



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการอาคาร)

ปริญญา

นวัตกรรมการอาคาร

เทคโนโลยีทางอาคาร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของแผงกันแดดไม้เลื้อย  
โดยใช้การประมวลภาพ

Calculating Solar Heat Gain Coefficient of Climber Shading by Image Processing

นามผู้วิจัย

นางสาวศรีสุดา ภูเี่ยม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์พาสินี สุนากร, M.Arch. )

หัวหน้าสาขาวิชา

( อาจารย์โสภณ วิชาญศักดิ์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของ  
แผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลผลภาพ

Calculating Solar Heat Gain Coefficient of Climber Shading  
by Image Processing

โดย

นางสาวศรีสุดา ภูรัมย์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการอาคาร)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศรีสุดา ภูรัมย์ 2553: การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์  
ของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลภาพ ปรินญาสถาปัตยกรรมศาสตร  
มหาบัณฑิต (นวัตกรรมการอาคาร) สาขาวิชา นวัตกรรมการอาคาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาคาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์พาสินี สุนากร, M.Arch. 129 หน้า

บทความวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสี  
อาทิตย์ของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลภาพ การวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการ  
โดยการสร้างแผงไม้เลื้อย 3 ชนิด และทำการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง และใช้เครื่องมือไพรา  
นอมิเตอร์ (Pyranometer) ในการบันทึกข้อมูล ผลการวิจัยเบื้องต้นพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ฯ ของ  
ไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของใบ ปริมาณการปกคลุม และ  
จำนวนชั้นของใบ โดยเปรียบเทียบค่าโดยเฉลี่ยของแผงและค่าของแต่ละชั้นใบ จากนั้นนำข้อมูล  
ที่ได้มาใช้ในการสร้างโปรแกรมในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฯ จากภาพถ่ายแผงกันแดด  
สร้อยอินทนิล ซึ่งในผลการวิจัยขั้นสุดท้ายนี้ได้ชุดคำสั่งประมวลภาพซึ่งสามารถคำนวณค่าพื้นที่  
ใบ และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้ถูกต้องมากกว่า 90%  
เมื่อเทียบกับค่าที่วัดโดยใช้เครื่องมือ ตลอดจนสามารถใช้หาค่าสัมประสิทธิ์ฯ ที่เปลี่ยนแปลงไป  
จากการเจริญเติบโตของไม้เลื้อยโดยการประมวลภาพจากภาพถ่าย ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยนี้  
นอกจากสามารถนำไปใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฯ ของแผงกันแดดไม้เลื้อยชนิดอื่นๆ ได้แล้ว ยัง  
เป็นค่าที่ใช้ประกอบการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทุกด้านของอาคาร (OTTV)  
อีกด้วย

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Srisuda Phooyam 2010: Calculating Solar Heat Gain Coefficient of Climber Shading by Image Processing. Master of Architecture (Building Innovation), Major Field: Building Innovation, Department of Technology Building. Thesis Advisor: Associate Professor Pasinee Sunakorn, M.Arch. 129 pages.

This research paper presents guidelines for calculating solar heat gain coefficient of climber shading by using Image Processing. In real environment, 3 types of climber shading were investigated. Data was collected by the pyranometer sensor. It was found that the solar heat gain coefficients of each climber were different by comparing average heat gain of  $1 \times 1 \text{ m}^2$  panels and comparing heat gain through numbers of leaf layer, depending physical property of leaf, leaf area coverage and numbers of leaf layer. Leaf areas were calculated by Image processing and SHGC model was established. Comparison of Thunbergia Grandiflora shading was made between on-site data and calculated SHGC. The result was 90% accurate. In conclusion, the method of image processing can be used to record the dynamic SHGC continuously and also for other type of climbing-plant panel. The value can be used for simulating Overall Thermal Transfer Value of the building.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ พาสินี สุนากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ศิริเดช สุริต และอาจารย์โสภา วิศิษฐ์ศักดิ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำทุกอย่างเป็นอย่างดีมาตลอดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณทุนสนับสนุน จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

กราบขอบพระคุณพ่อและแม่ สำหรับทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิต ขอบคุณพี่รัตน์ พี่เจนและนายที่คอยช่วยเหลือยามฉุกเฉิน,ขอบคุณพี่โชค พี่ปิ่นสำหรับคำแนะนำมากมายในการเขียนโปรแกรมแมทแลบ,ขอบคุณพี่เอก สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ทดลอง,ขอบคุณพี่สอและพี่โอเล่ สำหรับเอกสารจำเป็น สุดท้ายขอบคุณพี่หญิง พี่ท็อป พี่โอชิน ที่เป็นกำลังใจให้กันและอยู่ร่วมกันจนจบขอบคุณจากใจจริง ขอบคุณมากๆ ค่ะ

ศรีสุดา ภูเยี่ยม  
ธันวาคม 2553

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ในการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	10
อุปกรณ์และวิธีการ	63
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล	86
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	101
สรุปผลการวิจัย	102
ข้อเสนอแนะ	109
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	111
ภาคผนวก	113

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อุณหภูมิของแต่ละชนิดการทดลอง ในการวัดที่ตำแหน่งต่างๆ	58
2	การเจริญเติบโตของไม้เลื้อยในระยะเวลา 2 เดือน	65
3	การเจริญเติบโตของไม้เลื้อยในเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน พ.ศ. 2549	66
4	เปรียบเทียบค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิด	90
5	เปรียบเทียบค่า SHGC และพื้นที่ใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิด	92
6	ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ	97
7	ช่วงสีของแต่ละชั้นใบ	98
8	ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด	103
ตารางผนวกที่		
1	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552	114
2	การเปรียบเทียบผลต่างภายใน ภายนอกระหว่างสร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง	116
3	เปรียบเทียบค่า SHGC และพื้นที่ใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิด	117
4	แสดงการเปรียบเทียบค่าสี กับสีของแสง	118
5	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB (ต้นสร้อยอินทนิล)	119
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB (ต้นสายน้ำผึ้ง)	120
7	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB (ต้นพวงทอง)	122
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL (ต้นสร้อยอินทนิล)	123
9	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL (ต้นสายน้ำผึ้ง)	124
10	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL (ต้นพวงทอง)	126

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
11	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์(SHGC) ของไม้เคลือบ 3 ชนิด(สร้อยอินทนิล)	126
12	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์(SHGC) ของไม้เคลือบ 3 ชนิด(สายน้ำผึ้ง)	127
13	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์(SHGC) ของไม้เคลือบ 3 ชนิด(พวงทอง)	127
14	เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เคลือบทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี HSL	127
15	เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เคลือบทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี RGB	128
16	ช่วงสีของแต่ละชั้นใบ	128

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของหมวด และไม้เลื้อยประเภท Tendrils	14
2	ลักษณะการเลื้อยไม้เลื้อยประเภท Twining	15
3	ลักษณะของหมวด และไม้เลื้อยประเภท Climbers	16
4	การแผ่รังสีดวงอาทิตย์	18
5	มุมตกกระทบของลำแสงดวงอาทิตย์	20
6	การส่งผ่านความร้อน (Heat Transfer)	21
7	การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรง	22
8	(ก) การระบายอากาศโดยวิธี Stack Ventilation และ (ข) การสเปรย์น้ำบนหลังคา	23
9	การปลูกหญ้าคลุมผิวดินใกล้อาคาร เพื่อกันการสะท้อนความร้อน	24
10	พฤติกรรมการส่องผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ผ่านต้นไม้	25
11	(ก) พฤติกรรมการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของใบไม้ และ (ข) พฤติกรรมการส่องผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ผ่านต้นไม้	26
12	ระบบการปลูกต้นไม้แนวตั้งแบบ Panel system	27
13	ระบบการปลูกต้นไม้แนวตั้งแบบ Felt system	27
14	ระบบการปลูกต้นไม้แนวตั้งแบบ Container and/or Trellis system	28
15	รูปแบบของการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน	29
16	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวราบเหนือระบบหน้าต่าง	33
17	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งของหน้าต่าง	33
18	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม	34
19	เครื่องมือไพรานอร์มิเตอร์ (Pyranometer)	34
20	การแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (ITC : 2004)	36
21	ตัวอย่างการใช้ชุดคำสั่งแยกสีแดง (ไม่ใช่ใบไม้) ออกจากภาพ	37
22	การกำหนดค่าแต่ละจุดภาพในรูปของตัวแปรอะเรย์ (ITC : 2004)	37
23	ระบบสี RGB	39

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	รูปแบบโมเดลสี HSL (Hue, Saturation, Lightness)	40
25	ตัวอย่างความละเอียดภาพตั้งแต่ 1024x1024 พิกเซลจนถึง 32x32 พิกเซล ขยายให้มีขนาดที่เท่ากัน	41
26	(ก) การเลือกพื้นที่ทำงาน โดยกำหนดให้ Tolerance = 60 และ (ข) Tolerance = 12	42
27	(ก) กราฟ Histogram ซึ่งมี threshold 1 ค่า และ (ข) threshold 2 ค่า	43
28	ตัวอย่างการค่อยๆปรับ Threshold โดยภาพที่ 3 ก้านใบไม้หายไป	44
29	แสดงผังการทำงานของชุดคำสั่งในขั้นตอนการคำนวณพื้นที่ใบ	47
30	“ผนังสีเขียว” ใช้เป็นแมงกานด์แคดไมล์ที่ปลูก ณ ทิศตะวันตกของอาคาร	51
31	การติดตั้งผนังไม้เลื้อยตามระยะต่างๆ	52
32	ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง	53
33	ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง	54
34	ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง	55
35	ภาพแสดงตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง	56
36	ระบบการใช้ผนังสองชั้นกับพืช	57
37	แสดงลักษณะการทดลอง	59
38	การแปลงภาพ เพื่อกำหนดชั้นใบของภาพ	60
39	ค่า solar transmissivity ของแต่ละชั้นใบ	61
40	ลักษณะของต้นไม้ทั้ง 6 ชนิดจากงานวิจัยของ สหพรหม วงศ์ชีวะ	66
41	พันธุ์ไม้ที่เลือกใช้ในการทดลอง	67
42	ลักษณะของโครงสร้างสำหรับแมงกานด์แคดไมล์และพื้นที่บริเวณ ทำการทดลอง	68
43	แมงกานด์แคดไมล์ต้นสร้อยอินทนิลของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	68
44	(ก) เครื่องมือไพราโนมิเตอร์ และ (ข) เครื่องมือโฮโบ	69
45	ต้นสร้อยอินทนิล, สายน้ำผึ้ง และพวงทอง (ตามลำดับ)	70

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
46	การติดตั้งแผงไม้เลื้อย	71
47	การเจริญเติบโตของต้นพวงทอง, สายน้ำผึ้ง และสร้อยอินทนิล (ตามลำดับ ซ้ายไปขวา)	73
48	(ก) ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือด้านหน้า และด้านข้าง, (ข) ภาพถ่ายขณะวัดจริง	73
49	ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและการเก็บข้อมูล	75
50	(ก) ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและการเก็บข้อมูลของ 1 ชั้นใบ และ (ข) 4 ชั้นใบ	75
51	ตำแหน่งการเก็บข้อมูลภาพถ่าย	76
52	ลักษณะการถ่ายภาพโดยใช้ฉากสีแดง	77
53	ใบของต้นสร้อยอินทนิลที่ทำการสุ่ม	78
54	(ก) ภาพถ่ายใบไม้โดยใช้แสงประดิษฐ์สีขาว และ (ข) สีเหลือง	78
55	ภาพถ่ายใบไม้โดยใช้แสงประดิษฐ์สีขาว (ซ้าย) และสีเหลือง (ขวา)	79
56	ใบของต้นสร้อยอินทนิล, สายน้ำผึ้ง และพวงทอง (ตามลำดับ) ที่ทำการสุ่ม	79
57	ตัวอย่างการทดลอง โดยการเพิ่มปริมาณแสงตั้งแต่ 500-1000 ลักซ์	80
58	ตัวอย่างการทดลอง โดยการตรวจสอบค่าสีของแต่ละความสว่าง	81
59	ลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้ไพแรนอมิเตอร์	82
60	ตำแหน่งการเก็บข้อมูลภาพถ่ายเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ	83
61	ภาพถ่ายต้นฉบับ, ภาพที่ตัดพื้นที่ไม่ใช่ใบออก และภาพที่ใช้สุ่มหาค่าสี ตามลำดับ	84
62	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552	88
63	การเปรียบเทียบผลต่างภายใน ภายนอกระหว่างสร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง	90
64	แสดงการเปรียบเทียบค่าสี กับสีของแสง	94
65	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB	95
66	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL	95

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
67	กระบวนการสุ่มค่าสีจากภาพแพ่งกันแดดไม้เลื้อย	98
68	ภาพการคำนวณพื้นที่ใบของ 1, 2, 3 และ 4 ชั้นใบ (ตามลำดับ) ของโปรแกรมประมวลผลภาพ	100
69	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552	102
70	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของไม้เลื้อย 3 ชนิด	104
71	แสดงพื้นที่ใบ ของไม้เลื้อย 3 ชนิด	104
72	เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี HSL	106
73	เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี RGB	106

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของ  
แผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลผลภาพ

Calculating Solar Heat Gain Coefficient of Climber Shading  
by Image Processing

คำนำ

พลังงานที่สูญเสียไปอันเนื่องมาจากการใช้อาคารนั้นเป็นสาเหตุสำคัญของการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า การสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคารเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการใช้เครื่องปรับอากาศกันอย่างมหาศาล นอกเหนือจากปัญหาเรื่องที่ตั้งของประเทศไทยเองที่อยู่ในเขตร้อนชื้น สภาพแวดล้อมภายในเมืองที่เต็มไปด้วยคาร์บอนไดออกไซด์อันส่งผลให้อุณหภูมิในเมืองสูงกว่าเขตชนบทแล้วนั้น ปัญหาของอุณหภูมิภายนอกที่ส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารภายในก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการเก็บกักความร้อนของวัสดุเปลือกอาคารโดยความร้อนที่ส่งผ่านเปลือกอาคารจากภายนอกเข้าสู่ภายในนั้นก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย จึงเกิดแนวทางการนำต้นไม้มาใช้ประกอบอาคาร

ในอดีการใช้ต้นไม้ประกอบอาคารนั้น อาจเป็นเพียงเพื่อความสวยงาม สร้างมุมมองที่น่าสบาย ต่อมาจึงได้มีการนำต้นไม้ใหญ่มาใช้เพื่อประโยชน์ในการลดอุณหภูมิโดยรอบอาคาร และพัฒนาสู่การทำสวนหลังคา(Roof Garden) เพื่อลดความร้อนที่จะส่งผ่านจากหลังคา โดยพฤติกรรมของต้นไม้จะดูดซึมน้ำจากรากแล้วส่งผ่านไปที่ใบเพื่อสังเคราะห์แสง กระบวนการดังกล่าวทำให้น้ำระเหย(Transpiration) และผลที่ได้รับคืออากาศโดยรอบต้นไม้จะเย็นลง เนื่องจากความร้อนถูกดึงไปเพื่อใช้ในการระเหยของน้ำ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลาไม่ว่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะมากน้อยเพียงใด การทำให้สภาพแวดล้อมเย็นลงนั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยปรุงแต่งสภาวะน่าสบายให้กับสภาพแวดล้อมและอาคาร (สุนทร บุญญาริการ, 2542) โดยประโยชน์ของต้นไม้ในระดับเมืองนั้นพื้นที่สีเขียวส่วนนี้คือส่วนที่ช่วยลดและป้องกันการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island) ของเมืองได้อีกด้วย

ปัจจุบันนอกเหนือจากการนำรูปแบบของการปลูกพืชแนวตั้ง มาใช้เพื่อประโยชน์ทางด้านสร้างความสวยงามให้กับอาคารแล้ว ได้มีการนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยใช้กับระบบการปลูกแบบแผงสำเร็จ (Panel System), แบบถุงปลูก (Felt System) และแบบกระถาง (Container system) ซึ่งในระบบสุดท้ายนี้สามารถใช้เป็นแผงกันแดดไม้เลื้อยเพื่อป้องกันแสงแดดซึ่งให้ประสิทธิภาพเป็นอย่างดี ให้ประโยชน์ในการบังเงา (Shading) เหมาะกับการใช้งานที่ผนังทางด้านทิศตะวันตก หรือแม้แต่การใช้เป็นผนังในทุกด้านของอาคาร แผงกันแดดไม้เลื้อยเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดหรือป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังให้ประโยชน์มากกว่าการเลือกใช้วัสดุประเภทอื่นอีกด้วย

ใบของพืชนั้นมีพฤติกรรมการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าการสะท้อนและส่งผ่านเพื่อนำความร้อนไปใช้ในกระบวนการสร้างอาหาร แล้วจึงระบายความร้อนส่วนเกินแผ่มากับการคายน้ำ ซึ่งแตกต่างจากวัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้นที่แม้ว่าจะมีการดูดซับในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่เป็นการดูดซับที่รวดเร็ว และคายออกเท่ากับปริมาณที่ดูดซับเข้าไป ส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น การช่วยลดอุณหภูมิอากาศของพืชนั้นเกิดจากการบังเงาและการคายน้ำของใบ น้ำที่ระเหยได้จากการคายน้ำจากใบไม้โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชในช่วงเวลากลางวัน (พันทิวิ มาไพโรจน์, 2529) โดยมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของใบ และดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index – LAI) นอกจากนี้ยังมีการเจริญเติบโตเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนมีการเปลี่ยนแปลง (Dynamic) หากสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของแผงกันแดดไม้เลื้อย ซึ่งสามารถบอกคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อประเมินการลดใช้พลังงานในอาคารอันเป็นผลจากการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยได้

การใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยในการป้องกันความร้อนให้ประสิทธิภาพเป็นอย่างดี แต่ในขณะที่วัสดุทั่วไปมีการแสดงคุณสมบัติเช่น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน(U-Value), ค่าการสะท้อนของกระจก (Visible Reflectance-VR) เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงถึงประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุต่างๆ ได้ แต่สำหรับต้นไม้หรือใบไม้นั้นไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่ชัดเพียงค่าเดียวเหมือนวัสดุอื่นๆ จึงมีการวิจัยเรื่อง “Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy” (Ip *et al.*, 2010) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient : SC) มาใช้ในลักษณะของ Dynamic SC ซึ่งแปรผันตามช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้โดยใช้โซลาร์ริมิเตอร์ (Solarimeter) ในการวัดค่ารังสีจากดวง

อาทิตย์(Solar Radiation) ของแต่ละชั้นใบ และใช้ภาพร่วมกับโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการคำนวณพื้นที่ใบ ในการนำค่า SC มาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินนั้นเป็นการคำนวณในลักษณะของการบังเงา กรณีที่ผนังด้านในเป็นกระจกเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient : SHGC) ซึ่งคำนวณครอบคลุมทุกองค์ประกอบของปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน และขั้นตอนในการคำนวณหาพื้นที่ใบนั้นสามารถใช้โปรแกรมแปลงข้อมูลจากภาพเป็นตัวเลขโดยตรงเลยได้

งานวิจัยชิ้นนี้ เป็นการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถของการยอมให้ปริมาณความร้อนผ่านวัสดุ โดยทั่วไปจะใช้เป็นค่าสำหรับวัสดุประเภทกระจก และนอกจากสามารถแสดงคุณสมบัติการป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้แล้ว ยังเป็นค่าที่ใช้ประกอบการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทุกด้านของอาคาร (OTTV) อีกด้วย

## วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของแผงกันแดดไม้เลื้อยจากการปกคลุมและจำนวนชั้นใบของไม้เลื้อยอันส่งผลต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing)
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) จากการประมวลผลภาพกับค่าที่วัดจริงจากเครื่องมือ
3. เพื่อสร้างชุดคำสั่งในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของแผงกันแดดไม้เลื้อยซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหาปริมาณความร้อนที่ลดลง

### ขอบเขตของการวิจัย

- สร้างแผงกันแดดไม้เลื้อยเพื่อวัดรังสีความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ภายในโดยใช้ไม้เลื้อย 3 ชนิด ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง
- เก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของแต่ละชั้นใบ และค่าโดยรวมของแผงในพื้นที่ 1 ตร.ม. บริเวณสถานที่ทดลองจ.อยุธยา
- เก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ฯ และภาพถ่ายที่แผงกันแดดไม้เลื้อยที่บริเวณชั้น 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ระหว่างเครื่องมือกับชุดคำสั่ง

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบกระบวนการหาค่า SHGC ของแผงกันแดดไม้เลื้อย
- ได้ชุดคำสั่งการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ลดลงเนื่องจากการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย โดยใช้ค่า SHGC

- นำไปใช้งานกับแผงกันแดดไม้เลื้อยชนิดอื่นได้
- สามารถคำนวณค่า SHGC ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงของปีโดยใช้การถ่ายภาพและการประมวลผลภาพ

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 1. ขั้นตอนการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เก็บรวบรวมข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเรียบเรียงสิ่งที่เคยผ่านการศึกษาไว้แล้วทั้งงานวิจัยวิทยานิพนธ์ และผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ต่างๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคือเงื่อนไขที่กำหนดแนวทางการดำเนินการวิจัย ในการทบทวนเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย

##### 1.1 ไม้เลื้อย

- ความหมายของไม้เลื้อย
- ประเภทของไม้เลื้อย

##### 1.2 ความร้อน

- การแผ่รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Solar Radiation)
- การแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นผิวโลก (Terrestrial Radiation)
- ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
- ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร
- การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

##### 1.3 การใช้พืชพรรณเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

- รูปแบบการใช้ไม้เลื้อยเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

#### 1.4 ค่าที่ใช้ประเมินความร้อนเข้าสู่อาคาร

- ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
- ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC)
- เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณความร้อน

#### 1.5 การประมวลผลโดยภาพ

- การประมวลผลภาพ (Image Processing) และการเก็บข้อมูลภาพ
- ระบบสีมาตรฐาน
- คุณสมบัติต่างๆของภาพ
- คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง
- ความต้องการของโปรแกรมและการบันทึกภาพ
- การแปลงค่าสี
- ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling)

#### 1.6 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทุกด้านของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV)

#### 1.7 เอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- สมรรถนะการป้องกันความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น (พาสินีและคณะ: 2551)
- ประสิทธิภาพของผนังไม้เลื้อยในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร (วิชัย เหล่าพาณิชย์กุล, 2550)
- การสำรวจอิทธิพลของพรรณไม้ด้านข้างทางตั้งของอาคารสูง (Lay *et al.*, 2000)
- Modeling the double skin facade with plants (Stec *et al.*, 2004)

- Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy (Ip *et. al.*, 2010)

## 2. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการทดลองได้แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ในการวิจัย ได้แก่

- การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย(แผงทดลอง) 3 ชนิด เพื่อตอบสนองสมมติฐานข้อ 1

- การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริงเพื่อนำไปใช้ในการแบ่งจำนวนชั้นใบ

- การทดลองที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย(แผงจริง) 1 ชนิด

- การทดลองที่ 4 การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริงมาสร้างเป็น โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้หลักการประมวลผลภาพ

โดยใน 3 การทดลองนั้น ได้แบ่งการเก็บข้อมูล และศึกษาตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปรที่แตกต่างกันออกไป เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ในการทดลองดังนี้

2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงทดลอง) 3 ชนิด

- การทดลองที่ 1.1 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ค่า SHGC ของแผงต้นไม้ทั้ง 3 ชนิดในทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่ 9-17 น.

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ค่า SHGC ของแผงทดลองทั้ง 3 ชนิดในพื้นที่ 1 ตร.ม. และค่าของแต่ละชั้น.ใบ

- การทดลองที่ 1.3 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณพื้นที่ใบ และค่าสีของชั้นใบ

2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริง

- การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ค่าสีของ แสงสีขาว(White) กับแสงสีเหลือง (Warm)

- การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ค่าสีที่เปลี่ยนไปตามปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้น 6 ระดับ

2.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงจริง) 1 ชนิด

- การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ค่า SHGC ของแผงกันแดดไม้เลื้อย

- การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณพื้นที่ใบ และค่าสีของชั้นใบ

### 3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น

1. วิเคราะห์ผล และสรุปค่า SHGC จากเครื่องมือ
2. วิเคราะห์ผลการประมวลผล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ จนสรุปค่า SHGC ได้
3. เปรียบเทียบค่า SHGC จากแผงทดลองและแผงจริง เพื่อตรวจสอบค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด
4. ขั้นตอนการสรุปผล การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะในการวิจัย

นำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาการคำนวณค่า SHGC ของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลผล มาสรุปค่าที่สามารถใช้เพื่อการประเมินประสิทธิภาพของแผงกันแดดไม้เลื้อยได้ อภิปรายผลและเสนอแนะงานวิจัยต่อไป

## การตรวจเอกสาร

ในงานวิจัยเรื่องการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลภาพนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ทั้งในส่วนของทฤษฎีทางด้านไม้เลื้อย เพื่อเป็นพื้นฐานในการเข้าใจถึงตัวแปร หรือทฤษฎีอื่นๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในงานวิจัย ตลอดจนการศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผู้เคยทำวิจัยมาแล้ว ตามลำดับดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไม้เลื้อย
  - 1.1 ความหมายของไม้เลื้อย
  - 1.2 ประเภทของไม้เลื้อย
2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความร้อน
  - 2.1 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Solar Radiation)
  - 2.2 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นผิวโลก (Terrestrial Radiation)
  - 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
  - 2.4 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร
  - 2.5 การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
3. การใช้พืชพรรณเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร
  - 3.1 รูปแบบการใช้ไม้เลื้อยเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร
4. ค่าที่ใช้ประเมินความร้อนเข้าสู่อาคาร
  - 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
  - 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC)
  - 4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณความร้อน

## 5. ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (Image Processing)

5.1 ความหมายของการประมวลผลโดยภาพ (Image Processing)

5.2 ระบบสีมาตรฐาน

5.3 คุณสมบัติต่างๆของภาพ

5.4 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

5.5 ความต้องการของโปรแกรมและการบันทึกภาพ

5.6 การแปลงค่าสีจากระบบ RGB เป็น HSL

5.7 ทฤษฎีการสุ่ม

6. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV)

## 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 สมรรถนะการป้องกันความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น (พาสินี และคณะ: 2551)

7.2 ประสิทธิภาพของผนังไม้เลื้อยในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร (วิชัย เหล่าพาณิชย์กุล, 2550)

7.3 การสำรวจอิทธิพลของพรรณไม้ด้านข้างทางตั้งของอาคารสูง (Lay et. al., 2000)

7.4 Modeling the double skin facade with plants (Stec, W.J. et al., 2004)

7.5 Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy (Ip et. al., 2010)

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไม้เลื้อย

### ความหมายของไม้เลื้อย

ไม้เลื้อยเป็นพืชที่ไม่สามารถทรงตัวได้โดยลำพัง จึงมักเลื้อยพันต้นไม้ใหญ่หรือสิ่งพวยงเป็นที่ยึดเกาะเพื่อให้ลำต้นเจริญอยู่ได้ ธรรมชาติให้คุณสมบัติที่มีอวัยวะพิเศษช่วยในการเลื้อยเกาะและปรับตัวทอดยอดเพื่อรับแสง จึงทำให้มีจำนวนชนิดของไม้เลื้อยในธรรมชาติมากกว่าไม้ประเภทอื่น ซึ่งลักษณะในการเลื้อยหลักๆมีทั้งแบบพาดพิง ขัดสาน และพันเกาะโดยอาศัยอวัยวะต่างๆ แตกต่างกันไปตามประเภทของไม้เลื้อย

นอกจากดอกและใบที่สวยงามตามชนิดพันธุ์แล้ว เถาหรือลำต้นของไม้เลื้อยที่ทอดตัวอย่างอ่อนช้อย ยังช่วยลดความแข็งกระด้างเมื่อนำมาปลูกตกแต่งให้เลื้อยห้อยหรือย้อยเป็นพวงตามรั้วและกำแพงบ้าน นิยมนำมาปลูกประดับซุ้มและตัดปรับตามรูปทรงที่กำหนด อาศัยใบที่แน่นทึบเป็นร่มเงาช่วยพรางแสงอาทิตย์ให้ลดลง บดบังสิ่งที่ไม่งามอง สร้างเสริมความชุ่มชื้นของสภาพแวดล้อมแก่พันธุ์ไม้ในบริเวณโดยรอบ ช่วยดูดซับมลพิษ อีกทั้งความอ่อนช้อยของไม้เลื้อยบางชนิดเป็นที่มาของลวดลายในโลกของงานศิลปะ เส้นโค้งของไม้เลื้อยนั้นนอกจากจะอยู่ที่ลีลาอันอ่อนช้อยแล้ว รูปทรงของดอกส่วนมากจะเป็นช่อหรือพวง บางชนิดสวยงามทั้งใบ ดอก และมีกลิ่นหอมควบคู่กันไป เช่น มะลิวัลย์ สายหยุด และไม้เลื้อยตระกูลพวงทั้งหลาย ได้แก่ พวงโกเมน พวงทองเครือ พวงหยก พวงแสด พวงคราม พวงเงิน และพวงประคิษฐ์ เป็นต้น

### ประเภทของไม้เลื้อย

ไม้เลื้อยเป็นพืชที่ต้องการสิ่งยึดเกาะ เพื่อช่วยพวยงในส่วนของลำต้นและใบให้อยู่ในที่สูงกว่าพื้นดิน ไม้เลื้อยในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด การจำแนกลักษณะของไม้เลื้อยในประเทศไทยนั้นได้กำหนดให้ไม้เลื้อยนานาพันธุ์มีลักษณะการเลื้อยและการยึดเกาะที่ต่างกัน พบว่ามี 3 ลักษณะ (เศรษฐมนตร์, 2551) คือ

1. การเลื้อยพันแบบพาดพิง เป็นลักษณะการทอดเลื้อยของไม้พุ่มกิ่งเลื้อยที่ต้นแตกกิ่งก้านยาว แล้วเอนไปพาดพิงกับสิ่งพวยง เช่น โนรา เฟื่องฟ้า และสายหยุด

2. การเลื่อยแบบขัดสาน เมื่อใดที่ไม่เลื่อยไม่มีสิ่งพุงมารองรับ ธรรมชาติก็จะพาลำต้นของไม้เลื่อยให้เกี่ยวพันกันเองเพื่อพุงตัวเองขึ้นรับแสง เช่น เล็บมีอนาง

3. การเลื่อยพันเกาะยึดเกี่ยว โดยอาศัยอวัยวะมากมายให้การยึดเกาะ มีหลายลักษณะด้วยกัน ได้แก่

3.1 ยอดเลื่อยพันสิ่งพุง เช่น อัญชัน สร้อยอินทนิล และพวงแสด

3.2 ใช้รากพิเศษ ที่อยู่ตามลำต้นและข้อปล้อง ซึ่งเป็นรากเส้นเล็กๆ ออกเป็นแผงสามารถเกาะเกี่ยวสิ่งพุง เช่น พลูดำง นมตำเรีย มธูรดา และดินตุ๊กแก

3.3 มือพัน คือ รยางค์ที่เปลี่ยนรูปมาจากใบพบตามซอกใบและปลายยอด เป็นเส้นเล็กๆยาว ปลายม้วนงอ เพื่อเลื่อยพันสิ่งพุง เช่น เสาวรส และม่วงมณีรัตน์

3.4 ปุ่มยึด วิวัฒนาการมาจากมือพันหรือรากพิเศษเมื่อต้นทอดเลื้อยไปตามพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบทึบ เช่น ผนังหรือกำแพง ส่วนปลายของมือพันหรือรากพิเศษจะมีปุ่มเพื่อยึดเกาะให้ติดอยู่กับผนัง ได้แก่ เถาองุ่น

3.5 ตะขอเกี่ยวสิ่งพุง มีวิวัฒนาการมาจากก้านช่อดอก ลักษณะปลายแหลมคม ปลายโค้งงอ เกาะเกี่ยวกับสิ่งพุงหรือพันตัวเอง เช่น กุหลาบเลื้อย และคัดเค้า

3.6 ปลายใบเปลี่ยนเป็นมือจับ ปลายใบจะยึดเป็นเส้นขยายม้วนงอเพื่อยึดสิ่งพุง เช่น ดองดึง หม้อข้าว-หม้อแกงลิง และหวายลิง

