

รายงานวนศาสตร์วิจัย
FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่มที่ ๔๐
มีนาคม ๒๕๑๙

NUMBER 40
MARCH 1976

การประมาณพื้นที่ผิวใบของไม้สนเขา
FOLIAGE AREA ESTIMATION OF LOCAL PINES

พงษ์ศักดิ์ สหุนทรุ

PONGSAK SAHUNALU

คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ ๙

FACULTY OF FORESTRY
KASETSART UNIVERSITY
BANGKOK 9 THAILAND

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

๑. รูปร่างลักษณะของใบไม้สนสองใบและสนสามใบอย่างคร่าว ๆ ๘
๒. ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบกับน้ำหนักแห้งของใบไม้สน
ทั้งสองชนิด ๑๐

สารบัญตาราง

๗

ตารางที่ ๑. เปรียบเทียบการประมาณพื้นที่ผิวใบจมน้ำหนักแห้งของใบ
ไม้สนชนิดต่าง ๆ

๑๒

สารบัญ

หน้า

คำนำ	v
วิธีการ	vii
การประมาณพื้นที่ผิวใบไม้สนสองใบ	๓
การประมาณพื้นที่ผิวใบไม้สนสามใบ	๒
การหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบและน้ำหนักใบ.....	๕
วิจารณ์	๑๑
สรุป	๑๖
เอกสารอ้างอิง	๑๕

ABSTRACT

Foliage area estimation of *Pinus merkusii* and *P. kesiya* was made by consideration on the geometrical shape of these two pines foliage structure. Foliage area can be measured from their middle cylinder-shaped like parts and combine with their upper cone-shape like parts. The formulae derived from their shapes and dimensions are as follows:

$$\text{For } Pinus \text{ merkusii, } A = 2.57D (2L_1 + L_2)$$

$$\text{and } P. \text{ kesiya, } A = 3.07D (2L_1 + L_2)$$

Where; A = foliage area

D = diameter of the foliage

L_1 = length of the cylindrical part

L_2 = length of the cone part

Foliage area of both kinds of pine can be estimated from the foliage dry weight as follows:

$$\text{For } Pinus \text{ merkusii, } A = 97.344 w_1 - 0.484, (r=0.980)$$

$$\text{and } P. \text{ kesiya, } A = 173.331 w_1 - 0.249, (r=0.984)$$

Where; A = foliage area (cm^2)

w_1 = foliage dry weight (gm)

r = correlation coefficient

The practical application, improvement of foliage area estimation, and indirect measurement are also discussed.

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นไม้ทั้งที่เป็นต้นเดี่ยว หรือเป็นกลุ่มของหมู่ไม้บนพื้นที่ผิวใบไม้เป็นส่วนสำคัญที่จะชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และผลผลิตของป่า (forest productivity) เพราะพื้นที่ผิวใบเป็นส่วนที่เปิดรับอากาศและแสงโดยตรง และที่ใบนี้เองที่มีการถ่ายเทและแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการรวมการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) จึงมักจะเรียกใบไม้ว่า photosynthetic part และเป็นส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนน้ำกับบรรยากาศโดยรวมโดยกระบวนการคายน้ำ (transpiration) หลักในการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตที่ถือว่าเป็นผลผลิตโดยตรงจากกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างหนึ่งเรียกว่า net assimilation rate หรือ unit leaf rate นั้นก็เป็นตัวอย่างหนึ่งในการแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของใบที่มีต่อการเพิ่มพูนน้ำหนัก ให้แก่ทุกส่วนของต้นไม้ โดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงานจากดวงอาทิตย์ไปใช้ และหลักในการวิเคราะห์ผลของการใช้น้ำของต้นไม้โดยผ่านกระบวนการคายน้ำก็ใช้ปริมาณน้ำต่อหน่วยพื้นที่ผิวใบเป็นหลักในการเปรียบเทียบ อันแสดงถึงผลของการใช้พลังงานในการที่จะปลดปล่อยน้ำออกสู่บรรยากาศ สำหรับในหน่วยเนื้อที่ของกลุ่มพืชพรรณไม้ก็ใช้พื้นที่ผิวใบ (leaf area index) เป็นหลัก ในการที่จะประเมินหาอัตราของผลผลิตของป่าในลักษณะเดียวกันกับการวิเคราะห์หากการเจริญเติบโต เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่ากลุ่มของพืชพรรณไม้ที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการเสริมสร้างส่วนต่าง ๆ อย่างไร และในการประมาณหาอัตราการสูญเสียน้ำ การรองรับน้ำ การรับแสงและรังสีจากดวงอาทิตย์ของกลุ่มพืชพรรณไม้ก็ใช้พื้นที่ผิวใบต่อหน่วยเนื้อที่ที่เรียกว่าพื้นที่ผิวใบนี้ เช่นเดียวกัน ทั้งในใบหลาย ๆ กรณี จึงมีความจำเป็นคองหาพื้นที่ผิวของใบไม้

ปัญหาในการวัดพื้นที่ผิวใบของพืชหรือต้นไม้ประเภทใบกว้างนั้นไม่ใคร่ยุ่งยากเท่ากับการวัดพื้นที่ผิวใบของไม้จำพวกสนซึ่งมีลักษณะใบแตกต่างไปจากไม้ใบกว้าง เมื่อใบไม้มีลักษณะแตกต่างกันอย่างนี้ จึงไม่มีวิธีการมาตรฐานหรือเครื่องมือใด ๆ ที่จะใช้วัดพื้นที่ผิวใบไม้ได้ทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวัดพื้นที่ผิวใบไม้สน ยังไม่มีผู้ใดคิดประดิษฐ์เครื่องมือที่จะนำมาใช้วัดได้จริงๆ ใบเหมือนกับใบไม้ประเภทใบกว้างซึ่งมีลักษณะแบนราบเรียบ Winter, et al (1956), Langer (1956) และ Freeman and Bales (1956) ได้รวบรวมข้อดีข้อเสียของการใช้วิธีการต่าง ๆ ในการวัดพื้นที่ผิวใบของพืช

