

Thai J. For. 8: 107-124 (1989) วารสารวนศาสตร์ ๘: ๑๐๗-๑๒๔ (๒๕๓๒)

การคาดคะเนผลผลิตของไม้สะเดาในสวนป่า

YIELD PREDICTION OF PLANTATION *AZADIRACHTA INDICA*
A. JUSS

ปัสสิ ประสมสิน*

Patsi Prasomsin

ABSTRACT

This investigation was aimed to predict yield of *Azadirachta indica* in plantations of the Royal Forest Department. Site index curves were classified into 3 site classes: site index 7, site index 9, and site index 11 at base age of 7 years old. Such yield parameters of *Azadirachta indica* in plantations as average total height, average diameter at breast height, basal area per rai (0.16 ha), merchantable volume per rai, green weight of merchantable stem per rai, and green weight of branch per rai could be reliably estimated if age, site index, survival percentage, and spacing were known.

บทคัดย่อ

ในการศึกษาเพื่อคาดคะเนผลผลิตของไม้สะเดาในสวนป่าของกรมป่าไม้ ได้ทำการจำแนกคุณภาพพื้นที่ของหมู่ไม้ชนิดนี้ 3 Site classes คือ site index 7, site index 9 และ site index 11 โดยใช้อายุฐาน ๗ ปี และสามารถประมาณผลผลิตในรูปต่างๆ ของไม้สะเดาในสวนป่า ได้แก่ ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้น พื้นที่หน้าตัดต่อไร่ ปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ต่อไร่ น้ำหนักสดของลำต้นและกิ่งที่เป็นสินค้าได้ต่อไร่ และน้ำหนักกิ่งสดต่อไร่ เมื่อทราบอายุสวนป่า site index เปอร์เซ็นต์การรอดตายและระยะปลูก

คำนำ

เนื่องจากความเชื่อมโยงโทรมาของพื้นที่ป่าไม้ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น และความต้องการไม้พื้น ต้าน และผลิตภัณฑ์จากไม้ก็เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ราคาไม้ก็สูงขึ้นเรื่อยๆ

รัฐบาลจึงจำเป็นต้องเร่งดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อทดแทนป่าไม้ที่ถูกทำลายไป โดยกำหนดนโยบายเกี่ยวกับเรื่องนี้ ไว้ในนโยบายป่าไม้แห่งชาติ และให้มีการขยายโครงการปลูกสร้างสวนป่า แต่การปลูกสร้างสวนป่า

* / ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กค. ๑๐๒๐๑

เป็นการดำเนินงานที่ต้องใช้ที่ดิน แรงงาน และการลงทุนที่สูงมาก กว่าจะได้รับผลตอบแทนก็ต้องใช้เวลานาน

ทั้งนี้การจะดำเนินงานเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่าจำเป็นต้องมีการพิจารณาถึงผลได้ผลเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ ข้อพิจารณาที่สำคัญประการหนึ่งของการปลูกสร้างสวนป่า คือผลผลิตของไม้ในสวนป่า ซึ่งจะทำให้สามารถวางแผนจัดการสวนป่าให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด ในเวลาที่กำหนด ทั้งนี้เพราะว่าผลผลิตของไม้ในสวนป่า นอกจากจะขึ้นกับชนิด ไม้ที่ปลูกแล้วยังขึ้นกับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่นด้วย ดังนั้นการเลือกชนิด ไม้ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์จากไม้ที่ปลูกจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของการปลูกสร้างสวนป่า

ไม้ระเคา (*Azadirachta indica* A. Juss.) เป็นไม้ยืนต้นหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตดี จากการศึกษาของบุญฤทธิ์ (๒๕๒๖) พบว่ามีการเจริญเติบโตมาก เมื่อผ่านฤดูการปลูกครั้งแรก และภายหลังจากการพัฒนาระบบรากแล้ว เนื้อไม้ระเคาเหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้าง และทำเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนใช้เป็นเชื้อเพลิง ในอนาคตน่าจะสนับสนุนให้มีการปลูกในเชิงพาณิชย์ และตั้งโรงงานอุตสาหกรรมรองรับการใช้ประโยชน์จากไม้ชนิดนี้

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดคะเนผลผลิตในรูปค่าๆ ของไม้ระเคาในสวนป่า ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจในการดำเนินกิจการปลูกสร้างสวนป่า ไม้ระเคา ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการสวนป่า และประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

