

## อุปกรณ์และวิธีการ

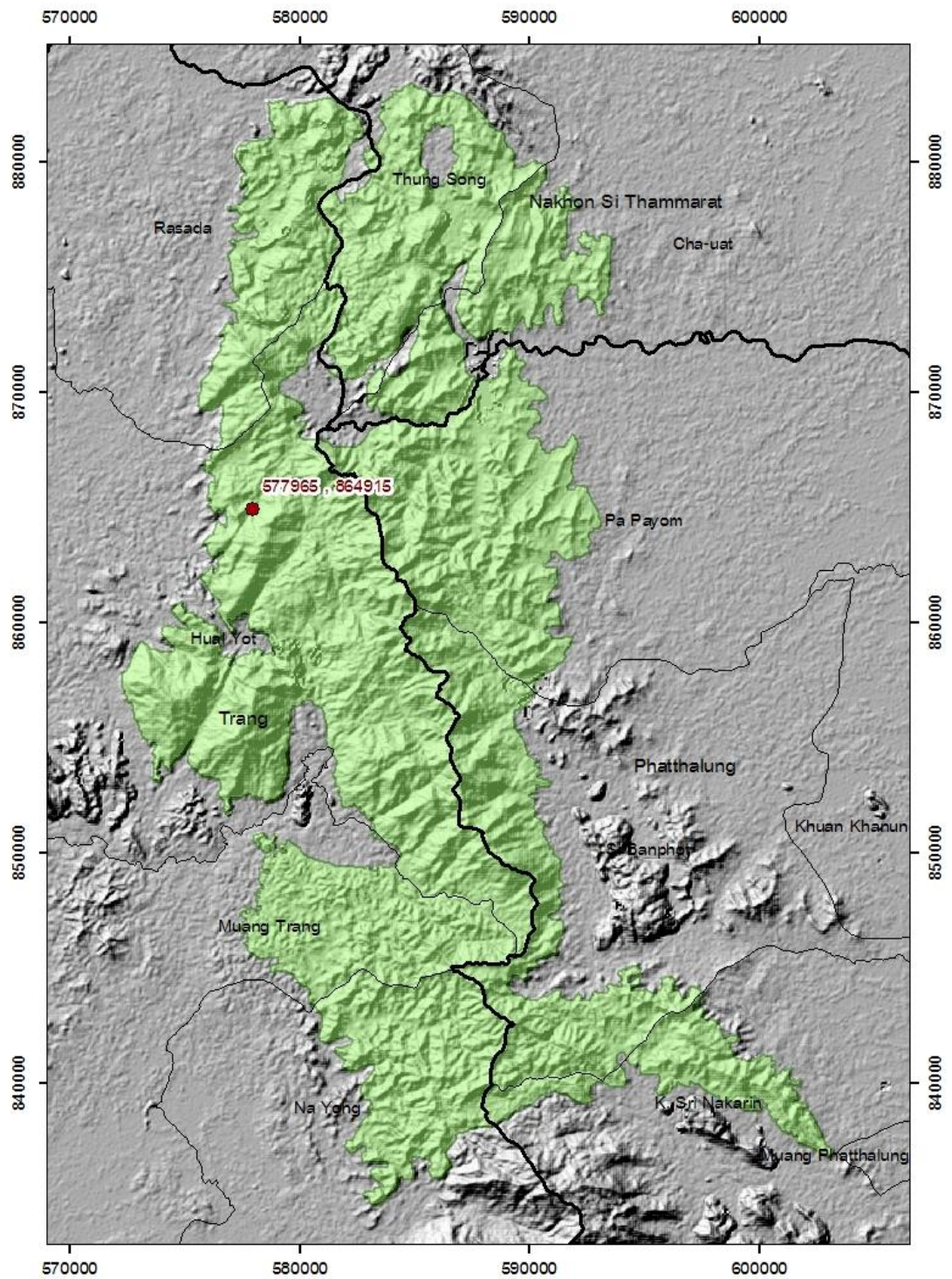
### อุปกรณ์

1. เข็มทิศ (hand compass)
2. เทปวัดระยะ (measuring tape)
3. เครื่องระบุพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS)
4. เทปวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter tape)
5. เครื่องวัดระยะด้วยเลเซอร์ (laser distance meter measure)
6. มีดเดินป่า (hinking knife)
7. กล้องสองตา (binocular)
8. กล้องถ่ายภาพ (digital camera)
9. แบบบันทึกข้อมูล (data sheet)
10. เชือกไนลอนสำหรับวางแปลงตัวอย่าง
11. หมุด PVC ระบุจุดมุมแปลงตัวอย่าง
12. แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณแปลงตัวอย่าง
13. อุปกรณ์จัดเก็บตัวอย่างพืช
14. อุปกรณ์เครื่องเขียน
15. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (Humidity & Temperature Data Logger)