ทางการกลีกรวมและพืชจำพวกพุ่มารวมทั้งวิธีที่จะใช้วัชพืชที่โตในสนามที่ใช้ได้อย่างรวดเร็ว
 เมื่อเปรียบเทียบกับพืชทางการกลีกรวมและไม้ใบกว้างแล้ว การวัชพืชที่โตในไม้สนจะต้องหาวิธี
 มาวัชโดยเฉพาะต่างหาก หรือแม้แต่ไม้สนใน genera เดียวกัน ก็ยังต้องใช้วิธีที่แตกต่างกันไป
 ตัวอย่างเช่น Kozlowski and Schumacher (1943) ได้ศึกษาวิธีที่จะวัชพืชที่โตในของไม้
 white pine และ loblolly pine ซึ่งเป็นไม้สนสามใบและสนห้าใบ แต่วิธีการก็ยังยุ่งยากอยู่
 เพราะแทนที่จะวัชพืชที่โตในใบโดยตรงได้แต่กลับต้องวัชปริมาณใบเสียก่อน ซึ่งการวัชทั้งสองอย่างมีความ
 ยุ่งยากพอๆกัน Cable (1958) ศึกษาวิธีวัชพืชที่โตในของ ponderosa pine ซึ่งมีสามใบบางครั้ง
 ก็มีสองใบโดยมีการหมุนเวียนที่ส่วนกลางของใบ Rutter (1957) และ Ovington (1957) ได้ศึกษา
 วิธีวัชพืชที่โตในของไม้ scots pine ซึ่งเป็นไม้สนสองใบแต่วิธีที่จะนำไปใช้ก็ยังไม่สะดวกนัก
 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีที่จะวัชพืชที่โตในของไม้สนอย่างง่าย ๆ เพื่อจะนำไปใช้ได้โดย
 ไม่ยุ่งยากนัก และเพื่อประโยชน์ในการศึกษาชั้นอื่น ๆ ต่อไป

วิธีการ

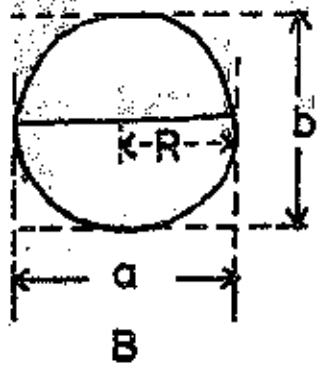
๗. การประมาณพื้นที่ผิวใบของไม้สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh & de Vriese)

เมื่อพิจารณาถึงรูปทรงทางเรขาคณิตของใบไม้สนสองใบทั้งคู่แล้วจะเห็นว่าใบไม้สนสองใบประกอบด้วยใบรูปทรงแหลมคล้ายเข็มหนึ่ง ยึดติดกันด้วยกาบ (needle sheath) ที่ปลายส่วนล่าง (ภาพที่ ๑, A) เมื่อขมับรวมใบทั้งคู่ให้สนิทติดกัน พื้นผิวใบที่อยู่ด้านบนก็ยากันจะมีลักษณะค่อนข้างแบนและด้านตรงข้ามมีลักษณะโค้งออก และเมื่อตัดขวางตรงส่วนใดส่วนหนึ่งของใบทั้งคู่แล้วใบทั้งคู่จะมีลักษณะเกือบเป็นวงกลม หรือข้างใดข้างหนึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปครึ่งวงกลม (ภาพที่ ๑, B) เมื่อใช้มือบีบใบทั้งคู่ให้ประกบกันโดยให้พื้นผิวส่วนแบนราบติดกันแล้วจะเห็นว่าใบไม้สนสองใบเป็นรูปทรงกระบอกประกอบด้วยรูปครึ่งทรงกระบอกสองอันติดกัน ความกว้างของพื้นผิวที่ประกบกัน จะมีมากกว่าส่วนที่เป็นรูปโค้ง เมื่อตั้งใบทั้งคู่ให้ตรงข้ามโดยให้พื้นผิวราบทั้งคู่ติดกัน ใบไม้สนสองใบคู่หนึ่ง ๆ อาจแบ่งรูปทรงออกเป็น ๓ ส่วนคือ ส่วนที่อยู่ด้านบนซึ่งเป็นภาพรูปกรวย ส่วนกลางเป็นรูปทรงกระบอก และส่วนบนสุดเป็นรูปกรวยคว่ำ ส่วนสำคัญของใบที่จะวัดก พื้นผิวคือบริเวณที่เป็นส่วนกลางและส่วนบนสุด เพราะว่าเป็นส่วนที่มีสีเขียวและเชื่อว่าเป็นส่วนที่มี chlorophyll ประกอบอยู่พร้อมทั้งขนานก กว้าง ๆ ทั้งการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำ เกิดในบริเวณนี้ทั้งนั้น ดังนั้นการวัดพื้นที่ผิวใบไม้สนสองใบจึงวัดเฉพาะทั้งสองส่วนนี้เท่านั้น ส่วนที่เป็นกาบไม่จำเป็นต้องวัด (ภาพที่ ๑ ก้านบน)

