

**การเกิดขึ้นใหม่ของพืชพรรณในช่องว่างระหว่างเรือนยอด
ในป่าดิบเขาบริเวณสถานีต้นน้ำห้วยน้ำดัง จังหวัดเชียงใหม่**
**REVEGETATION IN GAPS IN HILL EVERGREEN FOREST
AT HUAY NAM DUNG WATERSHED STATION,
CHANGWAT CHIANGMAI**

ปรีชา ธรรมานนท์ *

Pricha Dhanmanonda

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู *

Pongsak Sahunafu

ลดาวัลย์ พวงจิตร์ *

Ladawan Paungchit

ABSTRACT

The process and rate of revegetation in gaps in hill evergreen forest were studied by comparing the species composition, tree density, frequency distribution of tree height, and relation between diameter at breast height and tree height among different aged stands. Stand ages were estimated by the ages of gap indicators. It took about 100 years for gaps to be filled by large fully-grown trees. Since the mean residence time of the forest canopy was 200 years, the trees that attain the forest canopy were expected to be canopy trees for 100 years on the average. According to the frequency distributions of height of live and dead trees in different aged stands, it was suggested that shorter trees were more susceptible to death than taller trees. The self-thinning in revegetation process in gaps approximately followed the $3/2$ power law, though the power was larger (-1.30) than expected from the law.

บทคัดย่อ

ขบวนการและอัตราการเกิดขึ้นใหม่ของพืชพรรณในช่องว่างระหว่างเรือนยอดของป่าดิบเขา ได้ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ ความหนาแน่นของต้นไม้ การแจกแจงความถี่ ความสูงของต้นไม้ และความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางกับความสูงเพียงอก กับความสูงของต้นไม้ ในระหว่างต้นไม้ที่มีอายุแตกต่างกัน อายุของต้นไม้ที่ประมาณจากอายุของ gap indicator ช่องว่างระหว่างเรือนยอดจะหมดไปในเวลาประมาณ 100 ปี ทั้งนี้โดยอาศัยการเจริญเติบโตของต้นไม้จนเป็นไม้ใหญ่ เนื่องจากอายุเฉลี่ยของไม้ที่ขึ้นบนอยู่ในราว 200 ปี ดังนั้นหลังจากต้นไม้เจริญเติบโตจนเป็นไม้ขึ้นบนแล้ว จึงมีอายุอยู่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 100 ปี จากการแจกแจงความสูงของต้นไม้ทั้งที่ยังมีชีวิตและที่ตายแล้วในหมู่ไม้

* ภาควิชาวนาและวนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10903

ก็มีอายุแตกต่างกันนั้น แสดงให้เห็นว่าต้นไม้ที่เล็กกว่าจะตายมากกว่าต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่า self-thinning ซึ่งเกิดขึ้นในขบวนการของการเกิดขึ้นใหม่ของพืชพรรณในช่องว่างระหว่างเรือนยอดนั้นเป็นไปตาม $3/2$ power law แม้ว่าค่าที่ได้ (-1.30) จะมากกว่า (-1.50) ซึ่งเป็นค่าที่ได้ตามกฎก็ตาม

ทํานาน

ภัยจากธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น สมพายุ ไข้ฝุ่น ฝนตกหนัก การเจียนไถของแผ่นดิน ไฟ ฯลฯ ล้วนแต่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการตายขึ้นกับไม้ยืนต้น ซึ่งจะติดตามมาด้วยการเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด (White, 1979) หลังจากช่องว่างระหว่างเรือนยอดเกิดขึ้นแล้ว การเกิดขึ้นใหม่ของพืชพรรณก็จะสืบเนื่องต่อไป และในที่สุดช่องว่างระหว่างเรือนยอดก็จะหมดไปโดยการเจริญเติบโตของต้นไม้ เนื่องจากไม้ยืนต้นซึ่งมีขนาดของเรือนยอดแตกต่างกันนั้นจะตายลงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นช่องว่างระหว่างเรือนยอดซึ่งมีอายุและขนาดแตกต่างกัน จึงกระจายอยู่ในรูปของ patches การกระจายของ patches ซึ่งมีอายุแตกต่างกันนี้ทำให้เกิด heterogeneity ขึ้นในองค์ประกอบของชนิดไม้ และโครงสร้างของป่าไม้ที่อยู่ในสภาพของ climax (ตัวอย่างเช่น Aubreville, 1938; Watt, 1947; Richards, 1952; Folinski, 1978; Whitmore, 1978; Ohsawa, 1979; Reiners และ Lang, 1979; Florence, 1981; Naka, 1982; Nakashizuka และ Numata, 1982) ขบวนการและอัตราของการเกิดขึ้นใหม่ของพืชพรรณจากวันที่เกิดจนถึงวันที่สภาพของช่องว่างระหว่างเรือนยอดสิ้นสุดลงนั้น เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเพื่อจะได้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของประชากรของป่า

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

พื้นที่ของป่าดิบเขาที่ศึกษา เป็นส่วนหนึ่งของ

พื้นที่หน่วยโครงการหลวงพัฒนาดินน้ำที่ 2 (ห้วยน้ำค้าง) อยู่ในท้องที่ ตำบลกิดช้าง อำเภอมะแมง จังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากบ้านแม่มาลัยไปตามเส้นทางถนนสายเชียงใหม่-แม่มาลัย-ป่าอ ประมาณ 56 กม. หน่วยงานนี้ได้จัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2518 ขึ้นกับกองอนุรักษ์ต้นน้ำกรมป่าไม้ ขอบเขตพื้นที่ด้านนี้ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $18^{\circ} 18' - 22'$ เหนือ กับเส้นแวงที่ $99^{\circ} 35' - 43'$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเล 560 - 1,982 เมตร ความสูงเฉลี่ย 1,034 เมตร ความลาดชันเฉลี่ย 48.14% เนื้อที่ลุ่มน้ำ 82.85 ตารางกิโลเมตร

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษามีดังต่อไปนี้คือ

1. วางแปลงขนาด 25, 64, 144, 84, 100 และ 100 ตารางเมตร ลงในช่องว่างระหว่างเรือนยอดที่มีอายุ 10, 17, 31, 41, 47 และมากกว่า 200 ปี ตามลำดับ วัดความสูงของต้นไม้ทุกต้นที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร พร้อมทั้งวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (DBH) แล้วนำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่น พร้อมทั้งบันทึกขนาดและชนิดของต้นไม้ที่ตายแล้วและยังมีชีวิตอยู่
2. หาคความหนาแน่นเฉลี่ย (จำนวน/100 ม²) ในช่องว่างระหว่างเรือนยอดที่มีอายุแตกต่างกัน และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยของหน่วยไม้ทุกชั้นอายุดังกล่าวมาแล้ว

