บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 สังคมชีวิต (Community)

Krebs (1978) ให้ความหมายของสังคมชีวิตไว้ว่า หมายถึง "กลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตที่เข้ามาอยู่ในบริเวณเดียวกันหรือเข้ามาอาศัยในถิ่นที่อยู่เดียวกัน" และกล่าวว่าคุณสมบัติโดยทั่วไปของสังคมชีวิต ได้แก่

1.) มีการเข้ามารวมกลุ่มของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดได้ในพื้นที่เดียวกัน

2.) สิ่งมีชีวิตที่เข้ามารวมกันเกิดเป็นกลุ่มที่มีลักษณะจำเพาะและสามารถครอบครองพื้นที่หนึ่งไว้ได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ กันนั้นสามารถแยกเป็นกลุ่มของสังคมสิ่งมีชีวิตได้

3.) สังคมสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะมีพลวัตที่คงทนและมีการปรับให้เข้าสู่สภาวะสมดุล โดยการเกิดการทดแทนทันทีที่ระบบหรือสมาชิกในสังคมถูกทำให้สูญเสียภาวะสมดุล เรียกการปรับสมดุลของระบบว่า การควบคุมเข้าสู่ภาวะสมดุล (Self-regulation หรือ Homeostasis)

Krebs (1976, 1978) เสนอว่าคุณสมบัติบางประการของสังคมชีวิตที่สามารถศึกษาได้ทั้งในขณะที่ระบบอยู่ในภาวะปกติหรือกำลังอยู่ในช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงก็ได้ คุณสมบัติเหล่านั้น ได้แก่ 1. ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต (Species diversity) 2. โครงสร้างและรูปแบบการเจริญ (Structure and growth form) 3. ค่าความเด่น (Dominance) 4. ค่าการปรากฏสัมพัทธ์ (Species abundance) และ 5. โครงสร้างอาหาร (Trophic structure) การเปลี่ยนแปลงของระบบอาจเกิดเพียงช่วงเวลาสั้นแล้วจึงกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลสูงสุดของระบบอีกครั้ง (Climax community) ซึ่งเรียกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ว่าการทดแทนทางนิเวศวิทยา (Ecological succession)

จุดมุ่งหมายของการศึกษาคุณสมบัติของสังคมชีวิตในปัจจุบันเพื่อหาคำตอบว่า

1. การเข้ารวมกลุ่มของสิ่งมีชีวิตในแต่ละสังคมชีวิต มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องซึ่งกันและกันหรือไม่ และ

2. สิ่งมีชีวิตแม้จะมีการรวมกลุ่มอย่างอิสระแต่ยังมีความสัมพันธ์กันนั้นมีปัจจัยใดเป็นตัวกำหนดที่ทำให้เกิดการรวมกลุ่ม

หน่วยย่อยพื้นฐานของการเกิดสังคมพืชคือการเข้ารวมเป็นสังคมชีวิตของพืชชนิดต่าง ๆ (Association) ที่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มพืชที่มีลักษณะจำเพาะของตนเองได้ สมาชิกในกลุ่ม

อาจจะประกอบไปด้วยหมู่ไม้ (Stand) ต่างชนิดกัน ที่อาจมีลักษณะทางภายนอกแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

ดังนั้น การวิเคราะห์สังคมพืชโดยทั่วไปจึงมักจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

1. ความเหมือนหรือความคล้ายคลึงของหมู่ไม้ (Similarity of stands) ถ้าการรวมกลุ่มของหมู่ไม้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ภายในกลุ่มเดียวกันควรจะมีลักษณะของหมู่ไม้ที่คล้ายกัน แต่จะแตกต่างจากหมู่ไม้ของอีกกลุ่มหนึ่งอย่างชัดเจน

2. ความต่อเนื่องของหมู่ไม้ (Continuity of stands) ถ้าการรวมกลุ่มของหมู่ไม้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในหมู่ไม้แต่ละกลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงจึงไม่ควรจะมีความต่อเนื่องกันด้วย

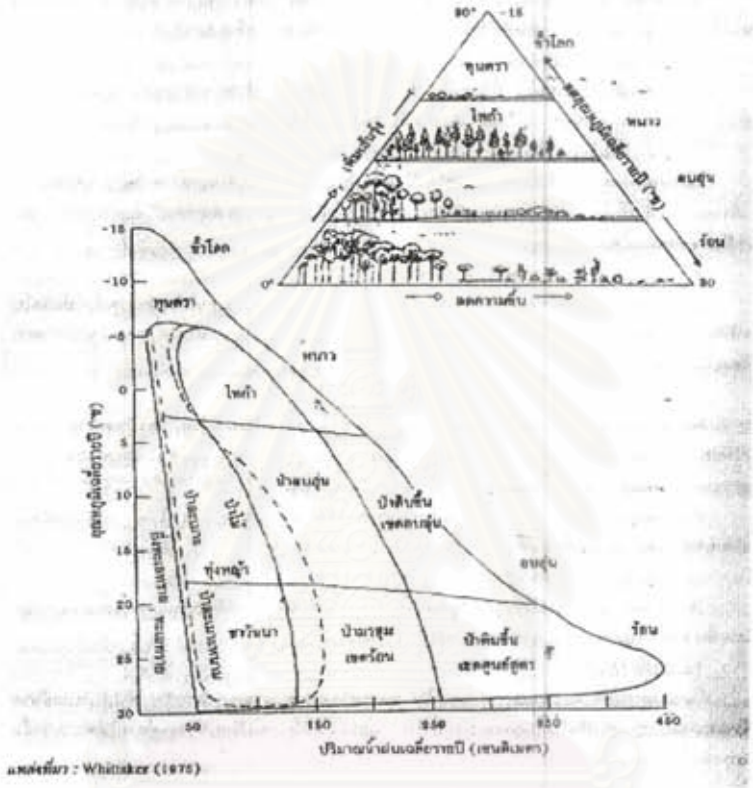
Whittaker (1967) กล่าวว่า นักนิเวศวิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบนิเวศโดยใช้ลักษณะของพืชที่ปรากฏในระบบ ได้พัฒนาเทคนิค "Gradient Analysis" เพื่อศึกษาการแปรผันของสังคมพืชที่สัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม และหลังจากที่ทำการศึกษา Whittaker กล่าวว่า ปัจจัยที่มีความซับซ้อนและยากแก่การอธิบายมากที่สุด คือ ความแตกต่างด้านความสูง (Elevation) และในกรณีนี้ เทคนิค "Ordination" ถูกพัฒนาขึ้นโดยเฉพาะเพื่อใช้หาคำตอบในกรณีที่วิธี Gradient Analysis ไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของหมู่ไม้ที่เป็นผลมาจากความแตกต่างด้านความสูงได้ (วิธีการวิเคราะห์จาก Krebs, 1978; Kent และ Coker, 1993.)

3. ความสัมพันธ์ของการกระจายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (Distributional relation of species) ถ้าแต่ละหมู่ไม้ที่แยกออกจากกันนั้นมีความคล้ายคลึงกัน ชนิดของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นต้องมีการกระจายไปตามเขตภูมิศาสตร์ที่คล้ายกันด้วย วิธีการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทำได้โดยการคำนวณค่าดัชนีความเหมือน (Index of Similarity) ที่ใช้การปรากฏของชนิดสิ่งมีชีวิตในแต่ละสังคมเป็นตัววิเคราะห์

4. ความสัมพันธ์ด้านพลวัตระหว่างกลุ่มประชากร (Dynamic relation between species population) ถ้าการรวมกลุ่มเป็นหน่วยที่เกิดตามธรรมชาติ ประชากรแต่ละชนิดน่าจะมีความสัมพันธ์กัน และความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันนั้นจะถูกกำหนดโดยความผูกพันระหว่างชนิดของสิ่งมีชีวิต

Gleason กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตที่กระจายออกไปตามที่ต่าง ๆ จะเป็นไปตามลักษณะจำเพาะของยีน (gene) กลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นลำดับขั้นของสิ่งแวดล้อม (Environmental gradient) และความสัมพันธ์ระหว่างชนิดก็จะแปรผันตามช่วงเวลาและสถานที่อย่างไม่มีข้อจำกัดที่แน่นอน

