

การสำรวจและประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้



ชุดเรียนรู้โลกร้อน เรดด์พลัส และสิ่งแวดล้อมป่าไม้ ลำดับที่ 2
“การสำรวจและประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า”

อำนวยการ

ณรงค์ มหรรณพ

รัตนา ลักษณะวรกุล

บรรณาธิการ

รัตนา ลักษณะวรกุล

เรื่อง

ชิงชัย วิริยะบัญชา

ธัญรินทร์ ณ นคร

กิตติธัช พรหมมินทร์

กชพรรณ ศรีสาคร

จัดทำโดย

ส่วนสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

พิมพ์ครั้งที่ 1 กรกฎาคม 2557

พิมพ์ที่ ชุมชุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
สำหรับเผยแพร่ห้ามจำหน่าย

การสำรวจและประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้



คำนำ

กลไกเรดด์พลัส เป็นกลไกที่จะสร้างแรงจูงใจเชิงบวกให้แก่ประเทศกำลังพัฒนา ในลักษณะแบบสมัครใจ ที่จะช่วยให้ประเทศกำลังพัฒนา ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน โดยดำเนินกิจกรรมของกลไกเรดด์พลัสที่ประกอบด้วย การลดการทำลายป่า การลดการทำให้ป่าเสื่อม การอนุรักษ์ป่าไม้ การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และการเพิ่มคาร์บอนสต็อกในพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งประเทศกำลังพัฒนาที่จะดำเนินการกลไกเรดด์พลัสจะต้องมีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือการลดการปล่อยคาร์บอนให้ต่ำกว่าเส้นฐานอ้างอิงหรือเกณฑ์การ ชีววัดของแต่ละประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมีการกำหนดไว้เพื่อเป็นเส้นฐานในการประเมินศักยภาพในการลดการปล่อยคาร์บอนของแต่ละประเทศ โดยปริมาณคาร์บอนที่สามารถลดได้ดังกล่าว สามารถใช้เป็นคาร์บอนเครดิตเพื่อขายในตลาดคาร์บอนในประเทศและระหว่างประเทศ หรือในตลาดอื่นๆ นอกจากนั้นการลดการปล่อยคาร์บอน ยังช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ การคงไว้ซึ่งการบริการของระบบนิเวศ เป็นความมั่นคงทางอาหาร และเป็นแหล่งเพื่อสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพชีวิต

การประเมินการปล่อยคาร์บอนสำหรับกลไกเรดด์พลัส จำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ การใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้เป็นพื้นฐาน นอกจากนั้นยังต้องมีกระบวนการตรวจวัด การรายงาน และการทวนสอบ (Measurable, Reporting, Verifiable; MRV) การปล่อยคาร์บอนจากการดำเนินกิจกรรมของกลไกเรดด์พลัส ดังนั้นในการดำเนินกลไกเรดด์พลัสจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ การกระจายของป่า เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอน การเปลี่ยนแปลงคาร์บอน

ของในป่าแต่ละประเภท และแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง
คาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ในแต่ละประเภทและแต่ละพื้นที่ว่ามีการปล่อยหรือกักเก็บ
เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร

เอกสารคู่มือฉบับนี้มีความประสงค์ที่จะรวบรวมเทคนิควิธีการในการ
สำรวจและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย
เพื่อให้เจ้าหน้าที่ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และผู้สนใจอื่นๆ
ได้เพิ่มเติมความรู้ และใช้ประโยชน์ในการดำเนินการในเรื่องนี้ จึงหวังว่าทุกท่าน
จะได้รับประโยชน์จากเนื้อหาในเอกสารนี้ หากพบข้อบกพร่องใด ได้โปรดแจ้ง
ผู้จัดพิมพ์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงต่อไปในอนาคต

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช

กรกฎาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ค
ส่วนที่ 1 การสำรวจทรัพยากรป่าไม้	1
เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า	
1. ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1
2. การสำรวจทรัพยากรป่าไม้	6
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจทรัพยากรป่าไม้	6
2.2 การออกแบบงานสำรวจ	8
2.3 การสุ่มเลือกข้อมูลตัวอย่าง	11
2.4 การหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม	17
2.5 การวัดข้อมูลตัวอย่าง	20
2.6 ขั้นตอนและวิธีการสำรวจประเมินสภาพป่าและคาร์บอน	25
3. การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า	32
3.1 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้สมการอัลโลเมตรี	32
3.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ปริมาตรไม้	43
4. การเขียนรายงานผลการดำเนินงาน	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	74

สารบัญ

	หน้า
ส่วนที่ 2 เทคนิคการวางแผนตัวอย่างถาวร และการวัดต้นไม้อย่างมืออาชีพ โดย ชิงชัย วิริยะบัญชา	95
ส่วนที่ 3 หลักเกณฑ์การวางแผนตัวอย่างถาวร ภายใต้โครงการบริหารจัดการตามหลักการ REDD+ เพื่อเตรียมพร้อมกับผลกระทบ จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดย ชิงชัย วิริยะบัญชา	137



ส่วนที่ 1

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้
เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า

บทที่ 1

ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากป่าไม้เพื่อการดำรงชีพได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ประโยชน์ทางตรง ได้แก่ การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค เช่น ใช้เป็นอาหาร ที่อยู่อาศัย ยารักษาโรค ประโยชน์ทางอ้อม เช่น เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร รักษาความชุ่มชื้นของดิน ดูดซับน้ำ ชะลอการไหลของน้ำ ลดการพังทลาย และการกัดเซาะหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งรักษาสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวยในการเกิดฝน ลดการระเหยของน้ำ รวมถึงเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของมนุษย์ นอกจากนี้ ความสำคัญที่กำลังเป็นที่กล่าวขานกันอยู่คือ เป็นแหล่งกักเก็บปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ จึงนับได้ว่าป่าไม้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตทุกๆ ชนิดบนโลก

เกร็ดความรู้

ป่าไม้ (Forest) ตามพระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ.2484 หมายถึง “ที่ดินที่ไม่มีบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้มาซึ่งกรรมสิทธิ์ครอบครองตามกฎหมายที่ดิน”

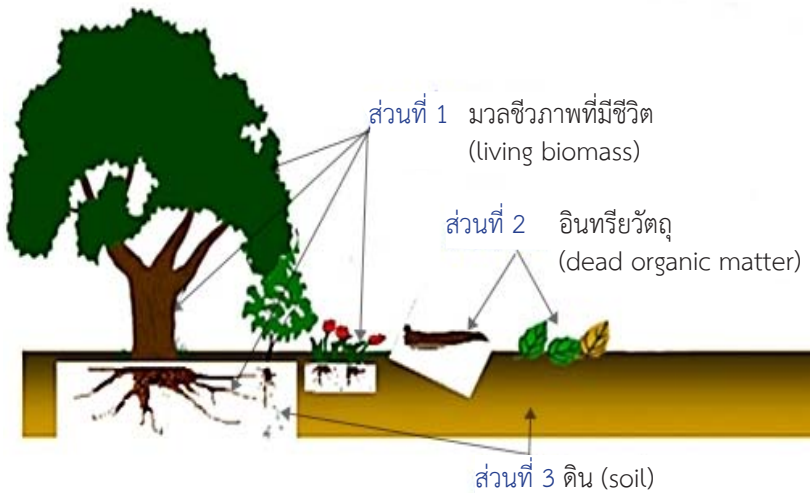
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (Average Weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศเฉลี่ยหมายถึงความรวมถึงลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น ที่เป็นค่าเฉลี่ยระยะยาว 30 ปีหรือมากกว่า

ระบบนิเวศป่าไม้เป็นแหล่งกักเก็บ (sink) และแหล่งปลดปล่อย (source) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ โดยต้นไม้จะมีการกักเก็บหรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อปรุงอาหาร ก่อนเปลี่ยนสภาพเป็นมวลชีวภาพ ในขณะเดียวกันก็จะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการหายใจ การตาย และการย่อยสลายของซากพืชการกักเก็บธาตุคาร์บอน (carbon sink) ในพื้นที่ป่านั้นจะเรียกแหล่งเก็บต่างๆ นั้นว่า “carbon pool” ซึ่งจะปรากฏอยู่ในรูป 3 องค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ

1. มวลชีวภาพของพืชที่มีชีวิตอยู่ (living biomass) ทั้งที่เป็นไม้ต้น ไม้พุ่ม พืชพื้นล่างต่างๆ รวมทั้งไม้เถาวัล และพืชล้มลุก ทั้งส่วนมวลชีวภาพอยู่เหนือพื้นดิน (above ground biomass) เช่น ลำต้น กิ่งก้าน ใบ ผล และมวลชีวภาพอยู่ใต้พื้นดิน (below ground biomass) เช่น รากของพืชที่อยู่ใต้ดิน

2. อินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว (dead organic matter) ประกอบไปด้วย ไม้ล้มขอนนอนไพร โตไม้ที่เหลือจากการทำไม้ (dead wood) รวมทั้งซากพืชต่างๆ (litter) ที่ร่วงหล่นทับถมบนผิวดิน

3. ในดิน (soil) ทั้งส่วนที่อยู่ในอินทรีย์คาร์บอน และอนินทรีย์คาร์บอนภายในดิน เช่นเกลือคาร์บอเนต เป็นต้น



ภาพที่ 1 แหล่งสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้

ทั้งนี้ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (International Panel on Climate Change: IPCC, 2007) รายงานว่า ปริมาณธาตุคาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมไว้ในพื้นที่ป่าไม้ นั้น ถึงแม้ว่าจะมีมากกว่าในชั้นบรรยากาศถึง 3.5 เท่า แต่ในยุคปัจจุบันกลับพบว่า พื้นที่ป่าไม้บนพื้นโลกนี้มี การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มากกว่าดูดซับกลับไปในระบบ กล่าวคือมีการปลดปล่อย 5.9 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี (คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 20 % ของการปลดปล่อยจากทุกภาคส่วน ในขณะที่ภาคคมนาคมขนส่งปลดปล่อยเพียง 15 %) ในขณะที่ดูดซับกลับไปได้เพียงประมาณ 2.6 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีเท่านั้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะสอดคล้องกับรายงานของ WRI (2007) ที่พบว่า ในจำนวนก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ทั้งหมดนั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด (77 %) การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ

ที่มากเกินไป จะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิและการรวมตัวของไอน้ำในชั้นบรรยากาศ แล้วกระทบต่อเนื่องไปยังปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางลม ความถี่และความรุนแรงของพายุเฮอริเคน รวมทั้งคลื่นยักษ์บริเวณชายฝั่ง เป็นต้น

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นผิวโลก นานาประเทศจึงมีความพยายามที่จะลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ ดังเช่นกลไกเรดด์พลัส (REDD Plus) ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nation Framework for Climate Change : UNFCCC) ที่เป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับประเทศกำลังพัฒนาร่วมกันรักษาพื้นที่ป่าไม้ไว้เป็นแหล่งกักเก็บธาตุคาร์บอน อันสามารถบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นผิวโลกได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งในการดำเนินการตามกลไกเรดด์พลัส กิจกรรมหนึ่งที่จะต้องมีการดำเนินการเพื่อเป็นมาตรการหรือเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นว่า ป่าไม้สามารถกักเก็บคาร์บอนไว้ได้ในปริมาณเท่าไร และมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่เพิ่มขึ้นหรือไม่ หากมีการบริหารจัดการในการรักษาป่าไม้ไว้ตามกลไกเรดด์พลัส นั่นคือ การสำรวจและประเมินการกักเก็บคาร์บอนไว้ในพื้นที่ป่า และการจัดทำระบบการติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรป่าไม้ในระดับประเทศ

เกร็ดความรู้

1. คาร์บอน (Carbon; C) เป็นธาตุทางเคมีชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดรวมถึงในร่างกายของมนุษย์ด้วย
2. ต้นไม้ 1 ต้น สามารถช่วยกักเก็บธาตุคาร์บอนโดยมีปริมาณคาร์บอนคิดเป็นประมาณ 50 % ของน้ำหนักแห้ง
3. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) เป็นก๊าซที่อยู่ในชั้นบรรยากาศตามธรรมชาติที่ห่อหุ้มโลกอยู่โดยรอบ ซึ่งประกอบไปด้วย ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ โอโซน ทำหน้าที่เสมือนผ้าห่มผืนใหญ่ให้โลกอบอุ่น โดยถ้ามีอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยรักษาระดับอุณหภูมิของโลกทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้อย่างปกติสุข
4. ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น มี 6 ชนิด คือ
 1. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2)
 2. มีเทน (Methane: CH_4)
 3. ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide: N_2O)
 4. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon : HFCs)
 5. เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon : PFC)
 6. ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride: SF_6)
5. กลไกเรดด์พลัส (REDD Plus) เป็นกลไกลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า รวมทั้งกิจกรรมการอนุรักษ์ป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนและการเพิ่มการกักเก็บธาตุคาร์บอนไว้ในป่าในประเทศที่กำลังพัฒนา (Reduction Emission from Deforestation and Forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stock in developing country)



บทที่ 2

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจทรัพยากรป่าไม้

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ (Forest Inventory) เป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของป่า ชนิด จำนวน ความสูง ขนาดความโต ปริมาณไม้หนุ่ม ลูกไม้ ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์พืชและสัตว์ รวมถึงลักษณะแวดล้อมของพื้นที่ในพื้นที่ป่าแต่ละประเภท เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินสภาพป่าว่ามีโครงสร้างป่าในแนวนอนและแนวตั้ง องค์ประกอบ ความหลากหลาย ตลอดจนมีสภาพในการทดแทนของไม้หนุ่มและลูกไม้อย่างไร ป่ามีความสมบูรณ์ หรือปัจจัยใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของป่า ซึ่งจะสามารถใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของป่าและหมู่ไม้ เพื่อสามารถวางแผนในการจัดการป่าทั้งในด้านเศรษฐกิจและการอนุรักษ์ป่าได้ การวางแผนและการสำรวจติดตามที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญมากและต้องดำเนินการเป็นอันดับแรก ถ้าหากไม่มีข้อมูลดังกล่าวแล้ว ก็ไม่สามารถที่จะบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ให้ยั่งยืนได้ และในกรณีที่ประเทศไทยจะดำเนินกลไกเรดด์พลัส ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ จะเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงความสำเร็จและความก้าวหน้าของการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ตามกลไกเรดด์พลัสได้ คือ ความสามารถในการลดการปลดปล่อยและเพิ่มการกักเก็บธาตุคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ ดังนั้นการเตรียมความพร้อมในวิธีการประเมินปริมาณสุทธิของธาตุคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในระบบนิเวศป่าไม้ จึงเป็นกิจกรรมในทางปฏิบัติประการหนึ่งที่สำคัญและจำเป็นสำหรับหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอนที่สะสมไว้ในพื้นที่ป่าไม้จะแปรผัน

ตามลักษณะภูมิประเทศ ชนิดโครงสร้างป่า สภาพภูมิอากาศ และรูปแบบวิธีการบริหารจัดการ จึงจำเป็นต้องมีกรอบแนวคิด เครื่องมือและวิธีการประมาณที่ถูกต้อง แม่นยำและน่าเชื่อถือ ในการตรวจวัด รายงานผล และตรวจพิสูจน์/ทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification: MRV) แต่ละพื้นที่นั้นๆ

ในการดำเนินกลไกเรดด์พลัส จะต้องมีการสำรวจและประเมินปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ เพื่อแสดงว่าป่านั้นหรือป่าของประเทศนั้นสามารถกักเก็บปริมาณคาร์บอนไว้ได้เท่าไร เพื่อเป็นข้อมูลที่อยู่ในอนาคตอาจใช้ในการขอรับผลตอบแทนที่ประเทศไทยหรือบุคคลรักษাপ่าไม้ได้ หรืออาจจะเป็นการนำปริมาณคาร์บอนที่ป่าเก็บไว้ได้ไปชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนอื่น โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม ภาคพลังงาน หรือการขนส่ง ซึ่งการจะประมาณการในเรื่องการกักเก็บคาร์บอนของป่าไว้ได้ จะต้องมีการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่นั้นแล้วจึงประเมินค่าธาตุคาร์บอนที่สะสมรวมในมวลเนื้อไม้ แต่เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการสำรวจจะนับไม้แต่ละต้นทั่วพื้นที่ป่า 100 % ในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปได้ เพราะป่ามีอาณาเขตกว้างขวาง จะต้องใช้กำลังคนและงบประมาณในการดำเนินการเป็นจำนวนมาก รวมถึงใช้เวลาในการดำเนินการ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาวิธีการประมาณที่ให้ผลใกล้เคียงความเป็นจริงและน่าเชื่อถือได้

เทคนิคการสำรวจแก่นไม้ (Forest Inventory) เป็นวิธีการประยุกต์ที่ใช้รูปแบบงานสำรวจ (Inventory design) ที่เหมาะสม กับการสุ่มเลือกประชากรตัวอย่าง (Sampling design) ที่มีหลักเกณฑ์และกฎวิธี เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลลักษณะเชิงปริมาณของสังคมพืชป่าไม้ เช่น ชนิดป่า จำนวนชนิดพันธุ์ไม้ ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด ขนาดความโต ปริมาตรไม้ การสืบต่อพันธุ์และการทดแทนตามธรรมชาติ รวมตลอดถึงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศด้วย

2.2 การออกแบบงานสำรวจ

การออกแบบงานสำรวจ (Inventory design) คือ รูปแบบงานสำรวจที่ใช้ในการวางแผนสุ่มเลือกประชากรตัวอย่างที่ใช้หลักเกณฑ์ที่ถูกต้อง สามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและเสียค่าใช้จ่ายจำนวนน้อยแต่ยังคงให้ผลการประมาณการที่น่าเชื่อถือได้ ต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยเฉพาะ เพราะการออกแบบงานสำรวจเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ และขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละพื้นที่ที่สามารถเปลี่ยนแปลงและยืดหยุ่นได้ตามความจำเป็นและตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงมีด้วยกันหลายวิธี ทุกวิธีมีทั้งข้อดีข้อเสีย บางวิธีได้เลิกใช้ไป บางวิธีมีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับท้องถิ่นและสภาพแวดล้อม ฉะนั้นนักสำรวจจึงควรทำความเข้าใจให้กระจ่างชัดว่าภายใต้เงื่อนไขที่มีรูปแบบใดจะสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ด้วยกำลังคน เวลาและงบประมาณที่มีอย่างจำกัด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยแบบงานสำรวจแจกนับไม่ได้รับความนิยมน่าเชื่อถือในประเทศไทย เป็นรูปแบบที่ สถิตย์ (2525) ได้กล่าวไว้ ซึ่งมีด้วยกัน 6 แบบ (ภาพที่ 2) คือ

1. การสำรวจแบบแนว (strip system)

กำหนดให้ความกว้างของแปลงตัวอย่างมีขนาดใดขนาดหนึ่ง แล้วนำไปวางทอดตามความยาวของพื้นที่สำรวจ แต่วิธีนี้จะยุ่งยากในการหมายแนวเขต เพื่อเป็นการควบคุมหน่วยตัวอย่าง จึงเปลี่ยนมาใช้แบบ การสำรวจแบบวางแปลงในแนวเส้นตรง (line plot system) และการสำรวจแบบ tract unit system

2. การสำรวจแบบวางแปลงในแนวเส้นตรง (line plot system)

วิธีนี้กำหนดแนวสำรวจให้เป็นเส้นตรง แล้วจึงวางแปลงตัวอย่างที่มีรูปร่างและขนาดพอเหมาะบนเส้นสำรวจนั้นให้ขนานและอยู่ในระยะห่าง

ที่สม่ำเสมอเท่ากันทั่วพื้นที่ การสำรวจในรูปแบบนี้ค่อนข้างจะเลือกใช้ได้หลายโอกาสและในพื้นที่ทุกประเภท ไม่ต้องใช้การพิจารณาที่ซับซ้อน ได้แปลงตัวอย่างที่เป็นระเบียบและกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งป่าตามหลักการสุ่มตัวอย่างแบบ systematic sampling แต่อาจต้องใช้เวลาดำเนินการนานพอสมควร

3. การสำรวจแบบ tract unit system

วิธีนี้ประยุกต์มาจากแบบการสำรวจวางแปลงในแนวเส้นตรง (line plot system) กล่าวคือแทนที่จะออกแบบให้แนวสำรวจเป็นเส้นตรงก่อนวางแปลงตัวอย่างเป็นระยะๆ ใช้การเปลี่ยนเส้นสำรวจนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทน

4. การสำรวจแบบ camp unit system

วิธีนี้ประยุกต์มาจากแบบ tract unit system เพื่อใช้ในสภาพภูมิประเทศที่มีความสูงชัน หรือการคมนาคมลำบาก การติดต่อสื่อสารมีความยุ่งยาก จึงออกแบบให้ tract อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม กระจายอย่างเป็นระเบียบสม่ำเสมอ

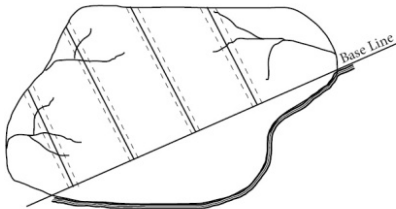
5. การสำรวจแบบ modified camp unit system

วิธีนี้ดัดแปลงจาก camp unit system ด้วยการนำหลายๆ camp unit มารวมกลุ่มยึดโยงด้วยระยะทางและทิศทางที่แน่นอน

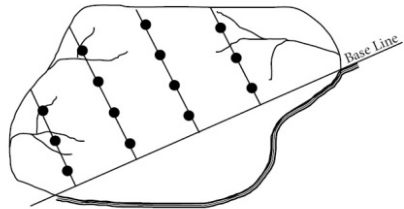
6. การสำรวจแบบใช้วิธีการจำแนกชั้น (stratification system)

การสำรวจด้วยในรูปแบบนี้จะต้องจำแนกสภาพป่าออกเป็นชั้นๆ (stratum) ตามคุณลักษณะเบื้องต้นของระบบนิเวศป่าไม้ เช่น ความหนาแน่น ชนิดป่าหรือชั้นอายุ แล้วจึงใช้รูปแบบการสำรวจประเภทอื่นไปดำเนินการภายในแต่ละชั้นนั้นอีกครั้งหนึ่ง เทคนิคนี้สามารถ ลดความผันแปรของข้อมูลจึงใช้หน่วยตัวอย่างที่ไม่มากนัก เป็นการประหยัดเวลาและงบประมาณได้มาก

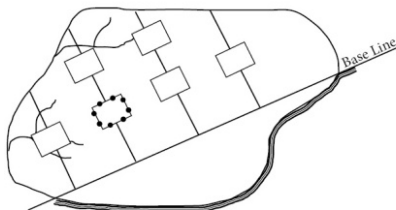
การสำรวจแจงนับไม้แบบวิธีนี้เรียกว่า “Stratified random Sampling”
 ซึ่งก็ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเช่นกัน



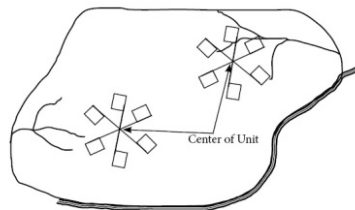
Strip System



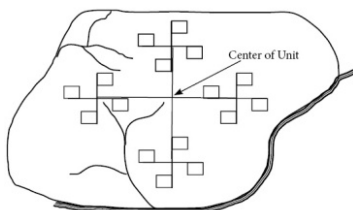
Line Plot System



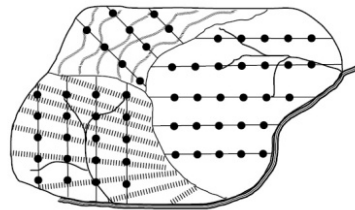
Tract Unit System



Camp Unit System



Modified Camp Unit System



Stratification System

ภาพที่ 2 แบบงานสำรวจทรัพยากรป่าไม้แบบต่างๆ
 ที่มา: ธีณรินทร์ ณ นคร (2556)

2.3 การสุ่มเลือกข้อมูลตัวอย่าง

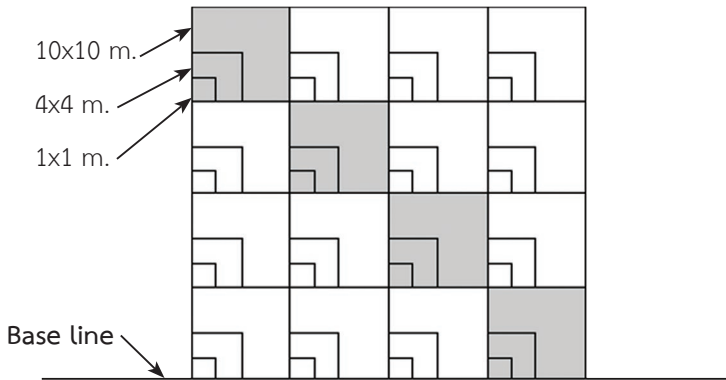
การแจกแจงข้อมูลตัวอย่าง (sample) ในหมู่ไม้ที่ถูกสุ่มเลือก บางครั้งอาจสับสนหลงลืมแจกแจงให้ครบถ้วนทุกต้นได้ การสุ่มเลือกข้อมูลตัวอย่างจึงเป็นเทคนิคที่สำคัญไม่น้อยกว่าการออกแบบงานสำรวจ เพราะในเชิงสถิติแล้ว 1 ข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มพบอาจเป็นตัวแทนของต้นไม้ในป่าไม่น้อยกว่า 10,000 ต้น ดังนั้นนักสำรวจจึงควรกำหนดหน่วยของการสุ่มเลือกให้เป็นระบบชัดเจน เพื่อให้ผลการประมาณใกล้เคียงความเป็นจริง อีกทั้งยังช่วยให้การเก็บข้อมูลภาคสนามดำเนินไปอย่างสะดวกมีหลักเกณฑ์ ใช้บุคลากรเวลาและงบประมาณที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยหน่วยของการสุ่มเลือกที่ถูกกำหนดนี้ให้เรียกว่า “แปลงตัวอย่าง (sampling plot)” ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทกว้างๆ คือ แปลงตัวอย่างแบบมีพื้นที่แน่นอน (Fixed area sample plot) และแปลงตัวอย่างที่แปรผันได้ (Variable sample plot)

1. แปลงตัวอย่างที่มีพื้นที่แน่นอน (Fixed area sample plot) เป็นแปลงตัวอย่างที่ถูกกำหนดขึ้นมาให้มีขนาดรูปร่างและขอบเขตที่แน่นอน ชัดเจนครอบคลุมบริเวณที่พบกลุ่มตัวอย่างนั้น เราจึงเรียกรายการสำรวจแบบนี้ว่า “plot sampling” ซึ่งจะมีอยู่ 5 ประเภทตามรูปร่างและขนาดที่ถูกสร้างขึ้น ดังนี้

1.1 แปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular sample plot) แปลงตัวอย่างชนิดนี้นิยมใช้ในการแจกแจงเมล็ดพันธุ์ไม้หรือศึกษาด้านความหลากหลายทางชีวภาพโดยออกแบบให้ใช้ได้ทั้งที่เป็นแบบแปลงชั่วคราวและแบบถาวร

1.2 แปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (square sample plot) นิยมใช้โดยทั่วไปในงานศึกษาวิจัยที่ต้องมีการติดตามผลในระยะยาวและต่อเนื่อง

ในลักษณะแปลงตัวอย่างแบบถาวร เช่น ศึกษาหาการเจริญเติบโตและผลผลิตของหมูไม้ ศึกษาลักษณะโครงสร้างของป่า หรือศึกษาการสืบต่อพันธุ์และทดแทนตามธรรมชาติของหมูไม้ เป็นต้น



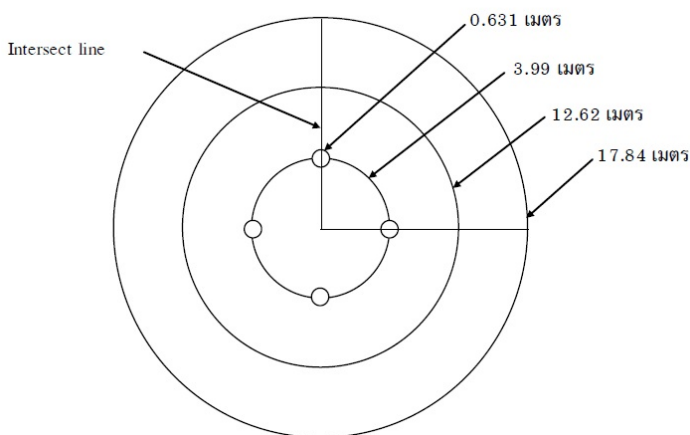
ภาพที่ 3 ลักษณะการวางแปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ตารางที่ 1 ขนาดของแปลงตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

ขนาดแปลงตัวอย่าง (ตร.ม.)	ข้อมูลที่ศึกษา
1 x 1 m.	เพื่อสำรวจกล้าไม้หรือลูกไม้ คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH: Diameter at Breast Height) น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตรหรือมีขนาดความโตเส้นรอบวง (GBH: Girth at Breast Height) น้อยกว่า 15 เซนติเมตร และมีความสูงไม่ถึง 1.30 เมตร
4 x 4 m.	เพื่อสำรวจไม้หนุม คือไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตรหรือมีความโตขนาดเส้นรอบวง (GBH) น้อยกว่า 15 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร

ขนาดแปลงตัวอย่าง (ตร.ม.)	ข้อมูลที่ศึกษา
10 x 10 m.	เพื่อสำรวจต้นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตร (DBH) หรือมีความโตขนาดเส้นรอบวงต้นไม้ (GBH) มากกว่า 15 เซนติเมตร ระดับความสูงจากพื้นดินมากกว่า 1.30 เมตร

1.3 แปลงตัวอย่างรูปวงกลม (circular sample plot) ส่วนใหญ่นำไปใช้ในการสำรวจเงนั้ไม้โดยทั่วไปในลักษณะแปลงตัวอย่างชั่วคราว เพราะสะดวกและรวดเร็วในการวางจุดและกำหนดขอบเขตแปลง ในบางครั้งอาจกำหนด ให้วงกลมมีขนาดที่ต่างกันวางซ้อนกันเพื่อใช้เงนั้ไม้ข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยให้เรียกแปลงตัวอย่างแบบนี้ว่า “concentric circular sample plot”



ภาพที่ 4 ลักษณะแปลงตัวอย่างรูปวงกลม concentric circular sample plot
ที่มา: กลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้ (2552)

ตารางที่ 2 ขนาดของแปลงตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

รัศมีของวงกลมหรือความยาว (เมตร)	ขนาดพื้นที่	จำนวน	ข้อมูลที่ศึกษา
0.361	0.0005 เฮกตาร์	4 วง	เพื่อสำรวจกล้าไม้ (seedling)
3.99	0.005 เฮกตาร์	1 วง	เพื่อสำรวจไม้รุ่นหรือลูกไม้ (sapling) ไลเคน และมอส
12.62	0.05 เฮกตาร์	1 วง	เพื่อสำรวจไม้ (Bamboo) เถาวัลย์ (Climber) หวาย (Rattan) และตอไม้ (Tree Stump)
17.84	0.1 เฮกตาร์	1 วง	เพื่อสำรวจไม้ใหญ่ (Tree)
17.84 (เส้นตรง)	17.84 เมตร	2 เส้น	เพื่อสำรวจไม้ล้มขนนอนไพร (Coarse Woody Debris ; CWD) ที่เส้นสำรวจผ่าน

1.4 แปลงตัวอย่างแบบแนว (strip sample plot) แปลงตัวอย่างชนิดนี้เหมาะกับการสุ่มนับหน่วยตัวอย่างที่เป็นกลุ่ม โดยวางทอดแนวไปตามลักษณะภูมิประเทศ เช่น ถนน แม่น้ำ ลำห้วย หรือเส้นทางเดินป่า โดยปกติจะกำหนดให้มีขนาดความกว้างประมาณ 5–20 เมตร มีระยะห่างระหว่างแนว 200 เมตร ส่วนความยาวของแนวนั้นจะแปรผันตามลักษณะพื้นที่

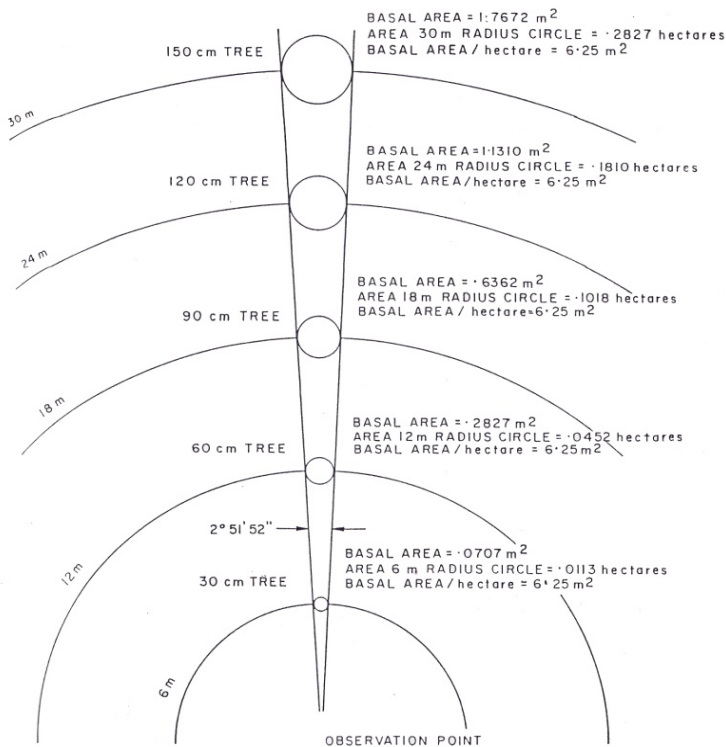
1.5 แปลงตัวอย่างวงกลมในแนวเส้นตรง (line plot) วิธีนี้ปรับปรุงมาจากแปลงตัวอย่างแบบแนว เพื่อแก้ปัญหาไม้ขอบแปลง (border tree) โดยตัดแปลงแนวนั้นให้เป็นวงกลมที่มีระยะห่างให้เท่าๆ กันและต่อเนื่องกันไปบนแนวสำรวจเดิม

2. แปลงตัวอย่างแบบแปรผัน (Variable sample plot หรือ point sampling) การสำรวจแจงนับไม้ด้วยแปลงตัวอย่างที่กำหนดพื้นที่แน่นอน (Fixed area sample plot) นั้น ขนาดของแปลงตัวอย่างเป็นสิ่งที่นักสำรวจควรคำนึงถึงให้มาก เพราะถ้าขนาดเล็กเกินไปจะมีข้อเสีย คือต้นไม้ขนาดเล็กจะมีโอกาสถูกเลือกได้มากกว่าไม้ที่มีชั้นความโตขนาดใหญ่ (เพราะความหนาแน่นต่อเนื่องที่ของไม้ขนาดเล็กจะมีสัดส่วนมากกว่าไม้ขนาดใหญ่) ซึ่งจะทำให้ผลการประมาณมีความคลาดเคลื่อนสูง แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าแปลงมีขนาดกว้างขวางเกินไปจะทำให้มีปัญหาในการแจงนับไม้ เช่น อาจสับสนหลงสำรวจได้ง่าย อีกทั้งเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณที่มากขึ้นด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น นักสถิติจึงได้ออกแบบแปลงตัวอย่างที่ให้โอกาสต้นไม้ถูกเลือกตามความผันแปรของขนาดของตัวมันเอง (probability proportional to size) แปลงประเภทนี้จึงไม่มีรูปร่างและขนาดที่แน่นอนชัดเจน เราจึงใช้จุดใดจุดหนึ่งในหมู่ไม้ที่ถูกสุ่มเลือกเป็นจุดอ้างอิง (observation point) ข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่ต้องเสียเวลาในการหมายแนวขอบเขตแปลงตัวอย่าง อีกทั้งนักสำรวจสามารถอนุมานขนาดพื้นที่หน้าตัด (basal area) ของหมู่ไม้บริเวณนั้นได้ทันทีโดยผู้สำรวจไม่จำเป็นต้องไปทำการวัดขนาดความโตของไม้ตัวอย่าง เทคนิคนี้จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการประมาณไม้แบบเร่งด่วน