๑. อุปกรณ์

- ๑.๑ เลื่อย มีด ขวาน
- ๑.๒ เทปวัดระยะ ขนาด ๒๐ ม.
- ๑.๓ เทปวัดเส้นรอบวง ขนาด ๑๕๐ ซม.
- ๑.๔ เครื่องวัดอัตราการสูง Haga altimeter
- ๑.๕ เครื่องชั่งน้ำหนัก

๒. การเก็บข้อมูล

วางแผนตัวอย่าง ขนาด ๔๐ x ๔๐ ม. (เนื้อที่ ๑ ไร่) ในสวนป่าไม้ระเคาของกรมป่าไม้ อายุตั้งแต่ ๔-๘ ปี ที่ศูนย์ปรับปรุงป่าสงวนแห่งชาติที่ ๖ อำเภอตระแกว จังหวัดปราจีนบุรี และโครงการพัฒนาพื้นที่ป่าท่ากระบาก อำเภอวัฒนานคร

จังหวัดปราจีนบุรี โดยบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

๒.๑ ในแปลงตัวอย่างที่จัดวางไว้ในสวนป่าชั้นอายุต่าง ๆ ทำการวัดข้อมูลดังต่อไปนี้

๒.๑.๑ อายุของสวนป่า (ปี)

๒.๑.๒ ขนาดวัดรอบที่ระดับความสูงเพียงอกของไม้ทุกต้นในแปลง (ซม.)

๒.๑.๓ ความสูงทั้งหมดของไม้ทุกต้นในแปลง (ม.) ซึ่งในแต่ละแปลงจะเลือกความสูงของต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดจำนวน ๑๖ ต้นก่อไว้ หรือ ๑๐๐ ต้นก่อเฮกเตอร์ แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น (dominant tree) ในแต่ละแปลง (Alder, 1980)

๒.๑.๔ จำนวนต้นไม้ในแต่ละแปลง

๒.๒ การวัดไม้ตัวอย่าง เพื่อนำมาสร้างสมการประมาณผลผลิตรายต้นของไม้สะเคา ได้เลือกไม้ตัวอย่างจากสวนป่าไม้สะเคาทั้ง ๒ แห่งดังกล่าว ชั้นอายุละ ๕ ต้น ทำการวัดข้อมูลดังต่อไปนี้

๒.๒.๑ ความสูงทั้งหมด (ม.)

๒.๒.๒ ความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ (ตั้งแต่ระดับวัดต้นถึงระดับที่มีขนาดวัดรอบ ๑๖ ซม.)

๒.๒.๓ ขนาดวัดรอบที่ระดับความสูงเพียงอก และที่ระดับความสูงต่างๆ ๑ เมตร ตั้งแต่ระดับคอ (ระดับ ๕ ซม. จากพื้นดิน) จนถึงระดับความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ แล้วเปลี่ยนเป็นเส้นผ่าศูนย์กลาง

๒.๒.๔ ความหนาของเปลือกทุกระดับที่วัดขนาดรอบ (ซม.)

๒.๒.๕ น้ำหนักลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ (กก.)

๒.๒.๖ น้ำหนักกิ่ง (กก.)

๓. การวิเคราะห์ข้อมูล

๓.๑ การจำแนก site index

นำข้อมูลความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นมาสร้าง site index curves ตามวิธี Anamorphosis (Chapman and Demeritt, 1936) โดยถือเอาอายุ ๗ ปีเป็นอายุฐาน

๓.๒ การคำนวณผลผลิตรายต้น

จากข้อมูลในข้อ ๒.๒ นำมาคำนวณปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ได้เปลือก) โดยใช้ Smalian's formula จะได้ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้รายต้น นำ

ผลผลิตรายต้นที่มีอยู่ซึ่งได้แก่ ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ น้ำหนักของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ และน้ำหนักกิ่งสอก มาหาความสัมพันธ์กับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดในรูปสมการรีเกรสชันแบบต่างๆ (Spurr, 1952) โดยใช้ข้อมูลแยกตาม site index เลือกหาสมการที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ประมาณผลผลิตรายต้นของไม้ระยะในแปลงตัวอย่างที่บันทึกข้อมูลตามข้อ 2.1

๓.๓ การคำนวณผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่

เมื่อประมาณผลผลิตของไม้รายต้นทุกต้นในแปลงตัวอย่างแล้ว คำนวณ

ผลผลิตต่อไร่ ซึ่งข้อมูลที่ได้ทั้งหมด คือ ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยต่อไร่ ปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ต่อไร่ น้ำหนักสอกของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ต่อไร่ และน้ำหนักกิ่งสอกต่อไร่ นำข้อมูลที่ได้ดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการรีเกรสชันแบบ (models) ต่าง ๆ ที่ได้พยายามสร้างขึ้น โดยกำหนดให้อยู่ตามค่า site index ระยะปลูก (spacing) และเปอร์เซ็นต์การรอดตาย เป็นตัวแปรอิสระ แล้วใช้ Stepwise regression method หาสมการที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประมาณผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ในรูปต่างๆ