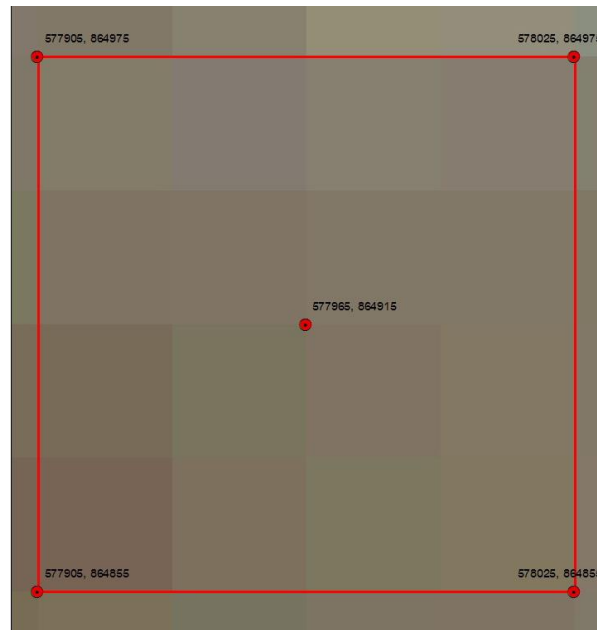
## วิธีการ

### การวางแปลงตัวอย่างถาวร

ดำเนินการจัดทำแปลงตัวอย่างถาวร ขนาด 120 x 120 เมตร โดยมีพิกัดจุดศูนย์กลางแปลงระบบ UTM อยู่ที่ 577965E 864915N (Datum:WGS1984 Zone 47N) ใช้รูปแบบตามวิธีการของศูนย์ศึกษาและวิจัยอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเพชรบุรี (2554) ในบริเวณที่เป็นตัวแทนของสังคมพืชในอุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า โดยพิจารณาจากฐานข้อมูลการกระจายของสังคมพืชหรือแผนที่ชนิดป่า (forest type map) ในพื้นที่ทำการศึกษา โดยการเปิดดูภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ด้วยโปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ และทำการขยาย (zoom) จนสังเกตเห็นสีเหลี่ยมของแต่ละ pixel จากนั้นอ่านค่าพิกัดบริเวณจุดตัดของ pixel นำค่าพิกัดที่ได้ป้อนลงเครื่องมือหาพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS) แล้วนำไปค้นหาที่ตั้งของจุดพิกัดดังกล่าวในพื้นที่จริง เมื่อพบแล้วจะสมมติให้จุด ๆ นั้นเป็นเสมือนจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง

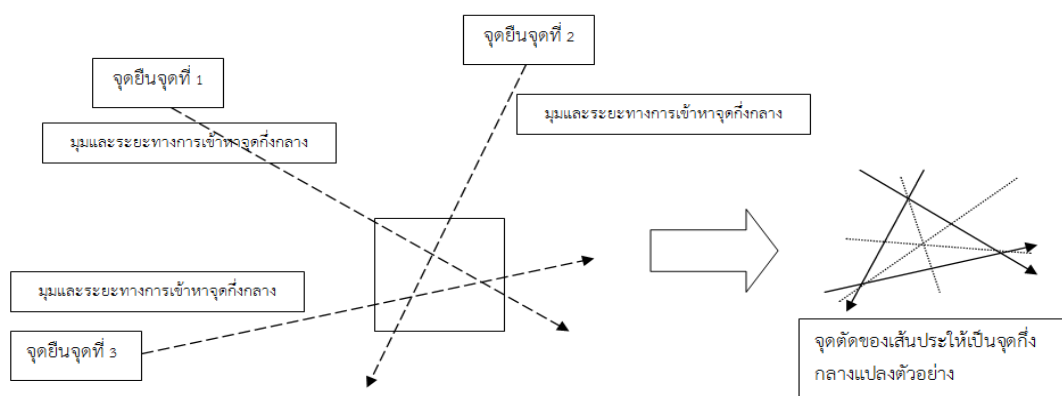


ภาพที่ 4 ภาพแสดงที่ตั้งแปลงตัวอย่างถาวร



ภาพที่ 5 ภาพแสดงจุดตัด pixel ที่เป็นจุดกลางแปลงตัวอย่าง

หากสภาพพื้นที่ป่ารกทึบ จุดพิกัดที่ได้จะไม่นิ่งอยู่กับที่ หรือมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงต้องใช้วิธีการหามุมและทิศทางเข้าหาจุดจาก 3 ทิศทาง แนวทั้ง 3 ทิศทางจะตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยม ให้หาแนวของเส้นที่ลากจากจุดกึ่งกลางด้านไปยังมุมตรงกันข้ามทั้ง 3 เส้น จุดตัดของเส้นดังกล่าวใช้เป็นจุดกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง



ภาพที่ 6 วิธีการหาจุดกึ่งกลางแปลงโดยการใช้มุมและทิศทางเข้าหาจุดจาก 3 ทิศทาง  
ที่มา : ศูนย์ศึกษาและวิจัยอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเพชรบุรี (2554)