เครื่องมือที่นิยมใช้ประกอบการสำรวจด้วยเทคนิคนี้ได้แก่ relascope และ wedge prism ที่มีขนาดค่าสัมประสิทธิ์ความโต หรือ Basal Area Factor (BAF) ตั้งแต่เบอร์ 1-9 โดย BAF#3 เหมาะสำหรับใช้กับป่าเต็งรัง และสวนป่าที่มีไม้ขนาดเล็กและ BAF#5 เหมาะสำหรับใช้กับป่าเบญจพรรณ และสวนป่าที่มีไม้ชั้นความโตขนาดใหญ่ และนิยมเรียกการสำรวจแบบนี้ว่า “point sampling”

สำรวจแบบแบบวิธี **point sampling** ถ้านักสำรวจมีความเชี่ยวชาญก็จะให้ค่าการประมาณที่ใกล้เคียงความเป็นจริงพอๆ กับการใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบใช้แปลงตัวอย่าง (plot sampling) แต่สามารถประหยัดงบประมาณและระยะเวลาได้มากกว่าถึง 2 เท่า ส่วนข้อเสียที่พบคือ ให้ผลการประมาณจำนวนชนิดพันธุ์ (species) ที่น้อยกว่าถ้าหากใช้จำนวนหน่วยตัวอย่างไม่มากพอ (ธัญรินทร์, 2542)



ภาพที่ 5 หลักการเจนนับไม้ด้วย Variable sample plot หรือ point sampling
ที่มา: ASEAN Institute of Forest Management (1987)

2.4. การหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

ปัญหาสำคัญที่นักสำรวจถูกถามบ่อยๆ ว่า ผลสำรวจที่นำมาเสนอนั้น ได้มาจากการใช้ขนาดตัวอย่างมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ก็เพราะว่าขนาดตัวอย่างที่ใช้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความน่าเชื่อถือของผลสำรวจ กล่าวคือ ถ้าใช้แปลงตัวอย่างน้อยเกินไป อาจทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน ผลสรุปไม่เป็นที่เชื่อมั่น แต่ถ้ามากเกินไปก็อาจทำให้เสียเวลาและต้องเสียค่าใช้จ่ายที่มากขึ้น ด้วย ทั้งนี้ ASEAN Institute of Forest Management (1987) ให้แนวทางการพิจารณาไว้ว่า ในการสุ่มตัวอย่างที่ต้องใช้ตัวแทนไม่เกิน 5% สามารถคำนวณแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมได้จากสูตร

$$N = \frac{t^2 cv^2}{SE}$$

เมื่อ t คือค่าจำกัดความเชื่อมั่นที่ 95 % (=1.96) นั้นหมายถึงว่า ในการพิจารณาความเหมาะสมของขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจแต่ละครั้งจะแปรผันตามระดับความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้น (standard error) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ของตัวอย่างชุดนั้น

ระดับความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้น (Standard Error (SE))

คือ ตัวเลขบ่งชี้การกระจายของค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวอย่าง ถูกสร้างขึ้นเพื่อกำหนดระดับค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ในการสำรวจแต่ละครั้ง มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$SE = \frac{\text{standard deviation}}{\sqrt{n}}$$

ซึ่ง ASEAN Institute of Forest Management (1987) ได้เสนอแนะว่า

- ±5% กรณีสำรวจแจกนับไม้เพื่อวางแผนการทำไม้ (Operational Inventory)
- ±10% กรณีสำรวจแจกนับไม้เพื่อต้องการทราบข้อมูลใช้สำหรับวางแผนการจัดการป่าไม้ (Management Inventory)
- ±20% กรณีสำรวจทรัพยากรป่าไม้ทั่วไปในระดับประเทศ (National Forest Inventory)

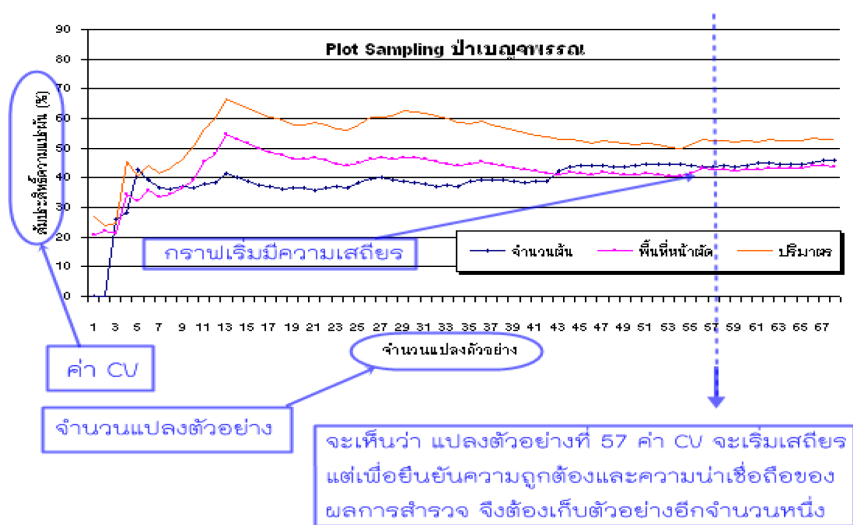
ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation (CV))

ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย ใช้สำหรับตรวจวัดความผันแปรของชุดข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$CV = \frac{\text{Standard deviation} \times 100}{\text{Mean}}$$

ดังนั้นค่า CV จึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการประมาณจำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม (optimum sample size) ได้

การนำค่า CV ไปพล็อตเป็นกราฟเส้นตรงเป็นวิธีการอย่างง่ายในการประมาณจำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมที่ต้องใช้ในการสำรวจจนจบไม้แต่ละครั้ง (ภาพที่ 6) กล่าวคือให้ดูความเสถียรของค่า CV (แกน Y) ที่แปรผันตามจำนวนแปลงตัวอย่าง (แกน X) โดยมีข้อพิจารณาว่าเมื่อใดที่เส้นกราฟนั้นเริ่มคงที่หรือเข้าสู่ภาวะเสถียร นั้นหมายความว่าชุดข้อมูลตัวอย่างที่ไปเก็บมาแล้วนั้นเพียงพอแล้ว (ไม่ผันแปรอีก) กล่าวคือถึงแม้จะไปทำการสุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมอีกก็ไม่ได้ทำให้ผลเฉลี่ยของข้อมูลในพื้นที่นั้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ นั้นหมายถึงว่านักสำรวจสามารถลดการสิ้นเปลืองเวลาและงบประมาณได้มาก โดยที่ผลการประมาณนั้นยังคงมีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 6 หลักการพิจารณาจำนวนแปลงสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมด้วยการใช้ค่า CV
ที่มา: ธัญรินทร์ ณ นคร (2556)

2.5 การวัดข้อมูลตัวอย่าง

การสำรวจแจงนับไม้ในสภาพภูมิประเทศที่เป็นป่า และหน่วยตัวอย่างที่ต้องไปสุ่มแจงนับมีความหลากหลายชนิด อาจทำให้การวัดหน่วยตัวอย่างเกิดอุปสรรคข้อผิดพลาดได้ง่าย นักสำรวจที่ยังไม่มีความเชี่ยวชาญควรหมั่นศึกษาวิธีการวัดหน่วยตัวอย่างแต่ละประเภทให้เข้าใจลึกซึ้ง ก็จะสามารถลดความผิดพลาดในการประมาณการได้ ความหลากหลายชนิดแตกต่างกันทั้งทางรูปร่างและขนาด เช่น กล้าไม้ ไม้รุ่ม ไม้ขนาดใหญ่ ไม้ไผ่ เถาวัลย์และหวาย เป็นต้น นิยมวัดหน่วยตัวอย่างแต่ละประเภทดังนี้

1. กล้าไม้ (seedling)

ต้นไม้นทุกชนิดทุกขนาดที่มีความสูงตั้งแต่โคนจนถึงปลายยอดไม่ถึง 1.30 เมตร ให้กำหนดเป็นกล้าไม้ (seedling) โดยผลการประมาณจำนวนกล้าไม้จะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาความสามารถด้านการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural regeneration) ในหมู่ไม้นั้นได้ โดยที่ Wyatt-Smith, 1949 ให้ความเห็นไว้ว่า ถ้าพบกล้าไม้ชนิดใดมีค่าที่เราต้องการปรากฏอยู่เกิน 40 % ของจำนวนแปลงที่ใช้ในการสำรวจ ก็ให้ถือว่า การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของหมู่ไม้นั้นอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

2. ไม้รุ่ม (sapling)

การกำหนดไม้รุ่มจะใช้หลักเกณฑ์คล้ายกับไม้ใหญ่ กล่าวคือไม้ทุกต้นที่มีความสูงตั้งแต่โคนจนถึงปลายยอดเกินกว่า 1.30 เมตร แต่ถ้าความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) น้อยกว่า 10 เซนติเมตรลงมา ในการศึกษาเพื่อวางแผนการจัดการป่าไม้และการทำไม้ถือว่าเป็นไม้รุ่ม ในขณะที่การศึกษาด้านนิเวศวิทยาป่าไม้จะกำหนดไว้ที่ DBH น้อยกว่า 5 เซนติเมตรลงมา โดยผลการประมาณไม้รุ่มจะใช้ประโยชน์เพื่อพิจารณาความสามารถด้านการทดแทนตามธรรมชาติ (natural succession) ในหมู่ไม้นั้นได้

3. ไม้ใหญ่ (tree)

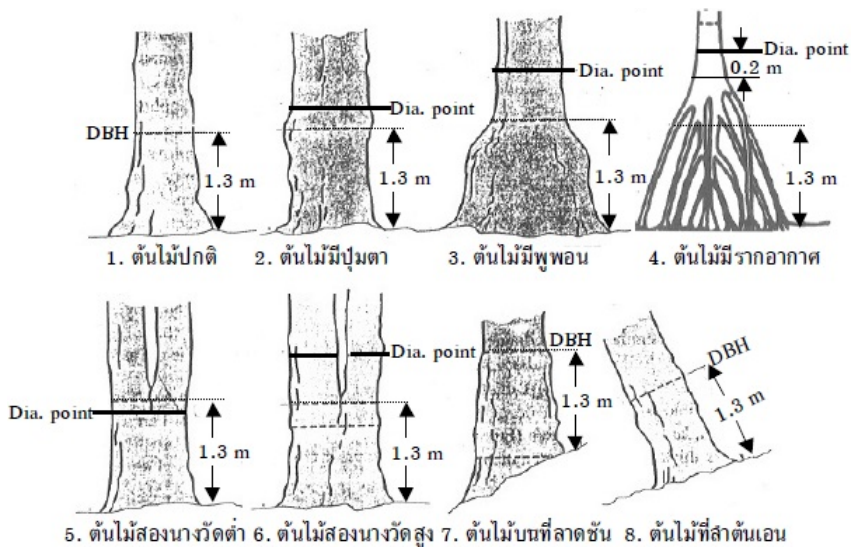
ในการวัดข้อมูลตัวอย่างมักจะใช้วิธีการวัดการเติบโตของต้นไม้ซึ่งมิติที่ใช้วัดข้อมูลส่วนใหญ่จะวัดขนาดความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) และความโตทางด้านความสูงของต้นไม้ (H)

1. การวัดขนาดความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH)

การวัดความโตของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ อาจวัดได้ทั้งทางเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter) หรือทางเส้นรอบวง (girth) ก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วจะนิยมวัดทางเส้นผ่านศูนย์กลาง และส่วนใหญ่จะเป็นการวัดนอกเปลือก กำหนดจุดวัดที่ระดับความสูงเหนือพื้นดิน 1.30 เมตร (เพราะระยะความสูงดังกล่าวพอเหมาะสมสะดวกคล่องแคล่วในการวัด) เรียกความโตแบบนี้ว่า “ความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breast Height)” นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า DBH การวัด DBH นิยมวัดด้วยเทปวัดขนาดความโต (diameter tape) แต่ในกรณีที่ไม่มี diameter tape ก็ให้ใช้เทปวัดระยะปกติวัดความโตทางเส้นรอบวง (girth) ไปก่อน แล้วจึงเปลี่ยนเป็น DBH ในภายหลัง ด้วยการใช้สูตร $DBH = girth / \pi$ โดยที่ π มีค่าเท่ากับ 22/7

การวัดขนาด DBH ในป่าธรรมชาติถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มากต้นไม้มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (single stem) และไม่มีพุ่มพอนก็จะทำการตรวจวัด DBH ได้ง่ายแต่ในทางปฏิบัติไม่ได้เป็นเช่นนั้นเนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไปและลักษณะพื้นที่ที่มีความลาดชันเป็นส่วนใหญ่ดังนั้นการกำหนดการวัด DBH หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร จึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกัน (ภาพ 7) การวัดขนาด DBH ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษสามารถจำแนกได้เป็น 8 ชนิดคือ

1. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นปกติและขึ้นอยู่ในพื้นที่ราบตำแหน่งที่วัดจะตรงกับ 1.30 เมตรหรือ DBH
2. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นมีปุ่มมีปมตรงกับ 1.30 เมตร การวัดอาจจะเลื่อนขึ้นหรือลงเพื่อหลบปุ่มปมของต้นไม้โดยให้ใกล้กับตำแหน่ง 1.30 เมตร มากที่สุด
3. ต้นไม้ที่มีพุ่มพวงมากจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงตำแหน่งวัดที่สูงเป็นพิเศษจะพบมากในป่าที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่ บางกรณีอาจจะต้องวัดตรงตำแหน่งที่สูงกว่า 3.00 เมตรเพื่อหลบพุ่มพวงดังกล่าว
4. ต้นไม้ที่มีรากอากาศ เช่น ไม้โก่งก้างจะวัดเหนือคอราก 0.20 เมตร
5. ต้นไม้ที่แตกนางตรงตำแหน่ง 1.30 เมตร จะวัดต่ำลงมาประมาณ 1.00-1.20 เมตรเพื่อให้ได้ค่าลำต้นเพียงค่าเดียว
6. ต้นไม้ที่แตกนางตรงระดับต่ำหรือแตกนางใกล้ 1.30 เมตร และไม่สามารถวัดตรงตำแหน่งระดับต่ำได้เนื่องจากมีการพอกของเนื้อไม้โตกว่าปกติก็จะวัดค่าเป็น 2 ลำต้นหรืออาจมากกว่า 2 ลำต้นก็ได้ถ้าต้นไม้มีการแตกนางเป็นพุ่มเหมือนต้นไม้ในป่าพรุที่มีลักษณะลำต้นเป็น 3-4 นางซึ่งเป็นการพัฒนาลำต้นเพื่อช่วยพยุงลำต้นไม่ให้ล้มเป็นต้น
7. ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนที่ลาดชันสูงจะวัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านบนของความลาดชัน
8. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นที่เอนให้วัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านเอนออกไป



ภาพที่ 7 ตำแหน่งการวัดการเติบโตของต้นไม้ที่มีลักษณะต่างกัน

ที่มา: ชิงชัย (2546)

การให้คำนิยามหรือกำหนดเกณฑ์ว่าจะใช้ขนาดความโตเท่าใดเป็นไม้ใหญ่ (tree) นั้น ในศาสตร์ด้านป่าไม้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามวัตถุประสงค์แต่ละด้านกล่าวคือ ในการวัดไม้เพื่อใช้ข้อมูลประกอบการวางแผนการจัดการป่าไม้และการทำไม้ จะกำหนดที่ DBH เกินกว่า 10 เซนติเมตรขึ้นไป ส่วนในการศึกษาด้านนิเวศวิทยาป่าไม้จะกำหนดไว้ที่ DBH เกินกว่า 5 เซนติเมตร ขึ้นไป ดังนั้นในการสำรวจแจงนับไม้ทุกครั้ง นักสำรวจจำเป็นต้องระบุคำนิยามแต่ละครั้งให้ชัดเจนด้วยว่าใช้เกณฑ์ใด เพื่อความสมบูรณ์ของรายงานฉบับนั้นๆ

2. การวัดการเติบโตทางด้านความสูง (H)

การวัดขนาดความสูงของต้นไม้มักจะทำได้ยากกว่าการวัดขนาดความโต เพราะต้นไม้ส่วนใหญ่ในป่ามีความสูงมาก และต้องใช้เครื่องมือและความชำนาญในการวัด จึงจะได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ เครื่องมือที่ใช้วัดความสูงของต้นไม้ เช่น

1. Measuring Pole ที่ทำจากพลาสติกหรืออะลูมิเนียมสามารถชักขึ้นได้ที่ละท่อน วัดความสูงต้นไม้ได้ไม่เกิน 15 เมตร

2. Haga hypsometer

3. Suunto Clinometer

การวัดความสูงของต้นไม้ในป่าธรรมชาติที่มีเรือนยอดซ้อนทับกัน มักจะมีความแม่นยำน้อยเนื่องจากไม่เห็นยอดของต้นไม้ชัดเจนดังนั้นในการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างเราจะสุ่มวัดความสูงประมาณ 25 % จำนวนต้นไม้ที่มีอยู่โดยให้ครอบคลุมทุกขนาดความสูง ในขณะที่ขนาดความโต (DBH) จะวัดทุกต้น 100 % แล้วนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการ D-H Relation เพื่อคำนวณหาความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง เช่น

ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา รวมทั้งป่าดิบทั่วไป ใช้สมการของ Tsutsumi et al. (1983)

$$H=(85.6 \text{ DBH}^{0.916})/(46.8+1.83 \text{ DBH}^{0.916})$$

ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ใช้สมการของ Ogawa et al. (1965)

$$H=(121.8 \text{ DBH}^{0.638})/(38.8+3.14 \text{ DBH}^{0.638})$$

4. ไม้ไผ่ (bamboo)

การประเมินปริมาณไม้ไผ่นิยมแจงนับแบบที่ละกอ โดยมีแนวทางพิจารณา คือ กรณีที่เป็นกอขนาดเล็กมีจำนวนลำไม่มากนัก ให้แจงนับจำนวนลำแบบ 100 % แต่ถ้าเป็นกอขนาดใหญ่ที่มีจำนวนลำมากเกินไปกว่าที่จะแจงนับได้ในระยะเวลาอันสั้น ให้ใช้หลักการความน่าจะเป็นแบบค่าสมดุทธ์ (probability equal) ช่วยในการจัดระเบียบแจงนับ กล่าวคือ ให้แบ่งนับเป็นส่วนๆ เช่น ครึ่งกอ หรือ $\frac{1}{4}$ ของกอ ก่อนแปลงเป็นค่าจำนวนเต็มของลำในแต่ละกอนั้น สำหรับการประมาณความโตเฉลี่ยให้ใช้ผลเฉลี่ยตัวแทนลำขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ในแต่ละกอนั้น

5. เถาวัลย์และหวาย (climber and rattan)

การแจงนับจำนวนเถาวัลย์และหวาย ถ้าเป็นเถาเดี่ยวแต่เลื้อยไปมาหลายครั้งบนต้นไม้เดียวกันให้นับเป็น 1 เถา แต่ถ้าแตกนางแยกออกจากกันแบบอิสระ แต่ละเถาไปเกี่ยวพันกับไม้คนละต้น ให้แจงนับทุกเถา สำหรับการวัดขนาดความโต ให้วัด DBH ณ ตำแหน่ง 1.30 เมตรเหนือพื้นดินจุดที่พบเถาวัลย์นั้น เพราะการวัดจากโคนจะกระทำได้ยากและใช้เวลาพอสมควร ซึ่งชิงชัยและคณะ (2554) ได้ทดสอบแล้วพบว่า ให้ค่าความถูกต้องและยอมรับได้เนื่องจากเถาวัลย์มีค่าความเรียวน้อย

2.6 ขั้นตอนและวิธีการสำรวจประเมินสภาพป่าและคาร์บอน

2.6.1 การเตรียมอุปกรณ์

1) เทปวัดระยะ ที่มีความยาว 30 เมตร และ 50 เมตร ใช้สำหรับการวัดระยะทางเพื่อการวางแผนสำรวจตัวอย่าง การประเมินสภาพป่าและการกักเก็บคาร์บอน

2) เชือกฟาง หรือเชือกที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อแรงดึง ซึ่งต้องเป็นสีที่เห็นได้ชัดเจนในพื้นที่ป่าด้วย มีความยาวประมาณ 500 เมตร ใช้เพื่อการวางขอบเขตของแปลงตัวอย่าง เพื่อให้สังเกตได้ชัดเจน

3) ไม้หลัก ยาวประมาณ 1 เมตรหรือเสาเหล็ก หรือเสาปูน ใช้สำหรับปักลงไปในดินเพื่อเป็นเสาหลักของขอบแปลงและสามารถที่จะมัดด้วยเชือกได้ เหมาะกับกรณีที่ขอบแปลงไม่มีต้นไม้ที่จะสามารถมัดเชือกเป็นขอบได้

4) มีด ใช้สำหรับการตัดฟันสิ่งกีดขวางในการวางแปลงตัวอย่างสำรวจในพื้นที่ป่า อีกทั้งยังใช้ในการป้องกันตัวจากสิ่งอันตรายในป่าด้วย

5) สายวัดความโตเส้นรอบวงของต้นไม้ หรือสายวัดความโตของเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) ใช้วัดขนาดความโตของต้นไม้ ซึ่งถ้าทำการสำรวจประเมินสภาพป่าโดยทั่วไปมักใช้สายวัดความโตเส้นรอบวง

6) ไม้วัดระดับความสูง 1.30 เมตร ใช้วางทาบที่โคนไม้ใหญ่ เพื่อวัดระดับ 1.30 เมตร สำหรับวัดความโตไม้ใหญ่ ณ ระดับอ้างอิง

7) แบบฟอร์ม หรือแบบบันทึกข้อมูลการสำรวจ (สมุดบันทึก และปากกา) ใช้บันทึกข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม ควรที่จะใช้ปากกาในการจดบันทึกข้อมูลมากกว่าใช้ดินสอ เนื่องจากดินสอสามารถลบเลือนได้ง่ายกว่าปากกา อีกทั้งให้นำสมุดบันทึกติดตัวไปในแปลงสำรวจด้วย ในกรณีที่แบบบันทึกข้อมูลไม่เพียงพอ

8) แผนที่แสดงพื้นที่สำรวจ ใช้สำหรับการวางแผนและการเลือกพื้นที่ในการวางแปลงสำรวจ ควรเป็นแผนที่ที่มีรายละเอียดข้อมูลป่าที่ชัดเจนในเรื่องของขนาดพื้นที่ป่า ขอบเขตพื้นที่ป่า สภาพป่า

9) แผ่นอะลูมิเนียมระบุหมายเลขต้นไม้ ค้อนและตะปู ใช้เพื่อติดบนต้นไม้เพื่อระบุหมายเลขประจำต้นไม้ ซึ่งจะใช้ในการติดตามการวัดความโตของต้นไม้รายปี สำหรับการวางแปลงถาวรในพื้นที่ป่า จะต้องมีการใส่หมายเลขลงบนแผ่นอะลูมิเนียมก่อนที่จะนำไปติดต้นไม้

10) สีสเปรย์ พ่นลงบนต้นไม้ เพื่อระบุตำแหน่งการวัดที่ระดับ

1.30 เมตร

11) เครื่องระบุตำแหน่งพิกัดดาวเทียมบนพื้นโลกหรือ GPS และเข็มทิศ เพื่อใช้สำหรับการจับพิกัดตำแหน่ง ของขอบแปลงสำรวจทั้ง 4 ด้าน กรณีที่เชือกขอบแปลงหลุดขาดไปและไม่สามารถจดจำตำแหน่งของแปลงสำรวจได้ เครื่อง GPS จะเป็นตัวช่วยที่สำคัญ และเข็มทิศใช้สำหรับการเล็งทิศทางการลากเทป เพื่อให้เป็นแนวเส้นตรงให้มากที่สุด

12) ถุงพลาสติกใสขนาดใหญ่ สำหรับเก็บชนิดพันธุ์ไม้ในแปลง ตัวอย่าง กรณีที่ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ไม้ได้แน่ชัด นำส่วนของใบ เปลือก ผล (ถ้ามี) ใส่ถุงเพื่อที่จะนำกลับมาถามผู้รู้ หรือตรวจสอบ หรือค้นคว้าต่อไป

13) ปากกาเคมี เพื่อใช้ในการเขียนรหัสหรือแปลงไว้สำหรับ ฝังใส่พันธุ์ไม้

14) คู่มือหรือหนังสือรวบรวมพันธุ์ไม้ ใช้ประกอบสำหรับการระบุชนิดพันธุ์ของพืช

15) กล้องถ่ายภาพหรือกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว สำหรับการบันทึกภาพรวมถึงการถ่ายภาพพื้นที่สำรวจและบริเวณแปลงตัวอย่าง เพื่อใช้ประกอบข้อมูลถึงสภาพพื้นที่ที่สำรวจในปัจจุบัน และประกอบการวิเคราะห์ ร่วมกับข้อมูลที่เก็บจากภาคสนามด้วย

นอกจากนี้ผู้เข้าสำรวจจะต้องมีการเตรียมความพร้อมของตนเอง ในเรื่องของเครื่องแต่งกายที่ควรเป็นเสื้อแขนยาว กางเกงขายาว รองเท้าหุ้มส้น ถุงเท้า ถุงเท้ากันทาก เสื้อกันฝน ชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น อาหารและน้ำดื่ม เนื่องจากการสำรวจอาจใช้เวลาเป็นวัน หรือในกรณีที่แปลงตัวอย่างอยู่ห่างไกล อาจจะมีการพักแรมในพื้นที่ที่ทำการสำรวจด้วย

2.6.2 ทีมสำรวจ

ทีมสำรวจชุดหนึ่งควรมีจำนวนคนอย่างน้อย 10 คน โดยมีการแบ่งหน้าที่ดังนี้

- 1) หัวหน้าทีม ที่จะต้องคอยควบคุม ดูแล และกำหนดพื้นที่สำรวจ
- 2) คนนำทางที่ชำนาญพื้นที่ ควรจะเป็นคนที่อาศัยในพื้นที่และมีความชำนาญหรือเชี่ยวชาญในการเดินสำรวจพื้นที่ป่าจำนวน 1 คน
- 3) ผู้รู้จักพันธุ์ไม้ เป็นบุคคลที่มีความชำนาญในการจำแนกชื่อและชนิดของพันธุ์ไม้ในป่าในเบื้องต้นได้ จำนวน 2 คน
- 4) เจ้าหน้าที่วางแผนแปลงตัวอย่าง เป็นคนที่จะต้องทำหน้าที่ในการวัดระยะของแปลงใหญ่ด้วยเทป และวางขอบของแปลงตัวอย่างด้วยเชือก รวมถึงการทำแปลงเล็กและแปลงย่อยด้วยจำนวน 3 คน
- 5) เจ้าหน้าที่ติดป้ายหมายเลขต้นไม้ เป็นคนที่จะทำหน้าที่ในการติดหมายเลขต้นไม้ เพื่อเป็นรหัสประจำตัวของต้นไม้ในการติดตามประเมินสภาพป่าและคาร์บอนในปีถัดไป การติดหมายเลขต้นไม้จำเป็นต้องทำก่อนที่จะวัดความโตของต้นไม้ จำนวน 1 คน
- 6) เจ้าหน้าที่วัดต้นไม้ เป็นคนที่จะทำหน้าที่ในการวัดความโตของต้นไม้ด้วยเทปวัดความโต และวัดความสูงของต้นไม้ และตรวจนับจำนวนและความหลากหลายของไม้หนุม ลูกไม้ พันธุ์พืชอื่นๆ และสัตว์ป่าด้วย จำนวน 2 คน
- 7) เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล เป็นบุคคลที่ต้องบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกข้อมูลหรือสมุดจด จึงควรมีทักษะในการจดบันทึกข้อมูล และให้จดข้อมูลที่สามารอ่านได้ง่าย เป็นตัวเลขที่ชัดเจน จำนวน 1 คน
- 8) เจ้าหน้าที่บันทึกภาพและจับพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม เป็นคนที่ทำหน้าที่ในการถ่ายภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหว และบันทึกสภาพของ

แปลงตัวอย่าง ณ วันที่สำรวจ เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าและเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูล และจับพิกัดในการระบุตำแหน่งของแปลงด้วย จำนวน 1 คน

2.6.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

เมื่อจัดเตรียมอุปกรณ์และบุคลากรพร้อมแล้ว การทบทวนหน้าที่ของแต่ละคน ให้มีการวางแผนการทำงานและการเลือกพื้นที่ที่จะทำการสำรวจและสุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มแปลงตัวอย่างจะเป็นการเลือกตัวแทนของป่าจากประชากรทั้งหมดอาจวางแผนจากแผนที่ป่าและอาศัยการสังเกตในภาคสนาม แปลงตัวอย่างจะต้องมีความหลากหลายของสภาพป่าที่สมบูรณ์และเสื่อมโทรมที่แตกต่างกันในพื้นที่ และให้เลือกตัวแทนที่ดีที่สุด ซึ่งเทคนิคในการสุ่มตัวอย่างจะมีการกล่าวในบทต่อไป

2.6.4 การวางแผนผังตัวอย่าง

สำหรับการวางแผนตัวอย่างสำรวจคาร์บอนในพื้นที่ป่า จะต้องมีการวางแผนการในพื้นที่ป่าแต่ละประเภท และแต่ละสภาพ เช่น ป่าดงดิบแล้ง สมบูรณ์ ป่าเสื่อมโทรมหรือกำลังฟื้นตัว โดยมีขั้นตอนในการวางแผนสำรวจ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกพื้นที่ที่จะวางแผนตัวอย่างโดยพิจารณาจากแผนที่แสดงพื้นที่ป่าของพื้นที่อนุรักษ์ หรือพื้นที่ป่าชุมชนในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ โดยให้เลือกพื้นที่สุ่มตัวอย่างในป่าแต่ละประเภท เป็น 3 สถานภาพ คือ ป่าที่มีลักษณะสมบูรณ์ ป่าเสื่อมโทรม และป่าที่กำลังฟื้นตัว

ป่าแต่ละประเภท คือ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดงดิบแล้ง ป่าดงดิบชื้น
ป่าดงดิบเขา ป่าสนเขา เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณากำหนดจุดเริ่มต้นในการวางแผนตัวอย่าง
ควรจะใช้จุดที่สามารถสังเกตได้ง่ายหรือมีจุดเด่นที่จำจดจำ เช่น ต้นไม้ใหญ่
สบห้วย เพื่อจะได้ง่ายต่อการจดจำพื้นที่แปลงตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 หากพื้นที่วางแผนอยู่ติดเส้นทางคมนาคมหรือ
ทางเดินในป่า ให้วัดระยะทางจากขอบถนนหรือทางเดินด้านนอกเข้าไปในพื้นที่
ป่าอย่างน้อย 5 เมตร และตลอดทั้งแนวเส้นขอบแปลงจะต้องไม่ตัดเส้นทางใดๆ
เพื่อลดการรบกวนของปัจจัยภายนอกต่อแปลงตัวอย่าง เช่น การเหยียบย่ำ
ของคน หรือพาหนะ ที่สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อแปลงตัวอย่างได้

ขั้นตอนที่ 4 ทำการจับพิกัดตำแหน่งจุดเริ่มต้นวางแผน ใช้เข็มทิศ
หรือจีพีเอสช่วยในการวางแผนตรงไปตามแนวที่จะเป็นเส้นเริ่มต้น และบอก
ให้ผู้ทำหน้าที่ลากเทปลากไปตามแนวดังกล่าว และจะต้องมีการเล็งแนวในทุกๆ
จุดที่ตั้งฉาก เพื่อให้แนวแปลงตัวอย่างเป็นเส้นตรง อนึ่งทิศทางของแปลงตัวอย่าง
ไม่จำเป็นที่จะต้องกันไปทางทิศใดทิศหนึ่งเสมอไป

ขั้นตอนที่ 5 ให้นำเชือกที่จะขึงแนวขอบแปลงซึ่งไปตามแนวเส้น
เทปที่ลากไว้ก่อนจะเลื่อนแนวเทปไปในด้านต่อไป เพื่อให้เชือกขึงแนวเกิดเป็น
แนวตรงมากที่สุด และให้มีการผูกเชือกกับเสาหลักที่ใช้ปักในมุมของแปลง

ขั้นตอนที่ 6 หลังจากจัดทำแปลงตัวอย่างหลักเช่น แปลงขนาด
100 x 100 เมตร แล้ว ก็ให้มีจัดทำแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร โดยวัดแบ่ง
ขอบแปลงเป็นช่วงละ 10 เมตร และจับพิกัดในตำแหน่งของแปลงย่อย 10 x 10
เมตรด้วย และวางแผนขนาด 4 x 4 เมตรและ 1 x 1 เมตร ซ้อนเป็นแปลงย่อยๆ
โดยตำแหน่งแปลงย่อยจะต้องเป็นด้านใดด้านหนึ่งเป็นระบบเหมือนกันทุกๆ
แปลงย่อย (แปลงใหญ่ขนาด 10 x 10 เมตร ใช้สำรวจต้นไม้ใหญ่ ไม้ พันธ์พืชอื่นๆ
และสัตว์ป่า แปลงขนาด 4 x 4 เมตร ใช้สำรวจจำนวนและชนิดของไม้หนุม และ
แปลงขนาด 1 x 1 เมตร ใช้สำรวจจำนวนและชนิดของลูกไม้/กล้าไม้)

ในระหว่างการวางแผนจะต้องทำการบันทึกภาพการทำงานไป
ด้วย ในแต่ละขั้นตอน และบันทึกรายชื่อชนิดพันธุ์ที่สำคัญ รวมทั้งสภาพพื้นที่
ที่พบ จับตำแหน่งพิกัดทั้ง 4 มุมแปลง

ขั้นตอนที่ 7 หลังจากวางแผนตัวอย่างเสร็จแล้ว ให้ทุกคนในกลุ่ม มารวมกันในแปลงย่อย และทบทวนหน้าที่ของแต่ละคนในการบันทึกข้อมูล ในแปลงดังกล่าว ตามแบบบันทึกที่ได้จัดทำไว้

ขั้นตอนที่ 8 ลงมือจัดเก็บข้อมูล

- ตีตหมายเลขต้นไม้บนต้นไม้ที่สามารถวัดความโตได้ทุกต้น ในแปลงตัวอย่าง โดยรหัสหมายเลขให้เรียงต่อเนื่องกันตั้งแต่แรกไปจนถึงต้นสุดท้าย ไม่ควรใช้วิธีการตอกตะปูบนต้นไม้กรณีหลีกเลี่ยงได้ และควรจะมีการเหลือพื้นที่ให้ต้นไม้ที่จะเติบโตได้ เช่น กรณีผูกเชือก จะต้องเผื่อให้ต้นไม้โต และควรตีหมายเลขต้นไม้ในทิศทางเดียว เพื่อให้เป็นระเบียบและง่ายในการติดตามตรวจวัดในปีต่อไป