3.7 ก้านใบ โดยธรรมชาติให้ก้านใบที่ยาวและบิดโค้งงอเพื่อเกาะสิ่งพุงหรือเกี่ยวพันตัวเอง เช่น พวงแก้วกุดั่น พวงแก้วมณี และมะเขือเครือ เป็นต้น

สำหรับการแบ่งประเภทไม้เลื้อยในต่างประเทศนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท (www.durabuild.org) ได้แก่

1. ชนิดใช้หนวดในการยึดเกาะ (Tendrils) ซึ่งหนวดมีขนาดเล็กมาก เจริญเติบโตโดยการขยายออกจากก้านของต้นหรือก้านใบ เมื่อหนวดเจริญเติบโตไประยะหนึ่งจะมีขนาดแทบจะเท่ากับ ก้านดอกแต่มีความยืดหยุ่นได้มากกว่า นอกจากนี้ยังสามารถยึดเกาะกับโครงสร้างโดยการม้วนตัว และพันรอบๆกับ โครงสร้าง พืชตระกูลถั่วเป็นไม้เลื้อยที่ใช้หนวดในการเติบโตขึ้น หรือตำลึง เป็นต้น ความสามารถในการพันเลื้อยจะดีที่สุดก็ต่อเมื่อ โครงสร้างที่ยึดเกาะได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ เกิน 1/4" ซึ่งอาจเป็นไม้ระแนงที่มีรูปแบบงายๆ ลักษณะแบบไม้ไผ่หรือเป็นเส้นบางๆ ก็ได้หรือทำ เป็นโครงเฟรมแล้วจึงตาข่ายไว้ภายในก็ได้



ภาพที่ 1 ลักษณะของหนวด และไม้เลื้อยประเภท Tendrils

ที่มา: www.wikipedia.com

2. ชนิดใช้ก้านใบในการยึดเกาะ (Twining) เป็นลักษณะของไม้เลื้อยที่ใช้ก้านใบหรือยอด เลื้อยพันสิ่งพองเพื่อการยึดเกาะและ "คว้า" โครงสร้างหลักไว้เพื่อดำรงชีวิต ทิศทางการเลื้อยมีทั้ง แบบตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ บางชนิดจะห่อหุ้มรอบๆ โครงสร้างอย่างแผ่วเบา แต่บางชนิดจะเกาะยึดอย่างแน่นหนาเลยทีเดียวนั้น ซึ่งควรระวังในการนำไปใช้ เพราะจะทำให้สิ่งที่ไปพึ่งพิงหรือใช้ยึดเกาะอยู่นั้นตายได้ ตัวอย่างไม้เลื้อยประเภทนี้เช่น ต้นมอร์นิง กลอรี อัญชัน สร้อยอินทนิล เป็นต้น



ภาพที่ 2 ลักษณะการเลื้อยไม้เลื้อยประเภท Twining

ที่มา: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

3. ชนิดใช้หนามแข็งเป็น โครงสร้างในการยึดเกาะ (Scrambling) เป็นชนิดของการเลื้อยที่สามารถเติบโตขึ้นเป็น โครงสร้างของตนเองได้ ไม้เลื้อยประเภทนี้มักจะมีหนามแข็งหรือตะขอเกี่ยว มีวิวัฒนาการมาจากก้านช่อดอก ลักษณะปลายแหลมคม ปลายโค้งงอ เกาะเกี่ยวกับสิ่งพุงหรือพันตัวเอง เพื่อขึ้นบนพืชชนิดอื่นเป็น โครงสร้าง ดังนั้นหากต้องการให้ไม้เลื้อยชนิดนี้ไต่ โครงสร้างระแนง หรือซุ้มไม้เลื้อยตามที่ออกแบบไว้ จึงต้องตรึงให้พืชคาดไปที่ โครงสร้างตามที่ต้องการ และต้องดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ ไม่ให้เจริญเติบโตแน่นหนาจนเกินไปเพราะจะทำให้ขาดอากาศหายใจและอาจตายได้ การปลูกไม้เลื้อยชนิดนี้จึงต้องออกแบบเพื่อวัตถุประสงค์โดยเฉพาะ ตัวอย่างของไม้เลื้อยประเภทนี้เช่น กุหลาบเลื้อย เฟื่องฟ้า ราสเบอร์รี่ เป็นต้น

4. ชนิดใช้ปุ่มยึดในการยึดเกาะ (Adhesive pads) สามารถแพร่พันธุ์และเจริญเติบโตได้โดยใช้ก้านใบที่มีขนาดเล็ก โดยวิวัฒนาการเป็นมือพันหรือรากพิเศษเมื่อต้นทอดเลื้อยไปตามพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบทึบ จะสามารถยึดเกาะเข้าสู่ตามพื้นผิวได้เกือบทุกชนิด เช่น ผนังอิฐ ไม้เลื้อยชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตผ่านสิ่งกีดขวางไปได้ง่ายคายเพียงแต่การเลาะอ้อมได้ไปทางด้านข้างเท่านั้น ควรระมัดระวังเกี่ยวกับการปลูกไม้เลื้อยประเภทนี้ใกล้อาคาร เพราะเป็นพืชที่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายกับปูนอิฐและวัสดุอื่นๆได้

5. ชนิดใช้รากในการยึดเกาะ (Clinging Stem Roots) เป็นไม้เลื้อยที่ผลิตรากเหนียวขนาดเล็กที่เจริญเติบโตได้โดยตรงจากก้านใบ ความเหนียวของรากสามารถเกาะผิวเนียนหรือพรุนได้ จึงสามารถสร้างความเสียหายให้กับอาคารได้เหมือนกับชนิดใช้ปุ่มยึดในการยึดเกาะ (Adhesive pads) ดังนั้นควรระวังพืชประเภทนี้ไว้หากต้องการปลูกควรรักษาหรือตัดแต่งรากเป็นประจำ เพราะหากปล่อยให้เติบโตแล้วอาจจะไม่สามารถควบคุมได้



ภาพที่ 3 ลักษณะของหนวด และไม้เลื้อยประเภท Climbers

ที่มา: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

ความร้อน

### 3. การแผ่รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Solar Radiation)

โลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยเกิดจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงของดวงอาทิตย์แผ่รังสีในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแลกเปลี่ยนกับผิวโลกที่มีระยะห่างจากกัน 93 ล้านไมล์ เป็นการแผ่รังสีคลื่นสั้น (Short-wave Radiation) ซึ่งประกอบด้วยรังสีที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน โดยลักษณะการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นั้นเป็นการถ่ายเทพลังงานผ่านบรรยากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 รังสีช่วงความยาวคลื่นขนาดสั้น ได้แก่ รังสีเอ็กซ์ (X-Rays), แกมมา (Gamma Rays) และอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Rays) มีช่วงความยาวคลื่นน้อยกว่า 380 นาโนเมตรซึ่งมีพลังงานมาก และอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต มีปริมาณ 7%

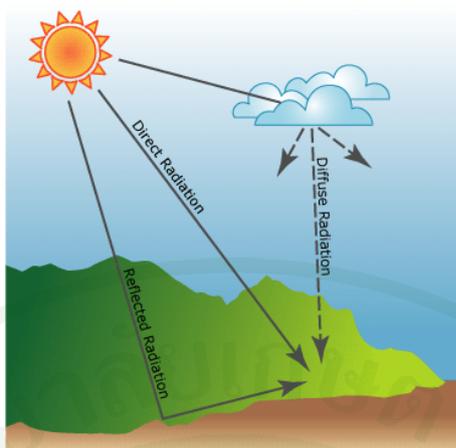
3.2 รังสีช่วงความยาวคลื่นขนาดกลาง เป็นช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (Visible region) มีช่วงความยาวคลื่น 380-780 นาโนเมตร ได้แก่ แสงที่ใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ มีปริมาณ 39%

3.3 รังสีช่วงความยาวคลื่นขนาดยาว ได้แก่ รังสีอินฟราเรด (Infrared Rays) เป็นช่วงคลื่นแสงที่ตามองไม่เห็น มีช่วงความยาวคลื่นมากกว่า 780 นาโนเมตร มีปริมาณ 52%

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่ออกบรรยากาศโลกมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากแกนโลกที่มีลักษณะเอียง ซึ่งส่งผลให้เกิดฤดูกาลที่ต่างกันและพื้นที่ในการรับแสงที่ต่างกันด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ (Solar Altitude) และที่ตั้งของพื้นที่นั้นๆ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1,370 วัตต์/ตารางเมตร และมีค่าสูงสุดประมาณ 1,418 วัตต์/ตารางเมตรเมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดประมาณวันที่ 3 มกราคม และมีค่าต่ำสุดประมาณ 1,325 วัตต์/ตารางเมตร เมื่อโลกอยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดประมาณวันที่ 4 กรกฎาคม (ASHRAE, 1993)

#### 4. การแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นผิวโลก (Terrestrial Radiation)

เป็นการแผ่รังสีที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกและวัตถุบนผิวโลก ในรูปของการแผ่รังสีคลื่นยาว (Long-wave Radiation) ในช่วงความยาวคลื่นเหนืออินฟราเรด (The infrared region) รังสีดวงอาทิตย์ประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ (ขวัญใจ จินดา นุรักษ์: 2536) ดังนี้



ภาพที่ 4 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์

ที่มา: [www.tmd.go.th](http://www.tmd.go.th)

4.1 รังสีโดยตรง (Direct Solar Radiation) เป็นรังสีที่ส่งผ่านบรรยากาศของโลกแล้วตกกระทบพื้นผิวโลกหรือวัตถุใดๆ ในลักษณะโดยตรงมีทิศทางชัดเจน ปริมาณรังสีชนิดนี้จะมีปริมาณสูงในวันที่มีท้องฟ้าแจ่มใส ปราศจากเมฆ แต่อย่างไรก็ตามในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆจะทำให้การแผ่รังสีความร้อนในเวลากลางคืน (Night Sky Radiation) สามารถเป็นไปได้อย่างง่าย

4.2 รังสีกระจาย (Diffuse Solar Radiation) เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านตัวกลางในบรรยากาศ (Sky Component) เช่น เมฆ ฝุ่นละออง เป็นต้น แล้วกระทบตัวกลางเหล่านั้น ทำให้รังสีนั้นกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบก่อนตกกระทบสู่ผิวโลก หรือกล่าวได้ว่าเป็นรังสีที่ได้รับจากท้องฟ้าทั้งหมด รังสีกระจายจะเกิดขึ้นมากในเวลาที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก ทำให้เกิดความจ้ำจมนในท้องฟ้า และมีผลต่อการแผ่รังสีความร้อนเช่นกัน

4.3 รังสีสะท้อน (Reflected Solar Radiation) เป็นรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดจากการตกกระทบพื้นผิวในลักษณะต่างๆ เช่น พื้นดิน พื้นหญ้า น้ำ หรือตัวอาคาร แล้วสะท้อนกลับไปยังที่มีผลต่อการสะท้อน คือ ค่าการสะท้อนของวัตถุ และสีของวัตถุ

4.4 รังสีรวม (Total or Global Solar Radiation) เป็นผลรวมของรังสีดวงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ ที่ส่งผ่านมาสู่โลกทั้งในรูปรังสีตรง กระจายและสะท้อน ที่ได้รับในแนวระนาบ

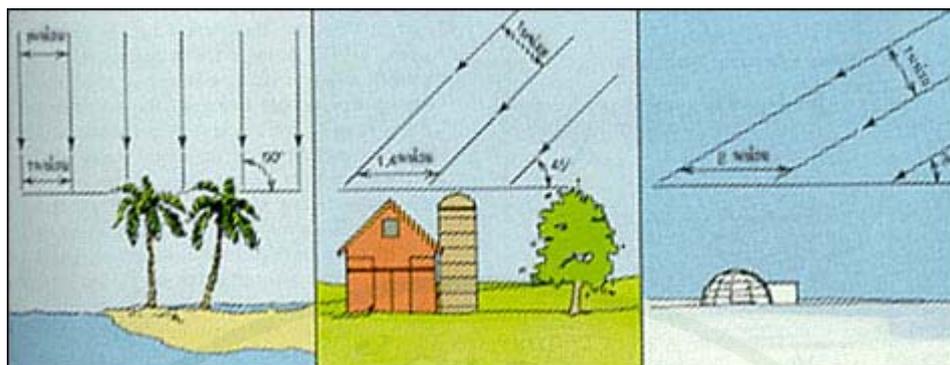
## 5. ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์

ปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์จะมีมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยสำคัญประการเดียวคือ มุมตกกระทบ (Solar Altitude) ซึ่งเป็นมุมที่ดวงอาทิตย์ทำกับระนาบพื้นโลก กรณีที่มุมดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 90 องศา ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้นจะมีความเข้มของรังสีสูงสุด

กรณีมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนพื้นโลกนี้ (Solar Altitude) มีค่าน้อยกว่า 90 องศา ปริมาณรังสีที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์เท่าเดิมแต่จะตกกระทบลงบนพื้นที่มากขึ้นทำให้ปริมาณความเข้มลดลง และเนื่องจากโลกมีลักษณะกลมทำให้ความเข้มของรังสีแปรเปลี่ยนไปตามละติจูดและส่งให้ความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในแต่ละภูมิภาคต่างกัน

บริเวณที่มีลำแสงตั้งฉากตกกระทบจะได้รับพลังงานความร้อนมากกว่าบริเวณที่มีลำแสงเฉียงตกกระทบ ทั้งนี้เพราะลำแสงเฉียงจะครอบคลุมพื้นที่มากกว่า จึงทำให้ความเข้มของพลังงานความร้อนในบริเวณที่มีลำแสงตั้งฉากตกกระทบมากกว่าบริเวณที่มีลำแสงเฉียงตกกระทบ ฉะนั้นในฤดูหนาวอากาศจึงหนาวเย็น ความเข้มของแสงอาทิตย์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในฤดูร้อน เพราะได้รับแสงอาทิตย์ในแนวเฉียงตลอดเวลา

สำหรับประเทศไทยฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นระยะที่ขั้วโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งลำแสงของดวงอาทิตย์ทำมุมฉากกับผิวพื้นโลกขณะเที่ยงวันจะอยู่ทางซีกโลกใต้ ทำให้ลำแสงที่ตกกระทบกับพื้นที่ในประเทศไทยเป็นลำแสงเฉียงตลอดเวลา ([www.tmd.go.th](http://www.tmd.go.th))



ภาพที่ 5 มุมตกกระทบของลำแสงดวงอาทิตย์

ที่มา: [www.tmd.go.th](http://www.tmd.go.th)

## 6. ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร

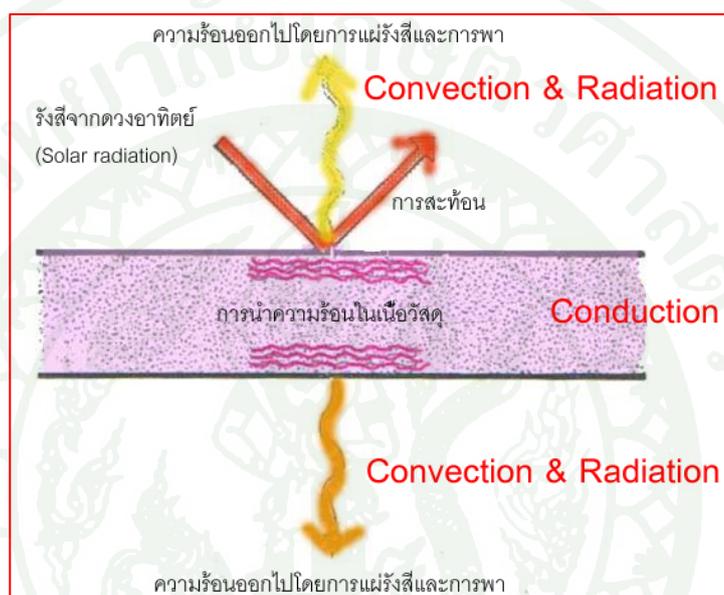
### 6.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

ความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแผ่เข้ามากระทบกับพื้นผิววัสดุที่ปิดตันและถูกกักเก็บไว้ในวัสดุ และบางส่วนถูกสะท้อนกลับสู่ท้องฟ้า โดยทั่วไปความร้อนจะถูกถ่ายเทจากสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงสู่สิ่งแวดล้อมที่อุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ซึ่งการส่งผ่านความร้อน (Heat Transfer) หรือพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารนั้นมีหลายวิธีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตัวกลางที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนดังนี้

6.1.1 การนำความร้อน (Heat Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน โดยจะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสั่นสะเทือนมากกว่าจึงถ่ายเทพลังงานไปยังโมเลกุลของสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีการสั่นสะเทือนน้อยกว่าโดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่

6.1.2 การพาความร้อน (Heat Convection) จะเกิดขึ้นเมื่อมีของไหล ซึ่งได้แก่ ก๊าซหรือของเหลวเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยตัวกลาง (อากาศ) ที่ร้อนนี้จะเคลื่อนที่ไหลเวียนไป โดยธรรมชาติโมเลกุลที่ยืนและหนักกว่าจะตกลง ส่วนโมเลกุลที่ร้อนจะเบาและลอยตัวขึ้น

6.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) เป็นการเดินทางของพลังงานโดยไม่มีอาศัยตัวกลาง โดยหากมีวัตถุที่มีอุณหภูมิ (ความร้อน) หนาแน่นเข้าหากัน ด้านที่ร้อนกว่าจะแผ่รังสีความร้อนไปสู่ด้านที่เย็นกว่า โดยด้านที่เย็นกว่าจะได้รับการถ่ายเทความร้อน วัตถุส่วนใหญ่จะมีอัตราการดูดซับหรือสะท้อนรังสีความร้อน ในปริมาณต่างๆ กัน ค่าการดูดซับสูงหมายถึงมีการสะท้อนรังสีต่ำ



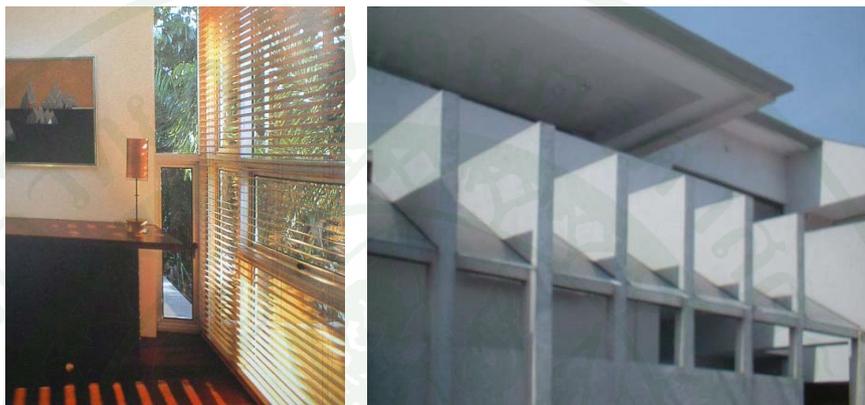
ภาพที่ 6 การส่งผ่านความร้อน (Heat Transfer)

## 6.2 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

6.2.1 โดยตรง เป็นการถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องเปิดในส่วนต่างๆ ของอาคาร ทั้งในช่องแสงทางด้านข้างซึ่งได้แก่ หน้าต่างชนิดต่างๆ และทางช่องแสงด้านบน เช่น หลังคากระจก เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านช่องเปิดอาคารซึ่งมีลักษณะ โปรงใสและ โปรงแสง จะมีผลกระทบทางด้านอุณหภูมิเกิดขึ้นในปริมาณมาก เนื่องจากคุณสมบัติของวัตถุโปรงใสหรือ โปรงแสงจะมีค่าการส่องผ่านของรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าวัตถุทึบแสง และรังสีดวงอาทิตย์ดังกล่าวนี้

เมื่อแปรสภาพเป็นรังสีคลื่นยาว (พลังงานความร้อน) จะถูกดูดซับเข้าสู่ภายในอาคารและเปลี่ยนแปลงสภาพออกมาเป็นรังสีคลื่นยาวในรูปพลังงานความร้อน ซึ่งหากไม่มีการระบายออกสู่ภายนอก ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บกักและสะสมไว้มากขึ้นเช่นเดียวกับปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)



ภาพที่ 7 การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคาร โดยตรง

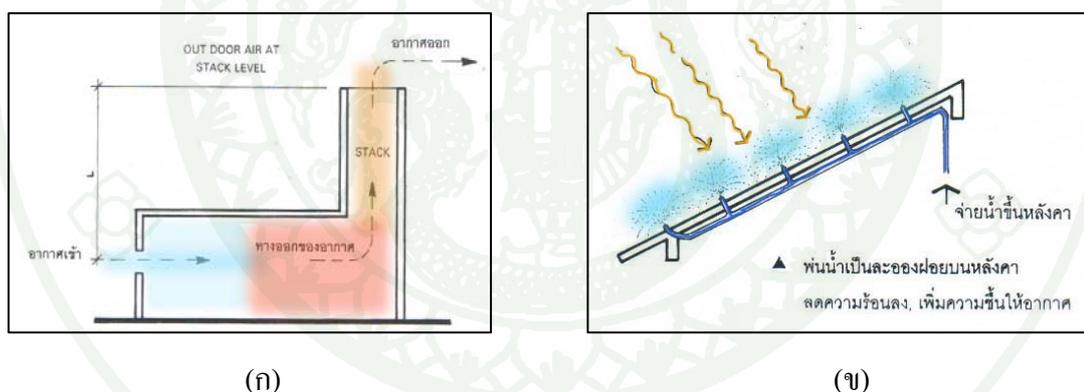
6.2.2 โดยอ้อม เป็นการถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์จากการที่รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบส่วนต่างๆ ของเปลือกอาคาร รังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นสั้นจะแปรสภาพเป็นรังสีคลื่นยาวเมื่อตกกระทบวัตถุทึบแสง ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของเปลือกอาคารเพิ่มขึ้นและถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารในปริมาณเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางด้านอุณหภูมิจงวัตถุ (Thermal Properties) ตลอดจนปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์เช่น พื้นผิว และสีของวัตถุ

## 7. การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร โดยหลักการ คือการหลีกเลี่ยงปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร การให้ความเย็นแก่อาคาร ทำได้หลายวิธีเป็นต้นว่าการปลูกต้นไม้บังแสงแดด การทาผิวผนังอาคารภายนอกด้วยสีอ่อน ลดการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทที่ทำให้เกิดความร้อน หรือติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และสำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น การติดตั้งเครื่องปรับอากาศจึงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด แต่ก็เป็นวิธีที่สูญเสียพลังงานมากที่สุด

ดังนั้นการลดหรือป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงช่วยให้อาคารมีความเย็น และสามารถลดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่จะติดตั้ง ทำให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ แนวทางการลดปริมาณความร้อนมีดังต่อไปนี้(สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ : 2551)

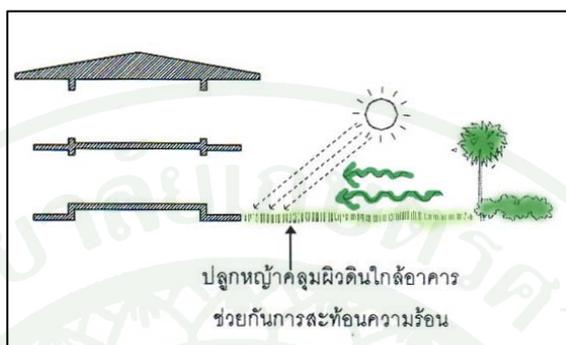
- 7.1 การลดปริมาณรังสีความร้อนที่จะผ่านเข้าทางกระจกหน้าต่าง
- 7.2 การลดการนำความร้อนผ่านผนังทึบ
- 7.3 การลดการนำความร้อนผ่านหลังคา
- 7.4 การลดความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร
- 7.5 การลดอัตราการรั่วซึมของอากาศเย็นออกภายนอก
- 7.6 การลดอัตราการระบายอากาศอาคารที่มีการปรับอากาศ
- 7.7 การใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นอย่างถูกวิธี
- 7.8 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศอย่างถูกวิธี
- 7.9 การใช้งานเครื่องปรับอากาศอย่างถูกวิธี(25°C)



ภาพที่ 8 (ก) การระบายอากาศโดยวิธี Stack Ventilation และ (ข) การสเปรย์น้ำบนหลังคา

นอกเหนือไปจากนี้แล้ว การใช้ต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ร่มเงากับพื้นที่รอบบริเวณอาคารจะทำให้ผลกระทบจากการพาความร้อนลดลง เนื่องจากต้นไม้มีการสร้างร่มเงาและอัตราการคายน้ำที่เกิดจากกันสั้งเคราะห์แสง โดยที่ “อุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณกลางแจ้งโดยเฉลี่ย 10 องศา วัดที่ความสูงระดับ 0.9 เมตร วัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง” นอกจากนี้ยังช่วยสะท้อนและดูดซับรังสีที่ 10-20% (สุดสวาท, 2545) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพรรณไม้ ลักษณะและสีของใบ

ตลอดจนจำนวนชั้นใบ สำหรับในส่วนของกรอบอาคารการเลือกวัสดุหรือติดตั้งแผงกันแดด ก็ สามารถช่วยป้องกันหรือลดปริมาณรังสีความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้าสู่ภายในได้เช่นกัน



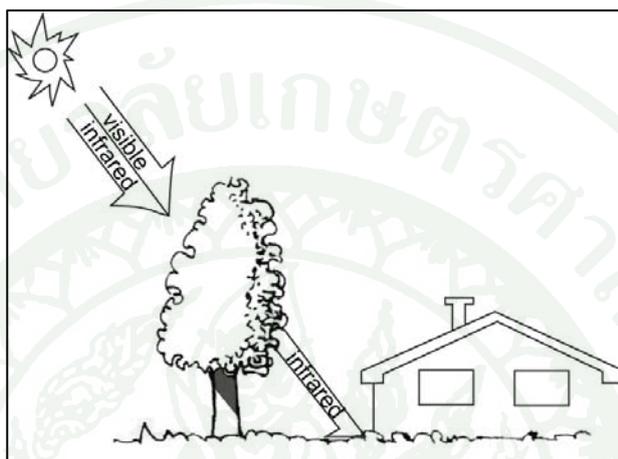
**ภาพที่ 9** การปลูกหญ้าคลุมผิวดินใกล้อาคาร เพื่อกันการสะท้อนความร้อน

**การใช้พืชพรรณเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร**

พืชพรรณนั้นมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนรังสีความร้อนที่เกิดจากแสงอาทิตย์ตกกระทบมากกว่าวัสดุอื่นๆ โดยเฉพาะในส่วนของพื้นที่ปกคลุมด้วยใบไม้สีเขียว (Leaves surface) มีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนกลับของรังสีถึง 25-32% ในขณะที่พื้นผิวของแอสฟัลต์ (Asphalt surface) มีเพียง 15% (Victor Olgyay: 1969) แต่โดยพฤติกรรมของพืชนั้นให้คุณสมบัติการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าการสะท้อน ทำให้อุณหภูมิของใบไม้มีค่าสูงในช่วงเวลากลางวัน เพราะพืชมีการเก็บกักความร้อนเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสร้างอาหาร และระบายความร้อนส่วนเกินแผ่มากับการคายน้ำ แม้ว่าความร้อนจากการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์จะมีปริมาณมากแต่มีการนำไปใช้และระบายความร้อนเหล่านั้นในรูปแบบต่างๆ ทำให้การปล่อยความร้อนคืนสู่ธรรมชาติเป็นไปอย่างช้าๆ ในช่วงเวลากลางคืนใบไม้ก็จะมีอุณหภูมิต่ำลงตามไปด้วย ซึ่งแตกต่างจากวัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้นที่มีการดูดซับในปริมาณใกล้เคียงกันแต่เป็นการดูดซับที่รวดเร็ว และคายออกเท่ากับปริมาณที่ดูดซับเข้าไป ส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงวิเคราะห์ได้ว่าการช่วยลดอุณหภูมิอากาศของต้นไม้เกิดจาก

1. การบังเงา ซึ่งช่วยป้องกันรังสีโดยตรง และการสะท้อนกลับซึ่งช่วยลดปริมาณรังสีที่จะต้องผ่านเข้าสู่อีกด้านหนึ่ง

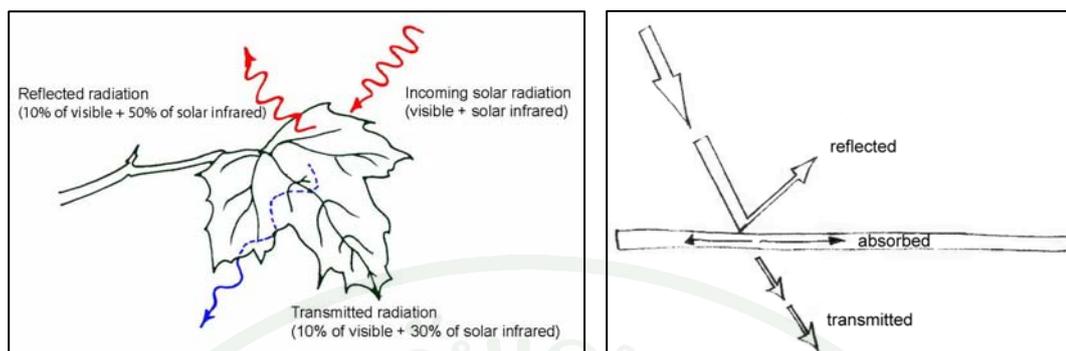
2. การคายน้ำ ซึ่งเป็นการระบายความร้อนของพืช
3. การสังเคราะห์แสง เป็นการนำความร้อนไปใช้ในกระบวนการสร้างอาหารทำให้ความร้อนที่เหลืออยู่มีปริมาณน้อยกว่าปริมาณที่ดูดซับเข้าไป



ภาพที่ 10 พฤติกรรมการส่องผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ผ่านต้นไม้

ที่มา: Brown and Gillespie (1995)

แม้ว่ารังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตามองเห็นนั้น มีปริมาณการส่องผ่านต้นไม้เท่ากับการสะท้อนกลับ แต่ในส่วนของรังสีอินฟราเรดกลับให้ค่าการสะท้อนกลับถึง 50% และส่องผ่านไปเพียง 30% (Brown and Gillespie, 1995) โดยมีความสัมพันธ์กับจำนวนใบของพืช ระดับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และปริมาณน้ำที่พืชได้รับ โดยทั้ง 3 ปัจจัยแปรผันตามกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่น เมื่อพืชได้รับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณมากจะมีความร้อนที่สะสมมาก จะต้องพยายามลดอุณหภูมิส่วนเกินด้วยการคายน้ำ ดังนั้น ถ้าต้องการให้พืชพันธุ์สามารถคายน้ำได้มาก จะต้องพิจารณาที่จำนวนใบ และปริมาณน้ำที่ให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ในสภาพแวดล้อมนั้นเป็นต้น



ภาพที่ 11 (ก) พฤติกรรมการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของใบไม้ และ (ข) พฤติกรรมการส่องผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ผ่านต้นไม้

ที่มา: Brown and Gillespie (1995)

การสะท้อน การส่องผ่าน และการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของต้นไม้ นั้น จะเห็นว่ามีค่าแตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย ซึ่งเป็นไปตามลักษณะทางกายภาพของใบ และความหนาแน่นของการปกคลุม ทำให้พืชแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการป้องกันการส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์แตกต่างกันไป

## 8. รูปแบบการใช้ไม้เลื้อยเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

การใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงกันแดดนั้นถือเป็นการปลูกพืชแนวตั้งประเภทหนึ่ง สามารถทำได้เช่นเดียวกับแผงกันแดดโดยทั่วไปคือ แบบแนวตั้ง แนวนอน และแบบผสม แม้ว่าไม้เลื้อยจะมีข้อดีต่างๆมากมาย แต่ข้อเสียที่ควรคำนึงถึงเช่นกัน เพราะต้นไม้มักทำให้เกิดความชื้นเพิ่มขึ้น และการผลัดใบของใบไม้ซึ่งทำให้ต้องมีการดูแลรักษาที่ดี นอกจากนี้แล้วแผงไม้เลื้อยยังส่งผลในการบังลมเข้าสู่อาคาร ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการระบายอากาศ ดังนั้นตำแหน่งการติดตั้งแผงไม้เลื้อย ระยะห่างระหว่างแผงกับอาคาร จึงเป็นปัจจัยสำคัญเช่นกัน ในปัจจุบันการปลูกพืชในแนวตั้งนั้นเริ่มมีการแพร่หลายและได้รับความนิยมมากขึ้น เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