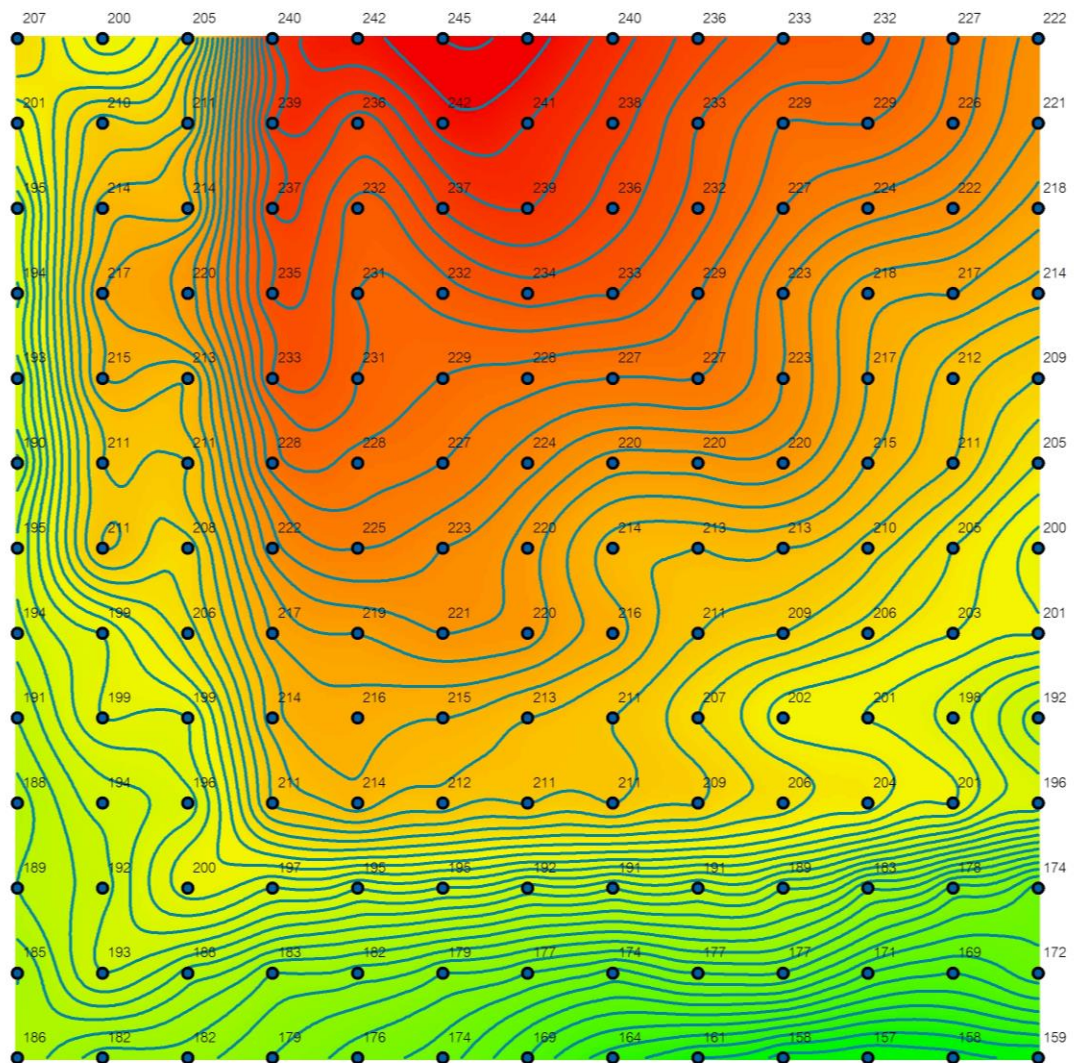
จากจุดกึ่งกลางของแปลงตัวอย่าง ใช้เข็มทิศเล็งแนวไปทางทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก โดยในแต่ละด้านใช้เทปวัดระยะในแนวราบออกไปด้านละ 60 เมตร ซึ่งจะได้แปลงตัวอย่างขนาด 120 x 120 เมตร ที่มีความสอดคล้องกับขนาดและพิกัดของ pixel ในภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM จำนวน 16 pixels

แปลงตัวอย่างถาวรขนาด 120x120 เมตร จะถูกแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร ได้ทั้งหมด 144 แปลง ซึ่งจะทำให้การกำหนดรหัสแปลงย่อยเพื่อความสะดวกในการติดตามข้อมูล โดยในแต่ละแปลงย่อยจะทำการฝังหมุดที่มุมแปลงและบันทึกพิกัดภูมิศาสตร์ในระบบ UTM รวมทั้งค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) เพื่อใช้ในการสร้างแผนภาพเส้นชั้นระดับความสูง (contour line) แสดงลักษณะภูมิประเทศของแปลงตัวอย่างถาวร ทำการชิงเชือกไนลอนระหว่างหมุดที่ขอบแปลงทั้งสิ้นสี่ด้าน

