

ความหลากหลายของไม้ยืนต้นในป่าเต็งรังที่สระแกราช

จ. นครราชสีมา

1. ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงของความหลากหลาย

Species Diversity of Trees in Dry Dipterocarp Forest

at Sakaerat, Nakornratchasima

I. Variations and Dynamics of Species Diversity

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู¹

Pongsak Sahunalu

ABSTRACT

Study on variations and dynamics of species diversity of trees (DBH $\geq$ 4.5 cm) was carried out in 4 sub-types of dry dipterocarp forest at Sakaerat, Nakornratchasima Province. Variance analysis of Shannon-Wiener index's H of the four stands and it's relationship to other indices of species diversity, evenness and richness were studied and compared to the dry evergreen forest in the same location and to the secondary and primary dry dipterocarp forests at Somdet, Kalasin Province. The study revealed that various indices were significantly correlated with H and enabling the indirect estimation of each index by using H as an independent variable. In the onset of study, it was found that the species diversity index (H) of the four stands were significantly different but H of *Shorea floribunda-Quercus kerrii* dominant stand was not significantly different from those in dry evergreen forest and primary dry dipterocarp forest at Somdet. H of stand dominated by *Shorea obtusa-Pterocarpus macrocarpus* was not different from the secondary dry dipterocarp forest. Monitoring of species diversity of Sakaerat dry dipterocarp forest for 9 years and dry evergreen forest for 11 years at Sakaerat and the primary and secondary dry dipterocarp forests at Somdet for 5 years suggested that *Shorea obtusa-Pterocarpus macrocarpus* dominant stand increased it's species diversity significantly while other stands were positively or negatively changed more or less but not significantly observed.

Key words : dry dipterocarp forest, dynamics, species diversity, Sakaerat, variance analysis.

¹ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

ความหลากหลายชนิด (species diversity) ของพืช

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืช
ในป่าเต็งรัง ในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชเป็นเวลา
9 ปี (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2536) และการเปรียบ
เทียบความหลากหลายชนิดด้วยดัชนีต่าง ๆ ของป่า 3 ประเภท
(Dhanmanonda and Sahunalu, 1988) ทำให้เห็นได้
ชัดว่าป่าแต่ละประเภทหรือแม้แต่ป่าประเภทเดียวกันนั้น
มีความหลากหลายชนิดต่างกันและมีการเปลี่ยนแปลงของ
จำนวนชนิดและจำนวนต้นไปเมื่อวิธีการในการเก็บ
ข้อมูลแตกต่างกันและเมื่อทำการติดตามศึกษาปริมาณ
ทั้งสองอย่างนี้เป็นระยะ ๆ ในเวลาต่าง ๆ กันออกไป
ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่า ความผันแปรและการ
เปลี่ยนแปลงของความหลากหลายชนิดของป่าประเภทใด
ประเภทหนึ่งนั้นจะมีมากน้อยเพียงใด ที่จะอยู่ใน
เกณฑ์ที่จะยอมรับได้โดยไม่ทำลายความหลากหลายชนิด

ของป่าดั้งเดิม ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการเน้นเฉพาะป่าเต็งรังที่ขึ้นอยู่ในสภาพภูมิประเทศบริเวณแคบ ๆ แต่แบ่งเป็นสังคมย่อย ๆ ได้เป็น 4 ประเภทที่ได้มีการติดตามปริมาณความหลากหลายชนิดเป็นเวลานานตั้งแต่ 5 ถึง 11 ปี และเปรียบเทียบกับป่าประเภทเดียวกันในท้องที่อื่นและป่าต่างประเภทที่ขึ้นอยู่ในท้องที่เดียวกันโดยเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันและเมื่อเวลาเปลี่ยนไปด้วย ทั้งนี้โดยเน้นประเด็นที่ว่า ป่าแต่ละชนิดนั้นจะรักษา(maintain)ความหลากหลายชนิดของพืชพรรณไม้อย่างไร และมากน้อยเพียงใดในเชิงปริมาณ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บข้อมูล

จากข้อมูลในแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 100×100 ม² ในป่าเต็งรังที่สะแกราช จำนวน 4 แปลง (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2536; Sahunalu and Dhanmanonda, 1995) แปลงถาวรขนาด 40×40 ม² ในป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่น (secondary) และขนาด 40×80 ม² ในป่าเต็งรังดั้งเดิมที่เรียกว่า ดอนปู่ตา (primary forest) ที่อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์อย่างละ 1 แปลงตัวอย่าง (Kanzaki *et al.*, 1991) และป่าดิบแล้งที่สะแกราชในแปลงถาวรขนาด 100×100 ม² ที่ได้จัดทำขึ้นมาก่อนการศึกษาป่าเต็งรัง จำนวน 1 แปลงตัวอย่าง ทั้งนี้ได้ทำการศึกษา ลักษณะโครงสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดชั้นของเรือนยอดและปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์ที่ระดับพื้นดินภายใต้เรือนยอดและช่องว่างระหว่างเรือนยอดในป่าแห่งนี้ไปแล้ว (ธิตีและคณะ, 2527ก,ข.) ได้ทำการศึกษาค้นหาความหลากหลายชนิดของพืชพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรเหนือพื้นดิน ตั้งแต่ 4.5 ซม.ขึ้นไปทุกต้น ตั้งแต่ปีที่หนึ่งถึงปีล่าสุด ในป่าเต็งรังทั้งสี่แปลงที่สะแกราชเมื่อปี 2527 ถึงปี 2536 (9 ปี) ป่าเต็งรังที่สมเด็จเมื่อปี 2527 ถึงปี 2532 (5 ปี) และป่าดิบแล้งที่สะแกราชเมื่อปี

