



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการ)

ปริญญา

นวัตกรรมการ

เทคโนโลยีทางอาคาร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

การศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เคลือบ

The study of Pattern and materials for Vertical climbing plants trellis

นามผู้วิจัย

นางสาวสุคนธ์ จันทนป

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์พาลีณี สุนากร, M.Arch.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรียา บุญกอแก้ว, Ph.D.)

หัวหน้าสาขาวิชา

(อาจารย์โสภา วิศิษฐ์ศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อย

The Study of Pattern and Materials for Vertical Climbing Plants Trellis

โดย

นางสาวสุคนธ์ จันทนป

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการอาคาร)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุคนันท์ จันทนป 2553: การศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผง
ไม้เลื้อย ปรินญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (นวัตกรรมการ) สาขาวิชา
นวัตกรรมการ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาคาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์พาสินี สุนากร, M.Arch. 167 หน้า

บทความวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะ
แผงไม้เลื้อยโดยทำการทดลองและติดตามการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนัก น้ำใบและการ
ประมวลผลภาพ การวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการโดยการเลือกพันธุ์ไม้ ซึ่งคัดเลือกจาก
คุณสมบัติในการเจริญเติบโตได้เร็วและมีขนาดที่เหมาะสมกับแผงที่ใช้ทดลอง จากนั้นสร้างแผง
ไม้เลื้อย 4 รูปแบบ คือ แผงแนวเฉียง แนวตั้ง แนวนอน แนวตาราง และทำการทดลองจริง
ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งหันทางทิศใต้ และใช้กล้องถ่ายภาพในการบันทึกข้อมูล ผลการวิจัย
เบื้องต้น พบว่าต้นจันทน์กระจางฟ้าสามารถปกคลุมทุกแผงการทดลองและพบว่าแผงแนวตั้ง
ต้นจันทน์กระจางฟ้านั้นสามารถเลื้อยขึ้นได้ดีและมีใบปกคลุมแผงการทดลองมากที่สุด จากนั้นจึง
นำแผงแนวตั้งมาทำการทดลองเปรียบเทียบระยะห่างของเส้นภายในแผงและเปรียบเทียบวัสดุ
ธรรมชาติกับวัสดุสังเคราะห์ โดยที่วัสดุธรรมชาติได้แก่ ไม้ไผ่ เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา
และวัสดุสังเคราะห์ได้แก่ เส้นสลิ้ง เส้นเอ็น โดยกำหนดให้มีระยะห่างของเส้นภายในแผง 2 ระยะคือ
10, 15 เซนติเมตร โดยผลของการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา ระยะห่างที่
15 เซนติเมตร ต้นจันทน์กระจางฟ้าสามารถขึ้นได้ดีและมีใบปกคลุมแผงการทดลองได้มากที่สุดซึ่ง
ในผลการวิจัยขั้นสุดท้ายนั้นได้ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของแผงไม้เลื้อยที่ทำการทดลอง
โดยใช้การนับใบ การชั่งน้ำหนักและใช้โปรแกรมประมวลผลภาพซึ่งสามารถคำนวณอัตราการปก
คลุมพื้นที่ใบพบว่าผลการทดลองทั้งหมดมีความสอดคล้องกัน

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Sudanun Chantanop 2010: The study of Pattern and materials for Vertical climbing plants trellis. Master of Architecture (Building Innovation), Major Field: Building Innovation, Department of Technology Building. Thesis Advisor: Associate Professor Pasinee Sunakorn, M.Arch. 167 pages.

This research presents the study of pattern and materials for vertical climbing plants trellis. Different pattern and materials were investigated and growth of plants were followed up by plant weighing, leaf counting and image processing. The research starts from studying the plants selection based on the fast growing qualification and the proper size that fits the plants trellis. *Mandevilla sp.* was then selected. After that 4 plants trellis are constructed using diagonal, vertical, horizontal, and matrix slant tested under the same environment facing south, using photographic method to record the data. The fundamental result found that leaves could cover all kinds of trellis, but the most effective one is the vertical type which the plants could climb higher and give more leaf coverage comparing to other kinds of trellis. Next step is to compare the distance of the pattern ,10cm and 15cm , in the trellis and compare materials between natural and synthetic materials. Natural materials are bamboo and coated hyacinth. Synthetic materials are stainless steel rope and tendon. The result is: *Mendevilla sp.* could climb and give maximum leave coverage on the coated hyacinth with the 15cm interval trellis. In the last step of the experiment, the comparison of the plant growth, leaf counting, weighing, and image processing was done and found that all three observation are relevant.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคลและสถาบันดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ พาสินี สุนากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. พัชรียา บุญก่อแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดจนเทคนิคต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ ดร. โสภา วิสิทธิ์ศักดิ์ และอาจารย์ทุกท่านในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ จามรี อาระยานิมิตรสกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ ทู่นสนับสนุนการวิจัยจากทาง MBIT อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้มีพระคุณอันสูงสุดในชีวิตและพี่สาว ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ โอชิน หนิง ดา เพื่อนร่วมรุ่น MBIT 5 และ จุ่ม ที่ช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่และช่วยในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ชา ผู้ที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือในทุกๆเรื่องจริงๆ

สุคนันท์ จันทนป

ธันวาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	42
ผลและวิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	134
สรุป	134
ข้อเสนอแนะ	140
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	141
ภาคผนวก	143
ภาคผนวก ก การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลี้ยงของ ต้นไม้ในลักษณะของแสงที่ต่างกัน	144
ภาคผนวก ข การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะ ที่ได้จากธรรมชาติโดยศึกษาการยึดอายุการใช้งานของวัสดุ อย่างมีประสิทธิภาพ	147
ภาคผนวก ค ตารางรวม	156
ภาคผนวก ง การทดลองการเจริญเติบโตของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าโดยการอัด VDO	160
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	167

สารบัญตาราง

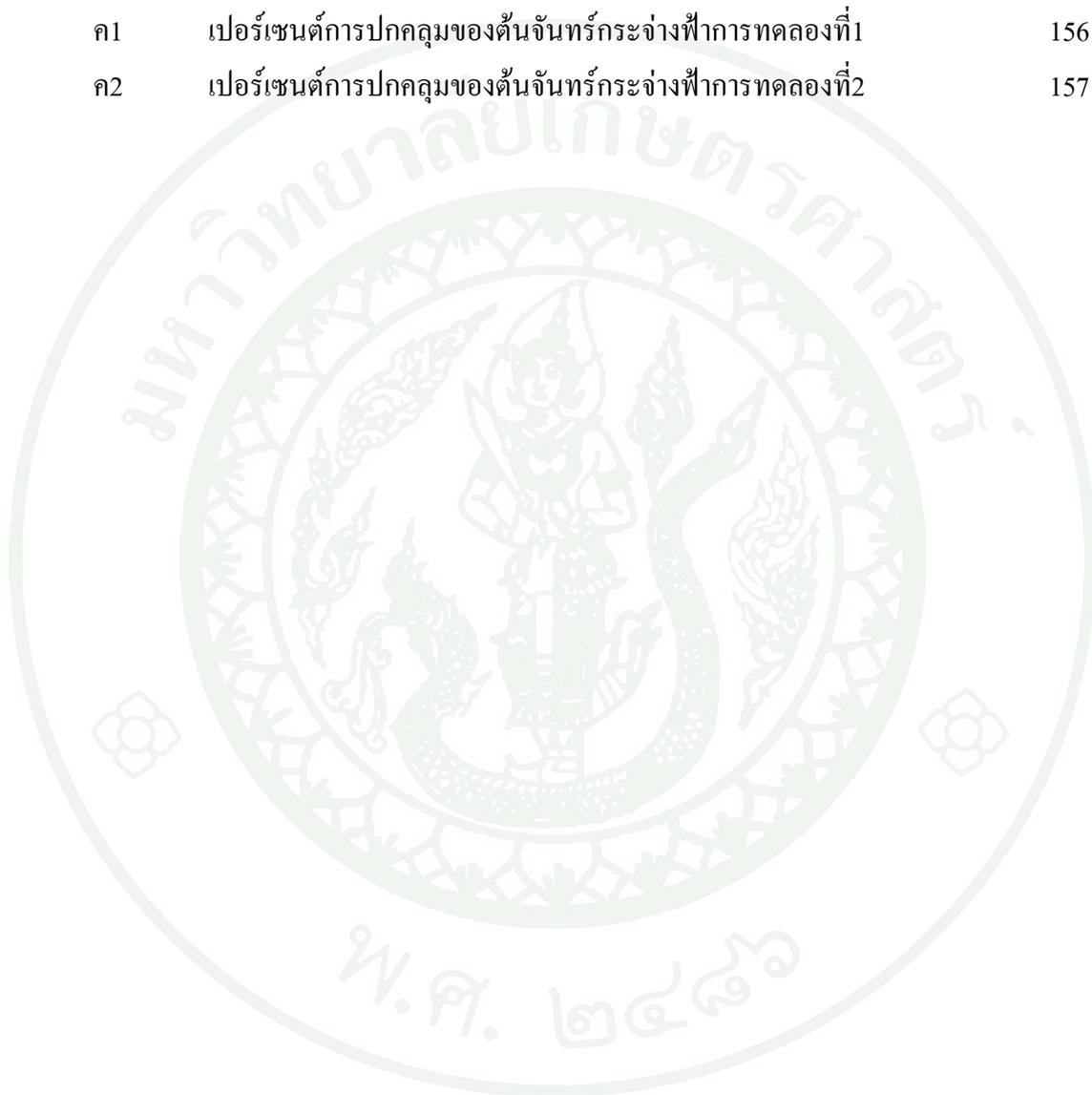
ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์	20
2	การคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อย	46
3	การคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อย โดยการให้คะแนน	47
4	คุณสมบัติจันท์กระจ่างฟ้า	48
5	การเปรียบเทียบขนาดของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง	61
6	การเจริญเติบโตของการทดลองปลูกไม้เลื้อย 10 สัปดาห์	62
7	การเปรียบเทียบสรุปผลการเจริญเติบโตของต้นไม้	65
8	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่1	66
9	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่2	68
10	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่3	70
11	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่4	72
12	ส่วนผสมของแผ่นผักตบชวาและพลาสติก	78
13	สรุปการคัดเลือกวัสดุ	82
14	การเปรียบเทียบของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลองระยะห่าง และวัสดุ	84
15	การเจริญเติบโตของการทดลองปลูกไม้เลื้อย 24 สัปดาห์	86
16	สรุปการเปรียบเทียบของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง ในการทดลองที่2	98
17	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่1	99
18	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่2	103
19	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่3	107
20	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่4	111
21	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่5	115
22	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่6	119
23	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่7	123
24	การปกคลุมของต้นจันท์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่8	127

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	แสดงการเปรียบเทียบสรุปผลการเจริญเติบโตของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า	135
26	สรุปการเปรียบเทียบของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง ในการทดลองที่ 2	138
ตารางผนวกที่		
ก1	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 1 แนวเฉียง	145
ก2	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 2 แนวตั้ง	145
ก3	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 3 แนวนอน	146
ก4	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 4 แนวตาราง	146
ข1	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 1 เส้นสลิง ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร	148
ข2	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 2 เส้นเอ็น ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร	149
ข3	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 3 ไม้ไผ่ ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร	150
ข4	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 4 เส้นผักตบชวา เคลือบยางพารา ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร	151
ข5	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 5 เส้นสลิง ระยะห่างที่ 15 เซนติเมตร	152
ข6	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 6 เส้นเอ็น ระยะห่างที่ 15 เซนติเมตร	153
ข7	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 7 ไม้ไผ่ ระยะห่างที่ 15 เซนติเมตร	154
ข8	การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 8 เส้นผักตบชวา เคลือบยางพารา ระยะห่างที่ 15 เซนติเมตร	155

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค1	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าการทดลองที่1	156
ค2	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าการทดลองที่2	157



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพผนังไม้เลื้อย	3
2	ภาพตัวอย่างแผงไม้เลื้อย	11
3	ภาพเส้นใยธรรมชาติ	15
4	เมล็ดและเส้นใยของจิว	17
5	การตากแห้งผักตบชวา	24
6	การถักผักตบชวาเป็นเส้น	25
7	ภาพการกรีดยางพารา	26
8	ประเภทของอุตสาหกรรมแปรรูปยาง	28
9	ส่วนประกอบของน้ำยางสด	30
10	การผลิตน้ำยางข้น	31
11	การผลิตยางพารา	36
12	หลักทฤษฎีของ <i>Kirchhoff</i>	38
13	การบิดของโค้งและตีกลับของไม้เลื้อย	38
14	แผงไม้เลื้อยด้านข้างอาคารจอดรถงามวงศ์วาน 1	39
15	แผงไม้เลื้อยด้านหลังอาคารจอดรถงามวงศ์วาน 2	40
16	แผงไม้เลื้อยด้านในอาคารจอดรถงามวงศ์วาน 2	40
17	แผงไม้เลื้อยด้านหน้าของอาคาร PASONA O2 JAPAN	41
18	แผงไม้เลื้อยด้านในของอาคาร PASONA O2 JAPAN	41
19	กล้องถ่ายรูป DSLR CANNON 450 D	42
20	เครื่องชั่งน้ำหนัก	42
21	แผ่นตารางสเกล	43
22	พื้นที่ทดลอง	49
23	แผงการทดลอง	50
24	รูปแบบแผงการทดลอง	53
25	แผงแนวตั้ง	56
26	PROGRAM สำเร็จรูป (Adobe Photoshop) จำนวน	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	การชั่งน้ำหนักต้นจันทร์กระจ่างฟ้า	60
28	การชั่งน้ำหนักกระถางเปล่า	60
29	การชั่งน้ำหนักต้นไม้	64
30	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแ่งที่1	67
31	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแ่งที่2	69
32	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแ่งที่3	71
33	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแ่งที่4	73
34	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกทั้ง 4 แ่งโดยใช้ การประมวลภาพ	74
35	ผักตบชวาค้นฝอย	76
36	พลาสติก	77
37	การชั่งน้ำหนักหาปริมาณผักตบชวา และ พลาสติก	77
38	นำมาเข้าเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง(TWO ROLL MIC) โดยวิธีการค่อยๆ โรยผักตบชวาลง	78
39	เครื่องอัดขึ้นรูปผักตบชวาและพลาสติก	78
40	นำแผ่นที่ได้มาเข้าแม่พิมพ์ตามขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร	79
41	การอัดขึ้นรูปผักตบชวาและพลาสติกเป็นแผ่นผนังเบา	79
42	ผักตบชวาลักเป็นเปีย	79
43	เรซินหล่อใส (Resin)	80
44	ผักตบชวาเคลือบเรซินหล่อใส	80
45	ผักตบชวาลักเป็นเปีย	81
46	ยางพาราชั้น	81
47	ผักตบชวาลักเป็นเปียเคลือบยางพารา	81
48	การชั่งน้ำหนักต้นจันทร์กระจ่างฟ้า	83
49	การชั่งน้ำหนักกระถางเปล่า	83
50	การชั่งน้ำหนักต้นไม้	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
51	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่1	102
52	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่2	106
53	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่3	110
54	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่4	114
55	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่5	118
56	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่6	122
57	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่7	126
58	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแวงที่8	130
59	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกทั้ง 8 แวง โดยใช้การประมวลภาพ	131
60	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกทั้ง 4 แวง โดยใช้การประมวลภาพ	136
61	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกทั้ง 8 แวง โดยใช้การประมวลภาพ	139
ภาพผนวกที่		
ง1	วิธีการทดลองอัด VDO ที่ 1	161
ง2	วิธีการทดลองอัด VDO ที่ 2	163
ง3	วิธีการทดลองอัด VDO ที่ 3	165

การศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อย

The Study of Pattern and Materials for Vertical Climbing Plants Trellis

คำนำ

สภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อมนุษย์ในการอยู่อาศัยและการดำรงชีวิต ทั้งทางกายภาพและความรู้สึก ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาในการออกแบบอาคาร เพื่อสร้างและปรับแต่งสภาพให้เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์ด้วยการออกแบบเปลือกอาคาร องค์กรอบอาคารและรายละเอียดเพื่อนำไปสู่การลดภาระการทำความเย็นและการประหยัดพลังงานในอาคาร รวมทั้งการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อความสบายของมนุษย์ในที่สุด

การปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (Vertical Garden) เป็นแนวทางที่เริ่มเป็นที่นิยมแพร่หลายในหลาย ๆ ประเทศ เป็นผลพวงมาจากปัญหาโลกร้อน ภาวะเกาะความร้อนในเมือง และพื้นที่อันจำกัด ซึ่งทำให้ไม่สามารถปลูกต้นไม้บนพื้นดินตามปกติได้ ในต่างประเทศมีผู้คิดค้นนวัตกรรมผนังสีเขียว (Green Wall, Biowall, Vertical Garden) สามารถปลูกต้นไม้ในระนาบผนังได้ผลดี ในสหรัฐอเมริกา แคนาดา ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น มีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย เช่น ผนังเฟิร์นที่สยามพารากอน โดย Patric Blanc นักพฤกษศาสตร์ชาวฝรั่งเศส โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มีราคาสูง¹

แนวทางการออกแบบโดยการใช้พืชพรรณประกอบอาคารสามารถให้ประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อมได้หลายประการ โดยเฉพาะเมื่อใช้ในบริเวณซึ่งไม่สามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้แก่เมืองได้ การใช้พืชพรรณเป็นเปลือกอาคารทางแนวตั้ง (Green Wall) และการทำสวนหลังคา (Roof Garden) ของอาคารเพื่อทดแทนพื้นที่สีเขียวที่สูญเสียไปนั้นอาจทำได้หลายวิธี การปลูกต้นไม้ในแนวตั้งเป็นวิธีหนึ่งที่ประหยัด ใช้พื้นที่น้อย และนอกจากจะช่วยลดความร้อนให้แก่อาคารภายนอกแล้ว ยังช่วยลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน ช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ สร้างความหลากหลายทางชีวภาพให้สุนทรียภาพ¹

¹ผนังสีเขียว โดย รศ.พาสินี สุนากร

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปลูกต้นไม้ในแนวตั้งโดยทำเป็นผนังแผงไม้เลื้อยเป็นการออกแบบอีกทางหนึ่งเพื่อปิดบังแสงแดดที่ส่องหรือกระทบตัวอาคารซึ่งการเลือกใช้วัสดุในการทำแผงยึดเกาะนั้นมีความสำคัญวัสดุของแผงส่วนใหญ่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นจะใช้วัสดุที่เป็นโลหะเพื่อความคงทนและแข็งแรง ซึ่งคุณสมบัติของโลหะคือนำความร้อน เมื่อโดนแสงแดดเผาโดยเฉพาะช่วงบ่ายถึงเที่ยงหรือช่วงเที่ยงถึงบ่าย เหล็กสแตนเลสก็จะร้อน เถาของไม้เลื้อยที่มีขนาดเล็กและไม่มีเนื้อไม้ เมื่อโดนความร้อนจากเสาซุ้มก็จะไม่สามารถเลื้อยพันขึ้นไปได้ จะเจริญอยู่ด้านล่างบริเวณ โคนเสาหรือเลื้อยไปที่อื่น วัสดุสำหรับยึดเกาะไม้เลื้อยนั้นต้องคำนึงถึงลักษณะของไม้เลื้อยให้เหมาะสมกับพรรณไม้แต่ละชนิด

