

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะโครงสร้างของสังคมพืช

Tansley (1939) ให้แนวคิดที่ว่าพืชพันธุ์ที่ขึ้นอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มนั้นเพราะพืชพันธุ์ต่าง ๆ แต่ละต้นฝังรากติดแน่นอยู่กับดินเป็นส่วนใหญ่แล้วทำการสืบพันธุ์โดยสร้างส่วนสืบพันธุ์อย่างมากมายให้สามารถแพร่กระจายออกไปในรูปของการโปรยเมล็ด สปอร์ การแตกหน่อจากตอ ตา ราก หรือจากหัวชนิดต่าง ๆ ตามหลักการนี้จึงมักจะพบพืชพันธุ์ชนิดเดียวกันขึ้นอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มก่อนสามารถแยกออกได้เป็นหน่วยที่เด่นชัด ซึ่งอาจเรียกหน่วยเหล่านี้ว่า สังคม (community) ซึ่ง Oosting (1956) ให้คำจำกัดความ สังคม หมายถึงกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันมีความผูกพันต่อกัน รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยแวดล้อม ซึ่งสรุปได้ว่าสังคมพืชเป็นการอาศัยอยู่ร่วมกันและมีความสัมพันธ์กันของพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะทางโครงสร้างและองค์ประกอบตลอดจนพื้นที่การกระจายที่เฉพาะแน่นอน (อุทิส, 2524)

Richards (1957) กล่าวว่าลักษณะโครงสร้างของป่าแต่ละชนิดย่อมแตกต่างกันจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันเช่นลักษณะภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ความลาดชัน ทิศด้านลาด เป็นต้น ดังนั้นลักษณะโครงสร้างของพืช (Structural characteristics) จึงเป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการกระจายในพื้นที่ของมวลชีวภาพ สามารถศึกษาได้ 3 ด้านคือ 1) โครงสร้างทางด้านตั้ง (vertical structure) เป็นการเรียงตัวของชนิดพันธุ์พืชตามชั้นความสูงเรียกว่า layer หรือ strata 2) โครงสร้างทางด้านราบ (horizontal structure) เป็นแบบแผนของการกระจายแต่ละต้นแต่ละชนิดพันธุ์ หรือของพรรณไม้ทั้งหมดในสังคม (pattern) และ 3) ความหลากหลาย (abundance) ของแต่ละชนิดพันธุ์ซึ่งเป็นค่าที่ได้ในเชิงปริมาณ เช่นความหนาแน่น (density) ลักษณะการปกคลุม (cover) มวลชีวภาพ (biomass) และปริมาณพื้นที่หน้าตัด (basal area) ซึ่งในการศึกษาลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือลักษณะในเชิงวิเคราะห์ (analytical characteristics) และลักษณะในเชิงสังเคราะห์ของสังคม (synthetical characteristics) ซึ่งลักษณะในเชิงวิเคราะห์เป็นลักษณะเฉพาะอย่างที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์สังคม ส่วนลักษณะในเชิงสังเคราะห์หมายถึงลักษณะที่วัดหรือแสดงออกถึงการกระทำร่วมกันของสังคมพืชในแต่ละสังคม นอกจากนี้ทั้งสองลักษณะยังสามารถแยกย่อยออกได้เป็นลักษณะในเชิงปริมาณ (quantitative characteristics) และลักษณะในเชิงคุณภาพ (qualitative characteristics) โดยที่ลักษณะในเชิงปริมาณนั้นเป็นลักษณะที่สามารถตรวจวัดออกมาได้เป็นตัวเลขแน่นอน เช่นความหนาแน่นของประชากร (population density) การปกคลุม (cover)

ส่วนลักษณะในเชิงคุณภาพเป็นลักษณะของสังคมพืชที่ไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าที่แน่นอนได้ จึงมักจะเป็นการบรรยายถึงในลักษณะนั้น ๆ แต่ในบางครั้งสังคมพืชต่าง ๆ ที่ปรากฏต่อสายตานั้นดูเหมือนว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบลักษณะในเชิงปริมาณแล้วจะมองเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน ลักษณะในเชิงปริมาณที่นิยมใช้ในการศึกษาลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชได้แก่ความหนาแน่น ความถี่ การปกคลุมพื้นที่ ลักษณะร่วมของสังคมที่อาจจะศึกษาได้โดยการวัดความหลากหลายของชนิดพันธุ์โดยใช้ค่าดัชนีต่าง ๆ หรือศึกษาโดยการจำแนก (classification) ซึ่งเป็นการจัดตัวอย่างหมู่ไม้หรือสังคมออกเป็นกลุ่มตามลักษณะที่กำหนดที่แสดงความเหมือนกันหรือสัมพันธ์กัน (อุทิศ, 2542)

ทวี (2529) พบว่าโครงสร้างทางด้านตั้งของสังคมป่าดิบแล้งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้น ไม้ใหญ่ ไม้พุ่ม และไม้ชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา ของอุดมพันธุ์ (2532) พบว่าลักษณะโครงสร้างของสังคมป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชมีการกระจายของไม้เรือนยอดชั้นบนกระจายไปในทิศทางต่างกัน มีความสัมพันธ์กันน้อย ส่วนไม้เรือนยอดกลางมีการกระจายตามการจัดลำดับหมู่ไม้ไปในลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถขึ้นอยู่ร่วมกันได้

วิชัญภาส (2545) ทำการศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาบางประการของสังคมพืชป่าผลัดใบตามการเปลี่ยนแปลงความสูงจากระดับน้ำทะเล ในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตารางเมตร จำนวน 9 แปลงตัวอย่างของแต่ละประเภทป่า ประกอบด้วย ป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรังผสมสน จำนวนทั้งสิ้น 27 แปลง ตามระดับชั้นความสูงตั้งแต่ 450 – 1,100 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบว่าความหนาแน่นของต้นไม้และพื้นที่ที่หน้าตัดของป่าทั้ง 3 ประเภท มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความหนาแน่นของต้นไม้ป่าเต็งรัง และป่าเต็งรังผสมสนมีแนวโน้มลดลงตามระดับความสูงจากน้ำทะเล พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ป่าเต็งรัง และป่าเต็งรังผสมสนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความสูงจากน้ำทะเล ความรุ่มรวขของชนิด ความสม่ำเสมอของชนิด และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ พบว่าป่าเต็งรังผสมสนมีค่าสูงสุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลของความรุ่มรวขของชนิดและความหลากหลายของชนิดพันธุ์มีแนวโน้มลดลง แต่ความสม่ำเสมอของชนิดพบว่ามีแนวโน้มคงที่

ระเบียบ (2545) ได้ทำการศึกษารูปแบบโครงสร้างสังคมพืชป่าไม้ในอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี พบว่า สังคมป่าดิบชื้นในพื้นที่ดังกล่าว มีพรรณไม้ 46 วงศ์ 96 สกุล และ 135 ชนิด มีความหนาแน่น 1,510 ต้นต่อเฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงเท่ากับ 0.4925

เปอร์เซ็นต์ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินประมาณ 434 ต้นต่อเฮกแตร์ พรรณไม้ที่มีค่าทางนิเวศสูงสุดคือ พุงทลาย (*Scaphium macropodum*) รองลงมาคือหย่อง (*Archidendron guocense*) หว้าแดง (*Syzygium lineatum*) และบวบแวง (*Gonocaryum lobbianum*) ตามลำดับ การจัดเรียงตัวตามแนวตั้งของชั้นเรือนยอดสามารถแบ่งได้ 4 ชั้นเรือนยอด โดยชั้นบนสุดเป็นพรรณไม้ในวงศ์ Dipterocarpaceae มีค่าการปกคลุมเรือนยอดเท่ากับ 83.05 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ Fisher's index มีค่าเท่ากับ 35.864 Shannon-Wiener's index มีค่าเท่ากับ 3.978 สำหรับค่า Simpson's index (D) มีค่าเท่ากับ 0.9612

Glumphabutr (2004) ศึกษาการหมุนเวียนธาตุอาหารป่าไม้ผลัดใบ ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วยป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง และป่าดิบเขา พบว่าลักษณะโครงสร้างป่ามีความหลากหลายทั้งทางด้านองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ที่มีความสำคัญและมีความหนาแน่นสูง โดยในป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้งซึ่งขึ้นอยู่ในพื้นที่ระดับต่ำกว่ามีจำนวนชนิดพรรณและความหลากหลายมากกว่าป่าดิบเขา ความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินป่าดิบแล้งมีค่าสูงสุด รองลงมาป่าดิบชื้น และป่าดิบเขา

พงศ์ธร (2532) ศึกษากระบวนการสืบพันธุ์ในป่าดิบชื้นเขาสก จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลการศึกษาพบว่าต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปมีจำนวนชนิดพรรณ 95 ชนิด มีความหนาแน่น 1,350 ต้นต่อเฮกแตร์ โดยมียางเสียนเป็นพรรณไม้ที่มีจำนวนมากที่สุดในทุกระดับชั้นเรือนยอด ลักษณะโครงสร้างของป่าตามแนวตั้ง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น คือ ที่ระดับความสูงมากกว่า 30.6 เมตร 30.6-20 เมตร และน้อยกว่า 20 เมตร จากระดับพื้นดิน ตามลำดับ เรือนยอดชั้นที่ 3 สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 3a และ 3b ที่ระดับความสูง 16 เมตรจากพื้นดิน และดัชนีความแตกพันธ์ซึ่งคำนวณโดยใช้ Shannon-Wiener index of diversity (H) มีค่าเท่ากับ 4.49 รูปแบบการกระจายของต้นไม้ทั้งหมดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปเป็นแบบสุ่ม ส่วนต้นไม้ชนิดที่มีความสำคัญอีก 10 ชนิด ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบการกระจายแบบกลุ่ม สำหรับการกระจายของต้นไม้ตามชั้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก และตามความสูงทั้งหมดเป็นแบบ L-shape และสรุปประจักษ์ว่า ตามลำดับแสดงว่าพรรณไม้ประเภทนี้อยู่ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือมีการทดแทนอยู่ในขั้นดี