Whittaker (1975,1967) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงหรือการแบ่งขอบเขตสังคมพืชของโลก อาจแบ่งได้โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีซึ่งแสดงได้ในภาพประกอบที่ 2.1



ภาพประกอบที่ 2. 1 การเปลี่ยนแปลงหรือการแบ่งขอบเขตสังคมพืชของโลก โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี

ที่มา จิรากรณ์ (2537)

กล่าวโดยสรุปคือ ลักษณะเฉพาะที่จะเกิดขึ้นได้ในสังคมชีวิต คือ การที่สิ่งมีชีวิตหลายชนิดเข้ามาอยู่ร่วมกัน (Co-occurrence) การเกิดซ้ำของกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดิม และ การปรับเข้าสู่ภาวะสมดุลของระบบหรือเกิดการควบคุมเข้าสู่ภาวะสมดุล

2.2 สังคมป่าไม้ (Forest community)

2.2.1 โครงสร้างทางกายภาพ

" ลักษณะทางโครงสร้างของสังคมพืช คือ ลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกระจายของมวลชีวภาพ (Biomass) ไปตามที่ว่างของพื้นที่ " (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2522 อ้างจาก Shinwell, 1971) ซึ่งลักษณะทางโครงสร้างนี้มีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ

1.) โครงสร้างตามแนวดิ่ง (Vertical structure) เป็นการจัดเรียงตัวของชนิดพืชพรรณเป็นชั้น (layer) ตามระดับความสูงในแนวดิ่ง ซึ่งลักษณะเหล่านี้ค่อนข้างจะคงที่ในสังคมป่าแต่ละประเภท

2.) โครงสร้างทางแนวราบ (Horizontal structure) เป็นการกระจายของพืชพรรณออกเป็นแบบต่าง ๆ

3.) ความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Abundance) ได้แก่ ค่าความหลากหลายทางชีวภาพ, ความหนาแน่น, การปกคลุม, มวลชีวภาพและพื้นที่หน้าตัด ฯลฯ

2.2.2 การศึกษาการจัดชั้นของเรือนยอด (Stratification)

การจัดชั้นเรือนยอดของหมู่ไม้เป็นลักษณะทางโครงสร้างของสังคมพืชที่สำคัญมาก ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสังเคราะห์แสงของหมู่ไม้นั้น (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2522) ปัจจัยที่มีผลต่อการจัดเรียงตัวของพืชให้อยู่ในระดับต่างๆ ที่สอดคล้องกัน คือ ปริมาณแสงที่ตกลงสู่ระบบทั้งหมด Ogawa และคณะ (1965) เสนอวิธีการจำแนกชั้นของเรือนยอดโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความสูงทั้งหมดของต้นไม้ กับความสูงของกิ่งสดกิ่งแรกในรูปของ Crown depth diagram ซึ่งเป็นวิธีการที่ค่อนข้างจะแน่นอนกว่าและเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน (Yamada, 1975, 1976)

การแบ่งโครงสร้างแนวตั้งของป่าไม้ที่พบในประเทศไทยโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 5 ชั้น คือ Ap - เป็นชั้นเรือนยอดของไม้เด่นซึ่งมีเรือนยอดแผ่กว้างรับแสงได้โดยตรง, As - เป็นชั้นรองลงมาที่จะได้รับแสงเป็นบางส่วนจากด้านบน ซึ่งอาจถูกชั้น Ap บดบังจนเกือบหมด, F - ได้รับแสงจากด้านบนน้อยมากและในบางครั้งอาจแยกได้ไม่ชัดเจนเพราะถูกชั้น Ap และ As บดบังหมด, H - เป็นชั้นของไม้พื้นล่างพวกลูกไม้, กล้าไม้ และชั้น C - เป็นชั้นของพวกเถาวัลย์และไม้ที่ขึ้นอยู่ติดพื้นดิน (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2522 อ้างจาก Ogino ,1974 after Yamada , 1975)

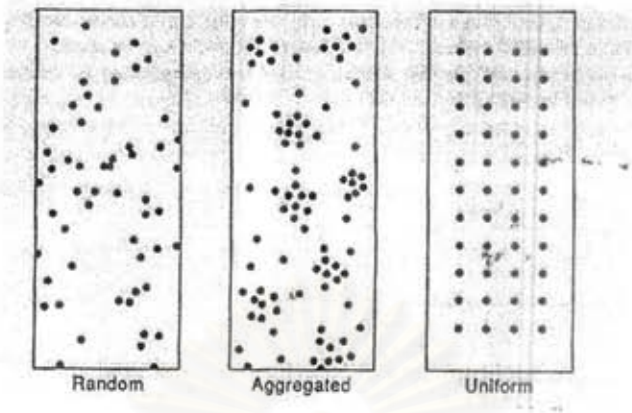
2.2.3 แบบแผนการกระจายตัวในแนวราบ (Spatial distribution)

รูปแบบการกระจายของพันธุ์พืชในแนวราบแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ การกระจายไปตามสภาพของสิ่งแวดล้อม (Environmental distribution) การกระจายไปตามสังคมของพืช (Sociological distribution) และ การกระจายไปตามรูปร่างลักษณะของพรรณพืช (Morphological distribution) การกระจายไปตามสภาพแวดล้อมมีความสำคัญเกี่ยวเนื่องกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิศาสตร์อย่างเด่นชัด ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ ความลึกของดิน, ปริมาณธาตุอาหารในดิน, ความเป็นกรด-ด่าง, การระบายน้ำของดิน เป็นต้น แต่การกระจายตามลักษณะรูปร่างภายนอกของสังคมพืชนั้นยากต่อการศึกษาในพื้นที่จริง เพราะปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการกระจายของพันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ นอกจากจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมแล้วยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการสืบพันธุ์ ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดด้วย (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2522 อ้างจาก Kershaw, 1964)

เนื่องจากการกระจายของพืชไปตามพื้นที่ต่างๆ เป็นผลมาจากการได้รับปริมาณแสงในระดับที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดแนวความคิดเกี่ยวกับความเด่นและการจัดชั้นเรือนยอดของพันธุ์ไม้ ซึ่งการศึกษารูปแบบการกระจายของพืชในลักษณะนี้วิธีการวางแผนผังของแปลงตัวอย่าง (quadrat) ค่อนข้างจะมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีอื่น (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2522 อ้างจาก Shimwell, 1971)

Kutintara (1975) สรุปว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมจะเป็นตัวกำหนดชนิดของป่าและการกระจายของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด ซึ่งปัจจัยเหล่านั้น ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปี, ความแปรผันของฤดูกาล, ความชื้นในดิน, ชนิดของดิน, ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล, สภาพพื้นที่ เป็นต้น

จิรากรณ์ (2537) และ Kent และ Coker (1993) แบ่งรูปแบบการจัดตัวของประชากรออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบสม่ำเสมอ (Uniform) พบได้ในบริเวณที่มีการแก่งแย่งสูงมากๆ การกระจายออกไปอย่างสม่ำเสมอก็เพื่อให้สมาชิกแต่ละตัว/แต่ละต้นมีโอกาสอยู่รอดอย่างเท่าเทียมกัน แบบอิสระ (Random) มักจะไม่ค่อยพบนัก ยกเว้นพืชที่มีกระบวนการกระจายเมล็ดออกไปอย่างอิสระ แบบกลุ่ม (Aggregated) มักเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุด สมาชิกของกลุ่มจะอยู่อย่างอิสระภายในกลุ่มของตัวเอง สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมาอยู่รวมกันเป็นกลุ่มโดยมีสมาชิกมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดร่วมกัน (Optimum clump value) ซึ่งเป็นไปตาม Allee's Principle ที่กล่าวว่า " ประชากรที่เข้ามาอยู่รวมกันนั้นต้องมีไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ที่จะทำให้สมาชิกได้รับประโยชน์สูงสุด "



ภาพประกอบที่ 2.2 แสดงแบบแผนการกระจายในแนวราบ (Spatial Distribution) ของสิ่งมีชีวิต

ที่มา จิรากรณ์ (2537)