- ให้ผู้วัดต้นไม้ รู้จักพันธุ์ไม้ และบันทึกข้อมูลตามผู้ตีหมายเลขต้นไม้ไปพร้อมกัน ทำการวัด บอกชื่อต้นไม้และบันทึกไปพร้อมกันและดำเนินการในต้นอื่นๆ ตามลำดับหมายเลข

ขั้นตอนที่ 9 นับจำนวนและชนิดของไม้หนุ่มและลูกไม้ในทุกๆ แปลงย่อย กรณีเป็นไผ่ให้นับจำนวนและชนิดของไผ่แต่ละลักษณะลำว่า มีลำอ่อน ลำแก่ และลำตาย/ถูกตัดอย่างไร

ขั้นตอนที่ 10 สำรวจความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชอื่นๆ พิจารณาทั้งชนิดพันธุ์ รูปร่าง และความมากมายในการพบชนิดพันธุ์ต่างๆ

ขั้นตอนที่ 11 เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนและบันทึกข้อมูล เรียบร้อยแล้ว ให้ผู้บันทึกข้อมูลและสมาชิกในกลุ่มช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง และความครบถ้วนของข้อมูลก่อนที่จะออกไปจากพื้นที่ป่า เนื่องจากหากกลับมาเก็บใหม่จะต้องใช้เวลา ค่าใช้จ่าย และแรงงาน

ขั้นตอนที่ 12 เก็บอุปกรณ์การสำรวจออกจากพื้นที่ให้ครบ แต่ไม่ต้องเก็บเชือกและเสาที่วางแปลงไว้ เนื่องจากจะต้องมาจัดเก็บข้อมูลในปีต่อไป

บทที่ 3

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า

3.1 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้สมการอัลโลเมตรี

3.1.1 หลักการและความเป็นมาของสมการอัลโลเมตรี

การประเมินการกักเก็บธาตุคาร์บอนโดยสมการอัลโลเมตรี คือ การใช้สมการความสัมพันธ์เพื่อจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ และเมื่อได้มวลชีวภาพของต้นไม้แล้ว จึงนำไปวิเคราะห์หาธาตุคาร์บอนในต้นไม้ชนิดต่างๆ

Satoo and Senda (1958) ได้พัฒนาสมการอัลโลเมตรี เพื่อใช้ในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพของลำต้นกิ่งใบและรากโดยอาศัยความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว คือ ขนาดของส่วนต่างๆ ที่วัดได้จากต้นไม้เป็นตัวแปรอิสระ (x) และปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้เป็นตัวแปรตาม (y) ตัวอย่างดังสมการ

$$Y = AX^h$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log A + h \log X$$

เมื่อ Y คือ ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้

X คือ parabolic volume ในรูป D^2H ซึ่ง D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรและ H คือความสูงทั้งหมดของลำต้น

A และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ

ในการใช้สมการดังกล่าววิเคราะห์ข้อมูลจากไม้ตัวอย่างที่ได้นั้น ค่าตัวแปรอิสระ (x) ค่าใดจะถูกต้องมากที่สุดนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการพิจารณาและเลือกให้มีความเหมาะสมเป็นกรณีไป ซึ่ง Kira and Shidei (1967) พบว่า การนำเอาความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดินยกกำลังสอง (D^2) ในรูปของ D^2H จะทำให้สามารถประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพของลำต้นกิ่งและรากได้อย่างถูกต้องที่สุด เนื่องจาก D^2H เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรของลำต้นซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนัก ในส่วนมวลชีวภาพของใบนั้น Shinozaki *et al.* (1964) พบว่า ปริมาณของใบจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงกิ่งสดกิ่งแรก

Kira and Shidei (1967) กล่าวว่า การประมาณค่ามวลชีวภาพโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางอัลโลเมตรี (allometry) นั้น ควรคำนึงถึงหลักการ 3 ข้อต่อไปนี้

1. ไม่ควรจะเลือกไม้ตัวอย่างเฉพาะต้นที่มีลักษณะดีหรือเติบโตดี เพราะค่าที่ประมาณได้จะสูงกว่าความเป็นจริง
2. ไม่ควรเลือกไม้มีขนาดใหญ่ที่สุดในแปลงเพราะถ้าเรานำความสัมพันธ์มาใช้ประมาณค่ามวลชีวภาพของไม้ขนาดเล็กจะทำให้ได้ค่าปริมาณมวลชีวภาพที่มากกว่าความเป็นจริง
3. การใช้ค่าความสูงทั้งหมดของลำต้นมาเป็นตัวแปรร่วมในรูป D^2H จะทำให้การประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

3.1.2 การศึกษามวลชีวภาพ

การศึกษามวลชีวภาพ เพื่อให้ได้มาซึ่งสมการอัลโลเมตรี ปัจจุบันในป่าธรรมชาติจะกระทำได้อย่างยากเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องกฎหมาย และส่วนใหญ่ป่าธรรมชาติในปัจจุบัน โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นป่าเพื่อการอนุรักษ์เกือบทั้งหมด จึงต้องอาศัยสมการอัลโลเมตรีที่มีผู้ศึกษาวิจัยไว้แล้ว มาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณมวลชีวภาพในป่าธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่การสร้างสมการอัลโลเมตรีมักจะนิยมทำในสวนป่ามากกว่าป่าธรรมชาติ ขั้นตอนการได้มาซึ่งความสัมพันธ์ของสมการอัลโลเมตรีต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษามวลชีวภาพ การศึกษามวลชีวภาพจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เป็นจำนวนมากจึงต้องมีการเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ให้พร้อม ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษามวลชีวภาพ

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	เครื่องชั่งวัดละเอียด (1-2 กรัม), ขนาดกลาง (7-10 กิโลกรัม), ขนาดใหญ่ (มากกว่า 60 กิโลกรัม)	3
2	เลื่อยคั่นธนู	3
3	เลื่อยป็นใหญ่ 2 คนชัก	1
4	เลื่อยยนต์ (กรณีต้นไม้มีขนาดใหญ่)	1
5	กรรไกรตัดกิ่งขนาดใหญ่	3
6	กรรไกรตัดกิ่งขนาดเล็ก	6
7	ผ้าใบปูพื้นขนาด 3x4 เมตร	5
8	ลังพลาสติกสำหรับใส่ถุงตัวอย่าง	8

ลำดับ	รายการ	จำนวน
9	ภาตพลาสติกขนาด 10x20 นิ้ว สำหรับรองใส่กิ่งตัวอย่างก่อนชั่งน้ำหนัก	4
10	Diameter Tape	2
11	Caliper	4
12	Measuring Tape	2
13	กระดานรองเขียน	2
14	ที่เย็บกระดาษพร้อมลูก	1
15	ปากกาเคมี	8
16	เชือกฟางม้วนใหญ่ใช้สำหรับมัดต้นไม้และมัดเศษกิ่งไม้ปลายไม้	1
17	เชือกไนลอนสำหรับรั้งต้นไม้เพื่อบังคับทิศทางต้นไม้ที่ตัด	2
18	ถุงพลาสติกขนาดใหญ่สำหรับใส่ตัวอย่างในการชั่งน้ำหนักสด	
19	ถุงกระดาษสำหรับบรรจุตัวอย่างขนาด A4	
20	กระดาษบันทึกข้อมูล	
21	ชุดเครื่องเขียน	

ที่มา : ชิงชัย (2546)

2. การกำหนดและคัดเลือกแปลงตัวอย่าง การกำหนดแปลงตัวอย่าง และคัดเลือกพื้นที่แปลงตัวอย่าง เพื่อบรรวบรวมข้อมูลขนาดความโตและความสูงของหมู่ไม้ โดยปกติจะดูความเหมาะสมของพื้นที่และขนาดความเหมาะสมของหมู่ไม้ เช่น แปลงขนาด 40x40 เมตร หรือ 20x40 เมตร เป็นต้น

3. การบันทึกตารางข้อมูลหมู่ไม้ การจัดเตรียมตารางการบันทึกข้อมูล นับว่ามีความสำคัญที่ขาดเสียมิได้ เพราะจะเป็นตัวควบคุมมิติต่างๆ ของข้อมูลที่เราต้องการโดยไม่ขาดตกบกพร่อง เพราะการจดบันทึกในกระดาษเปล่าจะทำให้เกิดความบกพร่องของข้อมูลที่เก็บได้ โดยตารางการบันทึกข้อมูลนี้ย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

4. การจัดทำกระจายและการจัดชั้นความถี่ของขนาดไม้ตัวอย่าง นำข้อมูลขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) ที่ได้จากแปลงตัวอย่าง มาจัดเรียงข้อมูล โดยกำหนดให้จำนวนชั้นของ DBH และขนาดความห่างของชั้นขนาด (class interval) มีความเหมาะสมกับพิสัย (range) และจำนวนข้อมูล การกระจายของขนาด DBH และความถี่ของไม้ในแปลงตัวอย่าง จะนำมา คัดเลือกต้นไม้ตัวอย่างโดยพิจารณาจากจำนวนต้นของแต่ละชั้น โดยชั้นใดมีจำนวนต้นมากจำนวนไม้ตัวอย่างก็จะมากตามไปด้วย ในทางปฏิบัติทั่วไป จำนวนตัวอย่างที่เป็นที่ยอมรับได้ไม่ควรน้อยกว่า 12 ตัวอย่าง แต่ทั้งนี้จำนวนตัวอย่างที่ต้องการหรือที่เหมาะสมนั้น จำเป็นต้องพิจารณาความยากง่ายในการศึกษา งบประมาณ เวลา กำลังคน และอุปกรณ์ที่จำเป็น เป็นต้น

5. การลั่นไม้ เมื่อได้ขนาดไม้ตัวอย่างที่ต้องการแล้ว ในการตัดต้นไม้ ควรตัดให้ชิดดินมากที่สุด เพื่อให้มีการสูญเสียเนื้อไม้ไว้กับต่อน้อยที่สุด ควรกำหนดทิศทางการลั่นของต้นไม้ตัวอย่าง พยายามให้ลั่นลงบริเวณช่องว่างของต้นไม้ โดยไม่ให้พาดค้ำต้นไม้อื่น หลังจากลั่นต้นไม้แล้วให้ดำเนินการใช้ เทปวัดระยะหมายที่ตำแหน่งโคนต้นเป็นศูนย์ แล้วใช้ปากกาเคมีขีดทำเครื่องหมาย ที่ D30, D1, DBH, และทุกระยะ 1 เมตร จนถึงปลายสุดของลำต้น และให้เขียนหมายเลขประจำท่อนที่ลำต้นที่หมายไว้ พร้อมกับหาตำแหน่ง Db และวัด Ht, Hb, H2, H5, และ H10 แล้วใช้ Diameter tape และ Caliper วัดขนาดความโตที่ตำแหน่งต่างๆ ตามที่หมายไว้ บันทึกข้อมูลที่ได้ในตารางบันทึกข้อมูล

6. การชั่งน้ำหนักสดและการอบตัวอย่าง นำตัวอย่างของส่วนต่างๆ (ราก, ลำต้น, กิ่ง, ใบ) ของต้นไม้ที่ตัดเพื่อศึกษามวลชีวภาพ นำมาชั่งน้ำหนักสด แล้วสุมเก็บตัวอย่างที่ได้ใส่ถุงกระดาษ โดยปกติน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละส่วนไม่ควรน้อยกว่า 500 กรัม ใช้ที่เย็บกระดาษเย็บปิดปากถุงไม่ให้ตัวอย่างร่วงหล่นได้ จากนั้นใช้ปากกาเคมีเขียนที่ถุงกระดาษว่าเป็นส่วนของอะไร จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบในตู้อบเพื่อหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง โดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่

7. การแปลงค่ามวลชีวภาพ หลังจากได้ข้อมูลน้ำหนักอบแห้งของตัวอย่างแล้ว นำมาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture content, MC) ในแต่ละส่วนของตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักแห้ง}}$$

โดยที่ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (ลำต้น, กิ่ง, ใบ, ราก) มีหน่วยเป็นกรัม

จากนั้น นำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ไปคำนวณเพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสดของไม้ตัวอย่างแต่ละส่วนเป็นน้ำหนักแห้ง จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}}$$

โดยที่น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ลำต้น, กิ่ง, ใบ, ราก) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

เราสามารถแปลงค่าเป็นน้ำหนักแห้งได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อน โดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ธรรมดา ดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักกอบแห้งของตัวอย่าง} \times \text{น้ำหนักสด}}{\text{น้ำหนักสดของตัวอย่าง}}$$



การวัดขนาดไม้



การล้มไม้ตัวอย่าง



การวัดเพื่อทอนไม้



การทอนไม้



การชั่งน้ำหนักสด



การคัดแยกใบ



ศึกษามวลชีวภาพ
ของราก



ตัวอย่างลำต้น

เกร็ดความรู้

มวลชีวภาพ (biomass) หมายถึง น้ำหนักของพืชที่วัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง (dry weigh) หรือน้ำหนักแห้งของพืชโดยปราศจากน้ำแล้ว อาจเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อดันหรือต่อหน่วยของพื้นที่ ซึ่งคำว่า มวลชีวภาพนี้บางครั้งอาจเรียกว่า standing crop (พงษ์ศักดิ์, 2524)

ตารางที่ 4 สมการอัลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้
ในป่าธรรมชาติชนิดต่างๆ ที่มีขนาด DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร
และของไม้ไผ่

ชนิดป่า	สมการ	ที่มา	หมายเหตุ
ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา	$W_s = 0.0509 D^2 H^{0.919}$ $W_b = 0.00893 D^2 H^{0.977}$ $W_l = 0.0140 D^2 H^{0.669}$ $W_r = 0.0313 D^2 H^{0.805}$	Tsutsumi et al. (1983)	โดยที่ W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม) W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม) W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม) W_{tc} = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น+กิ่ง (กิโลกรัม) W_t = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น+กิ่ง+ใบ (กิโลกรัม)
ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง	$W_s = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$ $W_b = 0.003487 D^2 H^{1.0270}$ $W_l = (28.0/W_{tc} + 0.025)^{-1}$	Ogawa et al. (1965)	D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร) H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)
ป่าดิบชื้น	$W_s = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$ $W_b = 0.006003 D^2 H^{1.0270}$ $W_l = (28.0/W_{tc} + 0.025)^{-1}$ $W_r = 0.0264 D^2 H^{0.7750}$	Ogawa et al. (1965)	
ป่าสนเขา (สนสองใบ)	$W_s = 0.2141 D^2 H^{0.9814}$ $W_b = 0.00002 D^2 H^{1.4561}$ $W_l = 0.00072 D^2 H^{1.0138}$	สุนันทา (2531)	
ป่าสนเขา (สนสามใบ)	$W_s = 0.02698 D^2 H^{0.946}$ $W_b = 0.00018 D^2 H^{1.455}$ $W_l = 0.00072 D^2 H^{1.094}$	พงษ์ศักดิ์ (2524)	
ไผ่รวก	$W_t = 0.22187 (D)^{2.2749}$	Suwannap-inunt (1983)	
ไผ่บงดำ	$W_t = 0.49522 (D^2)^{0.8726}$	Kutintara et al. (1995)	
ไผ่ข้าวหลาม	$W_t = 0.17446(D^2)^{1.0437}$	Kutintara et al. (1995)	
ไผ่ไร่และไผ่ผาก	$W_t = 0.2425 (D^2)^{1.0751}$	Kutintara et al. (1995)	

ส่วนในกรณีของต้นไม้ที่มีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ซึ่งเป็นช่วงที่เรียกว่า Sapling stage นั้น ในป่าดิบแล้งการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้กลุ่มนี้โดยใช้สมการอัลโลเมตรีของมานพ (2525) ดังแสดงในตารางที่ 5 และป่าชนิดอื่นๆ ใช้สมการอัลโลเมตรีของธิตีและชลธิดา (2547) ดังแสดงในตารางที่ 6 เพื่อใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ

ตารางที่ 5 สมการอัลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าดิบแล้ง ที่มีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และความสูงมากกว่า 1.30 เมตร (ไม้รุ่น)

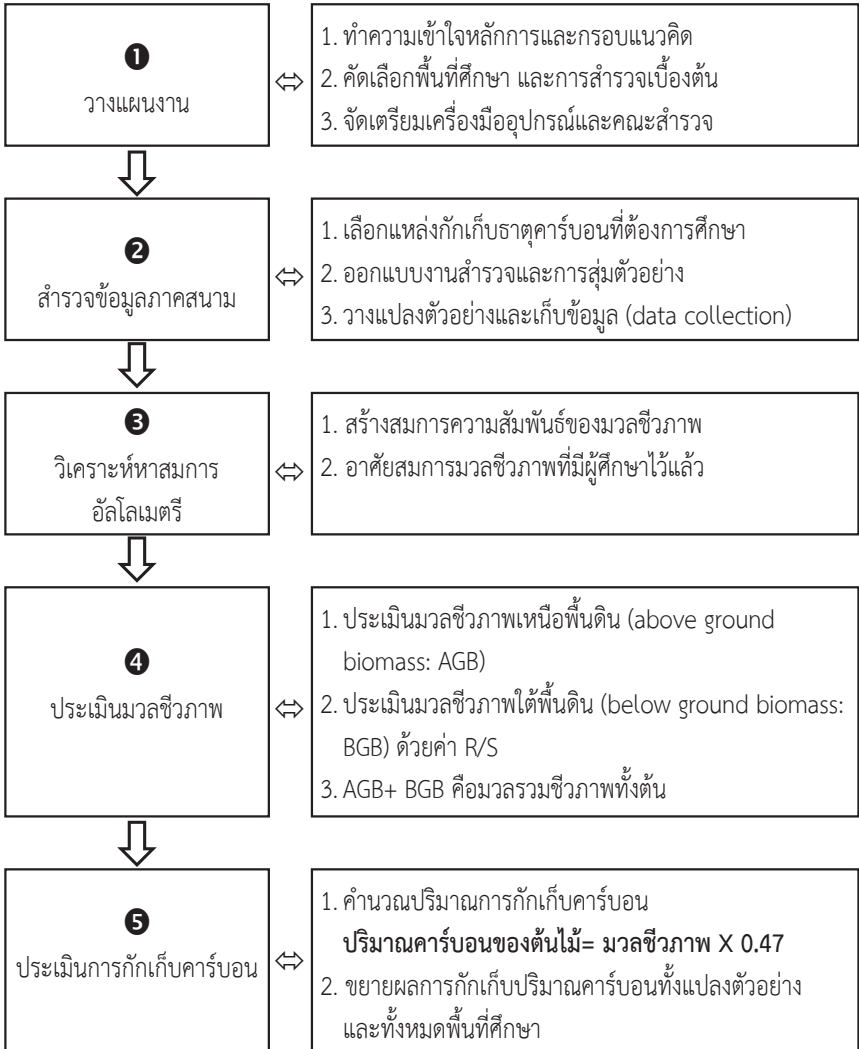
ชนิดป่า	สมการ	ที่มา
ป่าดิบแล้ง	$W_s = 89.3059 \text{ DBH}^2 h^{0.66513}$ $W_b = 15.3063 \text{ DBH}^2 h^{0.58255}$ $W_l = 0.0140 \text{ DBH}^2 h^{0.44363}$	มานพ (2525)
โดยที่ W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม) W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม) W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม) D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร) H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)		

ตารางที่ 6 สมการอัลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพของในป่า
ชนิดอื่นๆ ที่มีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และ
ความสูงมากกว่า 1.30 เมตร (ไม้รุ่น)

ชนิดป่า	สมการ	ที่มา
ป่าชนิดอื่นๆ	$W_s = 0.0702DBH^2 h^{0.8737}$ $W_b = 0.0093DBH^2 h^{0.9403}$ $W_l = 0.0244DBH^2 h^{1.0517}$	ธิตีและชลธิดา (2547)
โดยที่ W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม) W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม) W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม) D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร) H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)		

3.1.3 สรุปรขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอนโดย

สรุปรขั้นตอนการดำเนินงาน



3.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ปริมาตรไม้

3.2.1 หลักการของตารางปริมาตรไม้ (Volume table)

ตารางปริมาตรไม้ คือตารางแสดงส่วนเฉลี่ยปริมาตรเนื้อไม้ (volume) ตามลำดับชั้นขนาดความโตที่แปรผันตามรูปร่างพื้นฐาน (forms) ของไม้แต่ละชนิดถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้คำนวณปริมาตรไม้รายท่อนหรือรายต้นอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการใช้อัตราส่วนที่แปรผันซึ่งเกี่ยวข้องกับ หักอันไดอันหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปปริมาตรไม้ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย อันได้แก่ ขนาดความโต ความสูง รูปร่างพื้นฐานของไม้ ชนิดพันธุ์ อายุ และชั้นคุณภาพพื้นที่

ตารางปริมาตรไม้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในงานด้านการคิดป่าไม้ เช่น การสำรวจแจงนับไม้ การประเมินมูลค่าเศรษฐกิจป่าไม้ การกำหนดระยะรอบตัดฟันที่เหมาะสม หรือประเมินการกักเก็บธาตุคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น มีหลายแบบหลายชนิดขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการสร้างในแต่ละครั้ง ที่นิยมกันสร้างกันโดยทั่วไปมี 3 ประเภท ได้แก่

1. ตารางปริมาตรไม้ท้องถิ่น (local volume table)

สร้างขึ้นเพื่อใช้กับไม้ที่โค่นลงในท้องที่เดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน ด้วยการใช้อัตราส่วนที่แปรผันตัวแปรเดียวจากท้องที่นั้นๆ คือขนาดความโต ตารางประเภทนี้จะให้ค่าความถูกต้องสูงสำหรับท้องที่นั้นๆ แต่มีข้อเสียคือ นำไปใช้ได้ในพื้นที่จำกัด

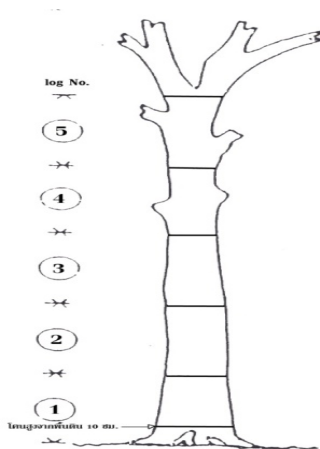
2. ตารางปริมาตรแบบมาตรฐาน (standard volume table)

นิยมสร้างขึ้นแบบจำเพาะรายชนิดที่กำหนด เช่น ตารางไม้สัก ตารางไม้แดง ด้วยการใช้อัตราส่วน 2 ตัวที่วัดได้ง่ายคือ ความโตและความสูง โดยยอมรับว่าตัวแปรอื่นๆ ไม่มีอิทธิพล ตารางประเภทนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆ ที่มีไม้ชนิดเดียวกันก็ได้ แต่ต้องมีหน่วยตัวอย่างไม่น้อยกว่า 150 ต้น ถึงจะได้รับความน่าเชื่อถือ ตารางประเภทนี้มักถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานไว้เปรียบเทียบกับตารางที่ถูกสร้างขึ้นโดยวิธีอื่น

3. ตารางปริมาตรแบบใช้ความเรียว (form class volume table)

ความเรียวของไม้ (taper) คือ อัตราการลดลงทางเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างสม่ำเสมอของรูปทรงกระบอกจากโคนถึงปลายไม้ แต่ในป่าธรรมชาติแล้วต้นไม้มักจะมีรูปทรงสัญญาณ (form) ไม่เหมือนกัน ความเรียวจึงแปรผันตามไปด้วย ดังนั้นค่าความเรียวจึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อจำนวนปริมาตรไม้ ผู้เชี่ยวชาญจึงได้เพิ่มค่าความเรียวเป็นอีกตัวแปรหนึ่งนอกจากความโตและความสูงในการสร้างตารางปริมาตรไม้ จึงมีค่าความละเอียดเพิ่มมากขึ้น ตารางประเภทนี้นิยม

สร้างแบบรวมกลุ่มให้พันธุ์ไม้ที่มีรูปทรงสัญญาณและความเรียวคล้ายกันอยู่ในตารางเดียวกันเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้



การสร้างตารางปริมาตรไม้แบบวิธีใช้ค่าความเรียว ที่ครอบคลุมไม้หลายๆ ชนิดในป่าธรรมชาติในประเทศไทย พบว่า มีการดำเนินการน้อยมาก ธัญรินทร์ (2535) ได้สร้างตารางปริมาตรไม้แบบวิธีใช้ความเรียวขึ้นจากพื้นที่ป่าสาธิต อำเภองาว จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2535 ด้วยการใช้ Spiegel Relascope ช่วยในการวัดขนาดความโตของต้นไม้ตัวอย่าง รวม 968 ต้น (76 ชนิดพันธุ์) โดยไม้ตัวอย่างทุกต้นจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ส่วน และเมื่อใช้สมการพื้นฐาน (basic log equation) คือ

$$\ln \text{ Volume} = \ln a + b \ln \text{ DBH}$$

ไปหาความสัมพันธ์ของปริมาตรแต่ละส่วนที่แปรผันตามความยาว พบว่า ค่าคงที่ a (intercept) และ b (slope) ที่ได้จากสมการ basic log equation ของพันธุ์ไม้ตัวอย่างทั้ง 968 ต้น สามารถจำแนกออกได้เป็น 7 ชุด ข้อมูล นั้นหมายถึงว่าถ้าใช้รูปทรงสี่เหลี่ยม (form) เป็นตัวกำหนดแบ่งกลุ่มพันธุ์ไม้ในป่าธรรมชาติ เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 กลุ่ม/ประเภท ตามรายละเอียดในตารางที่ 7

เกร็ดความรู้

ปริมาตรไม้ (volume) คือ ความจุของมวลเนื้อไม้ที่ปรากฏอยู่ในรูปทรงสามมิติทางเรขาคณิต เช่นทรงกระบอก หรือทรงกรวย มีหน่วยวัดสากลคือ ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 7 สมการปริมาตรไม้ที่ใช้ในการประเมินการกักเก็บธาตุคาร์บอน
ในพื้นที่ป่าไม้

สมการ (Equation)	รายชื่อพันธุ์ไม้ที่ประยุกต์ใช้
1. $\ln V = 2.372083 + 2.443847 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.94$, sample size=188	ไม้ในสกุล ยาง เต็ง รัง เหียง พลวง กระบาก เคี่ยม ตะเคียน สยา ไข่เขียว พะยอม จันทน์กะพ้อ สนสองใบ
2. $\ln V = 2.134494 + 2.363034 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.91$, sample size=135	กระพี้จั่น กระพี้เขาคาย เกิดดำ เกิดแดง เกิดขาว เถาว์ลย์เปรียง พะยุง ชิงชัน กระพี้ ถ่อน แดง ชะเง้อง แคทราย แคฝอย และสกุลมะเกลือ
3. $\ln V = 1.880578 + 2.053321 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.89$, sample size=186	รูกฟ้า สมอพิเภก สมอไทย หูกวาง หูกระจง ตีนนก ขี้ยาย กระบก ตะคร้ำ ตะคร้อ ตาเสือ ค้างคาว สะเดา ยมหอม ยมหิน กระท้อน เลี่ยน มะฮอกกานี ขี้ยาย ตะบูน ตะบัน รัก ตั้ว สะแกแสง ปู่เจ้า และ ไม้สกุลสั้น เสลา อินทนิล ตะแบก ชะมวง สารภี บุนนาค
4. $\ln V = 1.789563 + 2.025666 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.90$, sample size=36	กางเขมอด คุณ พฤษณ์ มะค่าโมง นนทรี กระถินพิมาน มะขามป่า หลุมพอ และสกุลขี้เหล็ก
5. $\ln V = 2.037096 + 2.299618 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.94$, sample size=99	ไม้ในสกุลประดู่เดิม
6. $\ln V = 2.119907 + 2.296511 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.94$, sample size=186	สัก ตีนนก ฝ่าเสี้ยน หนากเล็กหนากน้อย ไข่เน่า กระจับเขา กาสามปี สวอง
7. $\ln V = 2.250111 + 2.414209 \ln(\text{DBH}/100)$ $R^2 = 0.93$, sample size=138	ไม้ชนิดอื่นๆ เช่น กูก ขว้าว จั้วป่า ทองหลางป่า มะม่วงป่า ช้อ โมกมัน สมสาร และไม้ในสกุลปอ ก่อ เปล้า เป็นต้น

โดยที่ V คือ ปริมาตรส่วนลำต้นเมื่อตัดโค่นที่ความสูงเหนือดิน (โคน)
10 เซนติเมตร ถึงกิ่งแรกที่ทำเป็นสินค้าได้ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
DBH มีหน่วยเป็นเซนติเมตรและ $\ln$ = natural logarithm

3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้และมวลชีวภาพไม้

ในการศึกษากลศาสตร์และโครงสร้างของไม้ในเชิงเปรียบเทียบ เราไม่นิยมใช้ค่า “ความหนาแน่น (density)” ไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้ก็เพราะมวลของเนื้อไม้สด (green mass หรือ green weight) จะมีค่าสัดส่วนของน้ำหรือความชื้นปะปนอยู่มากน้อยต่างกันแปรผันตามสภาพแวดล้อม นักวิชาการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องจึงคิดหาวิธีทำให้เนื้อไม้มีมวลคงที่ ด้วยการนำเนื้อไม้สดไปอบแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 80-90 °C จนแห้งสนิทเหลือความชื้น 0% มีมวลคงที่ ซึ่งให้เรียกเนื้อไม้ในสภาพนี้ว่า มวลชีวภาพ (biomass) บางครั้งก็เรียก “oven dry mass”

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวลเนื้อไม้สด}}{\text{ปริมาตร}}$$

และเมื่อนำเนื้อไม้ที่อบแห้งไปชั่งน้ำหนักจะพบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาตรไม้ชิ้นไม้นั้นๆ และให้เรียกค่านี้ว่า “ความหนาแน่นจำเพาะ หรือ wood specific density หรือ WD” เราจึงสามารถใช้ค่าสัดส่วนความสัมพันธ์นี้ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการศึกษาเชิงเปรียบเทียบได้ เช่น การคำนวณมวลชีวภาพไม้ จากฐานข้อมูลปริมาตรไม้ที่ได้จากการสำรวจแก่นับขึ้นมาใหม่หรือจากแหล่งข้อมูลในอดีตที่มีอยู่แล้วได้

$$\text{ความหนาแน่นจำเพาะ (WD)} = \frac{\text{มวลชีวภาพ(ตัน)}}{\text{ปริมาตร (ลบ.ม.)}}$$

$$\text{หรือ มวลชีวภาพ} = \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่นจำเพาะ}$$

แต่จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า ในประเทศไทยผู้ศึกษาและรวบรวมค่า “WD” ใช้น้อยมาก ส่วนใหญ่จะเป็นค่า “density” เพราะทดสอบกับมวลเนื้อไม้สดที่มีระดับความชื้นประมาณ 12 %mc (เทียบเท่าความชื้นในชั้นบรรยากาศของไทยเรา) ซึ่งในกรณีเช่นนี้ FAO (1997) แนะนำให้ประยุกต์ใช้สมการของ Reyes et al. (1992) ที่มีความถูกต้องสูง ($R^2=0.99$) ในการแปลงค่าความหนาแน่นไปเป็นค่า ความหนาแน่นจำเพาะดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นจำเพาะ} = 0.0134 + 0.8 X$$

เมื่อ X = ความหนาแน่นของเนื้อไม้ที่มีระดับความชื้น 12 % ($R^2=0.99$, $N=379$)

อนึ่ง หน่วยงานราชการแห่งเดียวในประเทศไทยที่มีงานในหน้าที่ทดสอบค่า density ของพันธุ์ไม้ในประเทศไทยได้แก่ กลุ่มงานพัฒนาผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ (2548) จึงได้ประยุกต์ใช้สมการของ Reyes et al. (1992) กับค่าความหนาแน่น ที่หน่วยงานข้างต้นได้ทดสอบและรวบรวมไว้ โดยผลการคำนวณจะปรากฏตามตารางผนวกที่ 1

3.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ขยายมวลชีวภาพ (Biomass Expansion Factor: BEF)

เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้แปลงหรือขยายมวลชีวภาพของลำต้น ไปเป็นมวลชีวภาพส่วนอื่นๆ ของต้นไม้ตามวัตถุประสงค์ในการสร้างแต่ละครั้ง นิยมเรียกอย่างสั้นๆ ว่า “BEF” สำหรับป่าบกโดยทั่วไปแล้วมีค่าสัดส่วนประมาณ 1.3-1.8 (CIFOR and USAID, 2009) จะเห็นว่ามีช่วงระยะ (range) ที่กว้างมากไม่เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ป่าระดับหน่วยจัดการป่าไม้ หรือในระดับป่าโครงการทั่วไป (Forest Management Unit) เพราะจะให้ผลการประมาณที่มีความผันแปรสูง

ค่า BEF ที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ประเมินการกักเก็บธาตุคาร์บอน ในพื้นที่ป่าไม้ของไทย ปัจจุบันยังไม่มีผู้ศึกษาไว้อย่างชัดเจน จึงเสนอแนะให้ ประยุกต์ใช้ผลการศึกษาเรื่อง Forest Biomass in Thailand ของ ดร.สง่า สรรพศรี ซึ่งได้วิจัยร่วมกับศูนย์ศึกษาและพัฒนาการทหารระหว่างไทย-สหรัฐ (1967) ที่ได้ทำการทดลองตัดโค่นต้นไม้ในป่าของประเทศไทยครอบคลุมทั่วทุกภาคและ ทุกชนิดป่า รวมจำนวน 131 ต้น (83 ชนิดพันธุ์) โดยไม้แต่ละต้นที่ตัดโค่นลง จะถูกตัดทอนและแบ่งกองออกเป็น 3 ส่วนคือลำต้น กิ่งก้าน ใบ และนำแต่ละส่วน ไปชั่งน้ำหนักพบว่า ความสัมพันธ์ของมวลเนื้อไม้แต่ละส่วนเป็นไปตามตารางที่ 8 และเพื่อให้การประยุกต์ใช้ผลการศึกษาดังกล่าวเป็นไปอย่างสะดวกและใช้งานง่าย ธัญญรินทร์ (2535) จึงจำแนกชนิดพันธุ์ไม้ออกเป็น 7 กลุ่มประเภทตามรูปรัง สันฐานไม้ (form) คือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ ไม้ในสกุล ยาง เต็ง รัง เหียง พลวง กระบาก เคี่ยม ตะเคียน สยา ไข่เขียว พะยอม จันทน์กะพ้อ และสนสองใบ

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ กระพี้จั่น กระพี้เขาควาย เก็ดดำ เก็ดแดง เก็ดขาว เถาวัลย์เปรียง พะยุง ชิงชัน กระพี้ ถ่อน แดง ขะเจ้ายะ แคทราย แคฝอย และ มะเกลือ

