขึ้นของปริมาณของลำต้นจากสมการ

$$\Delta V_s = V_{s2} - V_{s1} \dots\dots\dots(7)$$

อนึ่ง โดยแท้ที่จริงแล้ว สมการ (๖) นี้ปรกติจะอยู่ในรูปต่อไปนี้

$$\Delta Pn = \Delta y + \Delta L + \Delta G \dots\dots\dots(8)$$

แต่เนื่องจากไม้สักเป็นไม้ผลัดใบ (deciduous tree species) ซึ่งใบไม้จะร่วงหล่น
หมดไปภายใน ๑ ปี และมีใบใหม่เกิดขึ้น และปริมาณการกักเก็บของสัตว์ (ΔC ในสมการ ๔) ในพื้นที่
ถือว่าน้อยมาก จึงตัด term ทั้งสองในสมการ (๔) นี้ทิ้งเสียและใช้สมการ (๖) แทน
และเพิ่ม y_1 และ y_2 ในสมการ (๖) นี้ก็เป็นปริมาณมวลชีวภาพรวมของส่วนที่เป็นลำต้น (w_S)
กิ่ง (w_B) และใบ (w_L) หรือเป็นมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน (aboveground biomass, w_T)
รวมกันทุกชนิดภายในสวนป่า.

ผลและวิจารณ์ผล

๑. สมการความสัมพันธ์สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพและปริมาตรของลำต้นของไม้สัก
ในสวนป่าอายุต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง

๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ D) ความสูงทั้งหมดของลำต้น (H) กับปริมาณมวลชีวภาพ
เนื้อไม้ทั้งหมด (ΣW_T) มวลชีวภาพของลำต้น (ΣW_S) ของกิ่ง (ΣW_B) ของใบ (ΣW_L)
และปริมาตรของลำต้น (V_S) ของไม้สักจำนวน ๓๘ ต้น จากสวนสักห้วยทาก ซึ่งมีอายุต่าง ๆ กัน
โดยอาศัยรูปแบบของสมการ allometric relation ถึงกล่าวแล้ว ปรากฏว่า การใช้
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DBH หรือ D) แต่เพียงอย่างเดียว
เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) ในสมการนั้นให้ความถูกต้องแม่นยำน้อยกว่า
การใช้ผลคูณของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร ยกกำลังสองกับความสูง
ทั้งหมดของลำต้น (D^2H) ทั้งหมดจะเห็นได้ชัด เจน จาก Table 1. ว่า เมื่อใช้ DBH
แต่เพียงอย่างเดียวมาคำนวณค่าคงที่ h ของสมการ allometric relation จะมีค่าตั้งแต่
๒ ขึ้นไปจนถึง ๓ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม้จะเป็นปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด หรือปริมาณมวลชีวภาพ
ของแต่ละส่วนของต้นสัก และปริมาตรของลำต้นไม้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
ของลำต้นแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้จะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับที่อธิบายไว้อย่างละเอียด
ในรายงานของ พิทยา เพชรบาท และพงษ์ศักดิ์ สันหาญ (๒๕๒๑) นอกจากนี้เมื่อพิจารณา
ค่าคงที่ A หรือ $\log A$ ของสมการ และค่า r^2 กับ r แล้ว จะยิ่งสนับสนุน
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ชัดเจนนยิ่งขึ้น และอาจสรุปได้ว่าในกรณีที่ต้องการ
ประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพและปริมาตรของไม้สักอายุต่าง ๆ แล้ว ควรจะใช้ตัวแปรอิสระ
ของสมการในรูปของ D^2H แทนที่จะใช้ DBH แต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ความสัมพันธ์
ดังกล่าวนี้จะคล้ายคลึงกับ ความสัมพันธ์ที่ไรกับไม้ในป่าธรรมชาติ หรือในสวนป่าไม่ว่าจะเป็น
ไม้ใบกว้าง ไม้ใบแคบและไม้ใบดกชนิดอื่นต่าง ๆ กัน เว้นจากผลการศึกษาของ Satoo
and Senda (1958, 1966) ของ Ogino et al (1964) และ Ogawa et al (1965)

Table 1. Constant parameters of the allometric relation ($y = Ax^h$, $\log y = \log A + h \log x$), its coefficient of determination (r^2) and correlation coefficient (r) for the biomass estimation of each part of teak (*Tectona grandis* Linn.) in plantations by using D^2H and DH as the independent variable

Independent variable	Constant parameter	w_S (kg/tree)	w_B (kg/tree)	w_L (kg/tree)	w_T (kg/tree)	v_S (m ³ /tree)
D^2H (cm ² .m)	h	0.9797	1.0605	0.7088	0.9601	0.9271
	A	0.0204	0.0023	0.0183	0.0320	0.00007
	log A	-1.6902	-2.6326	-1.7383	-1.4944	-4.1549
	r^2	0.9930	0.9567	0.8523	0.9918	0.9920
	r	0.9965	0.9781	0.9232	0.9959	0.9960
DH (cm)	h	2.7612	0.0428	2.0575	2.7199	2.6198
	A	0.0318	0.0033	0.0217	0.0477	0.0001
	log A	-1.4981	-2.4828	-1.6633	-1.3212	-4.0000
	r^2	0.9767	0.9752	0.8892	0.9855	0.9807
	r	0.9883	0.9875	0.9430	0.9927	0.9903
Sample size		34	34	34	34	34

w_S = Stem dry weight, w_B = Branch dry weight, w_L = Leaf dry weight,

w_T = Total aboveground dry weight, v_S = Total stem volume,

D^2H = The square of DH multiplied by its total tree height.

ของ Aksornkoe (1975) ของ Tadaki (1965) ของ Tadaki et al (1965) ของ พิชยา เพรหมาก และ พงษ์ศักดิ์ สุนทร (๒๕๒๐) และของ พงษ์ศักดิ์ สุนทร และคณะ (๒๕๒๒) ดังนั้น สมการความสัมพันธ์สำหรับการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพและปริมาตรของลำต้นของไม้สัก แต่ละต้นในสวนป่าอายุต่าง ๆ โดยแยกเป็นปริมาณมวลชีวภาพ เนื้อที่พื้นดินทั้งหมด (w_T) มวลชีวภาพของลำต้น (w_S) ของกิ่ง (w_B) ของใบ (w_L) และปริมาตรของลำต้น (v_S) จะอยู่ในรูปต่อไปนี้ตามลำดับคือ :

$$\log w_T = 0.9601 \log D^2H - 1.4944 \dots \dots \dots (9)$$

$$\log w_S = 0.9797 \log D^2H - 1.6902 \dots \dots \dots (10)$$

$$\log w_B = 1.0605 \log D^2H - 2.6326 \dots \dots \dots (11)$$

$$\log w_L = 0.7088 \log D^2H - 1.7383 \dots \dots \dots (12)$$

$$\log v_S = 0.9271 \log D^2H - 4.1549 \dots \dots \dots (13)$$

๒. ปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาตรของลำต้นและพื้นที่ผิวใบของไม้สักในสวนป่าอายุต่าง ๆ

จากการวัดขนาด สันเขาสุนัขกลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร (DHH หรือ D)

และความสูงทั้งหมดของลำต้น (H) ของไม้สักในแปลงทดลองถาวรทั้งสี่แปลง ซึ่งมีอายุต่าง ๆ กัน ทั้งสองครั้งในเดือนธันวาคม ปี ๒๕๒๐ และ ปี ๒๕๒๑ ทำให้สามารถประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพของไม้สักในแต่ละสวนป่าได้จากการใช้สมการ (๙), (๑๐), (๑๑) และ (๑๒) และประมาณหาปริมาตรของลำต้นได้จากสมการ (๑๓) นอกจากนี้ยังประมาณหาค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index) ของส่วนลำต้นอายุต่าง ๆ ได้จากสมการ (๕) โดยคำนวณเป็นพื้นที่ผิวใบต่อต้นแล้วรวมกันเปลี่ยนเป็น ปริมาณพื้นที่ผิวใบต่อพื้นที่ดิน ผลของการประมาณหาปริมาณต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นแสดงไว้ใน Table 2.