Kent และ Coker (1993) กล่าวว่า ผลที่ได้จากการศึกษาการจัดตัวและการกระจายตัวของประชากรพืช ขึ้นกับขนาดของต้นพืชที่สัมพันธ์กับขนาดของแปลงตัวอย่างและขนาดของแปลงสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งบางครั้งนักนิเวศวิทยาอาจมองเห็นผลกระทบที่เกิดจากการใช้แปลงสุ่มตัวอย่างขนาดต่างๆ กันในการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการศึกษา แต่ปัญหาเหล่านี้มีวิธีแก้ไขโดยใช้วิธีการทำ nested plot เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาพืชแต่ละชนิด ซึ่งขนาดมาตรฐานของแปลงสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้วดูได้จาก Austin (1981) และ Gilbertson และคณะ (1985)

2.3 ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biological diversity)

ปัญหาการลดลงของความหลากหลายหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ในป่าเขตร้อนเป็นเรื่องที่ได้รับการกล่าวถึงอยู่เสมอไม่ว่าจะเป็นมุมมองทางวิทยาศาสตร์หรือในทางการเมือง ทั้งในการประชุมระดับโลกระดับภูมิภาคหรือแม้แต่ระดับประเทศก็ตาม (Boontawee, Plengklai และ Kao-sa-ard, 1995) ประเด็นหลักที่กล่าวถึงคือ ความพยายามที่จะรวมเอาความหลากหลายทางชีวภาพเข้าไว้เป็นเรื่องเดียวกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งสิ่งที่ต้องคิดตามมา คือ เรื่องวิธีจัดการให้เกิดความยั่งยืน, วิธีประเมินค่าของการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพรวมทั้งเทคนิคที่ใช้ ฯลฯ

ความหลากหลายทางชีวภาพกับระบบนิเวศป่าไม้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างสิ้นเชิง ด้วยเหตุผลที่ว่า ระบบนิเวศป่าไม้จัดว่าเป็นแหล่งรวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพของโลกที่ใหญ่ที่สุด และการเป็นแหล่งผลผลิตทางชีวภาพที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของมวลมนุษยชาติและสิ่งมีชีวิตนานับประการ (Myers, 1980; Wilson, 1988; Myers, 1989; Miller, 1994; Boontawee และคณะ, 1995)

2.3.1 ความหลากหลายของระบบนิเวศป่าไม้เมืองไทย (Forest diversity)

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งในเขตทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่รวบรวมเอาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์พืชไว้มากที่สุดเพราะอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนในแนวละติจูดที่ 6 ^{0}N - 20 ^{0}N มีพื้นที่โดยรวมประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร สภาพอากาศแปรผันตั้งแต่ร้อนชื้นไปจนถึงกึ่งแอลไพล์ ความเหมาะสมด้านสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ ทำให้ประเทศไทยกลายเป็นศูนย์รวมความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ ที่แบ่งเป็นประเภทหลักได้ถึง 6 แบบ 16 สังคมย่อย (Boontawee และคณะ, 1995)

การสำรวจสถานการณ์ป่าไม้ของไทยโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANSAT-TM ในช่วงปี พ.ศ. 2519 - 2534 โดยกรมป่าไม้พบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จาก พ.ศ. 2514 พื้นที่ป่าที่สำรวจได้มีประมาณ 198,417 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ปี พ.ศ. 2534 มีพื้นที่ป่าเหลือเพียง 136,693 ตารางกิโลเมตร (RFD, 1992) (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 การสำรวจพื้นที่ระบบนิเวศป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ดาวทียม LANSAT-TM ระหว่างปี พ.ศ. 2519-2534

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่ป่า (ตร.กม.)	คิดเป็น % จากพื้นที่ทั้งหมดของไทย
2519	198,417	38.67
2521	175,224	34.15
2525	156,000	30.52
2528	150,866	29.40
2531	143,803	28.03
2532	142,417	27.95
2534	136,693	26.64

ที่มา ดัดแปลงจาก Boontawee และคณะ (1995)

การแก้ไขปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยในปัจจุบัน คือการประกาศพื้นที่ป่าเป็นเขตหวงห้ามรูปแบบต่างๆ เช่น การประกาศเป็นเขตอุทยานแห่งชาติ, พื้นที่ป่าอนุรักษ์, เขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่า, เขตสวนป่า เป็นต้น รวมเป็นพื้นที่ทั้งหมด 72,020 ตารางกิโลเมตร (53% ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด) (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 พื้นที่อนุรักษ์รูปแบบต่าง ๆ ในประเทศไทย

ลักษณะของพื้นที่อนุรักษ์	จำนวนหน่วย	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)
เขตอุทยานแห่งชาติ	77	39,238.5
สวนป่า	44	610.2
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	35	27,867.2
เขตห้ามล่าสัตว์	49	4,187.9
สวนสัตว์	2	24.5
สวนพฤกษศาสตร์	5	15.4
Arboretum garden	44	31.9
รวม		72,020.7

ที่มา ดัดแปลงจาก Boontawee และคณะ (1995)

2.3.2 <u>การวิเคราะห์ค่าความหลากหลายของระบบนิเวศป่าไม้</u> (Measuring forest Biodiversity)

วิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในการวัดหรือวิเคราะห์ค่าความหลากหลายทางชีวภาพ คือการวางแปลงสุ่มตัวอย่าง เทคนิคที่ใช้ คือการสุ่มโดยไม่ได้วางแปลงตัวอย่าง (plotless) สำหรับการศึกษาในวงกว้าง การวางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาดย่อมลงมาในการศึกษาจำเพาะเรื่องที่เจาะจงลงไป และการวางแปลงตัวอย่างถาวรเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลวัตของประชากรในระยะยาว โดยปกติขนาดของแปลงตัวอย่างจะอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 เฮกแตร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของป่าไม้ที่ทำการศึกษา ซึ่งขนาดของแปลงตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของชนิดพันธุ์ไม้ในแปลงตัวอย่างมีค่าสูงขึ้น

การวิเคราะห์ความหนาแน่น(Tree density) และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ไม้ (Species richness) โดย Boontawee และคณะ (1995) สรุปว่าป่าฝนเขตร้อนมีความหนาแน่นและมีความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ไม้ มากที่สุด (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ความหนาแน่นของต้นไม้และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ไม้ ของป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย

ชนิดระบบนิเวศป่าไม้	ความหนาแน่น (ต้น/เฮกแตร์)	ความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ไม้ (ชนิด/เฮกแตร์)
ป่าเต็งรัง	554-789	35-37
ป่าเบญจพรรณ	253	14
ป่าสัก	262-395	21
ป่าสน	145-280	22-34
ป่าดิบแล้ง	731	57
ป่าดิบเขา	726	56-70
ป่าฝนเขตร้อน	818-1,540	69-109

ที่มา ดัดแปลงจาก Boontawee และคณะ (1994)

2.3.3 การวิเคราะห์ความหลากหลายของพันธุ์ไม้ (Species diversity analysis)

เป็นการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ โดยประเมินจากค่าดัชนีวิเคราะห์ความหลากหลาย เช่น Simpson's index (S) (Krebs, 1972), Fisher's index (α) และที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ ดัชนี ความหลากหลายของ Shannon-Wiener (Shannon-Wiener Diversity Index) (H')

Krebs (1972) กล่าวว่า ความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้คำนวณได้จากการหาสัดส่วนระหว่าง จำนวนต้นของพืชแต่ละชนิดต่อจำนวนต้นทั้งหมดของพืชทุกชนิดในแปลงตัวอย่างและความมากน้อยของสิ่งมีชีวิตที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งนั้น จะสัมพันธ์กับกับค่าความเด่นของพืชในสังคมที่มีพืชเด่นเป็นจำนวนมากจะทำให้จำนวนชนิดอื่นๆ น้อยลง ซึ่งก็คือเมื่อพืช

เด่นเกิดขึ้นมากค่าความหลากหลายของชนิดก็จะลดลงนั่นเอง และค่าความผกผันของจำนวนชนิดนี้ใช้เป็นปัจจัยบ่งชี้เสถียรภาพ (Stability) ของระบบได้