2525 ถึงปี 2536 (11 ปี) ทั้งนี้โดยตรวจนับจำนวนต้นจำนวนชนิด และวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับดังกล่าวแล้วทุกปี โดยใช้ช่วงห่างประมาณ 1 ปี จากนั้นจึงคำนวณหาดัชนีความหลากหลายชนิด และความหลากหลายในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไป

2. การคำนวณดัชนีความหลากหลายชนิดและความหลากหลาย

(1) ดัชนีความหลากหลายชนิด (H) ของ Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1949) จาก:

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$$

ในเมื่อ p_i = สัดส่วนของจำนวนชนิดพรรณไม้ชนิดที่ i ต่อจำนวนชนิดของพรรณไม้ทุกชนิด เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, N$

$$\log_2 = \text{ลอการิทึมฐาน 2}$$

(2) ความหลากหลายชนิด (α) ของ Fisher (Fisher *et al.*, 1943) จาก :

$$\alpha = N(1-x)/x$$

x = ค่าคงที่ในอนุกรมลอการิทึม (logarithmic series) ซึ่งหาได้จากการลองผิดลองถูก (iterative) เพื่อให้สมการ $S/N = [(1-x)/x] [-\ln(1-x)]$ มีค่าเท่ากันทั้งสองด้านและ S = จำนวนชนิดของพรรณไม้ทั้งหมดในแปลงตัวอย่าง

(3) ดัชนีความหลากหลายชนิด (N_0, N_1, N_2) ของ Hill (Hill, 1973) จาก:

$$N_0 = S$$

$$N_1 = e^H$$

$$N_2 = 1/C$$

ในเมื่อ H = ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener ที่ได้จาก (1)

e = ฐานของลอการิทึมฐานธรรมชาติ (natural logarithm) ซึ่ง $C = \sum_{i=1}^S (p_i)^2$ หรือเรียกอีก

อย่างหนึ่งว่า ความเข้มข้นของความเด่น (concentration of dominance) หรือดัชนีความหลากหลายชนิด (λ) ของ Simpson (Simpson, 1949)

(4) ดัชนีความหลากหลายชนิดสูงสุด ($H_{\max}$) ซึ่งได้จาก :

$$H_{\max} = \log_2 S$$

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นดัชนีความหลากหลายชนิดของ Margalef (Margalef, 1958)

จากดัชนีความหลากหลายชนิดดังกล่าวแล้ว (ยกเว้น α) สามารถจะหาดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (evenness index) 6 รูปแบบ คือ :

(1) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (E_1) ของ Hurlbert (Hurlbert, 1971) จาก:

$$E_1 = H/\ln S$$

ในเมื่อ $H =$ ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener ที่ได้กล่าวแล้วใน (1)

$$\ln = \text{ลอการิทึมฐานธรรมชาติ}$$

(2) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (E_2) ของ Sheldon (Sheldon, 1969) จาก:

$$E_2 = e^H/S \text{ หรือ } N_1/N_0$$

(3) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (E_3) ของ Heip (Heip, 1974) จาก:

$$E_3 = (e^H - 1)/(S - 1) \text{ หรือ } (N_1 - 1)/(N_0 - 1)$$

(4) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (E_4) ของ Hill (Hill, 1973) จาก:

$$E_4 = (1/C)/(e^H) \text{ หรือ } N_2/N_1$$

(5) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (E_5) ของ Hill ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า modified Hill's ratio (Hill, 1973) จาก :

$$E_5 = (1/C - 1)/(e^H - 1) \text{ หรือ } (N_2 - 1)/(N_1 - 1)$$

(6) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (E_6) ของ Hurlbert (Hurlbert, 1971) จาก :

$$E_6 = H/H_{\max}$$

สำหรับดัชนีความร่ำรวยของชนิด (richness in-

dex) นั้นหามา 2 ค่าด้วยกันคือ :

(1) ดัชนีความร่ำรวยของชนิด (R_1) ของ Margalef (Margalef, 1958) จาก :

$$R_1 = (S - 1)/\ln N$$

(2) ดัชนีความร่ำรวยของชนิด (R_2) ของ Menhinick (Menhinick, 1964) จาก :

$$R_2 = S/N^{1/2}$$

เนื่องจากดัชนีแต่ละค่าเหล่านี้มีที่มาจาก การนำค่าจำนวนชนิดและจำนวนต้นมาคำนวณทั้งสิ้น แต่ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเหล่านี้กับดัชนีความหลากหลายชนิด (H) ของ Shannon-Wiener นั้น ยังไม่เคยมีการตรวจสอบมาก่อน นอกจากความสัมพันธ์ระหว่าง H กับ C ที่พงษ์ศักดิ์ (2537) ได้ศึกษาไปแล้วในการศึกษานี้ จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีเหล่านี้ทุกค่ากับค่า H เพื่อใช้อธิบายความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงของค่าเหล่านี้เมื่อค่า H เปลี่ยนไปด้วย ถ้าหากว่าค่าเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันกับค่า H

เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบความผันแปรระหว่างดัชนีความหลากหลายชนิดระหว่างหมู่ไม้ประเภทเดียวกัน หรือต่างประเภทกัน และในเวลาเดียวกันหรือต่างกันก็ตามได้ประยุกต์วิธีการของ Hutcheson (1970) ซึ่งจะต้องทำการคำนวณหาค่า วาเรียนซ์ (variance) ของค่า H จาก :

$$\text{Var } H = \{\sum p_i (\log_2 p_i) - (\sum p_i \log_2 p_i)^2\} / N + \{(S - 1)/(2N^2)\}$$

และหาค่า t สำหรับทดสอบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก :

$$t = (H_1 - H_2) / (\text{var } H_1 + \text{var } H_2)^{1/2}$$

แล้วหาค่า DF จาก

$$DF = (\text{var } H_1 + \text{var } H_2)^2 / \{(\text{var } H_1)^2 / N_1 + (\text{var } H_2)^2 / N_2\}$$

ในเมื่อ $\text{var } H =$ ค่าวาเรียนซ์ของดัชนีความหลากหลายชนิด (H) ของ Shannon-Wiener

$$H_1, H_2 = \text{ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ}$$

หมู่ไม้ที่ 1 และหมู่ไม้ที่ 2 หรือหมู่ไม้เดียวกันที่เวลาเริ่มต้น (t_1) และเวลาสิ้นสุดการศึกษา (t_2) ตามลำดับ

N_1, N_2 = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดในหมู่ไม้ที่ 1 และหมู่ไม้ที่ 2 หรือ ในหมู่ไม้เดียวกันที่เวลา t_1 และ t_2 ตามลำดับ แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากตาราง t ตามค่า DF และ P ที่คำนวณได้ และกำหนดไว้ในตาราง ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์

ความผันแปรของความหลากหลายของป่าเต็งรัง

จากการศึกษาป่าเต็งรังที่สระแกรซทั้งสี่แปลง

ซึ่งมีการแบ่งเป็นประเภทย่อยได้ 4 ประเภท คือ พยอม-ก่อแพะ เต็ง-รัง เต็ง-ประดู่ และ รัง-พยอม (Sahunalu and Dhanmanonda, 1995) ไปแล้วนั้น จะพบว่าป่าเต็งรังที่มีไม้เด่นขึ้นอยู่ต่างกันจะมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดทั้งของ Shannon-Wiener ของ Hill ของ Margalef และของ Fisher แตกต่างกัน ทั้งในเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา Table 1 แสดงดัชนีความหลากหลายชนิดเฉพาะ 2 ค่าเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบซึ่งจะเห็นว่าค่าดัชนีความหลากหลายชนิดทั้ง 2 ค่านี้ในป่าเต็งรังนั้นน้อยกว่าในป่าดิบแล้งในท้องที่เดียวกันซึ่งเป็นป่าที่มีดัชนีความหลากหลายชนิดของ Fisher สูงสุด และมีความร่ำรวยของชนิด จากการคำนวณโดยใช้ดัชนีของ

Table 1 Numbers of species (S), individuals (N), Shannon-Wiener's index (H), Fisher's index (α) and variance of H (var H) during the two census periods of dry dipterocarp (DDF) and dry evergreen (DEF) forests.

Indices	Sakaerat DDF stand No				Sakaerat DEF	Somdet ¹	
	1	2	3	4		Secondary DDF	Primary DDF
	-----1984-----				--1982---	----- 1984-----	
N(t_1)	554	677	733	701	1612	231	101
S(t_1)	33	32	28	33	72	15	23
H(t_1)	3.963	2.971	2.427	3.525	3.846	2.371	3.324
α (t_1)	7.695	7.010	5.762	7.188	15.484	3.589	9.309
var H (t_1)	0.0039	0.0065	0.0079	0.0050	0.0027	0.0100	0.0385
	-----1993-----				--1993---	----- 1989-----	
N(t_2)	496	638	950	633	1560	212	88
S(t_2)	29	31	44	32	73	12	22
H(t_2)	3.923	3.017	3.105	3.425	3.425	2.147	3.378
α (t_2)	6.737	6.835	9.400	7.138	15.917	2.753	9.421
var H(t_2)	0.0037	0.0064	0.0066	0.0054	0.0032	0.0095	0.0396
Dominant species ²	Sh.f	Sh.o	Sh.o	Sh.s	Ho.f	Di.t	Sh.o
	Qu.k	Sh.s	Pt.m	Sh.f	Me.o	Sh.o	An.c

1 Plot size = 40 × 40 m² for 2nd DDF, = 40 × 80 m² for Prim. DDF

2 Sh.f = Shorea floribunda, Qu. k = Quercus kerrii, Sh.o = Shorea obtusa, Sh.s = Shorea siamensis, Pt. m = Pterocarpus macrocarpus, Ho.f = Hopea ferrea, Me.o = Memecylon ovatum, Di.t = Dipterocarpus tuberculatus, An.c = Anisoptera costata.