สมบุรณ์ (2529) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของป่าดงดิบชื้นที่ระดับความสูง 50, 250 และ 450 เมตร จากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและสัตว์ป่าเขาช่อง อำเภอมือง จังหวัดตรัง และที่อุทยานสัตว์ป่าเขาพระแทว อำเภอดง จังหวัดภูเก็ต ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2527 พบว่าต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป ที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและสัตว์ป่าเขาช่องจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง คือ มีค่าเป็น 818 1,103 และ 1,134 ต้นต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็น 0.378 0.430 และ 0.352 ตามลำดับ อุทยานสัตว์ป่าเขาพระแทว ค่าความหนาแน่นจะลดลงตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง คือมีค่าเป็น 1,546 1,059 และ 834 ต้นต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่ที่ทำการ ศึกษาเท่ากับ 0.278 0.357 และ 0.388 ตามลำดับ และพบว่าป่าดงดิบชื้นทั้ง 6 หมู่ไม้ ที่ทำการ ศึกษาจะมีจำนวนชนิดพันธุ์ ค่าความหลากหลายชนิด Shannon-Wiener index of diversity สูงกว่าป่าชนิดอื่น ๆ คือที่ระดับความสูง 50 250 และ 450 เมตร จากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลางที่ศูนย์ศึกษา ธรรมชาติและสัตว์ป่าเขาช่องมีจำนวนชนิดพันธุ์เท่ากับ 82 107 และ 109 ชนิดตามลำดับ และมีค่า Shannon-Wiener index of diversity เท่ากับ 5.80 6.15 และ 6.13 ตามลำดับ สำหรับอุทยานสัตว์ป่า เขาพระแทวมีจำนวนชนิดพันธุ์มีค่าเท่ากับ 74 91 และ 69 ชนิด ตามลำดับ และมีค่า Shannon-Wiener index of diversity เท่ากับ 5.01 5.98 และ 5.39 ตามลำดับ ป่าดงดิบชื้นทั้ง 6 หมู่ไม้ อยู่ในสภาวะค่อนข้างคงที่ มีการกระจายความถี่ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก ตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น L-shape มีการจัดชั้นความสูงของเรือนยอดแบ่งเป็น 3 ชั้นเหมือนกัน แต่ระดับของความสูงที่เป็นจุดแบ่งในแต่ละชั้นของแต่ละพื้นที่จะต่างกัน

ธนพงศ์ (2542) ทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างของป่าดิบเขาและสนเขา บนอุทยานแห่งชาติ ภูกระดึง จังหวัดเลย ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการป่าดิบเขาและป่าสนเขาในอนาคต เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นในการเลือกชนิดพรรณไม้ และระบบวนวัฒนที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ และปัจจัยแวดล้อม ในกรณีที่ต้องการปลูกป่าเสริม (Enrichment planting) ในกรณีที่พื้นที่ป่าถูกทำลาย และดองรัก (2538) ได้ให้ข้อเสนอแนะด้านการจัดการพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกกรณีพื้นที่มีขนาดใหญ่ ต้องมีการลดขั้นตอน การทดแทนตามธรรมชาติโดยอาศัยความรู้พื้นฐานในเรื่องของระบบนิเวศและวนวัฒนวิธีเข้ามาช่วย ในการฟื้นฟูสภาพป่าให้กลับสู่สภาพเดิมโดยเร็วยิ่งขึ้น และจำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ ป่าดั้งเดิมเช่นลักษณะโครงสร้างของสังคม

2. ลักษณะเชิงปริมาณของสังคมพืช

ความหนาแน่นของพรรณพืช (Density)

คือ จำนวนของพรรณพืชชนิดใดชนิดหนึ่งต่อหน่วยเนื้อที่แห่งหนึ่งหรือต่อหน่วยปริมาตร (อิศรา, 2526) ในการศึกษาสังคมพืช ความหนาแน่นของพรรณพืชจะเป็นจำนวนต้นของพืชชนิดนั้น ๆ ต่อหน่วยเนื้อที่หรือต่อแปลงควอดเรต (Kershaw, 1964; Phillips, 1959) ความหนาแน่นนี้จะทำการนับในแปลงขนาดเล็ก ขนาดแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับต้นไม้คือขนาด 10x10 ตารางเมตร ขนาด 4x4 ตารางเมตร สำหรับไม้พุ่มที่มีความสูงถึง 3 เมตร และขนาด 1x1 ตารางเมตร สำหรับพืชล้มลุก Oosting (1956) และ Clapham (1932) สรุปว่ารูปร่างของแปลงตัวอย่างที่ใช้หาค่าความหนาแน่นของต้นไม้จะมีผลต่อความถูกต้องในการนับจำนวนต้นไม้ และแปลงตัวอย่างที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีประสิทธิภาพ และถูกต้องแน่นอนกว่าแปลงตัวอย่างรูปวงกลม และอื่น ๆ เพราะโดยทั่วไปแล้วพรรณพืชมักจะขึ้นอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือหมู่ (Greig-Smith, 1964) ความหนาแน่นของพรรณไม้หาได้จาก

ความหนาแน่นของพรรณพืช (density; D) คือ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดของชนิดพันธุ์ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างต่อหน่วยพื้นที่สำรวจ

$$D = \frac{\text{จำนวนต้นไม้ทั้งหมดของชนิดพันธุ์ (ต้น)}}{\text{หน่วยพื้นที่}}$$

ความสัมพันธ์ด้านความหนาแน่น (relative density; RD) คือ ค่าความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของชนิดพันธุ์ที่ต้องการ ต่อความหนาแน่นของทุกชนิดพันธุ์ในแปลงตัวอย่าง

$$RD = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดไม้หนึ่ง}}{\text{ความหนาแน่นรวมของไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ จำนวนค่าความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่แปลงตัวอย่าง โดยใช้ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density; RD) จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นของพรรณไม้ชนิดนั้นทั้งหมด}}{\text{จำนวนต้นของพรรณไม้ทุกชนิดรวมกัน}} \times 100$$

ความถี่ของพรรณพืช (Frequency)

เป็นค่าที่ชี้การกระจายของพรรณพืชแต่ละชนิดในเนื้อที่นั้น ซึ่งมักจะบอกค่าของความถี่นั้นเป็นเปอร์เซ็นต์ (สมศักดิ์, 2520) ค่าความถี่แต่ละชนิดอาจหาได้จากการสุ่มตัวอย่างพรรณพืชโดยใช้แปลงตัวอย่างหรือควอดเรท แล้วบันทึกชนิดต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่ในแต่ละแปลงควอดเรทนั้น และความถี่มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่พบชนิดพืชในแปลงตัวอย่างขนาดเล็ก หรือ segment ซึ่งค่าความถี่นี้เป็นวิธีการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณที่ดำเนินการได้อย่างรวดเร็วมากกว่าการนับจำนวนต้นไม้แต่ละต้นหรือวัดการปกคลุม (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าความถี่นี้จะแสดงไว้ในรูปของเปอร์เซ็นต์ความถี่ (Gleason, 1920)

ความถี่ (frequency ; F) คือ ร้อยละของจำนวนแปลงตัวอย่างที่ปรากฏพันธุ์ไม้ชนิดนั้น ต่อจำนวนแปลงที่ทำการสำรวจ

$$F = \frac{\text{แปลงตัวอย่างที่ชนิดไม้นั้นปรากฏ}}{\text{จำนวนแปลงที่สำรวจทั้งหมด}} \times 100$$

สมศักดิ์ (2520) กล่าวว่าพืชที่มีการกระจายทั่วพื้นที่โอกาสที่ปรากฏอยู่ในแปลงควอดเรทที่ศึกษาทุกแปลงก็จะมีมาก ค่าความถี่ก็จะมีค่าสูงเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพืชที่กระจายอยู่เพียงบริเวณพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งของป่า ถึงแม้จะมีจำนวนต้นมาก แต่กระจายไม่ทั่วพื้นที่ ฉะนั้นความถี่ของพืชชนิดนั้นจะมีค่าต่ำ ด้วยเหตุนี้พืชชนิดใดมีความถี่สูงจะเป็นพืชที่มีการกระจายสม่ำเสมอทั่วพื้นที่นั้น

ค่าความถี่อีกแบบที่ใช้ศึกษา คือ อัตราของค่าความถี่ของพืชชนิดนั้น เมื่อเทียบกับผลรวมของค่าความถี่ของพืชทุกชนิดที่มีอยู่ซึ่งเรียกว่า ค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency) มีประโยชน์ในการหาความสำคัญทางนิเวศวิทยา (ecological importance) ของพืชแต่ละชนิดในสังคม ซึ่งหาได้จาก

ความสัมพันธ์ด้านความถี่ (relative frequency: RF) คือ ค่าความสัมพันธ์ของความถี่ของชนิดไม้ที่ต้องการ ต่อค่าความถี่ทั้งหมดของไม้ทุกชนิดในแปลงตัวอย่าง

$$RF = \frac{\text{ความถี่ของชนิดไม้หนึ่ง}}{\text{ความถี่รวมของไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

ความถี่ ใช้ค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency; RF) จากสูตร

$$\text{ความถี่สัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{ค่าความถี่ของพรรณไม้ชนิดนั้น}}{\text{ผลรวมของค่าความถี่ของพรรณไม้ทุกชนิดรวมกัน}} \times 100$$

ความเด่นของพรรณพืช (Dominance)