Ogawa และคณะ (1961) พบว่า ความหลากหลายของชนิดจะลดลงตามระดับความสูงของพื้นที่ (elevation) และตามความห่างไกลจากเส้นศูนย์สูตร

2.4 นิเวศวิทยาของระบบนิเวศป่าผลัดใบ

2.4.1 ระบบนิเวศป่าผลัดใบในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ระบบนิเวศป่าผลัดใบ (Deciduous forest ecosystem) คือ ระบบนิเวศที่ต้นไม้ที่เป็นโครงสร้างหลักของระบบจะทิ้งใบหมดในฤดูแล้งและเริ่มผลิใบใหม่อีกครั้งในช่วงต้นฤดูฝนหรือต้นไม้บางชนิดอาจเป็นพวกที่มีใบเขียวตลอดทั้งปีซึ่งจะมีปนอยู่เป็นส่วนน้อย บางชนิดอาจผลิใบใหม่ออกมาก่อนที่จะทิ้งใบเก่าก็ได้ ป่าผลัดใบมักพบในที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร ดินมีลักษณะเป็นดินปนทราย ดินทรายหรือดินที่มีกรวด หิน ปนอยู่ค่อนข้างมากและมักพบที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล บางครั้งป่าผลัดใบอาจถูกเรียกว่า ป่ามรสุม เพราะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมในช่วงเดือนตุลาคมเป็นต้นไปก่อนที่จะทิ้งใบ และได้รับลมมรสุมต้นฤดูฝนก่อนที่จะเริ่มผลิใบใหม่ (Choob Khemnark, 1978)

ระบบนิเวศป่าผลัดใบโดยทั่วไป แบ่งเป็นสองประเภท ได้แก่ ระบบนิเวศป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest ecosystem) และระบบนิเวศป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest ecosystem) บางครั้งอาจรวมถึงป่าสะวันนา (Savanna forest) ด้วย การศึกษาส่วนมากมักทำในป่าเต็งรังเพราะเข้าทำการศึกษาภาคสนามได้ง่ายกว่าและที่สำคัญคือ ในระบบนิเวศป่าเต็งรังมีพันธุ์ไม้หลายชนิดที่เป็นไม้มีค่าทางเศรษฐกิจ เช่น เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เป็นต้น มนุษย์จึงให้ความสำคัญแก่ป่าประเภทนี้มากกว่า

ภาพประกอบที่ 2.3 ลักษณะของป่าผลัดใบที่พบในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วงเริ่มต้นของฤดูกาลทิ้งใบของต้นไม้ชนิดต่างๆ ซึ่งช่วงเวลาของการทิ้งใบจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด

2.4.2 โครงสร้างของระบบนิเวศป่าเต็งรังในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ระบบนิเวศป่าเต็งรังในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุลยาง (Dipterocarpus) ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นประเภทสนขึ้นปนกับพืชสกุลยาง (Pine-dipterocarpus) และระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง ขึ้นปนกับพืชสกุลยาง (Mixed dry dipterocarpus) ระบบนิเวศสองประเภทแรกจัดว่าเป็นระบบนิเวศป่าเต็งรังอย่างแท้จริง (Khemnark และคณะ, 1972; Santisuk, 1988) การแบ่งชนิดของสังคมป่าไม้อาจแบ่งได้หลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทำงานและวิธีการที่ใช้ว่ายึดตามแบบใด

1. ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง

ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดคือไม้ผลัดใบในสกุล Shorea ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. หรือ *Pentacme sauvis* A.DC.) และ รัง (*Shorea siamensis* Miq. หรือ *Pentace siamensis*

Kurz) พบทั้งในที่ความชื้นสูงและที่ความชื้นต่ำ ระบบนิเวศที่ประกอบด้วยไม้หลักทั้งสองชนิดนี้มักมีโครงสร้างเป็นป่าเปิด พื้นล่างของป่าได้รับแสงค่อนข้างมากทำให้เกิดการเจริญของไม้ชั้นรองได้เป็นอย่างดี ในที่มีความชื้นสูงอาจเกิดการแบ่งชั้นของต้นไม้ให้เห็นได้ถึง 3 ชั้น เรือนยอดชั้นบนสุดสูงประมาณ 18 - 25 เมตร ส่วนในที่ความชื้นน้อยจะมีการแบ่งชั้นเรือนยอดให้เห็นเพียง 2 ชั้น และช่วงลำต้นค่อนข้างคดงอ ความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 15 เมตร การปกคลุมของเรือนยอดมีค่าน้อยกว่า 60 %

พืชคลุมดินส่วนมากเป็นหญ้าและไม้ไผ่แคระ ที่สามารถเจริญได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นสูงและลักษณะเฉพาะที่พบได้ คือ มี หญ้าเพ็ก (*Arundinasia spp.*) ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น นอกจากนั้นยังมี หญ้ากาย (*Eulalia spp.*) ขึ้นปนอยู่บ้าง พืชชั้นล่างของป่าชนิดอื่นที่พบได้ทั่วไป คือ ปุ่มเป้ง (*Phoenix acaulis* Ham.) เป้งดอย (*Phoenix. humilis* Royle.) และ ปรงเหลี่ยม (*Cycas siamensis* Miq.) กล้วยไม้ป่าและพืชกาฝาก (epiphyte) ก็พบได้เป็นจำนวนมาก (Bunyavejchewin, 1983) ในที่มีความชื้นต่ำบางบริเวณจะมีหญ้าขึ้นปกคลุมโดยเฉพาะ หญ้าไผ่ (*Apluda mutica* Linn.) เป็นหญ้าชนิดที่ขึ้นอยู่หนาแน่นกว่าชนิดอื่น พื้นที่บริเวณนี้ไฟป่ามักจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี แต่ความรุนแรงและบริเวณการแพร่กระจายของไฟจะเกิดขึ้นน้อยกว่าในพื้นที่ ที่มีความชื้นมาก การงอกและการเจริญของกล้าไม้มีน้อยมาก ซึ่งสาเหตุอาจเป็นผลจากปัจจัยต่างๆ ที่เข้ามามีบทบาทโดยรวมต่อระบบ เช่น ปัจจัยด้านไฟป่า, ระดับความชื้น, ดินส่วนมากเป็นดินทรายมีหินผสมอยู่ค่อนข้างมาก, ปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในดิน และการเกิดการแก่งแย่งสารอาหารระหว่างหญ้าชนิดต่างๆ กับกล้าไม้ เป็นต้น การแปรผันทางโครงสร้างของพันธุ์ไม้ในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) ในพื้นที่มีความชื้นต่ำองค์ประกอบทางโครงสร้างของป่าจะมีลักษณะที่ค่อนข้างเปิดโล่ง ชนิดพันธุ์ไม้ที่พบจะคล้ายกับที่พบในระบบนิเวศป่าเต็งรังทั่วๆไป มักขึ้นตามเนินแห้งๆ และในพื้นที่ที่มีความชันปานกลางจนถึงชันมาก ซึ่งอาจมีเขตการกระจายที่ระดับความสูง 130 - 1,000 เมตร ส่วนในที่ที่มีความชื้นสูง โครงสร้างป่าจะทึบมากกว่า

ลักษณะทางกายภาพของดินที่พบ คือ เป็นดินที่มีหินและทรายปนอยู่มาก หน้าดินชั้นบนค่อนข้างตื้น ชั้นดินที่อยู่ต่ำกว่าชั้นหน้าดินลงไปเป็นหินทราย หินแกรนิต และ ควอทไซท์ (Quartzite)) ซึ่งเป็นหินต้นกำเนิดของชั้นดิน ดังนั้นในพื้นที่ที่มีความสูงมากจึงมักจะมีหน้าดินที่ลึกกว่า และดินที่พบอาจจะมีคุณสมบัติคล้ายดินร่วนมากกว่าดินในพื้นที่ระดับต่ำ

2. ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุลยาง

โดยทั่วไปแล้วระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุลยาง (Dipterocarpus) จะมีพืช สกุล Dipterocarpus เป็นไม้เด่น เช่น พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) ทั้งหมดนี้จะพบในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบางพื้นที่ในเขตประเทศอินเดีย ในประเทศไทยที่พบได้แก่ ป่าที่มี พลวง และ เหียง เป็นพืชเด่น ส่วน ยางกราด (*Dipterocarpus intricatus* Dyer.) พบทั่วไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในเขตประเทศลาวและกัมพูชา ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุลยาง (Dipterocarpus) จะมีชนิดพันธุ์พืชมากกว่า ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) ความหนาแน่นของต้นไม้แต่ละชนิดก็มีมากกว่าด้วย การแบ่งชั้นของต้นไม้โดยปกติจะเป็น 2 ชั้น แต่ในบางพื้นที่ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์มากก็อาจแบ่งได้ถึง 3 ชั้น เรือนยอดชั้นสูงสุดมีช่วงความสูงอยู่ระหว่าง 15 - 30 เมตร และอาจสูงถึง 40 เมตร ได้ถ้าพื้นที่นั้นอยู่ในเขตที่ลุ่มต่ำและดินมีการระบายน้ำได้ดี (Bunyavejchewin, 1983)

ในชั้นคลุมดินประกอบด้วย พืชล้มลุกและหญ้าชนิดต่าง ๆ ที่เป็นชนิดเดียวกับที่พบในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) เช่น หญ้ากาย (*Eulalia spp.*) หญ้าแฝก (*Themeda spp*) หญ้าพุ่งชู้ (*Heteropogon spp*) และ หญ้าคา (*Imperata spp.*) แม้ว่าจะมีหญ้าขึ้นอยู่หลายชนิด แต่ก็พบว่ามีกล้าไม้ชนิดสำคัญและไม้พุ่มขึ้นรวมอยู่ในสัดส่วนค่อนข้างมากด้วย และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ช่วยลดความรุนแรงของการเกิดไฟป่าในแต่ละครั้งลงได้ เช่น ที่บริเวณรอบสถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง หญ้าพุ่งชู้ (*Heteropogon spp.*) มีการแพร่กระจายมากในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) ในขณะที่ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุลยาง (Dipterocarpus) จะมี หญ้าไผ่ (*Apluda mutica* Linn.) ขึ้นอยู่มากกว่าและการขึ้นกระจายของเมล็ดพันธุ์กล้าไม้ก็มีมากกว่าใน ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) แต่กล้าไม้พวกนี้โดยทั่วไปพบว่ามีอยู่เพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถเจริญไปเป็นไม้ที่โตเต็มที่ได้ ปกติหลังจากเกิดไฟป่าแล้วพบว่ากล้าไม้พวกนี้จะเจริญได้ดีในช่วงระยะเวลาสั้นเท่านั้น ส่วนใหญ่จะตายจนเกือบหมด (Ogawa และคณะ, 1961) ไม้เลื้อยขนาดใหญ่ที่พบ เช่น *Spatholobus parviflorus* Ktze. กล้วยไม้ในวงศ์ Loranthaceae และพืชล้มลุกหลายชนิดในวงศ์ ขิงข่า (Zingiberaceae) และ เฉียง (Leeaceae)

ลักษณะทางกายภาพของดินที่พบในป่าประเภทนี้ ส่วนมากเป็นดินทราย และมักเป็น

ที่ราบมีความชันน้อย แต่ในที่ระดับความสูงมากๆ ต้นไม้มักจะขึ้นอยู่ตามเนินเขาและหน้าผา ระดับความสูง 500 - 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลจะเป็นช่วงที่พบมากที่สุด ดินอาจมีคุณสมบัติเป็นกรดเล็กน้อย แต่มีสารอินทรีย์ปนอยู่ค่อนข้างมาก

3. <u>ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นประเภทสนขึ้นปนกับพืชสกุลยาง</u>

สังคมป่าประเภทนี้พบได้ตามเชิงเขาหรือที่ระดับความสูงตั้งแต่ 750 - 1,100 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ในบางพื้นที่อาจจะพบได้ตั้งแต่ช่วงความสูง 100 - 400 เมตร หรือในที่ราบริมฝั่งแม่น้ำที่มีน้ำท่วมถึงอยู่เสมอก็สามารถพบได้เช่นกันการแบ่งชั้นของหมู่ไม้โดยปกติจะแบ่งเป็น 2 ชั้น ไม้เด่นที่พบเสมอ คือ สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese.) และ สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle. ex Gordon) และไม้ในวงศ์ Fagaceae เป็นต้น Stott (1976) และ Suntisuk (1988) กล่าวว่าสังคมป่าไม้ประเภทนี้จัดเป็นป่าที่ฟื้นตัวจากการทำลายที่ได้รับอิทธิพลของการทำลายจากไฟป่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มจาก การทดแทนด้วยไม้เบิกนำที่มักพบในป่าเต็งรังและต่อยๆ เปลี่ยนเป็นป่าดิบเขาและป่าสนในที่สุด ดังนั้นถ้าพิจารณาจะเห็นว่าเขตรอยต่อระหว่างระบบนิเวศ (Ecotone) เชื่อมกันที่บริเวณนี้ ซึ่งจะเป็นเขตที่รวมลักษณะของป่าดิบเขาและป่าดิบแล้งเอาไว้ในพื้นที่เดียวกัน

ความหนาแน่นของหมู่ไม้ และปริมาตรพื้นที่หน้าตัดปกคลุมมีค่าแตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด ความหนาแน่นโดยรวมมีค่ามากกว่าระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุลยาง (Dipterocarpus) จะมี หญ้าไผ่ (*Apluda mutica* Linn.) ขึ้นอยู่มากกว่าและการขึ้นกระจายของเมล็ดพันธุ์กล้าไม้ก็มีมากกว่าใน ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นอยู่ในสกุล เต็ง-รัง (Shorea) แต่ในพื้นที่ความชื้นต่ำการปกคลุมของเรือนยอดมีค่าน้อยมากและเนื่องจากป่าชนิดนี้มักพบในเขตพื้นที่สูงชัน การปกคลุมของพืชที่พื้นล่างของป่าจึงกระจายเป็นหย่อมๆ เพราะปริมาณแสงไม่เพียงพอ ไฟป่าอาจเกิดได้ในบางครั้ง หญ้าชนิดที่พบได้แก่ หญ้าคาย (*Eulalia spp.*,) หญ้าพุ่งชู้ (*Heteropogon spp.*) หญ้าพง (*Sorghum spp.*) และ หญ้าคา (*Imperata cylindrica*) พืชกาฝากและกล้วยไม้ก็มีอยู่เป็นมาก โดยเฉพาะกล้วยไม้สกุล *Dendrobium spp.* , *Vanda spp.*, และ *Dichidia spp.*พืชพื้นล่างที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ ปุ่มเปิง (*Phoenix acaulis*) และไลเคน (Lichen) ในสกุล *Usnea spp.*

4. ระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีพืชชนิดเด่นในสกุลเต็ง-รัง ขึ้นปนกับพืชสกุลยาง

ป่าประเภทนี้อยู่ในเขตชื้นทั้งหมดและเป็นคนละประเภทกับป่าสะวันนา (Legris & Blasco, 1972; Blasco, 1983) จัดเป็นเขตรอยต่อระหว่างระบบนิเวศ ที่ผสมระหว่างป่าเต็งรังและป่ามรสุม โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วยพืชพันธุ์หลายชนิดจึงไม่ปรากฏพืชชนิดเด่นที่แน่ชัด ยกเว้นในบางพื้นที่ที่อาจมีการเจริญของ *Pentacme suavis* A.DC. ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ รัง (*Shorea siamensis* Miq.) และอาจถูกจัดเป็นพืชชนิดเด่นในพื้นที่นั้นได้ (Stott, 1976) พืชชนิดที่พบทั่วไปและมีอยู่ค่อนข้างมาก ได้แก่ รัง (*Shorea siamensis* Miq.) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) รวมทั้งพืชอื่น ๆ ที่พบในป่าสะวันนา ส่วนพืชที่พบเช่นเดียวกับในป่ามรสุม คือ มะม่วงป่า (*Mangifera caloneura* Kurz.)