- สมมติให้
- a = เส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นพื้นนิรราบ
 - b = เส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นพื้นผิวโค้ง
 - D = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย = $\frac{a + b}{2}$
 - R = รัศมีของใบทั้งหมด = $\frac{D}{2}$ หรือ
 - R = $\frac{a + b}{4}$ (1.1)
- ให้
- A = พื้นผิวใบไม้สนสองใบ
 - L = ความยาวของใบไม้สนจากส่วนบนของกาบถึงปลายสุด
 - L₁ = ความยาวของส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก
 - L₂ = ความยาวของส่วนที่เป็นรูปกรวย



A



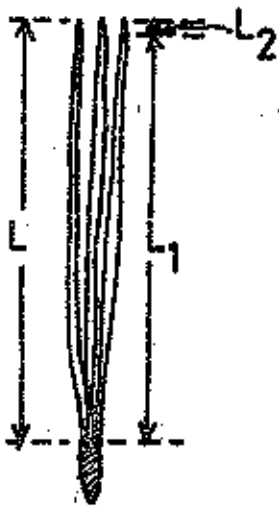
P. merkusii



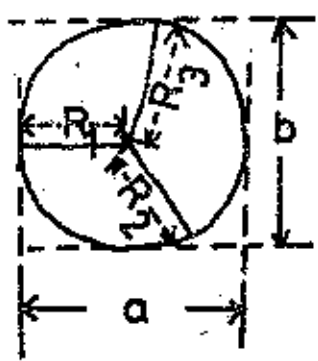
D



C



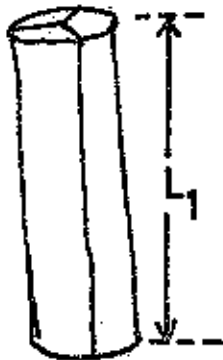
A



P. kesiya



D



C

ภาพที่ ๑. รูปโครงสร้างของรังไข่ของแมลงวันลาย (P. merkusii) และแมลงวันลาย (P. kesiya) ซึ่งแสดงถึงลักษณะของรังไข่ทั้งตัวและส่วนประกอบต่างๆ

ดังนั้นสามารถหาพื้นที่ผิว ไม้ ไม้สนสอง ใบแยกกันเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

a. พื้นที่ผิว ใบส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก แบ่งพื้นที่ผิว ใบออกเป็น ๒ ส่วน

๑. ส่วนแบนราบด้านบนเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$A_1 = 2 RL_1$$

พื้นที่ของส่วนแบนราบมี ๒ ส่วน

$$\therefore A_1 = 4 RL_1 \dots\dots\dots(1.2)$$

๒. ส่วนโค้งด้านบน เมื่อพับให้ใบสนทั้งคู่ประกบกันจะได้รูปทรงกระบอกมีรัศมี

เท่ากับ R

$$A_2 = 2 \pi RL_1 \dots\dots\dots(1.3)$$

b. พื้นที่ผิว ใบส่วนที่เป็นรูปกรวยคว่ำ พื้นที่ผิว ใบแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน เช่นเดียวกัน คือ

๑. ส่วนแบนราบด้านบนเป็นรูปสามเหลี่ยมมีฐานเท่ากับ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบทั้งคู่

คือ 2 R และมีความสูงเท่ากับ ความยาวของส่วนที่เป็นรูปกรวยคือ L_2 ดังนั้นพื้นที่ผิว ใบของส่วนแบนราบด้านบนในจึงหาได้ดังนี้

$$A_3 = 1/2 (2 RL_2)$$

$$= RL_2$$

พื้นที่ของส่วนแบนราบรูปสามเหลี่ยมมี ๒ ส่วน

$$\therefore A_3 = 2 RL_2 \dots\dots\dots(1.4)$$

๒. พื้นที่ผิว ใบด้านบนของส่วนที่เป็นรูปกรวย เมื่อพับให้ใบสนทั้งคู่ประกบกันจะได้

รูปกรวยคว่ำซึ่งมีรัศมีโดยประมาณ เท่ากับรัศมีของส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก คือ $\approx R$ และส่วนสูงของก้านลาดของรูปกรวยให้ เท่ากับส่วนสูง ของรูปสามเหลี่ยมโดยประมาณ คือ $\approx L_2$ ดังนั้นพื้นที่ผิว ใบส่วนที่เป็นรูปกรวยด้านบนจึงหาได้ดังนี้

$$A_4 = \pi RL_2 \dots\dots\dots(1.5)$$

พื้นที่ผิว ไม้สนสอง ใบทั้งหมดจะเท่ากับ (1.2) + (1.3) + (1.4) + (1.5)

$$A = 4 RL_1 + 2 \pi RL_1 + 2 RL_2 + \pi RL_2$$

$$= 2 RL_1 (2 + \pi) + RL_2 (2 + \pi)$$

$$= (2 + \pi) (2 RL_1 + RL_2)$$

$$= (2 + 3.14) R (2 L_1 + L_2)$$

$$= 5.14 R (2L_1 + L_2) \dots\dots\dots(1.6)$$

หรือ

$$= 2.57 D (2 L_1 + L_2) \dots\dots\dots(1.7)$$

เนื่องจาก L_2 นี้วัดได้ยาก ในทางปฏิบัติจึงได้ L_2 คงที่ คือ เวลาวัดความยาว
 ของใบจริง ๆ แล้ว ให้ $L_2 = 0.1$ ซม. ตลอด โดยวัดความยาวทั้งหมดของใบในส่วนที่จะหาพื้นที่ผิวใบ
 แล้วลบด้วย 0.1 ส่วนที่เหลือก็จะเป็นความยาวของส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก สำหรับขนาดเส้น -
 ผ่าศูนย์กลางของรูปทรงกระบอก คือ a และ b นั้น ในทางปฏิบัติวัดได้จากบริเวณประมาณกึ่งกลาง
 ของความยาวทั้งหมดคือที่ $L/2$ ซึ่งทำได้โดยไม่ยากนัก