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ รกฟ้า สมอพิเภก สมอไทย หูกวาง หูกระจง ตีนนก ขี้ยาย กระบก ตะคร้ำ ตะคร้อ ตาเสือ ค้างคาว สะเดา ยมหอม ยมหิน กระท้อน เลี่ยน มะฮอกกานี ขี้ยาย ตะบูน ตะบัน รัก ตั้ว สะแกแสง ปู่เจ้า และไม้สกุลसान เสลา อินทนิล ตะแบก ชะมวง สารภี บุนนาค

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ กางขี้มอด คุณ พฤกษ์ มะค่าโมง นนทรี กระถินพิมาน มะขามป่า หลุมพอ และสกุลขี้เหล็ก

กลุ่มที่ 5 ได้แก่ ไม้ในสกุลประดู่เดิม

กลุ่มที่ 6 ได้แก่ สัก ตีนนก ฝ่าเสี้ยน หมากเล็กหมากน้อย ไข่น้ำ กระจับเขา กาสามปึก สวอง

กลุ่มที่ 7 ได้แก่ ไม้ชนิดอื่นๆ เช่น กูก ขว้าว จั้วป่า ทองหลางป่า มะม่วงป่า ช้อ โมกมัน แสมสาร ไม้สกุลปอ ก่อ เปล้า เป็นต้น

เกร็ดความรู้

Forest Management Unit (FMU) คือพื้นที่ป่าไม้แห่งหนึ่งๆ ที่ได้รับขนาด และขอบเขตไว้อย่างชัดเจน เพื่อวางแผนงานหรือโครงการด้านการจัดการป่าไม้ ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์ขยายมวลชีวภาพ (BEF) หรือค่าขยายมวลชีวภาพ ของพันธุ์ไม้ป่าในประเทศไทย

กลุ่มพันธุ์ไม้ ²	สัดส่วนน้ำหนักมวลเนื้อไม้ ¹	
	กิ่งก้าน/ลำต้น	ใบ/ลำต้น
1	0.28	0.07
2	0.36	0.13
3	0.31	0.10
4	0.43	0.16
5	0.07	0.06
6	0.29	0.04
7	0.31	0.11

หมายเหตุ ^{*1}จากผลการศึกษาของ Sabbhasri S. and Wood L. (1967)

^{*2}แบ่งกลุ่มชนิดพันธุ์ไม้ตามผลการศึกษาของธัญรินทร์ (2535)

3.2.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์และประมวลผลปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอน

ข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม จำเป็นต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบ วิเคราะห์และประมวลผลอย่างรอบคอบรัดกุม เพื่อให้ได้ผลสรุปที่สามารถนำไปบรรยาย หรืออธิบายสถานภาพของแหล่งกักเก็บธาตุคาร์บอนในสังคมพืชเป้าหมายนั้นได้อย่างถูกต้องชัดเจน อันบ่งชี้ถึงความสำคัญ หรือความแตกต่างของแต่ละสังคมพืชในเชิงเปรียบเทียบได้

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญไม่น้อยกว่าการสำรวจภาคสนาม เพราะหากผลการคำนวณผิดพลาดไม่ตรงกับข้อเท็จจริง การวางแผนงานและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนามที่กระทำไว้เป็นอย่างดีก็อาจจะไม่มีค่า หรือส่งกระทบต่อแผนการดำเนินงานที่วางไว้ต่อไปในอนาคตได้ โดยในขั้นตอนนี้ มีข้อควรพึงระวัง ได้แก่

- การเลือกใช้สูตร สมการ หรือค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่เหมาะสม
- การลืมใช้เลขยกกำลังในสูตร หรือสมการที่ใช้
- การใช้หน่วยข้อมูล เช่น พื้นที่ (ไร่, เฮกตาร์) ขนาด (เซนติเมตร, เมตร) และหน่วยปริมาณ (ลูกบาศก์เมตร, กิโลกรัม, ตัน) ที่ผิดพลาด

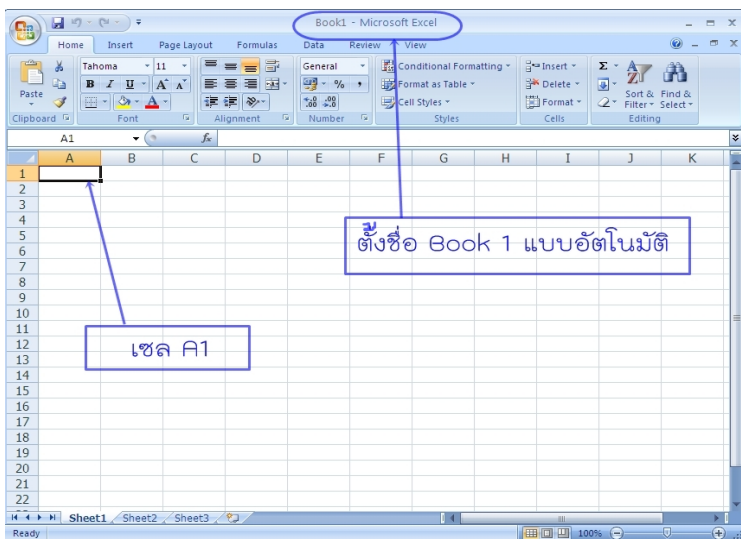
โดยทั่วไปแล้ว การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลดิบจากภาคสนามที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปตัวเลข สามารถกระทำได้ง่ายด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท spreadsheet หรือตารางคำนวณอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีแนวทางและวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างหัวตารางข้อมูลในแผ่นงาน

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม MS Excel ตัวโปรแกรมจะสร้างแผ่นงานให้โดยอัตโนมัติ พร้อมตั้งชื่อว่า “Book1” และเซลล์ที่เลือกจะเป็นเซลล์ A1 เสมอ (ภาพที่ 8) แผ่นงานนี้จะว่างๆ ไม่มีข้อมูลอะไรเลย จึงจำเป็นต้องสร้างหัวตารางไว้เพื่อรองรับการบันทึกข้อมูลจาก tally sheet โดยปกติแล้วหัวตารางในแผ่นงานจะมีข้อมูลที่สำคัญๆ ได้แก่

- ชื่อพื้นที่ป่าที่ทำสำรวจ พร้อมพิกัดที่ตั้ง
- เส้นสำรวจ (line)
- แปลงตัวอย่าง (plot)
- ชนิดป่า (type)
- ชื่อพันธุ์ไม้ (name)
- ขนาดความโตทางเส้นผ่าศูนย์กลาง (DBH)
- ความสูง (H)
- จำนวนลำไผ่ที่พบในกอ (ยกเว้นไผ่ป่าไม่ต้องนับจำนวนลำ)
- การให้สัญลักษณ์หน่วยตัวอย่าง (Group)
ไม้ใหญ่: ระบุตัวเลขประจำกลุ่มพันธุ์ไม้ (ตารางผนวกที่ 1)
ไม้รุ่น: ใช้สัญลักษณ์ S
ไม้ไผ่: ใช้สัญลักษณ์ B
เถาว์วัลย์: ใช้สัญลักษณ์ C
- ปริมาตรไม้เหนือพื้นดินแยกเป็น ส่วนลำต้น กิ่งก้าน และใบ
- มวลชีวภาพไม้ (แยกเป็นส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน และใต้พื้นดิน)
- ความหนาแน่นจำเพาะของเนื้อไม้ (WD)
- ปริมาณคาร์บอนที่สะสมรวม

และเมื่อสร้างหัวตารางแล้วเสร็จ (ภาพที่ 9) ก็ให้เปลี่ยนชื่อแฟ้มจาก “Book1” เป็นชื่ออื่นที่สะดวกต่อการเข้าใจง่าย



ภาพที่ 8 แผนงานเมื่อเริ่มต้นใช้โปรแกรม MS Excel

A18

fx

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	อุทยานแห่งชาติ						ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้สด (m ³ /ha)				ความเข้มข้นของคาร์บอนในเนื้อไม้ =				0.47
2	line plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความ โต	สูง # ลำ	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)				WD	มวลชีวภาพรวม (ton/ha)		คาร์บอนสะสม	
3							ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม	(ton/m ³)	AGB	BGB	total	(ton carbon)

สร้างหัวตารางในเวิร์กบุ๊ก

ภาพที่ 9 แผนงานที่สร้างหัวตารางแล้วเสร็จ

ขั้นตอนที่ 2 บันทึกข้อมูลจากแบบบันทึกข้อมูล (tally sheet) ลงในแผ่นงาน

การนำข้อมูลจาก tally sheet ลงบันทึก ในแผ่นงานที่เตรียมไว้
ควรเรียง ลำดับตามหมายเลขเส้นสำรวจและแปลงตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อป้องกัน
ความผิดพลาดสับสนหรือหลงลืม อีกทั้งยังเป็นการตรวจสอบไปในคราวเดียวกัน
ด้วยว่า จำนวน tally sheet มีครบถ้วนหรือไม่ (ภาพที่ 10 และที่ 11)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	อุทยานแห่งชาติ							ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้สด (t)		
2	line	plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความ	สูง	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)		
3					โต	# ลำ		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ
4	1	1	เบญจพรรณ	แคทราย	32		2			
5	1	1	เบญจพรรณ	ยมทอม	75		3			
6	1	1	เบญจพรรณ	ตะแบก						
7	1	1	เบญจพรรณ	1						
8	1	1	เบญจพรรณ	ไผ่ป่า	3.2		B			
9	1	2	เบญจพรรณ	ไผ่ปลิง	5.1	36	B			
10	1	2	เบญจพรรณ	แดง	47		2			
11	1	2	เบญจพรรณ	กร						
12	1	2	เบญจพรรณ	หนาม						
13	1	2	เบญจพรรณ	ไผ่ข้าวหลาม	9.33	42	B			
14	1	2	เบญจพรรณ	กางเขมอด	7		4			
15	1	3	เต็งรัง	เต็ง	15		1			
16	1	3	เต็งรัง	เตี้ย	20		1			
17	1	3	เต็งรัง							
18	1	3	เต็งรัง	ทพ						
19	1	3	เต็งรัง	กระเจียนเขา	20		6			

ข้อมูลจาก เส้นสำรวจที่ 1 แปลงตัวอย่างที่ 1

ข้อมูลจาก เส้นสำรวจที่ 1 แปลงตัวอย่างที่ 2

ข้อมูลจาก เส้นสำรวจที่ 1 แปลงตัวอย่างที่ 3

ภาพที่ 10 รูปแบบการบันทึกข้อมูลจาก tally sheet ลงในแผ่นงาน

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	อุทยานแห่งชาติ							ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้		
2	line	plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความโต	สูง	Grp.	เหนือพื้นดิน (AG		
3						# ลำ		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ
4	1	1	เบญจพรรณ	แคทราาย	32		2	ไม้ยมหอม จำแนกให้อยู่ในกลุ่มที่ 3 dbh มีหน่วยเป็นเซนติเมตร		
5	1	1	เบญจพรรณ	ยมหอม	75		3			
6	1	1	เบญจพรรณ	ตะแบกเลือด	42		3			
7	1	1	เบญจพรรณ	มะเกี๋ม	23		7	ไม้รุ่ม ใช้สัญลักษณ์ S ความสูงถึงเรือนยอด (เมตร)		
8	1	1	เบญจพรรณ	มะเกี๋ม	4.6	1.8	S			
9	1	1	เบญจพรรณ	ไผ่รวก	6	48	B			
10	1	1	เบญจพรรณ	ไผ่ป่า	3.2		B	ไม้ให้ใช้สัญลักษณ์ B ไฟให้ใช้สัญลักษณ์ B ไฟชนิดอื่น ขนาดโตของลำ หน่วยเป็น ซม เฉพาะ ไผ่ป่า ขนาดโตของกอ เป็นเมตร		
11	จำนวนลำในกอ			ไผ่						
12	1	2	เบญจพรรณ	แค						
13	1	2	เบญจพรรณ	กระ	20			เดาวัลย์ ให้ใช้สัญลักษณ์ C dbh มีหน่วยเป็น เซนติเมตร		
14	1	2	เบญจพรรณ	หนามเคียวโก	3.1		C			
15	1	2	เบญจพรรณ							
16										
17										
18										
19										

ภาพที่ 11 รูปแบบการบันทึกข้อมูลจาก tally sheet ลงในแผ่นงาน

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณปริมาตรไม้เหนือพื้นดิน

เนื่องจากคู่มือฉบับนี้แนะนำให้ประมวลผลด้วยโปรแกรม MS Excel ซึ่งมีวิธีการเขียนคำสั่งการคำนวณแบบเฉพาะทางหลากหลายรูปแบบ จึงได้สอดแทรกรูปแบบการเขียนคำสั่งคำนวณที่จำเป็นไว้ให้ด้วย เพื่อความสะดวกในการใช้งาน และสามารถถอดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

การคำนวณปริมาตรไม้โดยองค์ความรู้ในปัจจุบันกระทำได้เฉพาะไม้ใหญ่เท่านั้น ส่วนไม้รุ่ม ไม้เถาวัลย์และหวาย ยังจำเป็นต้องใช้วิธีหาค่ามวลชีวภาพโดยตรง ดังนั้นผู้ที่รับผิดชอบการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลต้องพึงระวังว่าชุดข้อมูลที่กำลังคำนวณอยู่นั้นเป็นค่าปริมาตร หรือค่ามวลชีวภาพ เพราะหากไม่ระมัดระวัง จะส่งผลกระทบอย่างมากต่อผลการประมาณที่ได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

● **ไม้ใหญ่** : ให้คำนวณปริมาตรส่วนที่เป็นลำต้นรายชนิด ด้วยสมการปริมาตรไม้ของ ธัญรินทร์ (2535) เมื่อแล้วเสร็จให้ใช้ค่า BEF คำนวณส่วนที่เป็นกิ่งก้าน และใบ และเมื่อได้ครบทั้งสามส่วนแล้วให้นำมา รวมกัน ก็จะได้ค่าปริมาตรไม้เหนือพื้นดินของต้นไม้ชนิดนั้นมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ (ภาพที่ 12)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	อุทยานแห่งชาติ							ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้สด (m ³ /ha)				
2	line	plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความโต	สูง	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)				
3					#	ลำ		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม	
4	1	1	เบญจพรรณ	เตยไทร	32		2	5.723	2.080	0.744	8.55	
5	1	1	เบญจพรรณ	ยมหอยม	75		3	42.832	13.278	4.283	60.39	
6	1	1	เบญจพรรณ	ดงแม่กลอง	42		3	10.882	3.974	1.088	15.94	
7	1	1	เบญจพรรณ	มะเกลือ	23		7	2.823	0.813	0.288	3.72	
								496.494	68.401	191.804	756.50	
											12548.33	
											46295.60	

ในการถอดสมการ basic log euation ให้ใช้ค่า exponent หรือ EXP

ไม้ยมหอย (กลุ่มที่ 3)

ปริมาตร ลำต้น = $\text{EXP}(2.134494 + 2.36304 * \text{LN}(E5/100)) / 0.1$

ปริมาตร กิ่งก้าน = $0.31 * H5$ เซลล์ E5 (DBH)

ปริมาตร ใบ = $0.1 * H5$ เซลล์ H5 (ปริมาตรลำต้น)

ผลรวม มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์

ภาพที่ 12 การคำนวณปริมาตรไม้ใหญ่

หมายเหตุ ให้สังเกตว่าในการคำนวณปริมาตรไม้ส่วนที่เป็นลำต้น จะมีตัวเลข 0.1 (เป็นค่าของขนาดแปลงตัวอย่างที่ใช้) ปรากฏในชุดคำสั่งด้วย ทั้งนี้เพื่อต้องการปรับผลลัพธ์ให้อยู่ในรูปหน่วยต่อหนึ่งเฮกตาร์

● **ไม้ร่น:** ให้คำนวณมวลชีวภาพโดยตรง ด้วยสมการ อัลโลเมตรี ของ อิติและชลธิดา (2547) โดยผลการคำนวณในขั้นตอนนี้จะได้นหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งไม่ใช่หน่วยสากล จำเป็นต้องปรับแต่งอีกครั้ง ในขั้นตอนต่อไป (ภาพที่ 13) สมการอัลโลเมตรีของอิติและชลธิดา (2547)

$$\text{มวลชีวภาพส่วนลำต้น} = 0.0702 \text{ DBH}^2 h^{0.8737}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนกิ่ง} = 0.0093 \text{ DBH}^2 h^{0.9403}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนใบ} = 0.0244 \text{ DBH}^2 h^{1.0517}$$

โดย มวลชีวภาพ = มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

DBH = มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

H = ความสูงของไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	จุดหมายแห่งชาติ							ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้สด (m ³ /ha)			
2	line	plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความโต	สูง	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)			
3						# ลำ		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม
4	1	1	เบญจางพรรณ	แคทราญ	32		2	5.723	2.060	0.744	8.53
5	1	1	เบญจางพรรณ	ยมทอม	75		3	42.832	13.278	4.283	60.39
6	1	1	เบญจางพรรณ	ดงเบญจเลียด	42		3	10.882	3.374	1.088	15.34
7	1	1	เบญจางพรรณ	มะเดื่อ	23		7	2.623	0.613	0.288	3.72
8	1	1	เบญจางพรรณ	มะเดื่อ	4.6	1.8	S	496.494	68.401	191.604	756.50
9	1	1	เบญจางพรรณ	ไม่วาก	6	48	B				12546.33
10	1	1	เบญจางพรรณ	ไผ่ป่า	3.2		B				46296.60
11											
12	ไม้ร่น ให้คำนวณมวลชีวภาพโดยตรง เช่น มะเดื่อ										
13	ลำต้น = 0.0702 * ((E8^2) * (F8^0.8737)) / 0.005										
14	กิ่งก้าน = 0.0093 * ((E8^2) * (F8^0.9403)) / 0.005										
15	ใบ = 0.0244 * ((E8^2) * (F8^1.0517)) / 0.005										
16											
17											
18	ผลรวมชีวภาพเหนือพื้นดิน มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อเฮกตาร์										
19											

ให้ใช้เครื่องหมาย "^"
แทนการยกกำลัง

ให้ใช้เครื่องหมาย "*"
แทนการคูณ

ให้ใช้เครื่องหมาย "/"
แทนการหาร

ภาพที่ 13 การคำนวณมวลชีวภาพไม้ร่น

หมายเหตุ ให้สังเกตว่าในการคำนวณมวลชีวภาพไม้ร่น จะมีตัวเลข 0.005 (เป็นค่าของขนาดแปลงตัวอย่างที่ใช้) ปรากฏในชุดคำสั่งด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการปรับผลลัพธ์ให้อยู่ในรูป หน่วยต่อหนึ่งเฮกตาร์

- **ไม้ไผ่:** ให้คำนวณมวลชีวภาพโดยตรง ด้วยสมการอัลโลเมตรี จากตารางที่ 9 โดยไม้ป่า ให้ประเมินมวลชีวภาพแบบรวมทั้งกอโดยตรง ส่วนไม้ชนิดอื่นที่เหลือ ให้ใช้วิธีนำค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยแต่ละลำคูณด้วยจำนวนลำที่พบในกออื่นๆ

ตารางที่ 9 สมการอัลโลเมตรีที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพของไม้ไผ่

ชนิดพันธุ์	สมการอัลโลเมตรี	ที่มา
ไม้ป่า	มวลชีวภาพทั้งกอ (กิโลกรัม) $= -3222.5 + 1730.4(d_t)$ เมื่อ d_t = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกอ สูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร (หน่วยเป็นเมตร)	Kumar et al. (2005)
ไผ่รวก	$W_t = 0.22187 (DBH)^{2.2749}$	Suwanapinunt (1983)
ไผ่บงดำ	$W_t = 0.49522 (DBH^2)^{0.8726}$	Kutintara et al. (1995)
ไผ่ข้าวหลาม	$W_t = 0.17446 (DBH^2)^{1.0437}$	Kutintara et al. (1995)
ไผ่ไร่และไผ่ผาก	$W_t = 0.2425 (DBH^2)^{1.0751}$	Kutintara et al. (1995)
เมื่อให้ W_t = มวลชีวภาพของลำต้น+กิ่ง+ใบ (กิโลกรัม) DBH= ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำ(เฉลี่ย)ที่ระดับอก(เซนติเมตร)		

อนึ่ง หน่วยของผลการประมาณไม้ไผ่ทุกชนิดในขั้นตอนนี้ จะเป็น กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งไม่ใช่หน่วยสากลจึงจำเป็นต้องปรับแต่งอีกครั้งในขั้นตอนต่อไปเช่นเดียว กับไม้ร่น (ภาพที่ 14)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	อุทยานแห่งชาติ							ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้สด (m ³ /ha)			
2	line	plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความ	สูง	Grp.	เนื้อพื้นดิน (AGB)			
3					โต	# ลำ		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม
4	DBH (เฉลี่ย) ของลำ				2		2	5.723	2.060	0.744	8.53
5	1	1	เบญจพรรณ	ยมทอม	จำนวนลำ			42.832	13.278	4.283	60.39
6	1	1	เบญจพรรณ	ตะแบกเลือด				10.882	3.374	1.088	15.34
7	1	1	เบญจพรรณ	มะเกี๋ม	23		7	2.623	0.813	0.288	3.72
8	1	1	เบญจพรรณ	มะเกี๋ม	4.6	1.3	S	496.494	68.401	191.604	756.50
9	1	1	เบญจพรรณ	ไผ่รวก	6	48	B				12548.33
10	1	1	เบญจพรรณ	ไผ่ป่า	3.2		B				46295.60
11											
12	ไผ่ป่า = (-3222.5+(1730.4*E10))/0.05										
13											
14	ไผ่รวก = (0.22187*(E9^2.2749)*F9)/0.05										
15											
16											
17											
18	มวลชีวภาพเนื้อพื้นดิน มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/เฮกตาร์										
19											
	Time Sheet2 DBHdist Sumcv Data Interval เปรียบเทียบ ผิดเดิม										

ภาพที่ 14 การคำนวณมวลชีวภาพไม้ไผ่

หมายเหตุ ให้สังเกตว่าในการคำนวณมวลชีวภาพไม้ไผ่ทุกชนิด จะมีตัวเลข 0.05 (เป็นค่าของขนาดแปลงตัวอย่างที่ใช้) ปรากฏในชุดคำสั่งด้วย ทั้งนี้เพื่อต้องการปรับผลลัพธ์ให้อยู่ในรูป หน่วยต่อหนึ่งเฮกตาร์

● **เกาวัลย์** : ให้คำนวณมวลชีวภาพโดยตรงด้วยสมการอัลโลเมตรีของซิงชัยและคณะ (2554) โดย หน่วยของผลลัพธ์ที่ได้คือกิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกับไม้รุ่นและไม้ไผ่ (ภาพที่ 15)

$$\text{มวลชีวภาพเกาวัลย์} = 0.8622 \text{ DBH}^{2.0210}$$

โดย เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

DBH = มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	จุดหมายแห่งชาติ							ปริมาตร หรือ มวลเนื้อไม้สด (m ³ /ha)			
2	line	plot	ชนิดป่า	ชื่อ	ความโต	สูง # ลำ	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)			
3								ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม
4	1	1	เบญจพรรณ	แคทราาย	32		2	5.723	2.060	0.744	8.53
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13	1	2	เบญจพรรณ	แดง	47		2	14.196	5.110	1.845	21.15
14	1	2	เบญจพรรณ	กระบาก	120		3	95.347	29.555	9.535	134.44
15	1	2	เบญจพรรณ	หนามเกี่ยวไก่	3.1		C				169.70
16	1	2	เบญจพรรณ	ไผ่เจ้าพระยา	9.93		B				15508.23
17											
18											
19											

สูตรคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของหนามเกี่ยวไก่
 $= 0.8622 * (E15^{2.021}) / 0.05$
 มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกตาร์

ภาพที่ 15 การคำนวณมวลชีวภาพเกาวัลย์

หมายเหตุ การปรับแต่งหน่วยผลลัพธ์ ให้ใช้หลักเกณฑ์เดียวกันกับ ไม้รุ่นและไม้ไผ่

ขั้นตอนที่ 4 : แปลงค่าปริมาตรไม้ เป็นมวลชีวภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการเฉพาะไม้ใหญ่เท่านั้น เพราะแผ่นงานที่ผ่านมาผลการประมาณของไม้ใหญ่จะเป็นค่าปริมาตรไม้ (ส่วนไม้รุ่น ไม้ เถาวัลย์ และหวาย ได้ผลการประมาณเป็นมวลชีวภาพโดยตรงอยู่แล้ว) โดยการแปลงค่าปริมาตรไม้ไปเป็นมวลชีวภาพนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{มวลชีวภาพ} = \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่นจำเพาะ}$$

โดยที่ค่าความหนาแน่นจำเพาะสามารถดูได้จากตารางผนวกที่ 1 อนึ่ง กรณีไม้รุ่น ไม้ ไม้ เถาวัลย์และหวาย ที่คำนวณเป็นมวลชีวภาพโดยตรง แต่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขั้นตอนนี้ก็ให้หารด้วยตัวเลข 1000 เพื่อปรับฐานหน่วยให้เหมือนไม้ใหญ่ (ต้นต่อเฮกตาร์)

A		คอลัมน์ L หัวตารางที่ถูกสร้างไว้สำหรับบันทึกค่า WDO							K	L	M	N
1	จุด								ตด (m ³ /h)	ความเข้มข้นของธาตุคาร์		
2	line	ชื่อ	ว	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)				WD	มวลชีวภาพ		
3		โต	ส		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม	(ton/m ³)	AGB	BC	
4	1	แคตราชู	#	2	5.723	2.060	0.744	8.53	0.58	4.946		
5	1	ยมหอม	#	3	42.832	13.278	4.283	60.39	0.43	25.969		
6	1	ตะแบกเลือด	#	3	10.882	3.374	1.088	15.34	0.55	8.439		
7	1	มะเค็ม	#	7	2.623	0.813	0.288	3.72	0.57	2.123		
8	1	มะเค็ม	5	S	####	68.401	####	756.50	0.57	0.756		
9	1	ไผ่รวก	6	B				12548.33		12.548		
10	1	ไผ่ป่า	3	B				46295.60		46.296		
11	ค่าความหนาแน่นจำเพาะ ไผ่ยมหอม = 0.43											
12	มวลชีวภาพไผ่ยมหอม = K5 * L5											
13												
14	1	กระบก	#	3	95.347	29.558	9.535	134.44	0.76	102.174		
15	1	หนามเกี่ยวไก่	3	C				169.70		0.170		
16												
17	ปรับค่ามวลชีวภาพ เป็นหน่วยสากล											
18	หนามเกี่ยวไก่ = K15/1000											
19												

ภาพที่ 16 การแปลงค่าปริมาตรไม้ไปเป็นมวลชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณมวลชีวภาพใต้พื้นดิน และมวลชีวภาพรวม

การคำนวณมวลชีวภาพใต้พื้นดินของหน่วยตัวอย่างทุกประเภท ให้ประยุกต์ใช้สมการของ Pearson et al. (2005) สูตรคำนวณดังนี้

$$BB(t/ha) = \exp(-1.0587 + 0.8836 \ln AB)$$

โดย AB = aboveground biomass

BB = belowground biomass

เมื่อคำนวณมวลชีวภาพใต้ดินแล้วเสร็จก็ให้นำไปรวมกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ก็จะได้ค่ามวลชีวภาพรวมของหน่วยตัวอย่างนั้น

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	อุทยานแห่งชาติ							มาตรา หรือ มวลเนื้อไม้สด (m ³ /h) ความเข้มข้นของธาตุคาร์บอนในเนื้อไม้ =							
2	linecode	ชื่อ	วาสุ	Grp.	เหนือพื้นดิน (AGB)				WD	มวลชีวภาพรวม (ton/ha)					
3			โต		ลำต้น	กิ่งก้าน	ใบ	รวม	(ton/m ³)	AGB	BGB	total			
4	1	แคทราย	=	2	5.723	2.060	0.744	8.53	0.58	4.946	1.425	6.371			
5	1	ยมหอม	=	3	42.832	13.278	4.283	60.39	0.43	25.969	6.166	32.135			
6	1	ตะแบกเลือด	=	3	10.882	3.374	1.088	15.34	0.55	8.439	2.284	10.723			
7	1	มะกึ่ม	=	7	2.623	0.813	0.288	3.72	0.57	2.123	0.675	2.797			
8	1	มะกึ่ม	5	S	#####	68.401	#####	756.50	0.57	0.756	0.271	1.028			
9	1	ไผ่รวก	6	B				12546.33		12.546	3.243	15.791			
10	1	ไผ่ป่า	3	B				46295.60		46.296	10.277	56.573			
11	มวลชีวภาพใต้พื้นดินไม้ยมหอม =EXP(-1.0587+(0.8836*LN(m5)))														
12	มวลชีวภาพใต้พื้นดินไม้ไผ่ป่า =EXP(-1.0587+(0.8836*LN(m10)))														
13															
14	1	กระบก	=	3	95.347	29.558	9.535	134.44	0.76	102.174	20.686	122.860			
15	1	หนามเกี่ยวไก่	3	C				169.70		0.170	0.072	0.242			
16															
17	มวลชีวภาพรวมทั้งต้น หนามเกี่ยวไก่ =m15+m15														
18															
19															

ภาพที่ 17 การคำนวณมวลชีวภาพใต้พื้นดินและมวลชีวภาพรวม

ขั้นตอนที่ 6: การคำนวณการสะสมของธาตุคาร์บอนในหน่วยตัวอย่าง

โดยทั่วไปแล้วในเนื้อไม้ที่อบแห้งหรือมวลชีวภาพ จะมีธาตุคาร์บอนสะสม (carbon content) อยู่ประมาณ 47 % (IPCC, 2006) เราจึงสามารถใช้ค่า carbon content นี้ไปคำนวณปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมในหน่วยตัวอย่างได้ (carbon stock) ด้วยสมการ

ปริมาณคาร์บอนสะสม (carbon stock) = มวลชีวภาพรวม X 0.47
โดย หน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mtco₂e)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																0.47
2																
3																
4	1															
5	1															
6	1															
7	1															
8	1															
9	1															
10	1															
11																
12	1															
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																

ภาพที่ 18 การคำนวณปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมในหน่วยตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณค่าคาร์บอนสะสมเฉลี่ยต่อเนื้อที่

การประเมินปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมเฉลี่ยต่อเนื้อที่ (carbon stock per unit) สามารถคำนวณได้ด้วยการนำค่าปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมในหน่วยตัวอย่างไปหารด้วยจำนวนแปลงตัวอย่างที่ใช้ (ควรแยกเป็นรายชนิดป่า ถ้ามี) หน่วยที่ได้จะเป็น “ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ (Mtco₂e/ha)” ดังตัวอย่างในตารางที่ 10

ปริมาณคาร์บอนสะสมต่อพื้นที่ (carbon stock per unit) =

ปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมในหน่วยตัวอย่าง

(จำนวนแปลงตัวอย่างที่ใช้)

ตารางที่ 10 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมเฉลี่ยต่อเนื้อที่

แปลงตัวอย่างที่	ปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมเฉลี่ยในแปลงตัวอย่าง (Mtco ₂ e/ha)	
	ป่าเต็งรัง	ป่าเบญจพรรณ
1	-	58.95
2	-	59.24
3	-	84.71
4	-	75.58
5	-	98.81
6	-	69.23
7	35.86	-
8	26.87	-
9	46.23	-
10	29.18	-
ผลรวม	138.14	446.52
ค่าเฉลี่ยต่อเนื้อที่	34.535	74.42
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งป่า	58.47	

ขั้นตอนที่ 8 : คำนวณค่าคาร์บอนสะสมในพื้นที่ป่า

การประเมินปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมทั้งหมดในพื้นที่สำรวจ (total carbon stock) สามารถคำนวณได้ด้วยการนำค่าปริมาณธาตุคาร์บอนที่สะสมเฉลี่ยต่อเนื้อที่ไปคูณกับขนาดของพื้นที่ป่านั้นๆ หน่วยที่ได้จะมีค่าเป็น “ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mtco_2e)” ดังตัวอย่างในตารางที่ 11

$$\text{total carbon stock} = \text{carbon stock per unit} \times \text{ขนาดพื้นที่ป่า}$$

ตารางที่ 11 การกักเก็บธาตุคาร์บอนในพื้นที่ป่าสาธิต อำเภองาว จังหวัดลำปาง

ชนิดป่า	ขนาดพื้นที่ (เฮกตาร์)	ค่าเฉลี่ย				คาร์บอน สะสม เฉลี่ย Mtco ₂ e/ha	ปริมาณธาตุ คาร์บอนที่ สะสมทั้งหมด (Mtco ₂ e)
		ปริมาตรไม้ (m ³ /ha)			มวลชีวภาพ (ton/ha)		
		AGV ^{*1}	BGV ^{*2}	รวม			
ป่าดงดิบ	2,157.19	84.72	17.53	102.25	60.33	28.35	61,164.76
ป่าเบญจพรรณ	20,558.92	98.73	20.07	118.80	70.09	32.94	677,266.98
ป่าเต็งรัง	2,409.03	154.48	29.80	184.29	108.73	51.10	123,107.30
สวนป่าไม้สัก	3,641.01	80.57	16.76	97.34	57.43	26.99	98,278.53
ไร่ร้าง	12,881.30	10.81	2.84	13.65	8.05	3.79	48,766.53
ค่าอนุमान	41,647.47	72.45	14.88	121.52	71.70	33.70	1,008,584.11

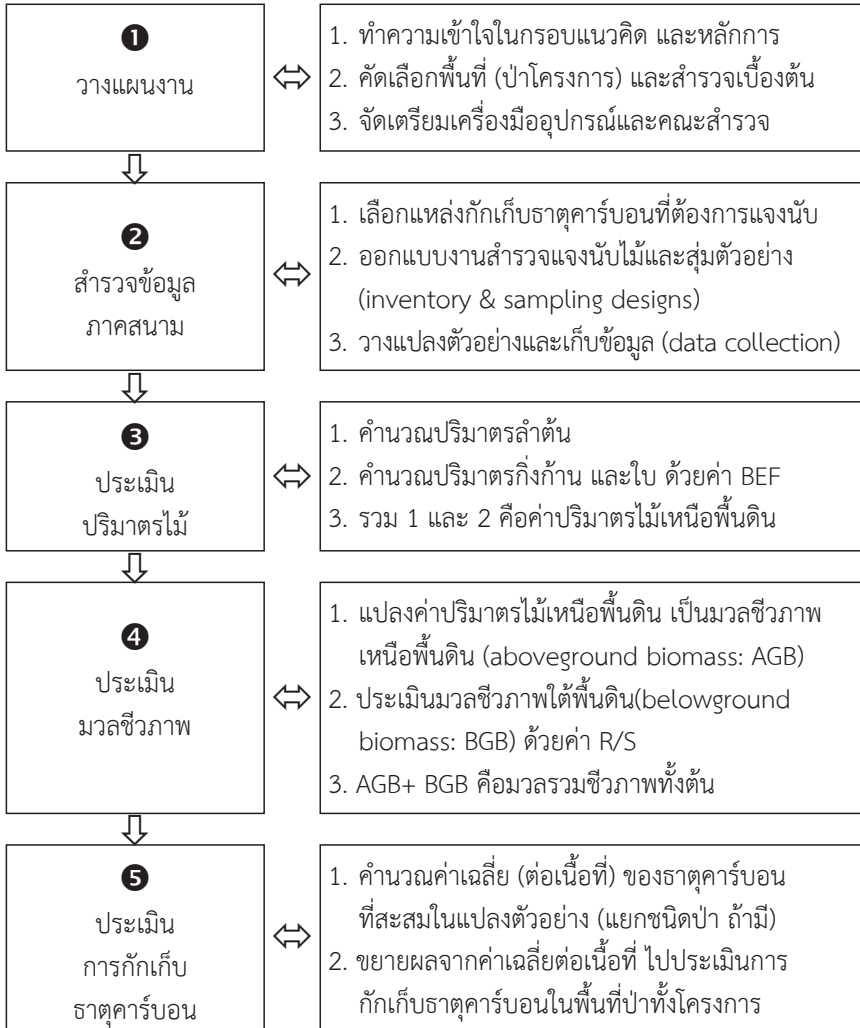
หมายเหตุ *1 AGV= aboveground volume (ปริมาตรไม้เหนือพื้นดิน)