8.1 แบบแผงสำเร็จ (Panel System) ซึ่งโดยปกติจะทำการประกอบแผงและต้นไม้ก่อนการนำมาที่ที่ตั้ง(SITE) จากนั้นจึงทำการเชื่อมต่อหรือยึดติดกับระบบ โครงสร้างและระบบรดน้ำ



ภาพที่ 12 ระบบการปลูกต้นไม้แนวตั้งแบบ Panel system

ที่มา: Susan (2008)

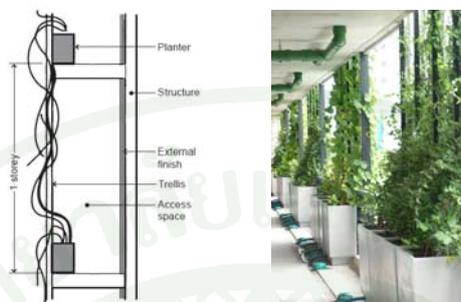
8.2 แบบถุงปลูก (Felt System) ต้นไม้จะถูกติดตั้งลงในถุงปลูกซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตแล้วจึงป้องกันการรั่วซึมของน้ำทางด้านหลัง ก่อนที่จะยึดติดกับโครงสร้าง โดยตัววัสดุที่ทำถุงปลูกนั้น จะสามารถเก็บรักษาความชุ่มชื้นและสารอาหารที่จำเป็นต่อพืชไว้ได้



ภาพที่ 13 ระบบการปลูกต้นไม้แนวตั้งแบบ Felt system

ที่มา: Susan (2008)

8.3 แบบกระถาง (Container system) ในแบบนี้ต้นไม้จะเจริญเติบโตในภาชนะและเลื้อยขึ้นตามแผง ติดตั้งระบบให้น้ำลงบนภาชนะเพื่อควบคุมน้ำและการให้สารอาหาร



ภาพที่ 14 ระบบการปลูกต้นไม้แนวตั้งแบบ Container and/or Trellis system

ที่มา: Susan (2008)

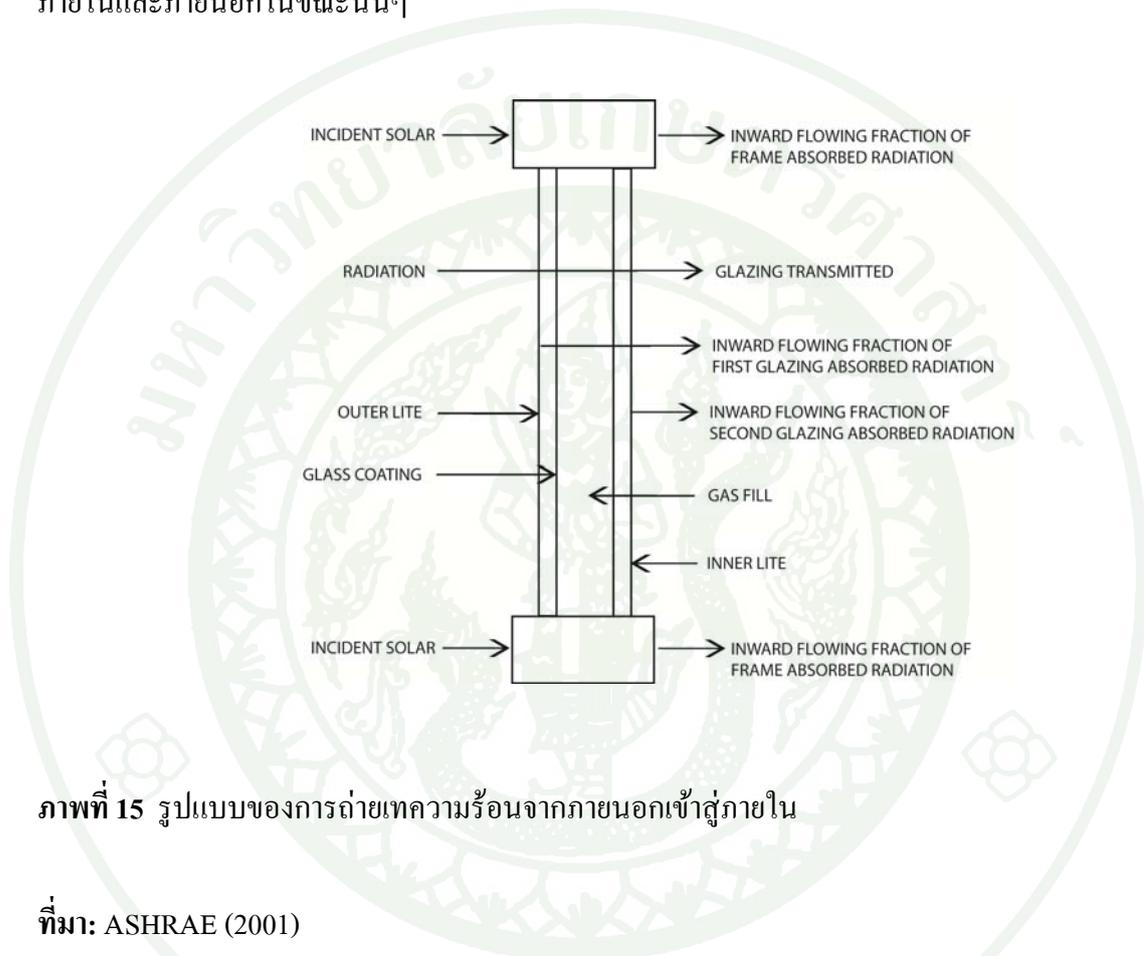
ค่าที่ใช้ประเมินปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร

### 9. ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient - SHGC)

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient) หมายถึง ค่าตัวประกอบการคูณปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบกระจก ใช้บ่งบอกความสามารถยอมให้ปริมาณความร้อนเนื่องจากรังสีอาทิตย์ส่องผ่านเนื้อกระจกที่รวมถึงรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านโดยตรงและความร้อนที่ถ่ายเทจากเนื้อกระจกโดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เป็นค่าที่เป็นอัตราส่วน โดยค่าที่มากที่สุดคือ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณความร้อนของแสงอาทิตย์ที่สามารถส่งผ่านหน้าต่างเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น ถ้า SHGC มีค่าเท่ากับ 0.40 แล้ว หมายความว่า 40% ของปริมาณความร้อนจากรังสีอาทิตย์สามารถส่งผ่านความร้อนทางหน้าต่าง ดังนั้น หน้าต่างหรือกระจกแต่ละชนิดจะมีค่า SHGC แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งองค์ประกอบของค่า SHGC ได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. การส่งผ่านรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Directly transmitted solar radiation)
2. ส่วนที่ดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ไว้และถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายใน (Inward flowing portion of the absorb solar radiation) หรือมีบางส่วนออกสู่ภายนอก โดยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของภายในและภายนอกในขณะนั้นๆ



ภาพที่ 15 รูปแบบของการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน

ที่มา: ASHRAE (2001)

ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนที่กล่าวข้างต้นนี้ครอบคลุมถึงปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่ภายใน ทั้งการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน จากความร้อนที่มาจากรูปแบบแสงที่มองเห็น (Ultraviolet) และแสงที่มองไม่เห็น (Infrared) จากดวงอาทิตย์และท้องฟ้า ค่า SHGC นั้นเหมาะสำหรับการใช้การประเมินแบบกระจกชั้นเดียวในเงื่อนไขของรังสีอาทิตย์โดยตรงมากที่สุด โดยสมการดังต่อไปนี้

$$SHGC = T + NA \quad (1)$$

โดยที่

T = Solar Transmittance

N = Inward Flowing Fraction

A = Solar Absorbance

ในกรณีต่อมา คือ การคำนวณที่ใช้โดยทั่วไปมากที่สุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับมุมและคุณสมบัติของ Spectrally

$$\text{SHGC}(\theta) = \frac{\int_{\lambda} E_D(\lambda)[T(\theta, \lambda) + NA(\theta, \lambda)]d\lambda}{\int_{\lambda} E_D(\lambda)d\lambda} \quad (2)$$

โดยที่

$E_D(\lambda)$  = incident solar spectral irradiance

$T(\theta, \lambda)$  = spectral transmittance of the glazing system

$A(\theta, \lambda)$  = total spectral absorbance of the glazing system

ต่อมาคือการคำนวณในกรณีที่ระบบกระจกนั้นไม่มีการบังเงา (Shading) จึงทำให้สามารถใช้กับกระจกหลายชั้นได้

$$\text{SHGC}(\theta) = T_{1,L}^f(\theta) + \sum_{k=1}^L N_k \lambda A_{k:(1,L)}^f(\theta) \quad (3)$$

โดยที่

$T_{1,L}^f(\theta)$  = front transmittance of the glazing system

L = number of glazing layers

$A_{k:(1,L)}^f$  = absorbance of layer  $k$

$N_k$  = inward-flowing fraction for layer  $k$

สุดท้ายคือการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ร่วมกับผนังที่บส่วนอื่น โดยจะคิดเป็น SHGC ของกระจก (glass), กรอบ (frame) และส่วนอื่นๆ ดังนี้

$$\text{SHGC} = \frac{A_0 T_0 + A_f T_f + \sum_{k=1}^n A_k T_k}{m \cdot n} \quad (4)$$

โดยที่

$A_0$  = พื้นที่ช่องว่าง (ไม่มีใบปกคลุม)

$A_f$  = พื้นที่กรอบโครง (Frame)

$A_k$  = พื้นที่ชั้นใบที่  $k$  ( $k$  = จำนวนชั้น)

$T_0$  = ค่า SHGC ของช่องว่างมีค่าเท่ากับ 1

$T_f$  = ค่า SHGC ของเฟรมและก้านใบ (ขึ้นอยู่กับชนิดของเฟรมและก้านใบ)

$T_k$  = ค่า SHGC ของชั้นใบที่  $k$  (วัดโดยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์)

$m$  = ความกว้างของภาพ

$n$  = ความสูงของภาพ

## 10. ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient – SC)

สำหรับค่า Shading Coefficient (SC) มีความเกี่ยวข้องกับการลดปริมาณรังสีความร้อนที่จะผ่านเข้าทางกระจกหน้าต่างที่มีและไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ซึ่งอุปกรณ์บังแดดนั้นถูกออกแบบขึ้นเพื่อไม่ให้หน้าต่าง ประตู หรือผนังที่เป็นกระจกถูกแสงแดดโดยตรง เช่น ติดตั้งผ้าใบ ผงคริบ และกันสาด หรือแม้แต่การปลูกต้นไม้ ในส่วนของการใช้ต้นไม้ (Tree) นั้นก็สามารถให้ร่มเงาได้เป็นอย่างดีกับหน้าต่าง ประตู หรือผนังที่เป็นกระจกที่อยู่ทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ในขณะที่เลือกการใช้ผนังกระจกที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี เช่น กระจกสะท้อนความร้อน (Heat Mirror) จะช่วยสะท้อนความร้อนได้ประมาณร้อยละ 60 หรือการเลือกใช้กระจก 2 ชั้น โดยที่ผิวด้านในของกระจกชั้นนอกจะมีแผ่นฟิล์มเคลือบสารที่มีการแผ่รังสีต่ำ ตรงกลางจะเป็นช่องว่างอากาศ ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ส่วนกระจกชั้นในที่อยู่ด้านในของอาคารเป็นกระจกใสธรรมดาที่สามารถช่วยสะท้อนความร้อนได้ถึงประมาณร้อยละ 80 ค่า Shading Coefficient (SC) นั้นเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอันเนื่องจากปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านเข้ามาในตัวอาคารโดยตรง โดยเปรียบเทียบกับกระจกใสความหนา 3 มิลลิเมตร เป็นค่าบังชี้

ความสามารถในการสกัดกั้นพลังงานของแสงอาทิตย์ที่ผ่านวัสดุหนึ่ง ๆ โดยค่า Shading Coefficient ที่ต่ำกว่าหมายถึงคุณลักษณะของกระจกชนิดนั้น ที่สามารถสกัดกั้นความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาในตัวอาคารได้ดีกว่า การคำนวณค่า SC นั้นเป็นเพียงการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกเมื่อใช้ค่าคุณสมบัติกระจกตัวเดียวที่ไม่ได้แปรตามมุมตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์และสามารถคำนวณได้จากสมการ

(1) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC) = ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่ภายในทางช่องเปิด / ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกใส 3 มม. โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ( $w/m^2$ )

(2) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) = อัตราส่วนระหว่างค่า SF ของกระจกประเภทหนึ่งต่อ SF ของกระจกใสหนา 3 มม.(0.87)

(3) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) =  $(SC_1) \times (SC_2)$

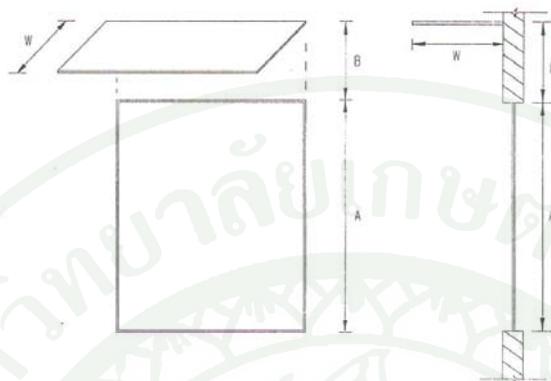
$SC_1$  = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

$SC_2$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

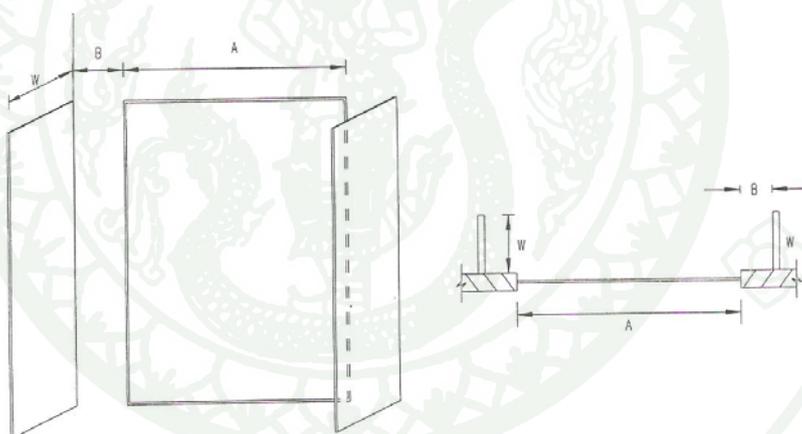
ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง (SC) นั้น ต้องคำนึงถึงระบบหน้าต่าง ซึ่งมีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การบังแดดอันประกอบไปด้วยอุปกรณ์บังแดดของกระจกหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารซึ่งอาจจะเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวระดับเหนือกระจกหน้าต่างหรืออุปกรณ์บังแดดแนวตั้งข้างหน้าต่างหรืออุปกรณ์บังแดดชนิดรวมก็ได้ ดังนั้นค่า SC จึงขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ( $SC_1$ ) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ( $SC_2$ )

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ( $SC_1$ ) กำหนดให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกซึ่งได้จากผลการทดสอบหรือได้รับการรับรองโดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ และในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ( $SC_2$ ) นั้น จะแบ่งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารไว้เป็น 3 ประเภทและกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (ดูรายละเอียดตารางภาคผนวก) ให้เพื่อใช้ประกอบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

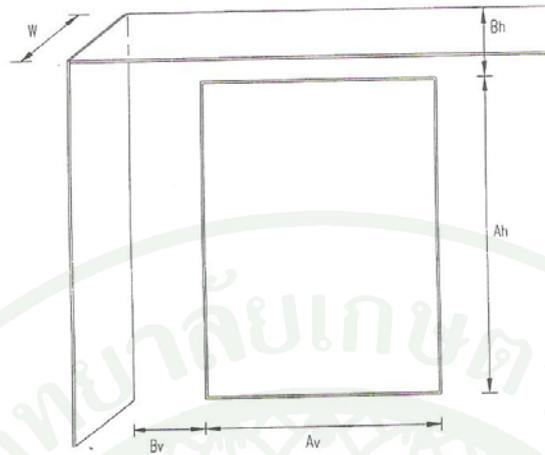
ในกรณีไม่มีค่าตรงตามในตารางให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear interpolation) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร



ภาพที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวราบเหนือระบบหน้าต่าง



ภาพที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งของหน้าต่าง



ภาพที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสำหรับอุปกรณ์บังแดดชนิดรวม

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC และ SC (ASHRAE : 2001)

$$\text{SHGC} = \text{SC} \times 0.87 \quad (5)$$

### 11. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)



ภาพที่ 19 เครื่องมือไพรานอร์มิเตอร์ (Pyranometer)

ที่มา: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

สำหรับเครื่องมือไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) นั้นสามารถวัดปริมาณความร้อนได้ครอบคลุม 180 องศา และสามารถวัดได้ตั้งแต่ 0-1,280 วัตต์ โดยมีความคลาดเคลื่อนในสภาวะปกติที่  $\pm 5\%$  และครอบคลุมตั้งแต่ช่วงแสงที่ 300-1,100 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงของรังสีแสงสว่างดังต่อไปนี้

- รังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ช่วงสเปกตรัมของแสงสว่างต่ำสุด เริ่มตั้งแต่ 360 ถึง 400 นาโนเมตร

และสูงสุดอยู่ระหว่าง 360-830 นาโนเมตร ทั้งนี้ 99 เปอร์เซ็นต์ของรังสีแสงสว่างจะอยู่ในช่วง 400-730 นาโนเมตร

- รังสีที่ช่วงคลื่นต่ำกว่า 400 นาโนเมตร เรียกว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV)

- รังสีที่ช่วงคลื่นยาวกว่า 800 นาโนเมตรเรียกว่า รังสีอินฟราเรด (INFRARED)

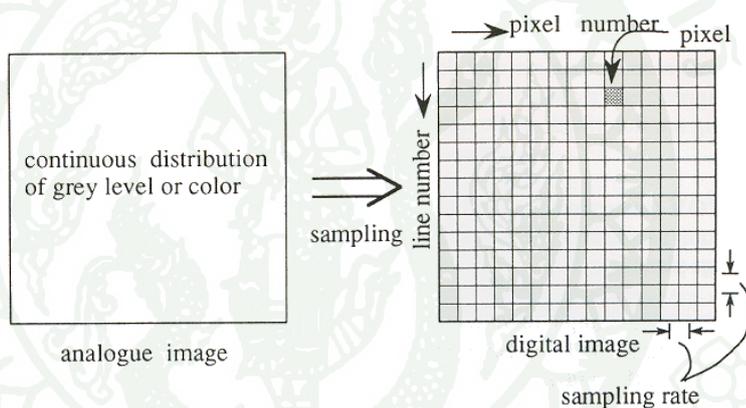
### ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (IMAGE PROCESSING)

## 12. การประมวลผลภาพ (Image Processing) และการเก็บข้อมูลภาพ

### 12.1 ความหมายของการประมวลผลภาพ

จุดเริ่มต้นทางการประมวลผลภาพได้เริ่มขึ้นในปี 1964 ณ ห้องแลป Jet Propulsion (Pasadena California) ซึ่งได้นำกระบวนการ การประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาจึงได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่า Digital image processing หลังจากนั้นงานทางด้าน การประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลาย ๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น ทางได้สื่อสาร โทรคมนาคม การสื่อสารทางโทรทัศน์ ทางด้านการพิมพ์ ทางด้านกราฟฟิก การแพทย์ และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันภาพดิจิทัล (digital image) ได้กลายเป็นแหล่งกำเนิดข้อมูลอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในแทบทุกด้าน โดยทั่วไปการใช้ประโยชน์จากภาพดิจิทัลประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆดังนี้ คือ การสร้างภาพดิจิทัล การจัดเก็บไฟล์ภาพดิจิทัล การส่งไฟล์ภาพผ่านระบบสื่อสารเช่นอินเทอร์เน็ต การประมวลผลภาพดิจิทัลโดยการแสดงผลภาพบนจอคอมพิวเตอร์นั้นเกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล(Digital format) จึงจะสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ ในระบบของดิจิทัล INPUT และ OUTPUT ของระบบจะอยู่ในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น โดยในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงผลภาพออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 20 การแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (ITC : 2004)

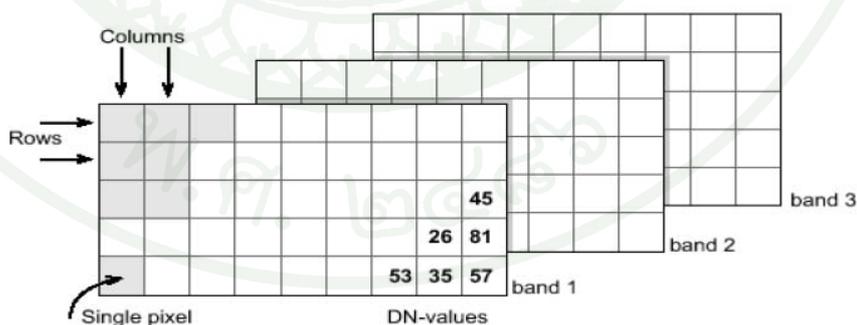
การนำภาพไม้เลื่อยมาแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขเพื่อคำนวณพื้นที่ในส่วนที่เป็นใบไม้สามารถทำได้โดยการจำแนกสีในแต่ละจุดภาพ (Pixel) ว่าเป็นส่วนที่เป็นใบไม้หรือไม่ และยังสามารถกำหนดให้ชุดคำสั่งสามารถแยกแยะพื้นที่ของแต่ละช่วงสีได้อีกด้วย เช่น ช่วงสีเขียวอ่อน ช่วงสีเขียวแก่ เป็นต้น



ภาพที่ 21 ตัวอย่างการใช้ชุดคำสั่งแยกสีแดง (ไม่ใช่ใบไม้) ออกจากภาพ

### 12.2 การเก็บข้อมูลภาพ

การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการบันทึกหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอะเรย์ (Array) โดยค่าในแต่ละช่องของอะเรย์แสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (pixel) และตำแหน่งของช่องอะเรย์เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ ยกตัวอย่างเช่น สมมุติให้ภาพเป็นตัวแปรแบบอะเรย์ขนาด  $M \times N$  (M แถว และ N คอลัมน์) ที่ใช้เก็บภาพขนาด  $M \times N$  จุด (M จุดในแนวนอน และ N จุดในแนวตั้ง) ค่าสี (หรือความสว่าง ในกรณีที่เป็นภาพ grey level) ของจุดภาพในแถวที่ 5 คอลัมน์ที่ 4 จะตรงกับค่าของ Image (5, 4) จะเห็นว่าเราใช้ตำแหน่งของจุดภาพทั้งสองแกนเป็นตัวชี้ค่าข้อมูลในอะเรย์



ภาพที่ 22 การกำหนดค่าแต่ละจุดภาพในรูปของตัวแปรอะเรย์ (ITC : 2004)

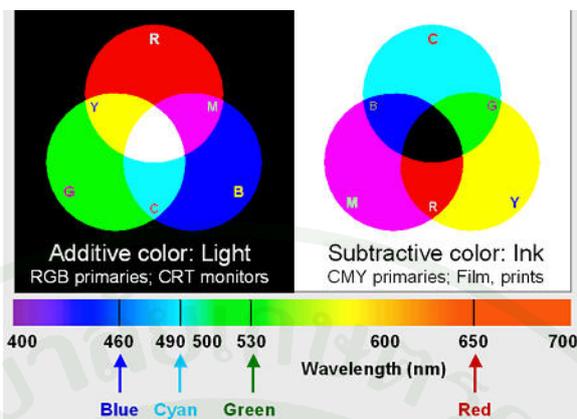
จากการใช้หน่วยความจำเพื่อการเก็บภาพในลักษณะที่กล่าวมา เนื้อที่ในการเก็บภาพสามารถคำนวณได้จาก  $M \times N \times g$  เมื่อ  $g$  เป็นจำนวนเต็มที่แทนจำนวนบิตของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ ตัวอย่างถ้า  $g$  มีค่าเท่ากับ 8 บิต เราจะสามารถเก็บความแตกต่างของระดับสีที่เป็นไปสูงสุด 256 ระดับ ค่า  $M$  และ  $N$  จะเป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไปในระบบ VGA (Video Graphic Array) จะมีขนาด 640x480, 800x600 และ 1024x768 จุด เป็นต้น การกำหนดความละเอียดจะขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ ปกติแล้วในการเก็บข้อมูลภาพโดยเครื่องมือต่าง ๆ จะเก็บตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วน  $x$  ต่อ  $y$  เท่ากับ 4:3 สำหรับเครื่องมือเก็บข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4:3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเช่นในบางระบบอาจจะใช้ความละเอียดในการแสดงเท่ากับ 640 x 512 ซึ่งจะทำให้ขนาดของจุดภาพที่ได้มีขนาดของด้านกว้างมีความยาวมากกว่าด้านสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่จะต้องสนใจสำหรับการเขียนโปรแกรมทางด้านกราฟฟิกและการจัดการข้อมูล

### 13. ระบบสีมาตรฐาน

ระบบสีมาตรฐานโดยทั่วไปนั้น แบ่งออกเป็น ระบบสี RGB (Red, Green, Blue), ระบบสี CMY & CMYK, HSV, HSL (HIS/HSB) ซึ่งระบบสีโดยทั่วไปที่นิยมใช้และรู้จักกันเป็นอย่างดีนั้นคือ ระบบสี RGB แต่สำหรับการนำไปใช้ในโปรแกรมการประมวลผลภาพแล้วนั้น ค่าสีที่จะสามารถกำหนดช่วงได้นั้น จำเป็นต้องเป็นค่าสีที่แท้จริงซึ่งจะอยู่ในระบบสีแบบ HSL หรือ HSV

#### 13.1 ระบบสี RGB (Red, Green, Blue)

ระบบ RGB นี้เป็นระบบสีที่ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่คุ้นเคย เป็นระบบที่ใช้ในการกำหนดค่าสัดส่วนของสีแดง, เขียว และน้ำเงินเบื้องต้น ที่นำมารวมเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างสีที่ต้องการ ซึ่งระบบการกำหนดค่าสีแบบนี้เป็นระบบที่สามารถกำหนดสีที่สามารถถูกสร้างออกมาได้อย่างชัดเจนที่สุด และเป็นระบบการแทนค่าสีที่ดีสำหรับการใช้งานในระบบฮาร์ดแวร์ แต่เป็นการยากในการรับรู้ และกำหนดค่าด้วยสัญชาตญาณของมนุษย์เพื่อจะสร้างสีที่ต้องการขึ้น ตัวอย่างเช่นเราจะต้องใช้ค่าสีแดง, เขียว และน้ำเงินเท่าไรในการสร้างสีส้ม ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการยากที่มนุษย์จะสามารถกำหนดค่าขึ้นมาด้วยตัวเอง RGB เป็นระบบสีที่แยกสัญญาณขององค์ประกอบของสีออกจากกันโดยสิ้นเชิง ซึ่งจะพบในการแสดงภาพทั้งในระบบของจอภาพคอมพิวเตอร์ และโทรทัศน์สีทั่วไป



ภาพที่ 23 ระบบสี RGB

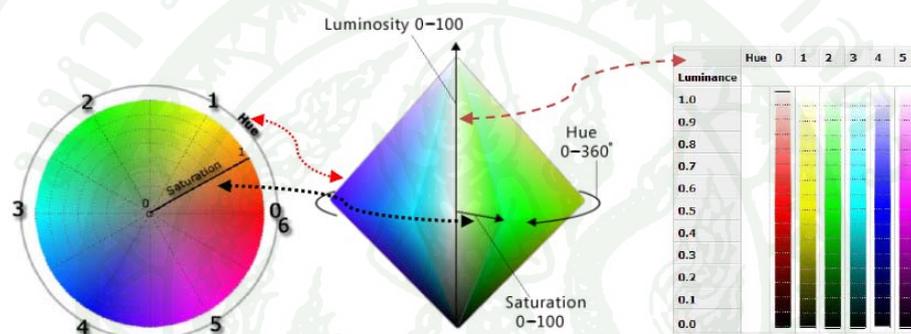
ที่มา: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

ภาพ RGB นั้นเป็นโครงสร้างการเก็บภาพที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้กับภาพสี โครงสร้างเมทริกซ์(Matrix) ที่ใช้มีขนาดเป็น  $m \times n \times 3$  คือ เป็นการนำเมทริกซ์สองมิติขนาด  $m \times n$  จำนวน 3 ชุดมาต่อกันเป็นเมทริกซ์ที่มีมิติเพิ่มเป็นสามมิติ เมทริกซ์  $m \times n$  แต่ละชุดบรรจุค่าความเข้มของสี R B และ G ตามลำดับ ฉะนั้นสีของพิกเซลแต่ละจุดจึงถูกกำหนดจากปริมาณของสีแต่ละสีที่นำมาผสมกัน การเก็บภาพในลักษณะนี้ไม่มีการใช้ตารางสีแต่อย่างใด ชนิดของตัวแปรที่ใช้ในเมทริกซ์มีได้ 2 รูปแบบคือ ตัวแปร double ซึ่งบรรจุตัวเลขที่มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0 ถึง 1 หรือจะใช้เป็น uint8 ก็ได้ โดยตัวแปรนี้จะบรรจุตัวเลขที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 จะเห็นว่าในกรณีแบบ uint8 นี้พิกเซลแต่ละจุดจะมีการใช้จำนวนบิตรวมต่อจุดเท่ากับ 24 บิต ในกรณีที่ต้องการจำนวนระดับที่แสดงปริมาณของสีแต่ละสีให้ละเอียดขึ้นก็สามารถใช้ตัวแปรชนิด uint 16 แทนได้โดยตัวแปรนี้จะรับค่าตั้งแต่ 0 ถึง 65,535

ระบบสี RGB นั้นแม้ว่าจะเป็นระบบสีที่ใช้กันแพร่หลาย และเป็นระบบในกล้องดิจิทัลทุกประเภท แต่เป็นระบบที่ใช้ปริมาณของสี R, G และ B ทั้ง 3 สีมาผสมกัน และแปรผันตามปริมาณแสงที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ในการกำหนดค่าสำหรับชุดค่าตั้งนั้น มีความยุ่งยากและคลาดเคลื่อนได้ง่าย

### 13.2 ระบบสี HSL (Hue, Saturation, Lightness)

ระบบ HSL เป็นระบบที่สร้างมาจากสัญชาตญาณการนึกคิดของมนุษย์ในการกำหนดค่าสี โดยที่ค่าสี(Hue) จะเป็นค่าตัวแทนสีตั้งแต่ 0 (แดง) ถึง 120 (เขียว) ถึง 240 (น้ำเงิน) และถึง 360 (แดงอีกครั้ง) จะเห็นได้ว่ามีลักษณะการแทนค่าคล้ายวงล้อ ส่วนค่าความเข้มของเม็ดสี ความสดของสีภาพ(Saturation) ในความเข้มตั้งแต่ระดับ 0-100% โดยความเข้มระดับต่ำจะให้ผลลัพธ์สีออกมาเป็นเทา, ความเข้มระดับกลาง(40-60%) ผลลัพธ์จะเป็นสีอ่อน และความเข้มสูง 80-100% ผลลัพธ์จะได้สีบริสุทธิ์ของค่าสีนั้นๆ สำหรับค่าสุดท้ายที่ใช้คือ Lightness (ค่าความสว่างของสี) ซึ่งมีช่วงตั้งแต่ 0% (มืดหรือดำ) จนถึง 100% (สว่างหรือขาว) แสดงโมเดลสี HSL ดังภาพ



ภาพที่ 24 รูปแบบโมเดลสี HSL (Hue, Saturation, Lightness)

ที่มา: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

ระบบสี HSL นั้นอาจจะเป็นระบบสีที่ยังไม่คุ้นเคย และยังเป็นระบบที่ไม่มีอยู่ในกล้องดิจิทัลด้วย แต่ระบบนี้มีการแยกค่าสีออกจากค่าอื่นๆ ทำให้แม้ว่าตัวแปรค่าความสดของสีหรือค่าความสว่างตัวใดตัวหนึ่งเปลี่ยนไป แต่ระบบก็จะให้ค่าสีที่แท้จริงเช่นเดิม ทำให้ในการกำหนดค่าสำหรับชุดคำสั่งนั้นง่ายขึ้นเพราะกำหนดเพียงค่าเดียว