ผลและวิจารณ์ผล

๑. การจำแนก site index

จากการแบ่งชั้นคุณภาพพื้นที่ ตามความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นของไม้ระยะในสวนป่าชั้นอายุต่างๆ โดยใช้วิธี Anamorphosis ที่อายุฐาน ๗ ปี ได้ site index curve ทั้งแสดงในภาพที่ ๑ ซึ่งวิธีการแบ่งชั้นคุณภาพพื้นที่ของหมู่ไม้ เราสามารถทำได้โดยอาศัยข้อมูลทางความสูงของหมู่ไม้ เพราะความสูงของต้นไม้ที่อายุโตอายุหนึ่ง

ของหมู่ไม้มีสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันและมีอายุสม่ำเสมอกันจะเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของพื้นที่ได้เป็นอย่างดี แต่ความสูงนั้นควรจะเป็นความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น (Alder, 1980; Clutter และคณะ, 1983) และในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแบ่ง site index ออกเป็น 3 site classes คือ ดี (site index 11) ปานกลาง (site index 9) และเลว (site index 7)

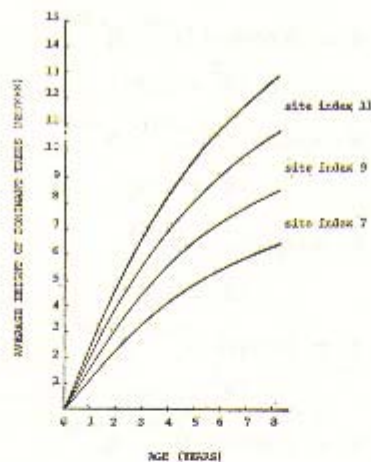


Figure 1. Site index curves of *Azadirachta indica* at base age of 7 years

๒. ผลผลิตรายต้นของไม้สะเลา

จากผลของการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตรายต้น กับเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงยอด และความสูงทั้งหมดของไม้สะเลา ตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มเลือก โดยแยกตาม site index ทำการเลือกสมการที่เหมาะสม

โดยพิจารณาจากค่า F ค่า standard deviation of regression และค่า coefficient of determination (จำกัดสิทธิ์ และ สมภพ, ๒๕๒๘) ได้สมการที่เหมาะสมสำหรับนำไปประมาณผลผลิตรายต้นของไม้สะเลา ดังนี้

$$\text{site index 7 : } V = 0.000026 D^{2.635} \quad (R^2 = 0.868) \quad (1)$$

$$S = 0.024425 D^{1.844} H^{1.426} \quad (R^2 = 0.964) \quad (2)$$

$$B = 0.030704 D^{1.806} H^{0.844} \quad (R^2 = 0.873) \quad (3)$$

$$\text{site index 9 : } V = 0.000013 D^{2.849} \quad (R^2 = 0.997) \quad (4)$$

$$S = 0.041014 D^{1.837} H^{1.097} \\ (R^2 = 0.999) \quad (5)$$

$$B = 0.151415 D^{3.971} H^{-2.693} \\ (R^2 = 0.985) \quad (6)$$

$$\text{site index 11 : } V = 0.000074 D^{2.464} \\ (R^2 = 0.991) \quad (7)$$

$$S = 0.03626 D^{2.127} H^{0.437} \\ (R^2 = 0.998) \quad (8)$$

$$B = 0.006331 D^{1.297} H^{1.988} \\ (R^2 = 0.961) \quad (9)$$

กำหนดให้

V = ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ไม้เปลือก) (ลบ.ม.)

S = น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ (ก.ก.)

B = น้ำหนักกิ่งสด (ก.ก.)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (นอกเปลือก) (ซม.)

H = ความสูงทั้งหมด (ม.)