ผลและวิจารณ์ผล

โปรไฟล์ของหน่วยไม้อายุน้อย

ภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงหน่วยไม้ที่ปรากฏอยู่

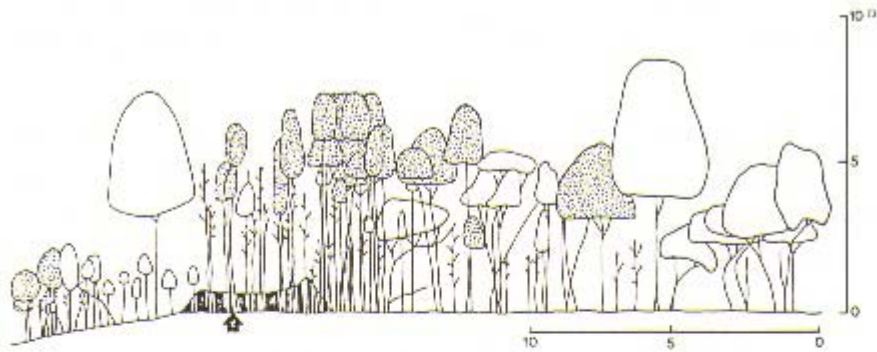


Figure 1. Profile of a 17 year old gap in the study area. All live and dead trees over 1.3 m. high are shown. Tree without leaves are dead. A gap maker is shown by an arrow. Dotted crown, *Castanopsis acuminatissima*. Blank crown, other species. Plot area, 4 m $\times$ 30 m.

ในช่องว่างระหว่างเรือนยอด ซึ่งมีอายุ 17 ปี การคายของต้นไม้ใหญ่ซึ่งล้มนอนอยู่ที่บริเวณใกล้กับจุดศูนย์กลาง (แสดงให้เห็นโดยศรชี้) นั้น เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดขึ้นมา ความสูงของต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่และต้นไม้ที่ตายแล้ว มีค่าประมาณ 8 และ 4 เมตร ตามลำดับชนิดไม้ที่มีจำนวนมากที่สุด คือ ก่อเดือย และเช่นเดียวกับชนิดไม้ที่ยืนต้นตายซึ่งมีจำนวนมากที่สุดก็คือ ก่อเดือย เช่นเดียวกัน จากการสังเกตพบว่า เรือนยอดของก่อเดือยที่ยังมีอายุน้อยอยู่ นั้นจะมีลักษณะเป็นรูปกรวยเล็ก แต่ก่อนข้างกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ อีก ลักษณะหนึ่งที่พบในพวกไม้ก่อก็คือ ลักษณะที่เป็นรูปแบบของ monopodial เมื่อยังมีขนาดเล็กอยู่ และเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้นรูปแบบจะเปลี่ยนไปเป็น symodial ซึ่งปรากฏการณ์นี้ก็สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Naka (1984) ซึ่งพบว่า *Symplocos prunifolia* (เป็นไม้ใบกว้างซึ่งไม่ผลัดใบ) นั้นจะมี

รูปแบบเป็น monopodial เมื่อมีความสูงน้อยกว่า 10 เมตร แต่เมื่อความสูงมากกว่า 10 เมตรแล้วรูปแบบจะเปลี่ยนไปเป็น symodial และนอกจากนี้แล้วยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Whitmore (1979) ซึ่งรายงานไว้ว่า ลักษณะที่ต้นไม้ที่ยังมีอายุน้อยอยู่ในเรือนยอดเป็นรูปกรวยเล็ก รวมทั้งลักษณะที่เป็นแบบ monopodial นั้นเป็นรูปแบบที่พบอยู่ในป่าดงดิบที่ประเทศบรูไน

ชนิดของพรรณไม้ที่เข้ามาทดแทน ซึ่งจะเป็นไม้ชั้นบนต่อไปในอนาคตนั้นเห็นได้ค่อนข้างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากว่าจำนวนของก่อก่อเดือยทั้งที่เป็นกล้าไม้ (ความสูงน้อยกว่า 1.30 ม.) และลูกไม้ (มีความสูงมากกว่า 1.30 ม.) แต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (น้อยกว่า 4.5 ซม.) นั้นมีจำนวนมากกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม สิ่งนี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งของโปรไฟล์ในหมู่ไม้ที่ยังมีอายุน้อยอยู่เท่านั้น ซึ่งลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิด

Table 1. General features of study stands.

Stand number	1	2	3	4	5	6
Stand age (years)	10	17	31	41	47	> 200
Slope	10°	7°	15°	10°	14°	20°
Aspect	N ₆₀ W	N ₅₀ W	N ₂₀ W	N ₁₀ W	N ₁₀ W	S ₄₀ W
Gap area (m ²)	79.4	129.2	220.0	115.9	227.8	—
Quadrat size (m ²)	25	64	144	64	100	100
Total basal area (m ² /ha)	3.20	16.45	21.2	24.27	26.63	60.17 *

*The value calculated from all overstory trees (DBH > 15 cm)

พรรณไม้ในชั้นยอดจะต้องแตกต่างกันไปตามอายุของ หนุ่ยไม้ และสภาพของพื้นที่ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

ลักษณะทั่วไปของหนุ่ยไม้ที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่ว ๆ ไป ของหนุ่ยไม้ที่ทำการศึกษาอายุของหนุ่ยไม้ในนั้น ประมาณ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับเส้นผ่าศูนย์กลาง ของต้นไม้ ซึ่งเป็นตรรกะของช่องว่างระหว่างเรือน ยอด (gap indicator) ตามวิธีการของ Misra และ คณะ (1974) ซึ่งหนุ่ยไม้ที่ใช้เพื่อการศึกษาในครั้งนี้มี อายุประมาณ 10, 17, 31, 41 และ 47 ปี สำหรับ หนุ่ยไม้ซึ่งมีอายุมากที่สุดนั้นพบว่ามีความสูงกว่า 250 ปี