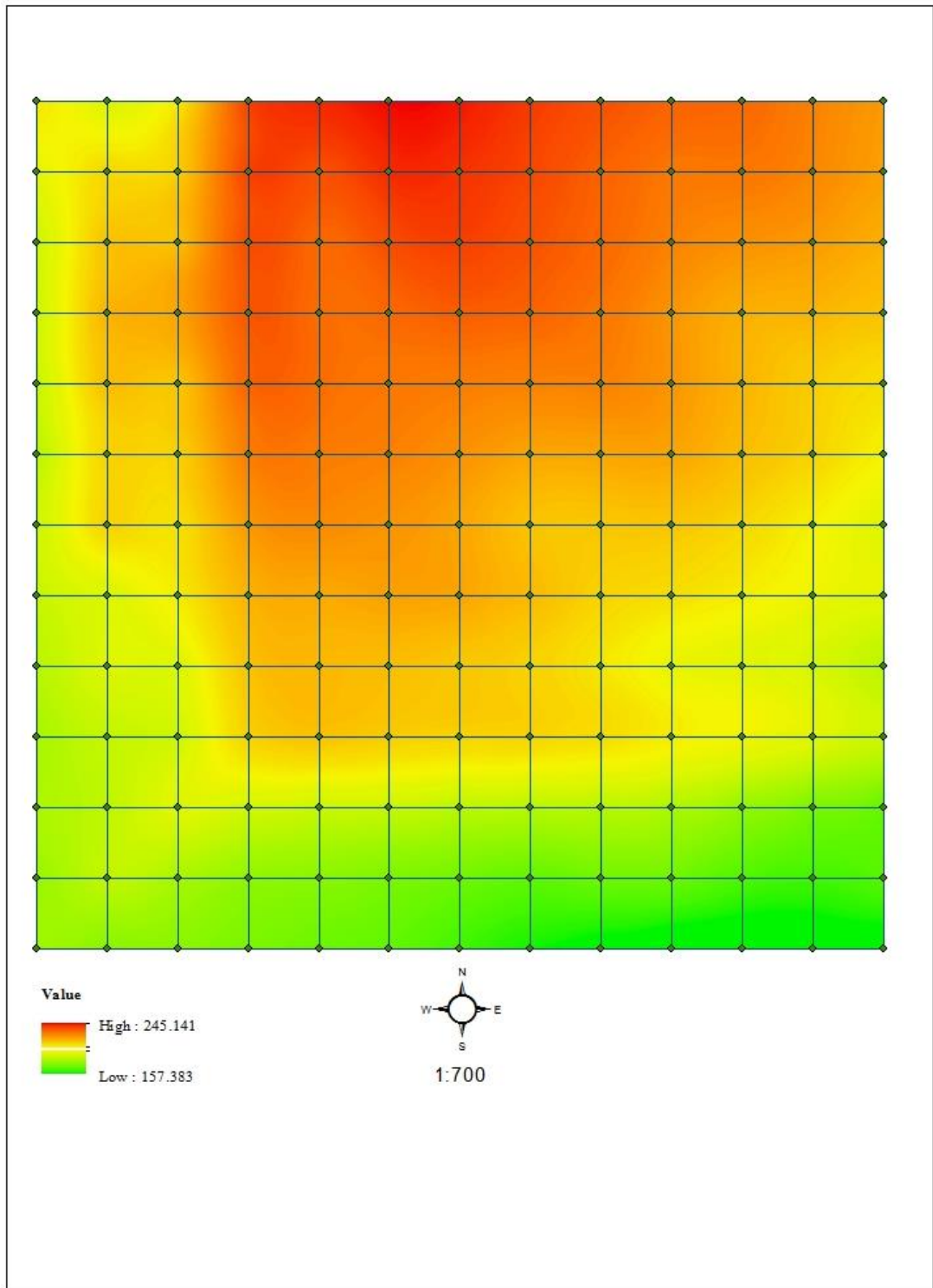
12	13	36	37	60	61	84	85	108	109	132	133
11	14	35	38	59	62	83	86	107	110	131	134
10	15	34	39	58	63	82	87	106	111	130	135
9	16	33	40	57	64	81	88	105	112	129	136
8	17	32	41	56	65	80	89	104	113	128	137
7	18	31	42	55	66	79	90	103	114	127	138
6	19	30	43	54	67	78	91	102	115	126	139
5	20	29	44	53	68	77	92	101	116	125	140
4	21	28	45	52	69	76	93	100	117	124	141
3	22	27	46	51	70	75	94	99	118	123	142
2	23	26	47	50	71	74	95	98	119	122	143
1	24	25	48	49	72	73	96	97	120	121	144

ภาพที่ 7 แปลงตัวอย่างจำลองขนาด 120 x 120 เมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร จำนวน 144 แปลงย่อย มีรหัสชื่อแปลงกำกับแต่ละแปลงย่อย