การแบ่งชั้นในแนวตั้งของป่าเต็งรังผสมโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 - 3 ชั้น และชั้นเรือนยอดอาจเจริญได้สูงมากกว่า 20 เมตร ส่วนที่ระดับพื้นล่างของป่าประกอบด้วยไม้พุ่ม หญ้า ปรง และพืชล้มลุก รวมทั้งลูกไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น และเนื่องจากป่าเต็งรังผสมมักขึ้นอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างชื้นการทำลายจากไฟป่าเกิดได้น้อยมาก ลักษณะทางกายภาพของดินประกอบด้วยหินก้อนเล็กๆ และเป็นดินร่วนปนทรายที่มีอินทรีย์สารปนอยู่ในปริมาณสูง และการแลกเปลี่ยนอิออนในดินเกิดขึ้นได้ดีกว่าในป่าดิบแล้ง

2.4.3 ระบบนิเวศป่าผลัดใบในประเทศไทย

ระบบนิเวศป่าผลัดใบในประเทศไทย มีขึ้นกระจายอยู่ทั่วไปในเขตภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มักพบที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน1,000 เมตร ปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 800 - 1,500 มิลลิเมตร ลักษณะทางกายภาพของดินมักเป็นดินร่วนปนทราย ดินลูกรัง หรือดินที่มีหินและกรวดปนอยู่มาก ฤดูแล้งอากาศมักร้อนจัดและมักเกิดไฟป่าขึ้นเป็นประจำ ในประเทศไทยแบ่งระบบนิเวศป่าผลัดใบออกเป็น 2 ประเภท คือ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณหรือระบบนิเวศป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest)

ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณหรือระบบนิเวศป่าผสมผลัดใบจัดเป็นระบบนิเวศป่าผลัดใบที่พันธุ์ไม้เกือบทุกชนิดจะทิ้งใบหมดในช่วงฤดูร้อนหรือช่วงฤดูแล้งที่พืชขาดแคลนน้ำ การทิ้งใบเพื่อลดอัตราการสูญเสียน้ำ ช่วงทิ้งใบอาจเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมเป็นต้นไป และเริ่มผลิใบใหม่อีกครั้งในราวเดือนพฤษภาคม ป่าชนิดนี้ พบมากทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางส่วนใต้ไม่ปรากฏว่ามีอยู่เลย ป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือจะมีไม้สักขึ้นปนอยู่ทั่วไป ทางภาคกลางก็มีอยู่บ้างแต่น้อยกว่าทางภาคเหนือ ส่วนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกือบจะไม่มีไม้สักขึ้นปนอยู่เลย (เทียม คมกฤส, 2508)

Smitinand (1977) จำแนกระบบนิเวศป่าเบญจพรรณในประเทศไทยไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1.1 ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณชื้นสูง พบที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 300-600 เมตร ประกอบด้วยชั้นเรือนยอด 3 ชั้น และมักขึ้นบนดินร่วนที่เกิดจากหินปูนหรือหินแกรนิต

1.2 ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณแล้งสูง จะพบอยู่ตามสันเขาที่มีระดับความสูง 300-500 เมตร ลักษณะพืชพรรณจะหนาแน่นน้อยกว่าระบบนิเวศป่าเบญจพรรณชื้นสูงแต่ส่วนใหญ่มีเรือนยอด 3 ชั้นเช่นเดียวกัน มีพรรณไม้ที่พบในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณชื้นสูงก็เข้ามาปะปนอยู่บ้างแต่มักจะมีลำต้นแคระหรือคดงอ และในป่าประเภทนี้อาจพบต้นไม้ที่ขึ้นในระบบนิเวศป่าเต็งรังปนอยู่ด้วย มักขึ้นอยู่บนดินร่วนปนทรายและดินศิลาแลง พืชชั้นล่างจะถูกไฟไหม้เป็นประจำ ป่าชนิดนี้ถูกมนุษย์รบกวนค่อนข้างมากและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ป่าเสื่อมสภาพลง กลายไปเป็นป่าไผ่อันมีไผ่ป่า และไผ่รวกเป็นไม้เด่น

1.3 ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณต่ำ ป่าชนิดนี้จะพบอยู่ในพื้นที่แห้งแล้งซึ่งเป็นที่ราบต่ำอยู่ในระดับความสูง 50 - 300 เมตร มักขึ้นอยู่ในดินร่วนหรือศิลาแลง มีเรือนยอด 3 ชั้น จะต่างกันตรงที่ไม่มีไม้สักขึ้นปนอยู่เท่านั้น

ภาพประกอบที่ 2.4 ลักษณะทั่วไปของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณที่พบในประเทศไทย

2. ระบบนิเวศป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest)

ระบบนิเวศป่าเต็งรัง เป็นป่าโปร่ง ส่วนมากพบทางภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคตะวันออกพบเป็นแนวแคบๆ ทางทิศเหนือของจังหวัดปราจีนบุรีต่อกับจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจพบมากที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าชนิดอื่นทั้งหมด (70 -80 %) และพบทั้งพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงและในที่ราบ ลักษณะทางกายภาพของดินโดยทั่วไปจะมีหน้าดินค่อนข้างตื้นมีความอุดมสมบูรณ์น้อยและมีหินลูกรังปนอยู่ค่อนข้างมาก ป่าเต็งรังนี้เกิดขึ้นได้บนดินที่ถือกำเนิดมาจากหินหลาย ๆ ประเภท เช่น หินทราย ควอทไซต์ แกรนิต หินปูน และหินดินดาน ความสูงของพื้นที่อยู่ เหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 50-1,300 เมตร ลักษณะของต้นไม้ที่พบโดยทั่วไปค่อนข้างเตี้ย ลำต้นเล็ก ยกเว้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีลำต้นขนาดค่อนข้างโตและมีการเจริญค่อนข้างดีกว่า ทั้งนี้สันนิษฐานว่า อาจเกิดจากสภาพดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นดินหินผุ และดินลูกรังที่มีการระบายน้ำดี ลักษณะของดินเป็นดินเหนียวสีแดง ดินปนทรายสีค่อนข้างแดงหรือสีเหลือง ลักษณะโครงสร้างของดินแตกต่างกันไปตามพื้นที่ ทั้งนี้เพราะป่าประเภทนี้เป็นป่าที่แห้งแล้งมาก พื้นที่บางแห่งมีหินดานโผล่พ้นดินขึ้นมา ลักษณะของต้นไม้ในป่าเต็งรังจึงแตกต่างกันออกไปตามสภาพของพื้นดิน และเนื่องจากป่าประเภทนี้เกิดไฟไหม้แทบทุกปี ต้นไม้จึงมีลักษณะที่ทนความร้อนได้ดี ต้นไม้ที่เห็นอยู่ในป่าทั่วๆ ไป จึงมักเป็นลำ

ต้นของต้นเก่าที่ถูกไฟตัดยอดออกไปก่อนแล้ว ไม้ในป่าเต็งรังจะทิ้งใบในฤดูแล้งเพื่อลดการคายน้ำ แต่ก็มีบางชนิด เช่น กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Been.) หว้า (*Eugenia cumini* Druce) พะยอม (*Shorea ruxburghii* G. Don.) ที่ไม่เป็นไม้ผลัดใบ

เนื่องจากสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะดินที่เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญและการกระจายพันธุ์ของป่าเต็งรังอยู่มาก Kutintara (1975) แบ่งสังคมพืชที่พบในระบบนิเวศป่าเต็งรังออกได้เป็น 6 สังคมย่อย ดังนี้

2.1 สังคมเต็ง-รัง ส่วนมากประกอบด้วยต้นไม้ที่มีลักษณะแคระแกรน ความหนาแน่นของต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงระดับอกตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไป มีอยู่ประมาณ 565 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัด 17.5 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ สำหรับพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่านั้น ความหนาแน่นของต้นไม้จะลดลง แต่พื้นที่หน้าตัดต่อหน่วยพื้นที่จะเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีต้นไม้ขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น คือความหนาแน่นจะลดลงเหลือประมาณ 475 ต้นต่อเฮกแตร์ และมีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยมีค่า 25 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้เต็งกับไม้รัง พื้นป่ามีลักษณะเปิดโล่งโดยมีหญ้าไผ่และหญ้าแฝกขึ้นกระจายอยู่ห่างๆ กัน ไม้เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) กับ ไม้รัง (*Shorea siamensis* Miq.) โดยปกติแล้วจะเจริญและสูงขึ้นค่อนข้างมาก ถ้าดินมีความลึกพอที่จะค้ำจุนให้ลำต้นตั้งอยู่ได้ สังคมเต็ง - รัง จะครอบครองพื้นที่ส่วนที่เป็นดินตื้นมีหินโผล่ ดินมีลักษณะเป็นดินทราย มีปริมาณโพแทสเซียมปริมาณต่ำแต่มีฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณสูง ส่วนใหญ่พบอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันสูงและเป็นพื้นที่อยู่ในระดับต่ำ