เมื่อเป็นเช่นนี้สูตร (๑.๗) ก็อาจเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$A = 2.57 D(2 L - 0.1) \dots\dots\dots (1.8)$$

เพราะ $L_2 = L - L_1$

เมื่อให้ $L_2 = 0.1$

$\therefore L_1 = L - 0.1$

แทนค่า L_1 ใน (๑.๗) จะได้ $A = 2.57 D(2 L - 0.1)$ ดังแสดงไว้ใน (1.8)

๒. การประมาณพื้นที่ผิวใบของไม้สนสามใบ (Pinus kesiya Royle)

ในการวัดพื้นที่ผิวใบของไม้สนสามใบก็พิจารณาลักษณะ รูปทรงทางเรขาคณิต เช่นเดียวกัน
 รูปทรงทางเรขาคณิตส่วนภายนอกโดยทั่วไป เมื่อจับใบสนทั้งสามใบใหม่ระจิกติดกันแล้วยังคงแบ่งส่วนต่าง ๆ
 ของใบออกเป็นสามส่วน เช่นเดียวกัน แต่พื้นที่ตรงส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น รูปทรงโดยเครว ๆ ของใบไม้สน -
 สามใบแสดงไว้ในภาพที่ ๑ (กึ่งกลาง)

สมมติให้ $a =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบวัดครั้งที่หนึ่ง
 $b =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบวัดครั้งที่สอง
 $D =$ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย $= \frac{a + b}{2}$
 $R =$ รัศมีของใบทั้งหมด $= \frac{D}{2}$ หรือ
 $R = \frac{a + b}{4} \dots\dots\dots (2.1)$

- ให้
- A = พื้นที่ผิว ไม้ ไม้สนสามใบ
 - L = ความยาวของ ไม้ ไม้สนจากส่วนบนของ กานจนถึงปลายสุด
 - L_1 = ความยาวของส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก
 - L_2 = ความยาวของส่วนที่เป็นรูปกรวย

ดังนั้นสามารถหาพื้นที่ผิว ไม้ ไม้สนสามใบแยกกัน เป็นส่วน ๆ ได้ในทำนองเดียวกันกับ

ไม้ ไม้สนสองใบดังนี้

- a. พื้นที่ผิว ไม้ส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอกแบ่งพื้นที่ออกเป็น ๒ ส่วน
 - ๑. ส่วนบนราบค้ำไม้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีด้านกว้าง เท่ากับรัศมีของ ไม้ คือ R

และด้านยาว เท่ากับ L_1

$$\therefore A_1 = RL_1$$

แต่พื้นที่ของส่วนบนราบมี ๒ ส่วน

$$\therefore A_1 = 6 RL_1 \dots\dots\dots (2.2)$$

๒. ส่วนโค้งด้านบน เมื่อจับ ไม้ ไม้สนทั้งสามใบรวมให้ด้านบนเอียงระนาบระนาบจะได้อีก ๒ ส่วน
- รูปทรงกระบอก มีรัศมี = R (ให้ $R_1 \cong R_2 \cong R_3$) พื้นที่ผิวของ ไม้ ไม้สนสามใบก็จะหาได้ดังนี้

$$A_2 = 2 \pi RL_1 \dots\dots\dots (2.3)$$

๖. พื้นที่ผิว ไม้ส่วนที่เป็นรูปกรวยคือ พื้นที่ผิว ไม้ส่วนนี้ที่แบ่งออกเป็น ๒ ส่วน เช่นเดียวกัน คือ

- ๑. ส่วนบนราบค้ำไม้เป็นรูปสามเหลี่ยม มีฐานของแต่ละรูป เท่ากับรัศมีของ ไม้ ทั้งหมด

คือ R และมีความสูง เท่ากับความยาวของส่วนที่เป็นรูปกรวย คือ L_2 ดังนั้นพื้นที่ผิว ไม้ ของส่วนบนราบ ค้ำไม้จึงหาได้ดังนี้

$$A_3 = 1/2 (RL_2)$$

แต่พื้นที่ผิว ไม้ ของส่วนบนราบรูปสามเหลี่ยมมีอยู่ ๖ ส่วน

$$\therefore A_3 = 3 RL_2 \dots\dots\dots (2.4)$$

๒. พื้นที่ผิวในคานนอกของส่วนที่เป็นรูปกรวย เมื่อขมิไฟเบอร์สแตงตามใบประชิดติดกันทั้งหมด จะได้รูปกรวยคว่ำ ซึ่งมีรัศมีโดยประมาณ เท่ากับรัศมีของส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก คือ $\approx R$ และส่วนสูงของคานลาของรูปกรวยให้ เท่ากับส่วนสูงของรูปสามเหลี่ยมโดยประมาณ คือ $\approx L_2$ ดังนั้นพื้นที่ผิวในส่วนที่เป็นรูปกรวยคานนอก จึงหาได้ดังนี้

$$A_4 = \pi R L_2 \dots\dots\dots(2.5)$$

พื้นที่ผิวไฟเบอร์สแตงสามใบทั้งหมดจะเท่ากับ (2.2) + (2.3) + (2.4) + (2.5)

$$\begin{aligned} A &= 6 R L_1 + 2 \pi R L_1 + 3 R L_2 + \pi R L_2 \\ &= 2 R L_1 (3 + \pi) + R L_2 (3 + \pi) \\ &= (3 + \pi) (2 R L_1 + R L_2) \\ &= (3 + 3.14) R (2 L_1 + L_2) \\ &= 6.14 R (2 L_1 + L_2) \dots\dots\dots(2.6) \end{aligned}$$