Margalef (R_1) สูงสุด ถึง 9.614 เมื่อปี 2525 และ 9.793 เมื่อปี 2536 และป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่นที่สมเด็งนั้นจะมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามความสม่ำเสมอของชนิด ในป่าเต็งรังที่มีไม้พยอม-ก่อแพะ เป็นไม้เด่น (หมู่ไม้ที่ 1) ทั้ง 2 ช่วงเวลา ป่าเต็งรังที่มีไม้รัง-พยอม เป็นไม้เด่น (หมู่ไม้ที่ 4) ทั้ง 2 ช่วงเวลา และป่าเต็งรังดั้งเดิมตอนป่าที่สมเด็งมีค่าสูงสุดเมื่อค่าความสม่ำเสมอของชนิดคำนวณจากดัชนีของ Hurlbert, Sheldon และ Heip (E_1 - E_3) แต่เมื่อคำนวณโดยใช้ดัชนีของ Hill (E_4) และโดยใช้อัตราส่วนที่ดัดแปลงไปของ Hill (E_5) แล้วจะพบว่าในป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่นจะมีค่าสูงสุดทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าในป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่นนั้นเป็นป่าที่เกิดขึ้นภายหลังจากป่าดั้งเดิมถูกทำลายไปทำให้มีเฉพาะแต่ไม้ที่สามารถสืบพันธุ์ฟื้นขึ้นมาใหม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพรรณไม้ที่มีความสามารถในการแตกหน่อได้ดี เช่น ไม้พลวง ไม้เต็ง ไม้แดง และไม้เหียง เป็นต้น ซึ่งเป็นพรรณไม้ที่สำคัญและเป็นไม้เด่นของป่าเต็งรังทั้งสิ้นส่วนพรรณไม้ที่มีความสำคัญน้อย หรือเป็นชนิดที่หายาก (rare species) อาจจะสูญหายไปเลยก็ได้แล้วแต่ความรุนแรงของการถูกรบกวน แต่จากการศึกษาพบว่าดัชนีความเข้มข้นของความเด่น (C) ของป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่นนั้นจะมีค่านี้น้อยกว่าสูงประมาณ 0.27-0.29 ทั้งสองช่วงเวลาซึ่งแสดงถึงปริมาณรวมของสัดส่วนของชนิดพืชพรรณไม้ที่ประกอบอยู่ในหมู่ไม้นั้น ๆ กล่าวคือ ถ้ายังมีไม้นั้นมีพรรณไม้ชนิดต่าง ๆ น้อยสัดส่วนของชนิดพรรณไม้นั้นคือจำนวนชนิดทั้งหมดจะสูงขึ้นมีผลทำให้ค่า C สูงขึ้น และทำให้มีดัชนีความหลากหลายชนิดต่ำลง (พงษ์ศักดิ์, 2537)

เมื่อเปรียบเทียบกันในเรื่องป่าเต็งรังธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวนแล้วป่าเต็งรังที่มีไม้เต็ง-ประดู่เป็นไม้เด่น (หมู่ไม้ที่ 3) จะมีค่าดัชนีความเข้มข้นของความเด่นสูงสุดในปี 2527 (ประมาณ 0.4) และมีดัชนีความหลากหลายชนิดต่ำที่สุดในบรรดาหมู่ไม้ที่

เปรียบเทียบกันทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ดัชนีเหล่านี้ไม่ได้คงที่ตลอดไป แต่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาด้วย นอกจากนี้ความหลากหลายของพืชพรรณในหมู่ไม้ประเภทใดก็ตามขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเหมาะสมของท้องที่ที่พืชนั้น ๆ ชอบขึ้นอยู่ (habitat favourableness) สภาวะของการทดแทน (successional status) และความกดดันจากการถูกรบกวน (disturbance pressure) นอกจากนี้อาจจะขึ้นอยู่กับความโดดเดี่ยว (isolation) ของหมู่ไม้นั้น ๆ เช่น ในกรณีของหมู่ไม้ที่ขึ้นอยู่ในที่ ๆ เป็นเกาะ (MacArthur and Wilson, 1967) หรือในที่ ๆ ถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่ถูกตัดถางเผาทำไร่เลื่อนลอยที่พบโดยทั่วไปในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นต้น พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2537) ได้ศึกษาความแตกต่างของดัชนีความหลากหลายของป่าเต็งรังที่สะแกราช พบว่าหมู่ไม้ที่มีความหลากหลายสูงมักจะพบขึ้นอยู่ในที่ ๆ มีอินทรีย์วัตถุของดินสะสมอยู่ต่ำ แต่มีแคลเซียมสะสมอยู่สูง และในทางตรงกันข้ามในที่ ๆ มีอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่สูงและมีแคลเซียมต่ำจะมีความหลากหลายชนิดต่ำ