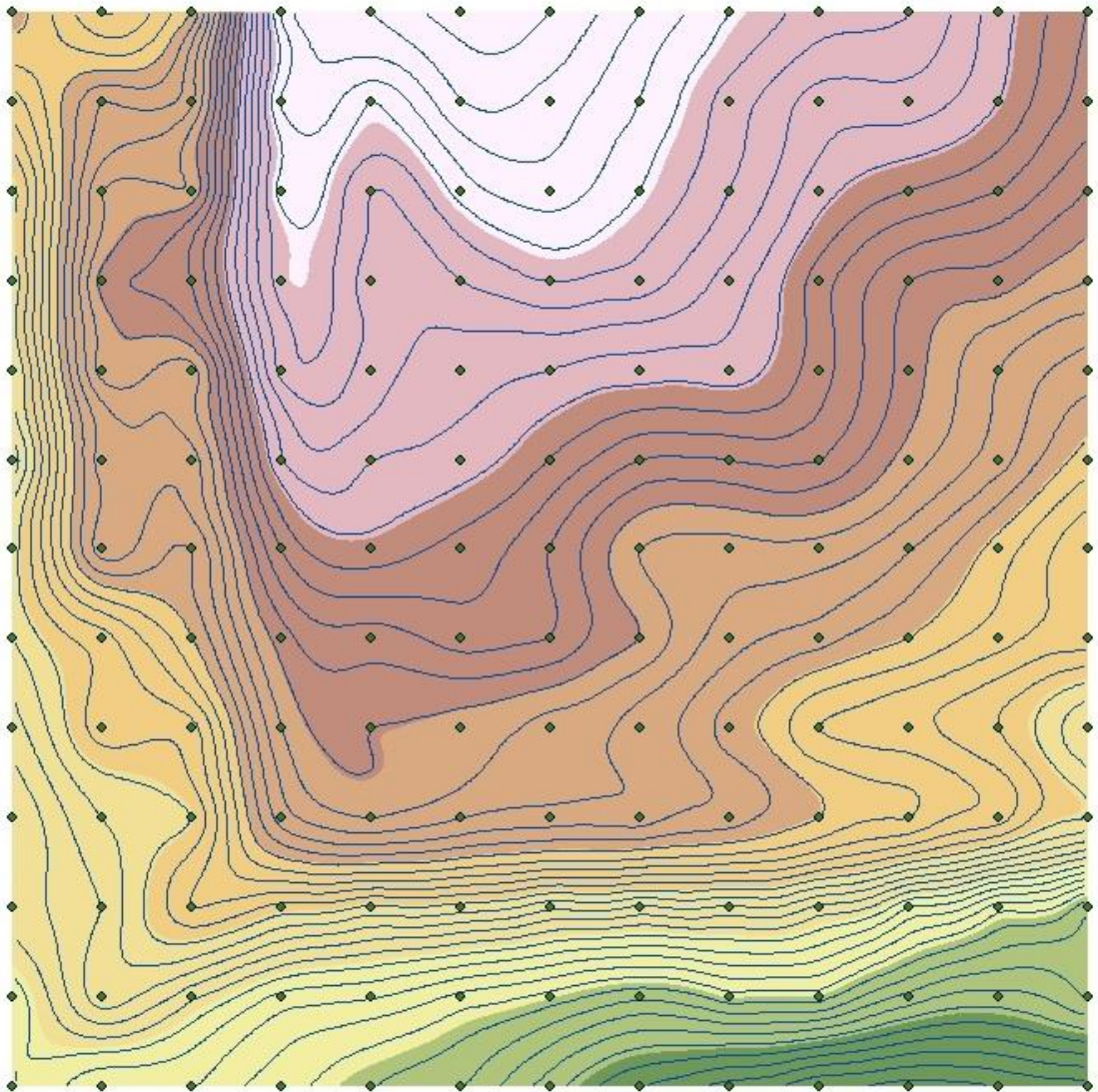


ภาพที่ 8 ค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร) ของแต่ละหมุดย่อย



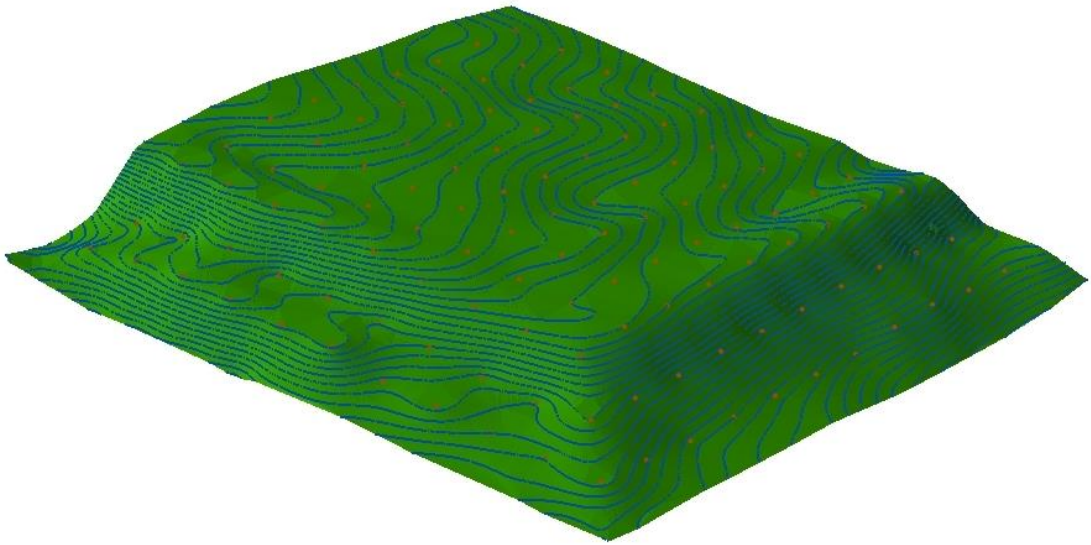
ภาพที่ 9 ระดับสูงต่ำของภูมิประเทศในแปลงตัวอย่าง