หรือ $A = 3.07 D (2 L_1 + L_2) \dots\dots\dots(2.7)$

ในทางปฏิบัติก็เช่นเดียวกัน ความยาวของ L_2 นั้น กำหนดได้ยากจึงควรให้ L_2 คงที่ คือเวลาวัลคริง ๆ แล้วให้ $L_2 = 0.1$ มม.ตลอด ก็จะทำให้การปฏิบัติทำได้สะดวกขึ้น และการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางก็ควรวัดในบริเวณประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวใบเช่นเดียวกัน

เมื่อเป็นเช่นนี้สูตร (๒.๗) ก็อาจเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$A = 3.07 D (2 L - 0.1) \dots\dots\dots(2.8)$$

เพราะ $L_2 = L - L_1$

เมื่อให้ $L_2 = 0.1$

$\therefore L_1 = L - 0.1$

แทนค่า L_1 ใน (๒.๗) จะได้ $A = 3.07 D (2 L - 0.1)$ ดังแสดงไว้ใน (๒.๘)

๓. การหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบและน้ำหนักใบของไม้สนสองใบและสามใบ

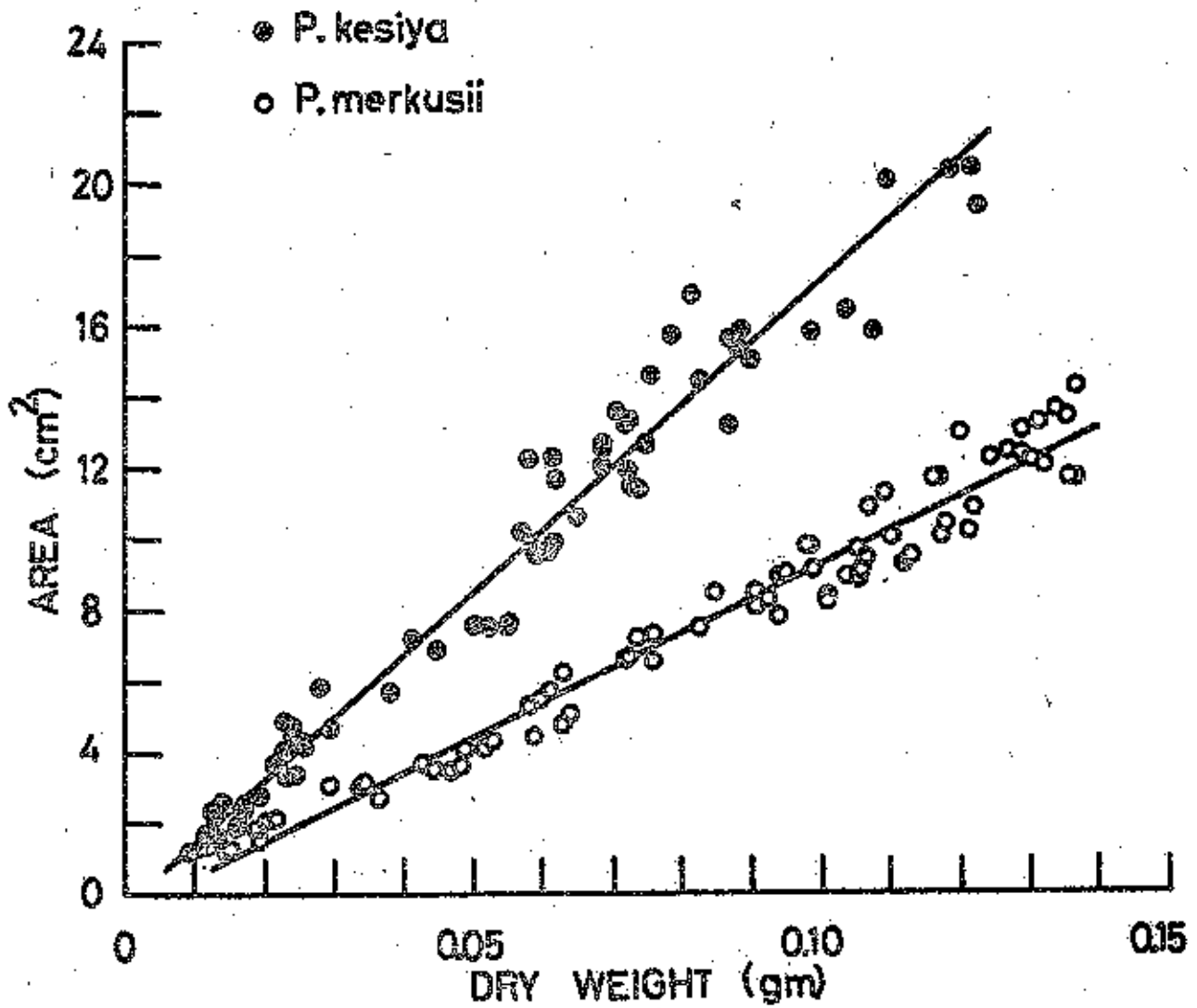
เมื่อสามารถสร้างสูตรสำหรับกรวัดพื้นที่ผิวใบได้ ซึ่งมีแล้วสิ่งที่น่าสนใจต่อไปก็คือว่า ทำอย่างไรจึงจะประมาณพื้นที่ผิวใบได้โดยสะดวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางปฏิบัติงานการศึกษาทดลอง ทั้งในห้องทดลองและในสนาม โดยปรกติกการวัดน้ำหนักของสิ่งใด ๆ ย่อมทำได้ง่ายกว่าการวัดขนาดของมิติต่าง ๆ ซึ่งต้องการความละเอียดถูกต้องและเสียเวลาในการวัดมาก ผู้ศึกษาจึงได้ลองหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบกับน้ำหนักของใบไม้สนทั้งสองชนิดโดยมีวิธีการย่อ ๆ ดังนี้