เป็นค่าที่ใช้ให้เห็นว่าพรรณพืชชนิดนั้นมีอิทธิพลต่อสังคมพืชที่มันขึ้นอยู่มากน้อยเพียงใด พรรณพืชที่มีความเด่นมากจะมีอิทธิพลต่อพื้นที่นั้นมาก คือมีอิทธิพลต่อสมบัติของดิน เป็นต้น ซึ่ง Shimwell (1971) กล่าวว่าความอุดมสมบูรณ์นั้นสัมพันธ์กับองค์ประกอบของชนิดพรรณพืช และเป็นค่าประมาณจำนวนต้นของพืชชนิดหนึ่งต่อแปลงคลอแตรที่มีพืชชนิดนั้นปรากฏอยู่ ซึ่งความเด่นของพืชนี้สามารถบอกได้ในรูปของการปกคลุมอันหมายถึง เนื้อที่ของพื้นดินที่ถูกปกคลุมโดยเรือนยอด หรือส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของพืช มักบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของเนื้อที่ของแปลงคลอแตร และการวัด หรือประมาณการปกคลุมนี้อาจจะวัดโดยตรง โดยทำการบันทึกเนื้อที่ที่พืชปกคลุมลงบนกระดาษกราฟ เพื่อหาเนื้อที่โดยใช้ Planimeter หรือ Line intercept ก็ได้ พื้นที่หน้าตัดเป็นค่าที่ใช้ถึงความเด่นของพรรณพืชได้ เพราะพื้นที่หน้าตัดย่อมสัมพันธ์กับขนาดของเรือนยอด คือพรรณพืชที่พื้นที่หน้าตัดมากจะมีความเด่นมาก ซึ่งการวัดพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้จะวัดที่ความสูงเพียงอก นอกจากนี้ค่าปริมาตร และมวลชีวภาพของพืชก็เป็นตัวชี้ความเด่นของพรรณพืชได้ (Shimwell, 1971) ซึ่งพรรณพืชเด่นก็คือพรรณพืชที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด สำหรับความเด่นของพรรณพืชนี้สามารถบอกได้ในรูปของความเด่นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความเด่นของพรรณพืชชนิดนั้นกับผลรวมของความเด่นของพรรณพืชทุกชนิดที่ปรากฏอยู่ หรือหาได้จากสูตร

ความเด่น (dominance; Do) คือ พื้นที่หน้าตัดของลำต้นของต้นไม้ที่วัด ต่อพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

$$Do = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดของไม้ที่ปรากฏ}}{\text{พื้นที่ที่ทำการสำรวจ}}$$

ความสัมพันธ์ด้านความเด่น (relative dominance; RDo) คือ ค่าความสัมพันธ์ของความเด่นในรูปพื้นที่หน้าตัดของชนิดไม้ที่ต้องการ ต่อความเด่นรวมของไม้ทุกชนิดในแปลงตัวอย่าง

$$RDo = \frac{\text{ความเด่นของชนิดพันธุ์ไม้หนึ่ง}}{\text{ความเด่นรวมของไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

ความเด่นของพันธุ์พืช ใช้ค่าความเด่นสัมพันธ์ (relative dominance; RDo) จากสูตร

$$\text{ความเด่นสัมพันธ์ (\%)} = \frac{\text{ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของพรรณไม้ชนิดนั้น}}{\text{ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของพรรณไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

$$\text{สำหรับพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (BA) นั้นคำนวณโดยใช้สูตร } BA = \frac{\pi D^2}{4}$$

ในเมื่อ BA = พื้นที่หน้าตัดของพันธุ์ไม้ชนิดที่ (ตารางเมตร)

n = จำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เมตร)

ดัชนีความสำคัญ (Importance value index, IVI)

เป็นการรวมค่าความถี่สัมพันธ์ ความหนาแน่นสัมพันธ์ และความเด่นสัมพันธ์ เข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้เห็นภาพความสำคัญทางนิเวศวิทยาของพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง (Curtis, 1959) และค่าดัชนีความสำคัญนี้สามารถผันกลับให้เป็นเปอร์เซ็นต์ความสำคัญ โดยแบ่งให้เป็นค่าทั้งสามดังกล่าวข้างต้น (Risser and Rice, 1971) สมศักดิ์ (2520) กล่าวว่าดัชนีความสำคัญเป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสำเร็จทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในการครอบครองพื้นที่นั้น คือพรรณไม้ใดที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงแสดงว่าพรรณไม้ชนิดนั้นเป็นพรรณไม้เด่นและสำคัญในพื้นที่นั้น ซึ่งค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพรรณหนึ่ง ๆ จะมีค่าไม่เกิน 300

ดัชนีความสำคัญ = ค่าความหนาแน่นสัมพันธ์ + ค่าความถี่สัมพันธ์ + ค่าความเด่นสัมพันธ์

$$IVI = RD + RF + RDo$$

3. การแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้ง

เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างของสังคมพืช (community structure) ลักษณะหนึ่งซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเคราะห์แสงของหมู่ไม้ นั่น (Ogawa *et al.*, 1965) โดยทั่วไปแล้ว การแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้ง เป็นแนวความคิดขั้นพื้นฐานในการศึกษาถึงสังคมพืชและสัตว์ (Lincoln *et al.*, 1982) สังคมพืชส่วนใหญ่แสดงให้เห็นถึงลักษณะโครงสร้างตามแนวตั้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการลดของปริมาณแสงสว่าง ในกรณีของสังคมพืชบก เช่น ป่าไม้ และทุ่งหญ้านั้น การแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งจะสามารถแสดงได้ในรูปของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินและระบบราก แต่การแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งที่ดีที่สุดนั้นมักแสดงออกมาในรูปของลักษณะโครงสร้างที่อยู่เหนือพื้นดินของสังคมป่าไม้ (Walter, 1955) การแบ่งชั้นความสูงของสังคมป่าไม้ในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินนั้นเป็นสิ่งที่ใช้กับต้นไม้ชนิดต่าง ๆ โดยทั่วไป

Grubb *et al.* (1963) ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งซึ่งนำมาใช้ในการศึกษาทางนิเวศวิทยาของไม้ นั่น สามารถอธิบายให้เห็นอย่างเด่นชัดถึงการแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งของต้นไม้แต่ละต้น และการแบ่งชั้นความสูงของไม้แต่ละชนิด แนวความคิดของการแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งจะเป็นสิ่งที่สามารถใช้ในการแบ่งชั้นโครงสร้างของสังคมป่าไม้ โดยให้มีความสัมพันธ์กับการแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้ง ซึ่งมีหลายวิธีการ วิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ

1. Profile diagram (Davis and Richards, 1933) วิธีนี้ให้ความสำคัญที่การแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งของต้นไม้แต่ละต้น และแต่ละชนิด สามารถศึกษาได้สะดวกเนื่องจากการทำ Profile diagram นั้น ความกว้างของแปลงมักจะไม่เกิน 10 เมตร ถ้าหากว่าขนาดของแปลงมากกว่านี้การซ้อนทับของต้นไม้จะมีมาก โดยเฉพาะในกรณีของป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ซึ่งต้นไม้มีความหนาแน่นมาก ลักษณะดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยเขียน Profile ในรูป 3 มิติ Kruk *et al.* (1987) สรุปไว้ว่าการเขียน Profile diagram สามารถทราบรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ความสูงของต้นไม้ รูปร่างของเรือนยอด ทิศทางของกิ่งขนาดใหญ่ ระยะห่างระหว่างต้น พื้นที่ของเรือนยอดของต้นไม้แต่ละต้น ตำแหน่งของต้นไม้แต่ละต้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับการได้รับแสงสว่างและการบดบัง เป็นต้น

2. Crown depth diagram หรือ H-H_B diagram (Ogawa *et al.*, 1965) วิธีนี้จะเป็นการแบ่งชั้นความสูงตามแนวตั้งของต้นไม้แต่ละต้น ทั้งนี้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) และความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก (H_B) เป็นหลัก วิธีการนี้จะทำให้การตัดสินใจในการแบ่งชั้นความสูงมีความถูกต้องมาก เนื่องจากการใช้ Parameter หลายตัว ได้แก่ ความสูงของต้นไม้ทั้งหมด (H) ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก (H_B) Height curve และ Crown curve นอกจากนี้ยังบอกถึงความสูงตามแนวตั้งของต้นไม้แต่ละชั้น รวมทั้งจำนวนต้นไม้ในแต่ละชั้น

4. การปกคลุมของเรือนยอด

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ถูกปิดทับด้วยใบ และกิ่งกับส่วนที่เป็นช่องว่างที่อยู่ภายในเรือนยอดนั้น (Assmann, 1970) ซึ่งเมื่อก้าวถึงการปกคลุมของเรือนยอดมักจะหมายถึงพื้นที่ที่ถูกปกคลุมโดยเรือนยอดทั้งหมด (crown closure) ซึ่งไม่ถูกต้องตามข้อเท็จจริง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ที่ถือว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกปกคลุมของเรือนยอดจริง ๆ นั้นจะมีพื้นที่น้อยกว่าส่วนที่ถือว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยใบและกิ่ง ดังนั้นการปกคลุมของเรือนยอดจะหมายถึงสัดส่วนของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยเรือนยอดของต้นไม้ โดยการลากเส้นลงมาในแนวตั้งจากขอบของเรือนยอดของต้นไม้ลงมาถึงพื้นดิน

การปกคลุมเรือนยอดเป็นพื้นฐานของการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของโครงสร้างพืชพรรณ (Desmarais and Vazquez, 1970) การปกคลุมเรือนยอดจะมีนัยสำคัญยิ่งต่อการมองเข้าไปในป่า หรือการมองออกจากป่าในแนวตั้ง การปกคลุมของเรือนยอดมีผลต่อความหนาแน่นของป่า และมีผลต่อปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงสู่พื้นป่า และปริมาณแสงที่ต้นไม้ในแต่ละชั้นความสูงจะได้รับ

ดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index, LAI)

คืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวใบต่อพื้นที่ดินใต้เรือนยอดที่ปกคลุม คำนวณโดยใช้หน่วยเป็นตารางเมตรต่อตารางเมตร หรืออาจใช้เป็นเฮกเตอร์ต่อเฮกเตอร์ ดังนั้นค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจึงเป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย (พงษ์ศักดิ์, 2538) ค่าดัชนีผิวใบมักจะเพิ่มขึ้นในระยะที่พืชมีการเติบโต จนกระทั่งพืชส่วนใหญ่โตถึงขนาดที่จะผลิตส่วนสืบพันธุ์ได้ ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบในสภาพเรือนยอดที่เบียดชิดกันจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับแสงของใบที่อยู่ด้านล่างของเรือนยอดซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสมดุลของคาร์บอน

ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการศึกษเกี่ยวกับสรีรวิทยา และระบบนิเวศ เป็นอย่างมาก เช่น ใช้ในการศึกษาถึงการพัฒนา และการถูกรบกวนของช่องว่าง พื้นที่ผิวใบมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับผลผลิตของป่า หรือระบบนิเวศที่แตกต่างกัน ดัชนีพื้นที่ผิวใบเป็นค่าที่บ่งชี้ หรือเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของโครงสร้างในแต่ละช่วงเวลา ภายใต้สภาพแวดล้อมหรือชนิดไม้ที่แตกต่างกัน Waring (1985) ได้ใช้ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบในการศึกษา และเป็นตัวชี้วัดสภาพเครียดของป่าไม้ และในการทำการติดตามผลระยะยาวสามารถใช้ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ เปรียบเทียบ และติดตามการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชได้เป็นอย่างดี

5. ช่องว่างระหว่างเรือนยอด (canopy gap)

Runkle (1979) ให้นิยาม canopy gap คือพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้เส้นที่ลากต่อลงมาตามแนวตั้ง จากช่องเปิดของเรือนยอด รวมพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบกระเทือนอย่างมากที่สุดไว้ด้วย ส่วน expanded gap ประกอบด้วย canopy gap และพื้นที่ประชิดซึ่งแผ่ขยายไปยังฐานของพุ่มเรือนยอด ของต้นไม้ซึ่งอยู่ล้อมรอบ canopy gap นั้น ในช่องว่างที่มีขนาดต่างกันจะถูกทดแทนด้วยชนิดพรรณ พืชที่ต่างกัน ถือได้ว่าขนาดของช่องว่างมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของชนิดพรรณพืช และรูปแบบ การกระจายของพรรณไม้ในป่า ช่องว่างขนาดเล็กที่สุดนั้นจะเกิดจากการตายของต้นไม้ใหญ่ที่ยืน ต้นอยู่เดี่ยว ๆ เรือนยอดและส่วนของลำต้นจะตกลงสู่พื้นดินเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ ซึ่งเรือนยอดมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15-18 เมตร Whitmore (1975) กล่าวว่าช่องว่างขนาดเล็กเป็นรูปแบบที่ถือ ว่าเป็นปกติ ส่วนใหญ่จะเกิดจากการตายตามธรรมชาติของไม้เด่น เป็นไปตามกฎที่ว่าเมื่อต้นไม้ตาย และผุพังจะล้มและก่อให้เกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดขึ้นในป่า ซึ่งก็จะมีขนาดใหญ่แตกต่างกันไป ตามขนาดของเรือนยอดต้นไม้ที่ล้มตายนั้น และในกรณีนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อลูกไม้มากนัก ในทาง ตรงกันข้ามกลับจะทำให้ลูกไม้เติบโตทางด้านความสูงอย่างรวดเร็ว ส่วนช่องว่างขนาดใหญ่ส่วน มากแล้วจะเกิดจากลมประจำถิ่น การเลื่อนตัวของแผ่นดิน ภูเขาไฟระเบิด และได้ฝุ่น เป็นต้น ซึ่ง ช่องว่างขนาดใหญ่จะมีช่วงระยะเวลาการรับแสงและปริมาณความเข้มของแสงสว่างมากกว่าใน ช่องว่างขนาดเล็ก

จากการศึกษาของ Kramer (1926, 1933) ที่ Gunung Gede ในประเทศอินโดนีเซีย โดยการ สร้างช่องว่างขนาดเล็กมีพื้นที่ 0.1 เฮกแตร์ พบว่าจะถูกแทนที่ด้วยพรรณไม้ดั้งเดิมของป่านั้น ซึ่ง ตรงกันข้ามกับในช่องว่างขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ 0.2-0.3 เฮกแตร์ ซึ่งพรรณไม้ดั้งเดิมของป่าจะถูกข่ม ด้วยพรรณไม้ชนิดอื่นที่เข้ามาแทนที่ เรียกว่าไม้เบิกนำ (pioneer species) ซึ่งเติบโตได้ดีกว่า เมื่อเกิด

ช่องว่างระหว่างเรือนยอดจะทำให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเรือนยอดภายใต้พุ่มเรือนยอดแตกต่างกัน ได้แก่ ความเข้มของแสงสว่าง คุณภาพของแสง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และปริมาณธาตุอาหาร เป็นต้น (Whitmore, 1978)

ช่องว่างระหว่างเรือนยอดที่เกิดขึ้นจะเป็นจุดเริ่มต้นของวัฏจักรการเติบโตของต้นไม้ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ gap phase, building phase และ mature phase (Whitmore, 1975) ใน gap phase จะประกอบไปด้วยกล้าไม้และลูกไม้ เติบโตต่อไปเป็น building phase ซึ่งจะประกอบด้วยไม้หนุ่ม (pole) และในที่สุดจะเติบโตต่อเนื่องไปจนเข้าสู่สภาพเป็น mature phase ในระยะ building phase ซึ่งเป็นการเติบโตของกล้าไม้และลูกไม้ที่มีอยู่เดิม และการตั้งตัวของต้นไม้จากการงอกของเมล็ดพรรณไม้ที่มีอยู่ในช่องว่างระหว่างเรือนยอดนั้น การสืบพันธุ์ทดแทนขึ้นในช่องว่างระหว่างเรือนยอดขึ้นอยู่กับความสามารถในการตั้งตัวของกล้าไม้และลูกไม้ที่ปรากฏขึ้นมาเมื่อเกิดช่องว่างขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยอย่างหลายเช่น ระยะห่างจากแม่ไม้ ประสิทธิภาพในการกระจายของเมล็ดไม้ การงอกของเมล็ด ช่วงเวลาของการออกดอกออกผล และความต้องการแสงสว่าง หรือความสามารถในการทนร่ม เป็นต้น พรรณไม้ทนรุ่มนั้นจะมีเมล็ดขนาดใหญ่ซึ่งมีปริมาณอาหารสำรองไว้ และสามารถตั้งตัวได้ดีในที่แน่นทึบ เมื่อกล้าไม้ตั้งตัวได้และเติบโตอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเมื่อมีการเปิดช่องว่างในระยะต่อมาจะทำให้การเติบโตของพรรณไม้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ขนาดของช่องว่างระหว่างเรือนยอดมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของชนิดพรรณและการจัดระยะในป่า (Whitmore, 1978) ซึ่งช่องว่างขนาดเล็กมีสภาพ microclimate ที่เหมาะสมกับการงอกของวัชพืชน้อยกว่าในช่องว่างขนาดใหญ่ การตายของต้นไม้ในช่องว่างจะทำให้การแก่งแย่งของรากพืชในตอนกลางของช่องว่างน้อยลง

การศึกษา Philip (1968) สามารถเพิ่มปริมาณการสืบพันธุ์ของชนิดไม้ที่ต้องการแสงมาก รวมทั้งไม้ที่มีคุณค่าในวงศ์ Meliaceae ในป่าดงดิบประเทศอูกานดาได้ ซึ่งแต่เดิมนั้นปล่อยให้ไปตามสภาพธรรมชาติ แล้วกล้าไม้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ทนร่ม สำหรับการใช้นวัตกรรมวิธีแบบ Malayan Uniform system มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เป็นการกระตุ้นการสืบพันธุ์ของไม้ในสกุล Shorea จากการสังเกตพบว่าการสืบพันธุ์ของไม้วงศ์ Meliaceae นั้นจะเกิดขึ้นในไม้ผสมที่มีอายุน้อยและอยู่ตามชายป่า

6. การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพแบบ hemisphere

เป็นการบันทึกภาพของท้องฟ้า โดยรูปภาพอาจได้มาโดยฟิล์มจากกล้องถ่ายภาพรูปธรรมดา หรือกล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่ติดกับเลนส์ตาปลา (fisheye lens) ที่ถ่ายขึ้นไปข้างบนท้องฟ้า ผลของภาพถ่ายสามารถวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้าที่มองเห็น และส่วนที่บดบังท้องฟ้า เช่น เรือนยอด หลักการของการใช้ภาพถ่ายดังกล่าวอาศัยความชัดเจนของท้องฟ้าและสิ่งที่บดบังท้องฟ้า ภาพถ่ายแบบ hemisphere สามารถใช้ในการคำนวณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และลักษณะของเรือนยอด พืช เช่น ดัชนีพื้นที่ผิวใบ และสามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับการกระจายของแสงบริเวณภายใต้เรือนยอดของพืช หรือต้นไม้ ซึ่งในการคำนวณการกระจายของแสงจากภาพถ่ายเรือนยอดของป่าโดยใช้เลนส์ตาปลานั้นจะให้ปริมาณความเข้มแสงที่กระจายทั่วไปจากท้องฟ้าเป็น diffuse light โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยคอมพิวเตอร์ และเทคนิคการวิเคราะห์รูปภาพดิจิทัล ทำให้ผลของการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