วัสดุที่นำมาทำเป็นแผงไม้เลื้อยในปัจจุบันมีดังนี้

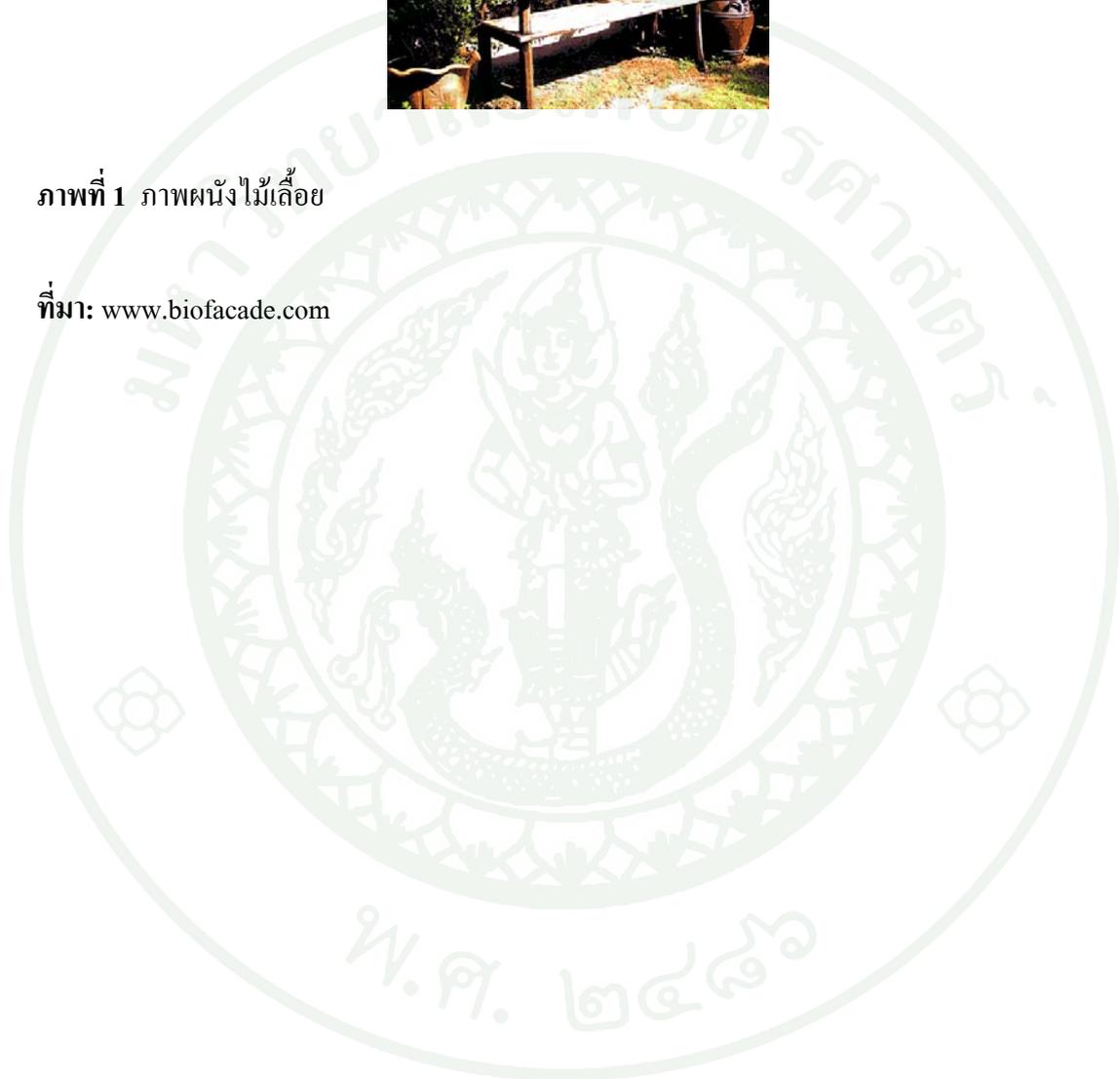
1. เหล็ก หรือ ซุ้มสแตนเลสขนาดใหญ่เหมาะกับไม้เลื้อยเนื้อแข็งขนาดใหญ่กิ่งก้านแข็งแรงและมีแรงยึดเหนี่ยวมาก เป็นวัสดุที่ทนทานที่สุด ราคาแพง
2. ไม้ หรือ ไม้ไผ่ มีความแข็งแรงรองลงมาเหมาะสำหรับไม้เลื้อยขนาดกลางจนถึงขนาดเล็ก วัสดุนี้นี้เป็นวัสดุที่มีความทนทานน้อย แต่เป็นที่นิยมเพราะหาง่ายและราคาไม่แพงนัก
3. พีวีซี และพลาสติก หรือ ไม้เทียม เป็นวัสดุที่เริ่มนิยมเพราะมีความทนทานกว่าไม้ไผ่ แต่มีราคาค่อนข้างสูง
4. เชือก เป็นวัสดุที่หาง่ายและไม่มีความทนทาน บอบบางขาดง่าย ราคาถูก

ด้วยปัญหาในเรื่องวัสดุต่างๆ และข้อจำกัดในการใช้วัสดุธรรมชาติมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในการปลูกไม้เลื้อยให้มีประสิทธิภาพซึ่งทำให้ต้องใช้วัสดุที่ไม่นำความร้อนและมีความทนทานเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่มากขึ้น จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาการศึกษาวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยโดยเน้นทางการออกแบบโครงยึดเกาะให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้เลื้อย และการปรับเปลี่ยนวัสดุของโครงเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและความแข็งแรงทนทาน โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายอีกทางหนึ่ง เพราะฉะนั้นการวิจัยนี้จึงมีประโยชน์ทั้งเพื่อตอบสนองความสบายของผู้ใช้อาคาร และเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น



ภาพที่ 1 ภาพผนังไม้เลื้อย

ที่มา: www.biofacade.com



วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการวิจัยการศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็น โครงยึดเกาะแผง ไม้เลื้อย
มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1. เพื่อพัฒนารูปแบบ โครงยึดเกาะแผง ไม้เลื้อยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ ไม้เลื้อย
2. เพื่อเปรียบเทียบวัสดุที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ เป็น โครงยึดเกาะแผง ไม้เลื้อยโดยนำ วัสดุที่ใช้ในปัจจุบันเทียบกับวัสดุผักตบชวาเคลือบด้วยยางพารา
3. พัฒนาและนำไปใช้กับอาคารขนาด 1-3 ชั้นเพื่อทำเป็นผนังบังแดดหรือฉนวนให้อาคาร

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เลือกศึกษาและมุ่งเน้นเกี่ยวกับแนวทางการออกแบบ รูปแบบแผงโครง ยึดเกาะสำหรับ ไม้เลื้อย โดยใช้วัสดุที่ได้มาจากธรรมชาติโดยศึกษาการยึดอายุการใช้งานของวัสดุ อย่างมีประสิทธิภาพและการออกแบบรูปแบบแผง โครงยึดเกาะให้เหมาะสมกับการยึดเกาะของ ต้น ไม้

1. การคัดเลือกชนิดพืชโดยเลือกใช้ไม้เลื้อยเพียง 1 ชนิด
2. เปรียบเทียบการยึดเกาะ ไม้เลื้อยด้วยวัสดุได้แก่ ไม้ โลหะ เส้นเอ็น และผักตบชวาเคลือบ ยางพาราที่มีความหนา 4 มิลลิเมตรเท่ากันทุกวัสดุ และใช้วัสดุเพียง 4 ชนิดเท่านั้น
3. ระยะห่างของแผงภายในใช้ระยะห่างที่ 10 และ 15 เซนติเมตรเท่านั้น
4. แผงการทดลองหันหน้าสู่ทางทิศใต้เท่านั้น

ระยะเวลาของการทำการวิจัยถูกจำกัดโดยระยะเวลาการศึกษาระดับปริญญาโท จึงสามารถ ทำการทดลองได้ตั้งแต่เดือนกันยายนปี 2552 ถึง สิงหาคม ปี 2553

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางเลือกในการหาวัสดุสำหรับ โครงยึดเกาะไม้เลื้อยและรูปแบบใหม่
2. เพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับ โครงยึดเกาะไม้เลื้อยที่นำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

ระเบียบวิธีวิจัย

มีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลและการวิจัยหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและใกล้เคียงที่เคยมีผู้ได้ ทำการศึกษาไว้ทั้งจากวิทยานิพนธ์ และสิ่งพิมพ์ต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ในการเลือกปัจจัยต่างๆ ที่จะนำมาทดสอบและออกแบบรูปแบบแผงโครงยึดเกาะสำหรับไม้เลื้อย

1.1 ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง

1.2 ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาค้นคว้าเชิงปฏิบัติการ

ขั้นตอนการศึกษาเชิงปฏิบัติการ

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและสรุปจนได้รูปแบบของแผง โครงยึดเกาะและ องค์ประกอบปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบ โดยแบ่งการทดลองการออกแบบโครงยึดเกาะ และ ส่วนประกอบของโครง โดยมีการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาและเลือกชนิดของพันธุ์ไม้เลื้อยที่จะนำมาปลูก โดยการออกแบบ
 แผลง 4 แบบ เพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นไม้วางแบบไหนต้นไม้วางจะปกคลุมและเลื้อยได้ดีที่สุด
 ทดลองโดยการขึงเอ็นทำเป็นลายแผลงไม้เลื้อยเพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นไม้วาง เริ่มต้นด้วยการขึง
 น้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นไม้วางก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน การทดลองนี้
 ทำการทดลองประมาณ 10 สัปดาห์และถ่ายภาพทุกสัปดาห์เพื่อสังเกตทิศทางการเลื้อยและหา
 ปริมาณการปกคลุมของใบ โดยนับค่า Pixels สี แล้วนำแผลงภายในไปขึงน้ำหนักเพื่อดูปริมาณการ
 เจริญเติบโต เมื่อทำการทดลองเพื่อทราบถึงทิศทางการเลื้อยและหาปริมาณการปกคลุมของต้นไม้วางที่
 ดีที่สุด จึงนำมาเพื่อทำการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะห่างเพื่อเป็นแนวทางในการเว้นระยะที่เหมาะสมของไม้เลื้อย
 และศึกษาวัสดุหาคอนกรีตเพื่อเป็นแนวทางในการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลอง
 ชุดที่ 1 แล้วจะได้แนวทางในการออกแบบแผลงทดลองโดยการนำรูปแบบที่ได้สรุปผลแล้วนำมาทดลอง
 และนำวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับวัสดุที่เป็นธรรมชาติ

ศึกษาวัสดุผักตบชวาเคลือบยางพาราที่จะนำมาทำแผลงโครงยึดเกาะซึ่งได้จากธรรมชาติ
 อย่างมีประสิทธิภาพ เปรียบเทียบกับเส้นสลิง เส้นเอ็น ไม้ไผ่

การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 1-2 มาวิเคราะห์ โดยการทดลองนี้จะกำหนดให้ผนัง
 หันไปทางทิศใต้และเก็บบันทึกจากเครื่องมือมาและการสังเกตมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบผล ซึ่งใน
 บางส่วนจะนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอีกครั้ง

3. สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

นำผลการทดลองที่ได้มาสรุปเพื่อเสนอแนวทางการศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็น
 โครงยึดเกาะแผลงไม้เลื้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อพัฒนาเส้นผักตบชวาเป็นวัสดุ
 สำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อย โดยรายละเอียดของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ
 การศึกษาดังนี้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาไม้เลื้อย

- 1.1 คุณสมบัติของไม้เลื้อย
- 1.2 ประโยชน์ของไม้เลื้อย
- 1.3 การจัดจำแนกไม้เลื้อย
- 1.4 ลักษณะการเลื้อย
- 1.5 ปัจจัยการเจริญเติบโต
- 1.6 ชุ่มและสิ่งพยุง

2. ศึกษาวัสดุสำหรับยึดเกาะ

- 2.1 เส้นใยธรรมชาติ
- 2.2 สมบัติของเส้นใย
 - ผักตบชวา
 - ขางพารา

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผสมเส้นใย
 ผักตบชวา

3.2 การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา (ปีที่ 2)

3.3 Mechanics of Climbing and Attachment in Twining Plants

3.4 อาคารตัวอย่าง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาไม้เลื้อย

ไม้เลื้อย เป็นพืชที่ไม่สามารถทรงตัวได้โดยลำพัง จึงมักเลื้อยพันต้นไม้อื่นใหญ่หรือสิ่งพุง เป็นที่ยึดเกาะเพื่อให้ลำต้นเจริญอยู่ได้ ธรรมชาติให้คุณสมบัติที่มีวิวัฒนาการพิเศษช่วยในการเลื้อยเกาะ และปรับตัวทอดยอด เพื่อรับแสงไม่ติดต้นหนทางเจริญเติบโต จึงทำให้มีจำนวนชนิดของไม้เลื้อย ในธรรมชาติมากกว่าไม้ประเภทอื่น

1. คุณสมบัติของไม้เลื้อย

คุณสมบัติที่ทำให้การเลื้อยและการเจริญเติบโตเป็นไปอย่างสมบูรณ์มีลักษณะดังนี้

- มีการเจริญเติบโตที่เร็ว โครงสร้างและลำต้นมีขนาดเล็กและทอดอ่อน
- มีวิวัฒนาการพิเศษที่ช่วยพุงเลื้อยเกาะให้ต้นทรงตัวอยู่ได้
- มีการสะสมอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต

2. ประโยชน์ของไม้เลื้อย

นอกจากดอกและใบที่สวยงามตามชนิดและพันธุ์แล้ว เถาหรือลำต้นของไม้เลื้อยที่ทอดตัว อย่างอ่อนช้อย ยังช่วยลดความแข็งกระด้างเมื่อนำมาปลูกตกแต่งให้เลื้อยห้อยหรือย้อยเป็นพวงตามรั้ว และกำแพงบ้าน นิยมนำมาปลูกประดับซุ้มและตัดปรับตามรูปทรงที่กำหนด ให้เราได้อาศัยใบที่แน่นทึบ เป็นร่มเงาช่วยพรางแสงอาทิตย์ร้อนแรงให้ลดลง บดบังสิ่งที่ไม่งามอง สร้างเสริมความชุ่มชื้นของ สภาพแวดล้อมแก่พันธุ์ไม้ประดับบางชนิดในบริเวณโดยรอบ ช่วยดูดซับมลพิษ อีกทั้งความอ่อนช้อย ของไม้เลื้อยบางชนิดเป็นที่มาของลวดลายในโลกของงานศิลปะ

3. การจัดจำแนกไม้เลื้อย

3.1 การจัดจำแนกตามอายุ แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

- 1) ไม้เลื้อยอายุต้นหรือฤดูเดียว มีวงจรชีวิตตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ด เจริญเติบโตทางต้นและใบ ออกดอกออกผลจนกระทั่งติดเมล็ดหลังจากนั้นต้นจะโทรมและตายไปในระยะเวลาไม่เกิน 1 ปี แล้วเมล็ดก็งอกต้นใหม่มาแทนที่ เช่น อัญชัน มอร์นิงกลอรี เป็นต้น
- 2) ไม้เลื้อยอายุ 2 ปีหรือ 2 ฤดู วงจรชีวิตมีช่วงการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกเป็นการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และช่วงที่ 2 คือ ช่วงผลิดอกออกผล เมื่อครบวงจรต้นจะโทรมและตายไป
- 3) ไม้เลื้อยอายุหลายปีหรือหลายฤดู มีวงจรชีวิตตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดจนออกดอกออกผล อาจภายใน 1 ปีหรือหลายปี แล้วต้นยังไม่ตายสามารถผลิดอกออกผลต่อไปได้เรื่อยๆ จนกระทั่งต้นจะโทรมและตายไปในที่สุด

3.2 การจัดจำแนกตามลักษณะเนื้อไม้ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

- 1) ไม้เลื้อยเนื้ออ่อนและอวบน้ำ เป็นไม้เถาเลื้อยที่โตเร็ว มักมีลำต้นเล็ก เมื่อยังเล็กเปลือกมีสีเขียว ต่อมาเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อมีอายุมากขึ้น และเนื้อไม้มีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนไม้เลื้อยอวบน้ำจะมีเนื้อไม้สีเขียวใสอวบน้ำ บางชนิดส่วนกลางอาจมีท่อนกลาง เช่น ผักบุ้ง เป็นต้น ไม้เลื้อยประเภทนี้พบทั้งไม้ล้มลุกอายุสั้น อายุสองปี และอายุหลายปี เช่น ตำลึง อัญชัน และพลูด่าง เป็นต้น
- 2) ไม้เลื้อยเนื้อแข็ง มีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า อายุหลายปี ลำต้นเมื่อโตเต็มที่ มีขนาดใหญ่ เปลือกสีน้ำตาล เนื้อไม้แข็ง เมื่อตัดลำต้นตามขวางจะพบวงปี เกิดขึ้นตามจำนวนปีที่เจริญเติบโต ไม้เลื้อยเนื้อแข็งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ไม้เถาเลื้อยเนื้อแข็ง ลำต้นไม่สามารถพองตัวเองได้ ต้องอาศัยสิ่งพองตั้งแต่เริ่มปลูก เช่น พวงคราม ถ้วยทอง ประเภทที่ 2 คือ ไม้พุ่มกิ่งเลื้อยหรือไม้รอเลื้อย ลำต้นเมื่อยังเล็กจะเจริญเป็นพุ่มทรงตัวได้ และจะเจริญแตกกิ่งก้านพาดหรือเกาะเลื้อยสิ่งพองต่อไป เช่น เฟื่องฟ้า นมแมว โนรา เป็นต้น

4. ลักษณะการเลื้อย และการยึดเกาะที่ต่างกัน พบว่ามี 3 ลักษณะ คือ

4.1 การเลื้อยพันแบบพาดพิง เป็นลักษณะการทอดเลื้อยของไม้พุ่มกิ่งเลื้อยที่ต้นแตกกิ่งก้านยาว แล้วเอนไปพาดพิงกับสิ่งพุง เช่น โนรา เฟื่องฟ้า และสายหยุด

4.2 การเลื้อยแบบขัดสาน เมื่อใดที่ไม้เลื้อยไม่มีสิ่งพุงมารองรับ ธรรมชาติก็จะพาลำต้นของไม้เลื้อยให้เกี่ยวพันกันเองเพื่อพุงตัวเองขึ้นรับแสง เช่น เล็บมือนาง

4.3 การเลื้อยพันเกาะยึดเกี่ยว โดยอาศัยอวัยวะมากมายให้การยึดเกาะ มีหลายลักษณะด้วยกัน ได้แก่

4.3.1 ยอดเลื้อยพันสิ่งพุง เช่น อัญชัน สร้อยอินทนิล และพวงแสด

4.3.2 ใช้รากพิเศษ ที่อยู่ตามลำต้นและข้อปล้อง ซึ่งเป็นรากเส้นเล็กๆ ออกเป็นแผงสามารถเกาะเกี่ยวสิ่งพุง เช่น พลูด่าง นมตำเลีย มธูรดา และตีนตุ๊กแก

4.3.3 มือพัน คือ รยางค์ที่เปลี่ยนรูปมาจากใบพบตามซอกใบและปลายยอด เป็นเส้นเล็ก ยาว ปลายม้วนงอ เพื่อเลื้อยพันสิ่งพุง เช่น เสาวรส และม่วงมณีรัตน์

4.3.4 ปุ่มยึด วิวัฒนาการมาจากมือพันหรือรากพิเศษเมื่อต้นทอดเลื้อยไปตามพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบทึบ เช่น ผนังหรือกำแพง ส่วนปลายของมือพันหรือรากพิเศษจะมีปุ่มเพื่อยึดเกาะให้ติดอยู่กับผนัง ได้แก่ เถางุ่น

4.3.5 ตะขอเกี่ยวสิ่งพุง มีวิวัฒนาการมาจากก้านช่อดอก ลักษณะปลายแหลมคม ปลายโค้งงอ เกาะเกี่ยวกับสิ่งพุงหรือพันตัวเอง เช่น กุหลาบเลื้อย และคัคเค้า

4.3.6 ปลายใบเปลี่ยนเป็นมือจับ ปลายใบจะยึดเป็นเส้นใยม้วนงอเพื่อยึดสิ่งพุง เช่น ดอกคิง หม้อข้าว-หม้อแกงลิง และหวายลิง

4.3.7 ก้านใบ โดยธรรมชาติให้ก้านใบที่ยาวและบิดโค้งงอเพื่อเกาะสิ่งพวงหรือเกี่ยวพันตัวเอง เช่น พวงแก้วกูดัน พวงแก้วมณี และมะเขือเครือ เป็นต้น²



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผงไม้เลื้อย

ที่มา: www.biofacade.com

5. ปัจจัยการเจริญเติบโต

การที่ไม้ประดับจะเจริญเติบโต แข็งแรงและมีสุขภาพดีได้นั้น หาได้ขึ้นอยู่กับการให้น้ำและให้ปุ๋ยอย่างเพียงพอเท่านั้นไม่ แต่ยังมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้ประดับอยู่อีกหลายประการ ที่ผู้ปลูกเลี้ยงควรจะรู้และทำความเข้าใจ ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่ออาการเจริญเติบโตของไม้เลื้อย มีอยู่ด้วยกันหลายประการ ดังนี้คือ