๓. ผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่

อาศัยสมการที่ ๑-๔ ประมาณผลผลิตไม้รายต้นในแปลงตัวอย่างที่สุ่มวัดมา แล้วคำนวณหาผลผลิตต่อไร่ นำผลผลิตต่อไร่ไปหาความสัมพันธ์ในรูปสมการวีเกรดชัน

โดยนิยามสวนป่า site index ระยะปลูก และเปอร์เซ็นต์การรอกคาย เป็นตัวแปรอิสระ ผลจากการใช้ Stepwise regression method ได้สมการที่เหมาะสมสำหรับใช้ประมาณผลผลิตต่อไร่ของไม้ตะเคียนในสวนป่าดังนี้

$$\log H = 0.1409 - 0.7681 \frac{1}{A} + 1.1842 \log S \\ (R^2 = 0.835) \quad (10)$$

$$D = -9.5216 + 1.6632 S + 0.2793 SP + 0.0445 AS$$

$$(R^2 = 0.898) \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$BA = -0.9704 + 0.0519 A - 0.0751 SP + 0.0198 SV + 0.1209 D$$

$$(R^2 = 0.993) \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\log V = -0.7587 + 0.1461 S - 1.3651 \frac{1}{A} - 0.0002 SP$$

$$+ 0.5839 \log BA$$

$$(R^2 = 0.992) \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$SW = -1.7194 + 3.7911 BA + 0.2195 H$$

$$(R^2 = 0.992) \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\log BW = -1.6446 + 2.0065 \log H$$

$$(R^2 = 0.837) \quad \dots\dots\dots (15)$$

กำหนดให้

H = ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ม.)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางเหียงอก (นอกเปลือก) เฉลี่ย (ซม.)

BA = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย (ตร.ม./ไร่)

V = ปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ (ได้เปลือก) (ลบ.ม./ไร่)

SW = น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ (ตัน/ไร่)

BW = น้ำหนักกิ่งสด (ตัน/ไร่)

A = อายุสวนป่า (ปี)

S = site index

SP = ระยะปลูก (ตร.ม.)

SV = อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)

จากสมการที่ ๑๐-๑๕ นำมาประมาณค่าผลผลิตต่อไร่ของไม้เต็งในสวนป่า ทั้งแสดงในตารางที่ ๑, ๒, ๓, ๔, ๕ และ ๖ ตามลำดับ ผลผลิตของไม้เต็งที่ปรากฏในตารางดังกล่าว จะเห็นว่าไม่ชนกัน

แต่ปลูกในพื้นที่ที่มีคุณภาพต่างกัน ผลผลิตที่ได้รับจะแตกต่างกันมาก ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Clutter และคณะ (1983) ที่ว่า ผลผลิตของหมู่ไม้ที่ชั้นอายุต่าง ๆ จะถูกควบคุมโดยคุณภาพของพื้นที่ที่หมู่ไม้ขึ้นอยู่

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเพื่อคาดคะเนผลผลิตของไม้เต็งในสวนป่า ได้ผลพอสรุปได้ดังนี้

๑. คุณภาพพื้นที่ของไม้เต็งในสวนป่าแบ่งได้เป็น 3 site classes คือ site index 7, site index 9 และ site index 11 โดยใช้อายุฐาน ๗ ปี ซึ่งถือว่าเป็นคุณภาพของพื้นที่ที่เร็ว ปานกลางและดี ตามลำดับ

๒. สมการสำหรับประมาณผลผลิตรายคันของไม้เต็ง ได้แก่ ปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ (V) น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ (S) และน้ำหนักกิ่งสด (B) เนื้อทรานซาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (D) และความสูงทั้งหมด (H) โดยแยกตาม site index คือ

$$\text{site index 7 : } V = 0.000025 D^{2.635}$$

$$S = 0.024425 D^{1.844} H^{1.426}$$

$$B = 0.030704 D^{1.803} H^{0.844}$$

$$\text{site index 9 : } V = 0.000013 D^{2.846}$$

$$S = 0.041014 D^{1.837} H^{1.697}$$

$$B = 0.151415 D^{3.971} H^{-2.693}$$

$$\text{site index 11 : } V = 0.000074 D^{2.464}$$

$$S = 0.06254 D^{2.127} H^{0.437}$$

$$B = 0.006331 D^{1.297} H^{1.988}$$

Table 1. Average total height (m) of planted *Azadirachta indica* by age class and site index

Age (years)	Site index		
	7	9	11
4	4.65	6.27	7.95
5	5.08	6.85	8.68
6	5.39	7.26	9.21
7	5.63	7.58	9.61
8	5.81	7.82	9.92
9	5.95	8.01	10.16
10	6.07	8.17	10.36

Table 2. Dbh (cm) of planted *Azadirachta indica* by age class, site index, and spacing

Age (years)	Site index		
	7	9	11
<u>2 m x 4 m spacing</u>			
4	5.60	9.28	12.97
5	5.91	9.68	13.14
6	6.22	10.08	13.95
7	6.54	10.49	14.43
8	6.85	10.89	14.92
9	7.16	11.29	15.41
10	7.47	11.69	15.96
<u>4 m x 4 m spacing</u>			
4	7.84	11.52	15.20
5	8.15	11.92	15.69
6	8.46	12.32	16.18
7	8.77	12.72	16.67
8	9.08	13.12	17.16
9	9.39	13.52	17.65
10	9.70	13.92	18.14