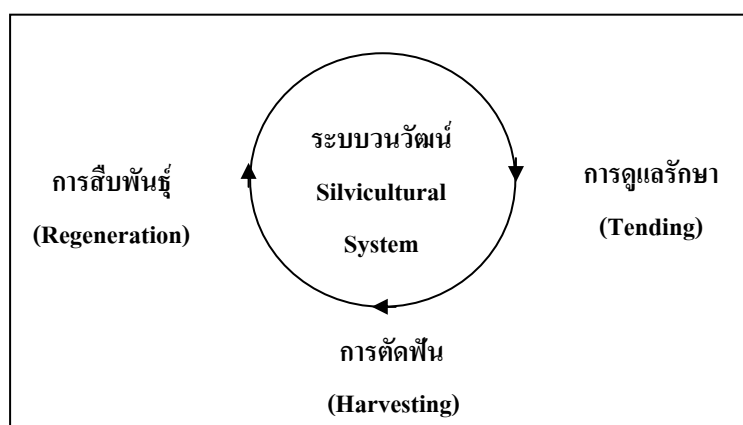
ภาพถ่ายแบบ hemisphere แสดงเป็นรูปภาพในแนวราบ แต่ละตำแหน่งของรูปภาพมีความสัมพันธ์ตรงกับทิศทางของท้องฟ้า และทิศทางของท้องฟ้าจะเป็นความสัมพันธ์ของมุม 2 มุม คือ มุมจุด ที่ตรงศีรษะบนท้องฟ้า (zenith) และมุมที่ทำกับทิศเหนือ (azimuth) ระยะทางในภาพถ่าย hemispherical เป็นระยะที่มีความสัมพันธ์กับมุม ไม่ใช่ระยะตามความเป็นจริง ภายในภาพถ่ายนั้น ส่วนประกอบของรัศมีของระยะทาง คือ สัดส่วนของมุม zenith จุดที่ตรงศีรษะบนท้องฟ้า และระยะในส่วนโค้งที่ติดกับรัศมี คือ สัดส่วนของมุม azimuth ซึ่งเรือนยอดไม้ที่มีความสูงแตกต่างกันอาจสามารถอยู่ในมุมเดียวกันได้ ซึ่งจะปรากฏในภาพถ่ายแบบ hemisphere

ลักษณะความคลาดเคลื่อนของการถ่ายภาพ hemisphere มีข้อผิดพลาดที่สามารถเกิดขึ้นได้หลายขั้นตอนทั้งในขั้นตอนการถ่ายภาพ การแปลงภาพไปสู่ระบบดิจิทัล และการวิเคราะห์ภาพถ่าย เพราะสุดท้ายขั้นตอนทั้งหมดจะนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อมูล ข้อผิดพลาดที่สะสมมาจากขั้นตอนต่าง ๆ จะทำให้ผลของการวิเคราะห์ภาพถ่ายมีความคลาดเคลื่อน สาเหตุของข้อผิดพลาดในการถ่ายภาพแบบ hemisphere ได้แก่ ตำแหน่งของกล้องถ่ายรูป เกิดจากการตั้งระดับทั้งแนวตั้งและแนวนอน ระดับความสูงจากพื้นดิน และการกำหนดทิศที่แน่นอน ความคลาดเคลื่อนจากการเปิดหน้ากล้องซึ่งเกิดแสงสะท้อน ความคลาดเคลื่อนจากคุณภาพของรูปภาพ ความละเอียดของภาพ และการเก็บข้อมูลในรูปดิจิทัล ความคลาดเคลื่อนจากการตั้งพิกัด และความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์รูปภาพ

7. ระบบวนวัฒน และวนวัฒนวิธี

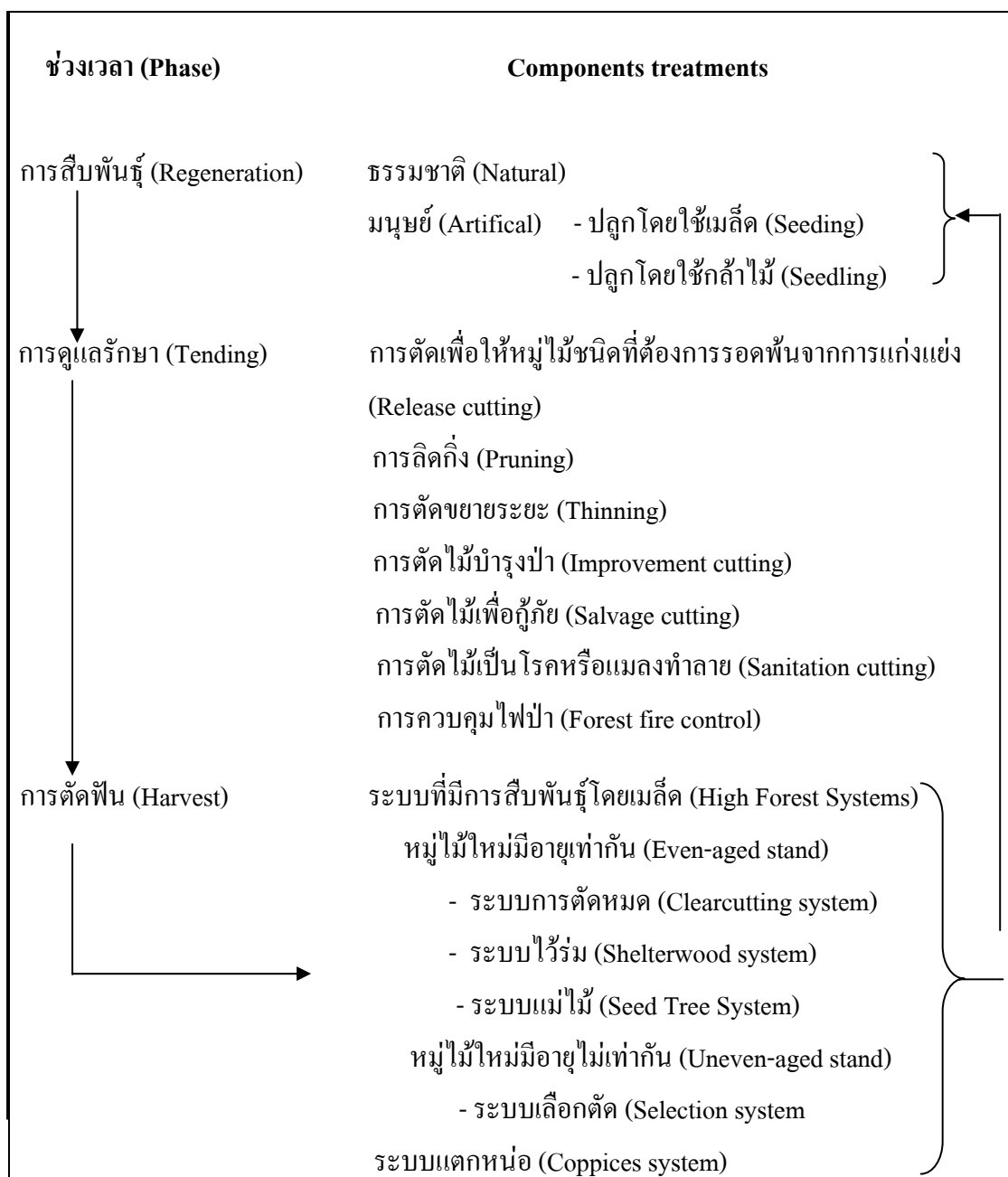
การบำรุงรักษาสวนป่ามีความสำคัญในการปลูกสร้างสวนป่า กิจกรรมหลักคือขั้นตอนการเตรียมกล้าไม้ เตรียมพื้นที่ปลูกป่า การปลูก และการดูแลรักษาป่าที่ปลูก ในการดูแลรักษาจนถึงการตัดฟันจำเป็นต้องมีการปฏิบัติทางวนวิทยาหรือวนวัฒนวิธี ซึ่งเป็นการดำเนินการโดยเน้นการนำพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ครอบคลุมมาตรการต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ต่อพืชพรรณไม้ป่า และการปฏิบัติจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลายสาขา เช่น นิเวศวิทยา สรีรวิทยาของพืช ปฐพีวิทยา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อม (วิสุทธิ, 2539) ซึ่งส่งผลต่อการเติบโตและการให้ผลผลิต ผลตอบแทนอย่างมีประสิทธิภาพ คำนวณการลงทุน

ระบบวนวัฒน (Silvicultural system) เป็นแผนปฏิบัติตลอดช่วงชีวิตของต้นไม้เพื่อการพัฒนาของหมู่ไม้ และบำรุงรักษาป่าให้ได้ผลผลิตที่ยั่งยืน (จงรัก, 2547) โดยมีองค์ประกอบคือวิธีปฏิบัติหรือวนวัฒนวิธี (Silvicultural practices) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ (1) การสืบพันธุ์ (Regeneration) (2) การดูแลรักษา (Tending) และ (3) การตัดฟัน (Harvesting) วนวัฒนวิธีขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการจัดการ ซึ่งวิธีปฏิบัติหรือวนวัฒนวิธี (Silvicultural practices) การปฏิบัติในระบบวนวัฒนดังกล่าวที่ 1 และระบบวนวัฒนดังกล่าวที่ 2 (Smith, 1962)



ภาพที่ 1 การปฏิบัติในระบบวนวัฒน

ที่มา: Smith (1962)



ภาพที่ 2 ระบบวนวัฒน

ที่มา: Smith (1962)

การปฏิบัติทางวนวัฒน หรือวนวัฒนวิธีเป็นเทคนิคที่ใช้เกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่า ซึ่งวนวัฒนวิธีมีอิทธิพลต่อคุณภาพของไม้ที่ได้ และหมู่ไม้ในสวนป่าเป็นอย่างมาก สามารถช่วยให้ได้ผลผลิตตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดการและการปลูกสร้างสวนป่า ทั้งยังส่งผลทางอ้อมต่อสภาพแวดล้อมและเกิดความสมดุลระบบนิเวศที่ยั่งยืนอย่างต่อเนื่อง