- แสงสว่าง
- อุณหภูมิ
- น้ำและความชื้น
- อากาศ
- ธาตุอาหาร
- ดิน

² ออชรา พงษ์ไสว, 2544. ไม้เลื้อยประดับ. สำนักพิมพ์บ้านและสวน

แสงสว่าง เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อพืชเป็นอย่างมาก เพราะพืชจะต้องใช้พลังงานจากแสงสว่างในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะแสงแดดในช่วงเช้า การปลูกไม้เลื้อยถ้าทำชุ่มในแนว ทิศเหนือ-ทิศใต้ (ขวางดวงอาทิตย์) จะออกดอกได้ดี แต่ควรเลือกไม้ที่ชอบแสงแดดจัด

อุณหภูมิ คือ ความร้อนเย็นของอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิหรือความร้อนในอากาศยิ่งสูงขึ้นมากเท่าไร พืชก็จะคายน้ำมากขึ้นเท่านั้น รวมไปถึงการระเหยของน้ำที่อยู่รอบๆ บริเวณดินพืชด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช คืออุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 15-40 องศาเซลเซียส ดังนั้น ควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิที่พืชเหล่านั้นต้องการด้วย

น้ำและความชื้น พืชมีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อหล่อเลี้ยงเซลล์ และยังเป็นตัวละลายแร่ธาตุต่างๆ ก่อนที่จะลำเลียงเข้าสู่ต้นพืชอีกด้วย พืชทุกชนิดจะต้องการน้ำในปริมาณที่ต่างกันและความต้องการน้ำของพืชย่อมขึ้นอยู่กับขนาดและอายุของพืช ถ้าปลูกในกระถางต้องรดน้ำจนน้ำไหลออกจากก้นกระถาง เพื่อให้ น้ำส่วนเกินช่วยชะล้างขี้เกลือสำหรับความชื้นในอากาศนั้นถือว่าเป็นปัจจัยทางอ้อม ที่มีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำของพืช คือถ้าเมื่อใดก็ตามที่ความชื้นในอากาศลดลงพืชก็จะคายน้ำมากขึ้นและนั่นก็แน่นอนว่าพืชจะต้องการน้ำเพื่อมาชดเชยปริมาณน้ำที่สูญเสียไปมากขึ้นเช่นกัน

อากาศ เป็นปัจจัย ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง โดยพืชจะหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปทางใบเพื่อใช้ในกระบวนการต่างๆ การหายใจของพืชไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ใบเท่านั้น แต่ยังเกิดขึ้นที่รากอีกด้วย เราจะพบอยู่บ่อยๆ ว่า พืชที่รากแช่อยู่ในน้ำนานๆ นั้น จะเหี่ยวเฉาและตายในที่สุด สาเหตุเพราะว่าน้ำเข้าไปแทรกอยู่ในดินจนหมด ทำให้ไม่มีช่องว่างที่อากาศไหลจะเวียนเข้ามาได้ ดังนั้นในการปลูกไม้ประดับ ผู้ปลูกจะต้องมีการเตรียมดินให้ดี คือดินจะต้องมีความร่วนซุยพอ เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก

ธาตุอาหาร หรืออาหารของพืช เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยธรรมชาติแล้วพืชจะได้รับธาตุอาหารต่างๆ จากดินแต่บางครั้งธาตุอาหารที่มีอยู่ตามธรรมชาตินั้นก็หาได้มีเพียงพอกับความต้องการของพืชไม่ จึงจำเป็นที่ผู้ปลูกเลี้ยงจะต้องเพิ่มธาตุอาหารลงไปในดิน ธาตุอาหารหรือปุ๋ยที่เราเติมลงไปให้กับพืชนั้น มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1) ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่เกิดจากซากพืชและซากสัตว์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเทศบาล เป็นต้น

2) ปุ๋ยอนินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่เกิดจากการสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย ไนเตรท หรือร็อกฟอสเฟต ปุ๋ยพวกนี้มีทั้งเป็นปุ๋ยเดี่ยวและปุ๋ยรวม ส่วนมากจะเรียกกันเป็นสูตรเช่น 46-0-0 หรือ 15-15-15 เป็นต้น ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกนั้นนิยมใช้คลุกเคล้ากับดินที่จะปลูกหรือรองก้นหลุมเพื่อให้ดิน มีความอุดมสมบูรณ์และร่วนซุย อีกทั้งยังเป็นตัวช่วยปรับสภาพโครงสร้างของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย แต่การให้ผลตอบแทนจะช้ากว่าปุ๋ยเคมีซึ่งปุ๋ยเคมีนั้นจะให้ผลตอบแทนรวดเร็วทันใจ แต่ผลเสียคือดินจะจับตัวกันแน่นและโครงสร้างของดินก็จะเสียหายไปด้วย ถ้าใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดผลเสียแก่ไม้ประดับ ในการใช้ปุ๋ยนั้นควรพิจารณาและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของต้นไม้และดินด้วย

ดิน คือ สิ่งที่พืชใช้ยึดเกาะเพื่อการทรงตัวและ ใ้รากชอนไชหาอาหาร จึงถือได้ว่าดินนั้น คือ แหล่งกำเนิดอาหารของพืช เพราะในดินนั้นประกอบด้วยธาตุอาหารต่างๆ ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกพืช ก็จะต้องมีธาตุอาหารที่พืชต้องการอยู่อย่างครบถ้วนหรือเกือบครบ ดินที่เราพบเห็นกันอยู่ทั่วไปมีอยู่ 3 ประเภท คือ ดินร่วน หินทราย และดินเหนียว ในบรรดาดินทั้งสามประเภทนี้ ดินร่วนถือได้ว่าเป็นดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกพืชมากที่สุด เพราะสามารถเก็บความชื้น ระบายน้ำและระบายอากาศได้เป็นอย่างดี ดินทรายเป็นดินที่มีเม็ดดินขนาดใหญ่ อุ้มน้ำได้น้อย ไม่พอกับความต้องการของพืช ส่วนดินเหนียวนั้นเป็นดินที่มีขนาดของเม็ดดินที่เล็กมากจนละเอียดได้ ซึ่งเมื่อได้รับความชื้นเข้าไปจะจับตัวกันแน่น อุ้มน้ำได้ดี แต่อากาศไม่สามารถจะถ่ายเทได้สะดวก ถึงอย่างไรก็ตามทั้งดินทรายและดินเหนียวต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย การที่จะนำมาใช้ประโยชน์นี้ต้องพิจารณาถึงชนิด ความต้องการและประเภทของพืชเป็นหลักด้วย³

³<http://www.doac.go.th/hi/so/a2.htm>

6. คุ้มและสิ่งพุง

- สิ่งพุงสำหรับไม้เลื้อยเนื้ออ่อนขนาดเล็ก ไม้เลื้อยทั่วไป ลำต้นเริ่มทอดเลื้อยตั้งแต่ยังเล็ก ควรมีหลักพุงให้ต้นเลื้อยเกาะและรับแสง เพื่อการสร้างอาหารและเจริญเติบโตต่อไป สิ่งพุงเหล่านี้ อาจหาได้ง่าย เช่น ไม้ลวก ไยมะพร้าวอัดแท่ง กระจังไม้ไผ่ผ่าซีก

- สิ่งพุงสำหรับไม้เลื้อยเนื้ออ่อนขนาดใหญ่และไม้เลื้อยเนื้อแข็ง

ไม้เลื้อยเหล่านี้มีทรงพุ่มที่ค่อนข้างใหญ่ การเลือกวัสดุในการทำสิ่งพุงจึงต้องมีความ สอดคล้องกับขนาดของต้นไม้และประโยชน์ใช้สอยที่เหมาะสม มีวัสดุหลักดังนี้

1. ไม้ สิ่งพุงชนิดนี้เหมาะสำหรับไม้เลื้อยขนาดเล็กและขนาดกลาง มีการเจริญเติบโต ปานกลาง แรงเกาะเกี่ยวค่อนข้างน้อย และควรตัดแต่งสม่ำเสมอ สิ่งพุงที่ทำจากไม้มีอายุการใช้งาน ค่อนข้างสั้น ควรหมั่นดูแลและซ่อมแซม

2. เหล็ก สิ่งพุงชนิดนี้เหมาะสำหรับไม้เลื้อยเนื้อแข็งขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก หรือมีแรง เกาะเกี่ยวมาก เช่น การเวก ไบระบาด เป็นต้น สิ่งพุงนี้มีอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนาน ค่าใช้จ่าย สูงกว่าไม้

ศึกษาวัสดุสำหรับยึดเกาะ

วัสดุที่นำมาทำแผงโครงยึดเกาะนี้มุ่งเน้นไปที่วัสดุที่ได้จากธรรมชาติและวัสดุที่เหลือใช้ อย่างมีประสิทธิภาพ

1. เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ (natural fibers) เป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ โดยเฉพาะ ในด้านสิ่งแวดล้อม สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศ ต้นทุนการผลิตต่ำ และราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับ เส้นใยสังเคราะห์ รวมทั้งเส้นใยธรรมชาติยังลดการขีดข่วนและลดความเสียหายของเครื่องจักรที่ใช้ ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความสนใจนำเส้นใยจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์มากขึ้น ทั้งนี้

เส้นใยธรรมชาติสามารถหาได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เส้นใยลินิน ปอ ป่านศรนารายณ์ มะพร้าว ฝ้าย และนุ่น ใยธรรมชาติจำแนกตามแหล่งที่มาเป็น 3 กลุ่ม คือ

1) ใยจากพืช ได้แก่ เส้นใยจากเซลลูโลส เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ป่าน ปอ ลินิน ใยสับปะรด ใยมะพร้าว ฝ้าย นุ่น ศรนารายณ์ เป็นต้น โดยเซลลูโลส เป็น โฮโมพอลิเมอร์ ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสจำนวนมาก มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขา

2) เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน เช่น ขนสัตว์ (wool) ไหม (silk) ผม (hair) เล็บ เขา ไหม เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้ มีสมบัติ คือ เมื่อเปียกน้ำ ความเหนียวและความแข็งแรง จะลดลงถ้าสัมผัสแสงแดดนานๆ จะสลายตัว

3) เส้นใยจากหินแร่ เช่น แร่ใยหิน (asbestos) ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ทนไฟ ไม่นำไฟฟ้า



ภาพที่ 3 ภาพเส้นใยธรรมชาติ

ที่มา: <http://www.mtec.or.th>

เส้นใยสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติ แบ่งเป็น 3 ประเภท

1) เส้นใยพอลิเอสเตอร์ เช่น เทโทรอน ใช้บรรจุในหมอน เพราะมีความฟูยืดหยุ่น ไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง สำหรับดาครอน (Dacron) เป็นเส้นใยสังเคราะห์พวกพอลิเอสเตอร์ อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Mylar มีประโยชน์ทำเส้นใยทำเชือก และฟิล์ม

2) เส้นใยพอลิเอไมด์ เช่น ไนลอน (Nylon) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์มีหลายชนิด เช่น ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,10 ไนลอน 6 ซึ่งตัวเลขที่เขียนกำกับหลังชื่อจะแสดงจำนวนคาร์บอนอะตอม ในมอนอเมอร์ของเอมีนและกรดคาร์บอกซิลิก ไนลอนจัดเป็นพวกเทอร์มอพลาสติก มีความแข็งมากกว่าพอลิเมอร์แบบเดิมชนิดอื่น (เพราะมีแรงดึงดูดที่แข็งแรงของพันธะเพปไทด์) เป็นสารที่ติดไฟยาก (เพราะไนลอนมีพันธะ C-H ในโมเลกุลน้อยกว่าพอลิเมอร์แบบเดิมชนิดอื่น) ไนลอนสามารถทดสอบโดยผสมโซดาแลม (NaOH + Ca(OH)₂) หรือเผาจะให้ก๊าซแอมโมเนีย ประโยชน์ของ ไนลอน ใช้ในการทำเสื้อผ้า ถุงเท้า ถุงน่อง ขนแปรงต่างๆ สายกีตาร์ สายเอ็นไม้เร็กเก็ต เป็นต้น

3) เส้นใยอะคริลิก เช่น ออร์ใช้ในการทำเสื้อผ้า ผ้านวม ผ้าขนแกะเทียม ร่มชายหาด หลังคากันแดด ผ้าม่าน พรหม เป็นต้น

4) เซลลูโลสแอซิเตด เป็นพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับ กรดอะซิติกเข้มข้น โดยมีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสแอซิเตด เช่น ผลิตเป็นเส้นใยอาร์เนล 60 ผลิตเป็นแผ่นพลาสติกที่ใช้ทำแผงสวิทช์และหุ้มสายไฟ

เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่ได้จากการนำสารจากธรรมชาติ มาปรับปรุงโครงสร้าง ให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ นำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเส้นใยธรรมชาติ ตัวอย่างเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น วิสคอส เรยอง แคมเบอร์กเรยอง เป็นต้น

2. สมบัติของเส้นใย

โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการเรียงตัวของโมเลกุลของเส้นใย เป็นสมบัติซึ่งมีผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าที่ทำขึ้นจากเส้นใยนั้นๆ เส้นใยโดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ

- 2.1 มีความแข็งแรง และทนทาน (strength and durability)
- 2.2 สามารถปั่นได้ (can be spun)
- 2.3 มีความสามารถในการดูดซับดี (absorbency)

โดยทั่วไปผ้าที่ผลิตจากเส้นใยที่แข็งแรงจะมีความแข็งแรงทนทานตามไปด้วย หรือผ้าที่ผลิตขึ้นจากเส้นใยที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ผ้าสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับการ

นำไปใช้ในส่วนที่มีการสัมผัสกับผิวและดูดซับน้ำ เช่น ผ้าเช็ดตัว ผ้าอ้อม เป็นต้น ดังนั้นการทราบสมบัติของเส้นใย จะทำให้สามารถทำนายสมบัติของผ้าที่มีเส้นใยนั้นๆ ได้และทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดของผลิตภัณฑ์ประเภทได้ถูกต้องตามความต้องการ ที่จะนำไปใช้งาน

พืชเส้นใย หมายถึง พืชที่ให้เส้นใย คำว่า "เส้นใย" หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียว เส้นใยธรรมชาติซึ่งได้จากพืช จะมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสซึ่งได้จากหลายส่วนของพืช



ภาพที่ 4 เมล็ดและเส้นใยของง้าว

ที่มา: <http://www.mtec.or.th>

เซลลูโลส มีส่วนประกอบทางเคมีพวกคาร์โบไฮเดรต (สารพวกเดียวกับแป้งและน้ำตาล) โมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเดี่ยวที่สูญน้ำไป ๑ โมเลกุล ($C_6H_{10}O_5$) เชื่อมต่อกันหลาย ๆ โมเลกุล ย่อยสลายตัวได้ยาก โมเลกุลของเซลลูโลสเรียงตัวกันในผนัง-เซลล์ของพืช เป็นหน่วยเส้นใยขนาดเล็กมากเกาะจับตัวกันเป็นเส้นใย ในพืชบางชนิดนั้น เส้นใยเป็นผนังเซลล์เซลล์เดียวของพืช เช่น ใยฝ้ายเป็นขนจากชั้นของเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกสุด เมื่อพิจารณาจากส่วนของพืชที่ให้เส้นใยที่นำไปใช้ประโยชน์ ก็แบ่งได้ ดังนี้

- 1) ขนที่เมล็ดหรือผนังด้านในของผล เช่น ฝ้าย รัก นุ่น และजू
- 2) เส้นใยในเนื้อเยื่อด้านในของเปลือกของลำต้น เช่น ปอแก้ว ปอกระเจา ปอ ถักยา ป่านลินิน และป่านรามิ เส้นใยที่ได้จากเนื้อเยื่อส่วนเปลือกของลำต้นนั้นส่วนใหญ่ เรียกว่า "ปอ" ส่วนที่ได้จากเนื้อเยื่อของใบเรียกว่า "ป่าน" อย่างไรก็ตาม ก็ไม่ได้เรียกแยกกันอย่างชัดเจน เช่น รามิและลินิน ให้เส้นใยจากลำต้นแต่เรียกกันว่า ป่านรามิและป่านลินิน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ ให้เส้นใยที่เหนียว แข็ง หรือมักใช้ทอผ้าเนื้อบางหรือทอด้วยด้ายเส้นเล็กหรือละเอียดก็ได้
- 3) เส้นใยจากใบ ซึ่งเป็นส่วนที่ทนน้ำต่ออาหารของใบ เช่น ป่านศรนารายณ์ สับปะรด กล้วย มีส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ตัวใบ เส้นกลางใบ ก้านใบ และกาบใบ
- 4) เส้นใยที่เป็นเนื้อไม้ของต้นไม้ เป็นส่วนเนื้อเยื่อของท่อน้ำต่ออาหาร ใช้ในการทำกระดาษเป็นส่วนใหญ่ เช่น ยูคาลิปตัส สนสามใบหรือสนเกี๊ยะ ปอแก้ว ปอสา และต้นพืชล้มลุก โดยใช้กระบวนการที่เหมาะสมแยกเส้นใยจากเนื้อไม้ แล้วนำเส้นใยนี้ไปใช้ประโยชน์ทางด้านสิ่งทอได้ เช่น ผลิตเส้นใยเรยองหรือไหมเทียม (หมายรวมถึงเส้นใยที่ได้จากเซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลส) จากไม้ยูคาลิปตัส
- 5) เส้นใยจากส่วนอื่นๆ เช่น ทางหรือก้านใบประกอบของต้นปาล์ม ใช้ทำแปรง ส่วนเปลือกของผล (กาบมะพร้าว) หรือแม้กระทั่งรากมะพร้าวใช้ทำเชือก เป็นต้น

เราอาจแบ่งพืชเส้นใยได้อย่างคร่าวๆ เนื่องจากไม่สามารถแบ่งแยกได้อย่างชัดเจน เพราะมีลักษณะที่คาบเกี่ยวกัน จึงอาจแบ่งตามลักษณะการนำวัตถุดิบของพืชเส้นใยไปใช้งานดังนี้

- 1) ใช้ทำสิ่งทอ โดยปั่นเป็นเส้นด้ายแล้วนำไปทอเป็นผืนผ้า เช่น ผ้า ป่านรามิ ปอ กระเจา และป่านลินิน
- 2) ใช้ทำเชือก เช่น ป่านศรนารายณ์ ปอแก้ว กลัย และมะพร้าว
- 3) ใช้ยัดที่นอน ผ้าห่ม หมอน เบาะ เก้าอี้ววม เครื่องครุภัณฑ์ เช่น นุ่น จีว รักฝ้าย และมะพร้าว
- 4) ใช้ทำกระดาษ ซึ่งอาจใช้วิธีการง่ายๆ คือกรรมวิธีทางอุตสาหกรรม ใช้กับพืชหลายชนิด เพราะพืชให้เซลลูโลสที่นำไปใช้ทำกระดาษได้ เช่น พวกไม้เนื้ออ่อน สนบางชนิด ยูคาลิปตัส ฟางข้าว หญ้าขจรจบ หรือต้นพืชล้มลุกอื่นๆ แม้กระทั่งเส้นใยที่ใช้ในสิ่งทอ เช่น เส้นใยฝ้ายสั้นๆ ที่ไม่อาจนำไปปั่นทอได้ดี
- 5) ใช้ทำแปรง และสานหรือทอเป็นผืนแบบเสื่อ เช่น มะพร้าว ป่านศรนารายณ์และกก
- 6) ใช้ทำสิ่งของอื่นๆ ได้แก่ ตะกร้า หมวก เช่น กลัยให้กาบใบ และส่วนอื่นสำหรับประดิษฐ์สิ่งของต่างๆ ผักตบชวาใช้ผลิตเปลแวนและภาชนะอย่างอื่น ย่านลิเภาซึ่งเป็นพวกเถาวัลย์ ใช้สานทำภาชนะได้อย่างสวยงาม กกใช้ทอเสื่อและสิ่งประดิษฐ์อื่น ใผที่เอามาจักหรือผ่าเป็นเส้น ใช้สานหรือทอ และต้นหวายซึ่งก็เป็นพืชตระกูลปาล์มที่ใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมและหัตถกรรมได้กว้างขวางมาก

ต่อจากนี้ไปจะได้กล่าวถึงพืชเส้นใยที่เกี่ยวพันกับสังคมชาวไทย ในแง่ที่คนไทยปลูกเพื่อดำรงชีพหรือใช้ประโยชน์ รวมทั้งพืชบางชนิดที่ได้รับความสนใจที่จะก่อให้เกิดการพัฒนาต่อไป โดยจะกล่าวถึงลักษณะทั่วไป การใช้ประโยชน์ ประวัติและการปลูกโดยสังเขป รวมทั้งข้อคิดเห็นเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น หรือพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม อันอาจจะมีผลให้คนรุ่นหลังได้ทราบและวิเคราะห์เพื่อหาช่องทางในการพัฒนาได้อย่างเหมาะสมต่อไป ⁴

⁴ www.ceramic.lpru.ac.th/files/9%20fiber.doc

ข้อดี ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์⁴

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์

ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติ	ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติ
1. สวมใส่สบาย	1. อายุการใช้งานค่อนข้างสั้น
2. ย่อยสลายง่าย	2. ไม่ทนต่อการซักล้าง
3. ย้อมติดสีง่าย	3. มีข้อจำกัดในการใช้งาน
4. ระบายอากาศได้ดี	4. ปรับปรุงสมบัติได้น้อย
ข้อดีของเส้นใยสังเคราะห์	ข้อเสียของเส้นใยสังเคราะห์
1. นำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย	1. สวมใส่แล้วร้อน
2. ทนต่อการซักล้าง	2. ย่อยสลายยาก
3. สามารถปรับปรุงสมบัติได้หลากหลาย	3. ระบายอากาศได้น้อย

⁴www.ceramic.lpru.ac.th/files/9%20fiber.doc

ผักตบชวา

คุณสมบัติผักตบชวา

ชื่อวิทยาศาสตร์ของผักตบชวา ผักตบชวา ผักปอง สะวะ Water Hyacinth , Water Orchid
Pontederiaceae Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub.