## 14. คุณสมบัติต่างๆของภาพ

### 14.1 ขนาดของภาพ (กว้างxยาว)

14.2 ความแตกต่างของระดับสี เช่น 1 บิต = 2 สี, 2 บิต = 4 สี, 24 บิต = 16,777,216 สี เป็นต้น

### 14.3 ความละเอียดของจุดภาพ (Resolution)

ความละเอียดของจุดภาพ (Resolution) เป็นความสามารถในการปรับระยะการแสดงความละเอียดของภาพดิจิทัล ระยะห่างของความถี่ในการแสดงภาพ ซึ่งหน่วยของ Resolution ที่ใช้กันอยู่มีด้วยกัน 2 แบบคือ pixels/inch หมายถึงจำนวนหรือปริมาณของเม็ดสีในพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว pixels/cm หมายถึงจำนวนหรือปริมาณของเม็ดสีในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ที่เป็นที่ยอมรับใช้คือ จำนวนพิกเซลต่อนิ้วหรือ pixels/inch(ppi) นั่นเองตัวอย่างเช่น หากภาพนั้นมีค่า Resolution = 150 ppi แสดงว่าในพื้นที่ 1 ตารางนิ้วของภาพนั้นประกอบไปด้วยเม็ดสีจำนวน 150 สี (Pixels) เป็นต้น นอกจากภาพที่มีค่า Resolution สูงจะให้ความคมชัดที่มากกว่าแล้ว ขนาดไฟล์ของภาพรวมถึงพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลภาพก็จะใหญ่กว่าด้วย เช่น ภาพขนาด 1024x768 Resolution = 300 ppi ขนาดไฟล์ 2.87M แต่หากปรับ Resolution = 72 ppi ขนาดไฟล์ก็จะลดลงเหลือเพียง 169 k เท่านั้น



ภาพที่ 25 ตัวอย่างความละเอียดภาพตั้งแต่ 1024x1024 พิกเซลจนถึง 32x32 พิกเซลขยายให้มีขนาดที่เท่ากัน

ที่มา: Conzalet al. (2004)

ความสำคัญของจุดภาพนั้นคือ แม้ว่าชุดคำสั่งจะคำนวณพื้นที่ไบออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของภาพ แต่หากภาพที่นำไปใช้ในชุดคำสั่งมีความละเอียดภาพน้อยเกินไป ชุดคำสั่งจะอ่านค่าพื้นที่ไบได้ลดลง ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือกใช้ภาพที่มีขนาดไม่ต่ำกว่า  $2000 \times 2000$  Resolution  $\geq 150$  dpi

## 15. คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

### 15.1 Tolerance

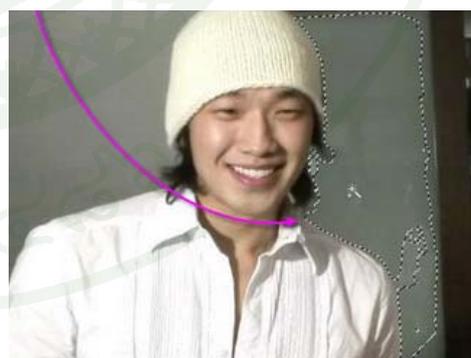
Tolerance คือกำหนดค่าสี ซึ่งเป็นค่าที่บอกว่าจะเลือกสีใกล้เคียง กับสีที่เลือกเป็นต้นแบบไว้เท่าไร ถ้ากำหนดให้ tolerance เป็น 0 ก็จะหมายถึง โปรแกรมจะเลือกเฉพาะสีนั้นสีเดียวใน pixel ที่ติดๆกัน ค่า tolerance นั้น สามารถใส่ค่าได้ตั้งแต่ 0-255 พิกเซล โดย

ค่าต่ำ หมายถึงจำนวนสีที่ถูกเลือกที่ใกล้เคียงกับสี ณ จุดที่เลือกไว้มีจำนวนน้อย โปรแกรมจึงเลือกเฉพาะสีที่มีความคล้ายกับจุดที่เลือกมากๆ เท่านั้น

ค่าสูง หมายถึงจำนวนสีที่ถูกเลือกที่ใกล้เคียงกับสี ณ จุดที่เลือกไว้จะมีจำนวนมากขึ้น (ช่วงกว้างของสีมากขึ้น)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 26 (ก) การเลือกพื้นที่ทำงาน โดยกำหนดให้ Tolerance = 60 และ (ข) Tolerance = 12





ภาพที่ 28 ตัวอย่างการค่อยๆปรับ Threshold โดยภาพที่ 3 ก้านใบไม่หายไป

ที่มา: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## 16. ความต้องการของโปรแกรมและการบันทึกภาพ

ในปัจจุบันวิธีการสร้างภาพดิจิทัลที่สามารถทำได้ง่ายคือ การใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล ซึ่งภาพที่สร้างขึ้นมักได้รับการจัดเก็บลงในไฟล์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีรูปแบบการจัดเก็บที่เป็นที่นิยมคือ JPEG ซึ่งเข้ามามีบทบาทสำคัญเนื่องจากให้ความละเอียดและความสวยงามของภาพได้ดีและใช้เทคนิคการบีบอัดภาพที่มีประสิทธิภาพทำให้ไฟล์มีขนาดไม่ใหญ่เกินไป สำหรับโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาในเชิงตัวเลขนั้น เกิดขึ้นมากมายเช่น ภาษา C, FORTRAN, Pascal เป็นต้น ซึ่งมีความซับซ้อนค่อนข้างมาก สำหรับความสามารถหลักของ MATLAB ที่ทำให้เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับการทำงานด้วยเหตุผลดังนี้

- MATLAB เป็นโปรแกรมเพื่อการคำนวณและแสดงผลได้ทั้งตัวเลขและรูปภาพซึ่งมีประสิทธิภาพสูง
- MATLAB จะควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่งและยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรมได้อีกด้วย
- MATLAB มี function ที่เหมาะสมกับงานทางวิศวกรรมพื้นฐานมากมาย นอกจากนั้นผู้ใช้อย่างยังสามารถเขียน function ขึ้นมาใหม่โดยสามารถใช้ประโยชน์จาก function ที่มีอยู่แล้วเพื่อให้เหมาะสมกับงานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม

- ลักษณะการเขียนโปรแกรมใน MATLAB จะใกล้เคียงการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคยจึงง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาชั้นสูงเช่น C, FORTRAN หรืออื่นๆ

- MATLAB มีความสามารถในการเขียนกราฟและรูปภาพทั้ง 2 มิติและ 3 มิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- MATLAB สามารถทำ Dynamic Link กับโปรแกรมอื่นๆได้ไม่ว่าจะเป็น Word, Excel หรืออื่นๆ ที่ร่วมทำงานอยู่บน windows

MatLAB ย่อมาจาก MATrix LABoratory เป็นโปรแกรมที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับงานทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ โครงสร้างพื้นฐานการคำนวณของโปรแกรม MatLAB อยู่ในรูปของเวกเตอร์หรือเมทริกซ์ จุดเด่นของโปรแกรมคือการทำงานที่มีชุดคำสั่งจำนวนมากสำหรับการประมวลผลข้อมูลที่บรรจุอยู่ในเมทริกซ์ครอบคลุมทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ทั้งที่เป็นพื้นฐานและการประยุกต์อย่างกว้างขวาง สำหรับมาตรฐานไฟล์ภาพที่โปรแกรม MatLAB รองรับซึ่งใช้อยู่ทั่วไป (ลัญจกร และคณะ, 2551) เช่น

- BMP (Windows Bitmap)
- GIF (Graphics Interchange Format)
- JPG/JPEG (Joint Photographic Experts Group)
- PNG (Portable Network Graphics)
- TIF/TIFF (Tagged Image File Format)

#### 16.1 File JPG/JPEG

ในปัจจุบันรูปแบบการเก็บบันทึกภาพของกล้องมีหลายแบบให้เลือก สำหรับไฟล์ที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ JPEG File เป็นรูปแบบการบันทึกไฟล์ภาพที่ทำการบีบอัด (Compressed) เพื่อย่อขนาดไฟล์ภาพให้เล็กลง ค่าสีของ JPEG File บันทึกที่ 8 bit / channel การบีบอัดไฟล์ของ JPEG นี้ เป็นการบีบอัดที่เกิดการสูญเสียข้อมูล (Lossy Compression) คุณภาพของภาพจะ ตกลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการบีบอัดที่เราเลือก การบันทึก JPEG File ซ้ำหลายๆ ครั้ง ทำให้คุณภาพของ

ไฟล์ภาพลดลงเสมอ แต่ไฟล์ภาพนี้ก็ยังคงเป็นไฟล์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในโปรแกรม  
เนื่องด้วยขนาดไฟล์และ

## 17. การแปลงค่าสี

17.1 สูตรการแปลงค่าจากระบบ RGB เป็น HSL ในชุดคำสั่งคือ

$$1. L = (\max_{(R,G,B)} + \min_{(R,G,B)}) / 2 \text{ หรือ } L = (r+g+b)/3$$

: L = Lightness, R=Red, G=Green, B=Blue

$$2. \text{ ถ้าค่า } \max_{(R,G,B)} = \min_{(R,G,B)} \text{ จะได้ค่า } S = 0, H = 0$$

: S = Saturation, R=Red, G=Green, B=Blue, H=Hue

$$3. S = 1 - 3(\min_{(R,G,B)} / (r+g+b))$$

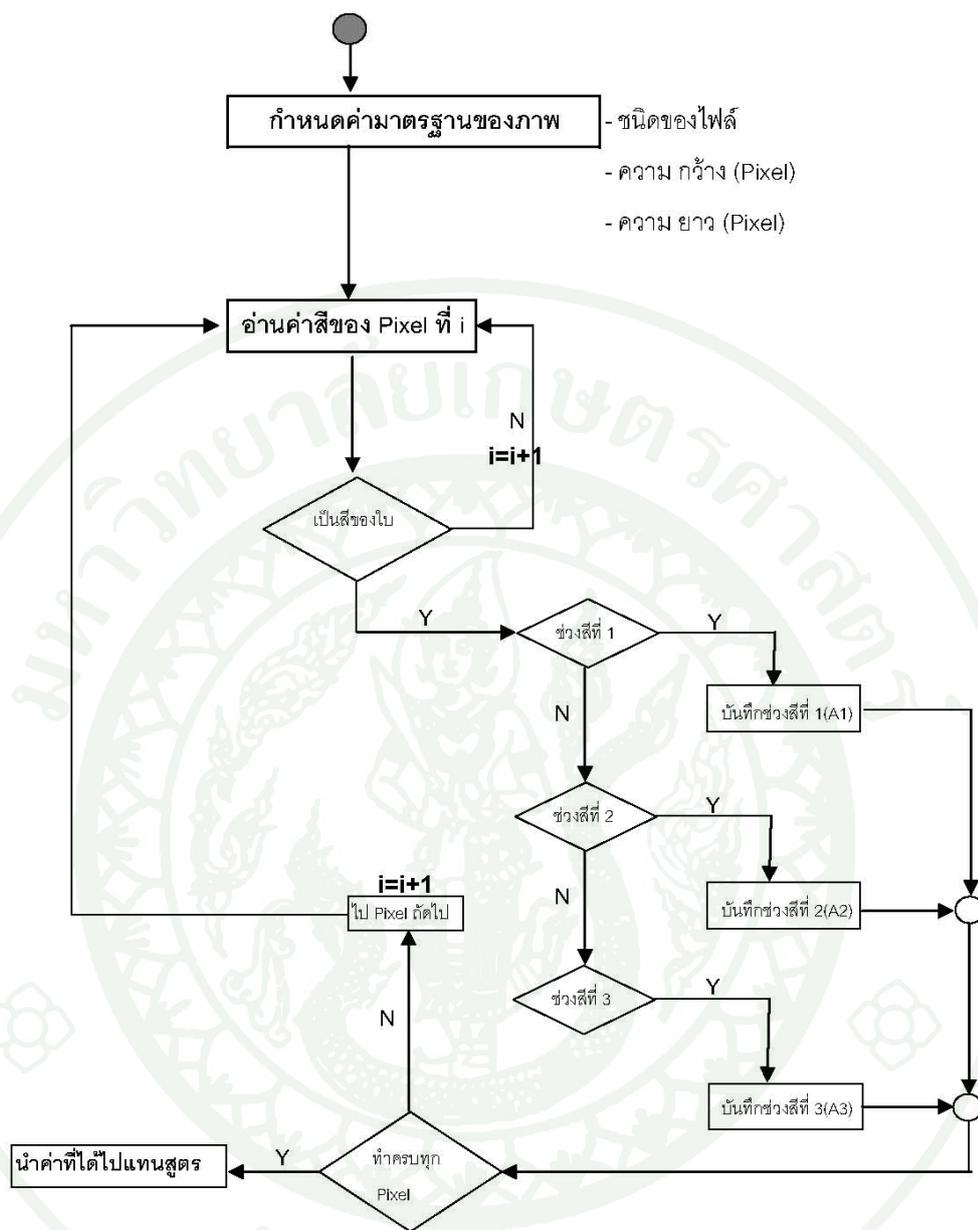
: S = Saturation, R=Red, G=Green, B=Blue

$$4. \text{ ถ้า } b > g, \quad h = 2\pi - U$$

$$\text{ถ้า } b \leq g, \quad h = U$$

$$H = h/2\pi \quad : H=\text{Hue}, U=\text{มุม } 0\text{-}360 \text{ องศา}$$

สำหรับค่าสีทั้งในระบบ RGB และ HSL นั้นสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์  
ตรวจสอบค่าได้ แต่ในส่วนของภาพซึ่งเป็นภาพจากระบบ RGB นั้นจำเป็นต้องใส่สูตรการแปลงค่า  
ลงในชุดคำสั่ง เพื่อให้ภาพที่จะนำมาใช้คำนวณพื้นที่บนนั้นเป็นภาพในระบบ HSL สุดท้ายในการ  
กำหนดค่าสีจำเป็นต้องกำหนดให้ค่าอยู่ในช่วง 0-1 ตามความต้องการของโปรแกรมประมวลภาพ  
จึงสามารถสรุปขั้นตอนในการคำนวณพื้นที่ขึ้นใจโดยใช้ชุดคำสั่งประมวลภาพได้ว่า



ภาพที่ 29 แสดงผังการทำงานของชุดคำสั่งในขั้นตอนการคำนวณพื้นที่ไบ

สำหรับช่องสีที่ 1, ช่องสีที่ 2, และช่องสีที่ 3 นั้น คือการวิเคราะห์ชั้นไบที่ 1, ชั้นไบที่ 2 และชั้นไบที่ 3 ตามลำดับ จากนั้นจึงบันทึกไว้ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์จากทั้งภาพ โดยเมื่อโปรแกรมประมวลผลภาพครบทุกจุดภาพ(Pixel) แล้วจึงนำค่าในส่วนนี้ไปแทนในสูตรการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ต่อไป

## 18. ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling)

จุดประสงค์ของการสุ่มตัวอย่างก็เพื่อใช้ตัวอย่างเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด ซึ่งใช้ในการศึกษาสำรวจประชากรที่มีขนาดใหญ่มาก หรือมีจำนวนนับไม่ได้ การศึกษาย่อมเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก สิ้นเปลืองเวลา และค่าใช้จ่ายมาก และบางครั้งก็เป็นไปไม่ได้ที่จะศึกษาสำรวจประชากรทั้งหมด ดังนั้นเราจึงใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) ขนาดพอสมควรจากประชากรทั้งหมด เพื่อศึกษาและใช้ผลจากการศึกษานั้น เพื่อหาข้อสรุปประชากรทั้งหมด

การสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ตัวอย่างที่สุ่มมานั้นเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรทั้งหมด จะต้องสุ่มตัวอย่างจากค่าสังเกตที่เป็นอิสระต่อกัน และสุ่มตัวอย่างแบบไม่เจาะจง (Random) แล้วจึงนำตัวอย่างที่ได้มาคำนวณหาค่าสถิติเพื่อสรุปผลต่อไป สำหรับวิธีการสุ่มตัวอย่างที่นิยมใช้คือ

1. สุ่มตัวอย่างแบบธรรมดา (Simple Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางเลขสุ่ม โดยการกำหนดหมายเลขให้ประชากรทั้งหมด แล้วเปิดตารางสุ่มเลือกตัวอย่างโดยใช้หมายเลขที่กำหนดในตารางเลขสุ่ม
2. สุ่มตัวอย่างโดยการแบ่งเป็นพวก (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยการจำแนกความแตกต่างของประชากรเป็นพวกๆ ตามเพศ วัย หรือสี เป็นต้น แล้วจึงใช้การสุ่มตัวอย่างแบบธรรมดาสุ่มตัวอย่างในแต่ละพวก วิธีนี้ใช้เมื่อต้องการให้มีตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนจากทุกพวก
3. สุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยการแบ่งประชากรจำนวน  $N$  ออกเป็น  $n$  กลุ่มโดยการแบ่งไม่ต้องจำแนกตามความแตกต่างของประชากร กลุ่มละ  $k$  การสุ่มตัวอย่างจะต้องสุ่มจากทุกกลุ่มๆ ละเท่าๆ กัน โดยจะกำหนดว่าจะสุ่มตัวอย่างเท่าใดในแต่ละกลุ่ม เช่น ตัวอย่างที่ 3 และ 7 ตัวอย่างที่สุ่มออกมาคือ ตัวอย่างที่ 3, 7,  $k+3$ ,  $k+7$ ,  $2k+3$ ,  $2k+7$ ,  $3k+3$ ,  $3k+7$  ...  $nk+3$ ,  $nk+7$  รวมทั้งสิ้น  $2n$  ตัวอย่าง วิธีนี้จะเป็นการสุ่มตัวอย่างที่จะกระจายไปทั่วทั้งประชากรทั้งหมดอย่างมีระบบ

4. การสุ่มแบบแบ่งเป็นกลุ่มๆ โดยจำแนกตามความแตกต่างของประชากร เช่นเดียวกับวิธีที่ 2 แต่การสุ่มตัวอย่างจะสุ่มเฉพาะบางกลุ่มที่จำเป็นเท่านั้น เช่น การสุ่มตัวอย่างจากประชากร เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มการเลือกผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร ก็จะต้องแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มๆตามอายุ และคัดเลือกกลุ่มที่มีอายุเข้าเกณฑ์ที่สามารถออกเสียงเลือกตั้งได้มาสุ่มตัวอย่าง เป็นต้น

ซึ่งวิธีการสุ่มที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้คือ สุ่มตัวอย่างแบบธรรมดา และสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ ซึ่งมีความเหมาะสม สำหรับงานวิจัยนี้เลือกการสุ่มโดยการสุ่มตัวอย่างแบบธรรมดาซึ่งสามารถทำได้รวดเร็วกว่าอีกแบบหนึ่ง

#### **ทฤษฎีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV)**

การก่อสร้างอาคารในเขตร้อนชื้นควรคำนึงถึงปัจจัยที่ทำให้มีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารให้น้อยที่สุด โดยปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วยวัสดุก่อสร้าง รูปแบบอาคาร ทิศทางที่ตั้งอาคาร เป็นต้น ทั้งนี้ถ้าหากเราสามารถประเมิน ค่าความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ไม่ว่าจะ เป็นระหว่างขั้นตอนการออกแบบอาคาร หรืออาคารที่ได้ก่อสร้างไปแล้ว ก็จะนำไปสู่การออกแบบอาคารหรือปรับปรุงอาคาร ให้ความร้อนเข้าสู่อาคารได้น้อยลงหรือมีปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งเป็นผลทำให้ใช้ขนาดของระบบปรับอากาศที่เล็กลง ส่งผลให้เกิดพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงานปี 2535 โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะส่งเสริมให้เกิดวินัยในการอนุรักษ์พลังงาน และให้มีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน จึงได้กำหนดให้มีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและสร้างจิตสำนึกที่ดีในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานให้กับผู้ออกแบบและผู้เกี่ยวข้อง

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร (OTTV) หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศดังต่อไปนี้

1. สำหรับอาคารใหม่ ไม่เกินกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก
2. สำหรับอาคารเก่า ไม่เกินกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

โดยการคิดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดพื้นที่ของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกัน (weighted average) หรือส่วนของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกันของส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ โดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_r)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \quad (6)$$

โดยที่

OTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

$U_w$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่าง โปรังแสง และหรือของผนัง โปรังแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

$TD_{eq}$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่ง รวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

$U_r$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนัง โปรังแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศา เซลเซียส

T คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ( $SHGC = SC \times 0.87$ )

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (solar factor) ที่ผ่านหน้าต่าง โปรังแสงและหรือผนัง โปรังแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ ตารางเมตร

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ผนังสีเขียว (The Biofacade)

ได้มีผลงานวิจัยเรื่อง “สมรรถนะการป้องกันความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น” สรุปผลการทดลองในช่วงที่แผงกันแดดไม้เลื้อยมีสมรรถนะดีที่สุด และสอดคล้องกับทฤษฎีถึงแม้ว่าจะมีใบปกคลุมเพียง 1 ชั้นเป็นพื้นที่ประมาณ ร้อยละ 70 เมื่อ

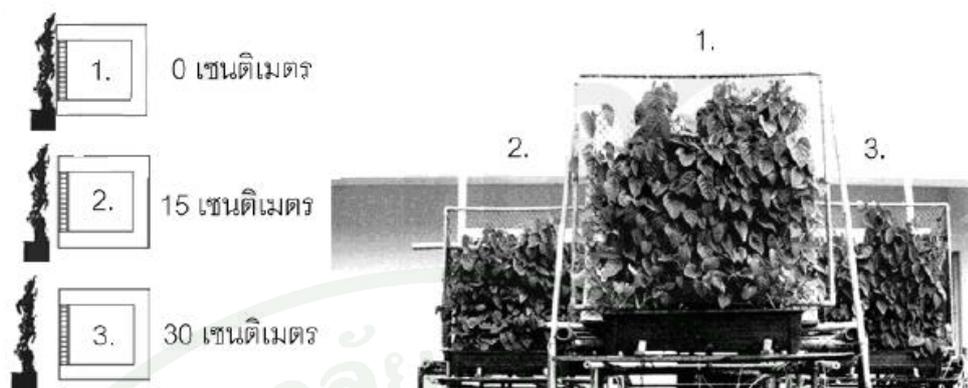
เปรียบเทียบอุณหภูมิกลางวันในห้องที่ใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยและห้องที่ใช้กันสาดสำเร็จรูป พบว่า ในช่วงเวลา 16.00 น. ห้องที่ใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยมีอุณหภูมิต่ำกว่าห้องที่ใช้แผงกันแดดสำเร็จรูป สูงสุดที่ 2.92 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอากาศภายนอกสูงสุดที่ 6.84 องศาเซลเซียส (พาสินี และคณะ, 2551)



ภาพที่ 30 “ผนังสีเขียว” ใช้เป็นแผงกันแดดไม้เลื้อยที่ปลูก ณ ทิศตะวันตกของอาคาร

## 2. ประสิทธิภาพของผนังไม้เลื้อย ในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านอาคาร

จากงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการใช้ผนังไม้เลื้อย เพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังไม้เลื้อยกับฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation Finishing System : EIFS) โดยในการทดลองทำการปลูกผนังไม้เลื้อยปกคลุมผนังอาคารชนิดก่ออิฐฉาบปูนรวมหนา 10 เซนติเมตร ติดตั้งกับกล่องโคมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว ขนาด 90x90x90 เซนติเมตร และกำหนดให้ผนังไม้เลื้อยที่มีพื้นที่ใบปกคลุม 25-35% 55-65% และ 85-95% และการติดตั้งที่ระยะ 0, 15 และ 30 เซนติเมตร โดยทดสอบกับสภาพห้องฟ้าอากาศจริง

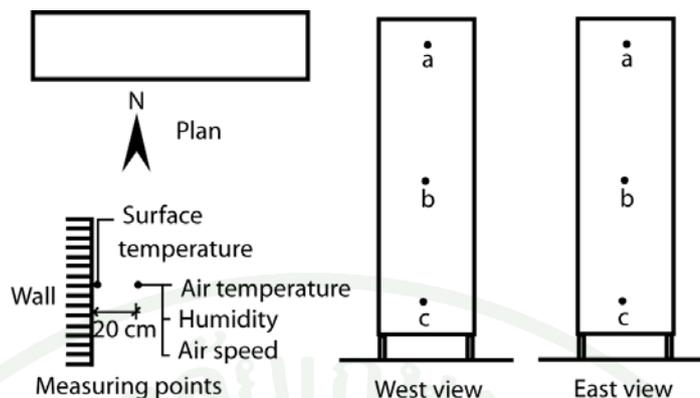


ภาพที่ 31 การติดตั้งพ่นน้ำเลื้อยตามระยะต่างๆ

ผลการทดลองพบว่า พ่นน้ำเลื้อยที่มีพื้นที่ใบปกคลุม 85-95% จำนวนชั้นใบประมาณ 2-3 ชั้น และมีความหนาพุ่มใบ 15-20 เซนติเมตร โดยที่การติดตั้งระยะ 15 เซนติเมตรเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดในการลดการถ่ายเทความร้อน และการคายความร้อนในเวลากลางคืน (วิชัย, 2550)

### 3. การสำรวจอิทธิพลของพรรณไม้ด้านข้างทางตั้งของอาคารสูง

จากงานวิจัยเรื่อง “การสำรวจอิทธิพลของพรรณไม้ด้านข้างทางตั้งของอาคารสูง” เป็นการสำรวจเบื้องต้นของอิทธิพลมวลความร้อนของพรรณไม้ข้างอาคารในทางตั้งของอาคารสูงในประเทศสิงคโปร์ โดยเปรียบเทียบระหว่างอาคารที่มีและไม่มีพรรณไม้ การสำรวจครอบคลุมถึงตำแหน่งที่ตั้ง เวลา และชนิดของพรรณไม้ที่ปกคลุม พรรณไม้รอบอาคารส่งผลต่อการรับแสงอาทิตย์และลม ตลอดจนสถานะน้ำสลายภายในและพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็น โดยเฉพาะการใช้พรรณไม้สำหรับอาคารที่มีความสูงปานกลาง (Lay *et al.*, 2000)



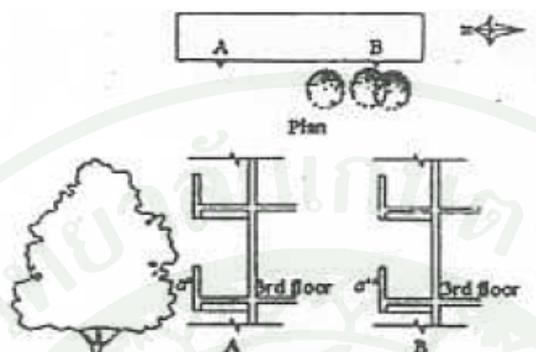
ภาพที่ 32 ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง

ที่มา: Lay *et al.* (2000)

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวที่ทำการทดลองที่ความสูงแตกต่างกัน ผลการทดลอง แสดงว่าอุณหภูมิพื้นผิวนั้นไม่ขึ้นกับความสูงของจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับผลการทดลองของผู้อื่น ในกรณีนี้อุณหภูมิพื้นผิวที่ลดลงเป็นผลมาจากพรรณไม้ที่ชั้นต่ำกว่าซึ่งส่งผลในชั้นที่สูงขึ้นไป ได้ผลการทดลองของอุณหภูมิพื้นผิว อุณหภูมิอากาศ และความชื้นที่ทำการทดลองด้านทิศ ตะวันออกและทิศตะวันตกพบว่า อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่เวลา 13.00-14.00 น. และที่ผนังทางทิศ ตะวันออกสูงสุดเวลา 13.00 น. อุณหภูมิผิวที่สูงสุดอยู่ที่ผนังทิศตะวันตก ต่อเนื่องจนถึงเวลา 17.00 น. ก่อนที่พระอาทิตย์จะตก แสดงว่าผนังทั้งสองด้านคือทิศตะวันออกและตะวันตกนั้นไม่เอื้อผลดีต่อ สภาวะมวลความร้อนในระยะยาว

การทดลองแบ่งออกเป็น

- 1) รวาระเบียงด้านทิศตะวันตกที่มีต้นไม้บัง

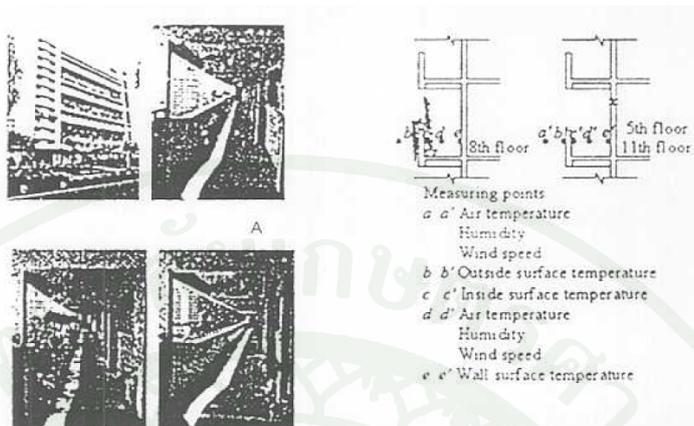


ภาพที่ 33 ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง

ที่มา: Lay *et al.* (2000)

ผลการทดลองสรุปว่าถ้าไม่มีต้นไม้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเริ่มจาก 13.00-17.00 น. ในส่วนของอุณหภูมิพื้นผิว ภายใต้ร่มเงาของต้นไม้มีค่าต่ำกว่า ค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่แตกต่างกันสูงสุดคือ 11 องศาเซลเซียส ซึ่งตรงกับผลการทดลองของผู้อื่น ค่าแตกต่างของอุณหภูมิกายนอกระหว่างบริเวณที่มีและไม่มีร่มเงา นั้นสีของอาคารด้านข้างมีอิทธิพลในการช่วยลดค่ารังสีดวงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามสีของพื้นผิวหลังร่มเงาของต้นไม้กลับไม่ส่งผลแต่อย่างใด

## 2) รวาระเบียงที่มีพรรณไม้ทางด้านทิศใต้

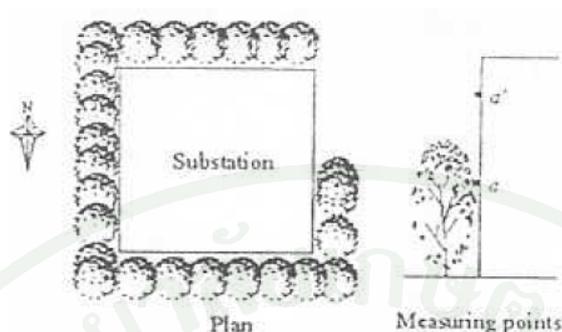


ภาพที่ 34 ตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง

ที่มา: Lay *et al.* (2000)

การทดลองนี้พรรณไม้มีความหนาแน่นไม่เท่ากับการทดลองแรก พรรณไม้ที่ปลูกเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ในการช่วยลดอุณหภูมิที่ระเบียงทางเดิน อุณหภูมิพื้นผิวที่ทำการวัดด้านข้างของราวระเบียงมีค่าความแตกต่างสูงสุดที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าจุดที่มีพรรณไม้ สามารถชี้ให้เห็นว่าสภาวะมวลความร้อนของด้านทิศใต้ไม่เกิดผลดี พื้นผิวเก็บความร้อนไว้สูงตลอดช่วงกลางวัน ที่ดวงอาทิตย์แผ่รังสี จากเช้าถึงบ่ายและเมื่อมุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์สูงขึ้นพรรณไม้และร่มเงาจะช่วยส่งผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวให้ลดลง ยกเว้นว่ามีพื้นผิวเป็นวัสดุที่มีอมความร้อน