Table 3. Basal area (m^2/rai) of planted *Azadirachta indica* by age class, site index, survival percentage, and spacing

		percentage, and spacing								
Age (years)	Site index	Survival (%)								
		60	65	70	75	80	85	90	95	100
<u>2 m x 4 m spacing</u>										
4	7	0.5016	0.6006	0.6996	0.7986	0.8976	0.9966	1.0956	1.1946	1.2936
	9	0.9468	1.0458	1.1448	1.2438	1.3428	1.4418	1.5408	1.6398	1.7388
	11	1.3920	1.4910	1.5900	1.6890	1.7880	1.8870	1.9860	2.0850	2.1840
5	7	0.5911	0.6901	0.7891	0.8881	0.9871	1.0861	1.1851	1.2841	1.3831
	9	1.0471	1.1461	1.2451	1.3441	1.4431	1.5421	1.6411	1.7401	1.8391
	11	1.5031	1.6021	1.7011	1.8001	1.8991	1.9981	2.0791	2.1961	2.2951
6	7	0.6807	0.7797	0.8787	0.9777	1.0767	1.1757	1.2747	1.3737	1.4727
	9	1.1474	1.2464	1.3454	1.4444	1.5434	1.6424	1.7414	1.8404	1.9394
	11	1.6142	1.7132	1.8122	1.9112	2.0102	2.1092	2.2082	2.3072	2.4062
7	7	0.7703	0.8693	0.9683	1.0673	1.1663	1.2653	1.3643	1.4633	1.5623
	9	1.2477	1.3467	1.4457	1.5447	1.6437	1.7426	1.8417	1.9407	2.0397
	11	1.7252	1.8242	1.9232	2.0222	2.1212	2.2202	2.3192	2.4182	2.5172
8	7	0.8598	0.9588	1.0578	1.1568	1.2558	1.3548	1.4538	1.5528	1.6518
	9	1.3481	1.4471	1.5461	1.6451	1.7441	1.8431	1.9421	2.0411	2.1401
	11	1.8363	1.9353	2.0343	2.1333	2.2323	2.3313	2.4303	2.5293	2.6283
9	7	0.9494	1.0484	1.1474	1.2464	1.3454	1.4444	1.5434	1.6424	1.7414
	9	1.4484	1.5474	1.6464	1.7454	1.8444	1.9434	2.0424	2.1414	2.2404
	11	1.9474	2.0464	2.1454	2.2444	2.3434	2.4424	2.5414	2.6404	2.7394
10	7	1.0389	1.1379	1.2369	1.3359	1.4349	1.5339	1.6329	1.7319	1.8309
	9	1.5487	1.6477	1.7467	1.8457	1.9447	2.0437	2.1427	2.2417	2.3407
	11	2.0585	2.1575	2.2565	2.3555	2.4545	2.5535	2.6525	2.7515	2.8505

Table 3. (Cont.)

Age (years)	Site index	Survival (%)								
		60	65	70	75	80	85	90	95	100
<u>4 m x 4 m spacing</u>										
4	7	0.1709	0.2699	0.3689	0.4679	0.5669	0.6659	0.7649	0.8639	0.9629
	9	0.6161	0.7151	0.8141	0.9131	1.0121	1.1111	1.2101	1.3091	1.4081
	11	1.0613	1.1603	1.2593	1.3583	1.4573	1.5563	1.6553	1.7543	1.8533
5	7	0.2605	0.3595	0.4585	0.5575	0.6565	0.7555	0.8545	0.9535	1.0525
	9	0.7164	0.8154	0.9144	1.0134	1.1124	1.2114	1.3104	1.4094	1.5084
	11	1.1724	1.2714	1.3704	1.4694	1.5684	1.6674	1.7664	1.8654	1.9644
6	7	0.3500	0.4490	0.5480	0.6470	0.7460	0.8450	0.9440	1.0430	1.1420
	9	0.8168	0.9158	1.0148	1.1138	1.2128	1.3118	1.4108	1.5098	1.6088
	11	1.2835	1.3825	1.4815	1.5805	1.6795	1.7785	1.8775	1.9765	2.0755
7	7	0.4396	0.5386	0.6376	0.7366	0.8356	0.9346	1.0336	1.1326	1.2316
	9	0.9771	1.0161	1.1151	1.2141	1.3131	1.4121	1.5111	1.6101	1.7091
	11	1.3946	1.4936	1.5926	1.6916	1.7906	1.8896	1.9886	2.0876	2.1866
8	7	0.5292	0.6282	0.7272	0.8262	0.9252	1.0242	1.1232	1.2222	1.3212
	9	1.0174	1.1164	1.2154	1.3144	1.4134	1.5124	1.6114	1.7104	1.8094
	11	1.5057	1.6047	1.7037	1.8027	1.9017	2.0007	2.0994	2.1987	2.2977
9	7	0.6187	0.7177	0.8167	0.9157	1.0147	1.1137	1.2127	1.3117	1.4107
	9	1.1177	1.2167	1.3157	1.4147	1.5137	1.6127	1.7117	1.8107	1.9097
	11	1.6167	1.7157	1.8147	1.9137	2.0127	2.1117	2.2107	2.3097	2.4087
10	7	0.7083	0.8073	0.9063	1.0053	1.1043	1.2033	1.3023	1.4013	1.5003
	9	1.2180	1.3170	1.4160	1.5150	1.6140	1.7130	1.8120	1.9110	2.0100
	11	1.7278	1.8268	1.9258	2.0248	2.1238	2.2228	2.3218	2.4208	2.5198