ลักษณะ ใต้น้ำ มีไหลทอดเลื้อยไปตามผิวน้ำ ต้นอวบหนา ใบรูปไข่ค่อนข้างกลม สีเขียว เป็นมัน ก้านใบพองออกเพื่อช่วยให้ลอยน้ำได้ ดอกออกเป็นช่อที่ปลายยอด กลีบดอกบาง 6 กลีบ สีฟ้าอมม่วง กลีบบนขนาดใหญ่ และมีแต้มสีเหลืองกลางกลีบ ออกดอกปลายฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อน

ขยายพันธุ์ แยกต้นอ่อนที่ปลายไหลไปปลูก

การบริโภค ดอกอ่อนและก้านใบอ่อนกินเป็นผักลวกจิ้มน้ำพริกหรือทำแกงส้ม

สรรพคุณ ช่วยระบายความร้อนในร่างกาย

น้ำรู้ ช่อดอกผักตบชวาคคล้ายกับดอกไฮยาซินธ์ จึงมีชื่อว่า Water Hyacinth มีพืชน้ำหลายชนิดที่มีการศึกษาว่า สามารถบำบัดน้ำเสียได้ ตัวอย่างเช่น ผักตบชวา(Eichhornia crassipes) ฐูปฤายี่(Typhalatifolia) ผักเป็ดน้ำ (Alternanthera philoxeroides) อ้อ(Phragmites connumis) แหน (Lemma spp.) คีปี่น้ำ(Potamogeton crispus) และกก(Scirpous Lacustris) ในบรรดาพืชน้ำดังกล่าว ผักตบชวาได้รับความสนใจนำมาศึกษาอย่างกว้างขวาง ผักตบชวา มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Eichhornia crassipes Solms ชื่อสามัญว่า Water Hyacinth อยู่ในวงศ์ Pontederiaceae เป็นพืชน้ำประเภทใบเลี้ยงเดี่ยว ลอยน้ำได้โดยไม่ต้องมีที่ยึดเกาะ สามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก แผ่นใบคล้ายรูปหัวใจเป็นมันหนา ก้านใบพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุนช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้

ผักตบชวา สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ ทั้งในน้ำสกปรกและน้ำสะอาด เจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4-10 และอุณหภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 C° และในต้นพืชจะมีน้ำเฉลี่ยประมาณร้อยละ 95 (ในใบร้อยละ 89 และในก้านใบร้อยละ 96.7) ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยคุณสมบัติ

ทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น เปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพูน ซึ่งกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้าๆ จึงทำให้ของแข็งแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น นอกจากนี้ ระบบรากที่มีจำนวนมาก ช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่ราก ช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำ ลำเลียงไปยังใบเพื่อสังเคราะห์แสง ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป อย่างไรก็ตามในโตรเจนในน้ำเสียนั้น ส่วนมากจะอยู่ในรูปสารประกอบทางเคมี เช่น สารอินทรีย์ในโตรเจน แอมโมเนียในโตรเจน และไนเตรทในโตรเจน พบว่า ผักตบชวาสามารถดูดในโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด แต่ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ ผักตบชวาสามารถดูดอินทรีย์ในโตรเจนได้สูงกว่าในโตรเจนในรูปอื่นๆ คือ ประมาณร้อยละ 95 ขณะที่ไนเตรทในโตรเจน และแอมโมเนียในโตรเจนจะลดลงประมาณร้อยละ 80 และร้อยละ 77 ตามลำดับ แต่การใช้ผักตบชวาบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณในโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง จะส่งผลให้ผักตบชวาเจริญเร็วขึ้นและปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำมากขึ้น จึงควรมีการดูแลระบบเก็บคั้นที่เจริญเต็มที่ขึ้นจากน้ำอย่างสม่ำเสมอ ไม่เช่นนั้น เมื่อผักตบชวาทาย จะเน่าอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำเสียนั้นมีในโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้รากของผักตบชวามีแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนแแกรมลบ คือ *Azospirillum* spp. และมีคุณสมบัติพิเศษ สามารถตรึงในโตรเจนได้ประมาณ 2.5 กิโลกรัม/เฮกเตอร์/วัน

ผักตบชวา ขึ้นได้ในทุกสภาพน้ำ และสามารถบำบัดน้ำเสียได้โดยตรง แต่ถ้าน้ำเสียนี้ออกซิเจนอยู่ปริมาณสูงหรือน้ำเสียนี้ออกซิเจนมีปริมาณมาก การใช้ผักตบชวาบำบัดน้ำเสียจะให้ผลช้า และน้ำอาจเน่าเสียได้ จึงควรที่จะใช้ผักตบชวาร่วมกับการบำบัดน้ำเสียระบบอื่นด้วย จึงจะให้ผลดี

ในอดีตที่ผ่านมา "ผักตบชวา" เป็นวัชพืชน้ำที่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว สร้างความเสียหายต่อแม่น้ำ ลำคลองอย่างประมาณค่าไม่ได้ การกำจัดเป็นไปด้วยความยากลำบาก และเสียงบประมาณปีละหลายล้านบาท นำมาเป็นวัสดุคลุมดิน ปุ๋ยอินทรีย์ และบำบัดน้ำเสีย

จากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ถึงประโยชน์หลากหลายที่ได้จากวัชพืชน้ำอย่างผักตบชวา โดยมีรับสั่งให้ใช้ผักตบชวา เป็นตัวกรองน้ำเสีย ซึ่งเป็นแนวทางในการใช้ระบบชีวภาพในการควบคุมและบำบัดสภาพแวดล้อม โดยมีโครงการปรับปรุงบึงมักกะสัน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ปลูกผักตบชวาในบึงมักกะสัน 10% ของพื้นที่ผิวน้ำ ลักษณะก้นเป็นคอกขนาด 5 x 20 เมตร เป็นช่วงๆ เนื่องจากสามารถดูดซับโลหะหนัก เช่น ทองแดง ตะกั่ว จากน้ำโสโครกตามบ้านเรือน และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และยังพบว่า ผักตบชวาสามารถดูดซับแคดเมียม

ตะกั่วและปรอท จากการละลายที่มีโลหะปะปนอยู่⁵

นอกจากนี้ผักตบชวายังมีประสิทธิภาพในการดูดซับแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ และสารอนินทรีย์จากน้ำเสีย และสามารถเจริญเติบโตได้ทุกสภาพแวดล้อม ทนต่อโรคและแมลง ดังนั้นจึงมีการใช้ผักตบชวาเป็นตัวกำจัดและบำบัดน้ำโสโครก และเนื่องจากผักตบชวาเป็นวัชพืชที่โตเร็ว เมื่อต้นที่ปลูกเพื่อบำบัดน้ำเสียโตเต็มที่แล้ว ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านของการทำปุ๋ยอินทรีย์ จำพวกปุ๋ยหมักจากผักตบชวา หรือเป็นวัสดุคลุมดินได้เป็นอย่างดี

การนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ในการ ทำปุ๋ยหมัก ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแปรสภาพวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นทรัพยากรที่เป็น ประโยชน์ในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นการประหยัด และลดต้นทุนการผลิต ทั้งยังเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ เพราะเมื่อผักตบชวาสลายตัว จะมีปริมาณธาตุอาหารสูง

เนื่องจากผักตบชวานั้นมีระบบรากฝอยเป็นจำนวนมาก สามารถดูดซับเอาธาตุอาหารพืชที่ปนอยู่กับตะกอนในน้ำมาไว้ในส่วนต่างๆ ของ ลำต้นและใบ และในลำต้นของผักตบชวานั้นมีความชื้นสูงถึง 90% โดยผักตบชวาสด 30 ตัน สามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ 5.5 ตัน

เหมาะกับการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เนื่องจากปุ๋ยหมักใส่ลงไปในดิน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ซึ่งมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพ ของดินให้ดีขึ้น และเมื่อสลายตัวแล้ว จะได้สารประกอบ "ฮิวมัส" ซึ่งแสดงอำนาจเป็นประจุลบ เป็นตัวช่วยดูดธาตอาหารพืชมีประจุบวก และ ทำให้อนุภาคของดินเกาะตัวกัน นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยหมักยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีการระบายอากาศได้มากขึ้น และทำให้ ระบบรากของพืชสามารถแผ่กระจายในดินได้ พร้อมทั้งยังช่วยในการซึมผ่านของน้ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินให้ดีขึ้น

⁵<http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlbs085/interEx/informate/paktob/useful.htm>

สำหรับคุณสมบัติของผักตบชวาทางด้านเคมีนั้น พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักจะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน โดยปุ๋ยหมักนั้นจะค่อย ๆ ปล่อย ธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างสูง ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และ ในบางกรณีปุ๋ยหมักยังช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและแมงกานีสอีกด้วย

นอกจากนี้ยังมีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของปุ๋ยหมักจากผักตบชวา ก็คือการช่วยเพิ่มทางด้านต้านทานความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เป็นการ เพิ่มแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ดิน ทำให้จุลินทรีย์ดินเพิ่มปริมาณมากขึ้น และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้น

โดยเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน และลดปริมาณเชื้อโรคพืชบางชนิดในดินอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถนำผักตบชวาสดๆ ที่นำขึ้นมาจากแม่น้ำลำคลองไปทำเป็นวัสดุคลุมดินในสวนไม้ผล หรือตัดสับกลบส่วนกระถางปลูกไม้ดอกไม้ประดับ ตามบ้าน เพื่อลดการระเหยน้ำในดิน รวมทั้งตัวผักตบชวาเองจะค่อย ๆ ปลดปล่อยน้ำในตัวเองที่เก็บไว้นั้นคืนลงสู่ดิน ทำให้ดินรักษาความ ชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในระยะยาวขึ้นเมื่อน้ำแต่ละครั้ง

จะเห็นได้ว่าผักตบชวานั้น แม้จะเป็นเพียงวัชพืชร้ายที่ไม่เคยมีใครต้องการ กลับมีประโยชน์อย่างมหาศาลในการทำปุ๋ยหมัก วัสดุคลุมดิน อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นตัวบำบัดน้ำเสีย เชื้อเพลิงแข็ง และเครื่องจักรสาน เป็นแนวทางที่เหมาะสมในการแปรสภาพวัสดุเหลือใช้ให้เป็นประโยชน์ ทั้งยังสามารถเพิ่มรายได้และเป็นการประหยัดงบประมาณให้กับรัฐได้อีกด้วย



ภาพที่ 5 การตากแห้งผักตบชวา



ภาพที่ 6 การถักฟักตบขวาเป็นเส้น

ที่มา <http://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/12/project11.htm>

3. ยางพารา

ยางธรรมชาติ คือวัสดุพอลิเมอร์ที่มีต้นกำเนิดจากของเหลวของพืชบางชนิด ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำนม มีสมบัติเป็นคอลลอยด์ อนุภาคเล็ก มีตัวกลางเป็นน้ำ

ประวัติยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นน้ำยางจากต้น ไม้ยืนต้น มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งคือยางพาราหรือต้นยางพารา ยางพารามีถิ่นกำเนิดบริเวณลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิล และเปรู ทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งชาวอินเดียนแดง เผ่ามายัน ในอเมริกากลาง ได้รู้จักการนำยางพารามาใช้ก่อนปี พ.ศ. 2000 โดยการจุ่มเท้าลงในน้ำยางดิบ เพื่อทำเป็นรองเท้า ส่วนเผ่าอื่นๆ ก็นำยางไปใช้ประโยชน์ ในการทำผ้ากันฝน ทำขวดใส่น้ำ และทำลูกบอลยางเล่นเกมต่างๆ เป็นต้น จนกระทั่งคริสโตเฟอร์ โคลัมบัสได้เดินทางมาสำรวจทวีปอเมริกาใต้ ในระหว่างปี พ.ศ.2036-2039 และได้พบกับชาวพื้นเมืองเกาะ ไฮติที่กำลังเล่นลูกบอลยางซึ่งสามารถกระดอนได้ ทำให้คณะผู้เดินทางสำรวจประหลาดใจจึงเรียกว่า "ลูกบอลสีสิง"



ภาพที่ 7 ภาพการกรีดยางพารา

ต่อมาในปี พ.ศ. 2279 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อชาลส์ มารีเดอลา คองตามีน (Charles Merie de la Condamine) ได้ให้ชื่อเรียกยางตามคำพื้นเมืองของชาวไมกาว่า "คาโอชู" (Caoutchouc) ซึ่งแปลว่าต้นไม้ร้องไห้ และให้ชื่อเรียกของเหลวที่มีลักษณะข้นขาวคล้ายน้ำมันซึ่งไหลออกมาจากต้นยาง เมื่อกรีดเป็นรอยแผลว่า ลาเทกซ์ (latex) และใน พ.ศ. 2369 ฟาราเดย์ (Faraday) ได้รายงานว่ายางธรรมชาติเป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน มีสูตรเอมไพริคัลคือ C_5H_8 หลังจากนั้นจึงได้มีการปรับปรุงสมบัติของยางพาราเพื่อให้ใช้งานได้กว้างขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์

การผลิตยางธรรมชาติ

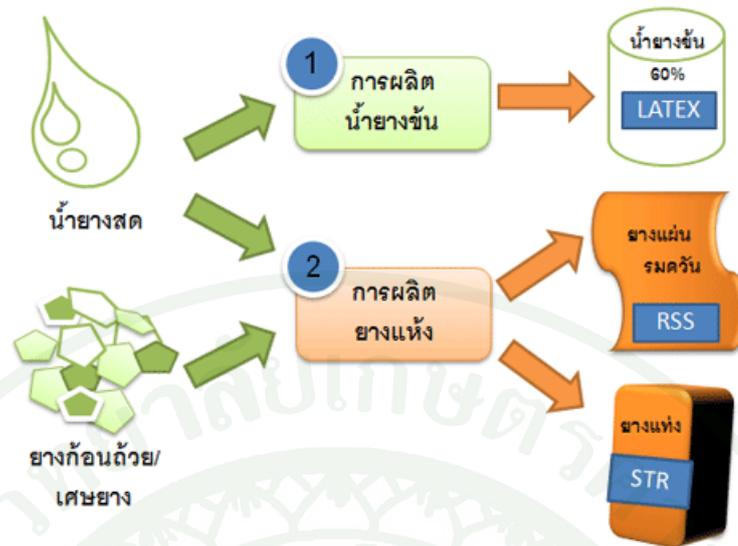
แหล่งผลิตยางธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดในโลกคือ แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คิดเป็นร้อยละ 90 ของแหล่งผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือมาจากแอฟริกากลาง ซึ่งพันธุ์ยางที่ผลิตในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ พันธุ์ฮีเวียบราซิลเลียนซิส (Hevea brasiliensis) น้ำยางที่กรีดได้จากต้นจะเรียกว่าน้ำยางสด (field latex) น้ำยางที่ได้จากต้นยางมีลักษณะเป็นเม็ดขุ่นเล็กๆ กระจายอยู่ในน้ำ (emulsion) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสภาพเป็นคอลลอยด์ มีปริมาณของแข็งประมาณร้อยละ 30-40 pH 6.5-7 น้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความหนืด 12-15 เซนติพอยส์ ส่วนประกอบในน้ำยางสดแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ⁶

⁶<http://www.rubber.co.th>

1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง 35%
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง 65%
3. ส่วนที่เป็นน้ำ 55%
4. ส่วนของลูทอยด์ 10%

น้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยาง จะคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศ และจากเปลือกของต้นยางขณะกรี๊ดยางจะลงไปปนน้ำยาง และกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่น โปรตีน น้ำตาล ฟอสโฟไลปิด โดยแบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลังจากแบคทีเรียกินสารอาหาร คือ จะเกิดการย่อยสลายได้เป็นก๊าซชนิดต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เริ่มเกิดการบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็น การที่มีกรดที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในน้ำยางเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงลดลง ดังนั้นน้ำยางจึงเกิดการสูญเสียสภาพ ซึ่งสังเกตได้จาก น้ำยางจะค่อยๆ หนืดขึ้น เนื่องจากอนุภาคของยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ และจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนน้ำยางสูญเสียสภาพโดยน้ำยางจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นเซรุ่ม ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยางไม่ให้อนุภาคของเม็ดยางเกิดการ รวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงมีการใส่สารเคมีลงไปปนน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยางให้คงสภาพเป็นของเหลว โดยสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางเรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ โพร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น เพื่อที่รักษาน้ำยางไม่ให้สูญเสียสภาพ

การนำยางธรรมชาติไปใช้งานมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบน้ำยาง และรูปแบบยางแห้ง ในรูปแบบน้ำยางนั้นน้ำยางสดจะถูกนำมาแยกน้ำออกเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ เนื้อยางขึ้นตอนหนึ่งก่อน ด้วยวิธีการต่างๆ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคือการใช้เครื่องเซนตริฟิวส์ ในขณะที่การเตรียมยางแห้งนั้นมักจะใช้วิธีการใส่กรดอะซิติกลงในน้ำยางสด การใส่กรดอะซิติกเจือจางลงในน้ำยาง ทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน เกิดการแยกชั้นระหว่างเนื้อยางและน้ำ ส่วนน้ำที่ปนอยู่ในยางจะถูกกำจัดออกไปโดยการรีดด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูกกลิ้ง วิธีการหลักๆ ที่จะทำใหยางแห้งสนิทมี 2 วิธีคือ การรมควันยาง และการทำยางเครพ แต่เนื่องจากยางผลิตได้จากเกษตรกรจากแหล่งที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการแบ่งชั้นของยางตามความบริสุทธิ์ของยางนั้นๆ



ภาพที่ 8 ประเภทของอุตสาหกรรมแปรรูปยาง

ที่มา: http://www2.diw.go.th/I_Standard/

รูปแบบของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะรูปแบบของยางดิบ ได้แก่

1. น้ำยาง

1.1 น้ำยางสด

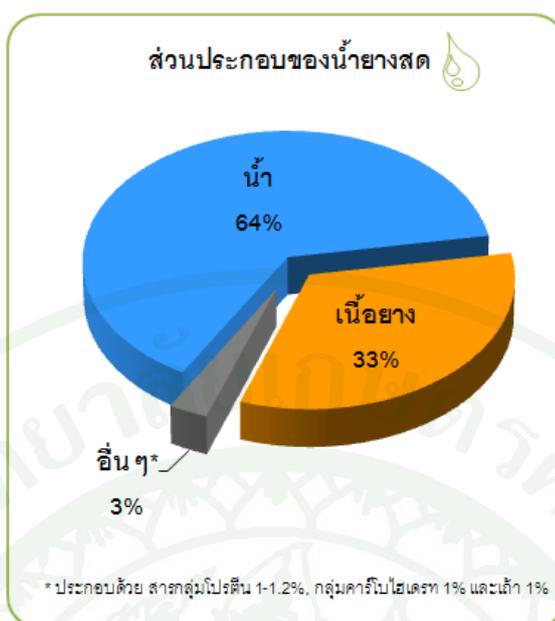
น้ำยางสด (Latex) ที่ได้จากการกรีด (Tapping) ต้นยางออกมาใหม่ๆ จะอยู่ในสภาพที่เรียกว่า Colloids ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