พื้นที่พุ่มไม้ทั้งหมดของหนุ่ยไม้มีค่าเท่ากับ 3.20, 16.45, 21.12, 24.27 และ 26.63 ม²/เฮกแตร์ สำหรับหนุ่ยไม้ที่มีอายุ 10, 17, 31, 41 และ 47 ปี ตามลำดับ สำหรับหนุ่ยไม้ที่มีอายุ 200 ปี ซึ่งเป็นหนุ่ย ไม้ที่มีอายุมากที่สุดสำหรับการศึกษาในครั้งนี้มีพื้นที่ พุ่มไม้ทั้งหมดเท่ากับ 60.17 ม²/เฮกแตร์ ค่านี้จะ อาจจะต่ำไปสำหรับพื้นที่พุ่มไม้ทั้งหมดของป่าดิบเขา ทั้งนี้เนื่องจากว่า ค่าที่ได้มีนี้ได้มาจากต้นไม้ที่มีเส้น ผ่านศูนย์กลางที่สูงเพียงต่ำกว่า 15 ซม. มา คิดด้วย

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชนิดไม้

ความหนาแน่นของต้นไม้

ตารางที่ 2 แสดงถึงความหนาแน่นของต้นไม้ ที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ในหนุ่ยไม้ที่มีอายุ แตกต่างกัน (ในที่นี้มุ่งศึกษาเฉพาะไม้ที่มีตรรกะ ความสำคัญสูง 10 ชนิดเท่านั้น) ความเด่นสัมพัทธ์ ของไม้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งคำนวณได้จากตารางที่ 3 นั้น แสดงให้เห็นถึงความเด่นของไม้ชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่ ที่ทำการศึกษา ผลปรากฏว่าความเด่นสัมพัทธ์ของ ก่อเลื้อย ไถ่ กระยอมตง โกนแดง ทะโล้ กร้าว หว้าแดง ม่วงเสียด มะขาง และกู๊ก มีค่าเท่ากับ 37-94%, 15-27%, 15-26%, 1-11%, 11-16%, 11-14%, 10-14%, 9-12%, 8-12% และ 7-9% ของ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดตามลำดับ ในทุกชั้นอายุของ หนุ่ยไม้ ปรากฏว่าก่อเลื้อยมีปริมาณมากที่สุด (84.01 ± 4.88%) ส่วนกู๊กนั้นมีปริมาณน้อยที่สุด โดยปรากฏ อยู่แค่เพียงในหนุ่ยไม้ที่ 1 (อายุ 10 ปี) เท่านั้น ปริมาณ ที่ปรากฏอยู่คือ 0.2=0.48% ปริมาณของไม้ชนิด ต่าง ๆ นั้น แสดงอยู่ในตารางที่ 2 ชนิดไม้ที่มีปรากฏ อยู่ในทุกชั้นอายุของหนุ่ยไม้ในนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ ก่อเลื้อย ไถ่ และ กระยอมตง ซึ่งไม้ทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวแล้วนี้เป็นไม้ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของความสำคัญ สูงสุดลดหลั่นกันลงมาตามลำดับ

Table 2. Density of trees (number/100 m²) over 1.3 m high for 10 dominant species in different aged stands (number in parenthesis are relative density).

Stand number	1	2	3	4	5	6	
Stand age (years)	10	17	31	41	47	> 200	$\bar{x} \pm SD$ (%)
Scientific name							
	(63.0)	(72.8)	(61.8)	(63.2)	(59.0)	(64.28)	64.01 $\pm$ 4.66
<i>Castanopsis acuminatissima</i>	150	123	60	48	23	9	
	(12.6)	(14.8)	(23.7)	(10.5)	(12.8)	(14.28)	14.78 $\pm$ 4.62
<i>Homalium damrongianum</i>	30	25	23	8	5	2	
	(7.1)	(3.0)	(3.1)	(6.6)	(7.6)		4.56 $\pm$ 3.00
<i>Shorea talura</i>	17	5	3	5	3		
	(5.0)		(3.1)		(7.6)	(7.14)	3.80 $\pm$ 3.59
<i>Aeschynanthus</i> sp.	12		3		3	1	
	(1.2)		(3.1)			(14.28)	3.90 $\pm$ 5.61
<i>Schima wallichii</i>	3		3			2	
	(2.1)				(12.8)		2.48 $\pm$ 5.12
<i>Butea monosperma</i>	5				5		
		(1.8)		(3.9)			0.95 $\pm$ 1.61
<i>Eugenia grandis</i>		3		3			
	(1.2)	(1.8)		(15.8)			3.13 $\pm$ 6.25
<i>Knema cinerea</i>	3	3		12			
	(6.3)	(5.9)	(5.1)				2.88 $\pm$ 3.18
<i>Sacosperma arboreum</i>	15	10	5				
	(1.2)						0.2 $\pm$ 0.48
<i>Lanea coromandelica</i>	2						
Total	238	169	97	76	39	14	100.00

ภาพที่ 2 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ และต้นไม้ที่ตายแล้วที่มีความสูงมากกว่า 1.30 ม. ภายหลังจากที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอดได้เกิดขึ้นแล้ว ผลปรากฏว่าความหนาแน่นของต้นไม้ ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว จะมีค่าสูงสุดอยู่ในหมู่ไม้ที่มีอายุน้อยที่สุด และค่าดังกล่าวนี้จะลดลงเมื่อหมู่ไม้นั้นอายุมากขึ้น ความหนาแน่นของต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้วมีค่าเท่ากับ 238 และ 96, 169 และ 60, 87 และ

23, 76 และ 8, 39 และ 3, 14 และ 1 ในหมู่ไม้ที่มีอายุ 10, 17, 31, 41, 47 และมากกว่า 200 ปี ตามลำดับ สำหรับสัดส่วนของต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ และต้นไม้ที่ตายแล้วก็จะมีค่าสูงสุดอยู่ในหมู่ไม้ที่มีอายุน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 38.91%, 35.50%, 23.71%, 10.52%, 7.69% และ 7.14% สำหรับหมู่ไม้ที่มีอายุ 10, 17, 31, 41, 47 และมากกว่า 200 ปี ตามลำดับ