### 3) ผนังทิศตะวันตกกับพุ่มไม้



ภาพที่ 35 ภาพแสดงตำแหน่งที่ใช้วัดค่าในการทดลอง

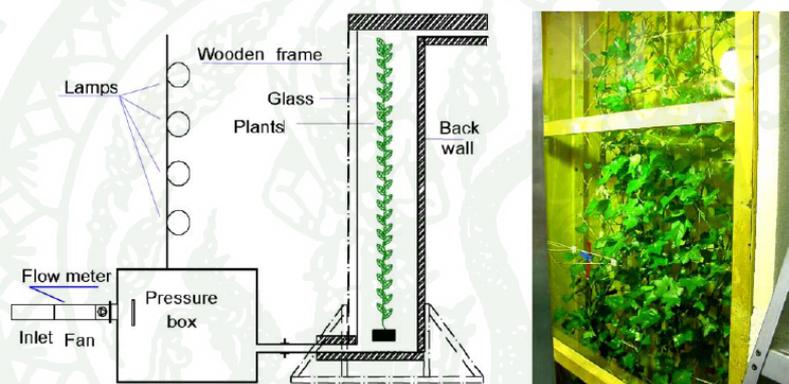
ที่มา: Lay *et al.* (2000)

อากาศพัดผ่านต่อเนื่องจากในด้านหลังพุ่มไม้มีกำลังอ่อนกว่าส่วนที่อยู่ด้านบน ในกรณีนี้ อุณหภูมิอากาศและความชื้นที่วัดด้านหลังและด้านบนพุ่มไม้ มีอุณหภูมิพื้นผิวแตกต่างกันสูงสุดที่ 7 องศาเซลเซียสในช่วงบ่าย แสดงว่าพุ่มไม้สามารถที่จะช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิว ไม้พุ่มและพรรณไม้ เลื้อยไปมักจะปลูกบริเวณที่สาธารณะในประเทศสิงคโปร์ สามารถป้องกันพื้นผิวผนังจากรังสีดวงอาทิตย์ดีกว่าต้นไม้ใหญ่ เนื่องจากสามารถที่จะเจริญเติบโตในสภาวะที่มีดินน้อยได้ พุ่มไม้และไม้ เลื้อยจึงเปรียบเสมือน “ผนังสีเขียว”

สรุปผลการวิจัยได้ว่าได้ว่าสภาวะของมวลความร้อนของพื้นผิวผนังทางตะวันออกและ ตะวันตกตลอดช่วงบ่าย สามารถใช้พืชพรรณปรับปรุงสภาวะแวดล้อมให้ดีขึ้น ป้องกันรังสีดวง อาทิตย์และการลดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันได้ โดยปกติแล้วค่าความแตกต่างของ อุณหภูมิพื้นผิวบนพื้นผิวสีทึบและปราศจากพืชพรรณปกคลุม จะมากกว่าพื้นผิวที่มีสีอ่อน ค่าความ แตกต่างสูงสุดของอุณหภูมิในการทดลองอยู่ที่ประมาณ 11 องศาเซลเซียส สามารถคาดการณ์ความ แตกต่างของอุณหภูมิที่ต่อเนื่องไปสู่การใช้พื้นผิวสีอ่อน

#### 4. Modeling the double skin façade with plants

การปลูกพืชในอาคารสำนักงานนั้นมีข้อดีหลายอย่าง โดยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับความร้อน สุนทรียศาสตร์ สภาวะน่าสบาย หรือการดูดซับเสียง เป็นต้น ได้มีการนำรูปแบบการปลูกไม้เลื้อยมาใช้ในงานวิจัยเรื่อง Modeling the double skin façade with plants (Stec *et al.*, 2004) โครงการวิจัยที่ TU Delft มุ่งเน้นเพื่อกำหนดประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของ ผนังสองชั้นกับพืช โดยพัฒนาแบบจำลองและการตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ อิทธิพลของพืชกับประสิทธิภาพของผนังสองชั้น และสามารถประเมินข้อมูลทางด้านพลังงานที่ใช้เพื่อการสร้างควาามน่าสบายและการใช้พลังงานที่ลดลง



ภาพที่ 36 ระบบการใช้ผนังสองชั้นกับพืช

ที่มา: Stec (2004)

หนึ่งในองค์ประกอบพื้นฐานของผนังสองชั้น เป็นกระจกซึ่งตั้งอยู่ในช่องตรงกลาง เพื่อป้องกันอาคารจากการแผ่รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานที่ใช้ในเครื่องทำความร้อนสำหรับการระบายอากาศภายนอกนั้น แสงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามาจะถูกดูดซึมและถ่ายเทโดยการพาหรือการแผ่รังสีที่พื้นผิวโดยทั่วไป ทำให้อุณหภูมิของกระจกสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อลดภาระการทำความเย็นของอาคารใหม่ แนวคิดสำหรับการสร้างเงาโดยใช้พืชนั้น อยู่ภายใต้เงื่อนไขของความสามารถในการดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ของพืช ซึ่งจะทำความร้อนลดลง กว่าความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความร้อนแผ่ที่ส่งผ่านเข้ามานั้นพบว่าอุณหภูมิที่ใบจะต่ำกว่าที่กระจก

ส่วนสำคัญในการวิจัยคือการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างมู่ลี่(Blind) กับต้นไม้ (Plant) โดยอุณหภูมิที่ต่ำกว่าในระบบการบังเงา(Shading System) นั้นหมายถึงค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในและช่องว่างตรงกลางนั้นต่ำกว่าเช่นกัน อุณหภูมิด้านหลังผนัง (Back wall) นั้นในส่วนของต้นไม้ต่ำกว่ามู่ลี่ประมาณ 20% ส่วนอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของช่องว่างตรงกลางนั้น ในช่องที่มีต้นไม้มีค่าต่ำกว่าช่องว่างในมู่ลี่ 20-35%

สำหรับการคายน้ำของใบไม้นั้นขึ้นอยู่กับแสงที่ตกกระทบบนต้นไม้และปริมาณน้ำที่ต้นไม้ได้รับ โดยผลสรุปได้ว่าการคายน้ำของต้นไม้จะสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณแสงลดลง ในขณะที่อุณหภูมิคงที่นั้น ความเสี่ยงในการที่ความชื้นจะเกาะบนพื้นผิวจะเกิดขึ้นเมื่อความชื้นเริ่มสูงกว่า 70-80%

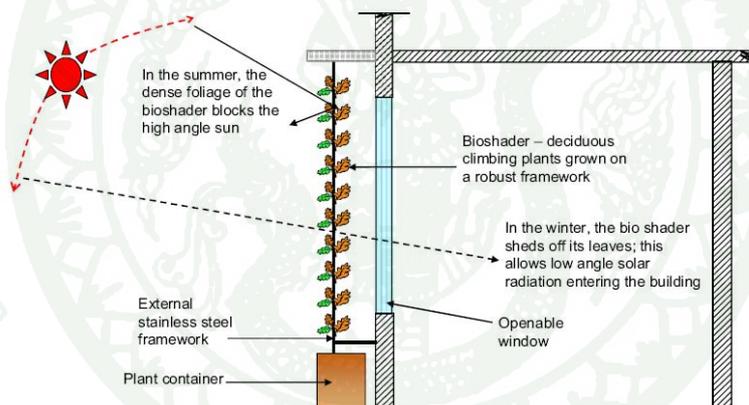
ตารางที่ 1 อุณหภูมิของแต่ละชนิดการทดลอง ในการวัดที่ตำแหน่งต่างๆ

System	Layer ( $\Delta T = T_{\text{layer}} - T_{\text{environment}}$ [K])				
	External glass 	External cavity 	Shading 	Internal cavity 	Internal wall 
No shading	15.0	8.6	7.9	8.0	10.7
Plants	14.2	8.5	6.4	5.5	6.9
Blinds	15.1	10.8	12.7	8.3	8.6

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพความร้อนของ อาคารกับพืชในผนังสองชั้นจากแบบจำลอง พบว่าสามารถสร้างระบบความกลมกลืนและให้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กว่ากระจกเพียงอย่างเดียว ข้อเสียหลักของการใช้พืชร่วมกับผนังสองชั้น คือ การบำรุงรักษาและปัญหาของควบคุมแสง แต่ข้อดีของการใช้พืชคือ ความสำเร็จในอาคารที่ตระหนักกับการใช้พืช นั้นให้ผลที่น่าพอใจ จุดมุ่งหมายของ TU Delft จึงมีเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและความสามารถของพืชที่อยู่ในระบบของผนังสองชั้น ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการสนับสนุน ความคิดในการปลูกพืชในอาคารอย่างความกลมกลืน นอกเหนือจากประโยชน์อื่นๆ อีกมากมายแล้ว งานวิจัยชิ้นนี้ ต้องการที่จะสร้างการเปลี่ยนแปลงวิธีการสร้างอาคารเพื่อให้ คนและพืชอยู่ร่วมกันมากขึ้น

## 5. Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy

ในงานวิจัยเรื่อง “Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy” (Ip *et al.*, 2010) ได้มีการนำไม้เลื้อยมาเพื่อเป็นกลยุทธ์ผสมผสานในการสร้าง facade แบบไดนามิกโดยที่จะให้ร่มเงาซึ่งตอบสนองและเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่เปลี่ยนไป โดยร่มเงาที่เกิดขึ้นสูงสุดนั้นอยู่ในช่วงฤดูร้อนซึ่งต้นไม้เจริญเติบโตได้สูงสุด(สถานที่ทดลอง: ประเทศอังกฤษ) แม้ว่าในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว จะทำให้ร่มเงาลดลง แต่ก็เอื้อประโยชน์ในแง่ที่แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านเข้าสู่ภายใน ช่วยให้ความอบอุ่นได้ งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อค้นหาประสิทธิภาพของการปลูกพืชในแนวตั้งโดยใช้เวอร์จิเนีย ครีปเปอร์ เป็นพืชที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและเหมาะสมกับที่ตั้งมากที่สุด ตลอดจนการศึกษานครบวงจรของฤดูกาล(1ปี) และวงจรของต้นไม้ที่สมบูรณ์ที่ 2 ปี เพื่อระบุค่าที่จำเป็นต่อการหาค่า Bioshading Efficiency(BSC) ของไม้เลื้อยนั่นเอง

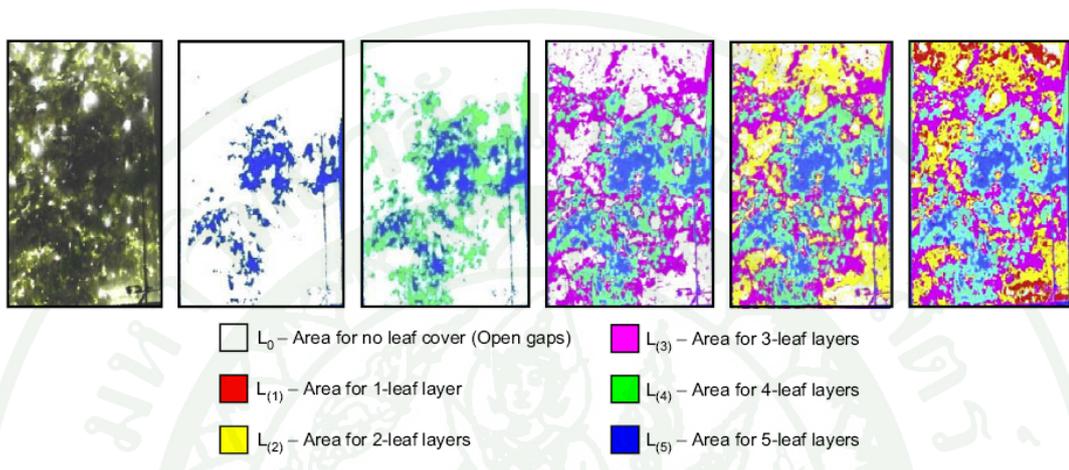


ภาพที่ 37 แสดงลักษณะการทดลอง

ที่มา: Ip *et al.* (2010)

โดยส่วนใหญ่แล้วค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในวัสดุทั่วไปจะมีเพียงค่าเดียว แต่เพราะต้นไม้หรือไม้เลื้อยนั้น มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ค่าที่ใช้จึงต้องเป็นรูปแบบ Dynamic ซึ่งจะสามารถอธิบายประสิทธิภาพของไม้เลื้อยได้อย่างเหมาะสมและครอบคลุม

การวัดพื้นที่ปกคลุมของไม้เลื้อยในงานวิจัยนี้ อยู่บนพื้นฐานของการใช้โทนสีที่ได้จากภาพ (Digital Image) มาแบ่งส่วนในระดับพิกเซล โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop® จากนั้นจึงทำการคำนวณพื้นที่ของแต่ละโทนสี ซึ่งช่วงสีของแต่ละโทนนี้อาจเป็นตัวแปรในการกำหนดพื้นที่ในแต่ละชั้นใบ



ภาพที่ 38 การแปลงภาพ เพื่อกำหนดชั้น ใบของภาพ

ที่มา: Marta *et al.* (2009)

ในการคำนวณของ LAM นั้น ได้ใช้ภาพถ่ายโดยระบุให้สีเขียวของแต่ละชั้นใบต่างกันและทำการแบ่งจำนวนชั้นใบของคั่นเวอร์จันเป็น 5 ชั้นใบและช่องว่าง (พื้นที่ที่ไม่มีใบปกคลุม) แล้วนำมาคำนวณพื้นที่โดยใช้ปริมาณของจุดภาพ (Pixel) ในแต่ละชั้นใบ จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณดังสมการ

$$BSC = \frac{\text{Solar Gain Behind Bioshader at direct normal solar incidence}}{\text{Solar radiation in front of Bioshader at direct normal solar incidence}} \tag{1}$$

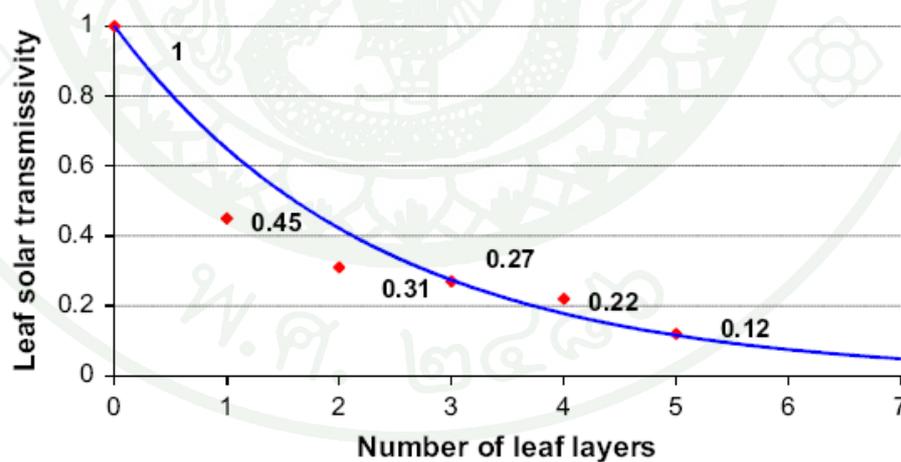
$$BSC_d = \frac{A_0 T_0 + \sum_{k=1}^n A_{k(d)} T_k}{A_f + A_0 + \sum_{k=1}^n A_{k(d)}} \tag{2}$$

$$T_k = I_{trans(k)} / I_0 \tag{3}$$

## Nomenclature

$A_0$	area of open gaps in the canopy [ $m^2$ ]
$T_0$	normal solar transmissivity of open gaps [=1]
$T_1-T_k$	solar transmissivity for 1 to $k$ leaf layers [0-1]
$k$	number of leaf layers
$A_k$	area of canopy with $k$ th leaf layers [ $m^2$ ]
$I_k$	solar radiation behind $k$ th leaf layers [ $W m^{-2}$ ]
$A_f$	area of the climbing frame [ $m^2$ ]
$I_0$	solar radiation normal to the plant canopy at time $t$ [ $W m^{-2}$ ]
$I_{trans(k)}$	solar radiation measured normal behind $k$ leaf layers [ $W m^{-2}$ ]
$d$	day of the year [day 1 is 1 <sup>st</sup> of January]
$BSC_{(d)}$	Bioshading Coefficient on $d$ th day of the year (day 1 is first of January)

สำหรับการวัดค่า Solar transmissivity ในด้านหลังของชั้นใบที่ 1-5 นั้น ได้ทำการวัดตั้งแต่ช่วงฤดูร้อนของช่วงปีที่ 2 ซึ่งผลที่ได้ออกมาคือ 0.45, 0.31, 0.27, 0.22 และ 0.12 ตามลำดับ (ดังภาพที่ 2.35)



ภาพที่ 39 ค่า solar transmissivity ของแต่ละชั้นใบ

ที่มา: Ip *et al.* (2010)

จากงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า การคำนวณหาค่า SC นั้นมีหลักการคือ ในส่วนที่เป็นค่าของตัววัสดุ จะคิดเป็นสัดส่วนระหว่างปริมาณความร้อนภายนอกส่วนด้วยปริมาณความร้อนภายใน ในหน่วยวัดเดียวกัน โดยไม่คำนึงถึงมุมของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาตกกระทบต่อวัสดุชนิดนั้นๆ และมีการนำองค์ประกอบในส่วนของกรอบ (Frame) มาคำนวณร่วมด้วย



## อุปกรณ์และวิธีการ

สำหรับวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) และนำมาประยุกต์ใช้กับการหาค่าในแผงกันแดดไม้เลื้อยซึ่งเปรียบเสมือนเป็นวัสดุประกอบอาคารอีกชนิดหนึ่ง ตลอดจนศึกษาตัวแปรที่ต้องพิจารณาในการทำวิจัย

### สมมติฐานการวิจัย

การวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษากระบวนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เพื่อสร้างเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพของแผงกันแดดไม้เลื้อยซึ่งมีอิทธิพลจากไม้เลื้อยต่างชนิดกัน คุณสมบัติของใบที่ต่างกัน แม้ว่าปริมาณพื้นที่ใบเท่ากันแต่การป้องกันความร้อนแตกต่างกันไปด้วย จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าจริงโดยเครื่องมือที่นำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการเขียนชุดคำสั่ง โดยกำหนดสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้

1. พืชต่างชนิดกัน พื้นที่ใบเท่ากัน จะมีค่า SHGC ที่ต่างกัน
2. ไม้เลื้อยปกคลุมผนังประกอบด้วยการปกคลุมที่มีปริมาณการส่งผ่านความร้อนแตกต่างกันตามจำนวนชั้นใบที่ปกคลุม
3. การแบ่งชั้นใบโดยใช้ค่าสี เพื่อนำไปคำนวณพื้นที่ใบนำไปสู่การคำนวณสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) สามารถให้ค่าที่ใกล้เคียงกับการวัดจริงได้
4. โปรแกรมที่ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับไม้เลื้อยชนิดอื่นๆ

## ระเบียบวิธีวิจัย

ในขั้นตอนของระเบียบวิธีการวิจัย แบ่งขั้นตอนในการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

### 1. ขั้นตอนในการเลือกพืชที่จะนำมาใช้ในการทดลองแผงกันแดดไม้เลื้อย

- เลือกตัวอย่างพืชประเภทไม้เลื้อยที่มีลักษณะการเลื้อยแบบเดียวกัน
- เลือกพืช 3 ชนิดโดยเงื่อนไขของ สีของใบ และ อัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน

### 2. ขั้นตอนในการเตรียมการวิจัยได้แก่

- การเตรียมสถานที่
- การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูล
- การเตรียมพันธุ์ไม้และแผงทดลอง

### 3. ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่

- การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงทดลอง) 3ชนิด เพื่อตอบสนองมติฐานข้อ 1
- การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริง เพื่อนำไปใช้ในการแบ่งจำนวนชั้นใบ
- การทดลองที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงจริง) 1 ชนิด
- การทดลองที่ 4 การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง และการคำนวณพื้นที่ของแต่ละชั้นใบมาสร้างเป็น โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้หลักการประมวลภาพ

## 1. ขั้นตอนในการเลือกพืชที่จะนำมาใช้ในการทดลองแมงกานีสแคดไมล์

### 1.1 เลือกตัวอย่างพืชประเภทไม้เลื้อยที่มีลักษณะการเลื้อยแบบเดียวกัน

ขั้นตอนในการเลือกไม้เลื้อยประเภทต่างๆ นอกจากจะต้องคำนึงถึงลักษณะการเลื้อยแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ได้แก่ สีของใบ และ อัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากต้องเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน

เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้เน้นไปในการเลือกชนิดพืช คือต้องการใช้ชนิดซึ่งมีการเจริญเติบโตในระยะที่ใกล้เคียงกัน เพื่อง่ายต่อการนำมาเปรียบเทียบ จึงได้ศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาในส่วนของการเก็บข้อมูลในด้านการเจริญเติบโตของไม้เลื้อย โดยจากการทดลองพืช 6 ชนิดคือ สร้อยอินทนิล, สร้อยฟ้า, สายน้ำผึ้ง, อมรเบิกฟ้า, พวงทอง และมอร์นิงกลอรี พบว่า ต้นสร้อยอินทนิล, สายน้ำผึ้ง และพวงทอง มีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันที่สุด (สหพรหม, 2551)

### ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของไม้เลื้อยในระยะเวลา 2 เดือน

ชนิด	การเจริญเติบโต	การให้ร่มเงา	ความคงทนของใบ
สร้อยอินทนิล	3	3	3
สร้อยฟ้า	4	2	4
สายน้ำผึ้ง	3	3	4
อมรเบิกฟ้า	2	2	3
พวงทอง	3	2	3
มอร์นิงกลอรี	2	2	2

ที่มา: สหพรหม (2551)



สร้อยอินทนิล    สร้อยฟ้า    สายน้ำผึ้ง    อมรมะลิฟ้า    พวงทอง    มอร์นิงกลอรี

ภาพที่ 40 ลักษณะของต้นไม้ทั้ง 6 ชนิดจากงานวิจัยของ สหพรหม วงศ์ชีวะ

และจากการทดลองในหัวข้อ “ประสิทธิภาพของผนังไม้เลื้อย ในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร” พบว่า สายน้ำผึ้ง พวงทอง ขจร จันทร์กระจ่างฟ้า สร้อยฟ้า และสร้อยอินทนิล มีการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน (วิชัย, 2550)

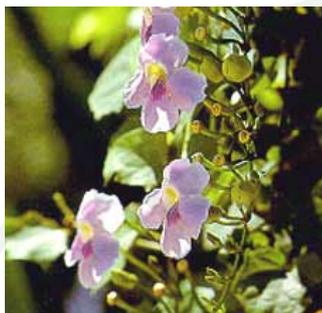
ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของไม้เลื้อยในเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน พ.ศ. 2549

สายพันธุ์	อัตราการเจริญเติบโต	การให้ร่มเงา	ความคงทนของใบ
สายน้ำผึ้ง	3	4	2
พวงทอง	3	3	4
มะลิวัลย์	5	3	3
ขจร	3	3	2
จันทร์กระจ่างฟ้า	3	3	3
ม่านบาหลี่	4	5	4
สร้อยอินทนิล	3	4	4
สร้อยฟ้า	3	4	4
ไก่อฟ้า	2	3	4

ที่มา: วิชัย (2550)

## 1.2 เลือกพืช 3 ชนิดโดยเงื่อนไขของ สีของใบ และ อัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน

จากงานวิจัยทั้ง 2 จึงเลือกไม้เลื้อย 3 ชนิดคือ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง มา  
เพื่อทำการวิจัยนี้



สร้อยอินทนิล



สายน้ำผึ้ง



พวงทอง

ภาพที่ 41 พันธุ์ไม้ที่เลือกใช้ในการทดลอง

ที่มา: [www.maipradabonline.com](http://www.maipradabonline.com)

## 2. ขั้นตอนในการเตรียมการวิจัย

ขั้นตอนในการเตรียมการวิจัยประกอบไปด้วย

- การเตรียมสถานที่
- การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูล
- การเตรียมพันธุ์ไม้และแผงทดลอง

### 2.1 การเตรียมสถานที่

ช่วงที่ 1 : สถานที่ทดลองตั้งอยู่ที่บริษัท โอเดฟาล ไทย จำกัด 2/8 หมู่ที่ 5 ตำบลสาม  
เมือง อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทางผนังด้านทิศตะวันตกของอาคารสำนักงาน  
ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมในเรื่องทิศที่ตั้งและไม่มีอุปสรรคในเรื่องเงาของบริบทโดยรอบมารบกวน

การเก็บข้อมูล โดยปลูกแผงกันแดดไม้เลื้อยด้านหน้าโครงสร้างผนังที่จัดเตรียมไว้ ดังภาพที่ 42 โดยพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการคัดเลือก



ภาพที่ 42 ลักษณะของ โครงสร้างสำหรับแผงกันแดดไม้เลื้อยและพื้นที่บริเวณทำการทดลอง

ช่วงที่ 2 : สถานที่เก็บข้อมูลคือแผงกันแดดไม้เลื้อยบริเวณทางเดินหน้าห้องพักอาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 43 แผงกันแดดไม้เลื้อยต้นสร้อยอินทนิลของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์

## 2.2 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย

2.2.1 เครื่องมือไพราโนมิเตอร์ (Pyranormeter) มีไว้ใช้ในการเก็บค่าปริมาณความร้อนอยู่ที่ 180 องศา โดยเริ่มตั้งแต่ช่วงแสงที่ 300-2,800 นาโนเมตร การเก็บข้อมูลปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ของการวิจัยนี้โดยเชื่อมต่อกับตัวเก็บข้อมูล (HOBO) แล้วจึงทำการถ่ายข้อมูลผ่านเข้าโปรแกรม Boxcarpro ที่ติดตั้งแล้วลงในคอมพิวเตอร์ ประมวลผลข้อมูลซึ่งจะมีหน่วยเป็นโวลต์ จากนั้นจึงนำมาแปลงค่าเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเครื่องมือไพราโนมิเตอร์แต่ละเครื่องนั้นจะมีค่าตัวคูณ (Factor) ที่แตกต่างกันไป

2.2.2 กล้องถ่ายภาพ

2.2.3 เครื่องมือโฮโบ (HOBO) ประกอบไปด้วยช่องสัญญาณในการเก็บข้อมูล 4 ช่องสัญญาณ โดยกำหนดหน่วยในการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Boxcarpro



(ก)

(ข)

ภาพที่ 44 (ก) เครื่องมือไพราโนมิเตอร์ และ (ข) เครื่องมือโฮโบ

## 2.3 การเตรียมพันธุ์ไม้และแปลงทดลอง

### 2.3.1 การเตรียมพันธุ์ไม้

เตรียมพันธุ์ไม้ชนิดละ 4 ต้น โดยนำมาเปลี่ยนกระถางและดินปลูก แล้วจึงพักไว้บริเวณที่ทดลองก่อนประมาณ 1 สัปดาห์เพื่อให้ต้นไม้ปรับสภาพ ก่อนนำขึ้นแปลง 3 ต้น (สำรองไว้ 1 ต้น)



ภาพที่ 45 ต้นสร้อยอินทนิล, สายน้ำผึ้ง และพวงทอง (ตามลำดับ)

### 2.3.2 การเตรียมแปลงทดลอง

การทดลองเป็นการทดลองระบบเปิด ในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อให้ได้ค่าที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับการนำไปใช้งานจริงในอนาคต โดยทำการปลูกไม้เลื้อย 3 ชนิดกับแผงเหล็กที่มีขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 3 เมตร จึงเ็นทุกๆระยะ 20 ซม.



ภาพที่ 46 การติดตั้งแผงไม้เลื้อย

### 3. ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัย

ในขั้นตอนของระเบียบวิธีการวิจัย แบ่งขั้นตอนในการวิจัยออกเป็น 3 ชุดการทดลองหลัก เพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ในการวิจัย และพิสูจน์สมมติฐานในการวิจัยดังนี้

#### การทดลองที่ 1

การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย(แผงทดลอง) 3 ชนิดเพื่อตอบสนองสมมติฐานข้อ 1

- การทดลองที่ 1.1 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- การทดลองที่ 1.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranormeter)
- การทดลองที่ 1.3 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

#### การทดลองที่ 2

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริง เพื่อนำไปใช้ในการแบ่งจำนวนชั้นใบ

- การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)
- การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

### การทดลองที่ 3

การศึกษาระสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย(แผงจริง) 1 ชนิด

- การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)
- การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

### การทดลองที่ 4

การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง และการคำนวณพื้นที่ของแต่ละชั้นโอบมาสร้างเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้หลักการประมวลผลภาพ

**การทดลองที่ 1 การศึกษาระสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงทดลอง) 3ชนิด**

#### การทดลองที่ 1.1 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- เลือกต้นไม้ 1 ชนิด เพื่อเป็นตัวแทนในการทดสอบ
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) เลือกต้นไม้ 1 ชนิด เพื่อเป็นตัวแทนในการทดสอบ โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโต ณ วันที่ทำการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 47 การเจริญเติบโตของต้นพวงทอง, สายน้ำผึ้ง และสร้อยอินทนิล (ตามลำดับซ้ายไปขวา)

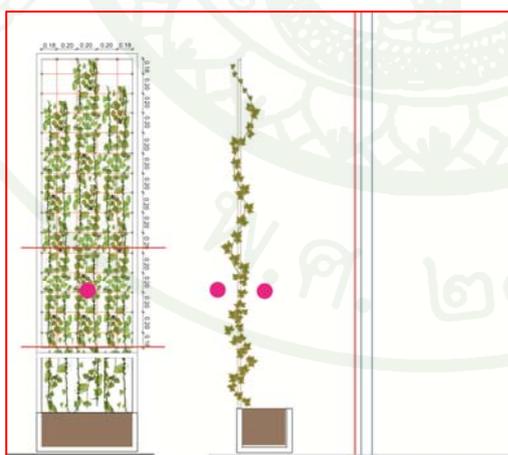
2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล

ตัวแปรตาม - ช่วงการเจริญเติบโตที่ 30%

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 9-17 โดยให้ตำแหน่งเครื่องมือคงที่

3) ขั้นตอนในการทดลอง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 48 (ก) ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือด้านหน้า และด้านข้าง, (ข) ภาพถ่ายขณะวัดจริง

ทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เวลา 9.00-17.00 น. โดยสร้างกรอบ (Frame) ครอบคลุมพื้นที่ 1 ตร.ม. (รูปภาพที่ 3.7) เพื่อป้องกันแสงสะท้อนจากวัตถุโดยรอบทั้งด้านหน้าและด้านหลังแผง โดยไม่มีเงารบกวนเครื่องมือในขณะที่ทำการวัด จากนั้นวัดค่าความร้อนโดยติดตั้งเครื่องมือไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) เชื่อมกับตัวเก็บข้อมูลโฮโบ (HOBO) ไว้ตรงกลางกล่องทั้งด้านหน้าแผงและด้านหลังแผง แล้วจึงนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC กับช่วงเวลาที่ใช้ในการวัด

การทดลองที่ 1.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)

- สังเกตการเจริญเติบโตของแผงกันแดดไม้เลื้อย (มากกว่า 30%) ในขอบเขตพื้นที่ 1 ตร.ม.
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) สังเกตการเจริญเติบโตของแผงกันแดดไม้เลื้อย 3 แผง ให้มากกว่า 30% ในขอบเขตพื้นที่ 1 ตร.ม.

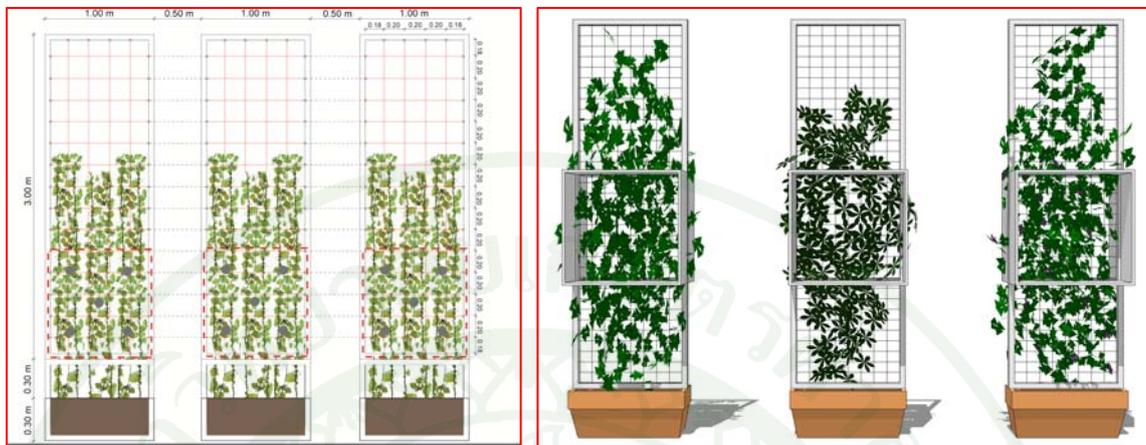


ภาพที่ 49 ปริมาณพื้นที่ใบในขอบเขตพื้นที่ 1 ตร.ม.