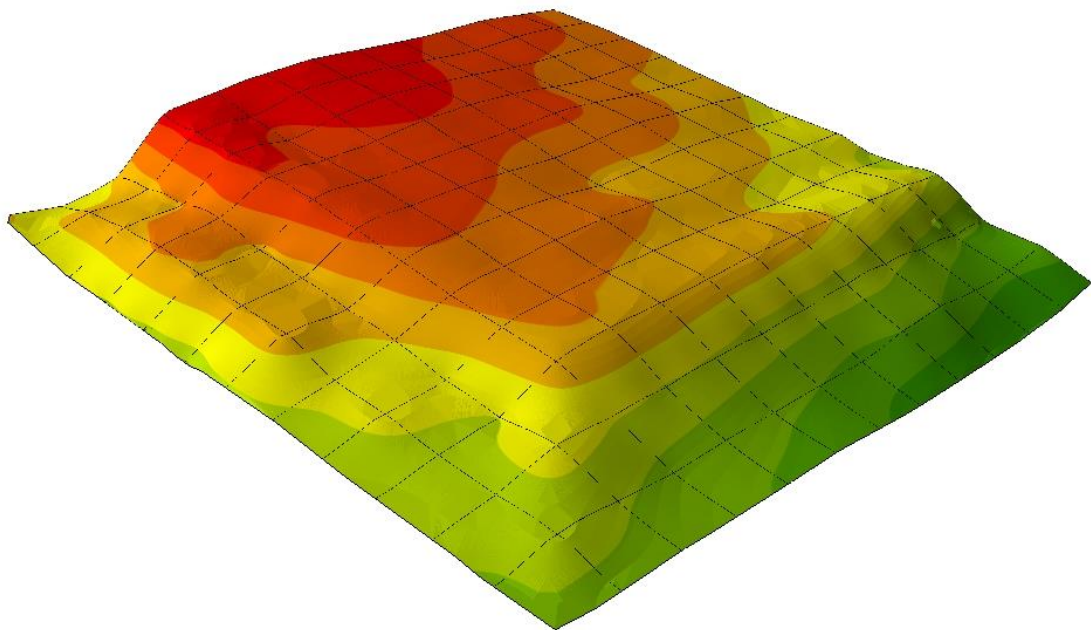


ภาพที่ 10 เส้นชั้นระดับความสูง (ระยะห่าง 50 เซนติเมตร) ในแปลงตัวอย่างแสดงในแนวระนาบ





ภาพที่ 11 แบบจำลอง 3 มิติ เส้นชั้นระดับความสูงบริเวณแปลงตัวอย่าง

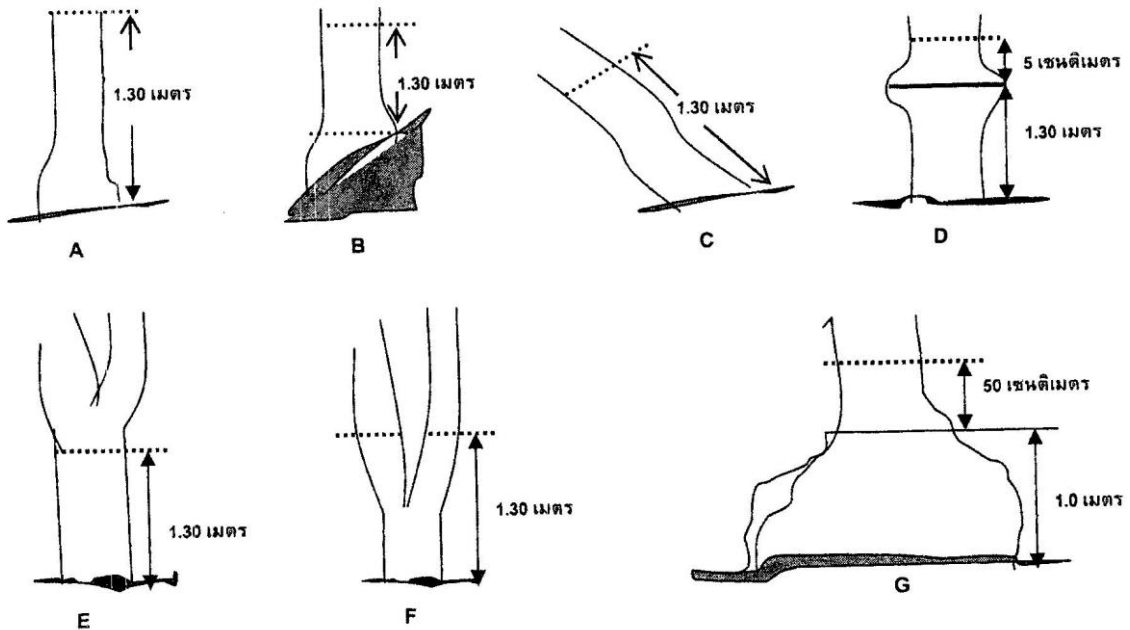


ภาพที่ 12 แบบจำลอง 3 มิติ สภาพภูมิประเทศบริเวณแปลงตัวอย่าง

แปลงตัวอย่างขนาด 10 x 10 เมตร จะถูกใช้รวบรวมข้อมูลชนิดไม้ใหญ่ (tree) ทุกต้นที่ปรากฏในแปลง ที่มีค่าความโตหรือเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร ตั้งแต่ 13.5 เซนติเมตร ขึ้นไป และจะทำการติดแท็กตอกเบอร์ทุกต้น โดยรายละเอียดข้อมูลไม้ใหญ่ที่จะบันทึกประกอบด้วย เลขที่แปลง เบอร์ ชนิดพันธุ์ เส้นรอบวง ความสูงกิ่งแรก ความสูงทั้งหมด ความกว้างเรือนยอด และตำแหน่งที่ขึ้นอยู่ในแปลง

สำหรับการวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างที่ขึ้นอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อนนั้น ดอกกรีก (2549) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการวัดไม้ในป่าในสภาพภูมิประเทศต่าง ๆ เพื่อขจัดข้อผิดพลาดดังกล่าว ดังนี้

1. การวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในที่ราบ จะวัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน
2. ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนที่ลาดเท ให้วัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ทางด้านบนของพื้นที่ลาดเท
3. ต้นไม้ที่เอียงหรือเอน ให้วัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ไปตามมุมเอียงของต้นไม้
4. ต้นไม้ที่มีปมที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ให้วัดขนาดเส้นรอบวงเหนือจุดที่มีปมขึ้นไป 5 เซนติเมตร
5. กรณีต้นไม้แตกเป็นสองนางที่ระดับสูงกว่า 1.30 เมตร ให้วัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ตามปกติ
6. กรณีต้นไม้แตกเป็นสองนางที่ระดับต่ำกว่า 1.30 เมตร ให้วัดขนาดเส้นรอบวงของไม้แต่ละนาง เหนือจุดที่แตกกิ่งไปอีก 1 เมตร
7. ต้นไม้ที่มีพุ่มสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร ให้วัดขนาดเส้นรอบวงเหนือจุดพุ่มขึ้นไปอีก 50 เซนติเมตร