ส่วนที่เป็นน้ำ (Watery) ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Medium) ของ (Colloids) มีอยู่ประมาณ 60% ของน้ำยางบริสุทธิ์ มีความถ่วงจำเพาะ (S.gr)1

ส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง (Non-rubber solid) ประกอบด้วย Protein , Lipids , Carbohydrate และ Inorganic salts มีอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 5% โดยน้ำหนักของน้ำยาง มีทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอยของค์ประกอบเหล่านี้ทำให้ส่วนที่เป็นน้ำกลายเป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ น้ำยางที่รวมเอาส่วนนี้เข้าไปด้วยเรียกว่า Serum มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02

ส่วนที่เป็นยาง (Rubber Hydrocarbon) เป็นส่วนที่มนุษย์เรานำไปใช้ประโยชน์ พวกยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพหรือยางทุกรูปแบบที่ซื้อขายกันอยู่ในตลาดได้ไปจากส่วนนี้ทั้งสิ้น น้ำยางที่ยังสดอยู่ส่วนนี้จะอยู่กันเป็นเม็ดๆ เรียกว่า อนุภาคยาง (Rubber Particles) ซึ่งแขวนลอย (Suspended) อยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว (Serum) และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ (Negative Charges) อนุภาคยางมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 ซึ่งเบากว่าส่วนที่เป็นตัวกลางซึ่งมี ถ.พ. 1.02 แต่ที่อนุภาคยางไม่ลอยฟ่องอยู่บนผิวของตัวกลางก็เพราะว่า แรงผลักดันซึ่งกันและกันอันเนื่องมาจากการมีประจุไฟฟ้าที่เหมือนกันทำให้อนุภาคยางเคลื่อนที่ไปมาแบบไร้ทิศทาง (Brownian Movement) อยู่เสมอ อนุภาคยางจะหยุดการเคลื่อนที่เมื่อประจุไฟฟ้ารวมของน้ำยางเป็นศูนย์ (Isoelectric Point) จากนั้นก็จะจับตัวกันเป็นก้อนลอยฟ่องบนผิวของ Serum การทำยางแผ่น ยางแท่ง หรือยางเครพที่เราเติมกรดลงไปก็เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ ในทางตรงกันข้ามเวลาถนอมน้ำยาง เราจะเติม Ammonia ลงไปก็เพื่อให้ประจุลบที่เกิดจาก (OH) ไปเคลือบอนุภาคยางเอาไว้ เพื่อทำหน้าที่เป็นด่านป้องกันประจุบวก (Positive Charges) ใดๆ ที่จะเข้าไปทำให้ประจุลบบนอนุภาคยางเป็นศูนย์นั่นเอง

ส่วนที่เป็นยางนี้มีอยู่ในน้ำยางในปริมาณไม่แน่นอน มีตั้งแต่ 22% จนถึง 48% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ ระบบกรี๊ด และฤดูกาล ดังนั้นในการซื้อจากร้านค้าหรือปริมาณของน้ำยางโดยตรงได้ จะต้องใช้น้ำหนักของส่วนที่เป็นยางเรียกว่า DRC หรือ Dry Rubber Content แต่เพียงอย่างเดียว แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำยางสดจะมีส่วนเป็นยาง หรือ DRC เฉลี่ยประมาณ 35%



ที่มา: เว็บไซต์ สถาบันวิจัยยาง "ข้อมูลวิชาการยางพารา ปี 2550"

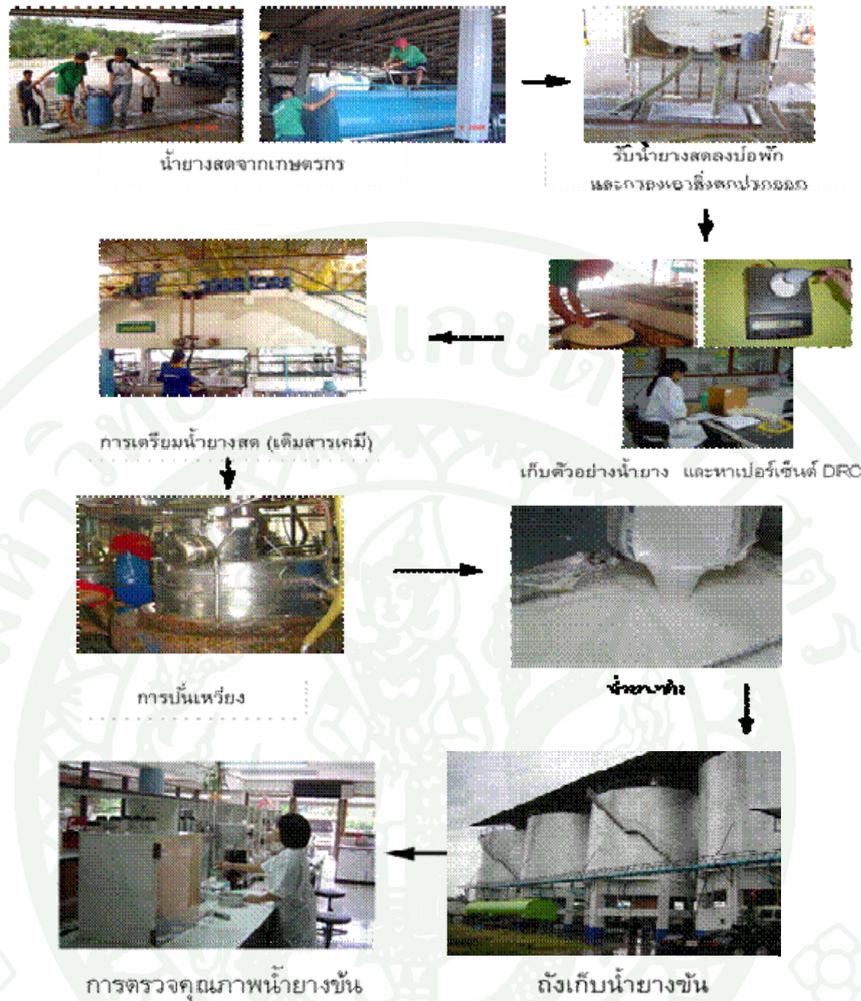
ภาพที่ 9 ส่วนประกอบของน้ำยางสด

1.2 น้ำยางข้น⁶

น้ำยางข้น (Concentrated latex) : หมายถึงน้ำยางธรรมชาติ ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นแล้วจะมีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 55-65 ซึ่งสูงกว่าน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 25-30 ทำให้สามารถทำการขนส่งได้ง่ายขึ้นเป็นอย่างมาก

การผลิตน้ำยางข้นเป็นการปั่นแยกน้ำยางสด โดยเครื่องปั่นแยก (Centrifuge) ให้ได้น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content : DRC) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 กรรมวิธีการผลิตประกอบด้วย การผลิตน้ำยางข้น การผลิตยางสกิม หรือการผลิตยางสกิมเครพหรือยางสกิมบดลือก

⁶<http://www.rubber.co.th>



ภาพที่ 10 การผลิตน้ำยาสดขั้น

ที่มา: http://www2.diw.go.th/I_Standard/

ยางแผ่นฟุ้งแห้ง : ยางที่ได้จากการนำน้ำยางมาจับตัวเป็นแผ่น โดยสารเคมีที่ใช้จะต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนการทำให้แห้งอาจใช้วิธีการฟุ้งลมในที่ร่ม หรือ อบในโรงอบก็ได้ แต่ต้องปราศจากควัน

ยางแผ่นรมควัน

การผลิตยางแผ่นรมควัน คือการนำยางแผ่นดิบมาล้างน้ำให้สะอาด รมควันให้สุก ตัดสิ่งสกปรกออก อัดก้อน และทาเคลือบด้วยแป้ง (Calcium Carbonate ผสม White Spirit) นำน้ำยางสดผสมกับน้ำและน้ำกรดในตะกอน คนจนผสมเข้ากันดี กวาดฟองที่ผิวหน้ายางออก แล้วใส่แผ่นเสียบในร่องเพื่อแยกน้ำยางให้เป็นแผ่นหนา 1 นิ้ว ปล่อยให้ยางแข็งตัวประมาณ 2-4 ชั่วโมง หลังจากยางแข็งตัวดีแล้วลากลึงเข้าเครื่องรีดเพื่อรีดเป็นแผ่นบางซึ่งหนาประมาณ 3 มม. ลูกรีด 2 ชุด สุดท้ายทำหน้าทีรีดขึ้นลายที่ผิวเพื่อเพิ่มพื้นที่การระเหยน้ำ ตากให้แห้งแล้วนำส่งโรงงานผลิต

ยางเครพ

ยางแท่ง : ก่อนปี 2508 ยางธรรมชาติที่ผลิตขึ้นมา ส่วนใหญ่จะผลิตในรูปของยางแผ่นรมควัน ยางเครพ หรือน้ำยางข้น ซึ่งยางธรรมชาติเหล่านี้จะไม่มีการระบุมาตรฐานการจัดชั้นยางที่ชัดเจน ตามปกติจะใช้สายตาในการพิจารณาตัดสินชั้นยาง ต่อมาในปี 2508 สถาบันวิจัยยางมาเลเซีย (Rubber Research Institute of Malaysia) ได้มีการผลิตยางแท่งขึ้นเป็นแห่งแรก เพื่อเป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของยางธรรมชาติให้ได้มาตรฐาน เหมาะสมกับการใช้งาน จนทำให้ยางแท่งเป็นยางธรรมชาติชนิดแรกที่ผลิตมาโดยมีการควบคุมคุณภาพให้ได้ มาตรฐาน ตลอดจนมีการระบุคุณภาพของยางดิบที่ผลิตได้แน่นอน

การผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR 5L เป็นการนำน้ำยางสดมาผ่านกระบวนการเติมกรดให้เป็นก้อน ตัดก้อน รีดให้เป็นแผ่นพรม ตัดย่อยเป็นชิ้นเล็ก ออบ และอัดเป็นยางแท่ง

ยางแท่งความหนืดคงที่ : เป็นยางที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมความหนืดของยางที่ใช้ในการแปรรูป เช่น อุตสาหกรรมยางท่อ, อุตสาหกรรมทำกาว

ยางสกิน : ยางสกินเป็นยางธรรมชาติที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิน (skim latex) ด้วยกรดแล้วนำยางที่ได้ไปทำการรีดแผ่นและทำให้แห้ง โดยน้ำยางสกินเป็นน้ำส่วนที่เหลือจากการทำน้ำยางข้นด้วยการนำน้ำยางสดมา ทำการเซนตริฟิวส์ แยกอนุภาคเม็ดยางออกจากน้ำ ซึ่งอนุภาคเม็ดยางเบากว่าน้ำ ส่วนใหญ่จึงแยกตัวออกไปเป็นน้ำยางข้น น้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ

ละ 60-63 ซึ่งนำยางสกิมคือส่วนที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์แยกเนื้อยางส่วนใหญ่ออกไป แล้ว ก็ยังมีส่วนของเนื้อยางออกมาด้วย ซึ่งเป็นเนื้อยางที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ๆ มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 3-6

โครงสร้างหลักที่มีผลกระทบต่อสมบัติของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) เป็น โมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนล้วน ทำให้มีสมบัติไม่ทนต่อน้ำมัน แต่เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ใน 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C₅H₈) มาต่อกันเป็นสายโซ่ยาวแบบเส้นตรง ใน 1 หน่วยไอโซพรีนจะมีพันธะคู่และหมู่แอลฟาเมทิลีนที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยกำมะถัน และทำให้ยางทำปฏิกิริยาได้ง่ายด้วยออกซิเจนและโอโซน ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายเช่นเดียวกัน ดังนั้นการออกสูตรยางจำเป็นจะต้องมีแอนติออกซิแดนท์และแอนตี้โอโซนเนทร่วมด้วยยางธรรมชาติมีสายโซ่ที่เคลื่อนไหวง่าย ทำให้ยางธรรมชาติคงสภาพยืดหยุ่นได้ดี มีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ประมาณ -72 °C สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก สำหรับความสม่ำเสมอในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้เมื่อยืด การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวยังทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขูดสูงชัน ยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูง อยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลกว้างมาก ทำให้ยางแข็งเกินไปที่จะนำไปแปรรูปโดยตรง จะต้องมีการบดขยัก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการบดขยักโดยทั่วไปจะใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง

ยางธรรมชาติประเภทอื่น ๆ (ปรับสภาพโครงสร้าง)

ยางฮีเวียพลัส เอ็มจี (Heveaplus MG) : ยางธรรมชาติที่มีการปรับสภาพโครงสร้างให้มีโครงสร้างโมเลกุลของเทอร์โมพลาสติกโดยโครงสร้างของยางเป็นสายโซ่หลัก (Backbone chain) และโครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาไครเลท (Polymethyl methacrylate) เป็นสายโซ่ที่มาต่อกับยางธรรมชาติ (Graft chain) เรียกว่า กราฟโคพอลิเมอร์

ยางธรรมชาติอีพอกไซค์ (ENR) : ยางธรรมชาติอีพอกไซค์ เป็นยางที่นำยางธรรมชาติมาปรับโครงสร้างโดยใช้สารเคมีจำพวกกรดเปอร์ออกไซด์ (peroxy acid) ซึ่งยางจะมีลักษณะเป็นสี

น้ำตาลเข้มข้นกว่ายางธรรมชาติปกติ ซึ่งสามารถเตรียมได้ทั้งชนิดน้ำยางและยางแห้ง โดยมีการผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของยางธรรมชาติให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ยางมีความเป็นขี้ผึ้งมากขึ้น สามารถทนต่อน้ำมันและตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ผึ้งได้ดียิ่งขึ้น สามารถทนต่อโอโซน และการซึมผ่านของอากาศได้ดี เพราะพันธะคู่ใน โครงสร้างยางธรรมชาติมีปริมาณน้อยลง อย่างไรก็ตามก็จะมีสมบัติบางประการที่ด้อยกว่ายางธรรมชาติ เช่น มีความยืดหยุ่นต่ำลง และหากนำไปวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันยางจะไม่ทนต่อความร้อน ยาง ENR มักใช้ในอุตสาหกรรมกาว หรือสารยึดติด รองเท้า สี และยางรถยนต์ เป็นต้น

ยางผง (Powder Rubber) : ยางผง เป็นยางที่ผลิตออกมาในลักษณะที่เป็นเม็ด เพื่อให้สะดวกในการใช้งานกล่าวคือสามารถใช้งานในลักษณะการผลิตแบบต่อเนื่อง ได้และสามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการบดหรือตัดยาง

ยางธรรมชาติสกัดโปรตีน (DPNR) : ยางธรรมชาติสกัดโปรตีนเป็นยางที่มีการดัดแปลงสภาพของยาง เพื่อให้มีปริมาณโปรตีนในยางต่ำซึ่งจะเป็นการลดปริมาณไนโตรเจนและปริมาณเถ้าในยาง เนื่องจากการที่ยางมีโปรตีนในยาง (ร้อยละ 1) ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์เร็ว สมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ไม่ดี ไม่สามารถนำมาใช้งานในด้านวิศวกรรมได้ เนื่องจากสมบัติความทนทานต่อแรงกดหรือแรงกระแทกต่ำ และอาจมีการเกิดอาการแพ้โปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่มีการสัมผัสโดยตรง เช่น ถุงมือ ทำให้มีความจำเป็นต้องลดปริมาณโปรตีนโดยการเตรียมน้ำยางที่มีโปรตีนต่ำก่อนนำไปทำผลิตภัณฑ์ หรือ ล้างน้ำหลาย ๆ ครั้ง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่แยกโปรตีนด้วยการละลายน้ำได้

ยางไซโคลซ์ (Cyclised Rubber) : ยางที่ปรับสภาพโครงสร้างโมเลกุลของยาง โดยให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อม โยงกันเองจนเป็นวง ทำให้มีสัดส่วนของพันธะที่ไม่อิ่มตัวลดลง ทำให้สมบัติยางเปลี่ยนไปและมีความแข็งแรงขึ้น

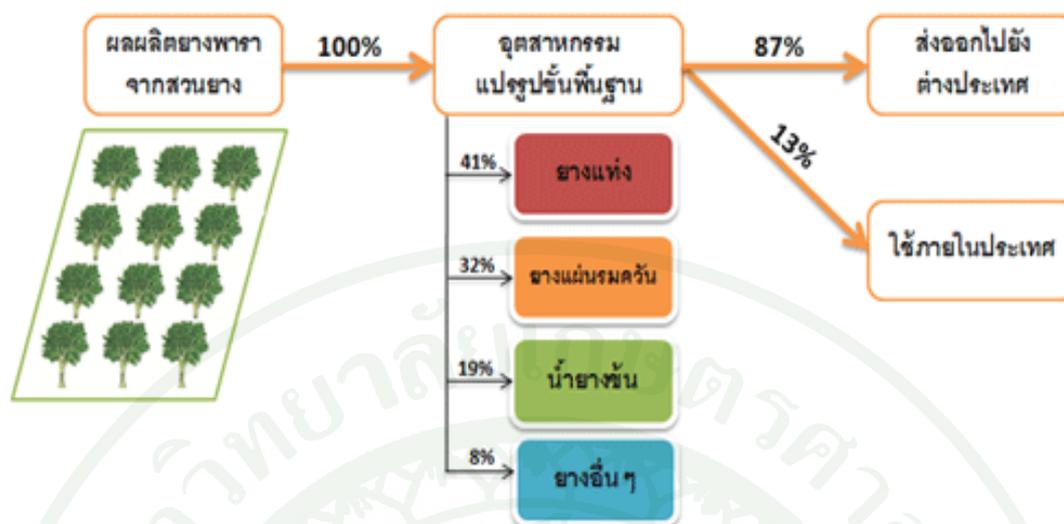
ยางเอสพี (SP Rubber) : ยางเอสพีหมายถึงยางที่มีส่วนผสมของยางวัลคาไนซ์ เช่น ยางเอสพี 20 คือ ยางที่มีส่วนผสมของยางที่วัลคาไนซ์อยู่ 20 ส่วนในยาง 100 ส่วน เป็นต้น

การผสมยางธรรมชาติกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น

ยางธรรมชาติเป็นยางที่มีสมบัติเด่นด้านความเหนียวติดกันที่ดี, สมบัติด้านการขึ้นรูปที่ดี, ความร้อนสะสมในขณะการใช้งานต่ำ เป็นต้น แต่ก็มีสมบัติบางประการที่เป็นข้อด้อย ดังนั้นในการแก้ไขข้อด้อยนั้น สามารถทำได้โดยการเลือกเอาสมบัติที่ดีจากยางสังเคราะห์ชนิดอื่นมาทดแทน เช่น สมบัติด้านความทนทานต่อการขัดถูของยางบิวตาไดอิน (BR), สมบัติความทนทานต่อน้ำมันของยางไนไตรล์ (NBR), สมบัติความทนทานต่อความร้อนและโอโซนของยาง EPDM เป็นต้น โดยการผสมยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์เหล่านี้เข้าด้วยกัน แต่การที่จะผสมให้เข้ากันได้ นั้นยางสังเคราะห์ชนิดนั้น ๆ ต้องไม่มีความเป็นขั้วเหมือนกับยางธรรมชาติ จึงจะทำให้ยางผสมรวมเข้ากันเป็นเฟสเดียวกันได้ดีขึ้น เช่น ยาง BR, SBR, EPDM และ NBR (เกรดที่มีอะคริโลไนไตรล์ต่ำ ๆ) ซึ่งปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อสมบัติของยางผสมที่ได้ นั้น มีดังนี้