Table 2. Some characteristics and standing crop of various age of teak plantations at Ngao, Lampung

Stand characteristics and standing crop	Stand age (year)*								
	5	6	8	9	13	14	18	19	
Stand density (No/ha)	1,125	1,125	2,100	2,100	1,700	1,700	1,600	1,600	
Mean DBH (cm)	9.20	9.85	8.56	8.83	12.85	12.89	11.98	12.06	
Mean total height (cm)	7.85	9.48	9.64	10.44	15.28	15.67	14.55	14.73	
Stem	14.60	19.64	29.94	34.86	79.77	82.73	69.41	71.70	
Branch	2.87	3.92	5.93	7.02	17.39	18.10	15.22	15.76	
Leaf	2.14	2.66	4.23	4.71	8.22	8.43	7.10	7.30	
Aboveground part	19.61	26.22	40.10	46.59	106.99	110.87	91.73	94.76	
Total	17.47	23.56	35.87	41.88	87.16	100.83	84.63	87.46	
Total stem volume (m ³ /ha)	35.09	46.48	71.50	82.43	179.08	185.29	155.42	160.43	
Leaf area index (ha/ha)	2.17	2.67	4.29	4.77	8.36	8.57	7.07	7.25	

* 5, 8, 13, and 18-year old plantations determined in 1977.

6, 9, 14 and 19-year old plantations determined in 1978 from the same stand as above.

ส่วนลักพรพาท ที่ปลูกตั้งแต่ปี ๒๕๐๒ จนถึง ๒๕๑๕ ซึ่งยังไม่มีการตัดขวางขยายระยะ และยังคงมีสภาพตามธรรมชาตินั้น จะเห็นว่าเมื่อปลูกควยระยะปลูกค่อนข้างห่าง เช่น ๓ x ๓ เมตร (ส่วนลักอายุ ๕ ปี) จะทำให้คนลักมีขนาดความโตเฉลี่ยมากกว่าไม้ลักที่ปลูกควยระยะปลูกค่อนข้างชิด (๒ x ๒) เช่นในส่วนลักอายุ ๕ ปี (Table 2) และเป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับความโต เมื่อระยะปลูกเริ่มแรก ค่อนข้างห่างจะทำให้ไม้ลักแตกเป็นงามที่บริเวณโคนโคนโคนมากขึ้นที่จะเห็นได้จาก Table 2 ว่าส่วนลักอายุ ๕, ๑๓, และ ๑๘ ปี นั้น เริ่มต้นปลูกควยระยะปลูก ๓ x ๓ เมตร ในเนื้อที่ ๑ ha ควรจะมีคนลักอยู่ ๑,๑๑๐ คน แต่จากแปลงทดลองที่ศึกษาครั้งนี้พบว่าจำนวนคนอยู่ถึง ๑,๑๒๕ คนนั้น เพราะได้มีเอาจำนวนคนที่แตกเป็นงามออกมาในระคนต่ำกว่า ๑.๓๐ เมตรเขาไปควย ซึ่งจะเห็นว่า ใน ๑ ha จะมีคนที่เป็นงามไม่น้อยกว่า ๑๕ คน ซึ่งมีขนาดโตพอจะเรียกว่าเป็นคนโตเช่นกัน สำหรับในส่วนป่าที่มีอายุมากแล้ว เมื่อปล่อยให้โตตามธรรมชาติจะมีการตายลงไป เนื่องมาจากการ แอ้งแยง ซึ่งจะเห็นได้จาก Table 2 ว่า ส่วนลักอายุ ๕, ๑๓, และ ๑๘ ปีนั้น เริ่มต้นปลูกควย ระยะห่าง ๒ x ๒ เมตร เท่า ๆ กัน ซึ่งควรจะมีคนลักอยู่ ๒,๕๐๐ คนต่อ ha แต่ปรากฏว่า ในส่วนลักอายุถึงหกขวบมีจำนวนคนที่ยังยืนคนอยู่เพียง ๘๘, ๖๘ และ ๖๘ % ตามลำดับ และความหนาแน่นของคนลักในส่วนป่าอย่างนี้แตกต่างกับระยะที่ตอนตอนการเติบโตของคนลักไม่มากนักย ดังที่จะเห็นได้จากขนาดความโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ลักในส่วนป่าอายุ ๕ ปี ซึ่งค่อนข้าง หนาแน่นจะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าไม้ลักอายุ ๕ ปี หรือ ๖ ปี (DBH เฉลี่ยประมาณ ๘ - ๙ ซม. เมื่อเทียบกับไม้ลักอายุ ๕ หรือ ๖ ปี) แต่เมื่อมีความหนาแน่นของลงอย่างเช่นในส่วนป่าอายุ ๑๓, และ ๑๘ ปี จะเห็นว่ามีการเจริญทางความโตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในส่วนลักที่มีระยะปลูกค่อนข้างถี่ อย่างเช่น ในส่วนอายุ ๕ ปี จะเห็นว่าไม้ลักคนสูงเรียวย เมื่อเทียบกับส่วนอายุ ๕ ปี ซึ่งจะเห็นได้ชัด ถ้าพิจารณาถึงสัดส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกับความสูงทั้งหมดของลำต้นจาก Table 2

ปริมาณมวลชีวภาพของไม้ลักในส่วนป่าที่ห้วยทากนี้จะเพิ่มขึ้นไปตามอายุ จนถึงถึง อายุ ๑๘ ปี จะมีปริมาณมวลชีวภาพลดลง ทั้งนี้แนวโน้มดังกล่าวจะเป็นไปในแนวเดียวกัน ทั้งในรูป ของปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดหรือมวลชีวภาพของแต่ละส่วน (Fig. 1.) ปริมาณมวลชีวภาพ ของลำต้น (พื) มีอยู่ประมาณ ๘๕ % ของปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของส่วนป่าทุกอายุที่ศึกษา