2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- |              |   |
|--------------|---|
| ตัวแปรต้น    | - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง พวงทอง |
| ตัวแปรตาม    | - ช่วงการเจริญเติบโตที่ 30% ขึ้นไป                      |
| ตัวแปรควบคุม | - ทำการเก็บข้อมูลในวันเดียวกัน ช่วงเวลา 13-17 น.        |

## 3) ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพที่ 49 ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและการเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 สัปดาห์ โดยสร้างกรอบ (Frame) ครอบคลุมพื้นที่ 1 ตร.ม. เพื่อป้องกันแสงสะท้อนจากวัตถุด้านข้างของแผงโดยไม่มีเงารบกวน เครื่องมือในขณะที่ทำการวัด จากนั้นวัดค่าความร้อนโดยติดตั้งเครื่องมือไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) เชื่อมกับตัวเก็บข้อมูลโฮโบ (HOBO) ไว้ตรงกลางกล่องทั้งด้านหน้าแผงและด้านหลังแผง โดยที่ด้านหน้านั้นวัดตรงกลางเพียง 1 จุด อย่างน้อย 15 นาที ส่วนด้านหลังแผงวัดเฉลี่ย 5 ตำแหน่ง (ดังภาพ) ต่อแผง ตำแหน่งละอย่างน้อย 3 นาที จากนั้นจึงวัดค่าความร้อนที่ผ่านใบ 1, 2, และ 3 ชั้น และ 4-5 ชั้น (ถ้ามี) ชั้นละ 5 ครั้งครั้งละ 3 นาที เพื่อนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบกับชนิดของไม้เลื้อย



(ก)

(ข)

ภาพที่ 50 (ก) ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและการเก็บข้อมูลของ 1 ชั้นใบ และ (ข) 4 ชั้นใบ

### การทดลองที่ 1.3 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

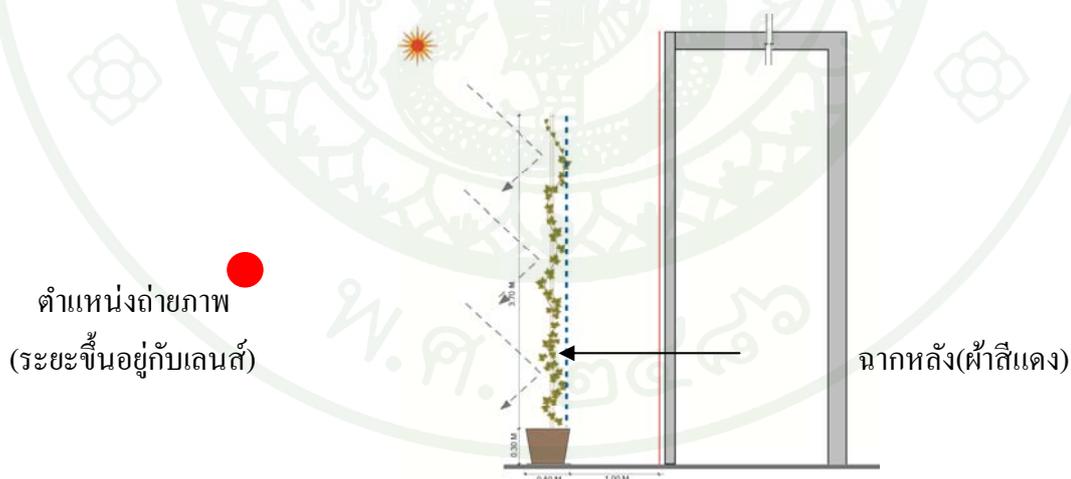
- เก็บข้อมูลในวันเดียวกับการทดลองที่ 1.2 ควบคู่กันทุกครั้ง ตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) เก็บข้อมูลในวันเดียวกับการทดลองที่ 1.2 ควบคู่กันทุกครั้ง ตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์

2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- |              |   |
|--------------|---|
| ตัวแปรต้น    | - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง พวงทอง               |
| ตัวแปรตาม    | - ช่วงการเจริญเติบโตที่ 30% ขึ้นไป                                    |
| ตัวแปรควบคุม | - ทำการเก็บข้อมูลในวันเดียวกัน ช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับการทดลองที่ 1.2 |

3) ขั้นตอนในการทดลอง



ภายในสำนักงาน

ภาพที่ 51 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลภาพถ่าย



ภาพที่ 52 ลักษณะการถ่ายภาพโดยใช้ฉากสีแดง

ทำการเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ควบคู่ไปกับการทดลองที่ 1.3 โดยใช้ฉากหลังสีแดง เพื่อป้องกันวัตถุรบกวนทางด้านหลังแผง นำภาพที่ได้หาปริมาณพื้นที่ใบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับค่า SHGC จากการทดลองที่ 1.2

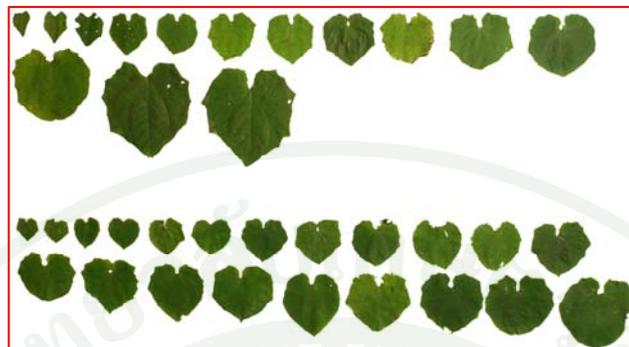
การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริง

- การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)
- การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

- สุ่มเลือกใบไม้จากไม้เลื้อย 1 ชนิดมาอย่างน้อย 15 ใบ
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) สุ่มเลือกใบไม้จากไม้เลื้อย 1 ชนิดมาอย่างน้อย 15 ใบ

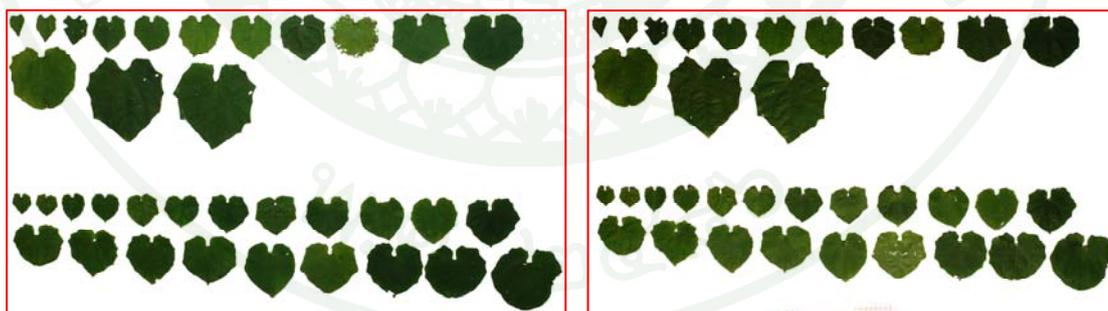


ภาพที่ 53 ใบของต้นสร้อยอินทนิลที่ทำการสุ่ม

2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล
- ตัวแปรตาม - ใบไม้ที่ทำการสุ่มมาแต่ละชนิด ชนิดละอย่างน้อย 30 ใบ
- ตัวแปรควบคุม - แสงประดิษฐ์สีขาว และสีเหลือง

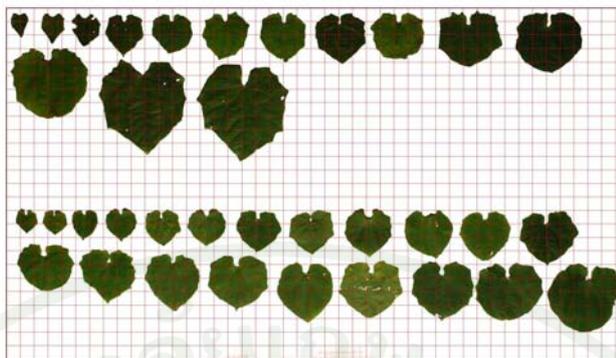
3) ขั้นตอนในการทดลอง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 54 (ก) ภาพถ่ายใบไม้โดยใช้แสงประดิษฐ์สีขาว และ (ข) สีเหลือง



ภาพที่ 55 ภาพถ่ายใบไม้โดยใช้แสงประดิษฐ์สีขาว (ซ้าย) และสีเหลือง (ขวา)

ทำการเก็บข้อมูลโดยสุ่มใบของต้นสร้อยอินทนิลอย่างน้อย 15 ใบ แล้วใช้แสงประดิษฐ์ 2 ชนิดคือ แสงสีขาว และแสงสีเหลือง เพื่อใช้ส่องในการถ่ายภาพ จากนั้นจึงนำภาพที่ได้มาตรวจสอบค่าสีโดยการกำหนดช่องหรือตารางให้เพื่อเปรียบเทียบค่าสีที่จุดเดียวกัน ระหว่าง 2 ภาพ หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับชนิดของแสง

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

- สุ่มเลือกใบไม้จากไม้เลื้อยแต่ละชนิดมาชนิดละอย่างน้อย 15 ใบ
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) สุ่มเลือกใบไม้จากไม้เลื้อยแต่ละชนิดมาชนิดละอย่างน้อย 15 ใบ



ภาพที่ 56 ใบของต้นสร้อยอินทนิล, สายน้ำผึ้ง และพวงทอง (ตามลำดับ) ที่ทำการสุ่ม

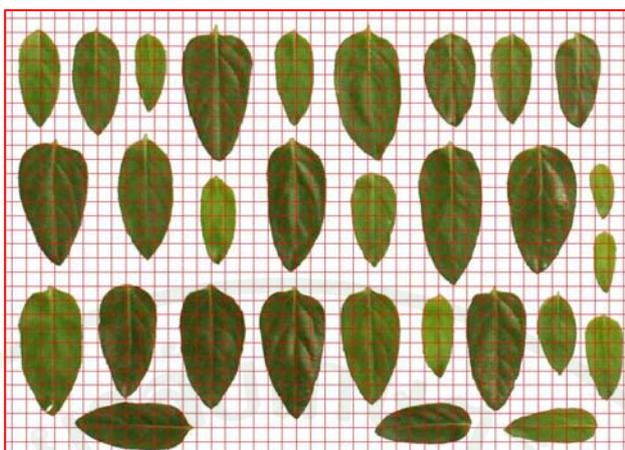
## 2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง พวงทอง
- ตัวแปรตาม - ใบไม้ที่ทำการสุ่มมาแต่ละชนิด ชนิดละอย่างน้อย 15 ใบ
- ตัวแปรควบคุม - แสงประดิษฐ์สีขาว ซึ่งสามารถปรับเพิ่มความสว่างได้

## 3) ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพที่ 57 ตัวอย่างการทดลองโดยการเพิ่มปริมาณแสงตั้งแต่ 500-1000 ลักซ์



ภาพที่ 58 ตัวอย่างการทดลองโดยการตรวจสอบค่าสีของแต่ละความสว่าง

ทำการเก็บข้อมูลโดยสุ่มใบไม้อย่างน้อยชนิดละ 15 ใบ แล้วใช้แสงประดิษฐ์ 1 ชนิดคือ แสงสีขาว เพื่อใช้ส่องในการถ่ายภาพ ปรับค่าปริมาณแสงที่ใช้ถ่ายภาพตั้งแต่ 600, 700, 800, 900 และ 1000 ลักซ์ จากนั้นจึงนำภาพที่ได้มาตรวจสอบค่าสีโดยการกำหนดช่องหรือตารางไว้เพื่อเปรียบเทียบค่าสีที่จุดเดียวกันระหว่าง 5 ภาพ ในแต่ละชนิดของไม้เลื้อย สุดท้ายเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณของแสง

### การทดลองที่ 3

การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย(แผงจริง) 1 ชนิด

- การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)
- การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)

- เลือกไม้เลื้อย 1 ชนิด(จากการศึกษาการทดลองที่ 1)
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) เลือกไม้เลื้อย 1 ชนิด (จากการศึกษาการทดลองที่ 1)

2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้อื่นๆ ได้แก่ ฝ้ายอินทนิลหรือ สายน้ำผึ้งหรือ พวงทอง

ตัวแปรตาม - แผงกันแดดไม้เลื้อยที่ใช้งานจริงกับอาคาร

ตัวแปรควบคุม - ช่วงเวลาที่เห็นชั้นใบชัดเจนที่สุด

3) ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพที่ 59 ลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้ไพรานอมิเตอร์

ทำการเก็บข้อมูลโดยสร้างกรอบ(Frame) กรอบคลุมพื้นที่ 1 ตร.ม. เพื่อป้องกันแสงสะท้อนจากวัตถุด้านข้างของแผง วัดค่าความร้อนโดยติดตั้งเครื่องมือไพรานอมิเตอร์(Pyranometer) เชื่อมกับตัวเก็บข้อมูลโฮโบ(HOBO) ไว้ด้านหน้าแผงและกลางกรอบด้านหลังแผง โดยที่ด้านหน้านั้นวัด 1 จุด อย่างน้อย 15 นาที ส่วนด้านหลังแผงวัดเฉลี่ย 5 ตำแหน่ง (ดูการทดลองที่ 1.2) ตำแหน่งละอย่างน้อย 3 นาที จากนั้นจึงวัดค่าการส่งผ่านความร้อนที่ผ่านใบ 1, 2, และ 3 ชั้น และ 4-5 ชั้น(ถ้ามี) ชั้นละ 5 ครั้งครั้งละ 3 นาที เพื่อนำข้อมูลค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบไปใช้ในชุดคำสั่งของการประมวลผลภาพ

### การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

- เลือกไม้เลื้อย 1 ชนิด(ชนิดเดียวกับการทดลองที่ 3.1)
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

1) เลือกไม้เลื้อย 1 ชนิด (จากการศึกษาการทดลองที่ 1)

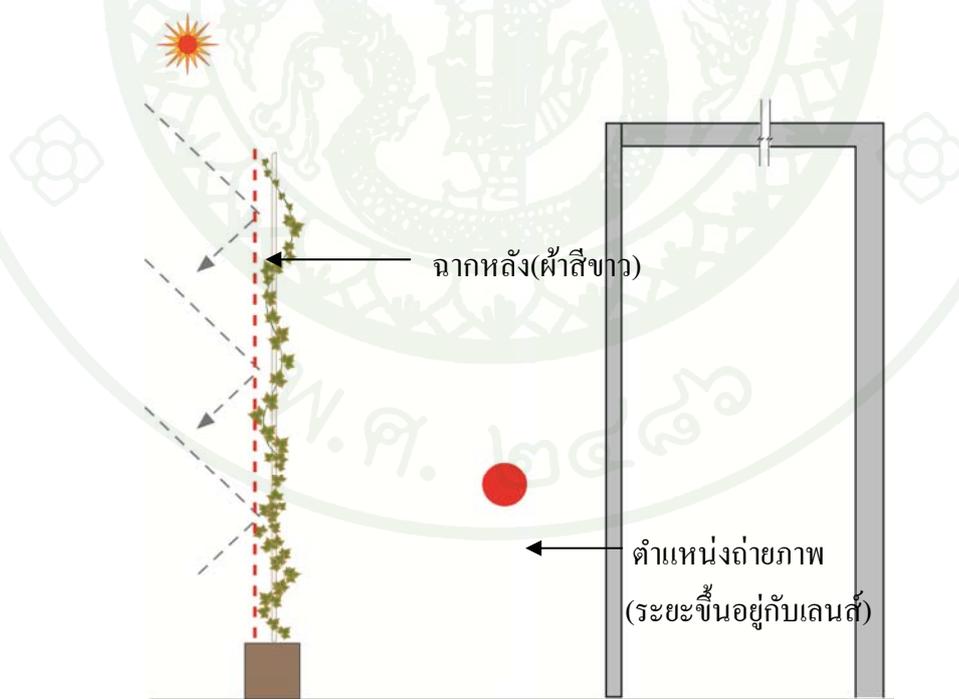
2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้น ไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิลหรือ สายน้ำผึ้งหรือ พวงทอง

ตัวแปรตาม - แผลงกันแดดไม้เลื้อยที่ใช้งานจริงกับอาคาร

ตัวแปรควบคุม - ระยะด้านหลังแผงที่เพียงพอ และใช้ฉากสีขาวในการถ่ายภาพ

3) ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพที่ 60 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลภาพถ่ายเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ



ภาพที่ 61 ภาพถ่ายต้นฉบับ, ภาพที่ตัดพื้นที่ไม่ใช่ใบออก และภาพที่ใช้ส้อมหาค่าสี ตามลำดับ

ติดตั้งฉากหลังเพื่อตัดวัตถุรบกวนด้านหลังออก และจำกัดการถ่ายภาพในสภาพย้อนแสงในช่วงเวลา 13.00-17.00 น. ในวันที่มีแสงแดดจัด แล้วจึงนำภาพถ่ายที่ได้มาทำการตัดพื้นที่ส่วนที่เป็นโครง (Frame) และก้านใบออก ตลอดจนพื้นที่ส่วนที่ไม่มีใบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สุดท้ายใช้ส้อมหาค่าสีของแต่ละชั้นใบ เพื่อสรุปช่วงสีที่ได้นำไปกำหนดค่าในชุดคำสั่งของการประมวลผลภาพ

#### การทดลองที่ 4

การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง มาสร้างเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงไม้เลื้อย โดยใช้หลักการประมวลผลภาพ

- เลือกไม้เลื้อย 1 ชนิด (จากการศึกษาการทดลองที่ 1)
- กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนในการทดลอง

- 1) เลือกไม้เลื้อย 1 ชนิด (จากการศึกษาการทดลองที่ 1)
- 2) กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล  
 ตัวแปรตาม - ค่า SHGC ของชั้นใบ และค่าสี  
 ตัวแปรควบคุม - สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$SHGC = \frac{A_0 T_0 + A_f T_f + \sum_{k=1}^n A_k T_k}{m \cdot n}$$

- $A_0$  = พื้นที่ช่องว่าง (ไม่มีใบปกคลุม)  
 $A_f$  = พื้นที่กรอบ โครง (Frame)  
 $A_k$  = พื้นที่ชั้นใบที่  $k$  ( $k$  = จำนวนชั้น)  
 $T_0$  = ค่า SHGC ของช่องว่างมีค่าเท่ากับ 1  
 $T_f$  = ค่า SHGC ของเฟรมและก้านใบ (ขึ้นอยู่กับชนิดของเฟรมและก้านใบ)  
 $T_k$  = ค่า SHGC ของชั้นใบที่  $k$  (วัดโดยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์)  
 $m$  = ความกว้างของภาพ  
 $n$  = ความสูงของภาพ

### 3) ขั้นตอนในการทดลอง

- นำค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบที่ได้จากการทดลองที่ 3.1 มาใช้สร้างชุดคำสั่ง
- นำภาพและค่าสีที่ได้จากการทดลองที่ 3.2 มาใช้ชุดคำสั่ง
- สร้างโปรแกรมประมวลผลภาพ
- เปรียบเทียบค่า SHGC จากการทดลองที่ 3.1 และค่าที่ได้จากโปรแกรม

## ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของแผงกันแดดไม้เลื้อยจากการปกคลุมและจำนวนชั้นใบของไม้เลื้อยอันส่งผลต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing)
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) จากการประมวลผลภาพกับค่าที่วัดจริงจากเครื่องมือ
3. เพื่อสร้างชุดคำสั่งในการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ลดลงเนื่องจากการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้ค่า SHGC

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าว สามารถจำแนกออกมาเป็นชุดการทดลอง เพื่อตอบปัญหาในการวิจัย ได้ดังนี้

### การทดลองที่ 1

การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงทดลอง) 3 ชนิด เพื่อตอบสนองมาตรฐานข้อ 1

- การทดลองที่ 1.1 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- การทดลองที่ 1.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)
- การทดลองที่ 1.3 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

### การทดลองที่ 2

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริง เพื่อนำไปใช้ในการแบ่งจำนวนชั้นใบ

- การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)
- การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

### การทดลองที่ 3

การศึกษาระสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงจริง) 1 ชนิด

- การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)
- การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

### การทดลองที่ 4

การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง และการคำนวณพื้นที่ของแต่ละชั้น ใบบนมาสร้างเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้หลักการประมวลผลภาพ

**การทดลองที่ 1 การศึกษาระสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย (แผงทดลอง) 3ชนิด เพื่อตอบสนองมาตรฐานข้อ 1**

จากการศึกษาเบื้องต้น ได้คัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการเก็บข้อมูลค่า SHGC ซึ่งจะส่งผลให้ค่าที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ได้แก่ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

- การทดลองที่ 1.1 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- การทดลองที่ 1.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer)
- การทดลองที่ 1.3 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC กับ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

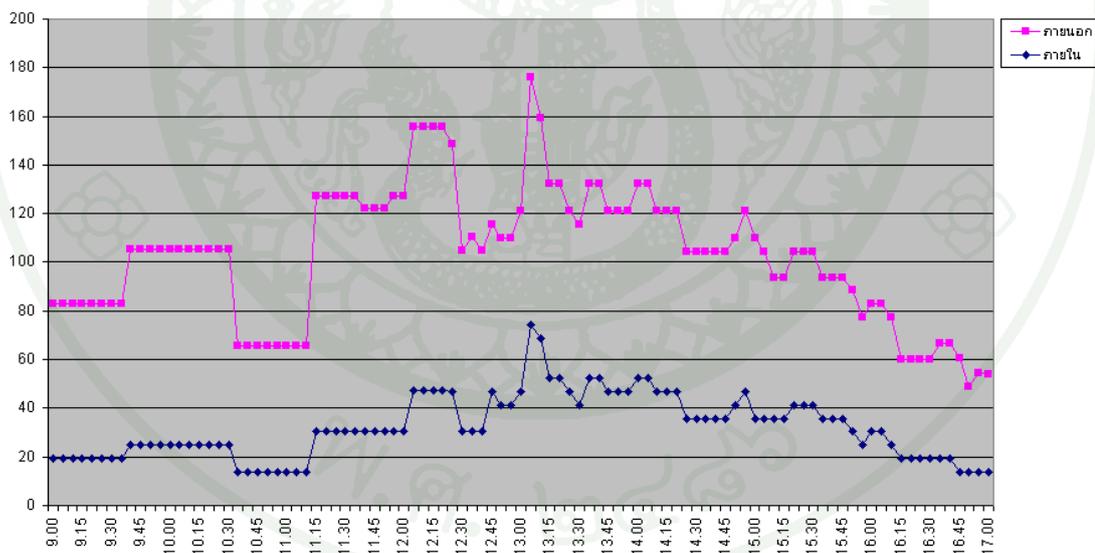
ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล

ตัวแปรตาม - ช่วงการเจริญเติบโตที่ 30%

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 9-17 โดยให้ตำแหน่งเครื่องมือคงที่

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- เปรียบเทียบผลต่างระหว่างภายนอก – ภายใน ของแผงสร้อยอินทนิล ตั้งแต่เวลา 9-17 น.



ภาพที่ 62 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552

แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้อ่อน (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้อ่อน (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552 เวลา 9.00-17.00 น. มีค่าผลต่างสูงสุด 66.43 วัตต์/ตร.ม. เวลา 11.15 น. และค่าผลต่างต่ำสุดที่ 21.96 วัตต์/ตร.ม. เวลา 12.45 น. และมีค่าเฉลี่ยของผลต่างอยู่ที่ 38.82 วัตต์/ตร.ม.

### สรุปผลการทดลองที่ 1.1

จากการทดลองจะเห็นว่าค่าผลต่างในช่วงเช้าและช่วงบ่ายนั้นมีความคงที่อย่างสม่ำเสมอ ส่วนค่าผลต่างในช่วง 12.00-13.00 น. นั้นไม่คงที่ จึงสามารถสรุปได้ว่า สามารถวัดค่าในช่วงเช้า 9.00-12.00 น. หรือช่วงบ่าย 13.00-17.00 น. ก็ได้ สำหรับการทดลองในลำดับต่อไปจึงเลือกช่วงบ่ายเพื่อใช้ในการวัดค่า SHGC เพราะเป็นช่วงที่มุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์กับแผงไม้เลื้อยใกล้เคียงกับมุมฉากมากกว่าในช่วงเช้า

### การทดลองที่ 1.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranormeter)

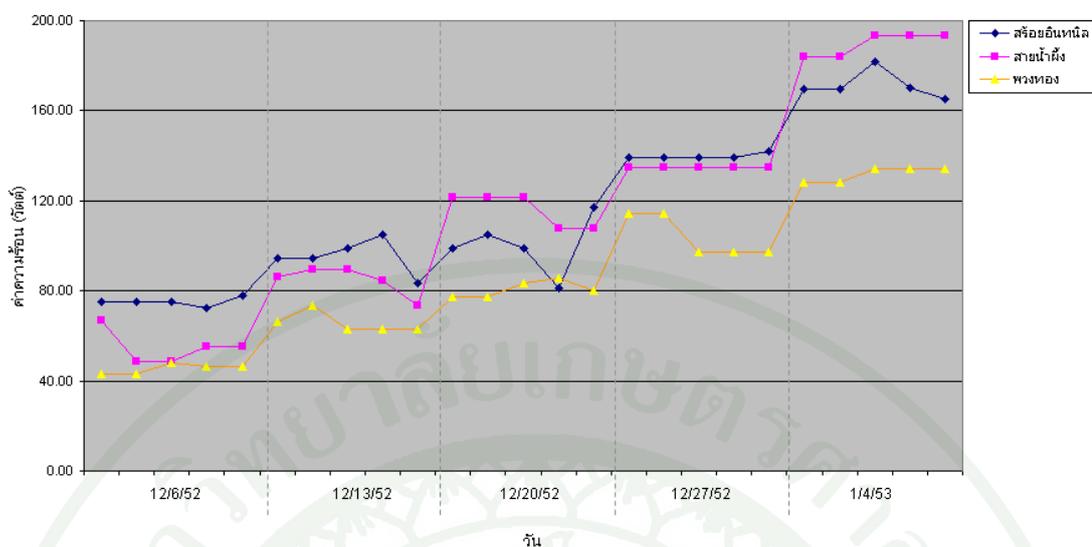
วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อศึกษาค่า SHGC กับช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ

#### ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- |              |   |
|--------------|---|
| ตัวแปรต้น    | - ประเภทของต้นไม้อ่อน ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง พวงทอง |
| ตัวแปรตาม    | - ช่วงการเจริญเติบโตที่ 30% ขึ้นไป                          |
| ตัวแปรควบคุม | - ทำการเก็บข้อมูลในวันเดียวกัน ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน         |

#### วิเคราะห์ผลการทดลอง

- เปรียบเทียบค่า SHGC ของแผงสร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง กับปริมาณพื้นที่ใบ
- ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ



ภาพที่ 63 การเปรียบเทียบผลต่างภายใน ภายนอกระหว่างสร้อยอินเทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง

การทดลองนี้เป็นการวัดค่า SHGC 5 สัปดาห์ต่อเนื่อง โดยวัดครั้งละ 5 ตำแหน่ง จากภาพที่ 63 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของแผงไม้เลื้อยนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วต้นสร้อยอินเทนิลจะมีค่าผลต่างของปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในมากกว่าอีกสองชนิด โดยสรุปค่าผลต่างระหว่างภายนอก-ภายใน และค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิด

ชนิดต้นไม้	ชั้นใบที่ 1			ชั้นใบที่ 2			ชั้นใบที่ 3			ชั้นใบที่ 4/กลุ่มใบ		
	ภายนอก	ภายใน	SHGC	ภายนอก	ภายใน	SHGC	ภายนอก	ภายใน	SHGC	ภายนอก	ภายใน	SHGC
สร้อยอินเทนิล	0.15	0.25	0.60	0.12	0.26	0.45	0.10	0.28	0.36	0.05	0.27	0.20
สายน้ำผึ้ง	0.20	0.28	0.73	0.17	0.27	0.63	0.10	0.28	0.37	0.08	0.31	0.27
พวงทอง	0.23	0.29	0.79	0.13	0.25	0.51	0.09	0.22	0.41			

\*ค่าภายนอกและค่าภายใน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

### สรุปผลการทดลองที่ 1.2

จากการทดลองสรุปได้ว่าค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิดนั้นมีความแตกต่างกัน โดยต้นสร้อยอินทนิลนั้นเป็นชนิดที่ให้ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบดีที่สุด และในขณะเดียวกันก็มีชั้นใบที่ชัดเจนที่สุดด้วย เนื่องด้วยใบที่มีขนาดใหญ่ มีการเจริญเติบโตและการซ้อนทับกันในระนาบที่ชัดเจนกว่าอีก 2 ชนิด ทำให้ในการทดลองนั้นการวัดค่าของชั้นใบทำได้ถูกต้องและได้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุด

### การทดลองที่ 1.3 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อนำไปวิเคราะห์พื้นที่ใบและเปรียบเทียบค่า SHGC กับช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ ของไม้เลื้อยแต่ละชนิด

#### ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง พวงทอง

ตัวแปรตาม - ช่วงการเจริญเติบโตที่ 30% ขึ้นไป

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในวันเดียวกัน ช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับการทดลองที่ 1.2

#### วิเคราะห์ผลการทดลอง

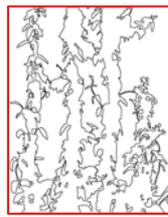
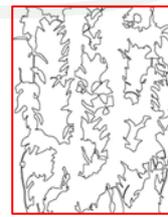
- เปรียบเทียบค่า SHGC ของแผงสร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง และพวงทอง ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 กับพื้นที่ใบที่ได้จากภาพถ่าย

### สรุปผลการทดลองที่ 1.3

จากการทดลองสรุปได้ว่าค่า SHGC กับปริมาณพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์กัน โดยปริมาณพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า SHGC ลดลง โดยได้ทำการคำนวณปริมาณพื้นที่ใบจากภาพถ่ายของสร้อยอินทนิลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กำหนดขอบใบ (ตารางที่ 4.2) และคำนวณหาปริมาณการปกคลุมของทั้งภาพ โดยลักษณะการใช้โปรแกรมมีส่วนให้เกิดข้อผิดพลาดของการคำนวณ

พื้นที่ใบจากผู้ไร่ ซึ่งส่งผลต่อค่า SHGC ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเสนอวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าพบว่ามีความเที่ยงตรงในการคำนวณมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณค่าสี

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่า SHGC และพื้นที่ใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิด

วันที่	12/6/52	12/13/52	12/20/52	12/27/52	1/4/53
สร้อยอินทนิล					
SHGC	0.42	0.31	0.24	0.22	0.20
พื้นที่ใบ	53.2	60.08	62.72	71.67	83.67
					
สาขาน้ำผึ้ง					
SHGC	0.53	0.36	0.24	0.21	0.18
พื้นที่ใบ	38.73	50.62	56.75	74.43	80.7
					
พวงทอง					
SHGC	0.70	0.47	0.35	0.29	0.25
พื้นที่ใบ	34.39	42.51	43.92	50.37	58.87
					

## การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณแสงที่ส่งผลต่อค่าสีที่แท้จริง

จากการศึกษาเบื้องต้น ได้คัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการเก็บข้อมูลค่า SHGC ซึ่งจะส่งผลให้ค่าสีที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ได้แก่ ปริมาณแสงที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับค่าสี โดยแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

- การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)
- การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