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener (H) กับดัชนีความหลากหลายของ Fisher (α) และของคนอื่น ๆ แล้วจะพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) ทั้งนี้โดยมีความสัมพันธ์กันในทางบวกเกือบทุกดัชนี ยกเว้นดัชนี C ของ Simpson ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของความเด่น ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิดของ Hill (E_4) และค่าอัตราส่วนที่แปลงรูปของ Hill (E_5) ที่มีความสัมพันธ์กันในทางลบ สำหรับดัชนี H และ C มีความสัมพันธ์กันในทางลบนั้น พงษ์ศักดิ์ (2537) ได้ศึกษาและมีผลเช่นเดียวกันมาแล้วในป่าเต็งรังทุกประเภท ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดเจนว่าถ้า H ของแต่ละหมู่ไม้ แตกต่างกันหรือเปลี่ยนแปลงไปก็เชื่อได้ว่าดัชนีอื่น ๆ ก็จะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางนั้น ๆ ด้วย และสามารถจะประมาณหาดัชนีต่าง ๆ เหล่านี้ได้จาก

ค่า H ซึ่งนับว่าเป็นครั้งแรกที่ได้มีความพยายามหาความสัมพันธ์เหล่านี้ขึ้นมา ทั้งนี้โดยไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์กันในด้านคณิตศาสตร์ของสูตรแต่เป็นความสัมพันธ์ที่จะใช้อธิบายแนวโน้มของค่าดัชนีต่างๆ ตามการเปลี่ยนแปลงของความหลากหลายชนิดที่อธิบายได้อย่างมีเหตุผลทางด้านสถิติที่น่าเชื่อถือได้เท่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener (H) ของป่าเต็งรังแต่ละประเภทที่สะแกราชกับพื้นที่อื่น ๆ และป่าดิบแล้ง ในท้องที่เดียวกันโดยใช้ t-test ดังแสดงไว้ใน Table 3 แล้ว จะเห็นว่าป่าเต็งรังที่สะแกราชที่มีไม้พยอม-ก่อแพะ

เป็นไม้เด่น (หมู่ไม้ที่ 1) จะมีดัชนีความหลากหลายชนิดสูงกว่าหมู่ไม้ที่ 2,3,4 และสูงกว่าป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่นที่สมเด็จอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ $P < 0.001$) แต่จะไม่แตกต่างจากป่าดิบแล้งในท้องที่เดียวกัน และป่าเต็งรังที่เป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิมคอนปู่ตาที่สมเด็จ สาเหตุที่หมู่ไม้ที่ 1 มีดัชนีนี้สูงกว่าหมู่ไม้ที่ 4 เมื่อเทียบกับป่าเต็งรังธรรมชาติดั้งเดิมคอนปู่ตา ($3.963 > 3.525$ แต่ $= 3.324$)แม้ว่าจะมีจำนวนชนิดเท่ากันคือ 33 ชนิด เพราะว่าค่าความผันแปรที่วัดในรูปค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ซึ่งเป็นตัวหารของค่าความแตกต่างใน t-test (Table 1) ของหมู่ไม้ที่ 4

Table 2 The relationships between Shannon-Wiener's index (H) and various indices of species diversity, evenness and richness of 6 stands of dry dipterocarp forest and 1 stand of dry evergreen forest and their correlation coefficients (r).

Dependent variables ¹	Linear equations	r ²
1. Species diversity index		
1.1 Fisher's α	$\alpha = -2.239 + 3.209 H$	0.8087***
1.2 Hill's N_0	$N_0 = -25.871 + 18.554 H$	0.6171**
1.3 Hill's N_1	$N_1 = -50.592 + 24.771 H$	0.9674***
1.4 Hill's N_2	$N_2 = -6.608 + 3.860 H$	0.8477***
1.5 Simpson's C	$C = 0.623 - 0.0130 H$	-0.8941***
1.6 Margalef's H_{max}	$H_{max} = 2.213 + 0.839 H$	0.7025***
2. Evenness index		
2.1 Hurlbert's E_1	$E_1 = 0.486 + 0.143 H$	0.6712***
2.2 Sheldon's E_2	$E_2 = -0.372 + 0.397 H$	0.5800*
2.3 Heip's E_3	$E_3 = -0.444 + 0.419 H$	0.5900*
2.4 Hill's E_4	$E_4 = 0.499 - 0.086 H$	-0.7292***
2.5 Modified Hill's ratio, E_5	$E_5 = 0.346 - 0.051 H$	-0.5356*
2.6 Hurlbert's, E_6	$E_6 = 0.336 + 0.099 H$	0.6715***
3. Richness index		
3.1 Margalef's R_1	$R_1 = -2.843 + 2.478 H$	0.6857***
3.2 Menhinick's R_2	$R_2 = 0.084 + 0.420 H$	0.5497*

1 All variables included the two censuses during 1984 - 1993 in stand 1 - 4 of Sakaerat DDF, 1982 - 1993 of Sakaerat DEF and 1984 - 1989 of Somdet secondary and primary DDF.

2 * = Significance at $P < 0.025$, ** = Significance at $P < 0.050$, *** = Significance at $P < 0.010$ by t-test.