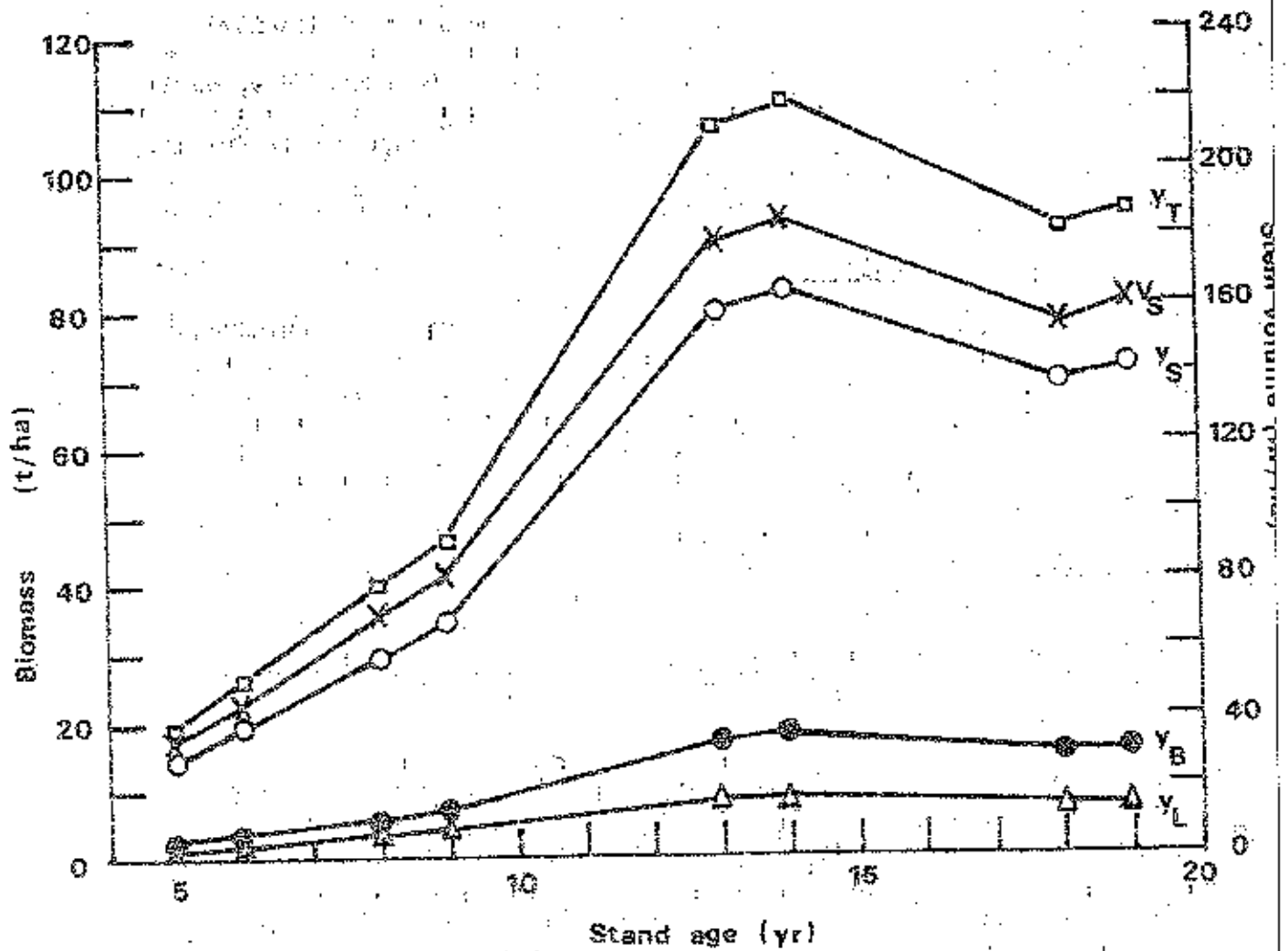


Figure 1. Total aboveground biomass (Y_T), biomass of stem (y_s), branch (y_B), leaf (Y_L), and total stem volume (V_S) of teak plantation in relation to stand age.

รองลงมาได้แก่ ถังและใบ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณชีวภาพของไม้สักที่สวนป่าห้วยหาก
กับสวนป่าสบเพลิงอายุ ๑๘ ปี เท่ากัน จากผลการศึกษาของ พิทยา เพรชฌมา และ พงษ์ศักดิ์ สุหนาศู
(๒๕๒๑) ปรากฏว่า สวนสักอายุ ๑๘ ปี ที่ห้วยหากให้ปริมาณมวลชีวภาพทุกส่วนมากกว่าที่สวนป่าสบเพลิง
ทั้ง ๆ ที่อยู่ใญ่ภูมิอากาศเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะความหนาแน่น (stand density)
ของสวนป่าที่สบเพลิงซึ่งมีจำนวนต้นสัก ๑,๘๐๐ ต้นต่อ ha มากกว่า ที่ห้วยหากซึ่งมีเพียง ๑,๓๐๐ ต้น
ต่อ ha ก็ใกล้ สำหรับสวนสักอายุอื่น ๆ เมื่อเทียบกับสวนป่าไม้ชนิดอื่นที่มีอายุเท่ากัน เขาคีมีขอมูลอยู่
เช่นที่อายุ ๘ ปี (Table 3) จะเห็นว่าไม้สักที่ห้วยหากมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดพอ ๆ กับไม้
กะดินแดง (*Acacia auriculaeformis*) ที่ปลูกบนดินเหนืองแวกววย ระยะปลูก ๕ x ๕ เมตร
(พงษ์ศักดิ์ สุหนาศู และคณะ, ๒๕๒๒) แต่มวลชีวภาพของลำต้นเมื่ออยู่ในปริมาณใกล้เคียงกับไม้สนสามใบ
(*Pinus kesiya*) ที่ปลูกด้วยระยะปลูก ๒ x ๘ ที่ส่วนปลายของ หลวง อ. อตก จ. เชียงใหม่ คือ
ประมาณ ๒๕ ต้นต่อ ha มวลชีวภาพของกิ่งของไม้สักมีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่น ซึ่งอาจจะ
เป็นเพราะกิ่งไม้สักมีการลิดกิ่งโดยธรรมชาติได้ดีกว่า ไม้ชนิดอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับ
ไม้ขน (*Gmelina aborea*) ซึ่งเป็นไม้ที่สังกะยู่ในวงศ์เดียวกันคือ Verbenaceae แล้ว
ไม้สักมีปริมาณมวลชีวภาพของกิ่งน้อยกว่าไม้ของประมาณ ๒ เท่า (Table 3) มวลชีวภาพของ
ใบไม้สักอายุ ๘ ปีที่ห้วยหากมีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้รวมทั้งลำต้นพื้นดิน ใบ กิ่ง

ปริมาตรของลำต้นไม้สักในสวนป่าห้วยหากนี้เพิ่มขึ้นตามอายุ เช่นเดียวกับมวลชีวภาพ
และมีปริมาตรของลำต้นต่อ ha สูงสุดที่อายุ ๑๘ ปี โดยความเป็นจริงแล้ว ปริมาตรของลำต้นควรจะ
เพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามอายุโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสวนสักมีความหนาแน่นต่ำ อย่างเช่นในสวนอายุ
๑๘ ปี อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตจากรากขนาคความโตทางก้าน เส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงทั้งหมดของ
ลำต้นเฉลี่ย (Table 2) แล้ว อาจจะเป็นเพราะว่า เมื่อสวนป่าแปลงมีอายุน้อยอยู่ย่อมมีความหนาแน่นสูง
หรือไม่ได้รับการบำรุงรักษาในรูปของการกำจัดวัชพืช หรือป้องกันไฟไหม้เพียงพอจึงเป็นเหตุให้มีการ
เจริญเติบโตน้อยทั้ง ๆ ที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสวนป่าอายุอื่น ๆ ในแหล่งเดียวกัน

Table 3. A comparison of the standing crop and leaf area index of 8-year old teak stand and some tree plantations in Thailand