- ความหนืดของยาง ยางธรรมชาติก่อนที่จะทำการผสมต้องทำการบดเพื่อลดความหนืดในตอนเริ่มต้นการผสมให้เท่ากับยางสังเคราะห์หรือใกล้เคียงซึ่งจะทำให้ยางทั้งสองผสมเข้ากันได้ดีขึ้น
- ระบบการวัลคาไนซ์ของยาง ระบบที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ต้องมีความเหมือนหรือแตกต่างกันไม่มากนัก เพื่อป้องกันการแยกเฟสของยางผสมขณะที่ทำการผสมยาง
- ความเป็นขั้วของยาง ในกรณีทำการผสมยางที่มีความเป็นขั้วแตกต่างกันมาก ควรพิจารณาถึงความสามารถในการกระจายตัวของสารเคมีในยางแต่ละชนิด โดยเฉพาะสารตัวเร่งและสารตัวเติม เพราะสารเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะกระจายตัวได้ดีในยางที่มีความเป็นขั้ว ซึ่งอาจส่งผลให้ยางผสมมีสมบัติต่ำลงจากที่ควรจะเป็น หากการกระจายตัวของสารเคมีไม่ดีเท่าที่ควร

ผลผลิตยางพาราจะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นพื้นฐานหลักๆ ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และยางอื่นๆ ก่อนส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ หรือส่งต่อไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับภายในประเทศ



ภาพที่ 11 การผลิตยางพารา

ที่มา: http://www2.diw.go.th/I_Standard/

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผสมเส้นใยผักตบชวา

ชินวัฒน์ ทองซัซ, พรรณชนก เพิ่มขึ้น (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: 2541) ได้ทำการเตรียมเส้นใยผักตบชวาพบว่าสามารถเตรียมเส้นใยผักตบชวา ได้ร้อยละ 3 จากผักตบชวาสด และพบว่าเส้นใยผักตบชวาที่เตรียมได้จะเสียดสภาพที่อุณหภูมิ 150°C ขึ้นไปในการเตรียมชิ้นงานเพื่อศึกษาสมบัติเชิงกล โดยทำการผสมพลาสติกโพลีเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูงเกรด GA3750กับเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 20 โดย น้ำหนัก สามารถเตรียมพลาสติกผสมโดยใช้เครื่องผสมลูกกลิ้ง และเครื่องหลอมอัดรีดชนิดเกลียว หนอนคู่ จากนั้นจึงนำไปฉีดขึ้นรูปดัมป์เบล แล้วนำพลาสติกผสมมาทดสอบสมบัติการต้านทาน แรงดึงพบว่าชิ้นงานพลาสติกที่ทำการผสมเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วน 5, 10 และ 20 โดยน้ำหนัก จะมีผลทำให้ค่า Ultimate Tensile Stress, Ultimate Tensile Strength และ Young's Modulus สูงขึ้น ส่วน % Ultimate Elongation ลดต่ำลง ซึ่งจะต่ำกว่าชิ้นงานพลาสติกที่ไม่ได้ผสมเส้นใยผักตบชวา จากผลของสมบัติ

เชิงกลที่กล่าวมาพบว่าการเติมเส้นใยผักตบชวาในทุกอัตราส่วน จะมีผลในการ เสริมแรงพลาสติก โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เกรด GA3750

2. การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา (ปีที่ 2)

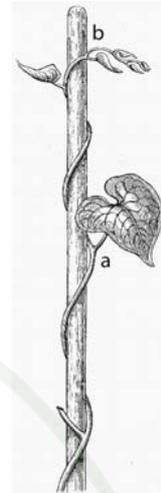
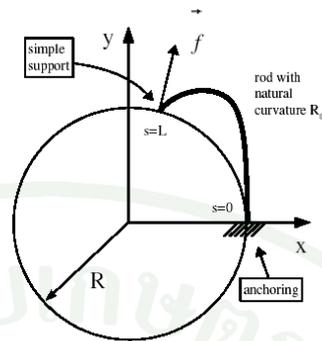
รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ: 2536) การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา กระทำโดยการบดผสมยางธรรมชาติ (ทีทีอาร์ 20) ให้เข้ากับเส้นใยผักตบชวาซึ่งผ่านการบดละเอียดแล้ว พร้อมกับสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็นในการทำสารประกอบยาง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณ (5 และ 10 phr) และขนาดของเส้นใยผักตบชวา (ละเอียด ปานกลาง และหยาบ) ต่อสมบัติเชิงกล พบว่าความแข็งของชิ้นงานที่ได้ใส่เส้นใยจะสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ซึ่งความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึงจะต่ำลงเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น สำหรับค่าโมดูลัส (500%) จะสูงขึ้น เมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นงานนั้นจะต่ำกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ยิ่งปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อการสึกหรอจะน้อยลง การใช้สารเชื่อมประสานเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับยางธรรมชาติ จะช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

3. Mechanics of Climbing and Attachment in Twining Plants

Alain Goriely นักวิจัยชาวฝรั่งเศสวิจัยเกี่ยวกับไม้เลื้อยซึ่งได้มีการพัฒนาในการเจริญเติบโตที่น่าสนใจและพบว่าความหนาของวัตถุที่ไม้เลื้อยสามารถพันได้โดยการขึ้นเป็นเกลียวรอบนั้นมีความสำคัญในการยึดเกาะ ไม้เลื้อยเป็นพืชที่มีความยืดหยุ่นและบิดโค้งยอดของตัวเอง และไม้เลื้อยสามารถหมุนรอบวัตถุได้ ตามหลักกลศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักทฤษฎีของ Kirchhoff

A model: Equilibrium of an elastic rod (Kirchhoff equations)

$$\begin{cases} \vec{N}' + \vec{p} = 0 & : \text{force balance} \\ \vec{M}' + \vec{r} \times \vec{N} = 0 & : \text{moment balance} \\ \vec{r}' = \vec{t} & : \text{tangent} \\ M_i = B_i(\kappa_i - \kappa_{i0}) & : \text{linear elasticity} \\ ' \equiv \frac{d}{ds} & ; (s : \text{arclength}) \end{cases}$$

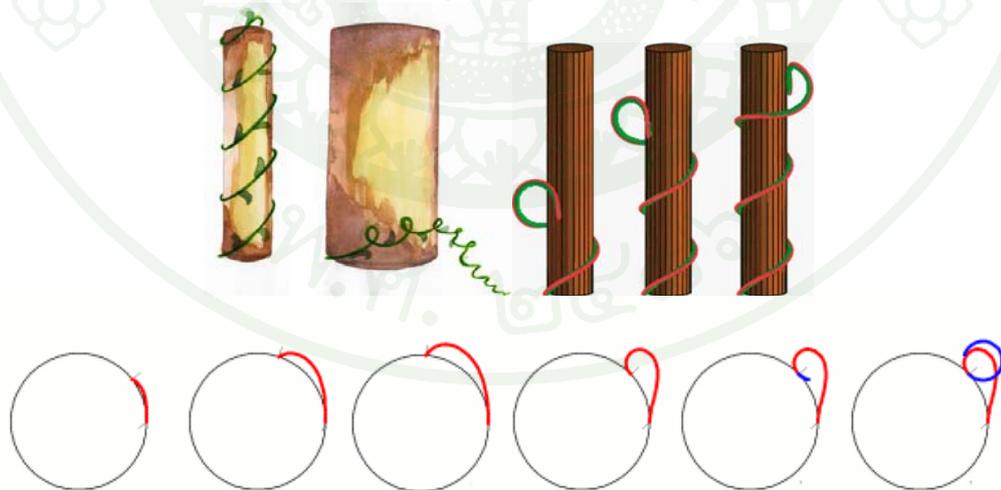


Ordinary differential equations with boundary conditions:

$$\begin{aligned} s=0 & : \text{anchoring} : \vec{t}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \\ s=L & : x(L)^2 + y(L)^2 = R^2 \quad \text{with} \quad \vec{N}(L) = f \parallel \begin{pmatrix} x(L) \\ y(L) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

ภาพที่ 12 หลักทฤษฎีของ Kirchhoff

พืชไม้เลื้อยจะเจริญเติบโตในแนวตั้งโดยไม่สามารถเติบโตขึ้นไปได้ด้วยตนเองซึ่งต้องมีสิ่งยึดเหนี่ยวและบิดโค้งรอบวัตถุ แต่หากปลายยอดไม่สามารถหมุนไปได้ ยอดจะมีความตึงเครียดและสร้างกลไกผ่านก้านซึ่งจะหาตำแหน่งในการยึดเกาะที่เหมาะสม แต่ถ้าวัตถุกิ่งเหนี่ยวมีความหนาเกิน 3.3 รัศมี ยอดที่สัมผัสกับวัตถุจะเริ่มงอเข้าและหยิกกลับไป



ภาพที่ 13 การบิดของโค้งและตีกลับของไม้เลื้อย

Alain Goriely, 2006. **Mechanics of Climbing and Attachment in Twining Plants**

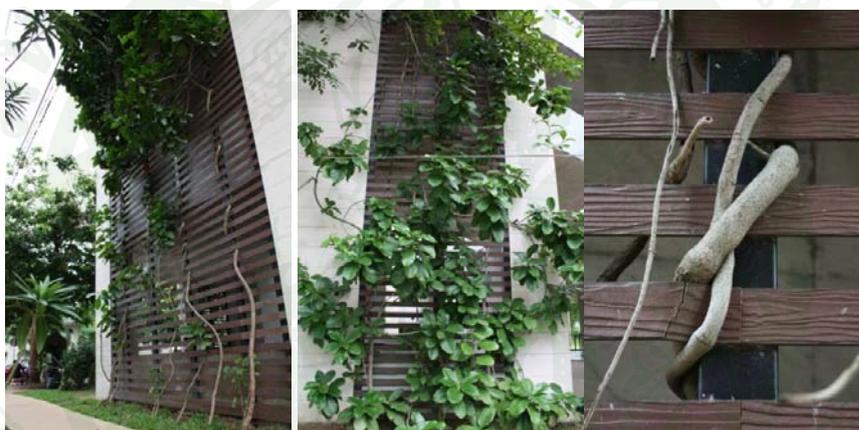
ที่มา: http://www.lmm.jussieu.fr/~neukirch/twining_plants.html

4. อาคารตัวอย่าง

นอกจากนี้ยังไม่พบงานวิจัยใดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องการศึกษารูปแบบและวัสดุสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยดังนั้นจึงทำการสำรวจการใช้ไม้เลื้อยช่วยในการบังแสงแดดและการตกแต่งเปลือกอาคารในปัจจุบัน

อาคารที่ศึกษาต่อไปนี้เป็น

อาคารจอดรถงามวงศ์วาน 1 และ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 แผงไม้เลื้อยด้านข้างอาคารจอดรถงามวงศ์วาน 1

อาคารด้านข้างใช้ตีโครงเหล็กแนวตั้งและไม้เทียมเป็นระแนงในแนวนอนโดยใช้ต้นหิรัญญิกาวัดศุที่ใช้มีความแข็งแรงทนทานจะสังเกตได้ว่าต้นไม้เลื้อยขึ้นในแนวตั้งเกี่ยวข้องกับโครงเหล็กพาดทับโครงไม้เทียมแนวนอน ซึ่งต้นไม้ไม่สามารถเลื้อยขึ้นทางแนวนอน และด้วยขนาดใหญ่ของลำต้นและระยะห่างของระแนงไม้จึงทำให้เกิดการหักตัวของไม้เทียมซึ่งมีความแข็งแรงในระดับหนึ่ง นี่จึงเป็นข้อพิจารณาในการเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับชนิดของต้นไม้นี้ที่จะนำมาใช้



ภาพที่ 15 แผงไม้เลื้อยด้านหลังอาคารจอดรถงามวงศ์วาน 2

แผงด้านหลังและด้านหน้าของอาคารทำเป็นโครงเหล็ก แผงภายในเป็นสแตนเลสเส้นตีแนวตั้งสานทับกันแบบอิสระโดยใช้ต้นสายน้ำผึ้งและต้นสร้อยอินทนิล จากการสังเกตพบว่าต้นไม้มีการเจริญเติบโตและใบปกคลุมเต็มแผงในระยะเวลาประมาณ 3-4 เดือน



ภาพที่ 16 แผงไม้เลื้อยด้านในอาคารจอดรถงามวงศ์วาน 2

ปลูกโดยใช้ต้นไม้ 2 ต้นต่อ 1 กระจ่างและให้น้ำเป็นแบบน้ำหยดและมีระบบน้ำเพื่อไม่ให้เกิดการขังซึ่งทำให้รากนั้นเน่าได้

PASONA O2 JAPAN



ภาพที่ 17 แผงไม้เลื้อยด้านหน้าของอาคาร PASONA O2 JAPAN

รอบอาคารหลังนี้คือโครงระแนงอลูมิเนียมทางแนวนอนและสามารถให้ต้นไม้เลื้อยขึ้นไป
ได้ จากการสังเกตต้นไม้ไม่สามารถเลื้อยไปทางแนวนอนแต่สามารถเลื้อยพันขึ้นไปทางแนวตั้งได้



ภาพที่ 18 แผงไม้เลื้อยด้านในของอาคาร PASONA O2 JAPAN

ด้านในของอาคารมีการทำวิจัยการปลูกพืชในอาคาร และได้วิจัยการปลูกพืชไม้เลื้อยขึ้น
ตามแผงที่ลักษณะเป็นแนวตารางและแนวตั้งที่มีความห่างอยู่ที่ 15-25 เซนติเมตร ตามแต่ลักษณะ
ของแผง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- 1.1 กระดาษร่าง
- 1.2 ดินสอ หรือปากกา
- 1.3 ตลับเมตร
- 1.4 กล้องถ่ายรูป DSLR CANNON 450 D



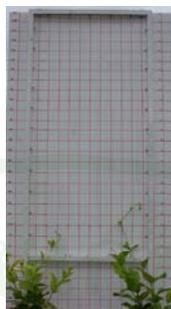
ภาพที่ 19 กล้องถ่ายรูป DSLR CANNON 450 D

- 1.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 20 เครื่องชั่งน้ำหนัก

1.6 แผ่นตารางสเกล



ภาพที่ 21 แผ่นตารางสเกล

1.7 เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวัสดุ

2.1 ฟักตบชวาทากแห้ง

2.2 เรซินหล่อใส

2.3 น้ำยาล้างไขมัน

2.4 ขวดน้ำดื่มบดเป็นเกล็ดขนาดไม่เกิน 1.5 มม.

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในแผนการทดลอง

3.1 กระดาษ ดินเผาขนาด 25 x 70 เซนติเมตร

3.2 ดินปลูก (ดินหมักใบก้ามปู)

3.3 ต้นจันทน์กระจ่างฟ้า

3.4 โครงไม้กว้างขนาด 1" x 1" กว้าง 0.60 x 1.20 เมตร

3.5 เส้นลึงขนาด 4 ม.ม.

3.6 ไม้ไผ่ เหลา ขนาด 4 ม.ม.

3.7 เส้นเอ็นขนาด 1 ม.ม.

3.8 เส้นเชือกฟักตบชวาเคลือบยางพาราขนาด 4 ม.ม.

วิธีการ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษารูปแบบสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยอย่างมีประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบศักยภาพของวัสดุระหว่างวัสดุธรรมชาติที่คิดค้นใหม่กับวัสดุเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย และเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังนี้

สมมติฐานของการวิจัย

- โครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยด้วยฝักตบชาวเคลือบยางพาราสามารถยึดเกาะไม้เลื้อยได้ดีกว่าวัสดุ ไม้ โลหะ เส้นเอ็น ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
- โครงรูปแบบแผงแนวตั้ง น่าจะเหมาะกับการใช้งานมากที่สุด

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในขั้นตอนของระเบียบวิธีวิจัย สามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอนของการวิจัยออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. ขั้นตอนการเลือกพรรณไม้เลื้อยที่จะนำมาปลูกได้แก่

- เป็นไม้เลื้อยประเภทการเลื้อยพันเกาะยึดเกี่ยว แบบยอดเลื้อยพันสิ่งพวยงทั้งหมด เพื่อ
- ง่ายต่อการเปรียบเทียบ

2. ขั้นตอนในการเตรียมการวิจัยได้แก่

- การเตรียมสถานที่
- การเตรียมแผงทดลอง

3. ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัยซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลองได้แก่

- ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลี้ยงของ
ต้นไม้ในลักษณะของแสงที่ต่างกัน

- ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จาก
ธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

4. ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเพื่อประมวลผลซึ่งสามารถคำนวณอัตราการปกคลุมพื้นที่ใบ
เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนของระเบียบวิธีวิจัย

1. ขั้นตอนในการเลือกพืชที่จะนำมาใช้ในการทดลองแสงกันแดดไม้เลื้อย

ขั้นตอนในการเลือกพรรณไม้เลื้อยที่จะนำมาปลูกโดยการศึกษาพรรณไม้ต่างชนิด
กันซึ่งเป็นไม้เลื้อยประเภทการเลื้อยพันเกาะยึดเกี่ยว แบบยอดเลื้อยพันสิ่งพวยงทั้งหมด เพื่อช่วยต่อ
การเปรียบเทียบและทราบถึงแนวทางและปัญหาของการเลื้อยและลักษณะการเจริญเติบโตของ
ต้นไม้ เพื่อหาทิศทางการเลื้อยของแต่ละพรรณไม้ที่เหมาะสมโดยพันธุ์ไม้ที่เลือกนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัย
อื่นๆ

ตารางที่ 2 การคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อย

พันธุ์ไม้	แสงแดด	อัตราการเจริญเติบโต	ลักษณะใบปกคลุม	ระยะการปลูกแบบปลี (เมตร)	ลักษณะขนาด
 สร้อยอินทนิล <i>Thunbergia grandiflora</i> (Roxb. ex Rottler) Roxb.	จัด,รำไร	เร็ว	ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปหัวใจหรือเว้าตื้น 5-7 แฉก กว้าง 8-10 เซนติเมตร ยาว 10-12 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบเว้า ขอบหยัก ฟันเลื้อย ผิวใบสาก	1-1.5 ม.	เถาขนาดใหญ่
 จันทร์กระจ่างฟ้า <i>Mandevilla</i> sp. and hybrid	จัด	เร็ว	ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปรีแกมรูปขอบขนาน กว้าง 4-6 เซนติเมตร ยาว 7-9 เซนติเมตร ปลายและโคนใบมน ขอบใบเรียบ ผิวใบด้านบนสีเขียวสดเป็นมัน	0.5-1 ม.	เถาขนาดกลาง
 สายน้ำผึ้ง <i>Lonicera japonica</i> Thumb.	จัด,รำไร	เร็ว	ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปรีแกมรูปขอบขนาน กว้าง 2-4 เซนติเมตร ยาว 3-8 เซนติเมตร ปลายใบแหลมเป็นติ่ง โคนใบมน แผ่นใบหนา สีเขียวเข้ม	1-1.5 ม.	เถาขนาดเล็ก
 สร้อยฟ้า <i>Passiflora x alato-caerulea</i> Lindl	จัด	ปานกลาง	ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม ใบรูปไข่เว้าลึกเป็น 3 พู กว้าง 7-10 เซนติเมตร ยาว 7-10 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ขอบใบจักฟันเลื่อยตื้น	1-1.5 ม.	เถาขนาดเล็ก

ที่มา: อุดร (2544); เอ็มพร และคณะ (2551)

การคัดเลือกพันธุ์ไม้

สุ่มคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่นำมาใช้จากไม้เลื้อยชนิดต่าง ๆ จำนวน 4 ชนิด ที่เป็นพืชท้องถิ่น (local plant) ในเขตร้อนชื้น (tropical climate) โดยใช้เกณฑ์เบื้องต้นในการคัดเลือกโดยการหาข้อมูลและ ประเมินโดยการสังเกตดังนี้

1. ต้องการการดูแลรักษาน้อย และอายุยืน
2. ความสูงไม่ต่ำกว่าอาคาร 1 ชั้น (3 เมตร)
3. โตเร็วและลำต้นมีลักษณะอ่อนเลื้อยได้ง่าย โดยใช้ลำต้น ยอดหรือหนวดเป็นตัวยึดเกาะ
4. ลักษณะการเลื้อยที่หนีแรงโน้มถ่วง
5. สามารถเจริญเติบโตกลางแดดได้ดี
6. ระยะห่างที่ใช้ในการปลูก 30 เซนติเมตร เนื่องจากการทดลองปลูกในกระถางที่ขนาด 70 เซนติเมตร ซึ่งต้องมีระยะห่างในการปลูก

ตารางที่ 3 การคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อยโดยการให้คะแนน

พันธุ์ไม้ \ ลักษณะ	แสงแดด	อัตราการเจริญเติบโต	ลักษณะใบปกคลุม	ระยะการปลูก(ถึ)เมตร	ขนาด	รวม
สร้อยอินทนิล	2	3	3	2	2	10
จันทร์กระจ่างฟ้า	3	3	2	3	3	14
สายน้ำผึ้ง	2	3	2	2	2	11
สร้อยฟ้า	3	2	3	2	2	10

ตารางการคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อยอ้างอิงจากงานวิจัยของ สหพรหม วงศ์ชีวะะ. 2551. การศึกษาแพงกันแดดไม้เลื้อยเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร.