8. การศึกษาการประยุกต์ด้านวิธีเพื่อการปรับปรุงโครงสร้างป่า

ผลจากการทำลายป่าไม้ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ทำการเกษตรแบบถาวร ทำไร่เลื่อนลอย ไฟป่า การลักลอบตัดไม้ ซึ่งเกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมา และมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศของโลก และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งในการปลูกสร้างสวนป่า เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้มีสภาพป่ากลับคืนมาแต่ในด้านความหลากหลายของระบบนิเวศ โครงสร้างที่ซับซ้อนของระบบจะไม่ได้กลับคืนมาทั้งหมดหรือได้แต่เพียงส่วนน้อย อาจเปลี่ยนแปลงพื้นที่ถิ่นกำเนิดบริเวณกว้างคล้ายการปลูกพืชเชิงเดี่ยว อาจเกิดปัญหาโรคและแมลง ในการจัดการโดยใช้วิธีการปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูป่า (Restoration) ซึ่งเป็นการปลูกพืชในพื้นที่เคยเป็นป่ามาก่อน เป็นการฟื้นฟูระบบนิเวศที่พยายามให้ป่ามีโครงสร้าง ความหลากหลายทางชีวภาพ บทบาททางนิเวศใกล้เคียงกับป่าดั้งเดิม สามารถจัดการบนพื้นฐานของการศึกษาวิจัยที่ถูกต้องเพื่อเพิ่มความหลากหลายในพื้นที่โดยปลูกพืชให้กลับมาเป็นสังคมพืช สัตว์ป่า ซึ่งในการจัดการเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อครอบคลุมบทบาททั้งทางสิ่งแวดล้อมและทางสังคม (ศูนย์ฝึกอบรมวนศาสตร์ชุมชนแห่งภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก, 2543)

การสูญเสียโครงสร้างของป่า (Degradation) และความหลากหลายส่งผลให้พื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรม พื้นที่สูญเสียระบบนิเวศที่เคยมี ซึ่งการนำพืชที่ไม่ใช่ชนิดพันธุ์ท้องถิ่นมาปรับปรุงพื้นที่เสื่อมโทรม (Reclamation) ไม่สามารถทำให้พื้นที่กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ แต่อาจเป็นประโยชน์ต่อสังคมในด้านของการปรับปรุงพื้นที่ดินน้ำ ส่วนวิธีในการฟื้นฟูป่าโดยการปลูกต้นไม้และพืชอื่นที่มีเรือนยอดต่ำลงในพื้นที่ที่เคยเป็นป่ามาก่อน (Reforestation) เป็นการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์รวมถึงชนิดพันธุ์พืช และสัตว์ หรือการฟื้นฟูถิ่นธรรมชาติ (Rehabilitation) เป็นการฟื้นฟูพืชและสัตว์ในระบบนิเวศที่เสื่อมโทรมที่ซึ่งอาจไม่ครบทุกชนิดพันธุ์ที่มีอยู่เดิม เพื่อให้พื้นที่ที่เสื่อมโทรมได้กลับคืนสู่สภาพเดิม หรืออาจปลูกพืชต่างถิ่นด้วยเพื่อผลทางด้านนิเวศหรือทางเศรษฐกิจในเรื่องของพื้นที่ป่าที่เกิดขึ้นใหม่อาจรวมถึงพันธุ์พืชที่ไม่ใช่พันธุ์ที่เคยมีอยู่ในท้องถิ่นเช่น ไม้มะลิเทศพามีความทนทานในสภาพดินเสื่อมโทรม และช่วยส่งเสริมพืชดั้งเดิม อาจมีการสร้างหน้าที่ในการป้องกัน และการบริการทางนิเวศของป่าดั้งเดิมขึ้นอีกครั้ง โดยการสร้างความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของป่าดั้งเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (Restoration) ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างระบบนิเวศใหม่และหน้าที่ของป่าฟื้นฟูจะมีความใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าดั้งเดิม

การฟื้นฟูป่าในด้านของนิเวศวิทยาประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน วิธีแรกคือการส่งเสริมการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยมี 4 แนวทางคือการใช้กล้าไม้ และลูกไม้ที่มีอยู่แล้วบนพื้นดิน การสืบพันธุ์จากตอหรือรากของต้นไม้เดิมที่ถูกตัดออก สืบพันธุ์จากเมล็ดที่พักตัวหรือฝังตัวอยู่ในดิน เมื่อได้รับปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมจะสามารถงอกได้ และสืบพันธุ์จากเมล็ดที่ถูกนำจากพื้นที่อื่น โดยลม สัตว์ กระแสน้ำ วิธีที่สองคือการเร่งกระบวนการฟื้นฟูโดยมนุษย์ เช่นการปลูกไม้เสริมป่า ซึ่งในการฟื้นฟูป่าต้องคำนึงถึงองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของพืช สัตว์ และมนุษย์ซึ่งมีบทบาทแตกต่างกัน

จากการศึกษาผลของการปลูกป่าในสวนป่าไม้กระถินเทพาอายุ 3-7 ปี พื้นที่รกร้าง และป่าธรรมชาติคือป่าดิบแล้งและป่าเต็งรัง ต่อสภาพแวดล้อมของพงษ์ศักดิ์ และคณะ (2536) พบว่าการปลูกป่าจะมีจำนวนชนิดของพืชพรรณไม้ยืนต้นน้อย โดยจำกัดอยู่เพียงชนิดเดียวซึ่งทำให้ไม่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ แต่สามารถควบคุมความหนาแน่น จำนวนต้นของต้นไม้ได้ใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติที่มีความหนาแน่นสูงสุด คือป่าดิบแล้งและมีปริมาณมวลชีวภาพทั้งส่วนของพืชสด พืชที่ตายแล้วและยังยืนต้นอยู่มากขึ้นตามอายุของสวนป่า ซึ่งจะมากกว่าในพื้นที่รกร้างที่ไม่สามารถควบคุมจำนวนชนิด ความหนาแน่น และความหลากหลายชนิดได้ แต่สวนป่าไม้ชนิดดังกล่าวยังมีสภาพไม่เหมือนป่าธรรมชาติเลยทีเดียว เนื่องจากมีเฉพาะไม้ยืนต้นที่เป็นพืชชั้นบนเท่านั้น แม้ว่าไร้ง่าจะมีความหลากหลายสูงแต่เป็นพืชพรรณที่ไร้ค่าเป็นส่วนใหญ่ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิของอากาศและดิน ตลอดจนปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์ในพื้นที่สวนป่าไม้กระถินเทพานั้นจะรักษาระดับให้อยู่ใกล้เคียงกับป่าดิบแล้งใน 2 ฤดูกาลที่เปรียบเทียบกันและมีความผันแปรน้อย เมื่อเทียบกับในป่าเต็งรัง และไร้ง่า ซึ่งมีสถานะความชื้นของอากาศต่ำ มีอุณหภูมิสูง และมีปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์ส่องถึงพื้นป่ามากทั้งสองฤดูกาล ปริมาณการสะสมอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลักต่าง ๆ ในระบบพืช และในดินจะเพิ่มขึ้นตามอายุของสวนป่าจนมีปริมาณสูงกว่าในพื้นที่ไร้ง่า และจะสูงขึ้นจนเทียบเคียงได้กับป่าธรรมชาติ หรือสูงกว่าในอนาคต

จากการศึกษา พเยาว์ (2537) ในการฟื้นฟูป่าโดยวิธีปลูกเสริมป่าธรรมชาติในเขตโครงการพัฒนาเบ็ดเสร็จลุ่มน้ำสาขาแม่ปิงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อพัฒนาพื้นที่แบบผสมผสานเพื่อการเกษตรและอนุรักษ์ต้นน้ำลำธาร โดยใช้วิธีการทางวนวัฒนในการปลูกป่าทดแทนและป้องกันไฟป่า ไม้ที่ปลูกเพื่อเป็นไม้พื้น ไม้ผล และไม้ใช้งาน ชนิดที่ปลูกส่วนใหญ่ต้นกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส สะเดา และสีเสียดแก่น ในการเตรียมพื้นที่จะถางวัชพืชประเภทไม้หนามเช่นเล็บเหยี่ยว เล็บแมว หนามจี และไม้พุ่ม สาบเสือ โดยเว้นต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติไว้เช่นไม้แดง ประดู่ ขะเจ๊ะะ โมกมัน

และใช้รถไฟพรวนดินและทำร่องขวางแนวลาดชันเพื่อรับน้ำและชะลอการไหลของน้ำ แล้วปลูkdต้น สะเดา กระถินยักษ์ ตามร่องเป็นแถวในพื้นที่ที่เป็นช่องว่าง ถางและเผาวัชพืชในฤดูแล้งเพื่อลด ปริมาณเชื้อเพลิง และมีการเลี้ยงวัวในแปลงที่ดินไม้โตพันธุ์อันตรายจากการเหยียบย่ำทะเล่ และ ปลูkdต้นไม้เสริมบางพื้นที่เพื่อให้ป่ามีความหลากหลายและอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ

การศึกษาการปลูkdสร้างสวนป่าบนที่สูง บุญวงศ์ (2535) ซึ่งพื้นที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล ปานกลางตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป อาจเป็นที่ราบหรือที่ลาดชัน แต่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงชัน สลับซับซ้อน เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 และชั้น 2 อากาศหนาวเย็น ฝนตกชุกกว่าพื้นล่าง ประชากรส่วนใหญ่ยากจน ดังนั้นในการปลูkdสร้างสวนป่าบนที่สูงควรจะสนองความต้องการและสอดคล้องกับศักยภาพของ พื้นที่ สวนป่าบนที่สูงจึงสามารถจำแนกออกตามพื้นฐานได้เป็น 3 ประเภทคือสวนป่าป้องกันภัย ธรรมชาติ สวนป่าพลังงาน และสวนป่าอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเส้นใยยาว ชนิดไม้ที่เลือกปลูkd นอกจากจะคำนึงถึงวัตถุประสงค์แล้วยังต้องคำนึงถึงความหนาวเย็นของพื้นที่ปลูkd การเตรียมพื้นที่ ปลูkdควรทำเป็นขั้นบันไดดิน ระบบวนวัฒนที่นำมาใช้ในการจัดการที่สำคัญคือการป้องกันไฟ การ กำจัดวัชพืช การตัดไม้เมื่อโตปานกลางโดยการลิดกิ่ง การตัดขยายระยะ คำนึงถึงผลกระทบต่อ ระบบนิเวศ ในการทำไม้ไม่ควรหลีกเลี่ยงระบบการตัดหมด ยกเว้นพื้นที่สูงซึ่งเป็นที่ราบผืนใหญ่ ควรเลือกใช้ระบบเลือกตัด หรือเมล็ดมีศักยภาพในการงอกหรือปลิวไปได้ไกลควรเลือกระบบไว้แม่ ไม้ สิ่งสำคัญคือภายหลังการทำไม้ต้องส่งเสริมให้มีหมูไม้รุ่นใหม่ขึ้นทดแทนโดยเร็วที่สุด

การศึกษาระบบวนวัฒนบนพื้นที่สูง วิสุทธิ์ (2535) ซึ่งในการเลือกวิธีปฏิบัติต้องพิจารณา ปัจจัยทางด้านลักษณะหรือสภาพของภูมิประเทศและดิน สภาพของการสืบพันธุ์และการเติบโต และการป้องกันอันตรายจากภายนอก ซึ่งในระบบที่มีการเปิดพื้นที่ออกหมดในคราวเดียวกันเพื่อ การสืบพันธุ์ใหม่ เช่นระบบตัดหมด หรือระบบแม่ไม้ เป็นวิธีการที่ไม่น่าจะใช้ได้กับพื้นที่ดินน้ำอัน สูงชัน เพราะทำให้ดินในพื้นที่สูงชันขาดสิ่งปกคลุม เกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย การเสื่อมสภาพ ของดินเป็นไปอย่างรุนแรงตามมา ระบบที่มีการตัดฟันเพื่อสืบพันธุ์เช่นระบบเลือกตัด (Selection system) จะเป็นระบบที่เหมาะสมเนื่องจากเลือกตัดไม้ใหญ่ที่ได้ขนาดออกเป็นบางส่วนของพื้นที่ แล้วมีการสืบพันธุ์โดยการโปรยเมล็ดจากต้นแม่ไม้ที่ยังเหลืออยู่ซึ่งยังไม่ได้ขนาดตัดฟัน หรืออาจจะ ทำการสืบพันธุ์โดยการย้ายกล้าไม้ลงไปปลูkdตามพื้นที่ว่างที่เป็ดออก และในการนำกล้าไม้ไปปลูkd เสริมจำเป็นต้องทำด้วยความระมัดระวัง ซึ่งอาจมีการทำการเตรียมพื้นที่โดยการเจาะช่องปลูkdเป็น แนวตามความเหมาะสมของพื้นที่มากกว่าที่จะเป็ดพื้นที่ออกหมด

ในพื้นที่สูงตอนล่างมีความสูง 800-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อาจพบป่าเต็งรังขึ้นอยู่กับพรรณไม้ในป่าเต็งรังบนพื้นที่สูงนี้ ระบบเลือกตัดแล้วให้มีการสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อจะเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และการเติบโตของพืชพรรณ โดยเฉพาะไม้เต็ง ไม้รังยังสามารถขยายพันธุ์ด้วยการแตกหน่อราก (Root suckers) วิธีปฏิบัติทางวนวัฒนเพื่อป้องกันอันตรายจากภายนอกเช่นการป้องกันไฟป่า การตัดไม้เมื่อโคปานกลาง จะช่วยให้หน่อรากเจริญต่อไป

การนำระบบวนวัฒนมาจัดการหมู่ไม้ให้ได้รับทั้งผลผลิตในด้านเนื้อไม้ ด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไปในช่วงเวลาเดียวกัน สามารถตอบสนองสนองต่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลายในพื้นที่เดียวกัน รวมทั้งด้านการบริการ

9. การเติบโต

หมายถึงการเพิ่มขนาดมวลสาร หรือปริมาตรของเซลล์พืชโดยเกิดจากผลรวมของการแบ่งเซลล์และการขยายของเซลล์ เป็นขบวนการสะสมและเพิ่มพูนเซลล์ใหม่ของสิ่งมีชีวิตโดยขบวนการทางธรรมชาติของพืชเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณซึ่งไม่กลับคืน (irreversible) ส่วนการพัฒนาเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทั้งภายนอกและภายในวิภาคภายใน ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ มีการจัดแบบแผนของรูปร่างที่สลับซับซ้อนให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของเซลล์ต่างๆ ไปเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่อไป (สมบุญ, 2538)

ต้นไม้จะมีอัตราการเติบโตในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และมีความแตกต่างกันตามอายุหรือความแก่ของต้นไม้ ส่วนความแปรผันในแต่ละปีขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม Husch *et al.* (1972) กล่าวว่า การเติบโตและพัฒนาของต้นไม้มีปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตอยู่ 2 ปัจจัยซึ่งกระทำร่วมกัน คือปัจจัยทางด้านพันธุกรรม และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยคงที่ได้แก่ ดินและสภาพภูมิประเทศ และปัจจัยผันแปรได้แก่ ลักษณะภูมิอากาศและการแก่งแย่ง ซึ่งคล้ายกับที่ Toumey (1947) ได้กล่าวว่า การเติบโตและพัฒนาของต้นไม้แตกต่างกันไปตามปัจจัยภายในของต้นไม้แต่ละชนิด และอิทธิพลภายนอก สิ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ สารอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจน แกลือแร่ธาตุ สอร์บอน วิตามิน และสารอื่นๆอีกหลายอย่าง การเติบโตมีทั้งทางความสูงและความโต ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของเยื่อเจริญ พงษ์ศักดิ์ (2521) และ Hocker

(1979) ได้กล่าวว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้แต่ละชนิด ได้แก่ อายุ ความหนาแน่น และสภาพท้องที่

การศึกษาการเติบโตของต้นไม้ส่วนใหญ่จะแสดงผลในรูปของเส้นโค้งการเติบโต (Growth curve) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเติบโตอย่างต่อเนื่องของต้นไม้แต่ละชนิด หากนำการเติบโตของต้นไม้ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขึ้นของขนาด ปริมาตร หรือน้ำหนัก มาสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของเวลา จะพบว่าการเติบโตมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน คือมีลักษณะเป็นรูปตัว S เรียกว่า Sigmoid growth curve ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้จะมีอัตราการเติบโตในระยะต่าง ๆ ตลอดวงจรชีวิตไม่เท่ากัน Baker (1950) กล่าวว่า การเติบโตของต้นไม้สามารถแสดงได้ในรูปตัว S ที่เรียกว่า sigmoid curve ซึ่งแบ่งการเติบโตออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นระยะที่เริ่มมีการสร้างส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะมีการเติบโตได้อย่างช้า เรียกระยะนี้ว่า formation period ช่วงที่สองเป็นช่วงที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งจะยาวนานกว่าในช่วงแรก เรียกระยะนี้ว่า grand period of growth และช่วงที่มีการเติบโตเต็มที่ ซึ่งเรียกระยะนี้ว่า period of maturity เป็นช่วงที่มีการเติบโตน้อยแต่เป็นช่วงที่ยาวนานที่สุดและมีความผันแปรมากที่สุดเนื่องจากต้นไม้แต่ละชนิดมีอายุยืนยาวต่างกัน

การวัดการเติบโตเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณซึ่งไม่กลับคืน ในการวัดจึงไม่อาจกำหนดตัวแปรและวิธีการวัดที่เฉพาะเจาะจง แต่สามารถวัดได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ทำการศึกษา ตัวอย่างลักษณะที่สามารถใช้ในการวัดการเติบโต เช่น ความเพิ่มพูนทางความสูง ความเพิ่มพูนทางเส้นรอบวงหรือเส้นผ่านศูนย์กลาง ความเพิ่มพูนของพื้นที่ ความเพิ่มพูนของปริมาตร ซึ่งในการวัดการเติบโตของต้นไม้ในทางป่าไม้ นิยมวัดการเติบโตในรูปของความสูงทั้งหมด เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอกหรือ 1.30 เมตรจากพื้นดิน ปริมาตรของลำต้น พื้นที่เรือนยอด และน้ำหนักแห้งเป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาวนวัฒนวิทยา, 2547) การประมาณหาน้ำหนักแห้งของพืช ในการวิเคราะห์ลักษณะการเติบโตจึงสามารถนำไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางด้านนิเวศวิทยา เช่นการทดแทนของพืชชนิดต่าง ๆ ในถิ่นต่าง ๆ การแก่งแย่งแข่งขันในระหว่างชนิดของพืช ความแตกต่างทางพันธุกรรมต่อความสามารถในการให้ผลผลิตจากการจัดการและวนวัฒนปฏิบัติของพืชป่าไม้ เป็นต้น (พงษ์ศักดิ์, 2522)