217

Table 4. Merchantable volume (m³/rat) of planted *Adirachia indica* by age class, site index, survival percentage, and spacing

Age (years)	Site Index	Survival (%)								
		60	65	70	75	80	85	90	95	100
		<u>2 m x 4 m spacing</u>								
4	7	0.5628	0.6252	0.6835	0.7384	0.7903	0.8403	0.8881	0.9341	0.9786
	9	1.6027	1.6985	1.7907	1.8795	1.9655	2.0488	2.1298	2.2087	2.2856
	11	3.9445	4.1060	4.2630	4.4161	4.5654	4.7114	4.8542	4.9940	5.1311
5	7	0.7249	0.7935	0.8581	0.9194	0.9779	1.0340	1.0881	1.1402	1.1908
	9	1.9891	2.0968	2.2008	2.3013	2.3988	2.4936	2.5858	2.6758	2.7637
	11	4.8275	5.0106	5.1892	5.3634	5.5338	5.7004	5.8637	6.0238	6.1809
6	7	0.8741	0.9462	1.0146	1.0799	1.1424	1.2026	1.2608	1.3170	1.3717
	9	2.3300	2.4454	2.5570	2.6652	2.7704	2.8728	2.9727	3.0702	3.1656
	11	5.5886	5.7862	5.9792	6.1678	6.3524	6.5333	6.7106	6.8847	7.0557
7	7	1.0125	1.0866	1.1572	1.2249	1.2900	1.3529	1.4137	1.4727	1.5301
	9	2.6370	2.7572	2.8738	2.9872	3.0975	3.2051	3.3102	3.4130	3.5136
	11	6.2615	6.4689	6.6716	6.8701	7.0645	7.2525	7.4423	7.6262	7.8070
8	7	1.1420	1.2170	1.2889	1.3580	1.4247	1.4893	1.5519	1.6127	1.6720
	9	2.9181	3.0414	3.1612	3.2779	3.3917	3.5028	3.6114	3.7178	3.8221
	11	6.8688	7.0827	7.2920	7.4972	7.6984	7.8959	8.0900	8.2809	8.4686
9	7	1.2640	1.3394	1.4118	1.4817	1.5494	1.6150	1.6787	1.7408	1.8013
	9	3.1788	3.3039	3.4257	3.5446	3.6606	3.7741	3.8852	3.9941	4.1009
	11	7.4256	7.6438	7.8576	8.0673	8.2732	8.4755	8.6745	8.8702	9.0629
10	7	1.3797	1.4550	1.5276	1.5979	1.6660	1.7321	1.7966	1.8594	1.9207
	9	3.4231	3.5492	3.6722	3.7923	3.9098	4.0248	4.1375	4.2481	4.3566
	11	7.9427	8.1626	8.3803	8.5930	8.8021	9.0077	9.2100	9.4092	9.6054

Table (cont)