*2 BGV= belowground volume (ปริมาตรไม้ใต้พื้นดิน)

ที่มา: จากข้อมูลผลการแก่นับไม้ ปี พ.ศ. 2530 โดย ธีญนรินทร์ ณ นคร (ประมาณการเฉพาะไม้ใหญ่ ไม่รวมไม้ร่น ไม้ เถาวัลย์และหวาย โดยอนุโลมให้ใช้ความหนาแน่นจำเพาะเฉลี่ย (0.59) เหนารวมในการแปลง ปริมาตรไม้เป็นมวลชีวภาพ)

3.2.5 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอน

สรุปขั้นตอนการดำเนินงาน



3.3 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของการคำนวณจากป่าปริมาตรไม้ และจากสมการอัลโลเมตรี

แบบวิธีคำนวณจากค่าปริมาตรไม้	แบบวิธีคำนวณจากสมการอัลโลเมตรี
1. กระทำได้ง่ายโดยการสำรวจแจงนับไม้ หรือใช้ข้อมูลปริมาตรไม้ที่มีอยู่ในอดีตก็ได้	1. ต้องตัดฟันไม้เพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้ง (biomass) ก่อนนำไปใช้สร้างสมการ อัลโลเมตรี
2. ให้ความแม่นยำน้อยกว่าการใช้ค่ามวลชีวภาพไม้โดยตรง	2. ให้ความแม่นยำมากกว่า (ถ้าใช้หน่วยตัวอย่างที่มากพอ และประยุกต์ใช้ได้ อย่างเหมาะสม)
3. ใช้ตัวแปรเดียวในการเก็บข้อมูลไม้ ตัวอย่าง คือค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง	3. ต้องวัดทั้งค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของต้นไม้ตัวอย่าง
4. ในปัจจุบันมีตารางปริมาตรไม้แบบราย ชนิดพันธุ์ (species) ครอบคลุมทุกชนิดพันธุ์ไม้ป่าในประเทศไทย	4. ในปัจจุบันไม่มีสมการอัลโลเมตรีที่ ครอบคลุมทุกรายชนิดพันธุ์ (species) มีเพียงสมการรายชนิดป่า (type)
5. เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้ในระดับ พื้นที่หน่วยจัดการป่าไม้	5. เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้ในระดับประเทศ (ร่วมกับ remote sensing)
6. เสียค่าใช้จ่ายและแรงงานน้อย	6. เสียค่าใช้จ่ายและแรงงานที่มากกว่า

บทที่ 4

การเขียนรายงานผลการดำเนินงาน

การรายงานผลการดำเนินงาน (reporting) เป็นกิจกรรมในขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินการกักเก็บธาตุคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ เป็นการให้รายละเอียดเกี่ยวกับผลการประมาณที่ได้พร้อมข้อมูลประกอบอื่นที่จำเป็นเกี่ยวข้อง เช่น วิธีการดำเนินงาน สถานที่ตั้งและสถานภาพพื้นที่ที่เข้าไปสำรวจ ลักษณะภูมิประเทศ พืชพรรณ ดิน หิน ปริมาณน้ำฝน และข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วรูปแบบในรายงานจะมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. คำนำ
2. วัตถุประสงค์
3. อุปกรณ์และวิธีการ
4. สถานที่และระยะเวลาในการทำงาน
5. วิธีการประมวลผลการสำรวจ
6. สรุปผล
7. ข้อเสนอแนะและวิจารณ์
8. เอกสารอ้างอิง
9. ภาคผนวก (ถ้ามี)

หัวข้อที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดในรายงาน คือ ผลสรุปการประเมินฯ ดังนั้นรูปแบบการนำเสนอผลที่ควรจัดไว้เป็นหมวดหมู่ ผลการประมาณที่เป็นชุดตัวเลข ให้ใช้ตารางสรุป พร้อมแผนภูมิหรือแผนภาพ ประกอบการเขียนคำบรรยาย เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่ายและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวก ส่วนรายละเอียดอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อความสมบูรณ์ของรายงาน เช่น แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณนั้น แบบงานและแผนที่แนวสำรวจ หรือที่ดัดแปลงตัวอย่าง ให้มีการนำเสนอไปในคราวเดียวกันด้วย

บรรณานุกรม

- กลุ่มงานพัฒนาผลผลิตป่าไม้. 2548. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. สำนักวิจัยการ
จัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- กลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้. 2552. คู่มือการติดตามการเปลี่ยนแปลง
ของทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทย. ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากร
ป่าไม้ สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า
และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. คู่มือการประเมินชีวภาพของหมูไม้. (Handbook
of Stand Biomass Estimation). ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์
กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- _____, ภาณุมาศ ลาดपालะ, วัฒนา ศักดิ์ชูวงศ์. 2554. การสะสมคาร์บอน
ของเถาวัลย์ในป่าธรรมชาติ ณ อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน. ใน เอกสาร
ประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศ
โลก ครั้งที่ 2: การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจสีเขียว. วันที่ 18–19
สิงหาคม 2554, องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน),
กรุงเทพฯ.
- ธิตี วิสารัตน์ และ ชลธิดา เชิญขุนทด. 2547. องค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชและ
ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าไม้ในป่าดิบแล้ง. ใน เอกสาร
ประกอบการประชุม “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางป่าไม้”
ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น, วันที่ 16-17 สิงหาคม 2547. กรมอุทยานแห่ง
ชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ธัญนรินทร์ ณ นคร. 2535. ผลการจัดทำตารางปริมาตรไม้โดยใช้ Spiegel
Relascope บริเวณป่าสาธิต อำเภองาว จังหวัดลำปาง. ฝ่ายป่าสาธิต
กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

- _____. 2542. การเปรียบเทียบวิธีการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ระหว่าง plot sampling และ pointsampling. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ. 2524. วนวัฒนวิทยาขั้นสูง. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มานพ อีสสระรีย์. 2525. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของสังคมพืชในไร่ร้างณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชอำเภอปักธงชัยจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถิตย์ วัชรกิตติ. 2525. การสำรวจทรัพยากรป่าไม้. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุนันทา ขจรศรีชล. 2531. ลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของป่าสนธรรมชาติบริเวณโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์อำเภอแม่แจ่มจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ASEAN Institute of Forest Management. 1987. Recommended Forest Inventory Procedures in ASEAN. Kuala Lumpur, Malaysia.
- CIFOR, World Agroforestry Centre and USAID 2009. Forest and climate change toolbox (powerpoint presentation). Available from <http://www.cifor.org>
- FAO. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO Forestry Paper 134. Rome.
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. International Panel on Climate Change. IGES, Hayama, Japan.

- _____, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. IPCC Fourth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. J. Jap. Ecol. 17 : 70-87.
- Kumar, Rajesh and Sudheesh. 2005. Aboveground biomass production and nutrient uptake of thorny bamboo (*bambusa bambos* (L.)) in the homegardens of Thrissur, Kerala. Journal of Tropical Agriculture 43 (1-2): 51-56
- Kutintara, U., D. Marod, M. Takahashi, and T. Nakashizuka. 1995. Growth and dynamics of bamboos in a tropical seasonal forest. In Proceedings of the International Workshop on "The Changes of Tropical Forest Ecosystems by EL Nino and Others", Bangkok, Japan Science & Technology Agency + National Research Council of Thailand + Japan International Science & Technology Exchange Center, p.125-139.
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. Nature and Life in Southeast Asia 4 : 49-80.
- Reyes G, brown S, Chapman J, Lugo AE. 1992. Wood densities of tropical tree species. United states Department of Agriculture, Forest Services Southern Forest Experimental Station. New Orleans, Louisiana.

- Sarnga Sabbhasri and Leonard E. Wood, 1967. Forest Biomass in Thailand. Military Research and development Center, Thailand. 1967.
- Satoo, T. and Senda. 1958. Materials for the studies of growth in stand. IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *Chameacyparis obtusa*. Bull. Tokyo Univ. For. 54 : 7-100.
- Shinozaki, K. K. Yoda, K. Hozumi and T. Kira. 1964. A quantitative analysis of plant from: The Pipe Model Theory. I. Basic Analysis. Jap. J. Ecol. 14 : 97-105.
- Suwannapinunt, W. 1983. A study on the biomass of *Thyrsostachys siamensis* GAMBLE forest at Hin-Lap, Kanchanaburi. Journal of Bamboo Research 2 (2) : 82-101.
- Tsutsumi T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest : Felling, Burning and Regeneration. In Shifting cultivation. An experiment at NamPhrom, Thailand and its implications for upland farming in the monsoon Tropics. Edited by K. kyuma and C. Pairintra. p. 13-62.
- WRI. 2007. World resources 1988-1989. Basic Books, New York.
- Wyatt-Smith, J. 1949. Manual of Silviculture for Inland Forest. Vol III. Maiayan Forest Recoards No. 23.

ภาคผนวก

ตารางผนวก 1 ความหนาแน่นจำเพาะของชนิดพันธุ์ไม้ป่าในประเทศไทย

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
1	กระเจา	<i>Corchorus</i> sp.	0.7	0.57	1
2	กระดังงาใหญ่	<i>Cananga odorata</i>	-	0.29	IPCC
3	กระโดน	<i>Careya sphaerica</i>	0.95	0.77	1
4	กระถินณรงค์	<i>Acacia auriculaeformis</i>	0.79	0.65	1
5	กระท้อน	<i>Sandoricum</i> sp.	-	0.43	IPCC
6	กระติง	<i>Calophyllum</i> sp.	-	0.53	IPCC
7	กระทุ่ม	<i>Anthocephalus chinensis</i>	-	0.35	IPCC
8	กระทุ่มเขา	<i>Neonauclea calycina</i>	-	0.62	IPCC
9	กระทุ่มเนิน	<i>Mitragyna rotundifolia</i>	-	0.56	IPCC
10	กระบก	<i>Irvingia malayana</i>	1.04	0.85	1
11	กระบาก	<i>Anisoptera costata</i>	0.6	0.49	1
12	กระเบาลิง	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i>	1.01	0.82	1
13	กระพี่เขาควาย	<i>Dalbergia cultrata</i>	1.09	0.89	1
14	กล้วยหมูส้ม	<i>Polyalthia lateriflora</i>	0.52	0.43	1
15	กว้าว	<i>Adina cordifolia</i>	-	0.58	IPCC
16	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i>	-	0.7	IPCC
17	ก่อหัวหมู	<i>Lithocarpus sootepensis</i>	-	0.63	IPCC
18	กะทังหัน	<i>Calophyllum thorelii</i>	0.68	0.56	1
19	กันเกรา	<i>Fagraea fragrans</i>	0.92	0.75	1
20	กางขี้มอด	<i>Albizia odoratissima</i>	-	0.76	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ตันต่อลูกบาศก์เมตร		
21	กาสามปึก	<i>Vitex peduncularis</i>	-	0.96	IPCC
22	กำจัดต้น	<i>Zanthoxylum limonella</i>	-	0.33	IPCC
23	กุ่ม	<i>Crataeva religiosa</i>	-	0.53	IPCC
24	กุหลิม	<i>Scorodocarpus borneensis</i>	0.9	0.73	1
25	เกว้า หรือ ขว้าว	<i>Haldina cordifolia</i>	0.69	0.57	1
26	โกกงางใบใหญ่	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.09	0.89	1
27	ขนุนป่า	<i>Artocarpus kemando</i>	0.53	0.44	1
28	ขมิ้นต้น	<i>Alseodaphne birmanica</i>	-	0.69	IPCC
29	มะตะขีหนอน	<i>Garcinia thorelii</i>	0.78	0.64	1
30	ขางหัวหมู	<i>Miliusa velutina</i>	0.54	0.45	1
31	ขานาง	<i>Homalium tomentosum</i>	0.81	0.66	1
32	เขลง	<i>Dialium cochinchinense</i>	1.1	0.89	1
33	ไข่เขียว	<i>Parashorea stellata</i>	0.54	0.45	1
34	ค้อ	<i>Livistona speciosa</i>	0.85	0.69	1
35	คอแลน	<i>Nephelium hypoleucum</i>	0.98	0.8	1
36	คูนหรือราชพฤกษ์	<i>Cassia fistula</i>	-	0.71	IPCC
37	เคี่ยม	<i>Cotylelobium</i> sp.	0.91	0.74	1
38	เคี่ยมคะนอง	<i>Shorea henryana</i>	0.72	0.59	1
39	แคทราย	<i>Stereospermum neuranthum</i>	0.8	0.65	1
40	แคบ้าน	<i>Sesbania grandiflora</i>	-	0.4	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
41	แคฝอย	<i>Stereospermum cylindricum</i>	-	0.62	IPCC
42	แคแสด	<i>Spathodea campanulata</i>	-	0.25	IPCC
43	จู้จี้	<i>Bombax ceiba</i>	-	0.33	IPCC
44	จันทน์กะพ้อ	<i>Vatica diospyroides</i>	-	0.69	IPCC
45	จันทน์ป่า	<i>Myristica cinnamomea</i>	0.57	0.47	1
46	จันทรัดง	<i>Beilschmiedia assamica</i>	-	0.58	IPCC
47	จามจุรี	<i>Samanea saman</i>	0.62	0.51	1
48	จำปาป่า	<i>Michelia</i> sp.	0.4	0.33	1
49	จิก	<i>Barringtonia</i> sp.	-	0.48	IPCC
50	จิกเขา	<i>Palaquium maingayi</i>	-	0.55	IPCC
51	จิกนม	<i>Barringtonia macrostachya</i>	0.65	0.53	1
52	เถียงพ้านางแอ	<i>Carallia brachiata</i>	0.72	0.59	1
53	ชะมวง	<i>Garcinia cowa</i>	-	0.75	IPCC
54	ชันหรือเต็งตง	<i>Vatica harmandiana</i>	0.84	0.69	1
55	ชัยพฤกษ์	<i>Cassia javanica</i>	-	0.69	IPCC
56	ชำแป้น	<i>Callicarpa arborea</i>	-	0.53	IPCC
57	ชิงชัน	<i>Dalbergia oliveri</i>	1.14	0.93	1
58	ชุมแพรงหรือเสียดซ้อ	<i>Heritiera javanica</i>	0.58	0.48	1
59	ซ้อ	<i>Gmelina arborea</i>	-	0.43	IPCC
60	ชาด	<i>Erythrophleum succirubruem</i>	-	0.65	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
61	ดีหมี	<i>Cleidion speciflorum</i>	-	0.5	IPCC
62	ดีเหล็ก	<i>Anisophyllea apetala</i>	-	0.46	IPCC
63	ดุกค่าง	<i>Canthium</i> sp.	-	0.42	IPCC
64	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i>	1.01	0.82	1
65	ตระคร้อ	<i>Schleichera oleosa</i>	1.1	0.89	1
66	ตะกู่	<i>Anthocephalus chinensis</i>	0.62	0.51	1
67	ตะเคียนขน	<i>Hopea sangal</i>	0.62	0.51	1
68	ตะเคียนชันตาแมว	<i>Balanocarpus</i> sp.	0.9	0.73	1
69	ตะเคียนทราย	<i>Shorea gratissima</i>	0.76	0.62	1
70	ตะเคียนทอง	<i>Hopea odorata</i>	-	0.64	IPCC
71	ตะเคียนราก	<i>Hopea pierrei</i>	0.8	0.65	1
72	ตะเคียนหนู	<i>Anogeissus acuminata</i>	0.7	0.57	1
73	ตะเคียนหิน	<i>Hopea ferrea</i>	0.98	0.8	1
74	ตะบูนขาว	<i>Xylocarpus granatum</i>	0.6	0.49	1
75	ตะบูนดำ	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	0.88	0.72	1
76	ตะแบก	<i>Lagerstroemia</i> sp.	0.68	0.56	1
77	ต้งหน	<i>Calophyllum</i> sp.	0.69	0.57	1
78	ตาตุ่มบก	<i>Sapium</i> sp.	-	0.4	IPCC
79	ตาเสือ	<i>Dysoxylum acutangulum</i>	0.66	0.54	1
80	ดำหยาว	<i>Alphonsea</i> sp.	-	0.5	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
81	ติ้ว	<i>Cratoxylum</i> sp.	0.8	0.65	1
82	ตีนนก	<i>Vitex pinnata</i>	0.9	0.73	1
83	ตีนเป็ดหรือ สัตบรรณ	<i>Alstonia scholaris</i>	0.4	0.33	1
84	คุ่มเต้น	<i>Duabanga grandiflora</i>	0.56	0.46	1
85	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i>	1.05	0.85	1
86	เต็งหนาม	<i>Bridelia retusa</i>	-	0.5	IPCC
87	เตยหนาม	<i>Pentaspadon velutinus</i>	0.63	0.52	1
88	เดิมน	<i>Bischofia javanica</i>	-	0.58	IPCC
89	ถ่อน	<i>Albizia procera</i>	0.73	0.6	1
90	ทองกวาว	<i>Butea monosperma</i>	-	0.48	IPCC
91	ทองบั้ง	<i>Koompassia malaccensis</i>	-	0.72	IPCC
92	ทองหลางน้ำ	<i>Erythrina fusca</i>	-	0.25	IPCC
93	ทองหลางป่า	<i>Erythrina subumbrans</i>	-	0.24	IPCC
94	ทะโล้ หรือ มังตาล	<i>Pentaspadon velutinus</i>	0.81	0.66	1
95	ท้าวยายม่อม	<i>Melochia umbellata</i>	-	0.25	IPCC
96	ท้ามัง	<i>Dehaasia</i> sp.	0.46	0.38	1
97	ทังฟ้า	<i>Alstonia macrophylla</i>	0.52	0.43	1
98	ทุเรียน	<i>Durio zibethinus</i>	0.49	0.41	1
99	ไทร	<i>Ficus</i> sp.	-	0.39	IPCC
100	นกกอน	<i>Cleistanthus</i> sp.	-	0.88	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
101	นนทรี	<i>Peltophorum pterocapum</i>	0.68	0.56	1
102	นมวัว	<i>Micromelum</i> sp.	-	0.64	IPCC
103	นางเลว	<i>Cyathocalyx martabanicus</i>	0.88	0.72	1
104	นุ่น	<i>Ceiba pentandra</i>	-	0.23	IPCC
105	บุนนาค	<i>Mesua ferrea</i>	1.12	0.91	1
106	ประดู่	<i>Pterocarpus</i> sp.	0.92	0.75	1
107	ประยงค์ป่า	<i>Aglaia</i> sp.	-	0.89	IPCC
108	ปรง	<i>Alangium</i> sp.	-	0.65	IPCC
109	ปอขี้แฮด	<i>Macaranga denticulata</i>	-	0.53	IPCC
110	ปอควาว	<i>Sterculia urena</i>	-	0.67	IPCC
111	ปอจาง	<i>Hibiscus macrophyllus</i>	0.35	0.29	1
112	ปอแดง	<i>Sterculia guttata</i>	0.46	0.38	1
113	ปอเลียงฝ้าย	<i>Kydia calycina</i>	0.78	0.64	1
114	ปออีแก้ง	<i>Pterocymbium tinctorium</i>	0.6	0.49	1
115	ปีบ	<i>Millingtonia hortensis</i>	0.64	0.53	1
116	ปู้เจ้า	<i>Terminalia triptera</i>	0.89	0.73	1
117	เปรี๊ยะ	<i>Swintonia</i> sp.	-	0.61	IPCC
118	พญาไม้	<i>Podocarpus neriifolius</i>	0.67	0.55	1
119	พนอง	<i>Shorea hypochra</i>	0.59	0.49	1
120	พระเจ้าห้าพระองค์	<i>Dracontomelon dao</i>	-	0.52	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
121	พฤษภ	<i>Albizia lebbek</i>	0.82	0.67	1
122	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	0.86	0.7	1
123	พลับพลา	<i>Microcos paniculata</i>	-	0.4	IPCC
124	พะยอม	<i>Shorea roxburghii</i>	0.84	0.69	1
125	พะยุง	<i>Dalbergia cochinchinensis</i>	1.03	0.84	1
126	พะวา	<i>Garcinia speciosa</i>	0.83	0.68	1
127	พังแหรใหญ่	<i>Trema orientalis</i>	-	0.31	IPCC
128	พันจำ	<i>Vatica odorata</i>	0.58	0.48	1
129	พิกุลป่า	<i>Adinandra integerrima</i>	0.94	0.77	1
130	โพทะเล	<i>Thespesia populnea</i>	-	0.52	IPCC
131	มะกอกเกลื่อน	<i>Canarium subulatum</i>	-	0.44	IPCC
132	มะกอกโคก	<i>Schrebera swietenoides</i>	-	0.82	IPCC
133	มะกายคัต	<i>Mallotus philippinensis</i>	-	0.64	IPCC
134	มะเกลือ	<i>Diospyros mollis</i>	1.31	1	1
135	มะขาม	<i>Tamarindus indica</i>	-	0.75	IPCC
136	มะค่าแต้	<i>Sindora siamensis</i>	1.1	0.89	1
137	มะค่าโมง	<i>Afzelia xylocarpa</i>	0.85	0.69	1
138	มะค่าติควาย	<i>Sapindus rarak</i>	-	0.58	IPCC
139	มะขาง	<i>Madhuca dongnaiensis</i>	0.92	0.75	1
140	เดื่อนิ่ง	<i>Ficus botryocarpa</i>	-	0.43	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
141	มะตูม	<i>Aegle marmelo</i>	-	0.75	IPCC
142	มะปริง	<i>Bouea oppositifolia</i>	0.81	0.66	1
143	มะพร้าว	<i>Cocos nucifera</i>	-	0.5	IPCC
144	มะพอก	<i>Parinari anamense</i>	0.72	0.59	1
145	มะแฟน	<i>Protium serratum</i>	0.82	0.67	1
146	มะม่วงป่า	<i>Mangifera caloneura</i>	0.81	0.66	1
147	มะม่วงหัวแมงวัน	<i>Buchanania lanzan</i>	-	0.45	IPCC
148	มะยมป่า	<i>Baccaurea brevipes</i>	0.47	0.39	1
149	มะเยา	<i>Aleurites moluccana</i>	-	0.25	IPCC
150	มะเลื่อม	<i>Dacryodes costata</i>	-	0.61	IPCC
151	มะหาด	<i>Artocarpus lacucha</i>	0.66	0.54	1
152	โมกมัน	<i>Wrightia arborea</i>	0.62	0.51	1
153	ยมหอม	<i>Toona ciliata</i>	0.53	0.44	1
154	ยมหิน	<i>Chukrasia tabularis</i>	0.9	0.73	1
155	ยวน	<i>Koompassia excelsa</i>	-	0.63	IPCC
156	ยางนา	<i>Dipterocarpus alatus</i>	0.7	0.57	1
157	ยางยุง	<i>Dipterocarpus grandiflorus</i>	0.76	0.62	1
158	ยางเสียน	<i>Dipterocarpus gracilis</i>	0.83	0.68	1
159	ยางโตน	<i>Polyalthia viridis</i>	-	0.51	IPCC
160	ยูคาลิปตัส	<i>Eucalyptus</i> sp.	1	0.81	1

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
161	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i>	1.04	0.85	1
162	รัก	<i>Gluta</i> sp.	-	0.63	IPCC
163	รักขนหรือรักน้ำ	<i>Semecarpus anacardium</i>	-	0.64	IPCC
164	รักใหญ่	<i>Gluta usitata</i>	-	0.63	IPCC
165	รัง	<i>Shorea siamensis</i>	1	0.81	1
166	ลำปัด	<i>Diospyros ferrea</i>	0.75	0.61	1
167	เล็บครุฑ	<i>Polyscias fruticosa</i>	-	0.38	IPCC
168	เลียงมัน	<i>Berrya cordifolia</i>	0.98	0.8	1
169	เลี่ยน	<i>Melia azedarach</i>	0.47	0.39	1
170	เลือดควาย	<i>Knema</i> sp.	-	0.53	IPCC
171	สนทะเล	<i>Casuarina equisetifolia</i>	-	0.83	IPCC
172	สนประดิพัทธ์	<i>Casuarina junghuhniana</i>	0.79	0.65	1
173	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i>	0.73	0.6	1
174	สนสามใบ	<i>Pinus kesiya</i>	0.62	0.51	1
175	สามพันปี	<i>Dacrydium elatum</i>	-	0.48	IPCC
176	สมพง	<i>Tetrameles nudiflora</i>	0.39	0.33	1
177	สมอติ่ง	<i>Terminalia citrina</i>	-	0.71	IPCC
178	สมอไทย	<i>Terminalia chebula</i>	0.88	0.72	1
179	สมอพิเภก	<i>Terminalia bellirica</i>	0.74	0.61	1
180	ส้มโอ	<i>Citrus maxima</i>	-	0.59	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ต้นต่อลูกบาศก์เมตร		
181	स्याขาว	<i>Shorea assamica</i>	0.51	0.42	1
182	स्याแดง	<i>Shorea leprosula</i>	0.41	0.34	1
183	สร้อยสมเด็จ	<i>Alnus nepalensis</i>	-	0.43	IPCC
184	สองสี	<i>Lophopetalum duperreanum</i>	0.45	0.37	1
185	สะแกแสง	<i>Cananga latifolia</i>	0.53	0.44	1
186	สะแกดง	<i>Cocculus laurifolius</i>	0.77	0.63	1
187	สะเดา	<i>Azadirachta indica</i>	0.86	0.7	1
188	สะเดาเทียม	<i>Azadirachta excelsa</i>	0.57	0.47	1
189	สะตอ	<i>Parkia</i> sp.	0.5	0.41	1
190	สัก	<i>Tectona grandis</i>	0.64	0.53	1
191	สาธร หรือขะเจี๊ยะ	<i>Millettia leucantha</i>	1.2	0.97	1
192	สำน	<i>Dillenia obovata</i>	0.78	0.64	1
193	สาละ	<i>Shorea robusta</i>	-	0.72	IPCC
194	สำโรง	<i>Scaphium scaphigerum</i>	0.64	0.53	1
195	สำโรง	<i>Sterculia foetida</i>	-	0.47	IPCC
196	สีเสียดเปลือก	<i>Pentace burmanica</i>	-	0.56	IPCC
197	เสลา	<i>Lagerstroemia</i> sp.	0.72	0.59	1
198	เสี้ยว	<i>Bauhinia</i> sp.	-	0.67	IPCC
199	แสลงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i>	-	0.88	IPCC
200	หมีเหม็น	<i>Litsea</i> sp.	-	0.4	IPCC

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	density	WD ^{*1}	ที่มา
			ตันต่อลูกบาศก์เมตร		
201	หยี	<i>Dialium</i> sp.	-	0.8	IPCC
202	หลุมพอ	<i>Intsia palembanica</i>	0.8	0.65	1
203	หว่า	<i>Syzygium cumini</i>	-	0.7	IPCC
204	หว่าเขา	<i>Cleistocalyx</i> sp.	-	0.76	IPCC
205	หูกวาง	<i>Terminalia catappa</i>	-	0.52	IPCC
206	หูช้าง	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	-	0.35	IPCC
207	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	0.93	0.73	1
208	อบเชย	<i>Cinnamomum</i> sp.	-	0.43	IPCC
209	อ้อยช้าง	<i>Lannea grandis</i>	-	0.5	IPCC
210	อินทนิลน้ำ	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	0.65	0.53	1
ค่าเฉลี่ย				0.59	

หมายเหตุ^{*1} Wood specific density จากผลการประยุกต์ใช้สมการของ Reyes et al. (1992) กับค่าความหนาแน่นไม้ป่าในประเทศไทย

ภาคผนวก 2 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลการสำรวจ ไม้ใหญ่ ไม้หนุม และลูกไม้

2.1 ตารางบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (ต้นไม้ที่มี DBH ≥ 4.5 เซนติเมตร และเถาวัลย์ที่มี DBH ≥ 2.0 เซนติเมตร)
 แปลงที่ _____ ขนาดแปลงตัวอย่าง _____ ชนิดป่า _____ สถานที่ _____ หน้าที่ _____

[illegible]

2.2 ตารางบันทึกข้อมูลไม้หนุ่ม (ต้นไม้ที่มี DBH < 4.5 เซนติเมตร และเถาวัลย์ที่มี DBH < 2.0 เซนติเมตร
แปลงที่ _____ ขนาดแปลงตัวอย่าง _____ ชนิดป่า _____ สถานที่ _____ หน้าที่ _____

[illegible]

ภาคผนวก 3 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการสำรวจ

3.1 ตารางบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (ต้นไม้ที่มี DBH $\geq$ 4.5 เซนติเมตร และเถาวัลย์ที่มี DBH $\geq$ 2.0 เซนติเมตร) แปลงที่ 1 ขนาดแปลงตัวอย่าง 40x40 เมตร ชนิดป่า ป่าดิบเขา สถานที่ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่										
Col	Row	No	นาง	ชนิด	ตำแหน่ง	วันที่		พิกัดต้น (m)		หมายเหตุ
					ที่วัด (m)	DBH (cm)	HT (m)	X (m)	Y (m)	
1	1	1	1	ทำอว		6.20	8.90	1.25	2.30	
1	1	2	1	ทำอว		5.50	9.50	3.78	2.15	
1	1	3	1	ห้วยอ่างกา		12.50	17.80	5.44	1.60	
1	1	4	1	ทำอว		5.40	6.50	6.47	1.40	
1	1	5	1	มะคังตง		9.30	9.80	7.10	2.55	
1	1	6	1	กุ่มขาว		61.10	42.70	9.35	0.35	มี # 274 อยู่ข้างๆ
1	1	*1229	1	ตาย	0.87	14.00	1.18	5.40	8.96	ตอหัก
1	1	7	1	เสียด		7.10	9.20	8.70	1.93	
1	1	8	1	ห้วยอ่างกา		7.10	11.50	6.42	4.87	
1	1	9	1	ทำอว		4.90	7.70	3.67	3.46	
1	1	10	1	ห้วยอ่างกา		6.20	9.60	4.19	5.08	
1	1	11	1	ห้วยอ่างกา		7.70	9.30	1.45	4.81	
1	1	12	1	ทำอว		13.80	14.50	0.16	6.29	2 นาง
1	1	13	2	ทำอว		6.70	6.90	0.41	5.61	ต้นคด
1	1	14	1	เหมือดหลวง		6.00	5.70	4.38	7.68	
1	1	15	1	ทำอว		5.70	8.30	6.46	6.31	
1	1	16	1	ห้วยอ่างกา		8.30	11.20	8.13	5.18	
1	1	17	1	ทำอว		9.20	12.00	8.51	8.86	
1	1	274	1	เครื่องมือการเวก		4.40	-	8.76	1.11	

3.2 ตารางบันทึกข้อมูลไม้หนุม (ต้นไม้ที่มี DBH < 4.5 เซนติเมตร และเถาวัลย์ที่มี DBH < 2.0 เซนติเมตร) แปลงที่ 1 ขนาดแปลงตัวอย่าง 4x4 เมตร ชนิดป่า ป่าดิบเขา สถานที่ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่									
Sup plot	No	ชนิด	วันที่ 26 เม.ย. 55		วันที่ 30 เม.ย. 56		วันที่ 27 มี.ค. 57		หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		
			DBH (cm)	Ht (m)	DBH (cm)	Ht (m)	DBH (cm)	Ht (m)	
1	1	ทำอาว	3.39	5.60	3.38	5.54	3.41	6.13	
	2	เครือย่านไก่อต้ม	0.23	-	0.27	-	0.38	-	
	3	เหมือดคนตัวเมีย	3.49	6.45	3.80	4.50	3.82	7.62	
	4	เครือย่านไก่อต้ม	0.51	-	0.47	-	1.69	-	
	5	เครือนมควาย	1.22	-	0.56	-	0.69	16.50	วัดยอดใหม่ #2
	6	เครือพริกไทยป่า	0.22	-	0.22	-	0.22	-	
	7	ทำอาว	0.83	1.75	0.74	1.81	0.75	1.81	
	8	เครือ Annonaceae	2.21	-	1.90	-	1.95	-	
	9	เครือนมควาย	1.11	-	1.22	-	1.48	-	
	10	เครือย่านไก่อต้ม	0.39	-	0.40	-	0.41	-	
	11	ขางปอยดอย	3.43	6.70	3.27	5.75	3.33	5.75	
	12	เฟิร์น Microsorium	0.43	-	0.42	-	0.58	-	
	13	ตาเป็ดตาไก่	0.52	1.36	0.54	1.40	0.57	1.40	
	14	Litsea meis	0.44	1.72	0.43	1.85	0.59	1.87	
	15	เหมือดหลวง	2.78	4.90	2.83	4.72	2.83	4.64	ยอดตาย
	16	พะอง	0.59	1.64	0.56	1.63	0.63	1.65	
	17	คอแลน	2.86	6.44	2.90	5.95	3.05	5.65	
	18	หวาย Calamus	1.61	-	1.61	-	1.62	-	ใกล้ตาย
	19	เครือพริกไทยป่า	0.14	-	0.15	-	0.28	-	
	20	เครือ Apocynaceae	0.18	-	0.19	-	0.29	-	
	21	เครือ Apocynaceae	0.29	-	0.27	-	0.32	-	
	22	เครือ Apocynaceae	0.16	-	0.13	-	-	-	ตาย
	23	เครือนมควาย	-	-	-	-	0.79	1.74	วัดความสูงได้
	24	เครือย่านไก่อต้ม	-	-	-	-	0.49	-	
	25	เครือนมควาย	-	-	-	-	0.99	-	

3.3 ตารางบันทึกข้อมูลกล้วยไม้ (ต้นไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร)									
แปลงที่ 1 ขนาดแปลงตัวอย่าง 1x1 เมตร ชนิดป่า ป่าดิบเขา สถานที่ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่									
Sub plot	No	ชนิด	29 พ.ค. 55	29 ส.ค. 55	29 พ.ย. 55	26 มี.ค. 56	25 มิ.ย. 56	24 ก.ย. 56	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	
			Ht (cm)	Ht (m)	Ht (m)	Ht (m)	Ht (m)	Ht (m)	
1	1	กุ่มขาว	10	-	-	-	-	-	ตาย
	2	กุ่มขาว	12	11.5	12	12	12	13	
	3	ตำแย	57.5	54	59	62	60	65	ยอดหัก
	4	ตำแย	22	23	23	23	23.5	-	ตาย
	5	ตำแย	95.5	99	101	100	105	101	ยึดตรง วัชยอดใหม่
	6	ก้อปลายจัก	37	37.5	38	38	39	43	
	7	ตำแย	70.1	70	70	72	72	78	
	8	ตำแย	84	86.5	90	88	88	128	ยืนย่น
	9	ก้อปลายจัก	45.5	46.5	49	50	50	49	แตกจากตอเดียวกัน
	10	กุ่มขาว	10	-	-	-	-	-	ตาย
	11	กุ่มขาว	8.5	3	-	-	-	-	ตาย
	12	พะอง	86	85.5	90	90	90	89	ยอดแห้ง
	13	กุ่มขาว	11	11	11.5	12	13	13	
	14	ตำแย	14	13	-	-	-	-	แตกมาจากเบอร์8, ตาย
	15	กุ่มขาว	-	6.5	6.5	-	-	-	ตาย
	16	มะลิดิน	-	2	3.5	3.5	3.5	4	
	17	ก้อ	-	-	33	33	33	37	
	18	Unknown	-	-	25	-	-	-	ตาย
	19	ตำแย	-	-	38	39	44	50	
	20	ก้อ	-	-	18	27	27.5	27	
	21	ก้อ	-	-	36	36	39	39	
	22	ก้อ	-	-	43	45	43	43	
	23	ตำแย	-	-	5	5	7	-	ตาย
	24	Unknown	-	-	-	18	17	18	
	25	Unknown	-	-	-	-	7	-	ตาย
	26	ก้อปลายจัก	-	-	-	-	-	30	ใบเหี่ยว โกล่ตาย
	27	ก้อปลายจัก	-	-	-	-	-	24	
	28	ตำแย	-	-	-	-	-	3	
	29	ก้อปลายจัก	-	-	-	-	-	32	