ทำการสุ่มเลือกใบไม้สนทั้งสองชนิดจากไม้สนที่ปลูกไว้ในเรือนเพาะชำของคณะวนศาสตร์ โดยสุ่มเลือกจากหลาย ๆ ต้น ทั้งต้นที่ยังเป็นกล้าไม้ซึ่งมีพอสั่ง เกดเห็นการแตกของใบออกเป็นสองและสามใบอย่างเด่นชัดแล้ว และจากต้นที่มีขนาดโตปานกลาง โดยสุ่มไปทั่วทุกตำแหน่งในเรือนยอด ไม่จำกัดว่าจะเป็นใบอายุเท่าไร จำนวนใบตัวอย่างชนิดละ ๗๕ ใบ ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบไม้สนด้วย microcaliper ที่วัดละเอียดถึงมิลลิเมตร และวัดความยาวด้วยบรรทัดให้ละเอียดถึงมิลลิเมตร เช่นเดียวกัน แล้วคำนวณหาพื้นที่ผิวใบตามสูตรทั้งสองสูตรดังกล่าวแล้วในหัวข้อ ๑ และ ๒ (สูตร ๑.๔ และ ๒.๔) แล้วนำใบตัวอย่างไปชั่งในตาชั่งไฟฟ้าที่มีความละเอียดเป็นมิลลิกรัม ทั้งที่ทำการวัดเสร็จเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการคายน้ำมากเกินไปหลังจากปลิดใบออกจากต้นแล้ว และอบใบให้แห้งที่อุณหภูมิ ๗๕ °C ในเตาอบเป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมงแล้วคำนวณหาพื้นที่แห้ง ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบกับน้ำหนักแห้งของใบไม้สนทั้งสองชนิด แสดงไว้ในภาพที่ ๒

พื้นที่ผิวใบและน้ำหนักแห้งของใบไม้สนทั้งสองชนิดมีความสัมพันธ์ในรูปเส้นตรง (linear relationship) ซึ่งสามารถประมาณพื้นที่ผิวใบจากน้ำหนักแห้งของใบได้ดังนี้

- ๑. สนสองใบ $A = 97.344 w_1 - 0.484$
 - ๒. สนสามใบ $A = 173.331 w_1 - 0.249$
- ในเมื่อ $A =$ พื้นที่ผิวใบเป็นตารางเซนติเมตร
 $w_1 =$ น้ำหนักแห้งของใบเป็นกรัม

ค่าความสัมพันธ์เส้นตรง (linear correlation coefficient, r) สำหรับใบไม้สนสองใบเท่ากับ ๐.๙๖๖ และใบไม้สนสามใบเท่ากับ ๐.๙๔๘



ภาพที่ ๒ ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบกับน้ำหนักแห้งของใบไม้ในทั้งสองชนิด
เช่นที่ภาพบนคือไม้สนสามใบ และที่ภาพล่างคือไม้เตยสองใบ

วิจารณ์

การประมาณพื้นที่ผิวใบของไม้สนนั้น ถ้าพิจารณาจากลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตแล้ว จะสามารถหาพื้นที่ผิวใบได้โดยไมยากนัก แต่การประมาณพื้นที่ผิวใบไม้สนในอดัก ส่วนใหญ่มักจะไม่ได้ถึง รูปทรงที่แท้จริงทั้งหมดของใบ อย่างเช่น Ovington (1957), Rutter (1957) และ Pollard and Wareing (1968) ได้พิจารณารูปทรงของใบไม้ scots pine ให้เป็นรูปทรงกระบอกทั้งหมด ส่วน Kozlowski and Schumacher (1948)พยายามจะวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบที่หลาย ๆ จุด ในระยะเท่า ๆ กัน เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความเร็วของใบ แต่ทั้งหมดนี้ไม่มีกรพิจารณาถึงส่วนปลายของ ใบไม้สนว่าจะมีรูปทรงเป็นอย่างไร เมื่อจะนำสูตรไปใช้ในการปฏิบัติการหาพื้นที่ผิวใบไม้สนจริง ๆ แล้ว มักจะมีข้อบกพร่องและมีเงื่อนไตรง ๆ นานา อย่างเช่น Rutter (1957) ได้สรุปลงโดยการ ใช้ความกว้างของใบคูณด้วยความยาวเท่านั้น และถือว่าใบไม้สนมีพื้นที่ผิวใบคำนวณเดียวกับใบไม้ ใบกว้างทั่วไป ทั้ง ๆ ที่โดยทั่วไปแล้ว ใบไม้สนมีปากใบ (stomata) อยู่โดยรอบทุกด้าน (Esau, 1966) ในการประมาณพื้นที่ผิวใบไม้สนโดยพิจารณาถึงผลรวมของพื้นที่ผิวใบทั้งส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอกใบรีเวลาด่าง ๆ และส่วนที่เป็นรูปกรวยใบรีเวลาด่างสุด ควรจะทำให้ คำนวณพื้นที่ผิวใบไม้สนที่แท้จริงและจากสูตรที่ได้จากการศึกษา ครั้งนี้จะเห็นว่าเป็นการประมาณพื้นที่ผิวใบทุกส่วน ทุกด้าน โดยพิจารณาละเอียดลงไปอีกว่า ไม้ว่าจะเป็นที่ พื้นที่ผิวใบคำนวณกันที่ความมีโอกาสที่จะคำนวณขนาดในการในชั้นสรีรวิทยา ทุก ๆ กัน เพราะทุกส่วนมีสีเขียว และมีปากใบทุกด้านคงกล่าวแล้ว อย่างไรก็ตามสูตรการหาพื้นที่ผิวใบไม้สน เขาทั้งสองสูตร (๑.๑ และ ๒.๑) ที่ได้มาแล้วนี้ก็ยังมิชอบที่จะผิดพลาดได้บ้างเล็กน้อย เนื่องจากไม่ได้พิจารณาถึงความเร็วของใบเลย แต่อาจจะแก้ไขได้โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอีกหลาย ๆ จุด อย่างไรก็ตามจะทำให้เสียเวลา ในการวัดมากขึ้นไปอีก อีกประการหนึ่งการกำหนดความยาวใบตรงส่วนที่เป็นรูปกรวยให้ยาวคงที่คือ ๑.๑ ซม. นั้น เป็นการกำหนดคร่าว ๆ โดยถือว่าเป็นขนาดที่ควรจะเป็นมากที่สุดสำหรับส่วนนี้แม้ใบไม้สนบางใบ อาจจะเร็วหรือช้าไปบ้างก็ตาม และความยาวขนาดนี้ทำให้การคำนวณทำได้สะดวก พงษ์ศักดิ์ สุนทรานุ (๑๙๖๕) ได้ใช้สูตรอย่างเดียวกันนี้ในการหาพื้นที่ผิวใบของไม้สนสองใบ (Japanese black pine, *P. thunbergii*) เพื่อนำไปวิเคราะห์การเจริญเติบโตมาแล้ว