	Plantation				
	<i>Tectona grandis</i>	<i>Acacia auriculata</i> ac- formis	<i>Pinus kesiya</i>	<i>Gmelina aborea</i>	<i>Rhizophora apiculata</i>
<u>Stand characteristics</u>					
Stand age (yr)	8	8	8	8	9
Spacing (m)	2 x 2	5 x 5	2 x 4	3.5 x 3.5	1 x 1
Density (No/ha)	2,100	354	1,600	816	10,000*
Mean DBH (cm)	8.56	16.73	13.32	19.41	4.94
Mean height (m)	9.64	9.93	6.88	14.30	6.64
<u>Standing crop</u>					
Stem (t/ha)	29.94	32.64	29.49	65.68	41.1
Branch (t/ha)	5.93	6.64	16.90	13.79	17.9
Leaf (t/ha)	4.23	2.66	9.48	5.73	16.3
Total aboveground (t/ha)	40.10	41.94	55.87	85.20	93.1**
Total wood (t/ha)	35.87	39.28	46.39	79.47	76.8**
<u>Leaf area index</u> (ha/ha)	4.29	6.28	16.43	6.67	-
Reference	This study (4)		(5)	(6)	(7)

* Based on full density stock

** Including 17.8 t/ha of prop root

สัมพันธ์กับใบไม้ และ สัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอน กลางคือ ส่วนลำอายุ ๑๔ ปี มีลักษณะที่ตัวไม้สูงที่สุด (Table 2) ซึ่งทั้งนี้ จะเห็นความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด กับปริมาณมวลชีวภาพของ ใบและของ กิ่งซึ่งมีอยู่มากที่สุด เช่นเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบไม้ไม้ผลัดใบ อย่างเช่นไม้กะถินณรงค์ หรือไม้สนสามใบซึ่งมีอายุเท่ากัน (Table 3) แล้วจะเห็นว่าไม้สักซึ่งเป็น ไม้ผลัดใบมีลักษณะที่ตัวไม้ต่ำสุดทั้ง ๆ ที่มีความหนาแน่นของลำต้นสูง แต่ถาเปรียบเทียบกับไม้ซ้อ ซึ่งเป็นไม้ผลัดใบและอยู่ในวงศ์เดียวกันแล้ว ไม้สักจะมีลักษณะที่ตัวไม้สูงกว่าทั้ง ๆ ที่ไม้ซ้อมีความ หนาแน่นน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อพิจารณาว่า ลักษณะที่ตัวไม้เป็น เครื่องชี้ความจุในการสังเคราะห์แสง (photosynthetic capacity) แล้ว ไม้สักจะมีผลที่สุด ยิ่งเป็นไม้ผลัดใบด้วยแล้วช่วงเวลา ที่มีใบติดอยู่กับลำต้นถึงสิ้น ฤดูกาลที่จะสังเคราะห์แสง เพื่อเสริมสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโต จึงมีจำกัด การเจริญเติบโตของไม้สักจึงช้ากว่าความเป็นได้ Tadaki (1966) สรุปไว้ว่า การที่ไม้ผลัดใบ ประเภทใบกว้าง (deciduous broad-leaf) มีผลผลิตต่ำนั้นเนื่องจากมีช่วงที่มีใบติดอยู่กับลำต้นสั้น ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งเนื่องจากมีลักษณะที่ตัวไม้ต่ำ

เมื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของแฉะส่วนป่าไผ่ที่ได้แล้วจะเห็นว่าไม้ไผ่จะเป็นปริมาณของลำต้นกึ่ง หรือปริมาณมวลชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับขนาดความสูงเฉลี่ยของต้นสักในส่วนนั้น ๆ มากที่สุด (Fig. 2 และ Fig. 3) โดยปกติในทางป่าไม้ถือว่าความสูงของลำต้นเป็น เครื่องชี้ ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้หลายสิ่ง ความสำเร็จในการปลูกป่าสัก การเปรียบเทียบผล ของการทดลองดินถ่านไม้สักต้นเดิมใช้ค่าความสูง ทั้งหมดของลำต้นเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาผล ตอบสนองจากการปฏิบัติดังกล่าว ถัดนั้นในส่วนลำอายุต่าง ๆ ที่หวนทวนหากจะใช้ค่าความสูงทั้งหมด ของลำต้นเฉลี่ย (\bar{H}) เป็นค่าประมาณผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพก็อยู่ในรูปของปริมาณของลำต้นกึ่งก็ อาจประมาณหาปริมาณต่าง ๆ ดังกล่าว ได้จากสมการต่อไปนี้

๑. มวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก หนึ่งพื้นที่ทั้งหมด (y_g , t/ha):

$$y_g = 11.892 \bar{H} - 78.037 \dots \dots \dots (14)$$

$$r^2 = 0.9862, \quad r = 0.9931$$

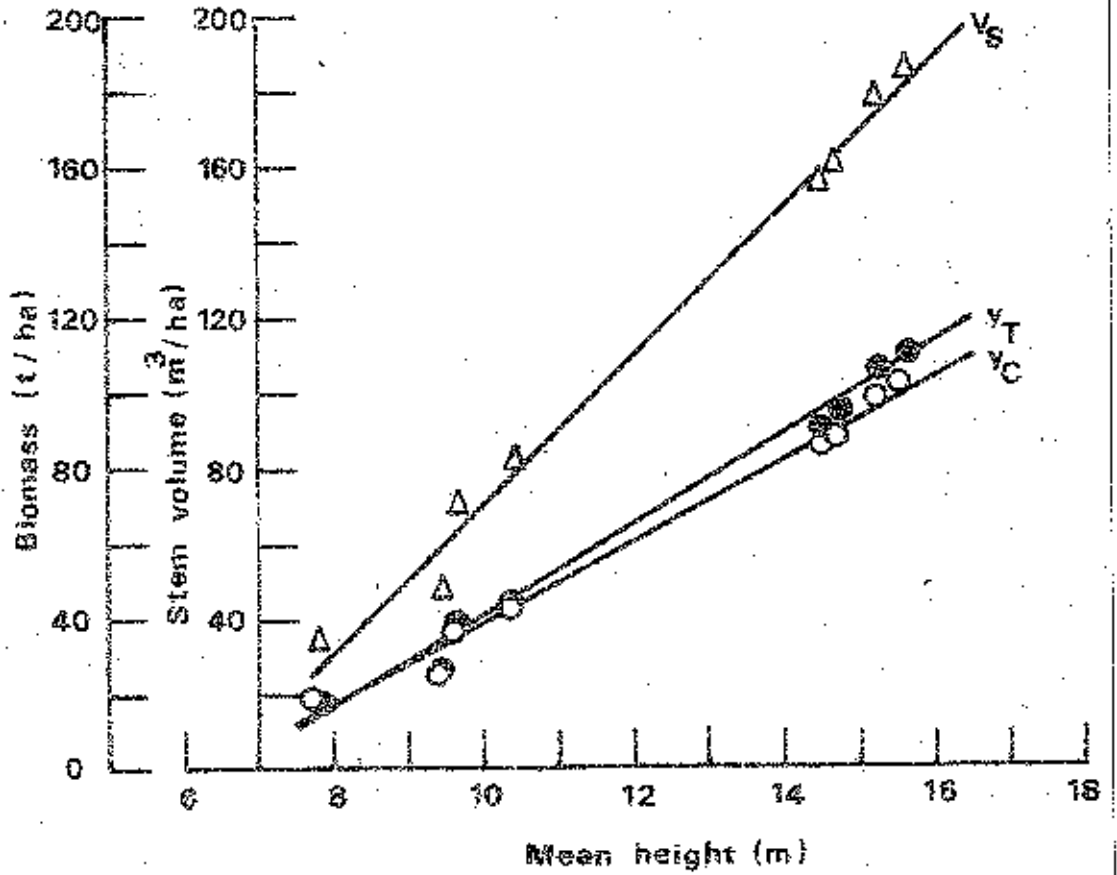


Figure 2. The relationships between mean tree height and total aboveground biomass (y_T), biomass of wood (y_C), and total stem volume (V_S) of teak plantations.