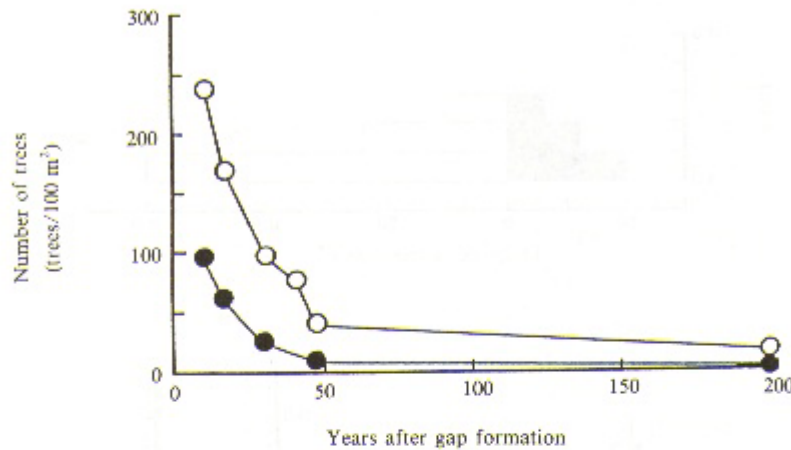


Figure 2. Changes in densities of standing live and dead trees with length of time after gap formation. Tree densities were averaged for age group. Open circles, live trees. Solid circles, dead trees.

การเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของหนุไม้ ความสูงของต้นไม้

ภาพที่ 3 แสดงถึงการแจกแจงความถี่ตามความสูงสำหรับต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว สำหรับการเปลี่ยนแปลงของการแจกแจงความถี่ตามความสูงของต้นไม้ไปตามกาลเวลานั้น เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ในการที่จะทำให้เข้าใจถึงการเข้าไปทดแทนของพืชพรรณ หลังจากการเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด ในกรณีของต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่นั้นปรากฏว่าการแจกแจงความถี่ในหนุไม้ที่มีอายุมาก (หนุไม้ 3-6) อยู่ในรูปของ Bi-modal (Bi-modal frequency distributions) ส่วนในหนุไม้ที่ยังมีอายุน้อยอยู่นั้น (หนุไม้ 1 และ 2) ปรากฏว่าการแจกแจงความถี่อยู่ในรูปของ L-shaped (L-shaped frequency distributions) สำหรับการ

แจกแจงความถี่ของต้นไม้ที่ตายแล้วก็มีรูปแบบเช่นเดียวกันกับต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่เช่นเดียวกัน กล่าวคือ ในหนุไม้ที่ยังมีอายุน้อยอยู่ (หนุไม้ 1 และ 2) อยู่ในรูปแบบของ L-shaped ส่วนในหนุไม้ที่มีอายุมาก (หนุไม้ 3-6) อยู่ในรูปแบบของ Bi-modal ในทุกหนุไม้ ยกเว้นหนุไม้ 1 นั้นปรากฏว่าไม่มีไม้ตายปรากฏอยู่ในชั้นความสูงที่สูงสุดเลย ในทุกหนุไม้ปรากฏว่า การแจกแจงความถี่ของไม้ตายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของต้นไม้ลดลง ผลการศึกษานี้ซึ่งคล้ายคลึงกันนี้ได้รายงานไว้โดย Ovington (1957) และ Miyata (1977) โดยที่ Ovington (1957) ได้แสดงให้เห็นว่าความสูงของไม้ชั้นบนที่ยังมีชีวิตอยู่ของ *Pinus sylvestris* ในสวนป่านั้นจะมีความสูงมากกว่าไม้ที่ตายแล้วในทุกชั้นอายุของสวนป่า รวมทั้ง Miyata (1977) ก็ได้แสดงให้เห็น

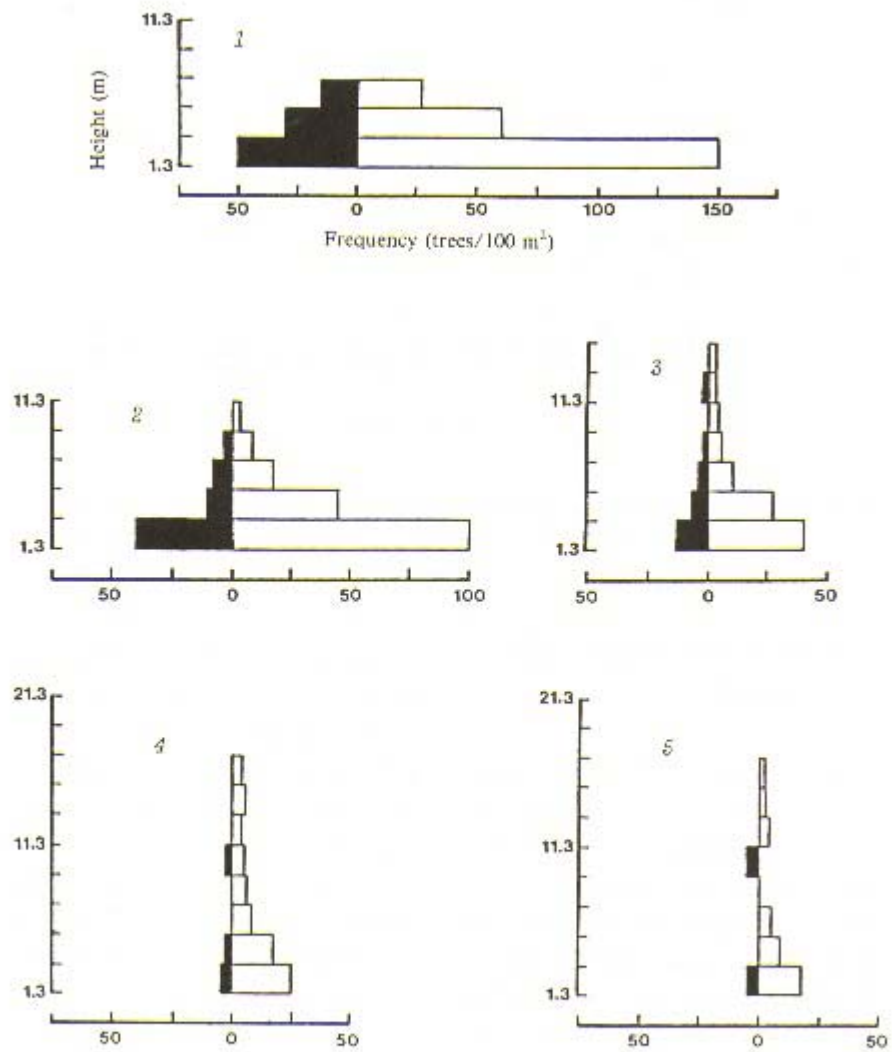


Figure 3. Frequency distribution of tree height (H) for snading live and dead trees. Open bars, live trees. Solid bars, dead trees. Number in italics represent stand numbers.