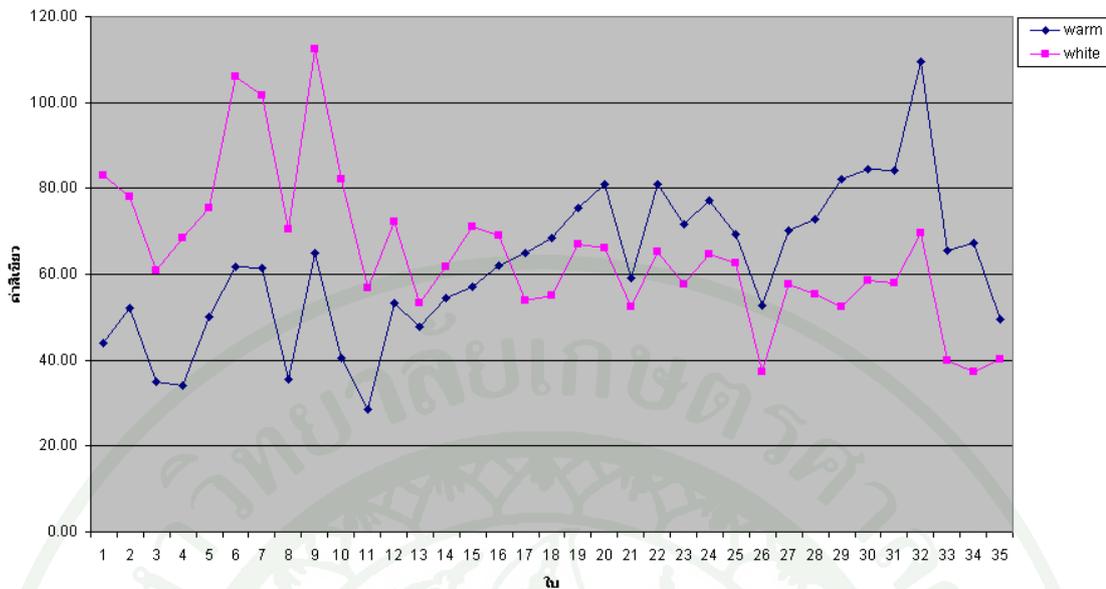
วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อนำไปวิเคราะห์ระบบสีที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมในการประมวลผลภาพเพื่อคำนวณหาค่า SHGC กับช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล
- ตัวแปรตาม - ใบไม้ที่ทำการสุ่มมาแต่ละชนิด ชนิดละอย่างน้อย 30 ใบ
- ตัวแปรควบคุม - แสงประดิษฐ์สีขาว และสีเหลือง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- เปรียบเทียบค่าสีที่ได้ ในระบบ RGB



ภาพที่ 64 แสดงการเปรียบเทียบค่าสี กับสีของแสง

สรุปผลการทดลองที่ 2.1

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าสีของแสงโดยใช้ใบของต้นสร้อยอินทนิลเป็นตัวแทน จะเห็นว่าค่าสีเขียวของแสงสีเหลืองและแสงสีขวานั้นแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะนำไปเป็นเงื่อนไขในการถ่ายภาพของการทดลองต่อไป เนื่องด้วยแสงอาทิตย์นั้นเป็นแสงสีขาว แสงประดิษฐ์ที่นำมาใช้ในการทดลองที่ 2.2 จึงเป็นแสงสีขาวเช่นกัน

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)

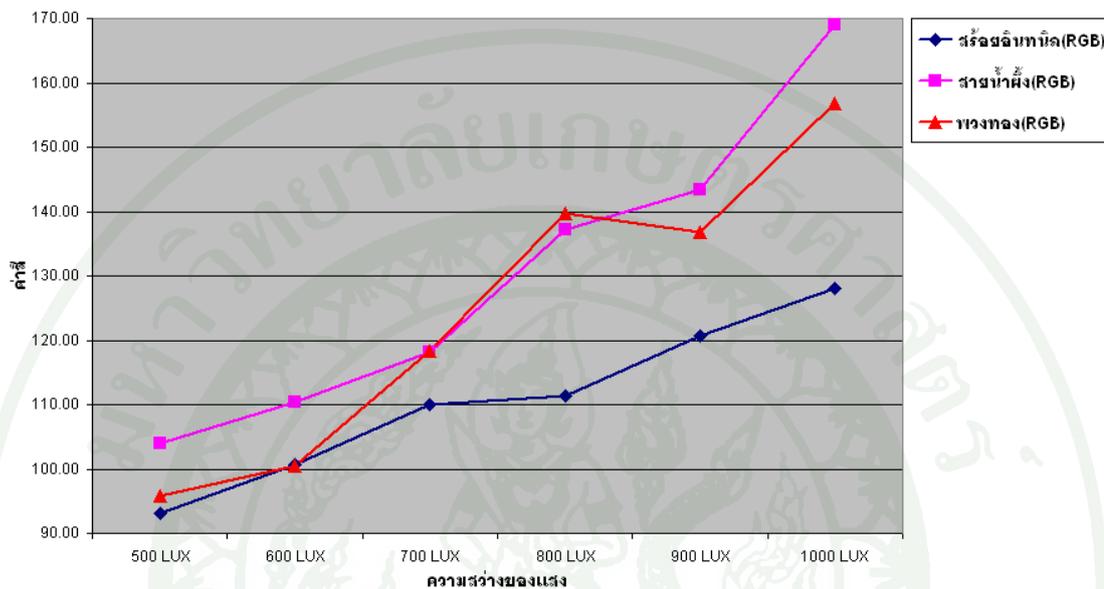
วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อนำไปวิเคราะห์ระบบสีที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมในการประมวลผลภาพเพื่อคำนวณหาค่า SHGC กับช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

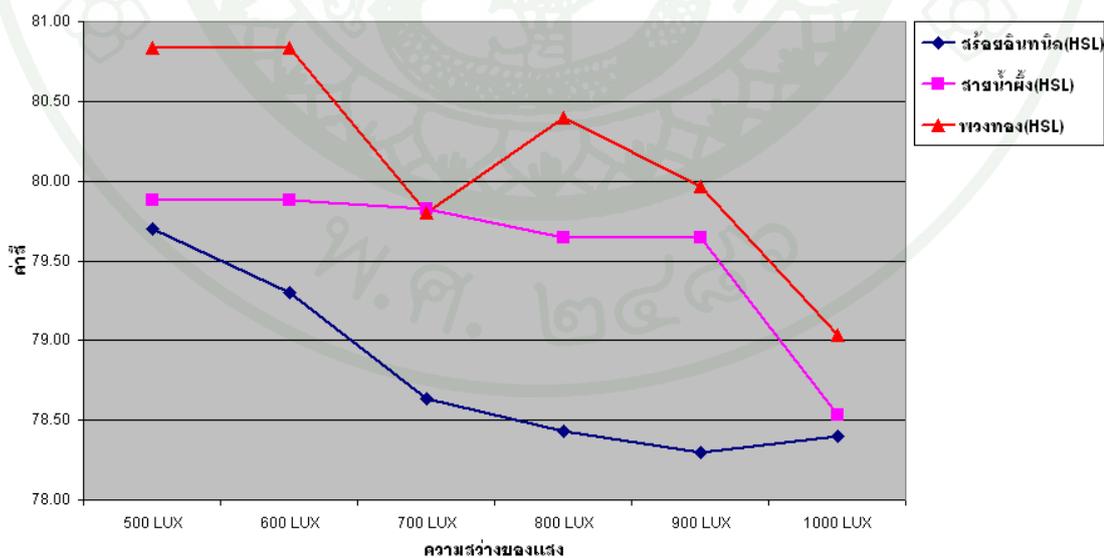
- ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง พวงทอง
- ตัวแปรตาม - ใบไม้ที่ทำการสุ่มมาแต่ละชนิด ชนิดละอย่างน้อย 15 ใบ
- ตัวแปรควบคุม - แสงประดิษฐ์สีขาว ซึ่งสามารถปรับเพิ่มความสว่างได้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- เปรียบเทียบค่าสีที่ได้ ในระบบ RGB และ HSL



ภาพที่ 65 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB



ภาพที่ 66 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL

## สรุปผลการทดลองที่ 2.2

จากกราฟเปรียบเทียบค่าสีของต้นไม้ทั้ง 3 ชนิดนั้น จะเห็นว่าค่าสีเขียวในระบบ RGB นั้น มีค่าตั้งแต่ 90-170 ซึ่งแปรผันตามความสว่างที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ในการนำไปใช้เขียนโปรแกรม นั้นเป็นไปได้ยาก ในขณะที่ค่าสีในระบบ HSL มีค่าตั้งแต่ 78-81 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่าสีที่ได้เป็น ค่าสีที่แท้จริงโดยไม่แปรผันตามสภาพแสง เนื่องจากมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ด้วยข้อจำกัดในการ ถ่ายภาพจากแผงไม้เลื้อย ตามสภาพแวดล้อมธรรมชาตินั้น ไม่สามารถควบคุมปริมาณแสงได้ ดังนั้น ค่าสีที่ควรใช้จึงควรเป็นค่าสีที่แท้จริงของใบไม้ โดยไม่แปรผันตามปริมาณค่าแสงที่เปลี่ยนแปลง

## การทดลองที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดยการใช้แผง ไม้เลื้อย (แผงจริง) 1 ชนิด

- การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranormeter)
- การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

การทดลองที่ 3.1 การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranormeter)

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล
- ตัวแปรตาม - แผงไม้เลื้อยที่ใช้งานจริงกับอาคาร
- ตัวแปรควบคุม - ช่วงเวลาที่เห็นชั้นใบชัดเจนที่สุด

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- นำค่า SHGC ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรมประมวลผลภาพ

ตารางที่ 6 ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ

ชนิด ต้นไม้	ชั้นใบที่ 1			ชั้นใบที่ 2			ชั้นใบที่ 3			ชั้นใบที่ 4/กลุ่มใบ		
	ภายนอก	ภายใน	SHGC	ภายนอก	ภายใน	SHGC	ภายนอก	ภายใน	SHGC	ภายนอก	ภายใน	SHGC
สร้อย อินทนิล	114.2	537.73	0.21	88.53	508.52	0.17	74.37	512.65	0.15	52.7	506.75	0.1

\*ค่าภายนอกและค่าภายใน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

สรุปผลการทดลองที่ 3.1

ค่าที่วัดได้คือ SHGC = 0.23 ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรมประมวลผลภาพ ในการทดลองที่ 4 และได้ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบดังตารางที่ 4.3

การทดลองที่ 3.2 การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล

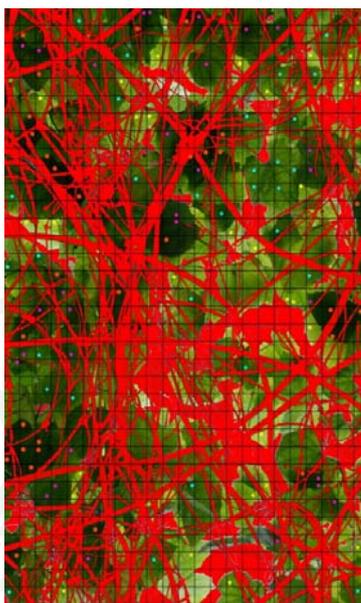
ตัวแปรตาม - แสงไม้เลื้อยที่ใช้งานจริงกับอาคาร

ตัวแปรควบคุม - ระยะด้านหลังแผงที่เพียงพอ และใช้ฉากสีขาวในการถ่ายภาพ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- นำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์หาช่วงสีของแต่ละชั้นใบ เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมประมวลผลภาพ

- นำภาพที่ได้ไปใช้ในโปรแกรมประมวลผลภาพ เพื่อหาค่า SHGC



ภาพที่ 67 กระบวนการสุ่มค่าสีจากภาพแพ่งกันแดดไม่เลื้อย

ตารางที่ 7 ช่วงสีของแต่ละชั้นใบ

	1ชั้นใบ	2ชั้นใบ	3ชั้นใบ	4ชั้นใบ
mean	75.77	87.47	96.43	106.57
SD	4.10	5.18	5.11	11.30
ช่วงสี (H)	71.67-81.08	81.09-91.99	92-98.4	98.41-117.87
ช่วงสี (0-1)	0.1991-0.2252	0.2253-0.2555	0.2556-0.2733	0.2734-0.3274

สรุปผลการทดลองที่ 3.2

จากผลการทดลองสุ่มค่าสี ชั้นใบละ 30 จุด เป็นจำนวน 4 ชั้นใบนั้น โดยใช้วิธีการกำหนดช่วงค่าสีในแต่ละชั้น โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยปัญหาที่พบคือ จะเห็นว่าค่าสีบางช่วงขาดหายไป และบางช่วงมีการซ้อนทับกัน สำหรับงานวิจัยนี้ได้แก้ปัญหาจุดนี้โดยวิธีการเฉลี่ย ดังตารางที่ 7

การทดลองที่ 4 การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง มาสร้างเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงไม้เลื้อย โดยใช้หลักการประมวลภาพ

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ สร้อยอินทนิล

ตัวแปรตาม - ค่า SHGC ของชั้นใบ และค่าสี

ตัวแปรควบคุม - สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$SHGC = \frac{A_0 T_0 + A_f T_f + \sum_{k=1}^n A_k T_k}{m \cdot n} \quad (1)$$

โดยที่

$A_0$  = พื้นที่ช่องว่าง (ไม่มีใบปกคลุม)

$A_f$  = พื้นที่กรอบ โครง (Frame)

$A_k$  = พื้นที่ชั้นใบที่ k (k = จำนวนชั้น)

$T_0$  = ค่า SHGC ของช่องว่างมีค่าเท่ากับ 1

$T_f$  = ค่า SHGC ของเฟรมและก้านใบ (ขึ้นอยู่กับชนิดของเฟรมและก้านใบ)

$T_k$  = ค่า SHGC ของชั้นใบที่ k (วัดโดยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์)

m = ความกว้างของภาพ

n = ความสูงของภาพ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- เปรียบเทียบค่า SHGC ที่ได้ กับค่า SHGC ของการทดลองที่ 3.1

สรุปผลการทดลองที่ 4

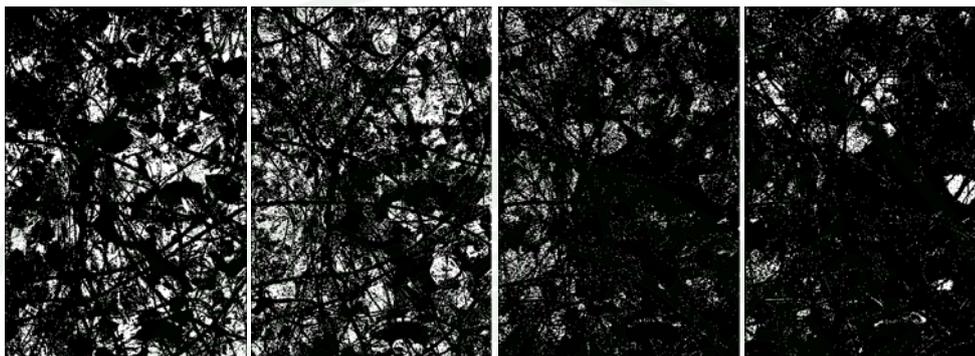
หลังจากที่ได้ข้อมูลต่างๆ ครบแล้ว จึงทำการเขียนขั้นตอนหลักเพื่อสร้างโปรแกรม ดังนี้

- 1) นำภาพเข้าในรูปแบบไฟล์ JPEG ระบบสี RGB
- 2) แปลงระบบสีจาก RGB เป็น HSL

3) กำหนดตัวแปรคือ ช่วงค่าสีที่ไม่ใช่ใบไม้ และช่วงสีใบไม้ในแต่ละชั้นใบ เพื่อคำนวณหาพื้นที่ใบ

4) กำหนดค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ

5) ใส่สมการเพื่อหาค่า SHGC



ภาพที่ 68 ภาพการคำนวณพื้นที่ใบของ 1, 2, 3 และ 4 ชั้นใบ (ตามลำดับ) ของโปรแกรมประมวลผลภาพ

สรุปข้อมูลที่ได้จากชุดคำสั่งการประมวลผลภาพ คือ

- |                         |            |               |
|-------------------------|------------|---------------|
| 1) ขนาดภาพ 2988 x 2000  | = 5976000  |               |
| 2) พื้นที่ใบ (1 ชั้นใบ) | = 21.447%, | $T_1 = 0.21$  |
| 3) พื้นที่ใบ (2 ชั้นใบ) | = 19.767%, | $T_2 = 0.17$  |
| 4) พื้นที่ใบ (3 ชั้นใบ) | = 7.631%,  | $T_3 = 0.15$  |
| 5) พื้นที่ใบ (4 ชั้นใบ) | = 7.642%,  | $T_4 = 0.1$   |
| 6) พื้นที่ช่องว่าง      | = 10.847%, | $T_0 = 1.00$  |
| 7) พื้นที่เฟรมและก้านใบ | = 32.66%,  | $T_f = 0.058$ |
| 8) ค่า SHGC             | = 0.21     |               |

การสรุปข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากชุดคำสั่ง อธิบายได้ว่า แผงกันแดดไม้เลื้อยของต้นสร้อยอินทนิลมีปริมาณพื้นที่ใบปกคลุม 56.487% พื้นที่เฟรมและก้านใบ 32.66% รวมเป็นพื้นที่ป้องกันการส่งผ่านความร้อนเป็น 89.153% ได้ค่า SHGC = 0.21 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัดจริงคือ SHGC = 0.23 จากการทดลองที่ 3.1

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยใช้การประมวลผลภาพ จึงแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของแผงกันแดดไม้เลื้อยจากการปกคลุมและจำนวนชั้นใบของไม้เลื้อยอันส่งผลต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing)

- การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer) จากแผงทดลอง
- การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่ายจากแผงทดลอง
- การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)
- การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB, HSL)

2. การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) จากการประมวลผลภาพกับค่าที่วัดจริงจากเครื่องมือ

- การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer) จากแผงจริง
- การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย จากแผงจริง

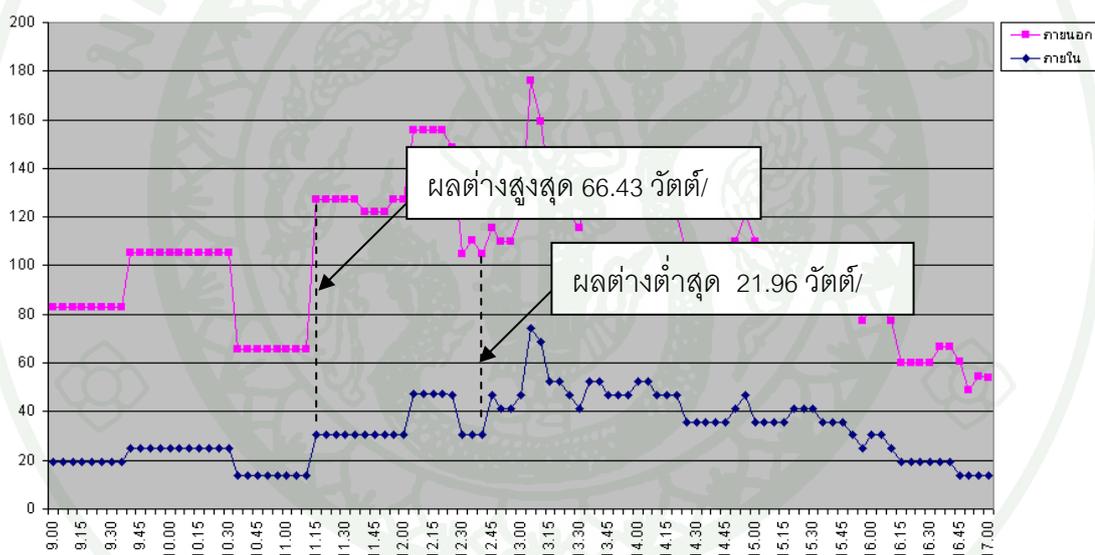
3. การสร้าง โปรแกรมการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ลดลงเนื่องจากการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงกันแดดให้กับอาคาร โดยใช้ค่า SHGC

- การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง และค่าสีมาสร้างเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงไม้เลื้อย โดยใช้หลักการประมวลผลภาพ

## สรุปผลการวิจัย

### การศึกษาช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ในการทดลองนี้ทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เวลา 9.00-17.00 น. แล้วจึงนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC กับช่วงเวลาที่ใช้ในการวัด จากการทดลองจะเห็นว่าค่าผลต่างในช่วงเช้าและช่วงบ่ายนั้นมีความคงที่อย่างสม่ำเสมอ ส่วนค่าผลต่างในช่วง 12.00-13.00 น. นั้นไม่คงที่ จึงสามารถสรุปได้ว่า สามารถวัดค่าในช่วงเช้า 9.00-12.00 น. หรือช่วงบ่าย 13.00-17.00 น. ก็ได้ ดังนั้นสำหรับในการวิจัยนี้เลือกช่วงบ่ายเพื่อใช้ในการวัดค่า SHGC เพราะเป็นช่วงที่มุกตกกระทบของรังสีอาทิตย์กับแผงไม้เลื้อยใกล้เคียงกับมุกจากมากกว่าในช่วงเช้า



ภาพที่ 69 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552

แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก) และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) โดยมีค่าผลต่างระหว่างค่า SHGC (ภายนอก-ภายใน) สูงสุดที่ 66.43 วัตต์/ตร.ม. เวลา 11.15 น. และค่าต่ำสุดที่ 21.96 วัตต์/ตร.ม. เวลา 12.45 น. และมีค่าเฉลี่ยของผลต่างอยู่ที่ 38.82 วัตต์/ตร.ม.

### การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranormeter) จากแผงทดลอง

การเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ทำการวัดค่าความร้อนที่ผ่านใบ 1, 2, และ 3 ชั้น และ 4-5 ชั้น (ถ้ามี) เฉลี่ย 5 ครั้ง สรุปได้ว่าค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิดนั้น มีความแตกต่างกัน โดยต้นสร้อยอินทนิลนั้นเป็นชนิดที่ให้ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบดีที่สุด และในขณะเดียวกันก็มีชั้นใบที่ชัดเจนที่สุดด้วย เนื่องจากด้วยใบที่มีขนาดใหญ่ มีการเจริญเติบโตและการซ้อนทับกันในระนาบที่ชัดเจนกว่าอีก 2 ชนิด ทำให้ในการทดลองนั้นการวัดค่าของชั้นใบทำได้ ถูกต้องและได้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุด

### ตารางที่ 8 ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด

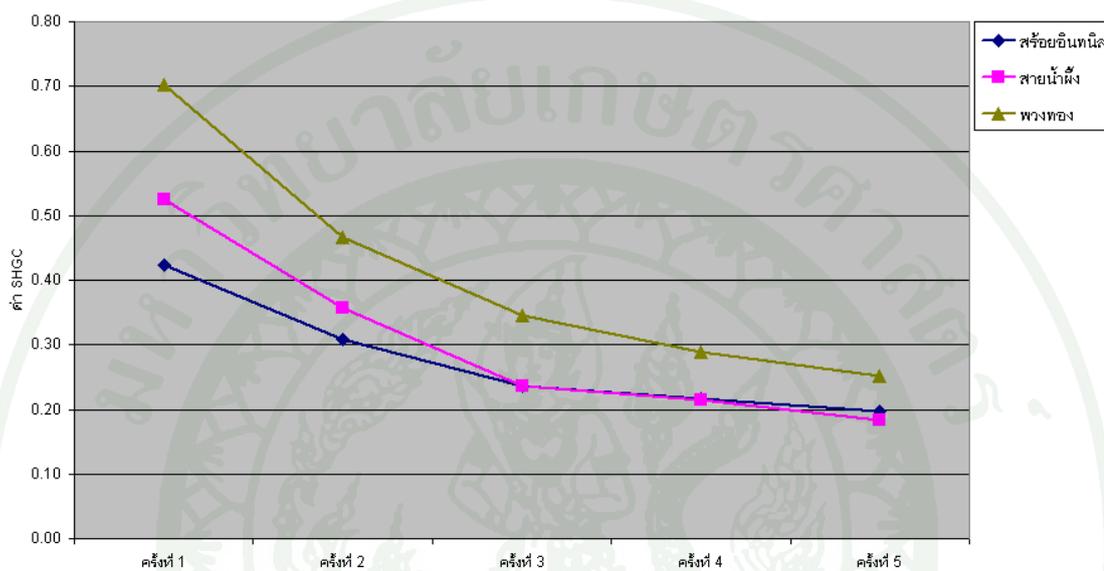
ชนิดต้นไม้	ชั้นใบที่ 1		ชั้นใบที่ 2		ชั้นใบที่ 3		ชั้นใบที่ 4/กลุ่มใบ	
	ผลต่าง (วัตต์)	SHGC	ผลต่าง (วัตต์)	SHGC	ผลต่าง (วัตต์)	SHGC	ผลต่าง (วัตต์)	SHGC
สร้อยอินทนิล	55.74	0.60	81.41	0.45	100.10	0.36	122.17	0.20
สายน้ำผึ้ง	41.66	0.73	55.96	0.63	98.75	0.37	127.35	0.27
พวงทอง	34.34	0.79	69.25	0.51	75.10	0.41	-	-

สำหรับค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบนั้น สังเกตได้ว่าชั้นใบที่ 1 ของต้นสร้อยอินทนิล กับ ชั้นใบที่ 2 ของต้นสายน้ำผึ้ง ให้ค่าผลต่างของปริมาณความร้อนภายนอกและภายในที่เกือบจะเท่ากัน แต่มีค่า SHGC ที่แตกต่างกัน ซึ่งหมายความว่า ปริมาณความร้อนขณะที่วัดที่ต้นสายน้ำผึ้งมีค่าสูงกว่าขณะที่วัดต้นสร้อยอินทนิล แต่ก็ให้ผลต่างของค่า SHGC ในระดับทศนิยมเท่านั้น

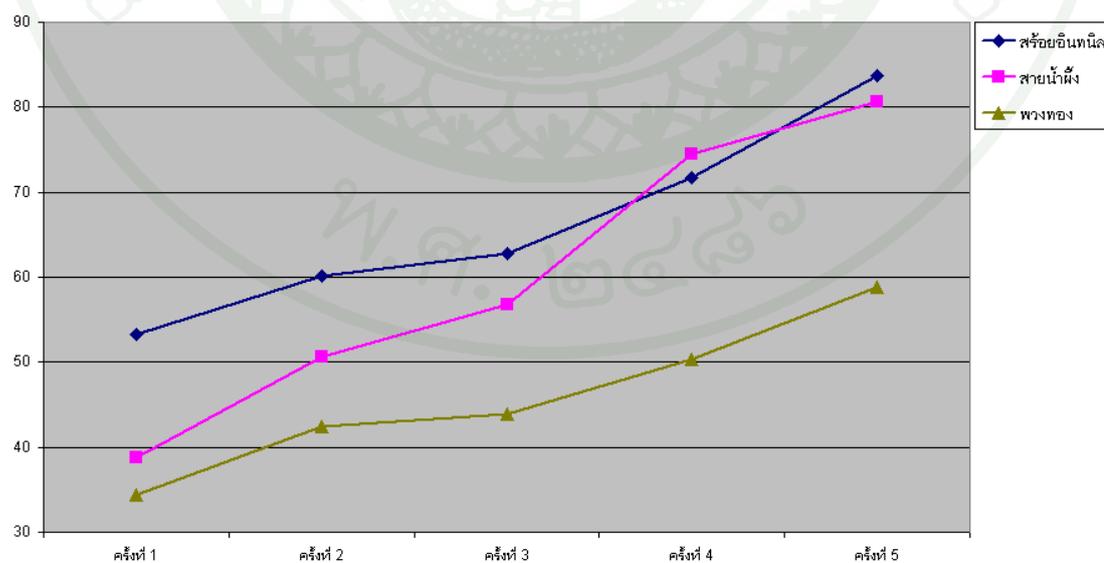
### การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่ายจากแผงทดลอง

ในการทดลองนี้เป็นการเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ แล้วจึงนำภาพที่ได้มาหาปริมาณพื้นที่ใบเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC กับพื้นที่ใบซึ่งได้จากการหาพื้นที่ใบโดยรวม, จำแนกชั้นใบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่า SHGC ของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิดนั้นมีทิศทางลดลงตามลำดับ โดยในการวัดทั้ง 5 ครั้งต้นสร้อยอินทนิลให้ค่าที่ต่ำกว่า ต้นพวงทองทั้งหมด และต่ำกว่าต้นสายน้ำผึ้งใน 2 ครั้งแรก ส่วนใน 2 ครั้งสุดท้ายนั้นต้นสายน้ำผึ้งให้ค่าที่ต่ำที่สุด สำหรับปริมาณพื้นที่ใบนั้นมีมากขึ้นตามลำดับ โดยต้นสร้อยอินทนิลมีปริมาณพื้นที่ปกคลุมที่มากที่สุดในทุกครั้ง



ภาพที่ 70 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของไม้เลื้อย 3 ชนิด



ภาพที่ 71 แสดงพื้นที่ใบ ของไม้เลื้อย 3 ชนิด

จากการทดลองสรุปได้ว่าค่า SHGC กับปริมาณพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์กัน โดยปริมาณพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า SHGC ลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบต้นสร้อยอินทนิลและต้นสายน้ำผึ้งซึ่งมีค่า SHGC ที่เท่ากันในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าปริมาณพื้นที่ใบของต้นสายน้ำผึ้งมีน้อยกว่าต้นสร้อยอินทนิล ซึ่งหมายความว่า ต้นสายน้ำผึ้งให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า หรือต้นสายน้ำผึ้งมีปริมาณใบ (ในเชิง 3 มิติ) ที่มากกว่าหรือเท่ากับต้นสร้อยอินทนิล

จากนั้นจึงได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ใบจากภาพถ่ายของสร้อยอินทนิล ครั้งที่ 1 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 แบบคือ การกำหนดขอบใบและ การกำหนดพื้นที่ของแต่ละชั้นใบ โดยใช้ช่วงสีก่อนแล้วจึงกำหนดขอบใบ ซึ่งให้ค่าที่แตกต่างกันประมาณ 1-2% ข้อผิดพลาดเกิดจากลักษณะการทำงานของโปรแกรมซึ่งให้ผู้ใช้กำหนดขอบเขตของการคำนวณพื้นที่ใบ ดังนั้นพื้นที่ใบที่เป็นส่วนต่างกันนี้เองที่อาจส่งผลต่อค่า SHGC ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเสนอวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าพบว่ามีความแม่นยำในการคำนวณมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณค่าสี

#### **การศึกษความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB)**

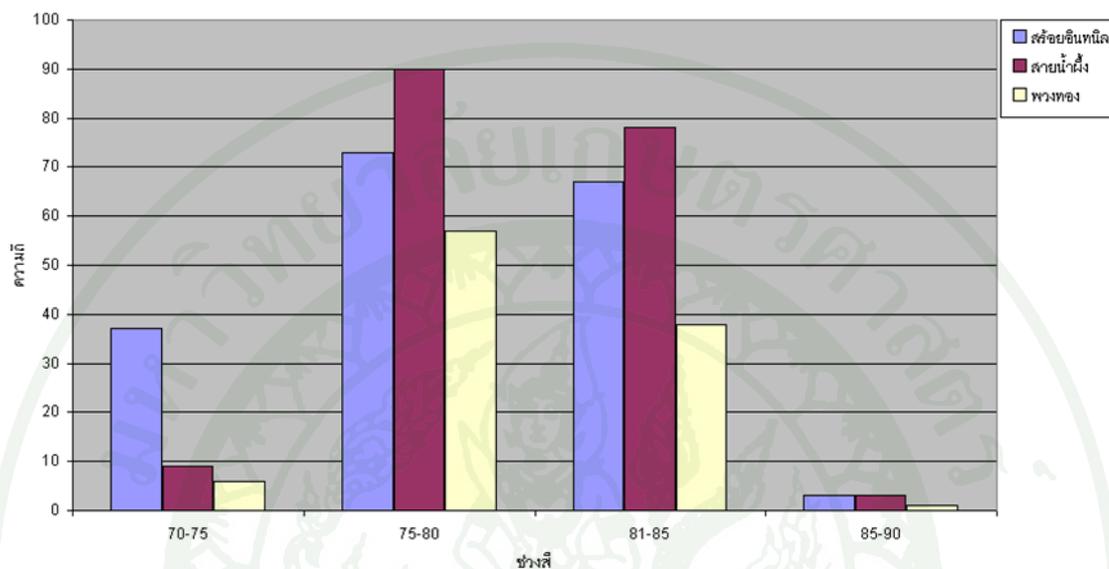
ทำการเก็บข้อมูลโดยสุ่มใบของต้นสร้อยอินทนิลอย่างน้อย 30 ใบ แล้วใช้แสงประดิษฐ์ 2 ชนิดคือ แสงสีขาว และแสงสีเหลือง เพื่อใช้จำกัดปริมาณแสงในการถ่ายภาพ จากนั้นจึงนำภาพที่ได้มาตรวจสอบค่าสีโดยการกำหนดช่องหรือตารางให้เพื่อเปรียบเทียบค่าสีที่จุดเดียวกัน ระหว่าง 2 ภาพ และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับชนิดของแสง

จากการเปรียบเทียบค่าสีของแสงโดยใช้ใบของต้นสร้อยอินทนิลเป็นตัวแทน พบว่าค่าสีเขียวของแสงสีเหลืองและแสงสีขาวนั้นแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะนำไปเป็นเงื่อนไขในการถ่ายภาพของการทดลองต่อไป เนื่องด้วยแสงอาทิตย์นั้นเป็นแสงสีขาว แสงประดิษฐ์ที่นำมาใช้ในการทดลองที่ 2.2 จึงเป็นแสงสีขาวเช่นกัน

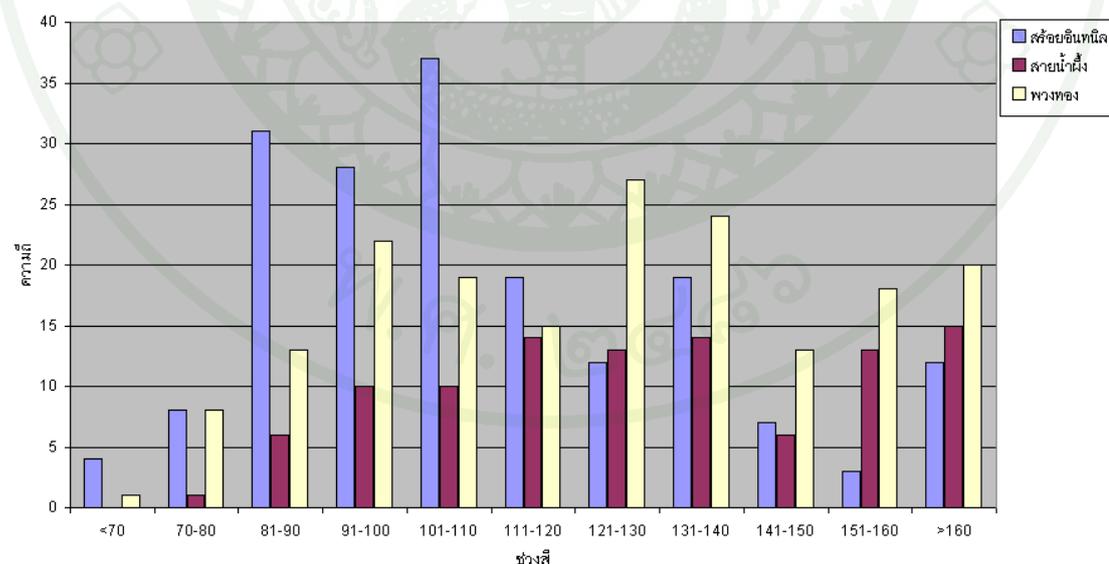
#### **การศึกษความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแสง กับค่าสีในระบบ (RGB, HSL)**

เก็บข้อมูลโดยสุ่มใบไม้อย่างน้อยชนิดละ 15 ใบ แล้วใช้แสงประดิษฐ์ 1 ชนิดคือ แสงสีขาว เพื่อใช้ส่องในการถ่ายภาพ ปรับค่าปริมาณแสงที่ใช้ถ่ายภาพตั้งแต่ 500, 600, 700, 800, 900 และ

1000 ลักซ์ จากนั้นจึงนำภาพที่ได้มาตรวจสอบค่าสีโดยการกำหนดช่องหรือตารางให้เพื่อเปรียบเทียบค่าสีที่จุดเดียวกันระหว่าง 5 ภาพ ในแต่ละชนิดของไม้เลื้อย สุดท้ายเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณของแสง



ภาพที่ 72 เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี HSL



ภาพที่ 73 เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี RGB

จากกราฟเปรียบเทียบค่าสีของต้นไม้ทั้ง 3 ชนิดนั้น จะเห็นว่าค่าสีเขียวในระบบ RGB นั้น มีการกระจายตัวที่แตกต่างกันโดยแปรผันตามความสว่าง ทำให้ในการนำไปใช้เขียน โปรแกรมนั้น เป็นไปได้ยากเนื่องจากการถ่ายภาพจากแผงไม้เลื้อย ตามสภาพแวดล้อมธรรมชาตินั้น ไม่สามารถควบคุมปริมาณแสงได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ระบบ HSL ซึ่งค่าสีที่ได้เป็นค่าสีที่แท้จริงของใบไม้ โดยไม่แปรผันตามปริมาณแสงที่เปลี่ยนไป

#### การเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ (Pyranometer) จากแผงจริง

ค่า SHGC ที่วัดได้จากพื้นที่ 1x1 ตร.ม. เท่ากับ 0.23 และค่า SHGC ของชั้นใบที่ 1, 2, 3 และ 4 แต่ละชั้นใบคือ 0.21, 0.17, 0.15 และ 0.10 ตามลำดับซึ่งมีความแตกต่างจากการทดลองที่ 1.2 โดยสันนิษฐานได้ว่าค่าที่แตกต่างกันนั้นเป็นผลจากขนาดของใบ, อายุของใบ หรือสีของใบ เป็นต้น เพราะการกำหนดชั้นใบในงานวิจัยชิ้นนี้นั้น ไม่มีข้อจำกัดเหล่านี้

#### การเก็บข้อมูล โดยใช้ภาพถ่าย จากแผงจริง

ทำการติดตั้งฉากหลังเพื่อตัดวัตถุรบกวนด้านหลังออก จากนั้นจึงทำการถ่ายภาพในสภาพย้อนแสง หรือช่วงเวลาประมาณ 13.00-17.00 น. ในวันที่มีแสงแดดจัด แล้วจึงนำภาพถ่ายที่ได้มาทำการตัดพื้นที่ส่วนที่เป็นโครง (Frame) และก้านใบออก ตลอดจนพื้นที่ส่วนที่ไม่มีใบ (ซึ่งจะเห็นเป็นฉากสีขาว) ปรับให้เป็นสีแดงเพื่อกำหนดให้โปรแกรมประมวลผลภาพตัดพื้นที่ส่วนนี้ออกจากส่วนของพื้นที่ใบ สุดท้ายจึงทำการสร้างตาราง (Grid) ลงบนภาพ เพื่อสุ่มหาค่าสีของแต่ละชั้นใบ สุดท้ายสรุปช่วงสีที่ได้เพื่อกำหนดค่าในการสร้างโปรแกรม

จากผลการทดลองสุ่มค่าสี ชั้นใบละ 30 จุด เป็นจำนวน 4 ชั้นใบนั้น โดยใช้วิธีการกำหนดช่วงค่าสีในแต่ละชั้น โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยปัญหาที่พบคือ จะเห็นว่าค่าสีบางช่วงขาดหายไป และบางช่วงมีการซ้อนทับกัน สำหรับงานวิจัยนี้ได้แก้ปัญหาจุดนี้โดยวิธีการเฉลี่ย ดังตาราง

### ตารางที่ 9 ช่วงสีของแต่ละชั้นใบ

	1ชั้นใบ	2ชั้นใบ	3ชั้นใบ	4ชั้นใบ
mean	75.77	87.47	96.43	106.57
SD	4.10	5.18	5.11	11.30
ช่วงสี (H)	71.67-81.08	81.09-91.99	92-98.4	98.41-117.87
ช่วงสี (0-1)	0.1991-0.2252	0.2253-0.2555	0.2556-0.2733	0.2734-0.3274

ค่าช่วงสีที่ได้นี้เป็นช่วงสีที่แตกต่างจากทฤษฎีเบื้องต้นของค่าสีเขียวในระบบ HSL ซึ่งจะเริ่มต้นที่ 120 แต่ค่าเฉลี่ยที่ได้ทั้งหมดของทุกชั้นใบนั้นต่ำกว่า 120 หมายความว่าค่าสีที่แท้จริงในใบของต้นสร้อยอินทนิลนั้นเป็นค่าสีเขียวที่ค่อนข้างไปทางสีเหลืองมากกว่าที่จะค่อนข้างไปทางสีน้ำเงิน อย่างไรก็ตามสำหรับการสุ่มในครั้งนี้เป็นการสุ่มเบื้องต้นซึ่งประมาณการค่าสีที่ใช้สำหรับต้นสร้อยอินทนิลได้ว่าอยู่ในช่วงสี 60-120

**การนำค่าปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากการวัดจริง และค่าสีมาสร้างเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพแผงไม้เลื้อย โดยใช้หลักการประมวลภาพ**

การสรุปข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ที่ได้จากชุดคำสั่งการประมวลภาพ สามารถอธิบายได้ว่า แผงไม้เลื้อยของต้นสร้อยอินทนิลมีปริมาณพื้นที่ใบปกคลุม 56.487% พื้นที่เฟรมและก้านใบ 32.66% ซึ่งรวมเป็นพื้นที่ป้องกันการส่งผ่านความร้อนเป็น 89.153% ได้ค่า SHGC = 0.21 ซึ่งหมายถึงการยอมให้ปริมาณความร้อนจากการนำ การพา และการแผ่รังสีผ่านเข้าสู่ภายในได้ 21% โดยจากการตรวจสอบชุดคำสั่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ต้นไม้ชนิดเดียวกันมีช่วงสีที่ใกล้เคียงกัน สามารถใช้ช่วงสีของภาพหนึ่งกับอีกภาพหนึ่งได้
2. พื้นที่ของแต่ละชั้นใบ ให้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า 90%

ส่วนข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของแต่ละชั้นใบส่งผลโดยตรงต่อค่าโดยรวมของแผง โดยเปรียบเทียบและวิเคราะห์ได้ว่า ในคำนวณต้องวัดค่าในแต่ละชั้นใบทุกครั้ง

สำหรับการนำประโยชน์ของการประมวลผลภาพนั้น ถือว่าได้ใช้ประโยชน์อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะในส่วนของ การคิดพื้นที่ใบของทั้งภาพ แต่ในส่วนของ การแบ่งชั้นใบนั้น เป็นเพียงการทดลองแบ่งชั้นใบของไม้เลื้อยเพียงชนิดเดียว และการสุ่มค่าสีในภาพเดียวเท่านั้น โดยจากการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ค่า SHGC ของไม้เลื้อยแต่ละชั้นใบ มีค่าแตกต่างกันตามชนิดและอายุของไม้เลื้อย
2. ชุดคำสั่งประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นเพื่อคำนวณค่า SHGC นั้น ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัดจริง ซึ่งค่าที่แตกต่างนี้เป็นผลจากค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ
3. การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้การประมวลผลภาพ มีความเที่ยงตรงกว่าเครื่องมืออื่นๆ ที่ผ่านมา โดยภาพที่ใช้ควรมีพื้นหลังที่มีสีแตกต่างกับสีของใบ

#### ข้อเสนอแนะ

การนำการประมวลผลภาพมาใช้หาพื้นที่แต่ละชั้นใบเพื่อการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) นั้น เป็นการพัฒนาขั้นตอนในการคำนวณพื้นที่ใบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณค่า SHGC นั้นยังมีค่าที่เป็นต้ององค์ประกอบสำคัญอีกค่าหนึ่ง คือ ค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ ( $T_k$ ) สำหรับข้อจำกัดในงานวิจัยชิ้นนี้ คือ การเก็บข้อมูลค่า  $T_k$  กระทำในฤดูกาลที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์มีความแตกต่างกัน, เก็บข้อมูลโดยไม่กำหนดเงื่อนไขของการจำแนกชั้นใบ แต่ใช้การพิจารณาจากผู้วิจัยเท่านั้น และสุดท้ายค่า SHGC ที่ได้จากแผงทดลองและแผงจริงนั้น แตกต่างกันแม้ว่าจะเป็นไม้เลื้อยชนิดเดียวกัน ซึ่งทำให้การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) เกิดความผิดพลาดขึ้น ในเบื้องต้นจึงควรนำค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ ( $T_k$ ) ที่ได้จากการวัดจริงของแผงที่ต้องการคำนวณมาแทนในสูตร เพื่อให้ได้ค่า SHGC ของพื้นที่ 1 ตร.ม. ที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจากไพรานอมิเตอร์มากที่สุด

ทั้งนี้ในการต่อยอดงานวิจัยนี้จึงควรพัฒนาหรือปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบ ( $T_k$ ) เช่น เก็บข้อมูลในทุกช่วงปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่มากที่สุด จนถึงน้อยที่สุด), กำหนดขนาดของใบ สีของใบ หรือลักษณะทางกายภาพอื่นๆ เพื่อจำแนกชั้นใบ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและสถานที่ในการเก็บข้อมูล สุดท้ายการจะนำค่า SHGC ของแต่ละชั้นใบมาใช้ ควรเป็นค่าโดยเฉลี่ยของทั้งปี หรืออาจเป็นลักษณะของ Dynamic SHGC เพื่อให้ได้ค่าที่มีความเหมาะสมและใกล้เคียงกับความเป็นจริงสำหรับการนำไปใช้มากที่สุด



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

พันทวี มาไฟโรจน์. 2529. การสังเคราะห์แสงและการหายใจ. เอกสารวิชาการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พาสินี และคณะ 2551. สมรรถนะการป้องกันความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น. วารสารพลังงาน(Journal of Energy) ฉบับที่ 9.

วิชัย เหล่าพาณิชย์กุล. 2550. ประสิทธิภาพของผนังไม้เลื้อยในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สหพรหม วงศ์วิชะ. 2551. การศึกษาแผงกันแดดไม้เลื้อยเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2552. การลดความร้อนให้กับอาคาร. บทความสาระน่ารู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. 2542. “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535,” ใน กฎหมายอาคาร อาษา/2542. สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร.

สิริลักษณ์ แสงสงวน. 2546. การลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาแดดฟ้าที่ใช้ประโยชน์โดยการปลูกต้นไม้เลื้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.

สุดสวาท ศรีสถาปัตย์. 2545. การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. 2551. ร้อยพันธุ์ไม้เลื้อยแสนสวย. สำนักพิมพ์เศรษฐศิลป์, กรุงเทพมหานคร.

- ลัญจกร วุฒิสัทติกุลกิจ และคณะ 2551. การใช้งานโปรแกรม MatLab เบื้องต้น.  
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สุนทร บุญญาธิการ. 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า.  
สำนักพิมพ์พร็อพเพอร์ตี้มาร์เก็ต จำกัด, กรุงเทพมหานคร.
- ศันสนีย์ สุภาภา. 2539. ความน่าจะเป็นและสถิติประยุกต์สำหรับวิศวกร. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์  
เซ็นเตอร์, กรุงเทพมหานคร.
- Ip *et al.* 2010. **Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy.**  
Building and Environment 45: 81-88. Elsevier publishing.
- Ong Boon lay *et al.* 2000. **Survey of the Thermal Effect of Plants on the Vertical Sides of  
Tall buildings in Singapore.** Faculty of Architecture, National University of Singapore.
- Stec, W.J. *et al.* 2005. **Modeling the double skin façade with plants.** Energy and Buildings  
37: 419-427. Elsevier publishing.
- Loh, S. 2008. **Living Walls – A way to green the built environment.** BEDP Environment  
Design Guide: 1-7. Elsevier publishing.
- Brown and Gillespie. 1995. **Microclimatic landscape design.** John Wiley & sons, Inc.  
New York, USA.
- American Society of Heating. 2001. **ASHRAE Fundamentals Handbook (SI).** Atlanta  
Georgia.
- Olgay, V. 1992. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.  
Van Nostrand Reinhold, New York.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนระหว่างก่อนผ่านแผงต้นไม้ (ภายนอก)  
และผ่านแผงต้นไม้ (ภายใน) ของวันที่ 22 พฤศจิกายน 2552

เวลา	ภายใน	ภายนอก	เวลา	ภายใน	ภายนอก	เวลา	ภายใน	ภายนอก
9.00	19.14	63.62	12.00	30.40	96.84	15.00	35.47	74.32
9.05	19.14	63.62	12.05	47.29	108.66	15.05	35.47	68.69
9.10	19.14	63.62	12.10	47.29	108.66	15.10	35.47	57.99
9.15	19.14	63.62	12.15	47.29	108.66	15.15	35.47	57.99
9.20	19.14	63.62	12.20	47.29	108.66	15.20	41.10	63.06
9.25	19.14	63.62	12.25	46.73	101.90	15.25	41.10	63.06
9.30	19.14	63.62	12.30	30.40	74.32	15.30	41.10	63.06
9.35	19.14	63.62	12.35	30.40	79.95	15.35	35.47	57.99
9.40	24.77	80.51	12.40	30.40	74.32	15.40	35.47	57.99
9.45	24.77	80.51	12.45	46.73	68.69	15.45	35.47	57.99
9.50	24.77	80.51	12.50	41.10	68.69	15.50	30.40	57.99
9.55	24.77	80.51	12.55	41.10	68.69	15.55	24.77	52.36
10.00	24.77	80.51	13.00	46.73	74.32	16.00	30.40	52.36
10.05	24.77	80.51	13.05	74.32	101.90	16.05	30.40	52.36
10.10	24.77	80.51	13.10	68.69	90.64	16.10	24.77	52.36
10.15	24.77	80.51	13.15	52.36	79.95	16.15	19.14	41.10
10.20	24.77	80.51	13.20	52.36	79.95	16.20	19.14	41.10
10.25	24.77	80.51	13.25	46.73	74.32	16.25	19.14	41.10
10.30	24.77	80.51	13.30	41.10	74.32	16.30	19.14	41.10
10.35	13.51	52.36	13.35	52.36	79.95	16.35	19.14	47.29
10.40	13.51	52.36	13.40	52.36	79.95	16.40	19.14	47.29
10.45	13.51	52.36	13.45	46.73	74.32	16.45	13.51	47.29
10.50	13.51	52.36	13.50	46.73	74.32	16.50	13.51	35.47
10.55	13.51	52.36	13.55	46.73	74.32	16.55	13.51	41.10
11.00	13.51	52.36	14.00	52.36	79.95	17.00	13.51	40.54
11.05	13.51	52.36	14.05	52.36	79.95			

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เวลา	ภายใน	ภายนอก	เวลา	ภายใน	ภายนอก	เวลา	ภายใน	ภายนอก
11.10	13.51	52.36	14.10	46.73	74.32			
11.15	30.40	96.84	14.15	46.73	74.32			
11.20	30.40	96.84	14.20	46.73	74.32			
11.25	30.40	96.84	14.25	35.47	68.69			
11.30	30.40	96.84	14.30	35.47	68.69			
11.35	30.40	96.84	14.35	35.47	68.69			
11.40	30.40	91.77	14.40	35.47	68.69			
11.45	30.40	91.77	14.45	35.47	68.69			
11.50	30.40	91.77	14.50	41.10	68.69			
11.55	30.40	96.84	14.55	46.73	74.32			

ตารางผนวกที่ 2 การเปรียบเทียบผลต่างภายใน ภายนอก ระหว่างสร้อยอินทนิล สายน้ำผึ้ง  
และพวงทอง

ชนิด/วันที่	สร้อยอินทนิล		สายน้ำผึ้ง		พวงทอง	
	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก
	(วัตต์/ตร.ม.)	(วัตต์/ตร.ม.)	(วัตต์/ตร.ม.)	(วัตต์/ตร.ม.)	(วัตต์/ตร.ม.)	(วัตต์/ตร.ม.)
12/6/52	0.093	0.217	0.103	0.212	0.103	0.143
12/6/52	0.093	0.217	0.093	0.172	0.103	0.143
12/6/52	0.093	0.217	0.093	0.172	0.093	0.143
12/6/52	0.093	0.212	0.103	0.193	0.093	0.131
12/6/52	0.083	0.212	0.103	0.193	0.093	0.131
12/13/52	0.063	0.221	0.063	0.207	0.092	0.192
12/13/52	0.063	0.221	0.082	0.231	0.092	0.213
12/13/52	0.073	0.238	0.082	0.231	0.084	0.177
12/13/52	0.073	0.248	0.072	0.213	0.084	0.177
12/13/52	0.083	0.221	0.092	0.213	0.084	0.177
12/20/52	0.044	0.201	0.064	0.268	0.073	0.201
12/20/52	0.044	0.211	0.064	0.268	0.073	0.201
12/20/52	0.054	0.191	0.064	0.268	0.073	0.212
12/20/52	0.034	0.161	0.054	0.235	0.063	0.187
12/20/52	0.061	0.241	0.054	0.235	0.063	0.197
12/27/52	0.063	0.297	0.064	0.271	0.073	0.236
12/27/52	0.063	0.297	0.064	0.271	0.073	0.236
12/27/52	0.063	0.297	0.064	0.271	0.054	0.198
12/27/52	0.063	0.297	0.054	0.271	0.054	0.198
12/27/52	0.073	0.311	0.044	0.271	0.054	0.198
1/4/53	0.065	0.351	0.065	0.327	0.054	0.241
1/4/53	0.065	0.351	0.065	0.327	0.054	0.241
1/4/53	0.065	0.371	0.074	0.352	0.054	0.251
1/4/53	0.085	0.371	0.054	0.352	0.074	0.251
1/4/53	0.073	0.351	0.054	0.352	0.074	0.251

ตารางผนวกที่ 3 เปรียบเทียบค่า SHGC และพื้นที่ใบของไม้เลื้อยแต่ละชนิด

วันที่/ ชนิด	12/6/52	12/13/52	12/20/52	12/27/52	1/4/53
สร้อยอินทนิล					
ผลต่าง	75.19	95.15	100.17	139.69	171.34
SHGC	0.42	0.31	0.24	0.22	0.20
พื้นที่ใบ	53.2	60.08	62.72	71.67	83.67
					
สาขาน้ำผึ้ง					
ผลต่าง	55.04	84.75	116.04	134.58	189.61
SHGC	0.53	0.36	0.24	0.21	0.18
พื้นที่ใบ	38.73	50.62	56.75	74.43	80.7
					
พวงทอง					
ผลต่าง	45.45	65.71	80.77	104.19	131.72
SHGC	0.70	0.47	0.35	0.29	0.25
พื้นที่ใบ	34.39	42.51	43.92	50.37	58.87
					

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสี กับสีของแสง

ใบที่/ชนิดของแสง	แสงสีเหลือง	แสงสีขาว
1	44.00	83.00
2	52.00	78.00
3	35.00	61.00
4	34.00	68.50
5	50.00	75.50
6	61.67	106.00
7	61.33	101.67
8	35.50	70.50
9	65.00	112.50
10	40.60	82.20
11	28.40	56.80
12	53.40	72.20
13	47.80	53.20
14	54.60	61.80
15	57.00	71.00
16	62.00	69.00
17	65.00	54.00
18	68.50	55.00
19	75.50	67.00
20	81.00	66.00
21	59.00	52.50
22	81.00	65.33
23	71.75	57.75
24	77.25	64.75
25	69.25	62.75
26	52.80	37.20
27	70.20	57.80

## ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ใบที่/ชนิดของแสง	แสงสีเหลือง	แสงสีขาว
28	72.80	55.20
29	82.20	52.40
30	84.60	58.60

## ตารางผนวกที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB (ต้นสร้อยอินทนิล)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
1	86	102	140	127	158	133
2	82	98	139	136	154	138
3	81	94	119	117	123	117
4	88	89	131	114	137	111
5	93	104	133	136	147	135
6	124	131	161	159	174	168
7	134	139	162	161	176	174
8	98	98	118	130	134	144
9	142	143	165	172	177	185
10	123	128	130	138	144	171
11	107	109	87	108	107	148
12	88	98	126	119	138	132
13	76	88	109	105	117	108
14	89	100	114	114	119	121
15	71	84	93	88	107	104
16	83	104	120	100	111	109
17	83	87	89	92	103	113
18	75	79	91	97	102	108

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
19	98	101	107	108	103	128
20	86	105	104	100	107	129
21	82	62	82	87	99	108
22	101	106	103	111	110	134
23	88	101	91	97	101	122
24	105	119	93	104	105	137
25	112	118	85	103	101	147
26	84	94	54	66	67	113
27	75	81	90	87	104	97
28	76	79	87	89	95	97
29	77	86	86	86	100	99
30	86	95	91	95	100	110

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB (ต้นสายน้ำผึ้ง)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
1	90	95	109	122	126	134
2	80	91	103	127	127	142
3	81	89	107	125	124	134
4	87	95	97	140	120	155
5	92	102	98	144	123	153
6	92	99	116	147	132	150
7	98	118	128	152	160	186
8	107	123	152	135	179	168
9	127	134	137	161	165	156

## ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
10	86	75	100	128	126	132
11	87	87	107	126	124	123
12	93	103	121	142	136	147
13	105	80	122	157	134	166
14	93	107	130	140	142	168
15	94	96	120	131	133	152
16	104	108	114	116	149	156
17	120	103	141	166	151	180
18	130	129	152	169	175	187
19	132	147	159	191	173	189
20	100	114	133	140	130	177
21	84	79	102	124	118	150
22	107	103	131	155	160	173
23	74	75	91	117	111	135
24	99	109	129	156	154	170
25	86	90	119	134	124	150
26	88	95	111	136	127	161
27	100	111	130	151	137	173
28	94	97	103	131	134	156
29	66	72	85	107	95	136
30	80	88	101	121	119	146

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ RGB (ต้นพวงทอง)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
1	80	84	97	106	115	135
2	94	97	107	127	135	162
3	116	120	128	151	153	179
4	95	88	102	120	120	147
5	121	123	134	148	153	177
6	99	110	111	122	136	160
7	90	100	94	121	126	147
8	100	103	116	133	143	182
9	84	92	94	113	122	158
10	81	86	101	112	124	157
11	124	137	148	166	165	196
12	103	108	122	136	140	166
13	136	139	149	159	194	185
14	108	134	124	158	153	167
15	115	115	137	152	158	189
16	108	111	112	158	140	175
17	115	130	136	152	163	190

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL (ต้นสร้อย  
อินทนิล)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
1	74	70	73	75	73	68
2	78	76	72	73	72	72
3	89	75	80	78	78	84
4	87	80	78	77	78	77
5	81	81	76	78	80	73
6	80	77	78	75	74	74
7	81	81	76	76	76	75
8	81	77	77	77	74	70
9	78	73	73	72	72	70
10	83	83	83	82	80	79
11	81	83	85	81	81	79
12	78	74	70	71	70	74
13	81	78	73	73	76	77
14	74	83	83	78	83	81
15	75	74	77	78	76	78
16	79	74	73	70	76	73
17	88	82	85	81	84	82
18	85	83	81	83	78	79
19	77	76	75	77	76	76
20	86	83	81	79	83	79
21	93	83	81	89	83	83
22	79	79	77	79	80	79
23	83	80	79	83	81	80
24	82	83	84	82	80	82
25	81	83	80	83	83	79

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
26	82	83	81	86	82	72
27	83	82	84	78	80	78
28	82	78	78	78	80	83
29	88	86	82	80	79	82
30	84	79	84	81	81	84

ตารางผนวกที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL (ต้นสายน้ำผึ้ง)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
1	80	85	82	83	82	81
2	86	78	83	84	83	78
3	88	83	82	83	80	73
4	85	83	80	84	82	82
5	84	83	81	80	83	80
6	80	81	81	83	83	80
7	81	79	78	78	75	74
8	75	77	75	77	77	76
9	77	74	75	79	78	75
10	83	78	79	79	78	75
11	83	78	79	79	77	79
12	85	82	79	81	80	79
13	84	82	80	78	80	76
14	82	79	78	78	80	75
15	83	79	79	78	80	76
16	86	84	83	83	83	82

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
17	78	78	76	78	80	75
18	76	76	76	76	77	73
19	76	75	75	77	76	73
20	84	86	83	85	82	77
21	88	86	84	85	82	82
22	86	82	82	79	79	75
23	80	81	78	79	79	78
24	83	83	82	80	82	74
25	88	84	81	84	82	80
26	80	81	80	81	79	74
27	82	80	81	78	81	74
28	80	80	80	78	79	74
29	85	83	81	84	79	79
30	85	85	81	81	81	80

ตารางผนวกที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีของไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบ HSL (ต้นพวงทอง)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
1	81	81	80	79	83	78
2	85	80	80	83	81	82
3	78	78	78	76	76	78
4	90	82	85	79	83	86
5	81	81	81	82	81	79
6	77	76	75	78	78	75
7	83	82	81	80	80	81

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

ใบที่/ ปริมาณแสง	500 LUX	600 LUX	700 LUX	800 LUX	900 LUX	1000 LUX
8	81	83	82	81	82	78
9	83	79	78	80	80	82
10	83	83	83	83	82	84
11	80	77	77	78	76	73
12	81	81	78	80	82	77
13	79	79	78	79	79	75
14	77	78	76	79	75	78
15	78	78	79	76	76	73
16	81	80	84	81	78	77
17	80	80	82	80	82	79

ตารางผนวกที่ 11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์(SHGC)ของไม้เลื้อย 3 ชนิด(สร้อยอินทนิล)

ลำดับที่วัด	ชั้นใบที่ 1	ชั้นใบที่ 2	ชั้นใบที่ 3	ชั้นใบที่ 4				
1	0.156	0.251	0.124	0.241	0.094	0.267	0.054	0.271
2	0.156	0.251	0.124	0.271	0.094	0.267	0.054	0.271
3	0.156	0.251	0.114	0.267	0.094	0.267	0.054	0.271
4	0.136	0.241	0.114	0.267	0.094	0.267	0.054	0.271
5	0.136	0.241	0.114	0.267	0.114	0.311	0.054	0.271

**ตารางผนวกที่ 12** แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์(SHGC)ของไม้เลื้อย 3 ชนิด(สายน้ำผึ้ง)

ลำดับที่วัด	ชั้นใบที่ 1		ชั้นใบที่ 2		ชั้นใบที่ 3		กลุ่มใบ	
1	0.184	0.278	0.224	0.295	0.097	0.268	0.084	0.311
2	0.184	0.278	0.094	0.236	0.097	0.268	0.084	0.311
3	0.184	0.278	0.094	0.236	0.097	0.268	0.084	0.311
4	0.234	0.278	0.224	0.295	0.094	0.291	0.084	0.311
5	0.234	0.278	0.224	0.295	0.124	0.291	0.074	0.297

**ตารางผนวกที่ 13** แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์(SHGC)ของไม้เลื้อย 3 ชนิด(พวงทอง)

ลำดับที่วัด	ชั้นใบที่ 1		ชั้นใบที่ 2		ชั้นใบที่ 3	
1	0.244	0.297	0.127	0.253	0.117	0.236
2	0.244	0.297	0.127	0.253	0.117	0.236
3	0.244	0.297	0.127	0.248	0.074	0.217
4	0.214	0.287	0.127	0.248	0.074	0.217
5	0.214	0.287	0.127	0.248	0.074	0.217

**ตารางผนวกที่ 14** เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี HSL

ชนิด/ช่วงสี	70-75	75-80	81-85	85-90
สร้อยอินทนิล	37	73	67	3
สายน้ำผึ้ง	9	90	78	3
พวงทอง	6	57	38	1

ตารางผนวกที่ 15 เปรียบเทียบความถี่ของแต่ละช่วงสีในไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด ในระบบสี RGB

ชนิด/ ช่วงสี	<70	70-80	81-90	91- 100	101- 110	111- 120	121- 130	131- 140	141- 150	151- 160	>160
สร้อย											
อินทนิล	4	8	31	28	37	19	12	19	7	3	12
สายน้ำผึ้ง	0	1	6	10	10	14	13	14	6	13	15
พวงทอง	1	8	13	22	19	15	27	24	13	18	20

ตารางผนวกที่ 16 ช่วงสีของแต่ละชั้นใบ

ใบที่/ชั้นใบ	1ชั้นใบ	2ชั้นใบ	3ชั้นใบ	4ชั้นใบ
1	72	86	101	143
2	75	81	105	103
3	79	94	102	139
4	68	82	103	93
5	81	94	97	112
6	79	84	88	110
7	79	85	90	106
8	77	93	98	99
9	82	83	89	113
10	79	83	95	111
11	71	85	98	106
12	77	94	98	106
13	76	87	95	102
14	74	83	97	101
15	77	89	93	103
16	71	85	94	116
17	73	101	94	98
18	78	90	92	103
19	81	94	100	104

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

ใบที่/ชั้นใบ	1ชั้นใบ	2ชั้นใบ	3ชั้นใบ	4ชั้นใบ
20	71	94	95	100
21	70	83	99	112
22	72	76	105	96
23	74	90	86	100
24	76	87	105	97
25	71	88	90	101
26	74	88	94	105
27	72	88	100	120
28	80	87	95	100
29	81	87	101	95
30	83	83	94	103