มีน้อยใกล้เคียงกับหมู่ไม้ที่ 1 ในท้องที่เดียวกันนี้เมื่อเทียบกับป่าเต็งรังธรรมชาติดั้งเดิมตอนป่าตื้น ๆ ที่ดูเผิน ๆ แล้ว จะพบว่าค่า H ของป่าเต็งรังตอนป่านั้นน้อยกว่า H ของหมู่ไม้ที่ 4 เสียอีกก็เพราะว่าความผันแปรระหว่างหมู่ไม้ที่ 1 กับป่าเต็งรังตอนป่านั้นมีค่าสูงจึงทำให้มีโอกาสที่ค่า H ของป่าทั้งสองแห่งนี้ ไม่แตกต่างกันได้ และเมื่อค่า H ไม่แตกต่างกันเช่นนี้ก็ย่อมทำให้ดัชนีค่าอื่น ๆ (ความสม่ำเสมอของชนิดและความร่ำรวยของชนิด) ไม่แตกต่างกันไปด้วยเนื่องจาก H มีความสัมพันธ์กับดัชนีดังกล่าวนี้ อย่างมีนัยสำคัญดังกล่าวแล้ว

การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิดของป่าเต็งรัง

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของจำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้เป็นรายชนิดในท้องที่ทั้งสองแห่งดังกล่าวแล้วด้วยเวลาต่าง ๆ กันนั้น ทั้งป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรังเกือบทุกหมู่ไม้จะมีจำนวน

ต้นไม้ลดลง (Table 1) ยกเว้นหมู่ไม้ที่ 3 ของป่าเต็งรังที่สะแกราชที่มีจำนวนต้นและจำนวนชนิดเพิ่มขึ้น ส่วนป่าดิบแล้งนั้นจะมีจำนวนชนิดเพิ่มขึ้นเพียงชนิดเดียวทั้ง ๆ ที่จำนวนต้นลดลงเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่า H และ α เปลี่ยนแปลงไปด้วยโดยที่หมู่ไม้ที่ 1 และ 4 ของป่าเต็งรังที่สะแกราชและป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่นที่สามเดิมมีค่า H และ α ลดลง ส่วนหมู่ไม้อื่น ๆ รวมทั้งป่าดิบแล้งนั้นจะมีค่า H และ α เพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่า H นี้ จะแตกต่างจากค่า H ที่พบในครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) ในหมู่ไม้ที่ 3 เพียงหมู่ไม้เดียวเท่านั้น (Table 4) ดังนั้น หมู่ไม้อื่น ๆ นั้นแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความหลากหลายชนิดไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไป แต่ก็ไม่ได้เปลี่ยนไปอย่างมากมาจนมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนชนิด และจำนวนต้นของพรรณไม้ในหมู่ไม้ที่ 3 ซึ่งมีไม้เต็ง-ประดู่เป็นไม้เด่นในลักษณะที่เพิ่มขึ้นนี้ได้พบมาแล้วตั้งแต่ในช่วง

Table 3 t-value matrix for the comparison of Shannon-Wiener's index of species diversity (H) among the 7 stands during the first census¹.

Stands		Sakaerat DDF stand No				Sakaerat	Somdet	
						DEF	Secondary DDF	Primary DDF
		1	2	3	4			
Sakaerat	1	-	9.746**	14.118**	4.650**	1.436NS	13.492**	3.105NS
DDF	2	-	-	4.537**	5.182**	9.134**	4.677**	1.666NS
stand No	3			-	9.665**	13.750**	0.418**	4.164**
	4				-	3.556**	9.428**	0.964NS
Sakaerat						-	13.065**	2.571NS
DEF								
Somdet								
Secondary DDF							-	4.328**
Primary DDF								-

1 First census for Sakaerat DDF stands was 1984, 1982 for Sakaerat DEF and 1984 for both DDF stands at Somdet.

** = highly significant difference ($P < 0.001$); NS = non-significant difference ($P < 0.001$); t, df $\alpha = 3.291$ ($P < 0.001$).

4 ปีแรก (Sahunalu and Dhanmanonda, 1995) โดยจะมีพรรณไม้ตายลงถึง 12 ชนิด รวม 62 ต้น/เฮกแตร์แต่มีพรรณไม้โตขึ้นถึงขีดจำกัดที่ DBH $\geq$ 4.5 ซม. มากถึง 20 ชนิด รวม 176 ต้น/เฮกแตร์แต่เมื่อถึงปีที่ 9 (2536) จะมีจำนวนชนิดเพิ่มขึ้นเป็น 16 ชนิดรวม 217 ต้น/เฮกแตร์ดังนั้น จึงเป็นเหตุให้ ค่า H และ α เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนในหมู่ไม้อื่น ๆ นั้นจะมีจำนวนเพิ่มหรือลดเพียง 1 - 4 ชนิด และจำนวนต้นลดลงทุกหมู่ไม้อย่างน้อยตั้งแต่ 52-68 ต้น/เฮกแตร์ในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้งที่สะแกราช และ 41-119 ต้น/เฮกแตร์ในป่าเต็งรังดั้งเดิมดอนปู่ตาและป่าเต็งรังที่เป็นป่ารุ่น

ตามลำดับ แต่แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอย่างนี้จะคงที่ตลอดไปหรือไม่จำเป็นต้องทำการติดตามศึกษาต่อไปเป็นเวลานานกว่านี้ทั้งนี้เพราะว่า เมื่อป่ายังเปิดออกมากขึ้น เนื่องจากพรรณไม้เดิมตายลงจะยังเปิดช่องว่างให้มีพรรณไม้ใหม่ ๆ เกิดขึ้น อย่างเช่น ในหมู่ไม้ที่ 3 ของป่าเต็งรังที่สะแกราชนั้นจะมีไม้ประดู่ขึ้นมาทดแทนอย่างเห็นได้ชัดและเป็นพรรณไม้ที่มีการเจริญเติบโตดีมาก (Sahunalu and Dhanmanonda, 1995) ดังนั้น จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้แต่ละหมู่ไม้จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนมาก ๆ จึงจะทำให้ดัชนีความหลากหลายชนิดเปลี่ยนแปลงไปได้

Table 4 t-test for species diversity index (H) change in each stand of dry dipterocarp and dry evergreen forests.