ภาพที่ 13 การวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่มีลักษณะแตกต่างกัน  
ที่มา : ดอกรัก มารอด (2549)

สร้างแปลงตัวอย่างขนาด  $4 \times 4$  เมตร ซ้อนทับขึ้นที่บริเวณหมุดกลางซ้ายของแต่ละแปลง  $10 \times 10$  เมตร พร้อมทั้งชิงเชือกไนลอนทั้ง 4 ด้าน โดยใช้สมอบกตริงมุมแปลงไว้ ทำการบันทึกข้อมูลลูกไม้หรือไม้หนุ่ม (sapling) ที่สูงเกินกว่า 1.30 เมตร และ เส้นรอบวงน้อยกว่า 13.5 เซนติเมตร ทำการติดแท็กตอกเบอร์ทุกต้นเช่นเดียวกับไม้ใหญ่ โดยรายละเอียดข้อมูลไม้หนุ่มที่จะบันทึกประกอบด้วย เลขที่แปลงเบอร์ และชนิดพันธุ์ไม้หนุ่มที่ปรากฏในแปลง

สร้างแปลงตัวอย่างขนาด  $1 \times 1$  เมตร ซ้อนทับขึ้นที่บริเวณหมุดกลางซ้ายของแต่ละแปลง  $4 \times 4$  เมตร พร้อมทั้งชิงเชือกไนลอนทั้ง 4 ด้าน โดยใช้สมอบกตริงมุมแปลงไว้ ทำการบันทึกข้อมูลกล้าไม้ (seedling) ที่สูงไม่เกิน 1.30 เมตร โดยรายละเอียดข้อมูลกล้าไม้ที่จะบันทึกประกอบด้วย เลขที่แปลง ชนิดพันธุ์กล้าไม้ และจำนวนต้น

ติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น (Data Logger) ในบริเวณแปลงตัวอย่าง และต้องทำการโหลดข้อมูลจากเครื่องบันทึกทุกเดือน ในช่วงที่มีการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านชีพลักษณะ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์สังคมพืชจากข้อมูลที่ได้จากแปลงตัวอย่าง

ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data) ได้แก่

1) บัญชีรายชื่อชนิดพันธุ์ (species list) โดยทำการจำแนกชนิดพันธุ์ไม้ ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างแยกเป็น ไม้ใหญ่ ไม้หนุม และกล้าไม้

2) ความหนาแน่น (density) คือ จำนวนของพันธุ์พืชชนิดใดชนิดหนึ่งในสังคมพืช ต่อหน่วยเนื้อที่มีหน่วยเป็นต้นต่อตารางเมตร ใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = \frac{\text{จำนวนต้นของชนิดพันธุ์นั้นในแปลงตัวอย่าง}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่าง}}$$

3) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density) คือ เป็นค่าเปรียบเทียบทางด้านความหนาแน่นของพันธุ์พืชชนิดใดชนิดหนึ่งในสังคมพืช กับความหนาแน่นทั้งหมดของพันธุ์พืชในสังคมพืชนั้น นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD)} = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์นั้น} \times 100}{\text{ความหนาแน่นของไม้ทุกชนิด}}$$

4) ความถี่ (frequency) คือ ค่าความบ่อยครั้งของชนิดพรรณพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง นิยมวัดค่าเป็นร้อยละ ค่าความถี่เป็นการบอกถึงการกระจายของชนิดพันธุ์พืชในสังคมพืชนั้น มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความถี่ (F)} = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดพันธุ์นั้นปรากฏอยู่} \times 100}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจ}}$$

5) ความถี่ของสัมพัทธ์ (relative frequency) เป็นค่าเปรียบเทียบทางด้านความถี่ของพันธุ์พืชชนิดใดชนิดหนึ่งในสังคมพืช กับความถี่ทั้งหมดของพันธุ์พืชทั้งหมดในสังคมพืชนั้น นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความถี่สัมพัทธ์ (RF)} = \frac{\text{ความถี่ของชนิดพันธุ์นั้น} \times 100}{\text{ผลรวมความถี่ของไม้ทุกชนิด}}$$

6) ความเด่น (dominance) คือ การประเมินถึงความสามารถและมีอิทธิพลของพันธุ์ไม้ที่มีความเหนือกว่ากันหรือด้อยกว่ากันและการแสดงออกในบางด้านของชนิดไม้เหล่านั้น ๆ อาจบอกได้หลาย



รูปแบบ ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้บอกค่าความเด่นของไม้ใหญ่ เป็นพื้นที่หน้าตัด (basal area) โดย ความเด่นของชนิดพันธุ์ มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความเด่น (Do)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดของชนิดพันธุ์ไม้}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่าง}}$$

7) ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance) เป็นค่าเปรียบเทียบทางด้านความเด่นของพันธุ์พืชชนิดใดชนิดหนึ่งในสังคมพืช กับความเด่นทั้งหมดของพันธุ์พืชทั้งหมดในสังคมพืชนั้น นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความเด่นสัมพัทธ์ (RDo)} = \frac{\text{ความเด่นของชนิดพันธุ์นั้น}}{\text{ผลรวมความเด่นของไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