จากสูตรการประมาณพื้นที่ผิวไม้ไม้สนเราทั้งสอง ชนิดจะเห็นว่าถ้าไม้ไม้สนเราทั้งสอง ชนิดนี้ มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวเท่า ๆ กัน พื้นที่ผิวไม้ไม้สนสามใบจะมากกว่า (สูตร ๑.๑ และ ๒.๑) แสดงถึงการมีผิวใบที่จะใช้ในการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำมากกว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบ กับน้ำหนักของ ไม้ไม้สนทั้งสองชนิดก็แสดงลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเช่นเดียวกัน (ดูภาพที่ ๒) ถ้าหากไม้ไม้สนทั้งสองชนิดมีน้ำหนักแห้งเท่ากัน เช่น ๐.๐๕ กรัม ไม้ไม้สนสองใบจะมีพื้นที่ผิวใบเท่ากับ ๔.๓๘๓ ± ๐.๓๐๓ ตารางเซนติเมตร ในขณะที่เดียวกันไม้ไม้สนสามใบจะมีพื้นที่ใบเท่ากับ ๘.๘๖๓ ± ๑.๑๑๐ ตารางเซนติเมตรที่ probability ๐.๐๑ จากตารางทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวไม้ไม้สน ทั้งสองชนิดชนิดละ ๑๕ ใบ และใช้สูตรที่แสดงไว้ในตารางที่ ๑ ซึ่งจะได้เห็นว่าไม้ไม้สนสามใบ มีพื้นที่ผิวใบมากกว่าไม้ไม้สนสองใบถึง ๒ เท่า

ตารางที่ ๑. เปรียบเทียบการประมาณพื้นที่ผิวใบจากน้ำหนักแห้งของไม้ไม้สนชนิดต่าง ๆ

ชนิดไม้	Linear regression*	Sy. ^{***}	Sources
P. merkusii	A = 97.344 w ₁ - 0.484	0.725	Sahumalu (1975) Gable (1958)
P. kesiya	A = 173.331 w ₁ - 0.249	1.013	
P. thunbergii	A = 72.653 w ₁ - 0.665	0.025	
P. ponderosa	A = 54.502 w ₁ + 5.645**	1.038	

* ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในสมการเป็นอย่างไรเดียวกันกับในหัวข้อ ๓
 ** สัญลักษณ์ในสมการนี้เปลี่ยนจากของเดิมมาให้เหมือนกับสมการอื่น
 *** ค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าประมาณความผิดพลาด (standard error of estimate)

ในตารางที่ ๑. Cable(1958) ได้ใช้สูตรของ Kozlowski and Schumacher(1948)