ภาคผนวก 4 ตารางบันทึกข้อมูลการวัดระดับความสูงด้วยเครื่องวัดมุมอย่างง่าย

วัดมุมในแปลง

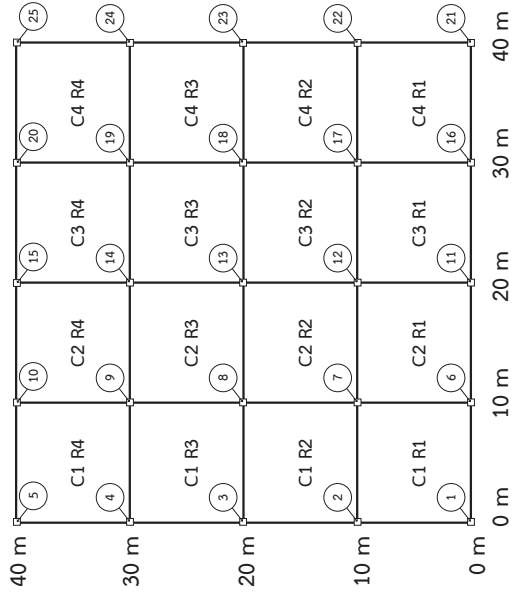
มุมวัด	#1 Angle	#2 Angle	#3 Angle
1-2			
2-3			
3-4			
4-5			
6-7			
7-8			
8-9			
9-10			
11-12			
12-13			
13-14			
14-15			
16-17			
17-18			
18-19			
19-20			
21-22			
22-23			
23-24			
24-25			

วัดมุมด้านฐานของแปลง

มุมวัด	#1 Angle	#2 Angle	#3 Angle
1-6			
6-11			
11-16			
16-21			

วันเดือน/ปี _____
แปลงที่ _____ สถานีที่ _____
พิกัด UTM : _____
พิกัด Lat-Long _____

ระดับความสูง มุมที่ 1 : _____ m
ระดับความสูง มุมที่ 5 : _____ m
ระดับความสูง มุมที่ 21 : _____ m
ระดับความสูง มุมที่ 25 : _____ m



ตำแหน่งทิศเหนือ





ส่วนที่

2

เทคนิคการวางแปลงตัวอย่างถาวร
และการวัดต้นไม้อย่างมืออาชีพ

เทคนิคการวางแผนตัวอย่างถาวรและการวัดต้นไม้ อย่างมืออาชีพ



ชิงชัย วิริยะบัญชา
นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ

ส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

สิงหาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

จากการที่ผู้เขียนได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องความเจริญเติบโตและผลผลิต (Growth & Yield) ของต้นไม้มรวมถึงการสะสมคาร์บอน (Carbon Stock) ทั้งในพื้นที่ป่าปลูกและป่าธรรมชาติ อย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน นับเป็นระยะเวลายาวนานกว่า 25 ปี ได้มีโอกาสปฏิบัติงานวิจัยร่วมกับผู้เชี่ยวชาญทั้งชาวไทย ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย อย่างต่อเนื่อง รวมถึงมีโอกาสได้รับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการทั้งในประเทศญี่ปุ่นและออสเตรเลียหลายครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถูกปลูกฝังและถ่ายทอดงานวิจัยทางด้านนี้จากนักวิจัยอาวุโสหลายท่าน ตั้งแต่แรกเริ่มในการรับราชการ เช่น พี่บัวเรศ ประไชโย พี่เกียรติก้อง พิตรปรีชา พี่พิณ เกื้อกุล พี่พิทยา เพชรมาก พี่คงศักดิ์ ภิญโญภูษากฤษ์ พี่บุญญฤทธิ์ ภูริยากร พี่สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน พี่ทศพร วัชรางกูร พี่ธิดิ วิสารัตน์ พี่บพิตร เกียรติวุฒินนท์ พี่รัตน์ะ ไทยงาม พี่วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง และพี่สมบุรณ์ กิรติประยูร รวมถึง Dr.Moriyoshi Ishizuka และ Dr.Koichi Kamo ที่ถือได้ว่าท่านเหล่านั้นเป็นครูบาอาจารย์ที่ผู้เขียนได้เก็บเกี่ยวความรู้ แนวคิด และการดำเนินงานของท่านเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยในปัจจุบัน และถือได้ว่าผู้เขียนโชคดีที่ได้รับทั้งโอกาสและแบบอย่างที่ดีในการดำเนินงานจากท่าน และขอขอบพระคุณผู้อำนวยการส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ (คุณสิริรัตน์ จันทรมหเสถียร) และผู้อำนวยการสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช (คุณณรงค์ มหรรณพ) ที่สนับสนุนและมอบโอกาสให้ผู้เขียนได้จัดทำคู่มือ“เทคนิคการวางแผนตัวอย่างถาวรและการวัดต้นไม้อย่างมืออาชีพ” รวมถึงเป็นวิทยากรบรรยายในหัวข้อดังกล่าว ไว้ ณ โอกาสนี้ ส่วนดีของคู่มือเล่มนี้ขอมอบเครดิตไว้แต่คณะบุคคลที่ได้กล่าวนามมาแล้วข้างต้น ส่วนข้อบกพร่องจากคู่มือเล่มนี้ผู้เขียนขออภัยไว้เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป



(นายชิงชัย วิริยะบัญชา)

นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ

17 สิงหาคม 2556

คำนำ

จากการขาดแคลนข้าราชการรุ่นใหม่ของสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช ที่จะมาเรียนรู้และปฏิบัติงานทางด้านความเจริญเติบโตและผลผลิต (Growth & Yield) ของต้นไม้ รวมถึงการสะสมคาร์บอน (Carbon Stock) ทั้งในพื้นที่ป่าปลูกและป่าธรรมชาติ ที่ขาดช่วงมามากกว่า 10 ปี จะมีก็แต่พนักงานราชการ และเจ้าหน้าที่ TOR ไม่กี่คนที่ได้มีโอกาสร่วมปฏิบัติงานในช่วงสั้นๆ และแยกย้ายไปบรรจุตามตำแหน่งที่ได้รับหลังจากสอบบรรจุได้ ซึ่งการศึกษาวิจัยทางด้านนี้เป็นงานที่ค่อนข้างยากและต้องอาศัยทักษะ ความรู้ ความมุ่งมั่น และระยะเวลา จึงจะสามารถสร้างสมประสบการณ์และพัฒนางานทางด้านนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อไป

คู่มือ “เทคนิคการวางแผนตัวอย่างถาวรและการวัดต้นไม้อย่างมืออาชีพ” เล่มนี้ได้ถูกจัดเตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การประยุกต์เทคนิคพื้นฐานสำหรับการวางแผนทดลองตัวอย่าง” ระหว่างวันที่ 26-31 สิงหาคม 2556 ณ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักวิชาการป่าไม้ที่มีความสนใจในการวางแผนตัวอย่างถาวรและการวัดข้อมูลความเจริญเติบโตของต้นไม้ ใช้เป็นคู่มือในการปฏิบัติงานได้จริงในภาคสนาม ซึ่งการวางแผนตัวอย่างถาวรและวัดความเจริญเติบโตต้นไม้ให้มีความถูกต้องสูงและมีความคลาดเคลื่อนน้อย ถือเป็นก้าวแรกและก้าวสำคัญต่อการดำเนินงานวิจัย ที่จำเป็นต้องอาศัยทักษะ เทคนิค อุปกรณ์ ทฤษฎี และวิธีการ ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลภาคสนามที่มีคุณภาพสูง มีมาตรฐาน และสามารถตรวจสอบได้ นอกจากนี้การเก็บข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้นที่ในแปลงตัวอย่างถาวร และตำแหน่งพิกัด X-Y ของต้นไม้ จะสามารถนำมาประมวลผลรวมกันได้ ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ขอแนะนำโปรแกรม Surfer Version 9 ในการดำเนินการ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล

ความสัมพันธ์ระหว่างความโตที่ระดับอก (Diameter at Brest Height, DBH) และความสูง (Height, H) ของต้นไม้ หรือ สมการ D-H Relation ใช้โปรแกรม SILVICS ของ Dr. M. Ishizuka ในการคำนวณ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหามวลชีวภาพ จากสมการแอลโลเมตริก ต่อไป

ประเภทของแปลงตัวอย่าง

Robert *et.al.* (2005) ได้แยกแปลงตัวอย่างภาคสนามที่ใช้ในการ ศึกษาวิจัยทางด้านวนวัฒนวิทยา และผลผลิต ในประเทศสหรัฐอเมริกา ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. แปลงตัวอย่างชั่วคราว
2. แปลงตัวอย่างชั่วคราว เพื่อศึกษาความเจริญเติบโตเพิ่มเติม
3. แปลงตัวอย่างถาวร

แปลงตัวอย่างชั่วคราว เป็นแปลงที่เก็บข้อมูลในการทำตารางผลผลิต ในลักษณะของการสำรวจแก่นไม้ (Forest Inventory) ข้อมูลที่เก็บ คือ อายุ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูง เป็นแปลงที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย

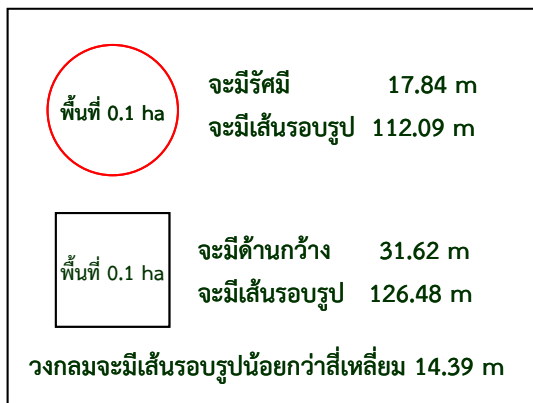
แปลงตัวอย่างชั่วคราว เพื่อศึกษาความเจริญเติบโตเพิ่มเติม เป็นแปลง ที่เก็บข้อมูลเพิ่มเติมจาก อายุ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูง โดยเก็บ Increment Core และการวิเคราะห์ลำต้น (Stem Analysis) เพื่อศึกษาอัตรา ความเจริญเติบโตของต้นไม้ในอดีต

แปลงตัวอย่างถาวร เป็นแปลงที่ใช้เก็บข้อมูลระยะยาวมีการตรวจวัดซ้ำ ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำสูงกว่าแปลงตัวอย่างชั่วคราว เป็นแปลงที่ เสียค่าใช้จ่ายสูงในการดำเนินงาน

ลักษณะของแปลงตัวอย่าง

ลักษณะของแปลงตัวอย่างทางด้านป่าไม้ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะมีอยู่ 3 แบบ คือ 1) วงกลม 2) สี่เหลี่ยมจัตุรัส และ 3) สี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนรูปแบบที่เป็นจุดไม่เป็นที่นิยมใช้กัน โดยที่รูปแบบทั้ง 3 แบบดังกล่าวจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน

แปลงตัวอย่างวงกลม เป็นแปลงตัวอย่างที่นิยมใช้กันในการสำรวจแจงนับไม้ หรือ Forest Inventory ใช้ได้ดีเมื่อแปลงตัวอย่างมีขนาดเล็ก และพื้นที่มีความลาดชันไม่มากนัก เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย โดยการกำหนดระยะห่างระหว่างแปลงให้เป็นระบบ (Systematic) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปริมาณไม้ในป่าโดยภาพรวมทั้งพื้นที่ แต่จะมีความยุ่งยากมากเมื่อแปลงตัวอย่างมีขนาดใหญ่และในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง รวมถึงถ้ามีต้นไม้จำนวนมากก็อาจเกิดความสับสนต่อการตรวจวัดได้ ส่วนข้อดีอีกข้อของแปลงวงกลมคือเส้นรอบรูปของแปลงวงกลมจะมีค่าน้อยกว่าแปลงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดพื้นที่เท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 1 จึงลดปัญหาของต้นไม้ริมขอบแปลงได้มากกว่า

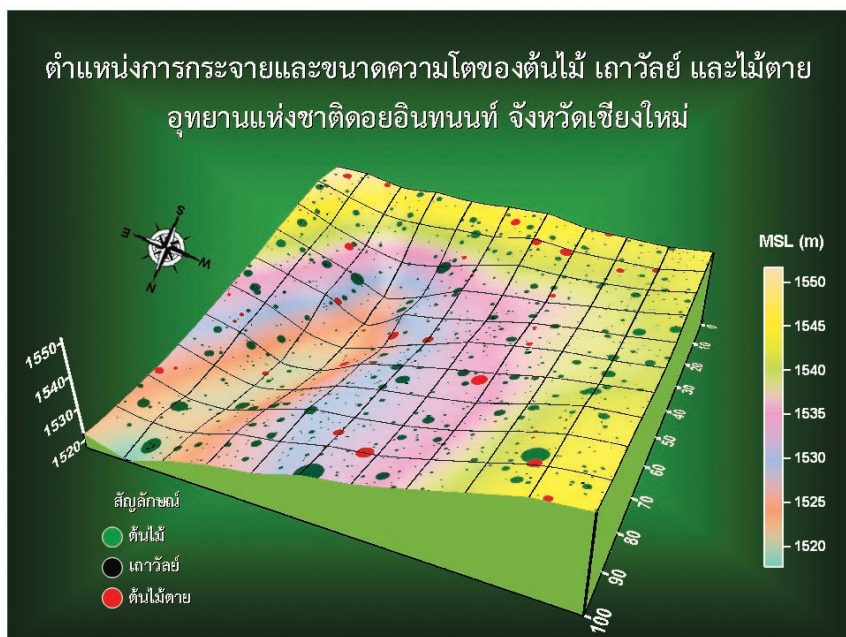


ภาพที่ 1 เส้นรอบรูปในแปลงตัวอย่างขนาดพื้นที่ 0.1 เฮกแตร์ ของแปลงตัวอย่างวงกลม และสี่เหลี่ยมจัตุรัส พบว่าวงกลมจะมีเส้นรอบรูปน้อยกว่าสี่เหลี่ยม 14.39 เมตร

ข้อด้อยของแปลงวงกลมคือไม่นิยมพัฒนาเป็นแปลงตัวอย่างถาวร เนื่องจากการติดตามตรวจวัดข้อมูลในครั้งต่อไปกระทำได้ค่อนข้างยาก ไม่สามารถทำ Mapping ของระดับความสูงของพื้นที่กับขอบเขตของแปลง ตัวอย่าง และการลงตำแหน่งพิกัดของต้นไม้เพื่อตรวจสอบการเก็บข้อมูลทำได้ ยากมาก ดังนั้นแปลงวงกลมจึงนิยมทำเป็นแปลงชั่วคราว แต่อาจมีการฝังหมุด ไว้ตรงกลางแปลงเพื่อใช้เป็นหมุดอ้างอิงในอนาคตต่อไป

แปลงตัวอย่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นแปลงตัวอย่างที่นิยมวางกันในการ ศึกษาเกี่ยวกับทางด้านนิเวศวิทยาป่าไม้ วนวัฒนวิทยา การประเมินผลผลิตและ อัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ในป่า เช่น การศึกษาสมการแอลโลเมตริกของ Ogawa *et.al.* (1965) ได้ทำการศึกษาในแปลงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 40X40 ตารางเมตร จำนวนทั้งหมด 5 แปลง แยกเป็นในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ เป็นป่าเต็งรัง จำนวน 2 แปลง และป่าดิบชื้น จำนวน 1 แปลง ส่วนในพื้นที่เขาช่อง จังหวัดตรัง เป็นป่าดิบชื้น จำนวน 2 แปลง จากนั้น ได้ตัดต้นไม้เพื่อหาสมการแอลโลเมตริกของป่าเต็งรังและป่าดิบชื้นของ ประเทศไทยขึ้น ซึ่งยังคงใช้อ้างอิงมาถึงทุกวันนี้

เนื่องจากแปลงตัวอย่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส สามารถวางแผนได้ง่าย ใช้ได้ ดีในพื้นที่แปลงตัวอย่างที่มีความลาดชันสูง สามารถทำ Mapping ของระดับ ความสูงของพื้นที่กับแนวขอบเขตของแปลงตัวอย่าง พร้อมการลงตำแหน่งพิกัด ของต้นไม้เพื่อตรวจสอบการเก็บข้อมูลได้ ดังแสดงในภาพที่ 2 จากข้อได้เปรียบ ของแปลงสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังกล่าว จึงนิยมทำเป็นแปลงตัวอย่างถาวรเพื่อติดตาม การเปลี่ยนแปลงของต้นไม้และหมู่ไม้ได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงระดับความสูงของพื้นที่และตำแหน่งของต้นไม้ในป่าดิบเขา จากแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 1 เฮกตาร์ (100X100 ตารางเมตร) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

แปลงตัวอย่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นแปลงตัวอย่างที่รวมถึงลักษณะที่เป็นแถบยาว (Transect) คือมีด้านกว้างน้อยแต่มีความยาวมาก เช่น 10X200 ตารางเมตร เป็นต้น ลักษณะแปลงแบบนี้เหมาะสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งจะครอบคลุมชนิดพันธุ์ไม้ในพื้นที่ได้มากกว่าเมื่อสภาพพื้นที่มีความลาดชันสูงและทำการวางแปลงที่เป็นด้านยาวขึ้นไปบนเขา (ด้านยาวตั้งฉากกับเส้น Contour) แต่ไม่เหมาะสำหรับการศึกษาความเจริญเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนจากด้านกว้างของแปลง

ที่สิ้นเกินไป ถ้าต้องการศึกษาความเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้า จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบแปลงเป็น 40X50 ตารางเมตร โดยให้ด้านยาว 50 เมตร ขนานไปกับแนวเส้น Contour ซึ่งแปลงแบบนี้อาจได้ข้อมูลความหลากหลายของชนิดต้นไม้ที่น้อยกว่า ดังนั้นลักษณะแปลงตัวอย่างประเภทนี้จำเป็นต้องกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยพร้อมทั้งอธิบายด้านกว้าง-ยาว ของแปลงให้ชัดเจน

ขนาดของแปลงตัวอย่าง

ขนาดของแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนั้นๆ เช่น แปลงที่ใช้ศึกษาทางด้านนิเวศวิทยาป่าไม้นิยมทำเป็นแปลงขนาดใหญ่ ซึ่งอาจารย์สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน ได้วางแผนขนาด 16 เฮกแตร์ (400X400 ตารางเมตร) เพื่อศึกษาโครงสร้างและพลวัตของป่าดิบแล้งระดับสูงในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จ. เชียงใหม่ และป่าสน-ป่าดิบเขาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จ. เพชรบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีแปลงขนาด 1 เฮกแตร์ (100X100 ตารางเมตร) อยู่กระจายทั่วประเทศ

ส่วนแปลงที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเจริญเติบโตและผลผลิต หรือการสะสมคาร์บอนของหญ้ามีส่วนใหญ่มักใช้ขนาดของความสูงของต้นไม้ที่สูงที่สุดเป็นเกณฑ์ ซึ่งนักวิจัยชาวญี่ปุ่นมักนิยมใช้รูปแปลงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความยาวของด้านไม่น้อยกว่าความสูงของต้นไม้ที่สูงที่สุดในแปลงเป็นเกณฑ์ เช่น ต้นไม้สูง 50 เมตร ขนาดของแปลงต้องไม่น้อยกว่า 50X50 ตารางเมตร เนื่องจากการบังร่มเงาของต้นไม้ใหญ่และมีขนาดความสูงมาก จะมีผลต่อต้นไม้ที่อยู่ข้างเคียงที่มีความสูงน้อยไม่สามารถแก่งแย่งสู้กับไม้ใหญ่ได้ทำให้ต้นไม้มีขนาดเล็กหรือตายลง การกำหนดให้แปลงมีขนาดใหญ่จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนและความลำเอียงจากการวางแผนแปลงลงได้ เนื่องจากไม่ว่าชาย

แนวแปลงไปด้านใดก็ตามในแปลงจะมีต้นไม้ใหญ่ด้วยและมีบริเวณที่เป็นช่องว่างด้วยเสมอไป เป็นที่น่าสังเกตว่าการศึกษาของ Ogawa *et.al.* (1965) ที่ใช้แปลงตัวอย่าง 40X40 ตารางเมตร เมื่อศึกษาจากเอกสารพบว่าในแปลงป่าดิบชื้นห้วยมีต้นไม้สูงสุด 35.5 เมตร ส่วนป่าเต็งรังมีต้นไม้สูง 29 เมตร และในป่าดิบชื้นมีความสูง 36 เมตร การใช้แปลงตัวอย่างขนาด 40X40 ตารางเมตร หรือ 0.16 เฮกแตร์ หรือ 1 ไร่ นั้นสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น อีกทั้งขนาด 40X40 ตารางเมตร หรือ 1 ไร่ เป็นหน่วยวัดพื้นที่ของไทยทำให้เข้าใจง่ายขึ้น ในขณะที่การศึกษาของ Vuokila (1965) ในการเปรียบเทียบค่า coefficient of variation ของไม้สน ในประเทศฟินแลนด์ พบว่าขนาดของแปลงตัวอย่างคำนวณจาก 0.01 เฮกแตร์ คุ้มกับความสูงของต้นไม้ นั่นคือถ้าต้นไม้มีความสูง 40 เมตร ขนาดของแปลงตัวอย่างควรมีขนาด 0.4 เฮกแตร์ ซึ่งวิธีการนี้ขนาดของแปลงจะใหญ่กว่าของญี่ปุ่นมากกว่า 2 เท่าตัว ส่วน Fabriccius *et.al.* (1936) แนะนำว่าขนาดของแปลงตัวอย่างไม่ควรน้อยกว่า 0.25 เฮกแตร์ ในหมู่ไม้ที่ไม่สมำเสมอ

ดังนั้นขนาดของแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมที่ใช้ในการศึกษาความเจริญเติบโตและผลผลิตหรือการสะสมคาร์บอนในป่าธรรมชาติควรใช้ขนาดแปลงไม่น้อยกว่า 40X40 ตารางเมตร เป็นเกณฑ์ และจะสอดคล้องกับการใช้สมการแอลโลเมตริกในการคำนวณหามวลชีวภาพของนักวิจัยชาวญี่ปุ่นที่ได้ดำเนินการไปแล้ว ทั้งนี้เอกสารเล่มนี้จะบรรยายถึงเทคนิคการวางแผนแปลงตัวอย่างถาวรที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40X40 ตารางเมตร เพื่อให้ทราบถึงเทคนิค ปัญหา อุปสรรคและความยากลำบาก ของการวางแผนแปลงตัวอย่างและการวัดข้อมูลต้นไม้ให้มีความถูกต้องแม่นยำสูง เพื่อนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์สังคมพืชในมิติต่างๆ ต่อไป

เทคนิคการวางแผนตัวอย่างถาวร

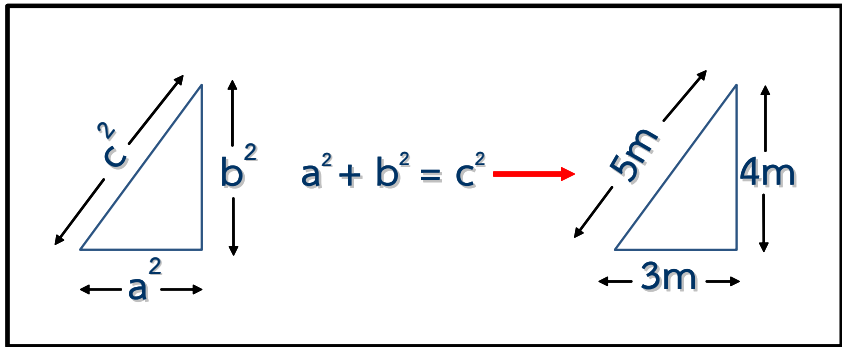
ความเป็นมา

ในอดีตการวางแผนตัวอย่างถาวรที่มีขนาดใหญ่มักนิยมใช้กล้องรังวัดในการทำแปลง แต่ก็ติดปัญหาทางด้านอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างแพง และคนใช้กล้องไม่ค่อยมีทักษะมากนัก ยังผลให้แปลงตัวอย่างถาวรที่ได้มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ไม่สามารถทำระยะของแปลงย่อยหรือแนวขอบแปลงได้ถูกต้องตามระยะจริง อันสืบเนื่องมาจากการย้ายจุดตั้งกล้องบ่อยครั้งเกินไปเพราะมีต้นไม้บังแนว รวมถึงการวัดระยะ การทำระดับ และการกำหนดแนวที่ขาดความชำนาญและประสบการณ์ เป็นต้น ทำให้ต้องเสียเวลามากในการซ่อมแซมแนวแปลงภายหลังจากการใช้กล้องดังกล่าว ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านประสบปัญหาดังกล่าว ส่วนการใช้เข็มทิศในการวางแผนก็สามารถทำได้แต่ไม่ขอแนะนำ เนื่องจากมีโอกาสที่แปลงตัวอย่างจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมากกว่าจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนั้นการวางแผนตัวอย่างโดยใช้หลักการ “การออกฉาก” โดยใช้ระยะ 3 4 และ 5 เมตร เป็นตัวกำหนด สามารถวางแผนตัวอย่างได้เป็นอย่างดีทั้งประหยัดงบประมาณและมีความแม่นยำสูง เมื่อคนวางแผนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักเกณฑ์พื้นฐานของ 1) เส้นฐาน (Base line) 2) แนว 3) ระยะ และ 4) ระดับ

ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

พีทาโกรัส (Pythagoras) เป็นชาวกรีก มีชีวิตอยู่ในช่วง 582 - 496 ปีก่อน ค.ศ. หรือประมาณ 2500 กว่าปีมาแล้ว ได้ชื่อว่าเป็น “บิดาแห่งตัวเลข” เป็นนักคณิตศาสตร์และนักปราชญ์ เป็นที่รู้จักในนามเจ้าของทฤษฎีบทพีทาโกรัส ที่กล่าวว่า “ในรูปสามเหลี่ยมมุมฉากใดๆ กำลังสองของความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลบวกของกำลังสองของความยาวของด้านประกอบ

มุมฉาก” ทฤษฎีบทดังกล่าวสามารถเขียนเป็นสมการดังแสดงในภาพที่ 3 สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนแปลงตัวอย่างเพื่อการออกฉลากโดยกำหนดให้มีด้านเป็น 3 4 และ 5 เมตร ซึ่งมักเรียกสั้นๆ ว่า “ออกฉลาก 3 4 5”



ภาพที่ 3 รูปแบบสมการของทฤษฎีบทพีทาโกรัส และการประยุกต์ใช้โดยการกำหนดระยะเพื่อการออกฉลากในการวางแผนแปลงตัวอย่างถาวร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวางแผนแปลงตัวอย่างถาวร

ในการวางแผนแปลงตัวอย่างถาวรจำเป็นต้องมีการเตรียมอุปกรณ์ให้ครบถ้วน ก่อนเข้าไปปฏิบัติงานในพื้นที่ป่า เพื่อให้การดำเนินงานทำได้อย่างรวดเร็วและประหยัดเวลา อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้และวัสดุประสงค์ของการนำไปใช้ได้ระบุไว้ในตารางที่ 1 อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนเพิ่มจำนวนหรือประเภทได้ตามความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ แต่ไม่ควรมีน้อยกว่าในตารางที่กำหนด

ตารางที่ 1 รายการอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นต้องใช้ในการวางแผนตัวอย่าง
ถาวรขนาด 40X40 ตารางเมตร ต่อหนึ่งชุดการทำงาน (ประมาณ 13 คน)

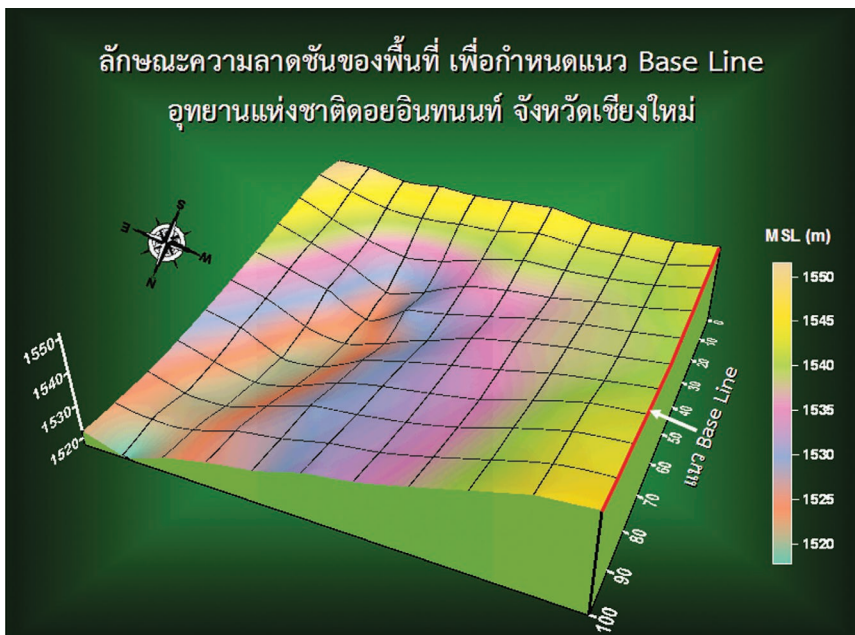
อันดับ	รายการ	จำนวน	วัตถุประสงค์
1	เทปวัดระยะ 50 หรือ 60 เมตร	2 เส้น	ใช้สำหรับการวัดระยะทาง
2	เหล็กเส้น 3 หุน เต็ม ยาว 1 เมตร	25 เส้น	ใช้สำหรับตอกหมุดทำแนวแปลง แบ่งแปลงย่อย ขนาด 10X10 ตารางเมตร จำนวน 16 แปลงย่อย
3	หมอนปอนด์	1 อัน	ใช้สำหรับตอกเหล็กเส้น
4	เชือกฟางม้วนใหญ่	4 ม้วน	ใช้ขึงแนวแปลงใหญ่และแปลงย่อยมีระยะความยาว ประมาณ 400 เมตร
5	ตะปูขนาด 3 นิ้ว	20 ตัว	ใช้ตอกกับต้นไม้เพื่อขึงเชือกฟางเมื่อแนวแปลงผ่ากลาง ต้นไม้
6	เหล็กกล่องขนาด 2X2 เซนติเมตร ยาว 6 เมตร (ตัดขนาด 2 เมตร ได้ 3 ตัว)	1 เส้น	ใช้เป็นหลักสำหรับวางแนวในการเล็ง 3 หลัก ทำระดับ ความสูงของพื้นที่ และทอยระยะทางเมื่อพื้นที่มีความ ลาดชันสูง
7	ระดับน้ำข้างไม้ (ทำด้วยเหล็ก มีแม่เหล็ก) ยาว 62 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร และหนา 2 เซนติเมตร	2 อัน	ใช้ติดกับเหล็กกล่องเพื่อวัดระดับน้ำในการเล็ง 3 หลัก หรือการทอยระยะทาง
8	เข็มทิศ	1 อัน	เพื่อกำหนดทิศทางของแปลง
9	GPS	1 เครื่อง	เพื่อจับตำแหน่งพิกัดของแปลง และระดับความสูง ของพื้นที่
10	มีดขอใช้ถางป่า	4 เล่ม	ใช้สำหรับถางแนวในการวางแผนและตัดเชือกฟาง
11	มีด Cutter	1 อัน	ใช้ตัดเชือกฟางในการขึงแนวแปลงย่อย
12	กรรไกรตัดกิ่งไม้	1 อัน	ใช้สำหรับตัดกิ่งไม้ขนาดเล็กที่ค้าเชือกฟางขณะขึงแนว
13	ถังเหลือง หรือกล่องพลาสติก ขนาดใหญ่	1 อัน	สำหรับใส่เครื่องมือต่างๆ
14	ผ้าปูพลาสติก ขนาด 6X6 เมตร	2 ผืน	ใช้สำหรับหลบแดด-ฝน
15	ถุงพลาสติกขนาดใหญ่	2 ใบ	ใช้สำหรับใส่อุปกรณ์ต่างๆ เมื่อเกิดฝนตก

การวางแผนตัวอย่างถาวรโดยวิธีการออกฉาก

ในการวางแผนตัวอย่างถาวรขนาด 40X40 เมตร ที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเจริญเติบโตและผลผลิต หรือปริมาณการสะสมคาร์บอนของหมู่ไม้ ด้วยวิธีการออกฉากโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสนั้นสามารถดำเนินการเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ทำการคัดเลือกพื้นที่ตัวแทนโดยสังเกตจากลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดของต้นไม้ให้หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่เป็นช่องว่างขนาดใหญ่ที่เกิดจากต้นไม้ใหญ่เพิ่งล้มมาไม่นานและต้นไม้ขึ้นทดแทนไม่ทัน เนื่องจากสภาพแปลงถูกรบกวนและการพัฒนาของหมู่ไม้ยังไม่สมบูรณ์จึงไม่เหมาะกับการศึกษาทางด้านนี้ (ยกเว้นมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาของกล้าไม้ภายใต้ช่องว่างเรือนยอดขนาดใหญ่ก็เลือกวางแผนแบบนี้ได้) ต่อเมื่อภายหลังจากการวางแผนแล้วต้นไม้เกิดล้มตายขึ้นภายในแปลงก็ควรทำการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องจะสามารถคำนวณหาอัตราการตายของหมู่ไม้ได้ (Mortality Rate) ในการคัดเลือกพื้นที่ตัวแทนควรให้มี Buffer Zone รอบๆ แปลง ไม่ควรอยู่ติดริมถนนใหญ่เพราะต้นไม้จะโตมากกว่าปกติ

2. ทำการกำหนดแนว Base Line ขึ้นก่อน โดยแนว Base Line นี้ควรกำหนดให้ขนานกับแนวเส้น Contour หรือมีความลาดชันน้อย ไม่ควรวางแผน Base Line ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมากๆ จะทำให้การออกฉากทำได้ยากและมีความคลาดเคลื่อนสูง (ภาพที่ 4) ถ้าพื้นที่ต้องการศึกษามีลักษณะนูนเป็นหลังเต่าซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ต้องวางแผน Base Line ด้วยความระมัดระวังให้มีแนวที่ตรงและการวัดระยะในแนวระดับที่ถูกต้อง Base Line ที่ดีไม่ควรผ่ากลางต้นของต้นไม้ใหญ่เพราะจะทำให้แนวเสียได้ และถ้าเป็นไปได้การวางแผน Base Line ควรให้อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ หรือ ตะวันออก-ตะวันตก เพราะแปลงที่ได้อาจได้ใช้ประโยชน์ร่วมกับแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในอนาคต เพราะการบินถ่ายภาพอยู่ในแนวเหนือ-ใต้