จากค่าคะแนนที่ได้สรุปในตารางการคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อยที่นำมาทดลองปลูกโดยการให้คะแนนได้สุ่มคัดเลือกพันธุ์ไม้เลื้อย 1 ชนิด ได้แก่ จันทร์กระจ่างฟ้า

ตารางที่ 4 คุณสมบัติพันธุ์กระจ่างฟ้า

<p>พันธุ์กระจ่างฟ้า</p>	
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Mendevilla sp</i> หรือ hybrid
ตระกูล	Apocynaceae
ชื่อสามัญ	-
ฤดูกาลออกดอก	ออกดอกตลอดปี
ลักษณะทั่วไป : ต้น	พันธุ์ กระจ่างฟ้าเป็นเถาไม้เลื้อยเนื้อแข็งขนาดกลาง ลำต้นสีน้ำตาล กิ่งอ่อนออกสีเขียว น้ำตาลอ่อนผิวสัมผัสกลาง
ลักษณะทั่วไป : ใบ	ใบสีเขียวออกสดใสเป็นใบเดี่ยวออกตรงข้ามแกมขอบขนาน ขนาดกว้าง 3- 5 เซนติเมตร ยาว 5- 8 เซนติเมตร โคนใบมนปลายทรงมน แผ่นใบเป็นมัน
ลักษณะทั่วไป : ดอก	ดอกสีเหลืองกระจ่าง บานอยู่นาน 5 วัน นับตั้งแต่วันคลี่กลีบไปจนร่วงหล่นจากต้น ถ้าตัดดอกนำมาปักแจกันจะบานอยู่ได้ถึง 7 วัน ดอกออกเป็นช่อตามซอกใบและปลายกิ่ง ทรงดอกรูปแตร กลีบดอกและโคนดอกเชื่อมกันเป็นหลอดเกลียวหมุนให้ทางเดียวกัน ปลายแยกเป็น 5 กลีบ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5- 6 เซนติเมตร
การปลูก	พันธุ์ กระจ่างฟ้าเป็นไม้ปลูกง่าย เพราะทนร้อนและทนแดดได้เป็นอย่างดี จึงปรับตัวได้กับทุกสภาพอากาศในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ที่น่าสนใจอย่างยิ่งคือ ใบของพันธุ์กระจ่างฟ้าจะไม่ร่วงหล่นให้เกะกะพื้นดิน ถือเป็นไม้ไม่ผลัดใบ
การดูแลรักษา : แสง	ต้น พันธุ์กระจ่างฟ้าชอบแดดจัดเต็มวัน
การดูแลรักษา : น้ำ	ปลูกในดินได้ทุกชนิดต้องการน้ำและความชื้นปานกลาง เติบโตค่อนข้างเร็วให้ดอกภายใน 1-2 เดือน เมื่อนำมาปลูก
การดูแลรักษา : ดิน	ปลูกได้ในดินทุกชนิด ดินที่ใช้ปลูกต้องโปร่งและระบายน้ำได้ดี
การดูแลรักษา : ปุ๋ย	ควรใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกปีละ 2-3 ครั้ง โดยการพรวนดิน โคนต้นให้ร่วน แล้วผสมปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอกกับดินบริเวณ โคนต้น
การขยายพันธุ์	ขยายพันธุ์โดยการปักชำและการตอนกิ่ง
โรคและแมลง	ไม่พบโรคและแมลงที่ทำความเสียหายมากนัก

ที่มา: อรุชร (2544)

2. ขั้นตอนการเตรียมการวิจัยประกอบด้วย

- การเตรียมสถานที่
- การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูล
- การเตรียมแผงทดลอง

2.1 การเตรียมสถานที่

สถานที่ในการทดลองตั้งอยู่ที่พุทธมณฑลสาย 2 เป็นพื้นที่โล่งกว้างใกล้บ้านพักอาศัย ไม่มีอาคารขนาดใหญ่และต้นไม้ใหญ่โดยรอบ ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งแผงทดลองหันหน้าไปทางทิศใต้



ภาพที่ 22 พื้นที่ทดลอง

ระยะเวลาทำการวิจัย

โดยระยะเวลาทำการวิจัย กันยายน 2553 – สิงหาคม 2553 เป็นเวลาทั้งหมด 11 เดือน

2.2 การเตรียมแผงทดลอง

ในการเตรียมแผงทดลองเปรียบเทียบแบบแผงโครงยึดเกาะไม้เลื้อย และวัสดุที่มีอยู่ในปัจจุบันกับวัสดุที่มาจากธรรมชาติ แผงทดลองทำด้วยโครงไม้เนื้อแข็งขนาด 1 x 1 นิ้ว กว้าง 0.60 x 1.20 เมตร นำมาทาสีขาวแล้วนำมาขึงกับเส้นเอ็น



ภาพที่ 23 แผงการทดลอง

2.3 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัย

ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ชุดทดลองหลักเพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ในการวิจัย และพิสูจน์สมมติฐานในการวิจัยดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1

การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและรูปแบบการเลื้อยของต้นจันทร์กระจางฟ้า ในลักษณะของแผงที่ต่างกัน

- การทดลองที่ 1.1 เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง
 การทดลองที่ 1.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก
 การทดลองที่ 1.3 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวล

ชุดการทดลองที่ 2

การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติเป็นวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

- การทดลองที่ 2.1 ทดลองและเปรียบเทียบวัสดุ
 การทดลองที่ 2.2 เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง
 การทดลองที่ 2.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก
 การทดลองที่ 2.4 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวล

ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลื้อยของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าในลักษณะของแผงที่ต่างกัน

การทดลองที่ 1 ศึกษาและเลือกชนิดของพันธุ์ไม้เลื้อยที่จะนำมาปลูกโดยการออกแบบแผง 4 แบบ เพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าว่าแผงแบบไหนต้นจันทร์กระจ่างฟ้าจะเลื้อยได้ดีที่สุด ทดลองโดยการจึงเอ็นทำเป็นลายแผงไม้เลื้อยเพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า ก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน

กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ขนาดของพืชทดลอง ได้แก่ จำนวนใบ จำนวนยอด น้ำหนัก
 ตัวแปรตาม - รูปแบบแผง เช่น ลายตั้ง ลายนอน ลายเฉียง ลายตาราง
 ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้งครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองที่ 1.1 เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทน์กระจ่างฟ้า

- นับจำนวนใบ, ยอด ให้มีจำนวนเท่าเทียมกันต่างกันไม่เกิน 10 ใบและ 1 ยอด

- ชั่งน้ำหนักต้นจันทน์กระจ่างฟ้าที่มีดินและกระถางแต่ละกระถาง โดยน้ำหนักกระถางเปล่าหนัก 0.094 กรัม

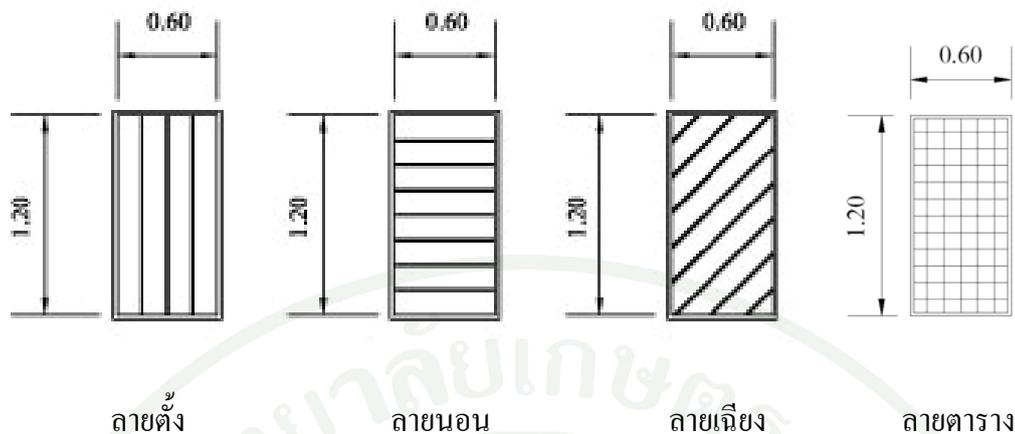
จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจำนวนใบ จำนวนยอด และน้ำหนักของต้นจันทน์กระจ่างฟ้า

ทำตารางการเปรียบเทียบเพื่อเปรียบเทียบปริมาณจำนวนใบ จำนวนยอด และน้ำหนักของต้นจันทน์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลองเพื่อทำการทดลองอย่างเท่าเทียมกัน โดยให้ปริมาณใกล้เคียงกันมากที่สุด

การทดลองใช้ดินก้ามปูทุกกระถางการทดลองและให้น้ำแก่พืช จำนวนน้ำ 0.5 ลิตรต่อต้นเวลาเช้าและเย็น 2 เวลา

การทดลองที่ 1.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นจันทน์กระจ่างฟ้า



ภาพที่ 24 รูปแบบแผนการทดลอง

โดยนำเอาต้นจันทร์กระจางฟ้า 2 ต้นต่อ 1 แผนมาวางเรียงกันทั้งหมด 4 แผน การทดลอง เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยแผนการทดลองทั้งหมดนี้จะต้องได้รับอิทธิพลจาก สภาพแวดล้อม และการให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน การทดลองนี้จะทำการจดบันทึกและ การบันทึกภาพการทดลองทุกวัน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองแล้วนำแผนภายในไปชั่งน้ำหนักเพื่อ ดูปริมาณการเติบโตเมื่อทำการทดลองเพื่อทราบถึงทิศทางการเลื้อยของต้นจันทร์กระจางฟ้าแล้ว ผลที่ได้ลำดับที่ 1 ที่มีการเลื้อยปกคลุมของต้นจันทร์กระจางฟ้าได้เต็มที่สุคนั้น นำมาเพื่อทำ การทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

การทดลองที่ 1.3 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวล

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการปกคลุมของใบ

วิธีการทดลอง

1) เทสีเขียวที่ใบของต้นจันทร์กระจางฟ้า และเทสีแดงที่วัสดุแผน เพื่อทราบ ปริมาณใบที่ปกคลุม

2) ใช้ PROGRAM สำเร็จรูป (Adobe Photoshop) จำนวนปริมาณ Pixels จาก HISTOGRAM และคำนวณพื้นที่ปกคลุม(สีเขียว) เป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่โครง(สีแดง)

ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

การทดลองที่ 2 ศึกษา ระยะห่าง เพื่อเป็นแนวทางในการเว้นระยะที่เหมาะสมของไม้เลื้อย และศึกษาวัสดุหาคณสมบัติเพื่อเป็นแนวทางในการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการทดลองชุดที่ 1 แล้วจะได้แนวทางในการออกแบบแผงทดลองโดยการนำรูปแบบที่ได้สรุปผลแล้วนำมาทดลองและนำวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับวัสดุที่เป็นธรรมชาติ การทดลองนี้เป็นการทดลองวัสดุว่าวัสดุใดที่ต้นจันทน์กระจ่างฟ้าสามารถเกาะและเลื้อยพันได้ดีที่สุด โดยนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำแผงโครงยึดเกาะไม้เลื้อยได้อย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุในเรื่อง

- 1) การอมความร้อน ต้องไม่อมความร้อนเพราะหนวดที่พันเกี่ยวของต้นไม้จะไหม้และไม่สามารถเจริญเติบโตและเลื้อยต่อไปได้
- 2) ต้องสามารถเก็บความชื้นได้ดี
- 3) สามารถค้ำองได้ตามรูปทรงที่เลือก
- 4) สามารถชิ่งกับวัสดุโครงได้

กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ทำการศึกษา

- | | |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| ตัวแปรต้น | - รูปแบบของแผง |
| ตัวแปรตาม | - วัสดุ เช่น เส้นสลิง เส้นเอ็น ไม้ไผ่ เส้นผักตบชวาเคลือบ |

ยางพารา

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองที่ 2.1 ทดลองและเปรียบเทียบวัสดุ

เลือกวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเส้นแวงภายในของแฉงการทดลองโดยนำวัสดุมาทดลองด้วยกัน 3 ชนิดคือ

1. ผักตบชวา + พลาสติก
2. ผักตบชวา + เรซินหล่อใส
3. ผักตบชวา + น้ำยางพาราชั้น

การทดลองที่ 2.2 เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง

- นับจำนวนใบ, ยอด

- ชั่งน้ำหนักต้นไม้ที่มีดินและกระถางแต่ละกระถาง โดยน้ำหนักกระถางเปล่า

หนัก 0.094 กรัม

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจำนวนใบ จำนวนยอด และน้ำหนักของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า

ตารางการเปรียบเทียบเพื่อการนับปริมาณจำนวนใบ จำนวนยอด และน้ำหนักของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลองเพื่อทำการทดลองอย่างเท่าเทียมกันโดยให้ปริมาณใกล้เคียงกันมากที่สุด

การทดลองที่ 2.3

ขั้นตอนการทดลอง

จากผลการทดลองชุดที่ 1 สรุปมาใช้ โดยนำพื้นที่ไม้ที่เลือกและลักษณะของแผงที่เลือกนำมาทดลองกับวัสดุ โดยทำเพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบแผงที่เหมาะสมที่สุด



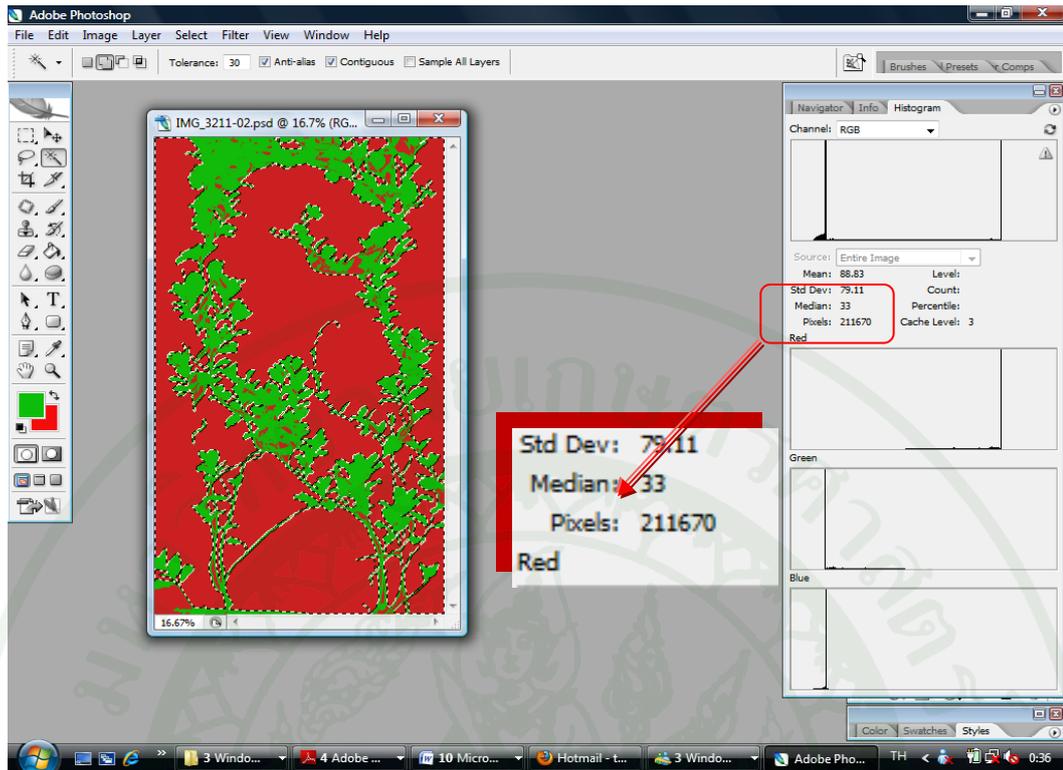
ภาพที่ 25 แผงแนวตั้ง

การทดลองที่ 2.4 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวล

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการปกคลุมของใบ

วิธีการทดลอง

1. เทลิเจียวที่ใบของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า และเทลิแดงที่วัสดุแผงเพื่อทราบปริมาณใบที่ปกคลุม
2. ใช้ PROGRAM สำเร็จรูป (Adobe Photoshop) คำนวณปริมาณ Pixels จาก HISTROGRAM และคำนวณพื้นที่ปกคลุม(สีเขียว) เป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่โครง(สีแดง)



ภาพที่ 26 PROGRAM สำเร็จรูป (Adobe Photoshop) คำนวณ

การคำนวณปริมาณ Pixels แปลงค่าเป็น เปอร์เซนต์ สามารถคำนวณได้ดังนี้

โดยที่

$$A+B = C$$

$$\frac{A}{C} = D$$

$$100$$

$$\frac{B}{C} = E$$

$$100$$

กำหนดให้

A = Pixels สีเขียว

B = Pixels สีแดง

C = ค่าPixels รวม

D = เปอร์เซนต์สีเขียว

E = เปอร์เซนต์สีแดง

ผลและวิจารณ์

ผล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้เลื้อย
2. เพื่อเปรียบเทียบวัสดุที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยโดยนำวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันเทียบกับวัสดุผักตบชวาเคลือบด้วยยางพารา
3. พัฒนาและนำไปใช้กับอาคารขนาด 1-3 ชั้นเพื่อทำเป็นผนังบังแดดหรือฉนวนให้อาคาร

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าว สามารถจำแนกออกมาเป็นชุดการทดลอง เพื่อตอบปัญหาในการวิจัย ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัยซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุดทดลองหลักเพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ในการวิจัย และพิสูจน์สมมติฐานในการวิจัยดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1

การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลื้อยของต้นจันทร์กระจางฟ้าในลักษณะของแผงที่ต่างกัน

- | | |
|-----------------|----------------------------------------------------|
| การทดลองที่ 1.1 | เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจางฟ้าที่จะนำมาทดลอง |
| การทดลองที่ 1.2 | ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก |
| การทดลองที่ 1.3 | การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวลภาพ |

ชุดการทดลองที่ 2

การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติโดยศึกษาการยึดอายุการใช้งานของวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

การทดลองที่ 2.1	ทดลองและเปรียบเทียบวัสดุ
การทดลองที่ 2.2	เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง
การทดลองที่ 2.3	ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก
การทดลองที่ 2.4	การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวลภาพ

1. ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลื้อยของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าในลักษณะของแสงที่ต่างกัน

ศึกษาและเลือกชนิดของพันธุ์ไม้เลื้อยที่จะนำมาปลูกโดยการออกแบบแสง 4 แบบ เพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าว่าแสงแบบไหนต้นไม้อะเลื้อยได้ดีที่สุด ทดลองโดยการยิงเอ็นทำเป็นลายแสงไม้เลื้อยเพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นไม้อะ เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นไม้อีก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน

จากการศึกษาเบื้องต้น ได้คัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการเจริญเติบโตและการเลื้อยของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า นั่นคือตัวแปรที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต โดยแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

การทดลองที่ 1.1	เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง
การทดลองที่ 1.2	ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก
การทดลองที่ 1.3	การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวล

วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อนำมาเปรียบเทียบปริมาณของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ตัวแปรต้น - ขนาดของพืชทดลอง ได้แก่ จำนวนใบ จำนวนยอด น้ำหนัก
- ตัวแปรตาม - รูปแบบแสง เช่น ลายตั้ง ลายนอน ลายเฉียง ลายตาราง

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

การทดลองที่ 1.1 เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทน์กระจ่างฟ้า

- นับจำนวนใบ, ยอด ให้มีจำนวนเท่าเทียมกันต่างกันไม่เกิน 10 ใบ และ 1 ยอด

- ชั่งน้ำหนักต้นจันทน์กระจ่างฟ้าที่มีดินและกระถางแต่ละกระถาง โดยน้ำหนักกระถางเปล่าหนัก 0.094 กรัม

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจำนวนใบ จำนวนยอด และน้ำหนักของต้นจันทน์กระจ่างฟ้า