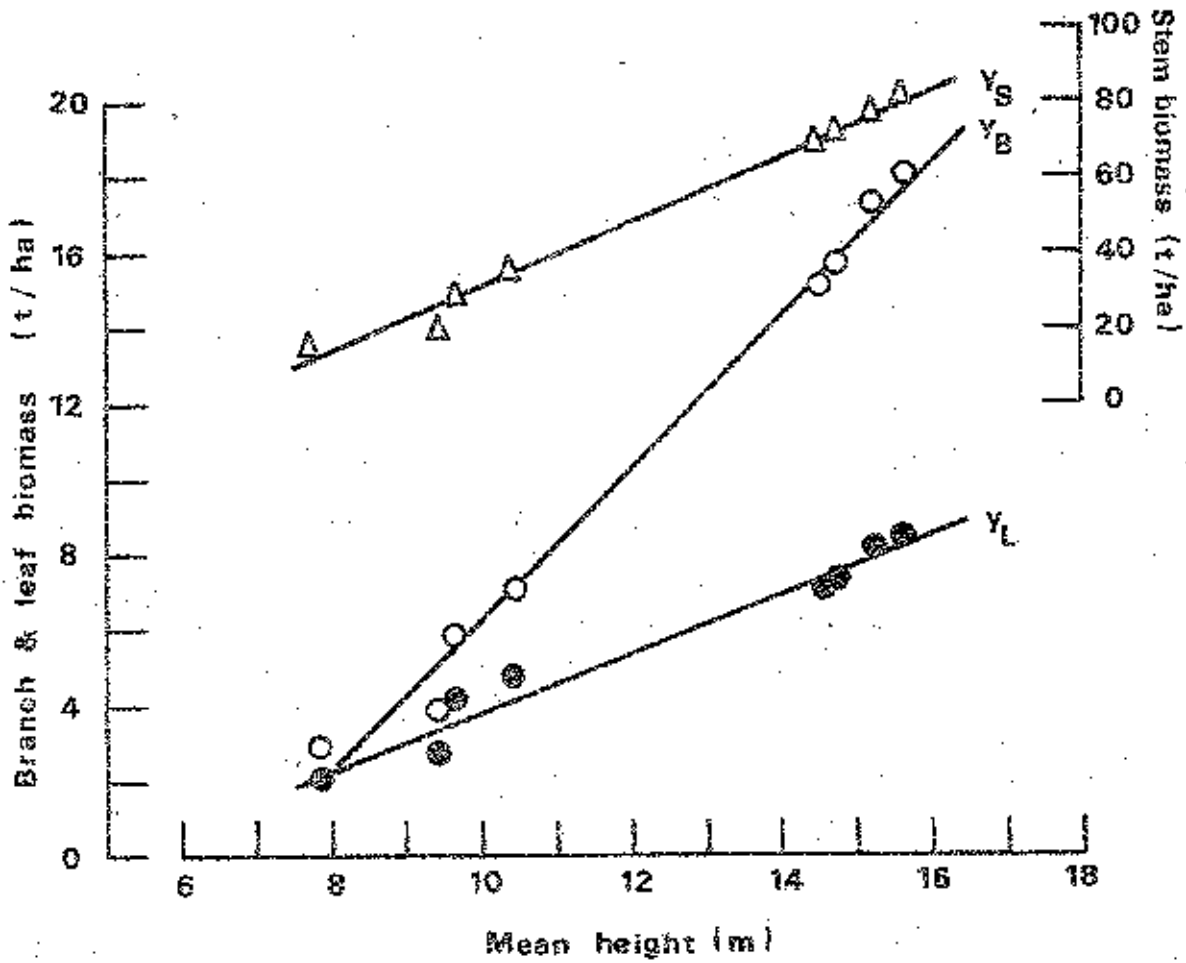


Figure 3. The relationships between mean tree height and biomass of stem (y_S), branch (y_B), and leaf (y_L) of teak plantations.

๒. มวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อไม้ ($y_C, t/ha$):

$$y_C = 10.965 \bar{H} - 72.722 \dots\dots\dots(15)$$

$$r^2 = 0.9882, r = 0.9941$$

๓. มวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเฉพาะส่วนที่เป็นลำต้น ($y_S, t/ha$):

$$y_S = 8.936 \bar{H} - 58.728 \dots\dots\dots(16)$$

$$r^2 = 0.9880, r = 0.9940$$

๔. มวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเฉพาะส่วนที่เป็นกิ่ง ($y_B, t/ha$):

$$y_B = 2.030 \bar{H} - 13.994 \dots\dots\dots(17)$$

$$r^2 = 0.9892, r = 0.9946$$

๕. มวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเฉพาะส่วนที่เป็นใบ ($y_L, t/ha$):

$$y_L = 0.776 \bar{H} - 3.866 \dots\dots\dots(18)$$

$$r^2 = 0.9643, r = 0.9820$$

๖. ปริมาตรของลำต้นของสวนป่าไม้สัก ($V_S, m^3/ha$):

$$V_S = 19.501 \bar{H} - 123.558 \dots\dots\dots(19)$$

$$r^2 = 0.9860, r = 0.9930$$

จะเห็นว่าทุกสมการอาจใช้ประมาณหาปริมาณต่าง ๆ ได้โดยถูกต้องแม่นยำ

๓. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ ความเพิ่มพูนของปริมาตรลำต้นและประสิทธิภาพของใบต่อผลผลิตขั้นปฐมภูมิ

ปริมาณมวลชีวภาพแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเรียกว่า standing crop นั้น เป็นเพียง ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ ที่มีปรากฏอยู่ที่ช่วงเวลาใดและที่แห่งเท่านั้น ยังไม่ใช่ผลผลิตที่แท้จริงในเชิงนิเวศวิทยา เมื่อสามารถประมาณหา ปริมาณมวลชีวภาพที่เวลาแตกต่างกันอย่างน้อย ๑ ปี ขึ้นไปภายในหมู่ไม้แห่งเดียวกัน แล้วก็สามารถประมาณหาปริมาณผลผลิตที่เรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิได้ ในกรณีของสวนสักอายุต่าง ๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้เช่นเดียวกัน ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิตลอดถึงปริมาณความเพิ่มพูนทางความปริมาตรของลำต้น แสดงไว้ใน Table 4.