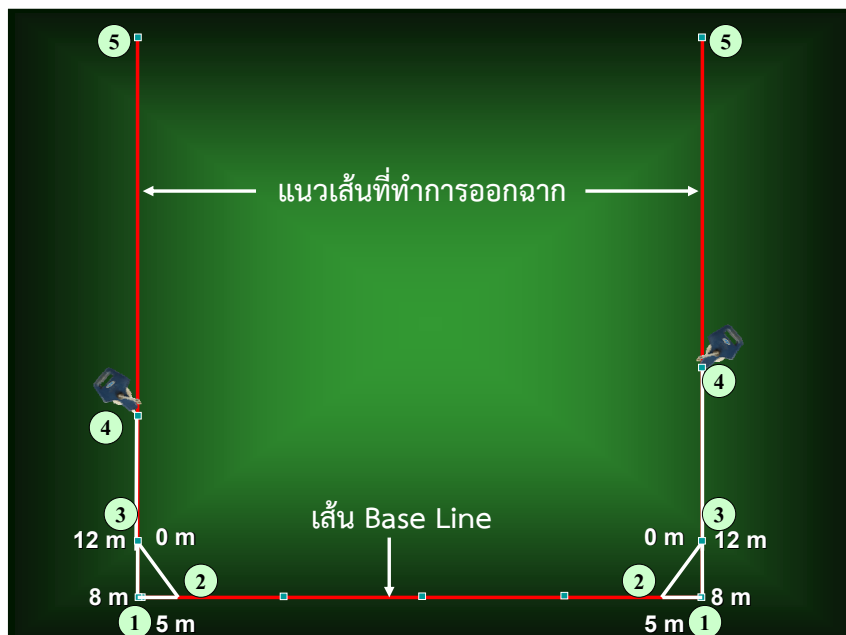


ภาพที่ 4 การเลือกแนว Base Line ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย

3. เมื่อได้แนว Base Line แล้ว ให้ทำการถางพื้นที่เป็นแนวเส้นตรง มีความยาวมากกว่า 40 เมตร จากนั้นทำการตอกเหล็กเส้นหัวท้ายให้ลึกประมาณ 50 เซนติเมตร โดยให้เหล็กเส้นตั้งตรงไม่เอนไปมา แล้วลากเชือกฟางผูกติดกับเหล็กเส้นที่ตอกให้เป็นเส้นตรงไม่ให้ค้ำกับต้นไม้จนเสียแนว จากนั้นลากเทปวัดระยะไปตามแนวเชือกฟาง ในกรณีพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยให้ใช้เทปวัดระยะจาก 0 ถึง 40 เมตร แล้วแบ่งคนจับระยะทุก 10 เมตร จำนวน 5 คน แล้วตอกเหล็กเส้นพร้อมกัน ถ้าคนไม่พอให้คนหัวท้ายจับอยู่กับที่ให้คนที่ 3 เดินตอกเหล็กทุก 10 เมตร ส่วนในกรณีพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจำเป็นต้องทอนระยะในแนวระดับให้ใช้คน 2 คน ดึงเทปหัวท้ายตามแนวเชือกฟางให้คนที่อยู่ในที่สูงกดเทปวัดระยะติดดิน ส่วนคนที่อยู่ในที่ต่ำให้ยกเทปวัดระยะขึ้นโดยใช้เหล็กกล่องติดกับ

ระดับน้ำ 1 อัน ในการทอยระยะ ให้คนที่ 3 ใช้ระดับน้ำ 1 อันในการวัดระดับของแนวเทป ปักหมุดชั่วคราวที่โคนของเหล็กกล่องเป็นระยะเมื่อรวมได้ 10 เมตร จึงตอกเหล็กตามแนวของเชือกฟางที่ได้ขึงไว้ เส้น Base Line ที่ได้จะไม่มีการขยับขึ้นหรือลงตลอดการวางแผนเพราะจะทำให้เสียแนว สามารถทำได้แค่ขยายความยาวเพิ่มหรือลดเท่านั้นเพื่อหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่อาจบังแนวภายหลังการออกฉากครั้งแรกที่ตำแหน่ง 0 เมตร เท่านั้น **ข้อควรระมัดระวังไม่ควรทำการลากเทปวัดระยะขณะที่กำลังวางแนวเพราะจะทำให้เทปวัดระยะขาดได้**

4. ก่อนการออกฉากที่ตำแหน่งที่ 0 เมตร ให้ทำการตอกหมุดที่ระยะ 3 เมตร ตามแนวเส้น Base Line จำนวน 1 หลักก่อน จากนั้นนำเทปวัดระยะมาทำมุมฉากโดยดึงเทปออกมาความยาว 12 เมตร ให้คนที่หนึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 0 เมตร ถือเหล็กกล่อง จับเทปที่หมายเลข 8 เมตร คนที่สองอยู่หมุดที่ระยะ 3 เมตร จับเทปที่หมายเลข 5 เมตร คนที่สามจับเทปที่หมายเลข 0 เมตร ทาบกับหมายเลข 12 เมตร คนที่สี่ถือเหล็กกล่องแล้วลากปลายเทปไปไกลประมาณ 10-12 เมตร เมื่อทุกด้านตึงตึงพร้อมกัน คนที่หนึ่งจะเป็นคนบอกแนวให้คนที่สี่ขยับซ้าย-ขวาให้ได้มุมฉากจากแนวเส้นเทปวัดระยะ (ภาพที่ 5) หมายตำแหน่งด้วยเหล็กกล่องที่ถือ เมื่อเสร็จแล้วให้ทำการเก็บม้วนเทปโดยคนที่หนึ่งและคนที่สี่อยู่ ณ ตำแหน่งเดิม ให้คนที่หนึ่งบอกแนวในการกางพื้นที่ให้คนที่ห้านำเหล็กกล่องไปเล็งที่ระยะประมาณ 40 เมตร เมื่อได้แนวแล้วให้ทำการปักเหล็กและลากเชือกฟางขึงแนวแล้วทำการวัดระยะแบ่งแปลงย่อย 10 เมตรต่อไป



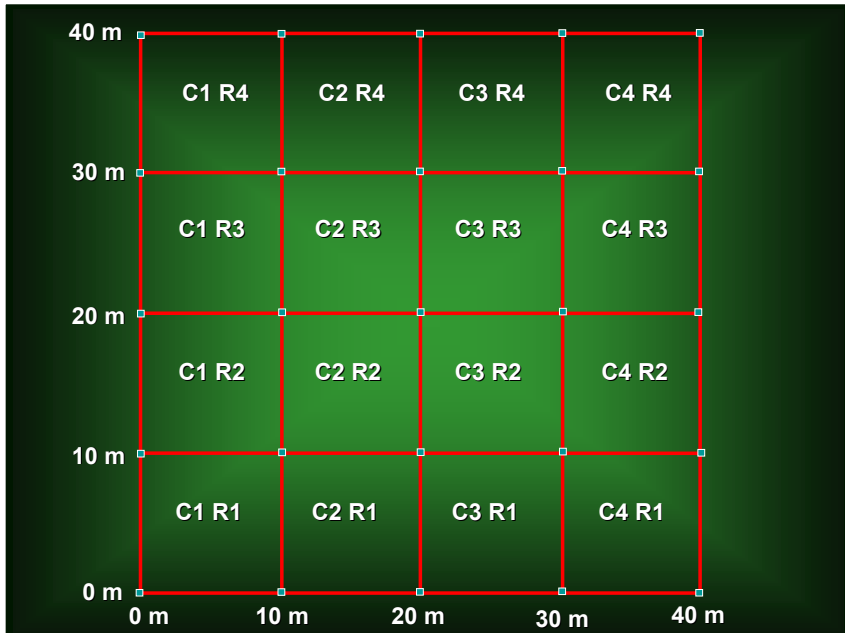
ภาพที่ 5 ตำแหน่งคนยืนและระยะของเทปที่ใช้ในการออกฉากจากเส้น Base Line ที่ตำแหน่ง 0 เมตร และ 40 เมตร

5. ทำการออกฉากครั้งที่ 2 ที่ตำแหน่ง 40 เมตร ของเส้น Base Line โดยใช้วิธีเดียวกันกับ ข้อ 4. **ไม่ควรออกฉากต่อจากปลายจุดที่ออกฉากครั้งแรก** เพราะมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง

6. ทำการลากแนวปิดมุมฉากที่ทำการออกจากเส้น Base Line ทั้งสองครั้งพร้อมกับวัดระยะเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ระยะให้ถูกต้อง

7. ทำการตอกเหล็กเส้นรอบกรอบนอกทุกระยะ 10 เมตร พร้อมปรับแก้เชือกฟางยึดเข้ากับเหล็กเส้น จากนั้นทำการชิงเชือกฟางขวางกลางแปลง ที่ตำแหน่ง 20 เมตร ทั้งสองด้าน แล้วจึงทำการชิงเชือกฟางเชื่อมต่อทุกด้าน

ให้เป็นเส้นตรงทำการตอกเหล็กเส้นในบริเวณจุดตัดของเชือกฟางทุก 10 เมตร รวมถึงตรวจสอบวัดระยะให้ถูกต้องทุกจุดดังแสดงในภาพที่ 6 ในบริเวณที่มีความลาดชันสูงให้ทำการทอนระดับตามข้อ 3



ภาพที่ 6 รูปของแปลงตัวอย่างถาวรสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40X40 ตารางเมตร จำแนกออกเป็น 16 แปลงย่อย ขนาด 10X10 ตารางเมตร พร้อมกับการกำหนดเป็นแถว (Row, R) และสดมภ์ (Column, C)

เทคนิคการเก็บข้อมูลต้นไม้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

ภายหลังจากวางแผนตัวอย่างถาวรสำเร็จครบถ้วนแล้ว จึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ **ไม่ควรเก็บข้อมูลต้นไม้ควบคู่ไปกับการวางแผนเพราะจะมีความคลาดเคลื่อนของต้นไม้มาก** ต้นไม้บางต้นที่วัดอาจอยู่นอกแปลง แต่ต้นที่ไม่วัดกลับอยู่ในแปลงอันเป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนแนวขอบแปลงให้ถูกต้อง ทำให้เกิดความสับสนในการเก็บข้อมูลครั้งต่อไปได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต้นไม้บางประเภทจะใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวางแผน ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้และวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ได้ระบุไว้ในตารางที่ 2 อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนเพิ่มจำนวนหรือประเภทได้ตามความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ แต่ไม่ควรมีน้อยกว่าในตารางที่กำหนดเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการเก็บข้อมูล

ตารางบันทึกข้อมูล

การกำหนดรูปแบบของตารางบันทึกข้อมูลให้ครอบคลุมข้อมูลที่ต้องการตรวจวัดนั้นมีความสำคัญ การออกแบบตารางบันทึกข้อมูลเพื่อให้สอดคล้องกับการบันทึกข้อมูลทั้งในภาคสนาม และการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ จะช่วยประหยัดเวลาในการจัดการข้อมูล หรือการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆ ตัวอย่างของการบันทึกข้อมูลต้นไม้ภาคสนามแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร
ขนาด 40X40 ตารางเมตร

อันดับ	รายการ	จำนวน	วัตถุประสงค์
1	แถบอะลูมิเนียมขนาด 2X120 เซนติเมตร	25 เส้น	ใช้สำหรับทำเบอร์เลขเรียงต้นไม้ที่ทำการวัด จำนวนประมาณ 300 ต้น/ไร่ ตัดขนาด 2X6 เซนติเมตร
2	ไม้บรรทัดพลาสติก 1 ฟุต	1 อัน	ใช้สำหรับวัดขนาดเบอร์อะลูมิเนียม
3	มีด Cutter	1 อัน	สำหรับกรีดทำตำแหน่งขนาดของเบอร์อะลูมิเนียม
4	เหล็กตอกตัวเลข ขนาด 8 mm	1 ชุด	ใช้สำหรับตอกเบอร์เลขเรียง
5	ไม้หน้า 3 ยาว 1 คืบ	1 ชิ้น	สำหรับรองตอกตัวเลข
6	ฆ้อนขนาดเล็กมีงอนถอนตะปูได้	1 อัน	ใช้สำหรับตอกเบอร์เลขเรียง และตอกตะปูติดเบอร์
7	ตะปูขนาด 2 นิ้ว	1/2 กก.	ใช้สำหรับตอกเบอร์เลขเรียงติดกับต้นไม้
8	กรรไกรเหล็ก	1 อัน	ใช้สำหรับตัดลวด ตัดอะลูมิเนียมที่ตอกเบอร์เลขเรียง
9	ลวดทองแดงยาว 2 เมตร	1 เส้น	ใช้สำหรับร้อยเบอร์อะลูมิเนียมให้สะดวกในการนำไปใช้
10	กรรไกรตัดกิ่งไม้	1 อัน	ใช้สำหรับตัดกิ่งไม้แห้งที่เกิดขวางการวัดต้นไม้ และทำไม้ 1.30 m
11	เทปวัดระยะ 60 เมตร	2 เส้น	ใช้สำหรับวัดตำแหน่งพิกัดของต้นไม้
12	Vernier Caliper ขนาดเล็ก	1 อัน	ใช้สำหรับวัดต้นไม้หรือเถาวัลย์ที่พินแน่นกับต้นไม้
13	Vernier Caliper ไม้ขนาดใหญ่	1 อัน	ใช้สำหรับวัดต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และถูกเถาวัลย์พันแน่น
14	Diameter Tape	1 อัน	ใช้สำหรับวัดขนาด DBH ของต้นไม้

อันดับ	รายการ	จำนวน	วัตถุประสงค์
15	บันไดป็นต้นไม้	1 อัน	ใช้สำหรับปีนวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพื่อหลบพายุพอน
16	Vertex	1 ชุด	ใช้วัดความสูงของต้นไม้และทำระดับความสูงของพื้นที่
17	GPS	1 เครื่อง	เพื่อทำระดับความสูงของพื้นที่
18	มิตขอใช้ถ่างป่า	4 เล่ม	ใช้สำหรับชุดผิวเปลือกของต้นไม้ที่ร้อนในการวัดขนาด DBH
19	ปากกาเมจิก 2 หัว สีแดงหรือน้ำเงิน	4 แท่ง	ใช้สำหรับหมายตำแหน่งวัด DBH และใช้เป็นแนวคาดสีต้นไม้
20	สีน้ำมันสีแดงกระป๋องเล็ก	1 กระป๋อง	ใช้คาดสีต้นไม้ภายหลังการวัด DBH แล้ว
21	ทินเนอร์	1 ขวด	ใช้ผสมสีน้ำมัน
22	แปรงทาสีขนาด 1/4 นิ้ว	1 อัน	ใช้เป็นแปรงคาดสีต้นไม้
23	ถังเหลือง หรือกล่องพลาสติกขนาดใหญ่	1 อัน	สำหรับใส่เครื่องมือต่างๆ
24	ผ้าปูพลาสติก ขนาด 6X6 เมตร	2 ผืน	ใช้สำหรับหลบแดด-ฝน
25	ถุงพลาสติกขนาด 60 cm	2 ใบ	ใช้สำหรับใส่อุปกรณ์ต่างๆ เมื่อเกิดฝนตก
26	กระดานรองจดข้อมูล	2 อัน	ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลต้นไม้
27	กระดาษจดข้อมูล	1 ปีก	ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลต้นไม้
28	คลิปดำหนีบกระดาษ	4 ตัว	ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลต้นไม้
29	ดินสอ-ปากกา	1 อัน	ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลต้นไม้

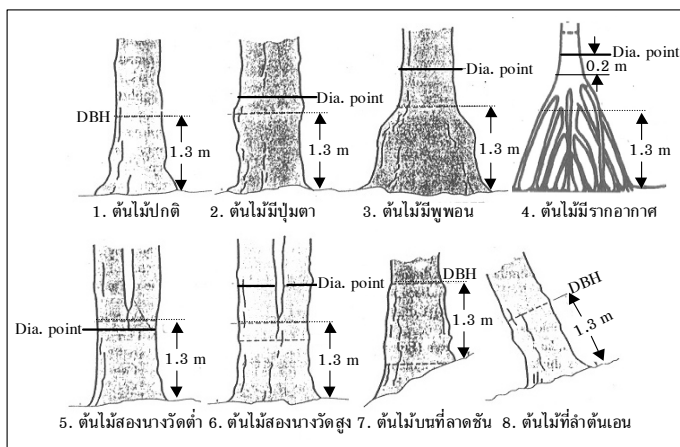
ตารางที่ 3 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลภาคสนาม บริเวณป่าดิบเขา
อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

ตารางบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (ต้นไม้ที่มี DBH $\geq$ 4.5 เซนติเมตร และเถาวัลย์ที่มี DBH $\geq$ 2.0 เซนติเมตร) แปลงที่ 1 ขนาดแปลงตัวอย่าง 40x40 ม ชนิดป่า ป่าดิบเขา สถานที่ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่										
Col	Row	No	นาง	นาง	ตำแหน่ง ที่วัด (m)	วันที่		พิกัดต้น (m)		หมายเหตุ
						DBH (m)	Ht (m)	X (m)	Y (m)	
1	1	1	1	ทำอาหาร		6.20	8.90	1.25	2.30	
1	1	2	1	ทำอาหาร		5.50	9.50	3.78	2.45	
1	1	3	1	หัวอ่างกา		12.50	17.80	5.44	1.60	
1	1	4	1	ทำอาหาร		5.40	6.50	6.47	1.40	
1	1	5	1	มะคังตง		9.30	9.80	7.10	2.55	
1	1	6	1	ก่วมขาว		61.10	42.70	9.35	0.35	มี# 274 อยู่ข้างๆ
1	1	*1229	1	ตาย	0.87	14.00	1.18	5.40	8.96	ตอหัก
1	1	7	1	เขียด		7.10	9.20	8.70	1.93	
1	1	8	1	หัวอ่างกา		7.10	11.50	6.42	4.87	
1	1	9	1	ทำอาหาร		4.90	7.70	3.67	3.46	
1	1	10	1	หัวอ่างกา		6.20	9.60	4.19	5.08	
1	1	11	1	หัวอ่างกา		7.70	9.30	1.45	4.81	
1	1	12	1	ทำอาหาร		13.80	14.50	0.16	6.29	2 นาง
1	1	13	2	ทำอาหาร		6.70	6.90	0.41	5.61	ต้นคด
1	1	14	1	เหมือดหลวง		6.00	5.70	4.38	7.68	
1	1	15	1	ทำอาหาร		5.70	8.30	6.46	6.31	
1	1	16	1	หัวอ่างกา		8.30	11.20	8.13	5.18	
1	1	17	1	ทำอาหาร		9.20	12.00	8.51	8.86	
1	1	274	1	เครื่องกระแวก		4.40	-	8.76	1.11	
1	2	18	1	สีโหไรใบใหญ่		5.30	6.40	1.61	10.85	

ตารางบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (ต้นไม้ที่มี DBH ≥ 4.5 เซนติเมตร และเถาวัลย์ที่มี DBH ≥ 2.0 เซนติเมตร) แปลงที่ 1 ขนาดแปลงตัวอย่าง 40x40 m ชนิดป่า ป่าดิบเขา สถานที่ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่										
Col	Row	No	นาง	นาง	ตำแหน่ง ที่วัด (m)	วันที่		พิกัดต้น (m)		หมายเหตุ
						DBH (m)	Ht (m)	X (m)	Y (m)	
1	2	19	1	ห่าอ่าว		9.00	10.80	4.35	10.88	
1	2	20	1	เหมือดคนตัวเมีย		6.90	8.50	7.26	11.34	
1	2	21	1	หว่าอ่างกา		7.90	9.40	6.35	12.79	
1	2	22	1	มะเขือขึ้นยอดด้อม		41.10	31.50	7.82	14.56	
1	2	23	1	หว่าอ่างกา		6.20	10.20	6.74	15.37	
1	2	1230	1	เครือเถาคันขาว		2.17	-	6.27	12.69	พัน #21
1	2	24	1	หมีบั่วเสด		7.30	7.60	3.22	14.12	
1	2	25	1	หว่าอ่างกา		7.80	10.20	0.26	12.71	
1	2	26	1	กรวยใบเกลี้ยง		25.00	21.10	1.83	18.97	
1	2	27	1	หว่าอ่างกา		6.30	7.00	2.62	19.92	โคนอยู่ C1, R3
1	2	28	1	กรวยใบเกลี้ยง	2.05	47.20	36.90	6.70	19.72	
1	2	29	1	ห่าอ่าว		5.00	7.80	7.55	18.41	
1	2	30	1	มะคังดง		20.20	21.50	9.97	16.93	
1	3	31	1	หว่าอ่างกา		8.90	11.20	7.81	20.23	
1	3	32	1	หมีบั่วเสด		8.40	7.30	7.62	21.82	2 นาง ยอดเดิมหัก
1	3	33	2	หมีบั่วเสด		5.70	7.50	7.34	21.48	
1	3	34	1	หน่วยนกชุม		5.50	7.70	1.94	20.57	
1	3	35	1	หว่าอ่างกา		5.00	6.90	0.52	20.65	
1	3	36	1	หมอวัด		8.50	9.60	0.26	21.95	
1	3	37	1	กรวยใบเกลี้ยง	1.84	38.60	36.90	1.09	23.99	

การวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้

ในการวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ มิติที่ใช้วัดส่วนใหญ่จะวัดขนาด DBH และความสูงของต้นไม้ ซึ่งการวัดขนาด DBH ในป่าธรรมชาติ ถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มาก ต้นไม้ไม่มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (single stem) และไม่มีพูพอน ก็จะทำให้การตรวจวัด DBH ได้ง่าย แต่ในทางปฏิบัติไม่ได้เป็นเช่นนั้น เนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่ต่างกันไป และลักษณะพื้นที่ที่มีความลาดชันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการกำหนดการวัด DBH หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร จึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 7 การวัดขนาด DBH ปกติจะใช้เทปวัดที่ทำจากพลาสติกที่เรียกว่า Diameter Tape ซึ่งค่าที่อ่านได้จะเป็นค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง ถ้าต้นไม้มีขนาดเล็กก็ใช้ Vernier Caliper ในการวัด แต่เนื่องจาก Diameter Tape นี้ ราคาค่อนข้างแพง จึงอาจใช้เทปวัดเอวของช่างตัดเสื้อก็ได้แต่ค่าที่วัดนี้จะเป็นขนาดของเส้นรอบวงที่ระดับอก (Girth at Breast Height, GBH) จึงจำเป็นต้องแปลงค่าเป็น DBH ก่อนที่จะนำไปคำนวณข้อมูลในด้านอื่นๆ โดยนำ GBH ที่ได้มาหารด้วยค่า π หรือ 3.1416



ภาพที่ 7 ตำแหน่งวัดความโตที่ระดับต่างๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ และในพื้นที่ที่มีความลาดชัน (ที่มา: ดัดแปลงจาก Forest Measurement (Avery and Burkhardt, 1994))

การวัดขนาด DBH ของต้นไม้สามารถจำแนกได้เป็น 8 ชนิด คือ

1. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นปกติและขึ้นอยู่ในพื้นที่ราบ ตำแหน่งที่วัดจะตรงกับ 1.30 เมตร หรือ DBH
2. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นมีปุ่มมีปมตรงกับ 1.30 เมตร การวัดอาจจะเลื่อนขึ้นหรือลงเพื่อหลบปุ่มปมของต้นไม้โดยให้ใกล้กับตำแหน่ง 1.30 เมตรมากที่สุด
3. ต้นไม้ที่มีพุ่มพวงมากจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงตำแหน่งวัดที่สูงเป็นพิเศษ จะพบมากในป่าที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่ บางกรณีอาจจะต้องวัดตรงตำแหน่งที่สูงกว่า 3.00 เมตร เพื่อหลบพุ่มพวงดังกล่าว
4. ต้นไม้ที่มีรากอากาศ เช่น ไม้โกงกางจะวัดเหนือคอราก 0.20 เมตร
5. ต้นไม้ที่แตกนางตรงตำแหน่ง 1.30 เมตร จะวัดต่ำลงมาประมาณ 1.00-1.20 เมตร เพื่อให้ได้ค่าลำต้นเพียงค่าเดียว
6. ต้นไม้ที่แตกนางตรงระดับต่ำ หรือแตกนางใกล้ 1.30 เมตร และไม่สามารถวัดตรงตำแหน่งระดับต่ำได้เนื่องจากการพอกของเนื้อไม้โตกว่าปกติก็จะวัดค่าเป็น 2 ลำต้น หรืออาจมากกว่า 2 ลำต้น ก็ได้ ถ้าต้นไม้มีการแตกนางเป็นพุ่มเหมือนต้นไม้ในป่าพรุที่มีลักษณะลำต้นเป็น 3-4 นาง ซึ่งเป็นการพัฒนาลำต้นเพื่อช่วยพยุงลำต้นไม่ให้ล้มเป็นต้น
7. ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนที่ลาดชันสูงจะวัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านบนของความลาดชัน
8. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นที่เอนให้วัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านเอนออกไป

จากหลักเกณฑ์การวัดขนาด DBH ของต้นไม้ดังกล่าวข้างต้น ในบางครั้งจำเป็นต้องนำพื้นฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามซึ่งมีเงื่อนไขจำนวนมากให้เราต้องตัดสินใจในการแก้ปัญหา ดังนี้

- ต้นไม้ที่มีพุ่มพวงมากและสูงจำเป็นต้องเตรียมบันไดเพื่อปีนขึ้นไปวัดขนาดความโตของต้นไม้ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งนักวิจัยรุ่นใหม่มักไม่นิยมทำกัน เพราะเสียเวลาวัดมากและต้องแบกบันไดไปด้วย ส่วนมากจึงแอบวัดข้อมูลที่ระดับ 1.30 เมตร เพราะวัดง่ายและวัดเร็ว แต่การทำเช่นนั้นจะมีข้อผิดพลาดมากเพราะขนาดความโตจะมากกว่าปกติ และสมการแอลโลเมตริกของต้นไม้ในป่าต่างๆ เช่น Ogawa *et.al.* (1965) ก็ระบุไว้ชัดเจนในเอกสารว่า DBH ที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพ ในกรณีที่ต้นไม้มีพุ่มพวงให้เลื่อนไปวัด DBH เหนือพุ่มพวง



ภาพที่ 8 การวัดขนาด DBH ของต้นไม้ในกรณีที่ต้นไม้มีพุ่มพวง จะต้องทำการวัดเหนือพุ่มพวงดังกล่าวพร้อมทั้งบันทึกความสูงของตำแหน่งที่วัด คาดสี และติดเบอร์ที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร เพื่อความสะดวกในการตรวจวัดครั้งต่อไป

- ต้นไม้ที่มีขนาดลำต้นใหญ่มากๆ การวัด DBH จำเป็นต้องมีผู้ช่วยจับเทปในด้านตรงกันข้าม (ภาพที่ 9) ไม่เช่นนั้นเทปวัดจะเอียงหรือตกท้องช้างทำให้ได้ขนาด DBH ที่ใหญ่กว่าความเป็นจริง



ภาพที่ 9 แสดงการวัด DBH ของต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่จำเป็นต้องมีผู้ช่วยจับเทปที่ด้านตรงข้ามกับผู้ทำการวัด

- ต้นไม้ที่มีเถาวัลย์หรือรากไทรปกคลุมต้องทำการสอดเทปวัดเข้าไปแนบกับลำต้นของต้นไม้ที่ต้องการวัด ดังแสดงในภาพที่ 10 ไม่ควรทำการตัดเถาวัลย์หรือรากไทรทิ้งซึ่งเป็นการรบกวนสภาพของหมู่ไม้ตามธรรมชาติ



ภาพที่ 10 ในกรณีต้นไม้มีรากไทรหรือเถาวัลย์ปกคลุม การวัด DBH ที่ต้องสอดเทปให้แนบกับลำต้นของต้นไม้

- ต้นไม้ที่มีเถาวัลย์รัดแน่นจนไม่สามารถสอดเทปวัดได้ ไม่ควรทำการวัดต้นไม้ร่วมกับเถาวัลย์ ควรใช้ Vernier Caliper ในการวัด ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ต้นไม้ที่ถูกเถาวัลย์รัดแน่นจนไม่สามารถสอดเทปวัดได้ ให้ใช้ Vernier Caliper วัดแยกกันในแต่ละต้น

- Diameter tape ที่ใช้เหมาะสมกับต้นไม้ที่มีลักษณะค่อนข้างกลมเท่านั้น ในกรณีที่ต้นไม้มีลักษณะฉีกครึ่งต้น หรือเถาวัลย์ที่มีลักษณะแบน ควรใช้ Vernier Caliper วัดทั้ง 2 ด้านตั้งฉากกัน แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง เพราะค่าที่ได้้นเมื่อนำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด Basal Area ของต้นไม้หรือเถาวัลย์จะได้ค่าใกล้เคียงความจริงมากกว่าการอ่านค่าจาก Diameter tape แล้วนำมาคำนวณหา Basal Area

- ในกรณีต้นไม้สองนาง หรือสามนาง ควรวัด DBH ทุกต้น โดยให้ถือว่า 1 นาง เป็น 1 ต้น แต่ในงานวิจัยทางด้านอาจใช้หลักการของ Quadratic mean มาคำนวณเป็นค่า DBH เพียงค่าเดียวของต้นนั้น โดยคำนวณจากรากที่สองของ DBH นางที่ 1 ยกกำลังสอง บวกกับ DBH นางที่ 2 ยกกำลังสอง ซึ่งมีรูปแบบคำนวณใน Excel ดังนี้

$$DBH_Q = \sqrt{DBH_1^2 + DBH_2^2}$$

ตัวอย่างเช่น ต้นไม้นางที่ 1 มี $DBH_1 = 15$ เซนติเมตร นางที่ 2 มี $DBH_2 = 8$ เซนติเมตร เมื่อคำนวณค่า DBH_Q จะมีค่า = 17 เซนติเมตร เมื่อนำค่าที่ได้ของแต่ละส่วนมาคำนวณเป็น Basal Area ดังนี้

DBH_1	= 15 cm	= 176.71 cm ²
DBH_2	= 8 cm	= 50.27 cm ²
DBH_Q	= 17 cm	= 226.98 cm ²

ผลที่ได้คือ Basal Area ของ DBH_Q จะมีค่าเท่ากับผลบวกของ Basal Area ของนางที่ 1 และนางที่ 2 รวมกัน

- ในการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่า จำเป็นต้องเก็บข้อมูลต้นไม้ตายในแปลงตัวอย่างเพื่อการเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงควรทำการเก็บข้อมูลขนาด DBH และความสูงหรือความยาวของต้นไม้ที่อยู่ในแปลงตัวอย่าง ทั้งที่ยืนต้นตาย และล้มตาย โดยบันทึกข้อมูลให้ชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 12 ในการฝึกภาคปฏิบัติเบื้องต้นครั้งนี้ให้ทำการวัดไม้ล้มตายที่โคนต้นอยู่ในแปลงตัวอย่างที่ตำแหน่งห่างจากโคนต้น 1.30 เมตร ส่วนปลายไม้ หรือลำต้นของต้นไม้ที่โคนต้นอยู่นอกแปลงแต่ที่ 1.30 เมตร ไม้ได้อยู่ในแปลงยังไม่ต้องทำการวัด และควรเก็บข้อมูลของเถาวัลย์ในป่าด้วย เนื่องจากความเจริญเติบโตของเถาวัลย์

ก็เป็นส่วนหนึ่งในระบบนิเวศด้วย โดยทำการวัดข้อมูลที่กำหนด DBH ≥ 2 เซนติเมตร เนื่องจากมวลชีวภาพของเถาวัลย์ขนาด 2 เซนติเมตร ใกล้เคียงกับต้นไม้ที่มี DBH ขนาด 4.5 เซนติเมตร (ชิงชัย และคณะ, 2554) และสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลเถาวัลย์ของ Xiao *et. al.* (2009) ที่ศึกษามวลชีวภาพเถาวัลย์ที่แคว้นสิบสองปันนาในประเทศจีน



ภาพที่ 12 ต้นไม้ล้มตายควรทำการเก็บข้อมูลด้วยเมื่อมีการศึกษาทางด้านการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้

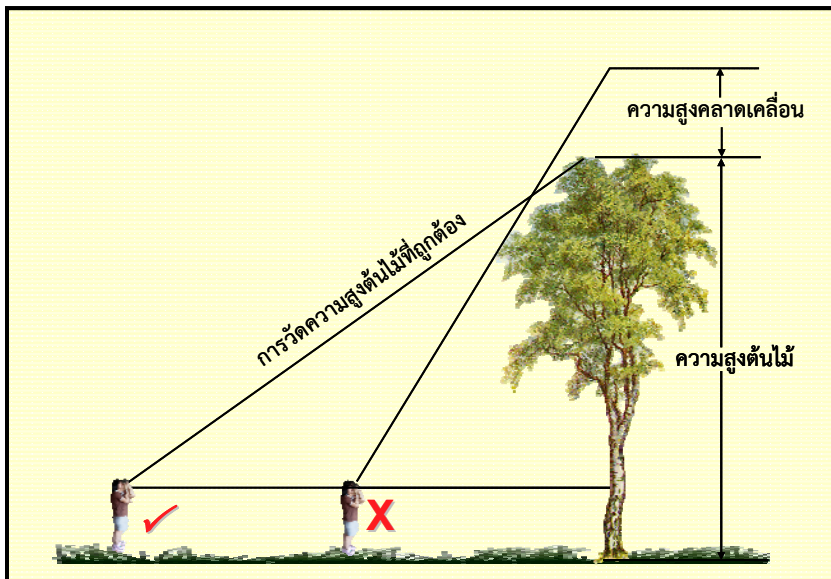
- การติดเบอร์อลูมิเนียมกับต้นไม้ ไม่ควรตอกตะปูอยู่ในตำแหน่งเดียวกับที่วัดต้นไม้ เนื่องจากบริเวณที่ตอกตะปูในเวลา 2-3 ปี เนื้อไม้บริเวณนั้นจะบวมปูดออกมาทำให้การเก็บข้อมูลในครั้งต่อไปเกิดความคลาดเคลื่อนได้ (ภาพที่ 13) ดังนั้นควรตอกตะปูให้สูงกว่าตำแหน่งที่วัดเพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพราะเห็นเบอร์ได้ง่าย ยกเว้นต้นไม้ที่มีพูพอนก็ให้ตอกที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร ในที่นี้จะใช้แผ่นอลูมิเนียมขนาด 2 X 6 เซนติเมตร ในการตอกเบอร์

โดยตอกในแนวตั้งให้ชายขอบด้านล่างเป็นตำแหน่งที่วัด DBH แล้วทำการคาดสีรอบให้เป็นที่สังเกต เนื่องจากการคาดสีจะลอกประมาณ 3 ปี การติดเบอร์อะลูมิเนียมสามารถติดตามข้อมูลได้นานกว่า 10 ปี