ว่า ในสวนป่า *Pinus densiflora* ซึ่งมีอายุแตกต่างกัน Mode ของการแจกแจงความถี่สามชั้นชั้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกของไม้ที่มีชีวิตอยู่จะมีค่าสูงกว่าไม้ที่ตายแล้ว จากความจริงเช่นนี้เป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่า ต้นไม้ที่มีความสูงน้อยกว่ามีโอกาสที่จะตายได้มากกว่าต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่า ดังนั้นอัตราส่วนของการตาย (Dead tree ratio, DTR) ในแต่ละชั้นความสูง จึงสามารถคำนวณได้โดยใช้จำนวนของไม้ตายในชั้นความสูงนั้น ๆ หากด้วยจำนวนต้นไม้ทั้งหมดในชั้นความสูงเดียวกัน ในทุกหมู่ไม้ปรากฏว่า DTR จะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดในชั้นความสูงที่ต่ำสุด และสูงสุด ตามลำดับ ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Naka (1984) เนื่องจากว่าไม้ตายที่มีขนาดใหญ่มากกว่าอาจจะมีโอกาสขึ้นต้นอยู่ได้มากกว่าไม้ตายที่มีขนาดเล็กกว่า (Miyara, 1977) ดังนั้นค่า DTR ในชั้นความสูงที่ต่ำกว่าจึงควรจะสูงกว่าในชั้นความสูงที่สูงกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกกับความสูงของต้นไม้

Ogawa (1969) ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (D) กับความสูงของต้นไม้ใหญ่ (H) ในรูปของสมการไฮเพอร์โบลิก ดังต่อไปนี้

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{AD^b} + \frac{1}{H^*} \quad (m, cm)$$

โดยที่ D คือ DBH ส่วน h, A และ H^* เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละป่า เขาได้แสดงให้เห็นว่า h จะมีค่าประมาณ 1 เมื่อป่าอยู่ในสภาพของ climax

ภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในรูปของสมการไฮเพอร์โบลิกระหว่าง DBH กับ H ในทั้ง 6 หมู่ไม้ที่ได้ทำการศึกษา โดยการถือว่า h มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ A และ H^* ในแต่ละหมู่ไม้จะสามารถคำนวณได้โดยใช้ Least

square method แล้วจึงทำการลากเส้นโค้ง ค่า A และ H^* ของแต่ละหมู่ไม้ที่นั้นแสดงอยู่ในตารางที่ 3 สำหรับการคำนวณในกรณีนี้ต้นไม้ทุกต้นที่มี DBH เล็กกว่า 1 ซม. จะถูกคัดออก ทั้งนี้เพื่อให้ความสัมพันธ์ระหว่าง DBH กับ H ในสมการดีขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Naka (1984) ที่พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง DBH กับ H จะดีขึ้นเมื่อตัดต้นไม้ที่มี DBH เล็กกว่า 1 ซม. ออกทั้งหมด

ในกรณีซึ่งถือว่า $h = 1$ นั้น Ogawa (1969) ได้อธิบายถึงคุณสมบัติของ A และ H^* ไว้ในการวิเคราะห์ของเขา นอกจากนี้ Ogawa และ Kira (1977) ยังได้กล่าวเพิ่มเติมไว้ว่า ความหมายของ A นั้นไม่สามารถทราบได้โดยตรงจากสมการ แต่จากการพิจารณาค่า A ในหมู่ไม้ต่าง ๆ จำนวน 11 หมู่ไม้ จากเขตร้อนจนถึงเขตหนาว รวมทั้งป่าดิบในทวีปเอเชียด้วย พอจะสรุปได้ว่าค่าของ A มีแนวโน้มที่จะมีค่าเฉลี่ยในป่าโปร่ง และจะมีค่าสูงขึ้นในป่าดิบ จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง DBH กับ H ในระหว่างป่าชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทยนั้น Yamakura และคณะ (1976) พบว่าค่าของ A จะเพิ่มขึ้นตามความแน่นทึบของเรือนยอด กล่าวคือ ค่าของ A จะเพิ่มสูงขึ้นจากป่าเต็งรังสู่ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบชื้น เนื่องจากว่าความหนาแน่นของต้นไม้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในหน่วยของปริมาตร (ความหนาแน่นของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน) ดังนั้นค่าของ A จึงมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วย ส่วนค่าของ H^* นั้นเป็นตัวชี้แจงแสดงให้เห็นถึงความสูงจำกัดของต้นไม้ในป่า เนื่องจากว่าปริมาตรของป่าทุกหน่วยมวลชีวภาพได้พื้นดินนั้น เราสามารถแสดงได้ในรูปผลคูณของพื้นที่และความสูงของป่า ดังนั้น H^* จึงสามารถใช้วัดความมากน้อยในการครอบครองพื้นที่ของป่าได้

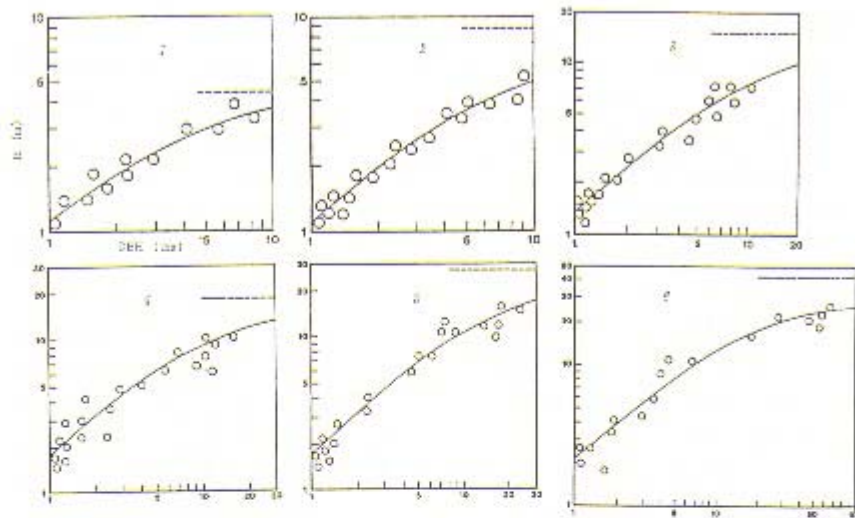


Figure 4. Relationship between DBH and H of trees over 1 cm in DBH for different aged stands. Number in italics represent stand numbers.