2.2 สังคมพลวง-เต็ง สังคมประเภทนี้มีทั้งที่เป็นสังคมของไม้แคระแกรนและไม้ที่มีความสูงปานกลางลักษณะเด่นคือมีขนาดพื้นที่หน้าตัดค่อนข้างน้อย ความหนาแน่นอยู่ในระดับเดียวกับป่าเต็งรัง องค์ประกอบด้านชนิดพันธุ์พืชส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่พบในระบบนิเวศป่าเต็งรังเท่านั้น ไม้พื้นล่างมีความหนาแน่นมากกว่าในสังคมป่าเต็ง-รัง แต่อย่างไรก็ตามพื้นล่างก็ยังค่อนข้างจะเปิดโล่งอยู่ ชั้นดินจะมีดินลูกรังปนอยู่ต่ำลงไปจากหน้าดินชั้นบนเล็กน้อย

2.3 สังคมพลวง-สนสองใบ ประกอบด้วยต้นไม้ที่มีความสูงปานกลางถึงสูงมาก ความหนาแน่นของหมู่ไม้อยู่ในระดับปานกลาง คือ ประมาณ 572 ต้นต่อเฮกแตร์ และพื้นที่หน้าตัด 42.08 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ไม้เด่นในชั้นเรือนยอด ได้แก่ สนสองใบ แต่โดยปกติแล้วจะขึ้นรวมกันเป็นกลุ่ม ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความเกี่ยวพันกับการปรากฏของสังคมพลวง-สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese) คือ ดินลูกรังที่มีดินเหนียวและดินร่วน ปนอยู่มากและ

ยังมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงในขณะที่ฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำสังคมชนิดนี้มักพบในพื้นที่ซึ่งมีความสูงและความลาดชันอยู่ในระดับปานกลาง และมีเปอร์เซนต์ของหินอยู่ในระดับต่ำด้วย

2.4 สังคมพลวง-เหียง ลักษณะทั่วไปทางโครงสร้างคล้ายกับสังคมพลวง-สนสองใบ เพียงแต่มี เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) ปรากฏอยู่เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ป่าถูกปกคลุมด้วยหญ้าอย่างหนาแน่นประกอบกับในช่วงฤดูแล้งที่จะมีไฟป่าเกิดขึ้นอย่างรุนแรงด้วย ซึ่งไฟป่านี้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ และการตั้งตัวของกล้าไม้สนสองใบ ทำให้ไม่สามารถเจริญได้ตามปกติ ความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ยมีค่าประมาณ 500 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 32.22 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ สังคมพลวง-เหียงจะปรากฏอยู่บนดินพอสโซลิค (podzolic soil) หรือดินลูกรัง ซึ่งเป็นดินที่มีความหนาแน่นรวม (Bulky density) สูง เนื่องจากมีดินเหนียวและดินร่วน อยู่ในปริมาณสูง ลักษณะพื้นที่ที่พบสังคมพืชชนิดนี้จึงมักเป็นที่สูงและความชันอยู่ในระดับปานกลาง และมีเปอร์เซนต์ของหินอยู่ในระดับต่ำ

2.5 สังคมเหียง-เต็ง ประกอบด้วยต้นไม้ที่มีความสูงในระดับปานกลาง ต้นที่สูงมาก ๆ จะอยู่เป็นต้นเดี่ยว ๆ หมู่ไม้ประกอบด้วยพืชพันธุ์หลากหลายชนิด ความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ยมีค่า 478 ต้นต่อเฮกแตร์ และพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 27.05 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ โดยปกติแล้วสังคมชนิดนี้จะปรากฏบนดินที่มีหินปนอยู่ในปริมาณน้อย พื้นที่มีความลาดชันน้อย ดินลึก ระบายน้ำได้ดีปริมาณฟอสฟอรัสมีค่อนข้างต่ำ

2.6 สังคมเหียง-สนสองใบ ลักษณะทั่วไปคล้ายกับสังคมเหียง-เต็ง แต่พืชเด่นในชั้นเรือนยอดจะเป็นไม้สนสองใบอยู่เหนือเรือนยอดของไม้เหียง และไม้เต็ง มักพบในพื้นที่ระดับสูงตามสันเขาบนดินที่มีเปอร์เซนต์ของหินน้อยและปริมาณของ clay อยู่ในระดับสูง โพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสจะแปรผันไปในพิสัยค่อนข้างกว้าง สังคมป่าประเภทนี้จัดว่าเป็นสังคมที่ให้ผลผลิตสูงสุด กล่าวคือ มีความหนาแน่นของต้นไม้ มีค่าเฉลี่ย 425 ต้นต่อเฮกแตร์ และมีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 44.85 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์

ภาพประกอบที่ 2.5 ลักษณะของป่าเต็งรังที่พบในประเทศไทยและเป็นช่วงเวลาที่พืชอยู่ในช่วงฤดูกาลผลัดใบ(เดือนพฤศจิกายน-เดือนเมษายน)

2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดลักษณะทางโครงสร้างของระบบนิเวศป่าผลัดใบ

จิราภรณ์ คชเสนี (2537) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของสังคมพืชที่สำคัญคือความสูงและสัดส่วนของพืชกลุมดินซึ่งจะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับของสิ่งแวดล้อม (Environmental gradient) ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือ ความแตกต่างของความชื้น (Moisture gradient) ความแตกต่างของความสูง (Elevation gradient) และความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature gradient)

ปรีชา ธรรมมานนท์ (2539) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดลักษณะทางโครงสร้างของระบบนิเวศป่าเต็งรังในประเทศไทยมีดังนี้ คือ ระดับความสูงของพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่ เปอร์ เซนต์ ของหินในดินและปริมาณของโพแทสเซียมในดิน

ปัจจัยเหล่านี้มีผลร่วมกันคือ ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงแต่อยู่ในที่ระดับต่ำมักจะมีดินที่มีหินเป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณมาก จะมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ สังคมพืชที่ปรากฏจึงมักเป็นสังคมป่าเต็ง-รัง และเมื่อระดับความสูงของพื้นที่เพิ่มขึ้นแต่มีความชันอยู่ในระดับต่ำ และมีปริมาณของหินในดินน้อย สังคมพืชจะเปลี่ยนเป็นสังคมเหียง-รังแทน ในขณะที่พื้นที่ที่มีระดับ

ความสูงมากที่สุดนั้น จะเป็นสังคมของเหียง-สนสองใบเป็นส่วนมาก จากการศึกษาชนิดของพืชในระบบนิเวศป่าเต็งรัง พบว่า เต็ง จะปรากฏอยู่ในสังคมเต็งรังทุกชนิดจึงได้รับการพิจารณาว่า เป็นไม้เชื่อมโยงระหว่างสังคมทุกสังคมเข้าด้วยกัน

ในกรณีที่ดินมีปริมาณโพแทสเซียมสูง พื้นที่มีความลาดชันสูงแต่อยู่ในระดับต่ำดินมีหินปนอยู่มาก มักจะพบสังคมเต็ง-รังและสังคมเหียง-เต็งขึ้นอยู่ใกล้ ๆ กัน แต่ถ้าเป็นพื้นที่ที่อยู่ในระดับความสูงมากกว่าที่กล่าวมาจะพบสังคมเหียง-พลวง ซึ่งสังคมนี้จะครอบครองพื้นที่ ที่เป็นดินลูกรังมีความลาดชันของพื้นที่และความสูงอยู่ในระดับปานกลาง ดินมีเปอร์เซนต์ของหินไม่สูงนักเมื่อเทียบกับสังคมอื่น