Table 4. Net primary production, stem volume increment and leaf efficiency of various age of teak plantations at Ngao, Lampang

	Stand age (year)			
	5 - 6	8 - 9	13 - 14	18 - 19
Stem dry weight in 1978 (t/ha)	19.64	34.86	82.73	71.70
Stem dry weight in 1977 (t/ha)	14.60	29.94	79.77	69.41
stem production (t/ha.yr)	5.04	4.92	2.96	2.29
Branch dry weight in 1978 (t/ha)	3.92	7.02	18.10	15.76
Branch dry weight in 1977 (t/ha)	2.87	5.93	17.39	15.22
Branch production (t/ha.yr)	1.05	1.09	0.71	0.54
Leaf dry weight in 1978 (t/ha)	2.66	4.71	8.43	7.27
Leaf dry weight in 1977 (t/ha)	2.14	4.23	8.22	7.10
Leaf production (t/ha.yr)	0.52	0.48	0.21	0.17
Net production, ΔP_n (t/ha.yr)	6.61	6.49	3.88	3.00
Stem volume in 1978 (m ³ /ha)	46.48	82.43	185.29	160.43
Stem volume in 1977 (m ³ /ha)	35.09	71.50	179.08	155.42
Stem volume increment (m ³ /ha.yr)	11.39	10.93	6.21	5.01
Leaf efficiency ($\Delta P_n/P_n$)	2.49	1.38	0.46	0.41

ในส่วนลำอายุ ๕, ๘, ๑๓ และ ๑๘ ปี ในปี ๒๕๒๐ หรืออายุ ๖, ๙, ๑๔ และ ๑๙ ปี ในปี ๒๕๒๑ จะมีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิมากที่สุด เมื่อส่วนลำอายุยังน้อยอยู่คืออายุ ๕ หรือ ๖ ปี และแนวโน้มของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิจะลดลงไปตามอายุ (Fig. 4) แนวโน้มของการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธินี้จะเป็นไปในแนวเดียวกันทั้งผลผลิตขั้นสุทธิของทุกส่วนรวมกัน (ΔP_{II}) หรือของลำต้น (ΔP_S) ของกิ่ง (ΔP_B) และของใบ (ΔP_L)

โดยปรกติแล้วผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิจะเพิ่มพูนขึ้นเฉพาะในหมู่ไม้ที่มีอายุน้อยและจะมีผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูงสุดเมื่อหมู่ไม้เริ่มมีเรือนยอดประชิดติดกัน (Kira and Shidei, 1967) ที่จากรวมจากส่วนลำทวยทากที่ศึกษาในครั้งนี้อย่างยิ่งในส่วนลำอายุ ๕ ปี ซึ่งจะเห็นว่าจำนวนต้นต่อพื้นที่หรือความหนาแน่นเมื่อผู้เต็มทีเท่า ๆ กับจำนวนต้นที่ควรจะเป็นตามระยะที่ปลูก (spacing) ตอนแรก และหากผลผลิตขั้นปฐมภูมิเพิ่มพูนขึ้นมาเรื่อย ๆ ตั้งแต่เริ่มแรกอายุ ๕ ปีนี้อาจจะไพบริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสูงสุดก็ได้ เพราะสภาพของหมู่ไม้นั้นโดยชัดเจนว่ายังมีต้นไม้อยู่เต็มพื้นที่ และเรือนยอดก็อาจเริ่มประชิดติดกันแล้ว เมื่อส่วนลำทวยทากมีอายุมากขึ้นยิ่งเห็นได้ชัดว่าจำนวนต้นลดลงไป (Table 2) ซึ่งแสดงว่าหากไม่มีการคัดเลือกขยายระยะแล้วต้นไม้อาจเบียดบังกันเอง เป็นผลให้ต้นที่ถูกกด (suppressed ~~wood~~) ตายลงไปบางส่วน ส่วนที่เหลืออยู่ก็ยังมีอาการแก่งแย่งกันต่อไป ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีปริมาณมวลชีวภาพของไม้มากขึ้นตามอายุ หรือตามขนาดความโตก็ตาม ใบเหล่านี้มักหาประโยชน์ไม่ได้ กลายเป็นใบบริเวณต่าง ๆ ของเรือนยอดก็อาจไม่ได้รับแสงเต็มที่ และอีกประการหนึ่งมวลชีวภาพซึ่งมากขึ้นก็มีการหายใจ (respiration) มากขึ้น (Kira and Shidei, 1967) ดังนั้นแม้จะผลิตอินทรีย์วัตถุได้สูงก็จะถูกใช้ไปในการหายใจเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิจริง ๆ ซึ่งเป็นผลของ apparent photosynthesis จึงมีน้อยในส่วนลำที่มีอายุเกินกว่า ๕ ปีขึ้นไป อย่างเด่นชัดในส่วนลำทวยทากแห่งนี้

ผลผลิตอีกอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าลดลงอย่างเด่นชัดเมื่อส่วนลำมีอายุมากขึ้น คือความเพิ่มพูนทางคานปริมาตรของลำต้น (Table 4 และ Fig. 4) ดังนั้น หลังจากส่วนลำมีอายุ ๕ ปีไปแล้วหากไม่มีการช่วยคัดเลือกขยายระยะเพื่อลดการแก่งแย่งลง ผลผลิตไม้อาจจะเป็นในรูปมวลชีวภาพที่ต่ำหรือในรูปปริมาตรของเนื้อไม้ก็จะยิ่งลดลงไปเรื่อย ๆ และการคัดเลือกขยายระยะ