ใบประมาณหาพื้นที่ผิวใบของไม้สน ponderosa pine จะเห็นได้ว่าสมการมีค่า intercept เป็นบวก จึงเป็นที่น่าสงสัยว่าการหาพื้นที่ผิวใบน่าจะ overestimate เพราะธรรมชาติของสมการประเภทนี้ ไม่แสดงให้เห็นว่าจะเป็นไปเช่นนั้นได้ คือถ้าไม้มีน้ำหนักเลย ก็ไม่อาจมีพื้นที่ผิวใบ แต่ในสมการที่ได้จากการศึกษาครั้งนั้นและในครั้งก่อน (พงษ์ศักดิ์ สหุณาโร, ๑๙๖๕) จะเห็นว่า intercept เป็นลบ ซึ่งเกิดจากการประมาณหาพื้นที่ผิวใบเฉพาะส่วนที่เป็นสีเขียวเหมือนอกขมูมิใบ เท่านั้น น้ำหนักของใบจึงยังคงมีอยู่แม้พื้นที่ผิวใบจะไม่มีเลย และในทฤษฎีจริง ๆ ในการหาพื้นที่ผิวใบนั้น หากมีกษัตริย์ใบออกจากกิ่งโดยมี กากขมูมิใบติดอยู่ด้วยเสมอ เมื่อนำน้ำหนักของใบได้แล้วพื้นที่ใบก็ย่อมจะหาได้ทันทีจากการใช้สมการดังกล่าว ซึ่งจะได้พื้นที่ผิวใบเฉพาะส่วนที่เป็นสีเขียวจริง ๆ หรือเฉพาะที่เป็น photosynthetic part ในใบไม้ เท่านั้น การประมาณพื้นที่ผิวใบไม้สน เราจึงอาจทำได้ถูกต้องและรวดเร็ว จากการประยุกต์สูตรและสมการที่ได้จากการศึกษาลักษณะนี้ อย่างไรก็ตามสูตรที่ได้ก็ยังไม่มีมีการทดสอบว่าจะผิดพลาดไปจากความเป็นจริง มากน้อยแค่ไหน แต่ถ้าหากมีการวัดผลิต่าง ๆ มากขึ้นก็จะทำให้งานมากขึ้นยอมทำให้การปฏิบัติงานทำได้ ง่ายขึ้น และการประมาณพื้นที่จากความสัมพันธ์อย่างอื่นของพื้นที่ผิวใบ เช่นพื้นที่ผิวใบกับปริมาตรใบก็ทำได้ยาก ตัวอย่างเช่นในการศึกษาของ Kozlowski and Schumacher(1948) ซึ่งจะยังเห็นว่าทำให้การ ประมาณพื้นที่ผิวใบได้ผิดจากความเป็นจริง การประมาณพื้นที่ผิวใบในต้นไม้โตหาคัดเลือกหรือค่อนพื้นที่ดิน แต่อย่างไรก็ตามก็อาจจะนำไปประยุกต์ได้อย่างรวดเร็ว ถ้าทราบน้ำหนักแห้งของใบไม้สนแล้ว ซึ่งโดยปกติ ในทางวิชาการเจริญเติบโตหรือการศึกษาถึงผลผลิตของป่า เรามักจะชั่งน้ำหนักของใบหรือได้น้ำหนักของใบจากการประยุกต์ allometric equation อยู่แล้ว

สรุป

๑. จากการศึกษาวิธีการประมาณพื้นที่ผิว ใบไม้สนสองใบและสนสามใบโดยจากการพิจารณาจากรูปทรงทางเรขาคณิตของใบไม้สนทั้งสองชนิดคือ แบ่งออกเป็นสองส่วนโดยให้ส่วนกลางเป็นรูปทรงกระบอก และส่วนปลายเป็นรูปกรวยแล้ว ทำให้เขียนเป็นสูตรสำหรับการประมาณพื้นที่ผิวใบไม้ได้ดังนี้

๑. ใบไม้สนสองใบ, $A = 2.57 D (2 L_1 + L_2)$

๒. ใบไม้สนสามใบ, $A = 3.07 D (2 L_1 + L_2)$

ใบเมื่อ

- A = พื้นที่ผิวใบ
- D = diameter ส่วนโคนศูนย์กลางของใบ
- L_1 = ความยาวของใบส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก
- L_2 = ความยาวของใบส่วนที่เป็นรูปกรวย

๒. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของใบไม้สนทั้งสองชนิดกับพื้นที่ผิวใบมีลักษณะเป็นเส้นตรง และอาจประมาณพื้นที่ผิวใบจากน้ำหนักแห้งของใบไม้ได้จากการทอยใบนี้

๑. ใบไม้สนสองใบ, $A = 97.344 w_1 - 0.484, (r = 0.980)$

๒. ใบไม้สนสามใบ, $A = 173.331 w_1 - 0.249 (r = 0.984)$

ใบเมื่อ

- A = พื้นที่ผิวใบเป็นตารางเซนติเมตร
- w_1 = น้ำหนักแห้งของใบเป็นกรัม
- r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

๓. เชื่อว่าการประมาณพื้นที่ผิวใบจากการพิจารณารูปทรงทางเรขาคณิตโดยแบ่งหาพื้นที่ผิวใบแต่ละส่วนแล้วรวมกัน ทำให้ได้พื้นที่ผิวใบที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าการใช้วิธีการประมาณอย่างอื่น

๔. จากสูตรความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบและน้ำหนักแห้งของใบจะช่วยให้สามารถประมาณพื้นที่ผิวใบได้รวดเร็วขึ้น ถ้าทราบน้ำหนักแห้งของใบแล้ว ใบอาจจะเป็นน้ำหนักของกิ่งก้านหรือกิ่งป่า

เอกสารอ้างอิง

- Esau, K. 1960. Anatomy of Seed Plants. John Wiley and Son, International ed.
- Gable, D.R. 1958. Estimating surface area of ponderosa pine foliage in central Arizona. For. Sci. 4:45-49.
- Freeman, G.H. and B.D. Bales. 1956. A method for rapid determination of leaf area in the field. In the Growth of Leaves. ed. F.L. Milthorpe. Butterworth Sci. Pub.
- Kozlowski, T.T., and F.X. Schumacher. 1943. Estimation of stomated foliar surface of pines. Plant Physiol. 18:122-127.
- Langer, R.H.M. 1956. Measurement of leaf growth in grasses. In the Growth of Leaves. ed. F.L. Milthorpe. Butterworth Sci. Pub.
- Ovington, J.D. 1957. Dry matter production by *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N.S. 21:287-314.
- Pollard, D.F.W., and P.F. Wareing. 1968. Rates of dry matter production in forest tree seedlings. Ann. Bot. 32:579-591.
- Rutter, A.J. 1957. Studies in the growth of young plants of *Pinus sylvestris* L.I. The annual cycle of assimilation and growth. Ann. Bot. N.S. 21:399-426.

Sahmala, P. 1975. An autecological study on water relations of some Japanese pines. Unpublished thesis. Kyoto University.

Winter, E.J., P.J. Salter, G.S. Stanhill, and J.K.A. Bleasdale. 1956. Measurement of leaf area. In The Growth of Leaves. ed. F.L. Milthorpe. Butterworth Sci. Pub.