Age (years)	Site index	Survival (%)								
		60	65	70	75	80	85	90	95	100
4 m x 4 m spacing										
4	7	0.2991	0.3905	0.4687	0.5384	0.6023	0.6616	0.7174	0.7703	0.8206
	9	1.2425	1.3555	1.4621	1.5634	1.6603	1.7533	1.8428	1.9294	2.0133
	11	3.3544	3.5337	3.7068	3.8742	4.0367	4.1946	4.3484	4.4984	4.6450
5	7	0.4476	0.5402	0.6226	0.6979	0.7678	0.8334	0.8956	0.9548	1.0115
	9	1.5879	1.7126	1.8311	1.9443	2.0531	2.1579	2.2591	2.3573	2.4526
	11	4.1602	4.3612	4.5571	4.7465	4.9307	5.1101	5.2851	5.4561	5.6234
6	7	0.5906	0.6831	0.7673	0.8434	0.9187	0.9881	1.0541	1.1173	1.1781
	9	1.9035	2.0350	2.1607	2.2814	2.3977	2.5102	2.6191	2.7249	2.8278
	11	4.8705	5.0865	5.2961	5.4999	5.6985	5.8923	6.0817	6.2669	6.4484
7	7	0.7271	0.8186	0.9034	0.9828	1.0579	1.1294	1.1978	1.2635	1.3268
	9	2.1950	2.3304	2.4604	2.5857	2.7068	2.8242	2.9381	3.0491	3.1572
	11	5.5097	5.7348	5.9538	6.1671	6.3754	6.5789	6.7780	6.9731	7.1643
8	7	0.8570	0.9472	1.0317	1.1116	1.1875	1.2601	1.3299	1.3971	1.4621
	9	2.7668	2.9043	2.7367	2.8648	2.9888	3.1094	3.2266	3.3409	3.4525
	11	6.0945	6.3253	6.5504	6.7700	6.9847	7.1948	7.4006	7.6023	7.8004
9	7	0.9808	1.0696	1.1534	1.2331	1.3093	1.3824	1.4529	1.5210	1.5870
	9	2.7224	2.8607	2.9944	3.1239	3.2498	3.3722	3.4916	3.6081	3.7330
	11	6.6366	6.8710	7.0997	7.3234	7.5423	7.7567	7.9670	8.1735	8.3762
10	7	1.0991	1.1863	1.2692	1.3484	1.4244	1.4999	1.5684	1.6370	1.7036
	9	2.9642	3.1026	3.2367	3.3670	3.4938	3.6173	3.7380	3.8559	3.9713
	11	7.1444	7.3806	7.6116	7.8377	8.0592	8.2765	8.4898	8.6993	8.9053

2130172141151171
a : 2001-2002 (m x m)

Table 5. Green weight of merchantable stem (t/rai) of planted *Azadirachta indica* by age class, site index, survival percentage, and spacing

Age (years)	Site index	Survival (%)								
		60	65	70	75	80	85	90	95	100
2 m x 4 m spacing										
4	7	2.1368	2.5122	2.8875	3.2628	3.6381	4.0134	4.3887	4.7641	5.1394
	9	4.5022	4.8775	5.2528	5.6281	6.0035	6.3788	6.7541	7.1294	7.5047
	11	6.8961	7.2714	7.6467	8.0220	8.3974	8.7727	9.1480	9.5233	9.8986
5	7	2.6571	3.0324	3.4077	3.7831	4.1584	4.5337	4.9090	5.2843	5.6596
	9	5.1259	5.5012	5.8765	6.2518	6.6272	7.0025	7.3778	7.7531	8.1284
	11	7.6259	8.0012	8.3765	8.7518	9.1271	9.5024	9.8778	10.2531	10.6284
6	7	3.1263	3.5016	3.8769	4.2523	4.6276	5.0029	5.3782	5.7535	6.1289
	9	5.6808	6.0562	6.4315	6.8068	7.1821	7.5574	7.9328	8.3081	8.6834
	11	8.2684	8.6438	9.0191	9.3944	9.7697	10.1450	10.5204	10.8957	11.2710
7	7	3.5633	3.9386	4.3139	4.6892	5.0645	5.4398	5.8152	6.1905	6.5658
	9	6.1924	6.5677	6.9430	7.3183	7.6936	8.0689	8.4443	8.8196	9.1949
	11	8.8559	9.2313	9.6066	9.9819	10.3572	10.7325	11.1078	11.4832	11.8585
8	7	3.9786	4.3539	4.7292	5.1045	5.4799	5.8552	6.2305	6.6058	6.9811
	9	6.6748	7.0501	7.4254	7.8007	8.1760	8.5514	8.9267	9.3020	9.6773
	11	9.4065	9.7818	10.1572	10.5325	10.9078	11.2831	11.6584	12.0337	12.4091
9	7	4.3788	4.7541	5.1294	5.5047	5.8800	6.2554	6.6307	7.0060	7.3813
	9	7.1367	7.5121	7.8874	8.2627	8.6380	9.0133	9.3886	9.7640	10.1393
	11	9.9312	10.3065	10.6818	11.0571	11.4325	11.8078	12.1831	12.5584	12.9337
10	7	4.7679	5.1432	5.5185	5.8938	6.2692	6.6445	7.0198	7.3951	7.7704
	9	7.5838	7.9592	8.3345	8.7098	9.0851	9.4604	9.8358	10.2111	10.5864
	11	10.4370	10.8123	11.1876	11.5630	11.9383	12.3136	12.6889	13.0642	13.4396