ภาพที่ 13 บริเวณที่ตอกเบอร์ต้นไม้หลายๆ ไป มักจะพบว่าลำต้นบวมออกมาจึงไม่ควรตอกเบอร์ในตำแหน่งที่วัดต้นไม้ ควรตอกเบอร์เหนือบริเวณตำแหน่งที่วัดต้นไม้ เพื่อให้หาหมายเลขต้นไม้ได้สะดวกและใช้เป็นตำแหน่งสังเกตในการเก็บข้อมูลในอนาคต

ส่วนการวัดความสูงของต้นไม้มักจะทำได้ยากกว่าการวัด DBH เพราะต้องใช้เครื่องมือและอาศัยความชำนาญมากกว่า จึงจะได้ค่าที่มีความถูกต้อง (ภาพที่ 14) เครื่องมือที่ใช้วัดความสูงของต้นไม้มักจะใช้ไม้วัดความสูง (Measuring Pole) ที่ทำจากพลาสติกหรืออะลูมิเนียมสามารถชักขึ้นที่ละท่อนต่อๆ กันไป วัดความสูงได้ไม่เกิน 15 เมตร ถ้าสูงมากกว่านี้จำเป็นต้องใช้ Haga hypsometer หรือ Suunto clinometer ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวไม่ค่อยนิยมใช้แล้วในปัจจุบัน ซึ่งในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้จะใช้เครื่อง Vertex ที่เป็นเครื่องมือ Digital ที่สามารถวัดมุมและความสูงของต้นไม้ได้



ภาพที่ 14 การวัดความสูงของต้นไม้ต้องมีความชำนาญ และให้ยืนค่อนข้างห่างจากต้นไม้ เพื่อให้เห็นยอดต้นไม้

D-H Relation

การวัดความสูงต้นไม้ในป่าธรรมชาติที่มีเรือนยอดซ้อนทับกันมาก จะมีความแม่นยำน้อยเนื่องจากไม่เห็นยอดของต้นไม้ชัดเจน และต้นไม้บางต้นมี ยอดเอนมากไม่สามารถวัดความสูงได้ หรือลำต้นหัก เป็นต้น ในการประมาณ ความสูงของต้นไม้เหล่านี้สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง DBH กับ Ht ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบ hyperbolic equation หรือ D-H relation (Ogawa *et.al.*, 1965) มีรูปสมการดังนี้

$$Ht = (1/(a*DBH^h) + (1/Hmax))^{-1}$$

โดยที่ Ht = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

DBH = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

a, h, Hmax = ค่าคงที่

ในการคำนวณค่าคงที่ a, h, Hmax จะใช้โปรแกรม SILVICS ในการ คำนวณ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญชาวญี่ปุ่น Dr.M. Ishizuka เมื่อปี พ.ศ. 2530 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในระบบปฏิบัติการที่เป็น DOS ในสมัยนั้น แต่ก็ใช้ได้ดีใน Windows 97 และ Window XP ส่วนใน Windows 7 สามารถ ทำงานได้แต่ไม่เต็มรูปแบบ ส่วน Windows Version ที่สูงกว่นี้ไม่สามารถ ใช้คำนวณได้

การคำนวณมวลชีวภาพของป่า

การคำนวณมวลชีวภาพของป่าจะอาศัยข้อมูล DBH และความสูง (ที่ได้จาก D-H Relation) ของต้นไม้ทุกต้น (ที่ไม่ตาย) ซึ่งอยู่ในแปลงตัวอย่าง ถ้าวารมาคำนวณกับสมการแอลโลเมตริกที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมการแอลโลเมตริก ที่ใช้ในการประมาณหามวลชีวภาพรายต้น
ของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ในป่าชนิดต่างๆ

ชนิดป่า	สมการ	R ²	ที่มา
ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าสนเขา (ยกเว้นไม้สน)	ลำต้น (Ws) = $0.0509 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.919}$ กิ่ง (Wb) = $0.00893 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.977}$ ใบ (Wl) = $0.0140 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.669}$	0.978 0.890 0.714	Tsutsumi <i>et.al.</i> (1983)
ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ	ลำต้น (Ws) = $0.0396 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.9326}$ กิ่ง (Wb) = $0.003487 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{1.027}$ ใบ (Wl) = $(28.0/\text{WTC} + 0.025)^{-1}$ WTC = Ws + Wb		Ogawa <i>et.al.</i> (1965)
ป่าสนเขา (เฉพาะไม้สนเขา)	ลำต้น (Ws) = $0.02141 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.9614}$ กิ่ง (Wb) = $0.00002 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{1.4561}$ ใบ (Wl) = $0.00030 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{1.0138}$	0.995 0.929 0.937	สุนันทา (2531)
ไผ่ไร่ (<i>Gigantchloa albociliata</i>) ไผ่บงดำ (<i>Bambusa tulda</i>) ไผ่ข้าวหลาม (<i>Cephalostachyum pergracile</i>) ไผ่ผาก (<i>Gigantchloa hasskarliana</i>)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = $0.24255 (\text{DBH}^2)^{1.0951}$ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = $0.49522 (\text{DBH}^2)^{0.8726}$ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = $0.17446 (\text{DBH}^2)^{1.0487}$ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = $0.22574 (\text{DBH}^2)^{1.0214}$		Kutintara <i>et. al.</i> (1995)
ไผ่รวก (<i>Thyrsostachys siamensis</i>)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = $0.22187 (\text{DBH})^{2.2749}$		Suwannapinunt (1983)
เถาวัลย์ (Woody lianas)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน = $0.8622 (\text{DBH})^{2.0210}$	0.953	ชิงชัย และคณะ (2554)

การวัดพิกัดต้นไม้

การวัดพิกัดต้นไม้สามารถแบ่งคนทำควบคู่กับการวัดความโตและความสูงของต้นไม้ได้ภายหลังจากวัดข้อมูลเสร็จ 1 แปลงย่อย และมีเบอร์ประจำต้นของต้นไม้แล้ว การวัดพิกัดต้นไม้มี 2 แบบ ที่นิยมทำกัน คือ 1) การวัดตำแหน่งที่โคนต้น และ 2) การวัดตำแหน่งที่ DBH เมื่อใช้การวัดตำแหน่งที่โคนต้นเป็นเกณฑ์จะต้องสัมพันธ์กับการวัด DBH ด้วย ในกรณีต้นไม้เอนนอกนอกแปลงแต่โคนอยู่ในแปลงก็ทำการวัด DBH ต้นนั้นด้วย และในทางกลับกันต้นไม้เอนเข้ามาในแปลงแต่โคนอยู่นอกแปลงจะไม่ทำการวัดต้นนั้น ข้อดีของวิธีนี้คือไม่ว่าต้นไม้จะเอนเพิ่มขึ้นมากเพียงใดโคนต้นก็จะอยู่ ณ ที่เดิม แต่มีข้อเสียคือวัดค่อนข้างยากต้องก้มลงติดดินและเวลาตรวจสอบข้อมูลสังเกตได้ลำบากถ้าพื้นป่ารกทึบ ส่วนการวัดพิกัดที่ตำแหน่ง DBH ก็จะใช้เงื่อนไขการวัดขนาด DBH กลับกันกับการวัดตำแหน่งที่โคนต้น ข้อเสียของการวัดพิกัดที่ DBH คือ เมื่อต้นไม้เอนมากขึ้นตำแหน่งจะไปอยู่นอกแปลงได้ทำให้สับสนเมื่อมาเก็บข้อมูลครั้งหลัง ส่วนข้อดีคือสามารถวัดได้ง่าย สามารถหาดำแหน่งต้นไม้ได้เร็วเมื่อมาเก็บข้อมูลครั้งหลังเพราะสามารถดูจากสีที่คาดหลังจากวัดข้อมูล DBH แล้ว ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้จะใช้การวัดพิกัดที่ตำแหน่ง DBH ในการเก็บข้อมูล

การวัดระดับความสูงของพื้นที่

การวัดระดับความสูงของพื้นที่สามารถทำได้หลายแบบ แต่ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้จะแนะนำ 2 วิธี คือ 1) ใช้ GPS และ 2) ใช้ Vertex การใช้ GPS ในการจับระดับความสูงของพื้นที่ในแต่ละจุดในแปลงตัวอย่างถาวรสามารถทำได้ง่ายโดยนำ GPS (ภาพที่ 15) ไปวางที่โคนหลักเส้นที่ปักแต่ละจุดแล้วเก็บข้อมูลเป็นค่า Z ตำแหน่งของหลักเส้นเป็นค่า X-Y การวัดด้วย GPS จะมีค่าคลาดเคลื่อนค่อนข้างมากเนื่องจากระดับอาจมีค่า ± 4 ถึง 7 เมตร เมื่อเก็บข้อมูลไม่ระมัดระวังอาจทำให้ลักษณะความลาดชันของพื้นที่เพี้ยนไป



ภาพที่ 15 การใช้ GPS วัดระดับความสูงของพื้นที่ของแต่ละจุดในแปลงตัวอย่าง บริเวณที่โล่งแจ้งจะรับสัญญาณดาวเทียมได้ดีกว่าในพื้นที่ป่าทึบ

การใช้ Vertex ที่เป็นเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ เมื่อนำมาอ่านค่ามุมก้มและเงยในพื้นที่จะสามารถคำนวณหาค่า $\tan$ เมื่อนำมาบวกกับระดับความสูงของหมุดแรก ก็จะสามารถถ่ายระดับได้ทั้งแปลงซึ่งให้ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า GPS และได้ลักษณะความลาดชันที่ถูกต้องกว่า ซึ่งวิธีการถ่ายระดับจะต้องใช้เหล็กกล่องติดระดับน้ำจำนวน 2 อัน อันแรกใช้ติดเป้า อันที่สองติดที่ยิงแล้วไปหาที่ราบๆ ปรับตำแหน่งเป้าและที่ยิงให้อ่านมุมเป็นศูนย์องศาก่อน (ภาพที่ 16) แล้วจึงนำไปถ่ายระดับในแต่ละหมุดต่อไป



ภาพที่ 16 การทดสอบ Vertex ระหว่างเป้าและตัวยิงให้ได้ศูนย์องศาก่อนนำไปใช้ถ่ายระดับในพื้นที่

การจัดทำแผนที่ความลาดชันและตำแหน่งของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

โปรแกรมในการจัดทำแผนที่ความลาดชันและตำแหน่งของต้นไม้มีด้วยกันหลายแบบ เช่น ArcInfo ที่เป็นโปรแกรมจัดทำแผนที่ที่มีขนาดใหญ่ ราคาแพง การใช้งานค่อนข้างยาก หรือโปรแกรมขนาดเล็กลงมาหน่อยก็คือ IDRISI GIS และ Surfer เป็นต้น ในที่นี้ขอแนะนำโปรแกรม Surfer Version 9 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย ราคาไม่แพง สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ประมวลผลเร็ว ภาพที่ได้มีคุณภาพดี เหมาะสมกับลักษณะงานภาคสนามที่ต้องการข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำฐานข้อมูลความเจริญเติบโตและผลผลิตของป่าต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

- ชิงชัย วิริยะบัญชา, ภาณุมาศ ลาดपालะ และวัฒนา ศักดิ์ชูวงศ์. 2554. การสะสมคาร์บอนของเถาว์วัลย์ในป่าธรรมชาติ ณ อุทยานแห่งชาติ แก่งกระจาน. การประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับ ภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 2 : การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจสีเขียว วันที่ 18 - 19 สิงหาคม 2554 ณ ศูนย์ประชุมอิมแพ็ค อารีนา เมืองทองธานี ปากเกร็ด นนทบุรี. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 23 น.
- สุนันทา ขจรศรีชล. 2531. ลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของป่าสน ธรรมชาติ บริเวณโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัด เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 134 น.
- Avery, T. E. and H. E. Burkhardt. 1994. Forest Measurement. 4th ed. McGraw-Hill, Inc. 408 p.
- Fabricius, L.; Oudin, A.; Guillebaud, W.H. 1936. Outlines for permanent sample plot investigations. [Place of publication unknown]: International Union of Forest Research Organizations. 33 p.
- Kutintara, U., D. Marod, M. Takahashi, and T. Nakashizuka. 1995. Growth and dynamics of bamboos in a tropical seasonal forest. In Proceedings of the International Workshop on “The Changes of Tropical Forest Ecosystems by EL Nino and Others”, Bangkok, Japan Science & Technology Agency+ National Research Council of Thailand+Japan International Science & Technology Exchange Center, p.125-139.

- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. *Nature and Life in Southeast Asia* 4 : 49-80.
- Vuokila, Y. 1965. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. Helsinki, Finland: *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 60.4. 86 p.
- Robert O. Curtis and David D. Marshall. 2005. Permanent-Plot Procedures for Silvicultural and Yield Research. General Technical Report PNW-GTR-634. Pacific Northwest Research Station. Forest Service. United States Department of Agriculture. 84 p.
- Suwannapinunt, W. 1983. A study on the biomass of *Thyrsostachys siamensis* GAMBLE forest at Hin-Lap, Kanchanaburi. *Journal of Bamboo Research* 2(2): 82-101
- Tsutsumi T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest : Felling, Burning and Regeneration. In *Shifting cultivation. An experiment at Nam Phrom, Thailand and its implications for upland farming in the monsoon Tropics*. Edited by K. kyuma and C. Pairintra. p. 13-62.
- Xiao, T.L., W.T. Jian, L.F. Zhi & H.L. Mai. 2009. Diversity and aboveground biomass of lianas in the tropical seasonal rain forests of Xishuangbanna, SW China. *Rev. biol. trop* v.57 n.1-2 San José mar.-jun. 2009.





ส่วนที่ 3

หลักเกณฑ์การวางแผนตัวอย่างทอ
ภายใต้การบริหารจัดการตามหลักการ REDD+
เพื่อเตรียมความพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

หลักเกณฑ์การวางแผนตัวอย่างถาวร ภายใต้โครงการบริหารจัดการ
ตามหลักการ REDD⁺ เพื่อเตรียมพร้อมรับมือผลกระทบ
จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ชิงชัย วิริยะบัญชา
ส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้
สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช

บทนำ

เอกสาร “หลักเกณฑ์การวางแผนตัวอย่างถาวร ภายใต้โครงการบริหารจัดการตามหลักการ REDD⁺ เพื่อเตรียมพร้อมรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ฉบับนี้ ใช้เป็นเอกสารประกอบการดำเนินงานวิจัยภาคสนามภายใต้ “โครงการบริหารจัดการตามหลักการ REDD⁺ เพื่อเตรียมพร้อมรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่มีระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่ มกราคม 2557 – กันยายน 2559 โดยกำหนดถึงหลักเกณฑ์ของการวางแผนตัวอย่างถาวร ที่ประกอบด้วย วิธีการคัดเลือกพื้นที่ ขนาดของแปลงตัวอย่างประเภทต่างๆ จำนวนของแปลงตัวอย่าง และวิธีการเก็บข้อมูลต้นไม้ประเภทต่างๆ เพื่อวัตถุประสงค์ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ และการประเมินการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศป่าไม้รอบชุมชน

วิธีการคัดเลือกพื้นที่

กำหนดพื้นที่โครงการวิจัยโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศของปีล่าสุด หรือภาพถ่ายจาก Google Earth หรือ bring maps เพื่อใช้กำหนดขอบเขตของพื้นที่ป่าไม้และชุมชนเป้าหมาย ทำการคัดเลือกพื้นที่ในส่วนของพื้นที่ป่าไม้ เพื่อใช้เป็นตัวแทน โดยแบ่งระดับของหมู่ไม้ออกเป็น 3 ระดับ คือ

1. หนุ่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก เป็นลักษณะของป่าธรรมชาติที่มีความหนาแน่นของต้นไม้มาก มีต้นไม้ขนาดใหญ่ขึ้นอยู่อย่างสม่ำเสมอ เป็นพื้นที่ที่ถูกรบกวนน้อย หรือต้นไม้ไม่เคยถูกตัดมากกว่า 30 ปี มีความสูงของต้นไม้ทั่ว ๆ ไปมากกว่า 20 เมตรขึ้นไป
2. หนุ่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง เป็นหนุ่ไม้ที่มีความหนาแน่นปานกลาง เนื่องจากสภาพพื้นที่เคยถูกบุกรุกทำไร่เลื่อนลอยหรือตัดไม้มาเป็นระยะเวลานานแล้ว และมีต้นไม้ขึ้นทดแทนเปลี่ยนเป็นป่าธรรมชาติ มีความสูงของต้นไม้ทั่ว ๆ ไปมากกว่า 10 เมตรขึ้นไป นับรวมถึงพื้นที่ที่เป็นลานหินโผล่ที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่อย่างกระจัดกระจายเป็นระยะเวลานานแล้ว
3. หนุ่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เป็นหนุ่ไม้ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกปล่อยทิ้งร้างมานาน 10-15 ปี มาแล้ว จะมีต้นไม้ขนาดเล็กและขนาดกลางจำนวนมาก หนุ่ไม้ส่วนใหญ่จะมีความสูงไม่เกิน 10 เมตร

เนื่องจากสภาพป่าธรรมชาติของภูมิภาคต่างๆ จะมีลักษณะที่ต่างกันไป ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของชนิดป่า สภาพพื้นที่ ลักษณะดิน ภูมิอากาศ การใช้ประโยชน์ เชื้อชาติ ขนบธรรมเนียม ประเพณี เศรษฐกิจ และสังคมของพื้นที่นั้นๆ ดังนั้นการแบ่งระดับของหนุ่ไม้ดังกล่าวอาจเกิดข้อสับสนขึ้นได้ เนื่องจากหนุ่ไม้ที่อยู่ในความอุดมสมบูรณ์ปานกลางในภูมิภาคหนึ่ง อาจจะเป็นหนุ่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากในอีกภูมิภาคหนึ่งได้ ดังนั้นการใช้พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (Basal area) ในพื้นที่เป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับของหนุ่ไม้ก็เป็นแนวทางหนึ่งของการดำเนินการ โดยกำหนดเป็นบริเวณที่มี Basal area มากที่สุด ปานกลาง และต่ำ เป็นตัวจำแนกระดับของหนุ่ไม้แทนก็ได้

ในการจำแนกระดับของหมู่ไม้ให้ใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับการสำรวจภาคพื้นดินประกอบการตัดสินใจได้ โดยบริเวณของหมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากจะมีลักษณะของทรงพุ่มของต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และอยู่ชิดติดกันเป็นผืนทำให้มีรายละเอียดของภาพ (Texture) ค่อนข้างหยาบ ส่วนต้นไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางจะมีลักษณะของทรงพุ่มที่เล็กกว่าและมี Texture ค่อนข้างละเอียดกว่าเมื่อเทียบกับหมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้มักจะมีสีของภาพถ่าย (Color) ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนหมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จะพบว่าสีที่แตกต่างกับสองกลุ่มแรกอย่างชัดเจน ส่วน Texture ส่วนใหญ่จะละเอียดมากกว่าจะมีทรงพุ่มของต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลางขึ้นกระจายอยู่ห่างๆ เป็นระยะๆ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจาก bring maps พื้นที่ป่าชุมชนของหมู่บ้านนาหว้า ตำบลสำโรง อำเภอบัณฑิต จังหวัดอุบลราชธานี แสดงบริเวณแนวเขตของพื้นที่ป่าชุมชน ที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดและจำนวนของแปลงตัวอย่างประเภทต่าง ๆ

ขนาดของแปลงตัวอย่างถาวรของโครงการนี้กำหนดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40X40 ตารางเมตร หรือ 1 ไร่ ยกเว้นในพื้นที่ที่มีสภาพป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์มากและต้นไม้ที่สูงที่สุดในแปลงมีความสูงมากกว่า 40 เมตร ให้เพิ่มขนาดแปลงเป็น 50X50 ตารางเมตร

จากการจำแนกระดับของหมู่ไม้จากภาพถ่ายทางอากาศออกเป็น 3 ระดับ ดังกล่าว เมื่อกำหนดให้การศึกษาวิจัยมีจำนวน 5 ซ้ำ (5 Replications) วางแผนการทดลองแบบ Complete Block Design (CBD) แต่บางภูมิภาคอาจต้องวางแผนสุ่มตลอด Completely Randomize Design (CRD) แล้วแต่ข้อจำกัดในพื้นที่ ดังนั้นให้ดำเนินการวางแผนแปลงตัวอย่างขนาด 1 ไร่ จำนวน 15 แปลง ดังแสดงในภาพที่ 2 วางให้กระจายทั่วพื้นที่ โดยแบ่งเป็น

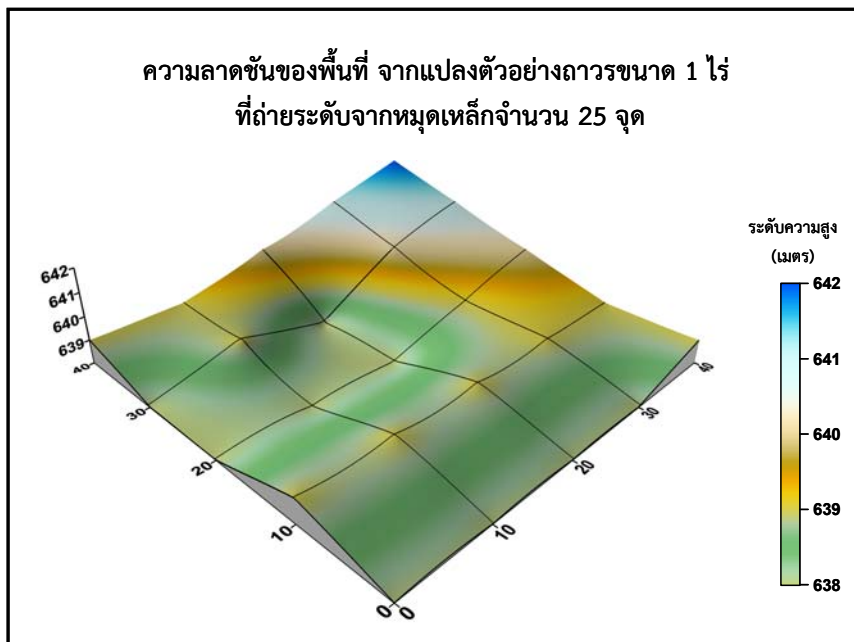
1. หมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก จำนวน 5 แปลง
2. หมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง จำนวน 5 แปลง
3. หมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำนวน 5 แปลง

ในการวางแผนการทดลองแบบ 5 ซ้ำนี้ กำหนดให้ 2 ซ้ำแรก เป็นแปลงที่ชาวบ้านสามารถเข้าไปเก็บหาของป่าหรือใช้ประโยชน์ได้ตามปกติที่เคยดำเนินการกันมาแต่อดีต ส่วน 3 ซ้ำที่เหลือ กำหนดให้เป็นแปลงที่ระงับการใช้ประโยชน์จากชาวบ้านชั่วคราวตลอดโครงการวิจัย โดยทำการล้อมรั้วไม้ไผ่รอบแปลงตัวอย่างถาวรพร้อมทั้งติดตามเก็บข้อมูลความเจริญเติบโตของต้นไม้เปรียบเทียบกับแปลงโครงการ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการคัดเลือกพื้นที่เพื่อวางแผนตัวอย่างถาวร ขนาด 1 ไร่ จำนวน 15 แปลง ในพื้นที่ป่าชุมชนของหมู่บ้านนาหว้า ตำบลสำโรง อำเภอบัณฑิต จังหวัดอุบลราชธานี 1) หมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก (สี่เหลี่ยม) 2) หมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (วงกลม) และ 3) หมู่ไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (สามเหลี่ยม)

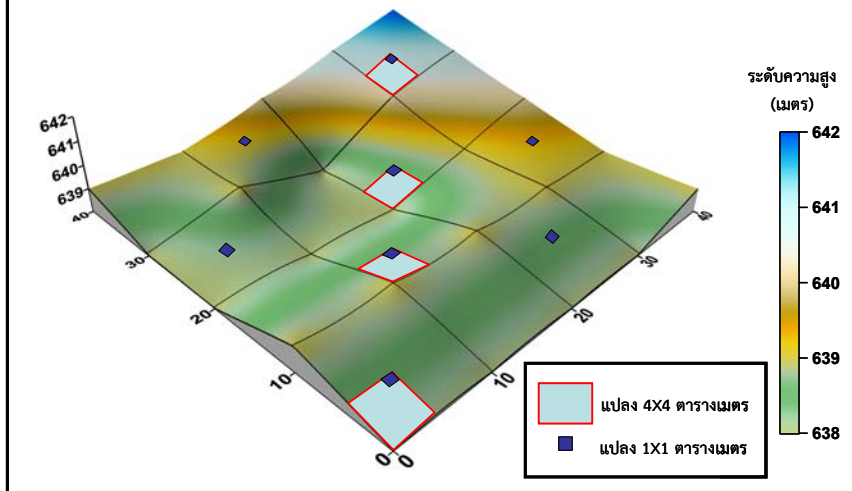
ในแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 1 ไร่ หรือ 40X40 ตารางเมตร ทั้ง 15 แปลง ในแต่ละแปลงจะมีการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10X10 ตารางเมตร จำนวน 16 แปลงย่อย ทำการฝังเหล็กเส้นขนาด 3 หุน ยาว 1 เมตร ให้ลึกที่สุดในบริเวณจุดตัดทุกจุดและบริเวณขอบแปลงทุกด้าน (รวมใช้เหล็กเส้น 25 อัน) จากนั้นทำการระดับของพื้นที่ตำแหน่งที่ฝังหมุดทุกตำแหน่งเพื่อแสดงลักษณะความลาดชันของพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพทิศด้านลาดของแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 40X40 ตารางเมตร ที่ถ้ำระดับจากหมุดเหล็กที่ใช้แบ่งแปลงย่อยขนาด 10X10 ตารางเมตร

ในแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 40X40 ตารางเมตร ให้ทำการวางแปลงย่อยขนาด 4X4 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลง (ใช้เหล็กเส้นรวม 12 อัน) ทะแยงมุมจากด้านล่างเฉียงขึ้นไปทางด้านบน ทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 1X1 ตารางเมตร จำนวน 8 แปลง (ใช้เหล็กเส้นรวม 28 อัน) ตำแหน่งการจัดวางแปลงย่อยแสดงในภาพที่ 4

ตำแหน่งในการวางแผนตัวอย่างถาวรขนาด 4X4 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลง
และแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 1X1 ตารางเมตร จำนวน 8 แปลง



ภาพที่ 4 ตำแหน่งในการจัดวางแปลงย่อยขนาด 4X4 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลง และขนาด 1X1 ตารางเมตร จำนวน 8 แปลง

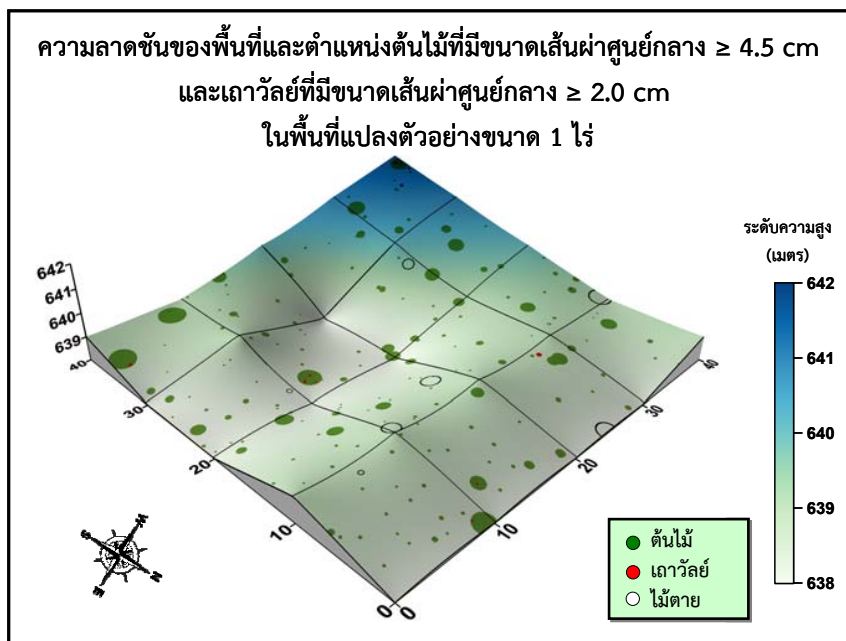
วิธีการเก็บข้อมูลต้นไม้ประเภทต่างๆ

จากแปลงตัวอย่างถาวรที่ได้ดำเนินการวางสำเร็จเรียบร้อยแล้ว และมีความถูกต้องครบถ้วนทุกประการแล้ว จึงทำการวัดข้อมูลความเจริญเติบโตของต้นไม้ ดังต่อไปนี้

1. แปลงขนาด 10X10 ตารางเมตร จำนวนทั้งสิ้น 16 แปลงย่อย ให้ทำการเก็บข้อมูลของ “ไม้ใหญ่” โดยทำการวัดต้นไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (Diameter at Breast Height, DBH) มากกว่า

หรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป พร้อมทั้งวัดความสูงต้นไม้ ให้วัดเถาววัลย์ หรือหวนทุกต้น ที่มีขนาด DBH มากกว่าหรือเท่ากับ 2 เซนติเมตร ขึ้นไป โดยไม่ต้องวัดความสูง ส่วนไม้ไผ่ให้วัดทุกลำที่มีขนาด DBH มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป พร้อมทั้งวัดความสูงของไผ่ด้วย ต้นไม้ที่ยืนต้นตายที่มีขนาดมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป ให้ทำการเก็บข้อมูล DBH ด้วย ถ้าวัดความสูงได้ให้เก็บข้อมูลพร้อมทั้งลงหมายเหตุให้ชัดเจน ต้นไม้ทุกชนิดดังกล่าวข้างต้นแม้จะขึ้นอยู่ในแปลงย่อยขนาด 4X4 หรือ 1X1 ตารางเมตร ต้องทำการวัดด้วย ส่วนต้นไม้ใหญ่ที่ล้อมขนอนนไพรที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 เซนติเมตรขึ้นไป ให้ทำการวัดขนาดของโคนและปลายท่อน และความยาวของท่อนด้วย เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรก่อนแล้วจึงประเมินมวลชีวภาพ ในภายหลัง ต้นไม้ทุกประเภทที่ทำการวัด DBH รวมถึงต้นไม้ล้อมขนอนนไพร ให้ติดหมายเลขเรียงประจำต้นด้วยแถบอะลูมิเนียม ให้จำแนกชนิดพันธุ์ และ คัดสีตำแหน่งที่เก็บข้อมูล วัดตำแหน่งพิกัด X-Y ของต้นไม้เพื่อใช้ในการติดตาม การเปลี่ยนแปลงของหมู่ไม้ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5

ในการเก็บข้อมูล “ไม้ใหญ่” ให้เก็บข้อมูลปีละ 1 ครั้ง ยกเว้นในช่วงปีแรกที่มีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ภายหลังจากนำเข้าข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้ทำการตรวจเช็คข้อมูลรายต้นอีกครั้ง เพื่อปรับแก้ข้อมูลให้มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุดภายใน ช่วง 3 เดือนแรก ของการดำเนินงาน



ภาพที่ 5 การลงตำแหน่งพิกัดของต้นไม้ เถาววัลย์ และไม้ตาย จากแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 1 ไร่

2. แปลงขนาด 4X4 ตารางเมตร จำนวนทั้งสิ้น 4 แปลงย่อย ให้ทำการเก็บข้อมูลของ “ไม้หนุ่ม” โดยทำการวัดต้นไม้ทุกต้นที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ขึ้นไป พร้อมวัดความสูงของต้นไม้ทุกต้น ให้ทำการวัดเถาววัลย์และหาวยที่มี DBH น้อยกว่า 2.0 เซนติเมตร โดยไม่ต้องวัดความสูง และให้วัดไม้ไผ่ทุกลำที่มีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร พร้อมกับวัดความสูงทุกลำที่อยู่ในแปลง ไม่ต้องทำตำแหน่งพิกัด X-Y รายต้น แต่ให้ติดหมายเลขเรียงประจำต้น ด้วยเทป Damo คล้องลวดทองแดง ให้จำแนกชนิดพันธุ์ และคาดสีตำแหน่งที่เก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูล “ไม้หนุ่ม” ให้เก็บข้อมูลปีละ 1 ครั้ง ยกเว้นในช่วงปีแรกที่มีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ภายหลังจากนำเข้าข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้ทำการตรวจเช็คข้อมูลรายต้นอีกครั้ง เพื่อปรับแก้ข้อมูลให้มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุดภายในช่วง 3 เดือนแรก ของการดำเนินงาน ในกรณีที่ปีถัดมาต้นไม้มีขนาด DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร หรือมีการข้ามชั้นไปเป็น “ไม้ใหญ่” ให้ทำการตัดโอนข้อมูลไปเป็น “ไม้ใหญ่” ห้ามทำการนับซ้ำกับกลุ่ม “ไม้หนุ่ม” โดยลงหมายเหตุให้ชัดเจน

3. แปลงขนาด 1X1 ตารางเมตร จำนวนทั้งสิ้น 8 แปลงย่อย ให้ทำการเก็บข้อมูลของ “กล้าไม้” โดยทำการวัดต้นไม้ทุกต้นที่มี มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร ขึ้นไป โดยทำการวัดเฉพาะความสูง ให้ติดหมายเลขเรียงประจำต้นด้วยเทป Damo คล้องลวดทองแดง และให้จำแนกชนิดพันธุ์

ในการเก็บข้อมูล “กล้าไม้” ให้เก็บข้อมูลปีละ 3 ครั้ง คือทุกๆ 4 เดือน ในกรณีที่มีการข้ามชั้นไปเป็น “ไม้หนุ่ม” ให้ทำการตัดโอนข้อมูลไปเป็น “ไม้หนุ่ม” ห้ามทำการนับซ้ำกับกลุ่ม “กล้าไม้” โดยลงหมายเหตุให้ชัดเจน

การศึกษาการร่วงหล่นของซากพืช

ในแปลงตัวอย่างถาวรทั้ง 15 แปลง ให้วางกะบะรองรับซากพืชขนาด 1X1X0.5 เมตร จำนวน 5 อันต่อแปลง โดยวางแบบสุ่ม ทำการเก็บซากพืชในสิ่งรองรับเดือนละครั้ง แยกซากพืชออกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ดอก-ผล กิ่ง เปลือก และอื่นๆ เก็บไว้ในถุงกระดาษ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนซากพืชมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักของแต่ละส่วนต่อไป

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There are no vertical margin lines, text, or other markings on the page.

“ต้นไม้เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในชั้นบรรยากาศของโลก การสะสมของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมากจะก่อให้เกิดการกักเก็บความร้อนทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นเกิดเป็นภาวะที่เรียกว่า “โลกร้อน” ป่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีต้นไม้จำนวนมากจึงช่วยกักเก็บคาร์บอนและลดการสะสมก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ป่าแต่ละประเภทจะกักเก็บคาร์บอนได้ไม่เท่ากันเนื่องจากมีความหลากหลายที่แตกต่างกัน”

การกักเก็บคาร์บอนของป่า

ป่าดงดิบชื้น

82.02 ตัน/ไร่



ป่าดงดิบแล้ง

70.64 ตัน/ไร่



ป่าเบญจพรรณ

56.69 ตัน/ไร่



ป่าเต็งรัง

21.71 ตัน/ไร่



ส่วนสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

<http://www.dnp.go.th/environment>