ค่าของ A ในหมู่ไม้ที่มีสิ่งมีอายุน้อยอยู่ (10 และ 17 ปี) จะมีค่ามากกว่าหมู่ไม้ที่มีอายุมากกว่า (31, 41, 47, และ >200 ปี) ทั้ง 4 หมู่ไม้ซึ่งมีอายุน้อยกว่านั้นปรากฏว่าค่าของ A จะแปรผันอยู่ในระหว่าง 2.0 ม/ซม. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในหมู่ไม้ที่ยังมีอายุน้อยกว่าจะมีค่าสูงกว่าในหมู่ไม้ที่มีอายุมากกว่า และค่านี้จะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง Saito และคณะ (1969) ได้แสดงให้เห็นว่าค่า A ของหมู่ไม้ *Camaecyparis obtusa* จะคงที่เมื่อเรือนยอดของหมู่ไม้ชิดกัน จากการที่ Ogawa (1980) พบว่าค่าเฉลี่ยของ A ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง DBH กับ H ในป่าชนิดต่าง ๆ ในเขตร้อน

มีค่าประมาณ 2 โดยมีพิสัยจาก 1.0-3.0 ม/ซม. ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าค่าของ A ที่คำนวณมาได้นั้นเข้าใกล้ค่าคงที่แล้ว ในส่วนของ H^* นั้นปรากฏว่าค่านี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุของหมู่ไม้ ซึ่งผลที่ได้นี้ก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Nagano (1978) ซึ่งรายงานไว้ว่าเวลาเป็นตัวทำให้ทั้งค่าของ A และ H^* มีแนวโน้มที่จะมีค่าคงที่ และจากการคำนวณค่า A และ H^* ในป่าดิบเขาตอขุ่นนั้น ปรีชา และ พงษ์ศักดิ์ (2524) พบว่าทั้งค่า A และ H^* ต่างก็ลดลงเมื่อความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าดิบเขาลดลงตามการเพิ่มความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล

Table 3. Values of A and H* for different aged stands obtained from the relationship between DBH and H of trees over 1 cm in DBH.

Stand number	1	2	3	4	5	6
Stand age (years)	10	17	31	41	47	>200
A (m/cm)	3.7	3.2	2.7	2.4	2.1	2.0
H* (m)	4.4	8.9	14.9	18.7	27.4	42.2

น้ำหนักของต้นไม้และกฎของกำลัง 3/2

การพัฒนาของต้นไม้ชนิดเดียวซึ่งมีความหนาแน่นสูงนั้นจะเป็นไปตาม 3/2 power law of self-thinning ไม่ว่าต้นไม้จะเป็นต้นไม้รวมชนิดพืชล้มลุก หรือสวนป่าก็ตาม (Yoda และคณะ, 1963; White และ Harper, 1970) และกฎนี้ยังใช้ได้กับการพัฒนาของ natural subalpine forest ได้ด้วย (Kohyama และ Fujita, 1981) อย่างไรก็ตาม รายงานในเรื่องที่เกี่ยวกับการตัดสางขยายระยะด้วยตนเอง ในป่าผสมซึ่งมีไม้ยืนต้นหลายชนิดด้วยกันนั้นมียกข้อยกเว้นมาก ด้วยเหตุนี้จึงต้องการพิสูจน์ว่ากฎนี้จะสามารถใช้กับป่าดิบเขาได้หรือไม่

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ ทำขนาดได้โดยใช้สมการของ Ogawa และคณะ (1961)

$$w_c = 0.08861 (D^2H)^{0.4396} \text{ (กก./ชม.ม.)}$$

$$w_L = 0.04518 (D^2H)^{0.6210} \text{ (กก./ชม.ม.)}$$

เมื่อ w_c คือ มวลชีวภาพของลำต้นและกิ่ง (ในรูปของน้ำหนักแห้ง, กก.)

w_L คือ มวลชีวภาพของใบ (ในรูปของน้ำหนักแห้ง, กก.)

$$w_T \text{ จะมีค่า เท่ากับ } w_c + w_L$$

ภาพที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในแต่ละหมู่ไม้ (ρ , trees/100 ม²) กับน้ำหนักเฉลี่ย ($\bar{w}$, กก.) สมการที่ 1 ได้รับการใช้ least square method

$$\bar{w} = 1847 \rho^{-1.30} \text{ (กก., ม.}^2\text{)}$$

$$r = 0.91$$

ค่าของ exponent = 1.30 บนด้านขวาของสมการนั้นชี้ให้เห็นว่า การตายของต้นไม้แต่ละต้นอันเป็นผลเนื่องมาจากการเบียดบังของเรือนยอดที่เกิดขึ้นในช่องว่างระหว่างเรือนยอดนั้น สามารถกล่าวได้ว่าเป็นไปตาม 3/2 power law of self-thinning จากภาพที่ 5 จะเห็นว่าข้อมูลจากหมู่ไม้ที่ 1 (อายุ 10 ปี) นั้นไม่สามารถนำมาใช้ได้ ทั้งนี้เพราะกล่าวไว้ว่า ρ ในหมู่ไม้ดังกล่าวนี้มีค่าน้อยกว่า expected ρ จาก 3/2 power law การที่ค่า $\bar{w}$ ที่เป็นจริง (actual $\bar{w}$) แตกต่างไปจาก 3/2 power law อย่างมากนั้น เป็นผลมาจากความจริงที่ว่าส่วนใหญ่ของต้นไม้ในหมู่ไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 ม. จึงมีได้น้ำหนักด้วย ถ้าหากว่าเรานำค่าไม้ดังกล่าวนี้มาคิดด้วยสมการที่ได้ก็ควรจะเป็นไปตาม 3/2 power law

การที่ค่า exponent เพิ่มขึ้นจาก -1.5 ซึ่งถือว่าเป็น expected value จาก 3/2 power law มาเป็น -1.30 นั้น ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากผลของการบดบัง (shading) จากไม้ยืนต้นที่มีต่อการตัดสางขยายระยะด้วยตนเอง (White และ Harper, 1970; Kays และ Harper, 1947; Westoby และ Howell, 1981) และนอกจากนี้ความแตกต่างกันในรูปร่างของต้นไม้ในแต่ละหมู่ไม้ที่มีอายุแตกต่างกันก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่า exponent ที่ได้มีค่ามาก