8) ดัชนีความสำคัญทางนิเวศ (Importance Value Index) เป็นค่าที่รวมความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ในไม้ใหญ่เข้าด้วยกัน มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 300 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลต่าง ๆ ของพันธุ์พืชแต่ละชนิดในพื้นที่ มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ดัชนีความสำคัญ (IVI)} = \text{RD} + \text{RF} + \text{RDo}$$

โดยดัชนีความสำคัญของไม้หนุ่มและกล้าไม้ จะใช้ค่าคำนวณเพียงสองค่าคือความหนาแน่นสัมพัทธ์ และความถี่สัมพัทธ์

9) ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Species Diversity) การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพสามารถทำได้โดยใช้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งมีอยู่หลายดัชนี ได้แก่

Shannon-Wiener's Index of diversity (H')

$$H' = -\text{Sum}[P_i (\ln P_i)]$$

เมื่อ  $P_i$  = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นของชนิดพันธุ์นั้น ๆ ต่อจำนวนต้นของทุกชนิดรวมกัน

Simpson's index of diversity (D)

$$D = 1 - \text{Sum} \left[ \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right]$$

เมื่อ  $n_i$  = จำนวนต้นของชนิดพันธุ์นั้น ๆ

$N$  = จำนวนต้นของทุกชนิดพันธุ์

Fisher's index of diversity ( $\alpha$ )

$$S = \alpha \ln(1+n/\alpha)$$

เมื่อ  $\alpha$  = ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Fisher

$S$  = จำนวนชนิดพันธุ์ทั้งหมด

$n$  = จำนวนต้นทั้งหมด

10) ดัชนีความสม่ำเสมอ (evenness indices) คือ ความมากมาย (abundance) ของจำนวนต้นในแต่ละชนิด ที่จะบ่งบอกถึงความสม่ำเสมอของแต่ละชนิดว่ามีการกระจายเข้าครอบครองพื้นที่ได้เท่าเทียมกันหรือไม่ ซึ่งคำนวณได้ตามวิธีของ Pielou (1975;  $J'$ ) มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

เมื่อ  $H'$  = ดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner

$S$  = จำนวนชนิดทั้งหมด

11) ปริมาตรไม้ในส่วนที่เป็นสินค้าได้ โดยใช้สูตรที่สามารถและธัญรินทร์ (2538) อ้างตามเสวาลักษณ์และคณะ โดยนำมาใช้ในส่วนที่เป็นสูตรการคำนวณกลางที่ใช้สำหรับไม้ชนิดต่างๆ ในป่าธรรมชาติ

$$\ln(V) = \ln(2.110246) + 2.2266056 \ln(\text{dbh})$$

$\text{dbh}$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นวัดที่ระดับอก (diameter at breast height)

$v$  = ปริมาตรไม้ (ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์)

12) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass ; AGB) โดยใช้สมการแอลโลเมตรี จากผลการศึกษาของ Tsutsumi et al. (1983) มาใช้ในการประมาณ ดังนี้

$$\text{AGB} = \text{WS} + \text{WB} + \text{WL}$$

$$\text{Stem (WS)} = 0.0509 * (D^2 H)^{0.919}$$

$$\text{Branch (WB)} = 0.00893 * (D^2 H)^{0.977}$$

$$\text{Leaf (WL)} = 0.0140 * (D^2 H)^{0.669}$$

เมื่อ  $H$  = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

$D$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (ซ.ม.) ที่ความสูง 1.30 เมตร

13) การสะสมของธาตุคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Carbon stock ; AGC) โดยใช้หลักของ IPCC (2006) อ้างโดย ฉัญนรินทร์ (2556) ที่ระบุว่า มวลชีวภาพจะมีคาร์บอนสะสมอยู่ประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ มีหน่วยเป็น ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ( $MtCO_2e$ )

$$AGC = 0.47 * AG$$

**ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data)** ได้แก่ การบรรยายสภาพโดยรวมของโครงสร้างสังคมพืชในเชิงพรรณนาจากลักษณะการปรากฏอยู่ในแปลงตัวอย่าง

1) การกระจายทางด้านตั้ง คือ ลักษณะการแบ่งชั้นเรือนยอดของสังคม ซึ่งเกิดขึ้นจากการต้องการปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน และการปรับตัวเพื่อแก่งแย่งแสงสว่าง

2) การกระจายทางด้านราบ คือ ลักษณะความถี่ห่างของต้นไม้ หรือความหนาแน่น

#### การตรวจวัดชีพลักษณ์ (phenology)

การตรวจวัดชีพลักษณ์เพื่อเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง ในช่วงเวลาเดียวกัน (ในระดับสากลสัปดาห์ละ 1 ครั้ง) สิ่งที่ต้องทำในแต่ละครั้ง คือ ตรวจชีพลักษณ์ต้นไม้แต่ละหมายเลข ได้แก่ การออกใบ ดอก และผล โดยกำหนดหมายเลขแทนลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- ใบร่วงหรือทิ้งใบ (L1) แทนด้วยหมายเลข 1

- ใบอ่อนหรือกำลังผลิใบ (L2) แทนด้วยหมายเลข 2

- ใบปกติ (L3) แทนด้วยหมายเลข 3

- ดอกตูม (FL1) แทนด้วยหมายเลข 4

- ดอกบาน (FL2) แทนด้วยหมายเลข 5

- ดอกร่วง (FL3) แทนด้วยหมายเลข 6

- ผลอ่อน (FR1) แทนด้วยหมายเลข 7
- ผลแก่ (FR2) แทนด้วยหมายเลข 8
- ผลสุกหรือผลร่วง (FR3) แทนด้วยหมายเลข 9