10. มวลชีวภาพ

หรือบางครั้งเรียกว่า standing crop ซึ่ง พงษ์ศักดิ์ (2522) กล่าวว่ามวลชีวภาพหมายถึงมวลหรือน้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อของพืชเฉพาะส่วนที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น แต่การแยกระหว่างส่วนที่มีชีวิตกับส่วนที่ไม่มีชีวิตที่ยังทำหน้าที่อยู่จึงเป็นไปได้ ดังนั้นจึงประมาณหามวลชีวภาพรวมทั้งต้นทุกส่วน Ovington (1962) ได้สรุปว่าหมายถึงมวลของสิ่งที่มีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ มวลชีวภาพประมาณหาได้ออกมาในรูปน้ำหนักแห้ง หรือน้ำหนักคาร์บอน ซึ่งอาจมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อดัน หรือต่อหน่วยของพื้นที่ ซึ่งจะหมายถึงมวลชีวภาพของพืชทั้งกลุ่ม หรือทั้งสังคมพืช โดยปกติมักจะใช้พื้นที่ต่อตารางเมตร ต่อ เฮกแตร์ ต่อไร่ หรือหาออกมาในรูปของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีหน่วยเป็นแคลลอรี่ (Odum, 1963) โดยทั่วไปนิยมนประมาณหาในรูปของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีหน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์ (Ogawa *et al.*, 1965; Ogawa and Kira, 1977)

มวลชีวภาพ (biomass) เป็นปริมาณผลผลิตทางชีวภาพซึ่งเป็นผลผลิตในทางชีววิทยาเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและการดูดซับธาตุอาหาร ไปใช้เสริมสร้างให้เกิดอินทรีย์วัตถุในส่วนต่าง ๆ ของพืช บอกค่าในรูปของน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นปริมาณต่อพื้นที่มาตรฐาน (พงษ์ศักดิ์, 2529) ผลผลิตมวลชีวภาพจะเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นไม้ หรืออายุของสวนป่าแต่อัตราการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพจะลดลงเมื่อต้นไม้เริ่มมีเรือนยอดติดกันซึ่งระยะเวลาที่ต้นไม้จะมีเรือนยอดติดกันขึ้นอยู่กับชนิดไม้และระบบปลูก (พงษ์ศักดิ์, 2524)

Yamakura *et al.* (1986) ได้สร้างสมการประมาณหามวลชีวภาพของป่าดิบชื้นดังนี้

$$\text{มวลชีวภาพของลำต้น} \quad W_S = 0.2903(D^2H)^{0.9813}$$

$$\text{มวลชีวภาพของกิ่ง} \quad W_B = 0.1192W_S^{1.059}$$

$$\text{มวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น} \quad W_{TC} = W_S + W_B$$

$$\text{มวลชีวภาพของใบ} \quad W_L = 0.09146W_{TC}^{0.7266}$$

$$\text{มวลชีวภาพทั้งหมด} \quad W_T = W_{TC} + W_L$$

11. ลักษณะทางวนวัฒนของไม้ที่ศึกษา

ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.)

จัดอยู่ในวงศ์ Dipterocarpaceae ไม้ไม่ผลัดใบ พบในป่าดิบแล้งและป่าเต็งรังทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นไม้เด่นของป่าดิบชื้น เป็นไม้ในป่าดงดิบมีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ ชื่อพื้นเมืองกะกั๊ แคน จะเคียน ตะเคียน โขเก ไพร เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่สูง 20-40 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มทึบกลม ลำต้นเปลาตรง เปลือกหนาสีน้ำตาลดำ แตกเป็นร่องตามยาว ลำต้นมีชั้นสีเหลืองเกาะตามรอยแตก ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่แกมรูปหอก หรือรูปดาบ กว้าง 3-7.5 เซนติเมตร ยาว 10-16 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลม โคนใบมนและเบี้ยว แผ่นใบหนา ผิวใบเกลี้ยงเป็นมัน ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย เส้นแขนงใบข้างละ 9-13 เส้น ก้านใบยาว 1-1.8 เซนติเมตร ดอกสีขาวนวล มีกลิ่นหอม ออกเป็นช่อแบบช่อแยกแขนง ยาวตามซอกใบ และปลายกิ่ง ระยะเวลาออกดอกเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ผลแห้งทรงกลมหรือไข่ ปลายแหลม มีปีกรูปใบพายยาว 2 ปีก ยาวถึง 5.5 เซนติเมตร ระยะเวลาการเป็นผลเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเมษายน ถ้าไม้โตได้ 1-3 ปี มักจะถูกไฟคอกตาย ตะเคียนทองเป็นไม้ชอบแสงแต่เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมในระยะแรกต้องดูแลจนกว่าไม้สามารถตั้งตัวได้ควรปลูกร่วมกับไม้อื่น ชิติ และคณะ (2534) ทดลองปลูกไม้ตะเคียนทองร่วมกับไม้กระถินยักษ์ เปรียบเทียบกับปลูกในที่โล่ง พบว่าระยะหกเดือนแรกหลังจากปลูกการรอดตายไม่แตกต่างกัน แต่หลังจาก 1 ปีผ่านไปพบว่าตะเคียนทองที่ปลูกระหว่างกระถินยักษ์ 2x2 เมตร จะมีการรอดตายสูงสุด และในที่โล่งต่ำสุด

ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.)

จัดอยู่ในวงศ์ Dipterocarpaceae ชื่อพื้นเมืองกาติล ยางขาว จ้อง ยางเนิน ยางควาย ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ผลัดใบ ความสูงประมาณ 30-50 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มกลมหนา ลำต้นเปลาตรง เปลือกหนาค่อนข้างเรียบ สีเทาอมขาว อาจแตกเป็นร่องตื้นตามยาวและขวางลำต้น ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่หรือรูปรีแกมรูปขอบขนาน กว้าง 6-15 เซนติเมตร ยาว 13-25 เซนติเมตร ปลายใบทู่หรือเรียวแหลม โคนใบมนหรือเว้าเข้า แผ่นใบค่อนข้างหนา ดอกสีชมพู ออกเป็นช่อแบบช่อกระจุก ตามซอกใบใกล้ ปลายกิ่ง ผลเปลือกแข็งเมล็ดเดี่ยว ทรงกลมรี ยาว 3-4 เซนติเมตร มีครีบตามยาว 5 ครีบ ระยะเวลาการเป็นดอกเป็นผลเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ชอบขึ้นอยู่ตามชายลำธารในป่าดงดิบทั่ว ๆ ไป พบกระจายตามธรรมชาติอยู่ทุกภาคของประเทศไทย การปลูกไม้ยางนาในช่วง 1-2 ปีแรกต้องการร่มเงาบ้าง แต่

การปลูกในพื้นที่โล่งจะไม่ส่งผลกระทบ และมีการเติบโตไม่แตกต่างกับไม้ยางนาที่ได้รับร่มเงา 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ (คณะวนศาสตร์, 2540; FAO, 1985; Zabala, 1994) นอกจากนี้ Nakamura *et al.* (1992) รายงานว่าไม้ยางนาที่ได้รับแสง 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเติบโตดีที่สุด แต่การปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางนาโดยทั่วไปยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากกล้าไม้ต้องมีอายุมากกว่า 1 ปีขึ้นไป

กฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte)

เป็นไม้ชนิดหนึ่งในป่าดิบแล้ง และป่าดิบชื้นของประเทศไทย พบกระจายในป่าที่มีความชื้นสูง หรืออาจมีฝนตกชุกเช่นในภาคใต้ ภาคตะวันออกบริเวณจังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด สระแก้ว เป็นต้น ชื่อพื้นเมืองกาญจนากร กาญจนาสู ไม้หอม ไม้ต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 20-30 เมตร ไม้ผลัดใบ เรือนยอดเป็นรูปกรวย ลำต้นเปลาตรง หรืออาจมีพูพอนที่โคนต้น เปลือกนอกเรียบสีเทา หรือสีเทา หรือสีเทาอมขาว มีช่องระบายอากาศสีเหลืองหรือน้ำตาลอ่อน ๆ ต้นที่มีอายุมากเปลือกนอกอาจจะปริแตกตามยาวลำต้นเป็นร่องเล็ก ๆ ใบเดี่ยวเรียงสลับ ใบรูปมนแกมรูปขอบขนาน กว้าง 2.5-3.5 เซนติเมตร ยาว 6-12 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบรูปลิ้ม แผ่นใบบางเป็นมันเลื่อม ขอบใบเรียบ เส้นแขนงใบข้างละ 12-19 เส้น ก้านใบยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ดอกสีเหลือง มีกลิ่นหอม ออกเป็นช่อแบบช่อกระจุกเล็ก ๆ ตามซอกใบตอนปลายกิ่ง ระยะเวลาออกดอกเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมีนาคม ผลแห้งรูปโล่หรือรูปดัลเบ เปลือกแข็ง มีขนสีเทา ผลแก่แตกอ้า เมล็ดสีดำเป็นมัน ระยะเวลาเป็นผลประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน จงรัก (2548) กล่าวว่า การปลูกกฤษณาในที่โล่งแจ้งได้ผลไม่ดีนัก ควรทำร่มเงาบังแสงเพื่อช่วยให้ต้นไม้ตั้งตัวได้โดยเฉพาะในช่วงกล้าไม้ 1-2 ปี และกล้าไม้ต้องมีขนาดใหญ่ มีการทำกล้าไม้ให้แกร่งก่อนการปลูก 1 เดือนในเรือนเพาะชำ Osoguchi (2002) ศึกษาการเติบโตของไม้กฤษณา (*A. crassna*) อายุ 8 ปี ในจังหวัดตราด โดยปลูกอยู่ระหว่างแถวทางพาราระยะปลูก 3x7 เมตร พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ระดับอก 9.61 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 7.5 เมตร Matsui (2005) ศึกษาการเติบโตของไม้กฤษณาในจังหวัดตราด เช่นเดียวกันพบว่า การเติบโตของไม้กฤษณา (*A. crassna*) อายุ 10 ปี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ระดับอก 15.5 เซนติเมตร และพบความเพิ่มพูนในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน Tadokoro (2005) ศึกษาการปลูกกฤษณาไว้ภายในเขตบ้านที่มีอายุ 2 ปี จังหวัดนครราชสีมา พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ระดับอกมีค่า 2 เซนติเมตร มีความสูงประมาณ 2.5 เมตร