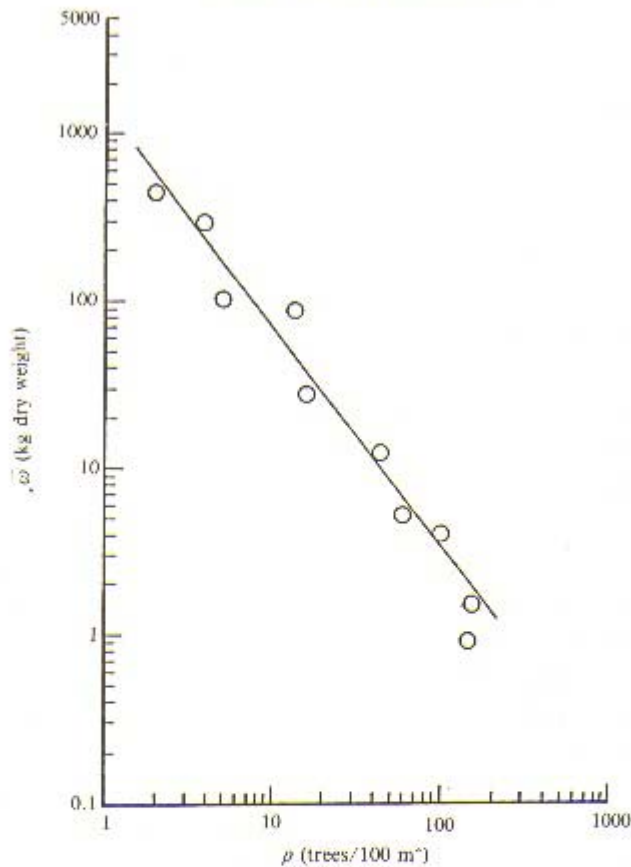


Figure 5. Relationship between the density of top layer trees (ρ) and the corresponding mean weight ($\bar{w}$). Top layer trees are tree whose crowns are directly exposed to be sunlight and/or whose heights are taller than the mean height of gap indicators in each stand.

กว่า -1.5 ก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่า $3/2$ power law นั้นสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ได้กับขบวนการคัดสรรขยายระยะด้วยตนเอง ในกรณีที่มี allometric relation ระหว่างความสูงของต้นไม้กับความกว้างของเรือนยอดเป็นไปในลักษณะสม่ำเสมอเท่านั้น (Yoda, 1971) สิ่งที่น่าจะศึกษาต่อไปก็คือเรื่องของ การคัดสรรขยายระยะด้วยตนเองภายใต้พุ่มเรือนยอด

วัฏจักรการเจริญเติบโตของป่า

พุ่มเรือนยอดของป่ามีการเปลี่ยนแปลงแบบ ต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา เพราะการเจริญเติบโตและการตายของต้นไม้ และการทดแทนอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นกับมัน สภาพการเปลี่ยนแปลงสมดุลที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาจากกล่าวได้ย่อ ๆ โดยแบ่งวัฏจักรการเจริญเติบโตของป่าออกเป็น 3 สถานะย่อย ๆ ได้ดังนี้

คือ gap phase, building phase และ mature phase (White, 1975) ในแต่ละ phase นี้จะยกเลิกเมื่อไรก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเราไม่สามารถแบ่งออกเป็นรูปธรรมให้เห็นอย่างเด่นชัดได้ ลักษณะที่เด่นชัดในช่วงของ gap phase ก็คือการมีกล้าไม้ลูกไม้ และไม้วัยรุ่น อยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งไม้เหล่านี้จะเจริญเติบโตเข้าสู่ช่วงของ building phase ต่อไป ในช่วงนี้จะประกอบไปด้วยไม้หนุ่ม ซึ่งจะมีการเจริญเติบโตต่อเนื่องกันไปจนเข้าสู่ระยะที่โตเต็มที่ หลังจากนั้นมันก็จะตายลง ซึ่งการตายของมันก็จะก่อให้เกิดช่วงของ gap phase ขึ้นมาใหม่ และวัฏจักรนี้ก็จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปอย่างไม่สิ้นสุด ตราบเท่าที่สิ่งไม่มีปัจจัยภายนอกมารบกวนให้วัฏจักรนี้หมดสิ้นไป

โดยอาศัยวัฏจักรการเจริญเติบโตของป่าดังได้กล่าวมาแล้ว ปรากฏว่าช่วงเวลาของ gap phase อยู่ในราว 50 ปี ทั้งนี้โดยอาศัยคุณลักษณะที่ว่าในช่วงนี้ต้นไม้จะมีความหนาแน่นสูง และความสูงของต้นไม้จะยังคงต่ำอยู่ (น้อยกว่า 15 ม.) ส่วนในช่วงของ building phase ซึ่งต้นไม้เจริญเติบโตเข้าถึงระดับขั้นนั้นอยู่ในช่วงอายุระหว่าง 50-100 ปี เนื่องจากช่วงชีวิตของไม้ยืนต้นอยู่ในราว 200 ปีโดยเฉลี่ย ดังนั้นช่วงที่เป็น mature phase นั้นจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 100 ปีขึ้นไป ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าช่วงชีวิตของไม้ยืนต้นนั้นอยู่ในราว 100 ปี โดยประมาณ สรุปได้ว่าช่วงเวลาของ gap phase, building phase และ mature phase ของป่าดิบเขาแห่งนี้อยู่ในช่วง 0-50, 50-100 และ 100-200 ปี สามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Naka (1984) ที่ได้ทำการศึกษาไว้ในป่าดิบเขาที่กลากุยา-นา และได้รายงานไว้ว่าช่วงเวลาของทั้ง 3 Phases นี้ อยู่ในช่วง 0-42, 42-70 และ 70-180 ปี แล้วนับว่าใกล้เคียงกันมาก

สรุป

จากการศึกษาการเกิดขึ้นใหม่ของพืชพรรณในช่องว่างระหว่างเรือนยอด ในป่าดิบเขาบริเวณสถานีต้นน้ำห้วยน้ำดัง จังหวัดเชียงใหม่ สรุปผลได้ดังนี้คือ.