Table 6. Green weight of branch of planted *Azadirachta indica* by age class and site index

Age (years)	Site index		
	7	9	11
4	1.8233	3.3128	5.3366
5	2.1773	3.9559	6.3728
6	2.4507	4.4527	7.1730
7	2.6667	4.8453	7.8054
8	2.8412	5.1623	8.3162
9	2.9847	5.4231	9.7362
10	3.1048	5.6412	9.0876

๓. สมการสำหรับประมาณผลผลิต
ในรูปต่างๆ ของไม้เต็งในสวนป่า ได้แก่
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (H) เส้นผ่าศูนย์กลาง
เพียงยอดเฉลี่ย (D) พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยต่อไร่
(BA) ปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ต่อไร่ (V)
น้ำหนักสดของลำต้นสวนที่ทำเป็นสินค้าได้
ต่อไร่ (SW) และน้ำหนักกิ่งสดต่อไร่ (BW)
เมื่อทราบอายุสวนป่า (A) site index (S)
ระยะปลูก (SP) และเปอร์เซ็นต์การรอด
ตาย (SV) คือ

$$\log H = 0.7409 - 0.7681 \frac{1}{A} + 1.1842 \log S$$

$$D = -0.5215 + 1.6632 S + 0.2793 SP + 0.0445 AS$$

$$BA = -0.9704 + 0.0519 A - 0.0761 SP + 0.0198 SV + 0.01209 D$$

$$\log V = -0.7567 + 0.1467 S - 1.3751 \frac{1}{A} - 0.0002 SP + 0.5839 \log BA$$

$$SW = -1.7194 + 3.7911 BA + 0.2195 H$$

$$\log BW = -1.6446 + 2.0065 \log H$$

๕. ผลผลิตในแต่ละ site index มีค่าแตกต่างกันมาก ดังนั้นในการปลูกสร้างสวนป่าไม้เต็งเขาจึงควรเลือกพื้นที่ที่เป็นดินกำเนิดตามธรรมชาติ หรือสภาพพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่ตามธรรมชาติของไม้เต็งเขา

๕. ตารางผลผลิตหรือสมการประมาณผลผลิตที่ได้ ควรใช้กับสวนป่าไม้เต็งเขาอายุระหว่าง ๔-๘ ปี แต่ถ้านำไปใช้กับสวนป่าที่มีอายุนานกว่านี้ก็สามารถประมาณผลผลิตได้เช่นเดียวกัน แต่ผลที่ได้อาจจะไม่ถูกต้องนัก

เอกสารอ้างอิง

ทักษิณี ชังเทศ และ สมภาพ ดาวเรือง.

๒๕๒๘. การวิเคราะห์การสุกและกอร์ไลเซน. ภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. ๓๕๘ น.

บัณฑิต ฤทธิเดช. ๒๕๓๑. ผลผลิตสวนป่าไม้ประดู่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. ๖๓ น.

บุญฤทธิ์ ฤทธิจักร. ๒๕๒๖. ไม้เต็งเขา. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการป่าไม้ เล่มที่ ๗. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุงกรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. ๒๑ น.

ปัสดี ประสมสินธุ์. ๒๕๓๒. ผลผลิตของไม้เต็งเขาในสวนป่า, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ ๒๗ วันที่ ๓๐ มิถุนายน - ๑

กุมภาพันธ์ ๒๕๓๒ สภาทนายความและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น. ๒๕๓-๒๖๒.

Alder, D. 1980. Forest Volume Estimation and Yield Prediction. Vol. 2-Yield Prediction. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 194 p.

Chapman, H.H. and D.B. Demeritt. 1936. Elements of Forest Mensuration. 2nd ed. (Revised), J.B. Lyon Company. Publishers. Albany, New York. 461 p.

- Clutter, J.L. J.C. Fortson. L.V. Pienaar, Inc., New York. 333 p.
- G.H. Brister and R.L. Bailey. 1983. Spurr, S.H. 1962. Forest Inventory.
- Timber Management : A quantita- The Ronald Press Company, New
- tive approach. John Willey & Sons, York. 478 p.