Stands	Year	Period (yrs)	Net Change of H ¹	t-values ²	Dominant species ³
Sakaerat DDF					
Stand No 1	1984-1993	9	-0.040 (-1.009)	0.459 ^{NS}	Sh.f, Qu.k
2	"	"	+0.046 (+1.548)	0.406 ^{NS}	Sh.o, Sh.s
3	"	"	+0.678 (+27.936)	18.745 ^{**}	Sh.o, Pt.m
4	"	"	-0.100 (-2.837)	0.982 ^{NS}	Sh.s, Sh.f
Sakaerat DEF	1982-1993	11	+0.070 (+1.820)	0.911 ^{NS}	Ho.f, Me.o
Somdet DDF					
Secondary	1984-1989	5	-0.224 (-9.447)	1.602 ^{NS}	Di.t, Sh.o
Primary	"	"	+0.138 (+1.625)	0.193 ^{NS}	Sh.o, An.c

1 Figures in () are percentage changes from the onset of observations.

2 ** = highly significant difference ($P < 0.001$); NS = non-significant difference ($P < 0.001$); t, df $\alpha = 3.291$ ($P < 0.001$)

3 For abbreviations see Table 1.

อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเพิ่มหรือลดจำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้นี้ก็ขึ้นอยู่กับการถูกรบกวนหรือจากการจัดการป่านั้น แต่ในสภาพป่าที่ศึกษาทั้งหมดนี้ไม่มีการจัดการใด ๆ นอกจากอนุรักษ์ไว้เป็นป่าถาวรเท่านั้นแต่อาจจะถูกรบกวนจากไฟจากการบุกรุกแผ้วถางและการตัดไม้ไปใช้สอยได้ง่ายมากเพราะว่าเป็นป่าที่ขึ้นอยู่ในที่แห้งแล้ง เป็นส่วนใหญ่และอยู่ใกล้ ๆ กับที่เป็นถิ่นฐานของมนุษย์

การศึกษานี้จึงอาจจะสรุปได้ว่าการใช้วิธีการวิเคราะห์หาความผันแปรของดัชนี H จาก t-test นี้เป็นวิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของความหลากหลายชนิดที่สามารถบอกได้ชัดเจนว่า ดัชนีมีความผันแปรและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งในการศึกษาสังคมพืชที่อยู่ในสภาพธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวนอย่างรุนแรงและจะใช้ได้กับการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับป่าที่ถูกรบกวนโดยสาเหตุต่าง ๆ ได้โดยนัยเดียวกันเช่น ป่าถูกบุกรุกแผ้วถาง ไฟไหม้ โรครา แมลงทำลายและได้รับอันตรายจากการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศและความเครียด (stress) ต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมหรือเกิดมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

สรุป

การศึกษาถึงความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงของความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในป่าเต็งรัง สรุปได้ดังนี้

1. ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ที่วิเคราะห์โดยใช้ดัชนีของ Shannon-Wiener (H) ของหมู่ไม้ที่มีไม้เด่นต่างกัน 4 ประเภทคือ พยอม-ก่อพะ เต็ง-รัง เต็ง-ประดู่และ รัง-พยอมในท้องที่สะแกราช ในช่วงแรกเริ่มต้นศึกษาจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกแห่งแต่หมู่ไม้ที่มีไม้พยอม-ก่อพะเป็นไม้เด่น ($H = 3.963$) จะไม่แตกต่างจากป่าดิบแล้งในท้องที่เดียวกัน ($H =$

3.846) และป่าเต็งรังดั้งเดิมตอนป่าที่สมเด็จพระ (H = 3.324) ส่วนหมู่ไม้ที่มีไม้เต็ง-รัง เป็นไม้เด่น ($H = 2.971$) จะไม่แตกต่างจากป่าเต็งรังดั้งเดิมตอนป่าที่สมเด็จพระ หมู่ไม้ที่มีไม้เต็ง-ประดู่ เป็นไม้เด่น ($H = 2.427$) จะไม่แตกต่างจากป่ารุ่นที่สมเด็จพระ ($H = 2.371$) และหมู่ไม้ที่มีไม้รัง-พยอม เป็นไม้เด่น ($H = 3.525$) จะไม่แตกต่างจากป่าเต็งรังดั้งเดิมตอนป่า ส่วนป่าดิบแล้ง ($H = 3.846$) จะไม่แตกต่างจากป่าเต็งรังดั้งเดิมตอนป่าที่สมเด็จพระแต่อย่างใด

2. ดัชนีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ (H) จะมีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับดัชนีความหลากหลายชนิดที่วิเคราะห์โดยใช้ดัชนีอื่น ๆ กับดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด และดัชนีความร่ำรวยของชนิดพรรณไม้เกือบทั้งหมดยกเว้นกับดัชนีความเข้มข้นของความเด่น (C) ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิดของ Hill (E_4) และกับอัตราส่วนที่ดัดแปลงไปของ Hill (E_5) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อดัชนีความหลากหลายชนิด H เปลี่ยนแปลงไป สามารถจะประมาณหาความผันแปรของความหลากหลายชนิดโดยใช้ดัชนีอื่น ๆ ความสม่ำเสมอของชนิดและความร่ำรวยของชนิดพรรณไม้ในหมู่ไม้เหล่านั้นได้ โดยทางอ้อมจากความสัมพันธ์ดังกล่าว

3. เมื่อติดตามศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความหลากหลายชนิดเป็นเวลา 9 ปี ในป่าเต็งรังที่สะแกราช 5 ปีในป่าเต็งรังที่สมเด็จพระและ 11 ปีในป่าดิบแล้งที่สะแกราชแล้วพบว่าป่าเต็งรังประเภทที่มีไม้เต็ง-ประดู่เป็นไม้เด่นจะมีความหลากหลายชนิดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากมีจำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย แต่ป่าเต็งรังประเภทอื่นๆและป่าดิบแล้งนั้นจะไม่พบความหลากหลายชนิดเพิ่มขึ้นหรือลดลง อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับความหลากหลายชนิดที่พบในตอนเริ่มต้นศึกษา แม้จะมีจำนวนชนิด และจำนวนต้นลดลงบ้างก็ตาม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยเรื่องนี้ ในโครงการ "การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของป่าเต็งรัง" ผ่านคณะกรรมการการวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยแม่บทดังกล่าวตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา

เอกสารอ้างอิง

- ธิดิ วิสารัตน์, พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟูและปรีชา ธรรมานนท์. 2527 ก.การแบ่งชั้นของเรือนยอดของพรรณไม้ในป่าดิบแล้ง. น. 345-357. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2537. (การป่าไม้เพื่อการพัฒนาชนบท) เล่ม 3.19-23 พฤศจิกายน 2537. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ธิดิ วิสารัตน์, พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟูและปรีชา ธรรมานนท์. 2527 ข.ปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์ที่ระดับพื้นดินภายใต้เรือนยอด และช่องว่างระหว่างเรือนยอดในป่าดิบแล้ง. น. 358-367. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2537 (การป่าไม้เพื่อการพัฒนาชนบท) เล่ม 3.19-23 พฤศจิกายน 2537. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู, ปรีชา ธรรมานนท์, และสมนึก ผ่องอำไพ. 2536. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของป่าเต็งรัง. รายงานการวิจัยช่วงกลาง เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 73 น.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2537. การศึกษาด้านนิเวศวิทยาของพรรณไม้ยืนต้นตระกูลถั่วในป่าเต็งรัง. I. องค์ประกอบของชนิดการขึ้นกระจายและความหลากหลาย. วารสารวนศาสตร์ 13 : 10-21.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู, ปรีชา ธรรมานนท์, และ ชูบ เข็ม นาค. 2537. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดินกับพืชในป่าเต็งรังโดยวิธี Discriminant analysis. วารสารวนศาสตร์ 13 : 98-113.
- Dhanmanonda P. and P. Sahunulu. 1988. Comparison of some indices of species diversity in the estimation of the actual diversity in three forest types at Namprom basin, Chaiphum Province. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 22 : 77-82.
- Fisher, R.A., A.S. Corbet, and C. B. Williams. 1943. The relation between the number of species and number of individuals in a random sample of an animal population. J. Anim. Ecol. 12 : 42-53.
- Heip, C. 1974. A new index measuring evenness. J. of Marine Biol. Assoc. 54 : 555-557.
- Hill, M.C. 1973. Diversity and evenness : a unifying notation and its consequences. Ecol. 54 : 427-432.
- Hurlbert, S.H. 1971. The non-concept of species diversity : a critique and alternative parameters. Ecol. 52 : 577-586.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. J. Theor. Biol. 29 : 151-154.
- Kanzaki, M., H. Kawaguchi, P. Sahunulu, P. Dhanmanonda, V. Tanpibal, B. Puriyakorn, K. Muangnil, P. Preechapanya, and K. Yoda. 1991. Climate, topography and initial vegetation of experiment sites with reference to the dynamics of natural forest, pp. 23-47. In K. Yoda and P. Sahunulu (eds.). Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in Thailand. Osaka City University, Japan.
- MacArthur, R.H. and E.D. Wilson. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton Univ. Press,

- New York.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*. 3 : 36-71.
- Menhinick, E.F. 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecol.* 45 :859-861.
- Peet, P.K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5 : 285-307.
- Sahunalu, P. and P. Dhanmanonda. 1995. Structure and dynamics of dry dipterocarp forest, Sakaerat, Northeastern Thailand, pp. 465-494. *In* E.O. Box *et al.* (eds.). *Vegetation Science in Forestry*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, IL.
- Sheldon, A.L. 1969. Equitability indices : dependance on the species count. *Ecol.* 50 : 466-467.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163 : 688.