1. อายุของหมู่ไม้มีผลต่อการปรากฏของชนิดพรรณไม้และความหนาแน่น โดยที่ความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว จะลดลงตามการเพิ่มของอายุหมู่ไม้

2. อายุของหมู่ไม้มีผลต่อรูปแบบการแจกแจงความถี่ของความสูงของต้นไม้ ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว กล่าวคือ ในหมู่ไม้ที่ยังมีอายุน้อยอยู่ (10 และ 17 ปี) จะเป็นแบบ L-shape ส่วนในหมู่ไม้ที่มีอายุมาก (31, 41, 47 และมากกว่า 200 ปี) จะเป็นแบบ Bi-modal

3. ค่าของสัมประสิทธิ์ A จากสมการ $\frac{1}{H} = \frac{1}{AD^b} + \frac{1}{H^*}$ จะลดลง ในขณะที่ค่าของสัมประสิทธิ์ของ H^* จะเพิ่มขึ้นเมื่อหมู่ไม้มีอายุน่าขึ้น

4. ขบวนการทดแทนซึ่งเกิดขึ้นในช่องว่างระหว่างเรือนยอดนั้น จะเป็นไปตาม $3/2$ power law of self-thinning แม้ว่า actual component-1.30 จะมากกว่า expected component - 1.50 อยู่เล็กน้อยก็ตาม

5. ช่วงระยะเวลาของ gap phase, building phase และ mature phase อยู่ในช่วง 0-50, 50-100 และ 100-200 ปี ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ปรีชา ธรรมานนท์. 2525. ช่องว่างในระหว่างเรือนยอดของป่าไม้. เอกสารทางวิชาการ เล่มที่ 27. ภาควิชาวนาวัฒนวิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 21 น.

- Aubreville, A. 1938. La forêt coloniale : les forêts de l'Afrique occidentale française. Ann. Acad. Sci. colon. Paris 9 : 1-245.
- Folinski, J.B. 1978 Uprooted trees, their distribution and influence in the primeval forest biotope. Vegetation 38 : 175-183.
- Florence, J. 1981. Chablis et syngenese dans une forest dense humide sempervirents du Gabon. These de zeme cycle, Ecologie vegetale, Universite Luis Pasteur de Strasboursa.
- Kays, S. and J.L. Harper. 1974. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. J. Ecol. 62 : 97-106.
- Misra, R., R.P. Singh, S.N. Singh and Murari Sigh. 1974. Determination of age of trees in natural tropical deciduous forests of Chakia. Trop. Ecol. 15 : 43-51.
- Miyata, I. 1977. Studies on the spatial distribution of forest trees I. Analysis of distributional pattern of trees in natural monospecific stands of *Pinus densiflora* Sieb. et Succ. Rep. from Ebino Biol. Lab. Kyushu Univ. No. 2. 20 p.
- Nagano, M. 1978. Dynamics of stand development, p. 18. In T. Kira, Y. Ono and T. Hosokawa (ed.), Biological Production in a Warm-temperate Evergreen oak Forest of Japan. Univ. of Tokyo Press. Tokyo.
- Naka, K. 1982. Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. Bot. Mag. Tokyo 95 : 785-399.
- Naka, K. 1984. Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. II. Revegetation in gaps in an evergreen oak forest. Bot. Mag Tokyo 97 : 275-286.
- Naka, K. and T. Yoneda. 1984. Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. III. Revegetation in gaps in an evergreen oak forest. Bot. Mag. Tokyo 97 : 275-286.
- Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982. Regeneration process of climax beech forest II. Structure of a forest under the influences of grazing. Jap. J. Ecol. 32 : 473-482.
- Ogawa, H. 1967. Three-dimensional structure and light distribution in the Ashiu beech forest. pp. 6-30. In T. Kira (ed.), Progress report for 1966. Research group on the methods for estimating primary production of forest.
- Ogawa, H. 1980. Structure and function of the plant population. Asakura Shoten, Tokyo. 230 p.
- Ogawa, H. and T. Kira. 1977. Methods of estimating forest biomass. In Ibid. 10 p.
- Ohsawa, M. 1979. A basic unit in forest community dynamics : A Case study in the subalpine forest of Japan. Proceedings of Biotrop Symposium on Forest Regeneration in Southeast Asia. 19 p.
- Ovington, J.D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestries* L. Ann. Bot. 21 : 287-314.

- Reiners, W.A. and G.E. Lang. 1979. Vegetational Patterns and process in the balsam fir zone, White Mountain, New Hampshire, Ecology 60 : 403-417
- Richards, P.W. 1936. Ecological observations on the rain forest of Mount Dulit, Sarawak. J. Ecol. 22 : 340-360.
- Richards, P.W. 1952. The Tropical Rain Forest. Univ. Press, Cambridge 450 p.
- Saito, H., T. Yamakura and T. Shidei. 1969. Productivity in *Chamaecyparis obtusa* plantation in Hinodistrict, pp. 24-28. In T. Kira. (ed.). Comparative Study of Primary Productivity in forest Ecosystem. Progress Rep. of JIBP/PT/F for 1968.
- Watt, A.S. 1947. Pattern and process in the plant community. J. Ecol. 35 : 1-22.
- Westoby, M. and J. Howell. 1981. Self-thinning : The effect of shading on glasshouse populations of silver beech (*Beta vulgaris*). J. Ecol. 69 : 359-365.
- White, P.S. 1979. Pattern, process and natural disturbance in vegetation. The Botanical Review 45 : 229-299.
- White, J. and J.L. Harper. 1970. Correlated changes in plant size and number in plant populations. J. Ecol. 58 : 467-485.
- Whitmore, T.C. 1975. Tropical rain forest of Far East. Clarendon Press, Oxford. 146 p.
- Whitmore, T.C. 1978. Gaps in the forest canopy, pp. 639-655. In P.B. Tomlinson and M.H. Zimmermann (ed.). Tropical Trees as Living System. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Whitmore, T.C. 1982. On pattern and process in forests, pp. 45-59. In E.I. Newman (ed.) The plant community as a working mechanism. Br. Ecol. Soc. Symp.
- Yamakura, T., H. Ogawa, P. Sahunah and D. Phanichapol. 1976. Topological and comparative studies on the structure of forest ecosystems in Thailand. The report to NRC. 15 p.
- Yoda, K. 1971. Ecology of Forest. Ts. Kiji Shokan, Tokyo. 94 p.
- Yoda, K., T. Kira, H. Ogawa and K. Hozumi. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. J. Biol., Osaka City Univ. 14 : 107-129.