2.5 <u>การทดแทนทางนิเวศวิทยา</u> (Ecological succession)

การทดแทนทางนิเวศวิทยา (Ecological succession) หรือ การพัฒนาของระบบ (Ecosystem development) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางโครงสร้าง (Structure)และกระบวนการ (Process) ของสังคมชีวิตหรือระบบนิเวศตามระยะเวลา เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีทิศทางแน่นอนและสามารถคาดเดาลักษณะที่จะเกิดขึ้นได้ (Odum, 1983)

ชนิดของการทดแทนทางนิเวศวิทยาแบ่งได้เป็น

1.) การทดแทนที่เกิดจากปัจจัยภายใน (Autogenic succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดมาจากปัจจัย หรือความสัมพันธ์ภายในสังคมชีวิตนั้นเป็นตัวกำหนด

2.) การทดแทนที่เป็นผลมาจากปัจจัยภายนอก (Allogenic succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกเป็นตัวกำหนด เช่น พายุหรือไฟป่า เป็นต้น ระยะแรกของการเกิดการทดแทน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยภายในจะเกิดขึ้นก่อนเสมอและระบบจะอยู่ที่ " ภาวะไม่สมดุล " เมื่อเวลาผ่านไป อัตราการการผลิตรวม (Gross production) จะเริ่มสมดุลกับอัตราการหายใจของระบบ (Respiration) ระบบจึงเข้าสู่ภาวะสมดุล ลำดับทดแทนตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการเรียกว่า " *เซียร์* " (sere) และการเปลี่ยนแปลงแต่ละขั้นในสายของการเกิดการทดแทนเรียกว่า " Seral stage หรือ Developmental stage หรือ Pioneer stage "

นอกจากนั้น การทดแทนทางนิเวศวิทยา ถ้าแบ่งตามต้นกำเนิดของพื้นที่ จะได้เป็น

1.) การทดแทนอันดับแรก (Primary succession) เป็นการทดแทนของสังคมชีวิตในบริเวณที่ไม่เคยมีสังคมชีวิตใดๆ เกิดขึ้นมาก่อนเลย

2.) การทดแทนอันดับสอง (Secondary succession) เป็นการทดแทนของสังคมชีวิตใหม่ในพื้นที่ที่เคยมีสังคมชีวิตที่มีเสถียรภาพเกิดขึ้นมาก่อนแล้วถูกทำลายลง

2.5.1 <u>ทฤษฎีการทดแทนทางนิเวศวิทยา</u>

1.) ทฤษฎีการผลัดเปลี่ยนชนิดพืช (Relay floristic theory) กล่าวว่า " กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เริ่มบุกเบิกและมีอยู่ในปัจจุบัน จะเปลี่ยนแปลงภาพแวดล้อมจนไม่เหมาะกับตัวเองแต่จะเหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่อไปเรื่อยๆ เป็นขั้นจนถึงขั้นสุดท้าย " แนวความคิดนี้ เสนอโดย Warming (1986), Cowles (1901), และ Clement (1916)

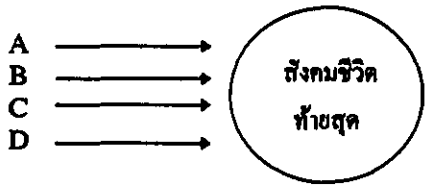
2.) ทฤษฎีความทนทาน (Tolerance theory) กล่าวว่า " การทดแทนจะดำเนินไปโดยการเข้ามาของสิ่งมีชีวิตใหม่หรือการหายไปของสิ่งมีชีวิตเดิม โดยขึ้นอยู่กับโอกาสที่จะเข้ามาและความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมที่ มีการเปลี่ยนแปลงได้ต่างกัน โดยสิ่งมีชีวิตพวกหลังๆ มีความสามารถในการแก่งแย่งและความทนทานสูงกว่าพวกแรกๆ " เสนอโดย Connell และ Slatyer (1977)

3.) ทฤษฎีองค์ประกอบพืชระยะเริ่มต้น (Initial floristic composition theory) กล่าวว่า " สิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถเท่าเทียมกันและการที่สิ่งมีชีวิตต่างๆ จะเข้ามาและพัฒนาขึ้นมาได้นั้นขึ้นกับโอกาสที่จะเข้ามาในบริเวณนั้นๆ ก่อนหรือหลัง " เสนอโดย Egler (1954)

เมื่อสิ้นสุดสายของการทดแทนทางนิเวศวิทยา จะเกิดสังคมสิ่งมีชีวิตเรียกว่า " สังคมชีวิตท้ายสุด (Climax community) " มีคุณสมบัติคือ 1.) มีเสถียรภาพ 2.) สามารถดำรงสถานภาพได้ตลอดไป 3.) สมดุลกับภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ

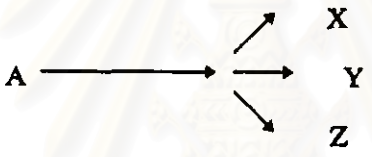
การทดแทนของสังคมพืชทางนิเวศวิทยา ที่มี " สังคมชีวิตท้ายสุด " เป็นขั้นตอนสุดท้ายในสายการเปลี่ยนแปลง มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.) ทฤษฎีขั้นตอนสุดท้ายสถานะเดียว (Monoclimax theory) กล่าวว่า " การทดแทนอาจมีจุดเริ่มต้นและสายการเปลี่ยนแปลงได้หลายทาง แต่ระหว่างที่ระบบผ่านขั้นตอนของการพัฒนา จะเกิดการคัดเลือกและนำไปสู่สังคมสุดท้ายที่มีสถานเดียว ซึ่งสังคมชีวิตนั้นเป็นสังคมที่มีความสมดุลที่สุดกับสภาพแวดล้อม (Climatic climax) " เสนอโดย Clements (จิราภรณ์, 2537 อ้างจาก Clement, 1916, 1928; Kent และ Coker, 1993)



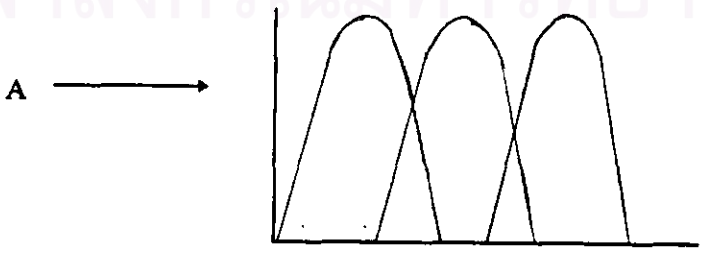
ภาพประกอบที่ 2.6 ทฤษฎีขั้นตอนสุดท้ายสถานะเดียว
ที่มา จิรากรณ์ (2537)

2.) ทฤษฎีขั้นตอนสุดท้ายหลายสถานะ (Polyclimax theory) กล่าวว่า " การเปลี่ยนแปลงเพียงเส้นทางเดียวก็สามารถนำไปสู่สังคมชีวิตท้ายสุดที่มีหลายสถานะได้ ขึ้นกับอิทธิพลของปัจจัยที่สำคัญในขณะนั้น " เสนอโดย Tansley (จิรากรณ์, 2537 อ้างจาก Tansley, 1939)



ภาพประกอบที่ 2.7 ทฤษฎีขั้นตอนสุดท้ายหลายสถานะ
ที่มา จิรากรณ์ (2537)

3.) สมมติฐานรูปแบบขั้นตอนสุดท้าย (Climax-pattern hypothesis) เสนอว่า " สังคมชีวิตท้ายสุดนั้นมิได้มีความคงตัวอยู่ในสภาพเช่นนั้นตลอดไปแต่จะมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้น จะค่อยๆ เกิดขึ้น จนดูเหมือนว่าสังคมท้ายสุดนั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เลย " โดย Whittaker (จิรากรณ์, 2537 ; อ้างจาก Whittaker, 1953 ; Kent และ Coker, 1993)



ภาพประกอบที่ 2.8 สมมติฐานรูปแบบขั้นตอนสุดท้าย
ที่มา จิรากรณ์ (2537)