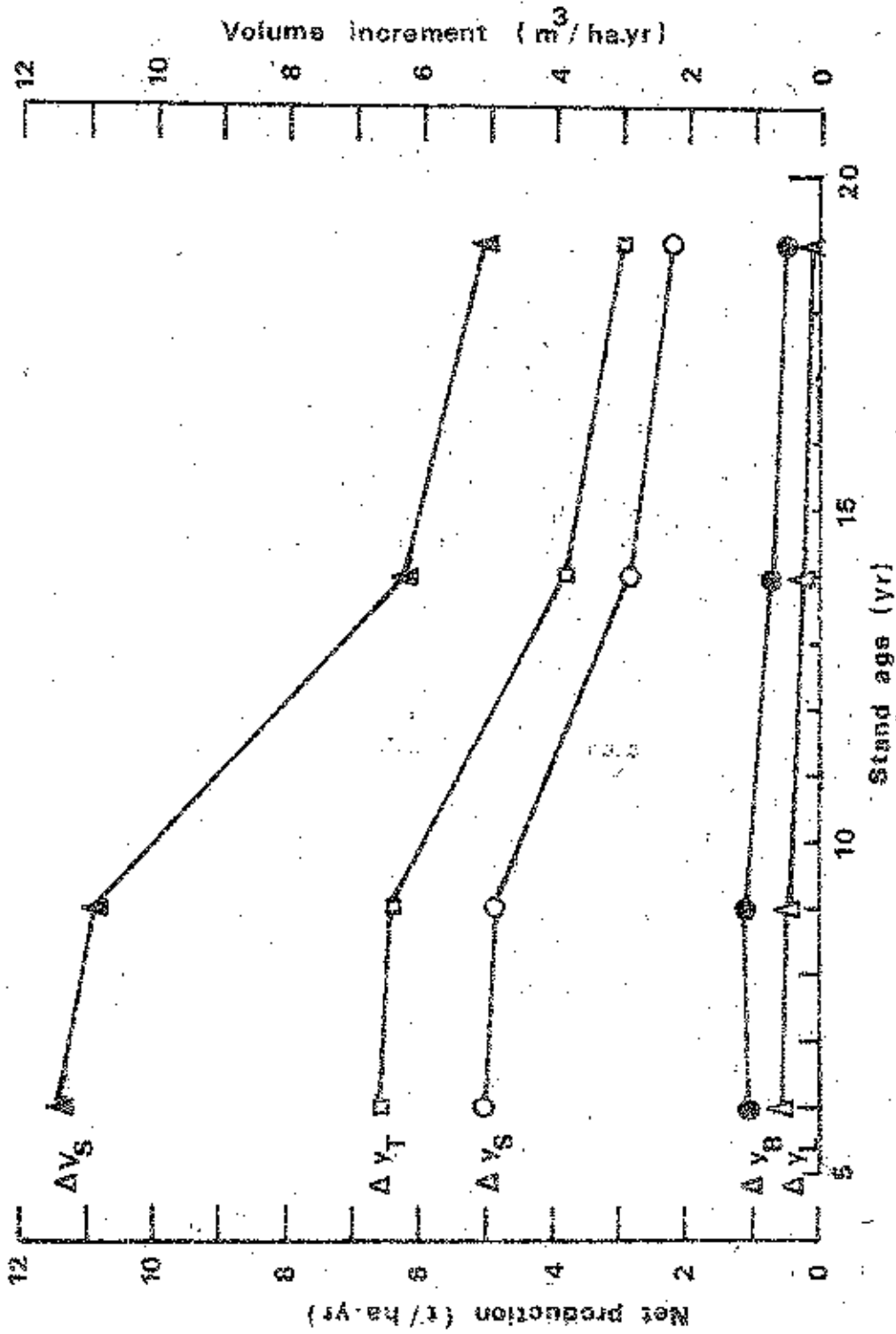


Figure 4. Net primary production of total aboveground (ΔY_T), stem (ΔV_S), branch (ΔY_B), leaf (ΔY_L), and stem volume increment (ΔV_G) of teak plantation in relation to stand age.

ในระยะหลังจากนั้นไปก็อาจจะไม่ช่วยเพิ่มผลผลิตใ้มากเท่าไรนัก ดังหลักฐานที่พบในรายงานของ พิทยา เพชรมาศ และ พงษ์ศักดิ์ ชำนาญ (๒๕๒๑) ว่า สวนสักที่สลับปลัง ซึ่งได้รับการตัดสายขยายระยะเมื่ออายุ ๔ ปี และทิ้งไว้อีก ๒ ปีก็ไม่ได้มีผลผลิตขึ้นปรุณภูมิสุทธิและปริมาณของเนื้อไม้แตกต่างไปจากสวนสักแหล่งเดียวกัน แต่ไม่มีการตัดสายขยายระยะเท่าไรนัก

หลักฐานที่พบอย่างเด่นชัดอีกประการหนึ่งที่จะช่วยสนับสนุนเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนี้ก็คือประสิทธิภาพของใบต่อผลผลิตขึ้นปรุณภูมิ (leaf efficiency) ซึ่งจาก Table 4 จะเห็นได้ชัดเจนว่าในสวนสักอายุมากกว่า ๕ ปีขึ้นไปนั้นปริมาณของใบ ซึ่งมีอยู่ในรูปมวลชีวภาพก็ดี หรือในรูปดัชนีพื้นที่ผิวใบก็ดี แลจะมีอยู่มาก แต่ประสิทธิภาพของใบเมื่อเทียบกับสวนป่าอายุ ๕ ปีแล้ว จะลดลงไปประมาณครึ่งหนึ่งในสวนป่าอายุ ๔ ปี และยิ่งสวนสักอายุมากขึ้นไปอีก เช่น ๑๑ ปี หรือ ๑๘ ปี ก็ยิ่งน้อยลงไปอีกและมีแนวโน้มที่จะคงที่อีกด้วย จึงแสดงว่าเมื่อใบสักจะมีอยู่มากก็ตาม ไม่ใช่ว่าประโยชน์ต่อการเสริมสร้างการเจริญเติบโตให้ออกมาในรูปผลผลิตขึ้นปรุณภูมิสุทธิแต่อย่างใด

สรุป

ผลการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของสวนป่าไม้สักอายุ ๕, ๘, ๑๓ และ ๑๘ ปี ที่ห้วยทาก อำเภอหาง จังหัดลำปาง โดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาตรของลำต้น คัพภพื้นที่ผิวใบ ตลอดจนปริมาณผลผลิตความเพิ่มพูนและประสิทธิภาพของใบต่อผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่อไร่ต่อปี

๑. จากการไร่ไม้สักตัวอย่างจำนวน ๓๔ ไร่ จากสวนป่าอายุต่าง ๆ เป็นตัวแทนของสวนสักห้วยทาก ทำการตัด วัด ชั่ง และคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพ พร้อมทั้งวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์สำหรับประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพ ผลปรากฏว่าปริมาณมวลชีวภาพของสวนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (w_T) มวลชีวภาพของลำต้น (w_S) มวลชีวภาพของกิ่ง (w_B) มวลชีวภาพของใบ (w_L) และปริมาตรของลำต้น (v_S) สามารถจะประมาณหาได้จากสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบ allometric relation โดยใช้ผลคูณของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง ๑.๓๐ เมตร ยกกำลังสองกับความสูงทั้งหมดของลำต้น (D^2H) เป็นตัวแปรอิสระของสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \log w_T &= 0.9601 \log D^2H - 1.4944 \\ \log w_S &= 0.9797 \log D^2H - 1.6902 \\ \log w_B &= 1.0605 \log D^2H - 2.6326 \\ \log w_L &= 0.7088 \log D^2H - 1.7383 \\ \log v_S &= 0.9271 \log D^2H - 4.1549 \end{aligned}$$

๒. ปริมาณมวลชีวภาพของสวนสักอายุตั้งแต่ ๕ ปี ถึง ๑๘ ปี คำนวณได้จากการใช้สมการความสัมพันธ์ข้างบนนี้ดังนี้ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดมีอยู่ในช่วง ๑๘.๖ - ๑๑๐.๘ ตันต่อเฮกตาร์ โดยมีมวลชีวภาพของสวนที่เป็นลำต้นอยู่ในช่วง ๑๔.๖ - ๘๖.๓ ตันต่อเฮกตาร์ มวลชีวภาพของกิ่งอยู่ในช่วง ๒.๘ - ๑๘.๑ ตันต่อเฮกตาร์ มวลชีวภาพของใบอยู่ในช่วง ๒.๑ - ๘.๔ ตันต่อเฮกตาร์ และมวลชีวภาพเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อไม้อยู่ในช่วง ๑๓.๕ - ๑๐๐.๘ ตันต่อเฮกตาร์ และปรากฏว่า

มวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้นเมื่ออยู่มากถึง ๙๕% ของปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด ส่วนปริมาณของ
 ลำต้นเมื่ออยู่ในช่วง ๓๕.๐๘ - ๑๘๕.๒๘ ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ และมีสัตว์ที่ผิวไม้อยู่ในช่วง
 ๒.๑๓ - ๘.๕๕ เฮกตาร์ต่อเฮกตาร์ ทั้งหมดชีวภาพปริมาณของลำต้น และสัตว์ที่ผิวไม้จะเพิ่มขึ้น
 จากอายุ ๕ ปี ไปจนถึงอายุ ๑๘ ปี แล้วลดลงไปตามอายุ

๓. ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดหรือปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ถัดออกจากรวมปริมาณ
 ของลำต้นของส่วนป่าไม้สักอายุต่าง ๆ ทั้งส่วนอาจประมาณได้โดยตรงจากค่าสูงทั้งหมดของลำต้น
 เฉลี่ยในแต่ละส่วน (H) ดังนี้ :

V_T	=	11.892 H	-	78.037
V_C	=	10.965 H	-	72.722
V_S	=	8.936 H	-	58.728
V_B	=	2.030 H	-	13.994
V_L	=	0.776 H	-	3.866
V_S	=	19.501 H	-	123.558

ในเมื่อ V_T, V_C, V_S, V_B, V_L และ V_S คือมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด มวลชีวภาพ
 เฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อไม้ มวลชีวภาพของลำต้น ของกิ่ง ของใบ และปริมาณของลำต้น ต่อพื้นที่ ๑ เฮกตาร์
 ตามลำดับ

๔. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของส่วนป่าไม้สักอายุตั้งแต่ ๕ ปี ถึง ๑๘ ปี มีอยู่ในช่วง
 ๓.๐๐ - ๒.๒๑ ตันต่อเฮกตาร์ต่อปีสำหรับผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด และมีอยู่ใน
 ในช่วง ๒.๓ - ๕.๐ ตันต่อเฮกตาร์ต่อปีสำหรับลำต้น ๐.๕๕ - ๑.๐๘ ตันต่อเฮกตาร์ต่อปีสำหรับกิ่งและ
 ๐.๓๓ - ๐.๘๒ ตันต่อเฮกตาร์ต่อปีสำหรับใบ ส่วนความเพิ่มขึ้นทางด้านปริมาณของลำต้นจะอยู่ในช่วง
 ๕.๐๑ - ๑๑.๓๘ ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี และมีประสิทธิภาพของใบต่อผลผลิตปฐมภูมิสุทธิในช่วง
 ๐.๔๑ - ๒.๔๘ ทั้งนี้โดยมีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิทุกรูปแบบความเพิ่มขึ้นทางด้านปริมาณ และ
 ประสิทธิภาพของใบต่อผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูงสุดในส่วนสักอายุ ๕ ปี และลดต่ำลงไปในส่วนสักที่มีอายุ
 มากกว่า ๕ ปี

- ๒ -

เอกสารอ้างอิง

๑. บุญวงศ์ ไทยอุดมศักดิ์, ชูบ เข็มมณฑล, วิสุทธิ์ สุวรรณวิวัฒน์, และ สมพร ไชยรักษ์. ๒๕๑๘. คุณสมบัติของดินในส่วนลึกภายหลังการตัดล้างขยายระยะ รายงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ ๓๓. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ๒๒ หน้า.
๒. พิทยา เพชรมาศ และ พงษ์ศักดิ์ สุนทร. ๒๕๒๑. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สัก. I. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิต่อหัวของสวนป่าไม้สักที่ตัดล้างขยายระยะ และ ไม้ตัดล้างขยายระยะที่วางลำปาง รายงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ ๕๓. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ๕๕ หน้า.
๓. พงศ์ โสโน และวิชัย พรหมศิลป์. ๒๕๒๓. ส่วนลึกห้วยพาก. สำนักงานป่าไม้เขตลำปาง (โรเนียว) ๘ หน้า.
๔. พงษ์ศักดิ์ สุนทร, วิสุทธิ์ สุวรรณวิวัฒน์, สันต์ เกตุปราณีตา และ วิรัตน์ กัมภิบาล. ๒๕๒๒. ผลผลิตมวลชีวภาพของไม้เถล็ดในแปลงอายุ ๕ ปี ที่ปลูกบนดินเหนียว. เอกสารเสนอข้อที่ประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี ๒๕๒๒. สาขาวนศาสตร์ทั่วไป ๒. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ : ๑๕๑ - ๑๖๗.
๕. พงษ์ศักดิ์ สุนทร, ปรีชา ธรรมานนท์, วิสุทธิ์ สุวรรณวิวัฒน์, สันต์ เกตุปราณีตา และ ปณูจิ ศรีอรุณ. ๒๕๒๓. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สนสามใบ. I. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิต่อหัวของสวนป่าไม้สนสามใบอายุต่าง ๆ ที่สอภ เชียงใหม่ (กำลังเตรียมการพิมพ์)
๖. วิเชียร ไพรคี่. ๒๕๒๒. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้ซ้อที่ปากช่อง นครราชสีมา วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาวชิราวุธวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. Aksornkoae, S. 1975. Structure, Regeneration and productivity of mangrove in Thailand. Michigan. Ph.D. Dissertation. Michigan. State Univ. 109 pp.
2. Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. Jour. Ecol. 17 : 70-87.
3. Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino, and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. Nature and Life in S.E. Asia. 4 : 21-157.
4. Ogino, K., S. Sabhasri, and T. Shidei. 1964. The estimation of the standing crop of the forest of northeastern Thailand. S.E. Asian Stud. 1 (4) : 89-97.
5. Satoo, T. and M. Senda. 1958. Materials for the studies of growth in stand. (IV). Amount of leaves and production of wood in young plantation of Chamaecyparis obtusa. Bull. Tokyo Univ. For. 54 : 71-100. (Japanese with English summary)
6. _____, 1966. Ibid. (VI). Biomass, dry matter production and efficiency of leaves in a young Cryptomeria plantation. Bull. Tokyo Univ. For. 62 : 117-146. (Japanese with English summary)

20. Tadaki, Y. 1965. Studies on production structure of forests (VII).
The primary production of a young stand of Castanopsis
cuspidata. Jap. Jour. Ecol. 15 : 142-147.
21. _____, N. Ogata, and Y. Naganoto. 1965. The dry matter
productivity in several stands of Cryptomeria japonica
in Kyushu. Bull. Gov. For. Exp. St. Tokyo, 173 : 45-66
(Japanese with English summary)
22. _____, 1966. Some discussions on the leaf biomass of forest
stands and trees. Bull. Gov. For. Exp. St. Tokyo.
184 : 135-161.
-

- 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 haiutsa, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpranect: Preliminary Study of Production and Chemical Composition of Forest Litter in Thailand.*
- No 53 Pichaya 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.
- No 55 Boonyalid Puriyakorn, Choob Khommark, Pramuk Likithamanit, San Kaitpranect: Growth of Hopcia Ferrea pierre in sapling stage at Sakaerat forest, Pakthongchai, Nakorn Rachasima.*
- No 56 William B. Drew, Sanit Aksornkoe, Wasan kaitpranect: 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 Aksornkoe, Wasan Kaitpranect: The Inventory of Nutrients in Vegetation During Secondary Succession From Swidden to Forest Thailand.*
- No 62 Choob Chemmark, Jecrayudh Panochit: Seedling Dynamics of dry Evergreen Forest at Sakaerat Forest, Pakthongchai, Nakornratchasima.*
- No 63 Pongsak Sahunalu, Monton Jamroenpruksa, Bunyalid Puriyakorn, Picha Dhanmanonda, Wisut Suwannapinunt, 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 Day-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 Dr. Sathit Wacharakitti, Mr. Prakong Intrachanda, Dr. Sompetch Mungkorndin: Natural Resources And Land Use Studies of Sakaerat Environmental Research Station.

* In Thai with English summary.