ภาพที่ 27 การชั่งน้ำหนักต้นจันทน์กระจ่างฟ้า



ภาพที่ 28 การชั่งน้ำหนักกระถางเปล่า

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง

แผง	แผงที่ 1		แผงที่ 2		แผงที่ 3		แผงที่ 4	
	แนวเฉียง		แนวตั้ง		แนวนอน		ตาราง	
ปริมาณ	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
จำนวนใบ	89	84	78	80	88	90	85	80
จำนวนยอด	4	4	3	5	4	4	4	5
น้ำหนัก	1.260	1.257	1.260	1.261	1.256	1.259	1.261	1.260

การทดลองที่ 1.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก

วิธีการทดลอง

1. ปลูกต้นจันทร์กระจ่างฟ้าในกระถางปลูกขนาด 70 x 19 เซนติเมตรกระถางละ 2 ต้น โดยรดน้ำ 2 เวลาเช้าและเย็น ปริมาณน้ำ 1 ลิตร ต่อกระถาง
2. ถ่ายรูปทุกสัปดาห์
3. ติดตามผลเป็นเวลา 8 สัปดาห์
4. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองให้นำแผงภายในตัดไปชั่งน้ำหนักเพื่อดูปริมาณการเติบโต
5. นับจำนวนใบ จำนวนยอด จำนวนดอก
6. ผลที่ได้ลำดับที่ 1 ที่มีการเลือกปลูกคลุมของต้นไม้ได้เต็มที่สุคนั้น นำรูปแบบนั้นมาทำการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของการทดลองปลูกไม้เลื้อย 10 สัปดาห์

เดือนที่ 1	แผงที่ 1 แนวเฉียง	แผงที่ 2 แนวตั้ง	แผงที่ 3 แนวนอน	แผงที่ 4 ตาราง
สัปดาห์ที่ 1				
สัปดาห์ที่ 2				
สัปดาห์ที่ 3				
สัปดาห์ที่ 4				

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เดือนที่ 2	แผงที่ 1 แนวเฉียง	แผงที่ 2 แนวตั้ง	แผงที่ 3 แนวนอน	แผงที่ 4 ตาราง
สัปดาห์ที่ 5				
สัปดาห์ที่ 6				
สัปดาห์ที่ 7				
สัปดาห์ที่ 8				

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เดือนที่ 3	แผงที่ 1 แนวเฉียง	แผงที่ 2 แนวตั้ง	แผงที่ 3 แนวนอน	แผงที่ 4 ตาราง
สัปดาห์ที่ 9				
สัปดาห์ที่ 10				



ภาพที่ 29 การชั่งน้ำหนักต้นไม้

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบสรุปผลการเจริญเติบโตของต้นไม้

แผง	แผงที่ 1 แนวเฉียง	แผงที่ 2 แนวตั้ง	แผงที่ 3 แนวนอน	แผงที่ 4 ตาราง
ปริมาณ				
จำนวนใบ	609	865	713	453
จำนวนดอก	15	21	24	18
น้ำหนัก	0.387	0.536	0.443	0.290
สรุปลำดับ	3	1	2	4

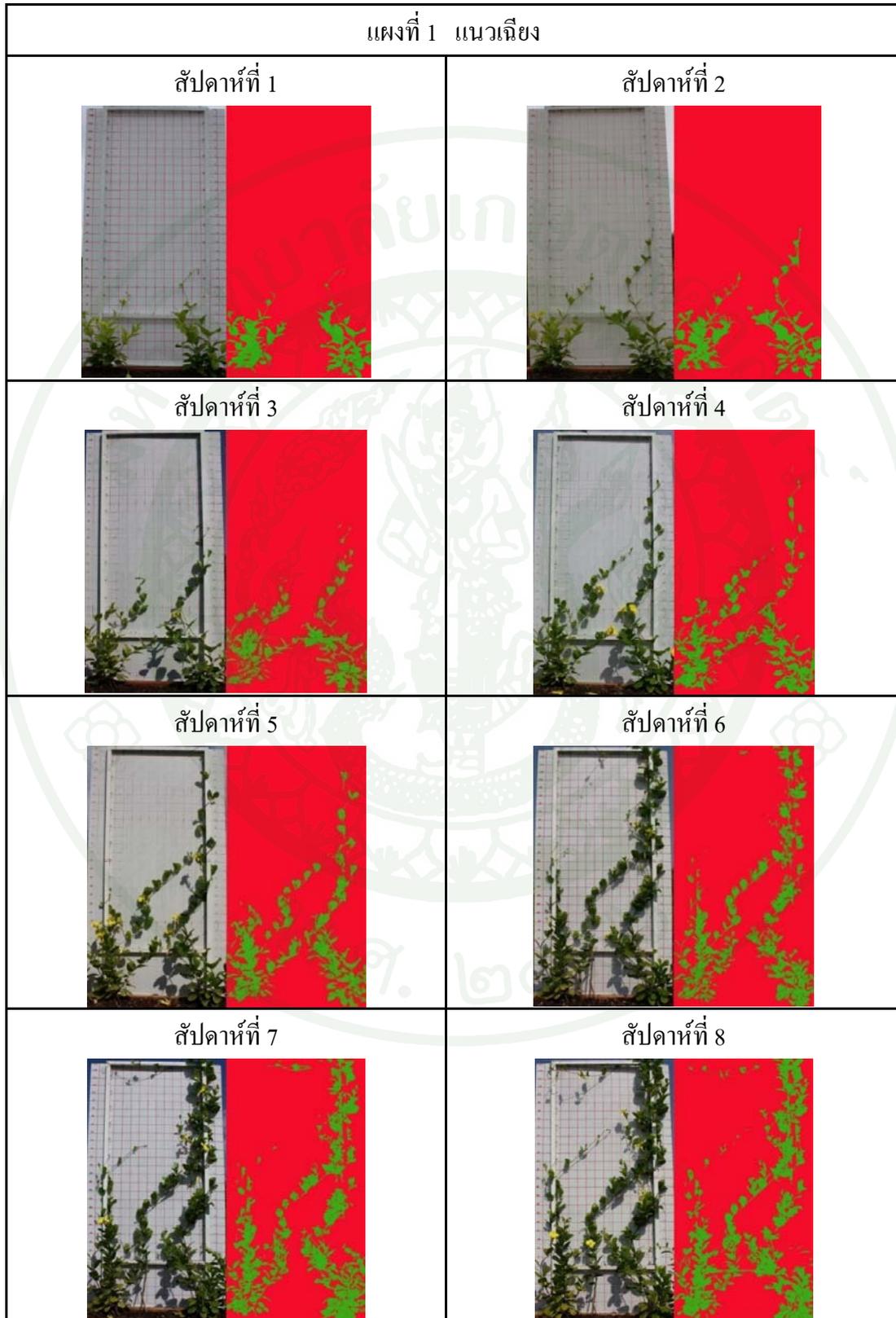
การทดลองที่ 1.3 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวลผลภาพ

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการปกคลุมของใบ

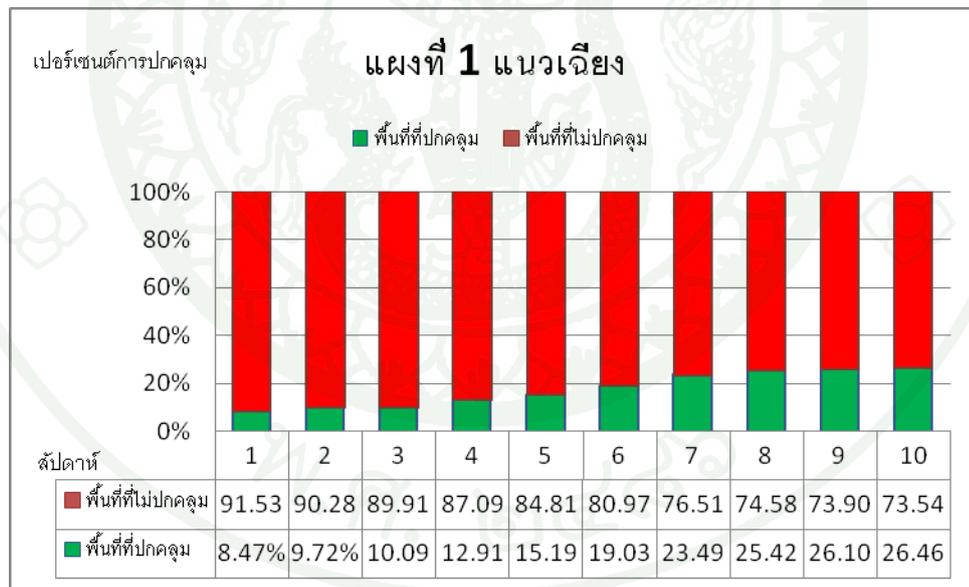
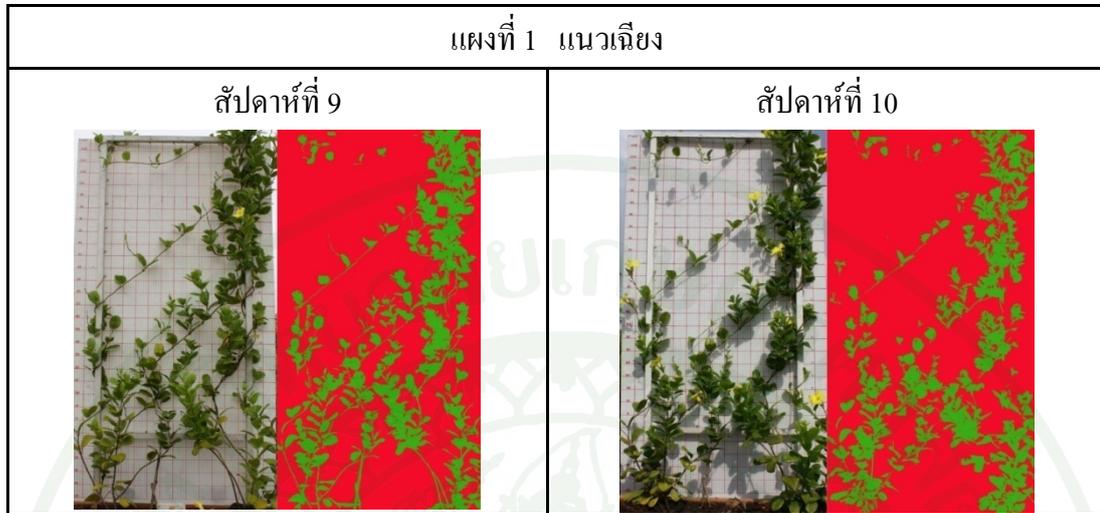
วิธีการทดลอง

- 1) เทสี เขียว ที่ใบของพืช และเทสีแดง ที่ วัสดุแผง เพื่อทราบปริมาณใบที่ปกคลุม
- 2) ใช้ PROGRAM สำเร็จรูป (Adobe Photoshop) คำนวณปริมาณ Pixels จาก HISTROGRAM และคำนวณพื้นที่ปกคลุม(สีเขียว) เป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่โครง(สีแดง)

ตารางที่ 8 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 1

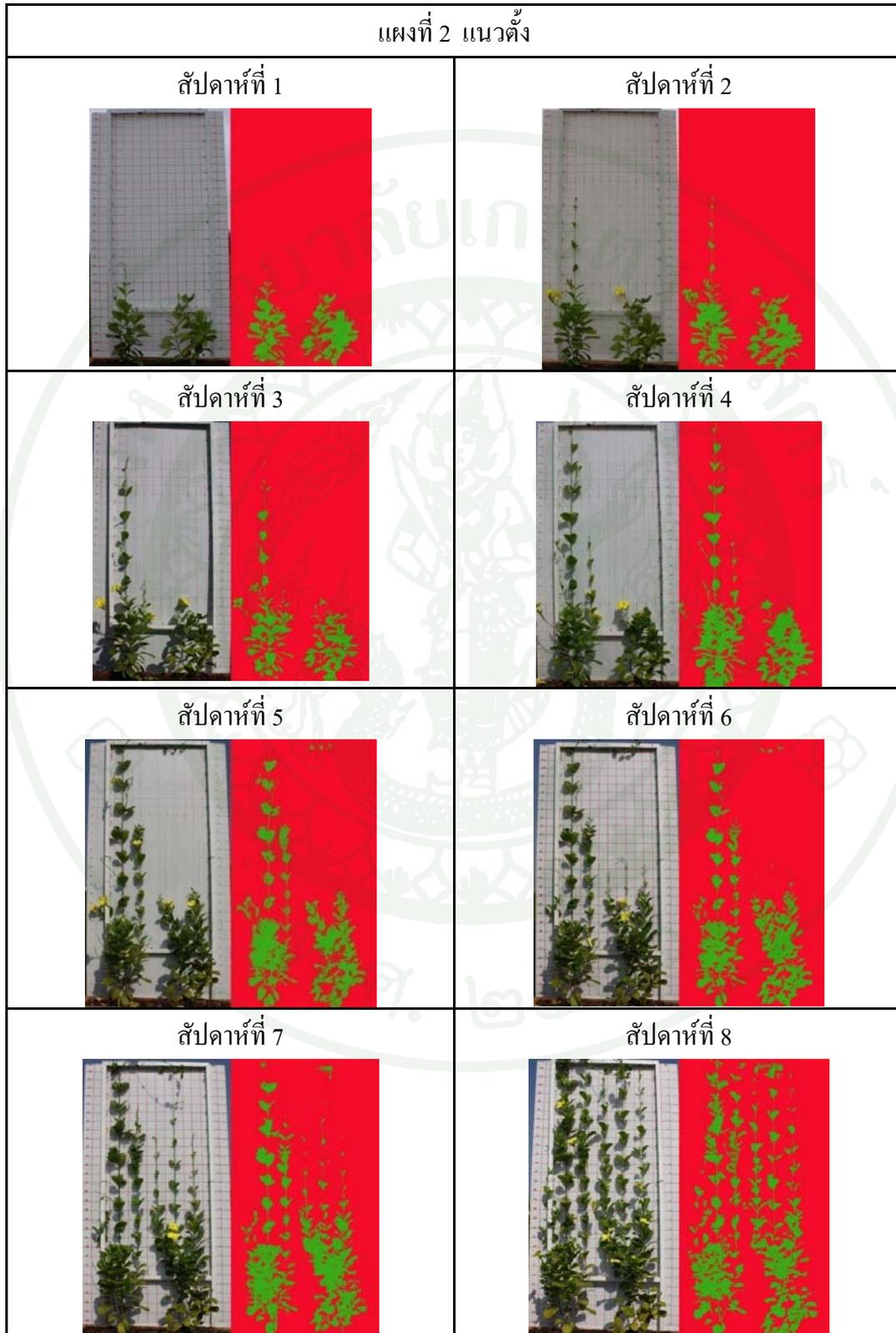


ตารางที่ 8 (ต่อ)



ภาพที่ 30 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 1

ตารางที่ 9 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 2

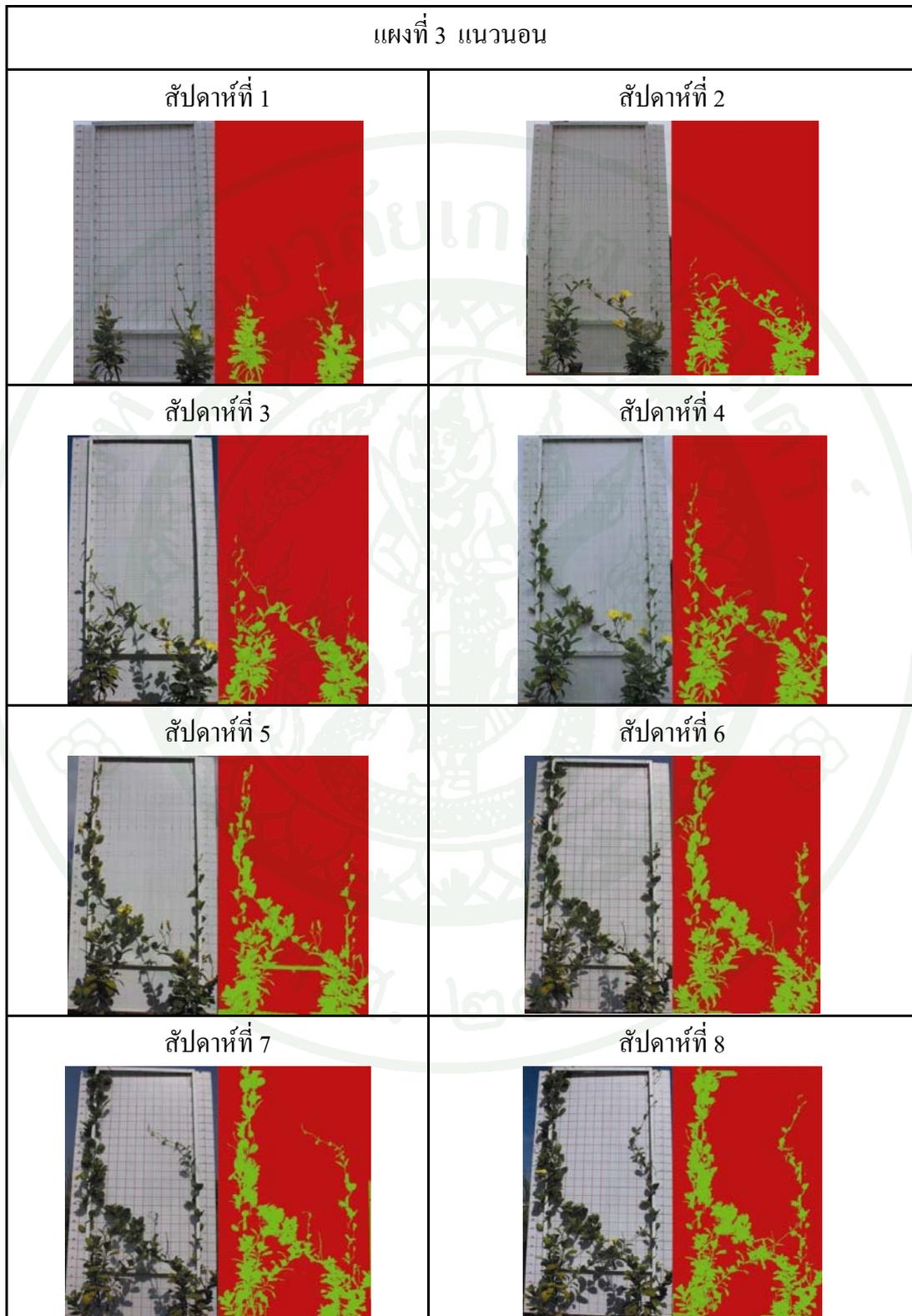


ตารางที่ 9 (ต่อ)

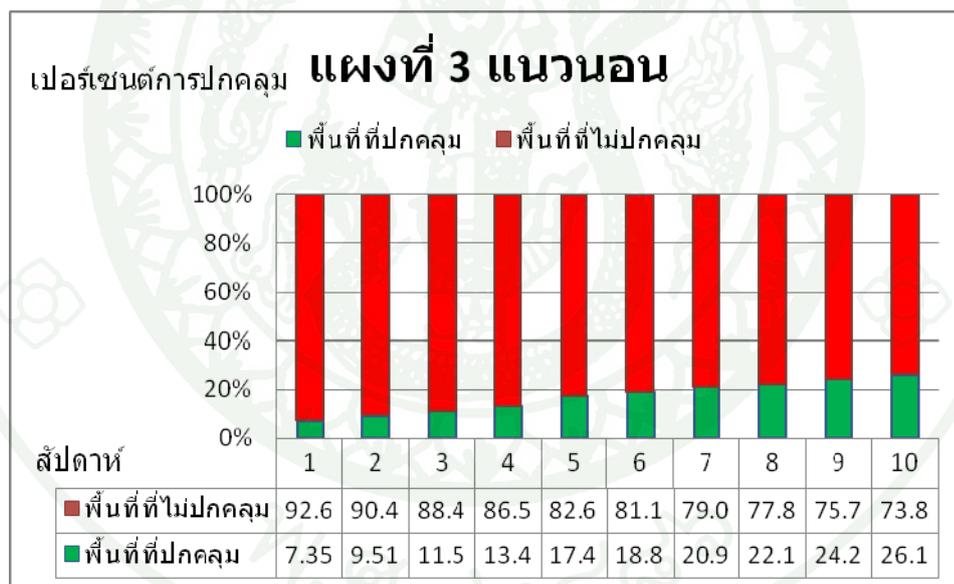


ภาพที่ 31 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 2

ตารางที่ 10 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 3

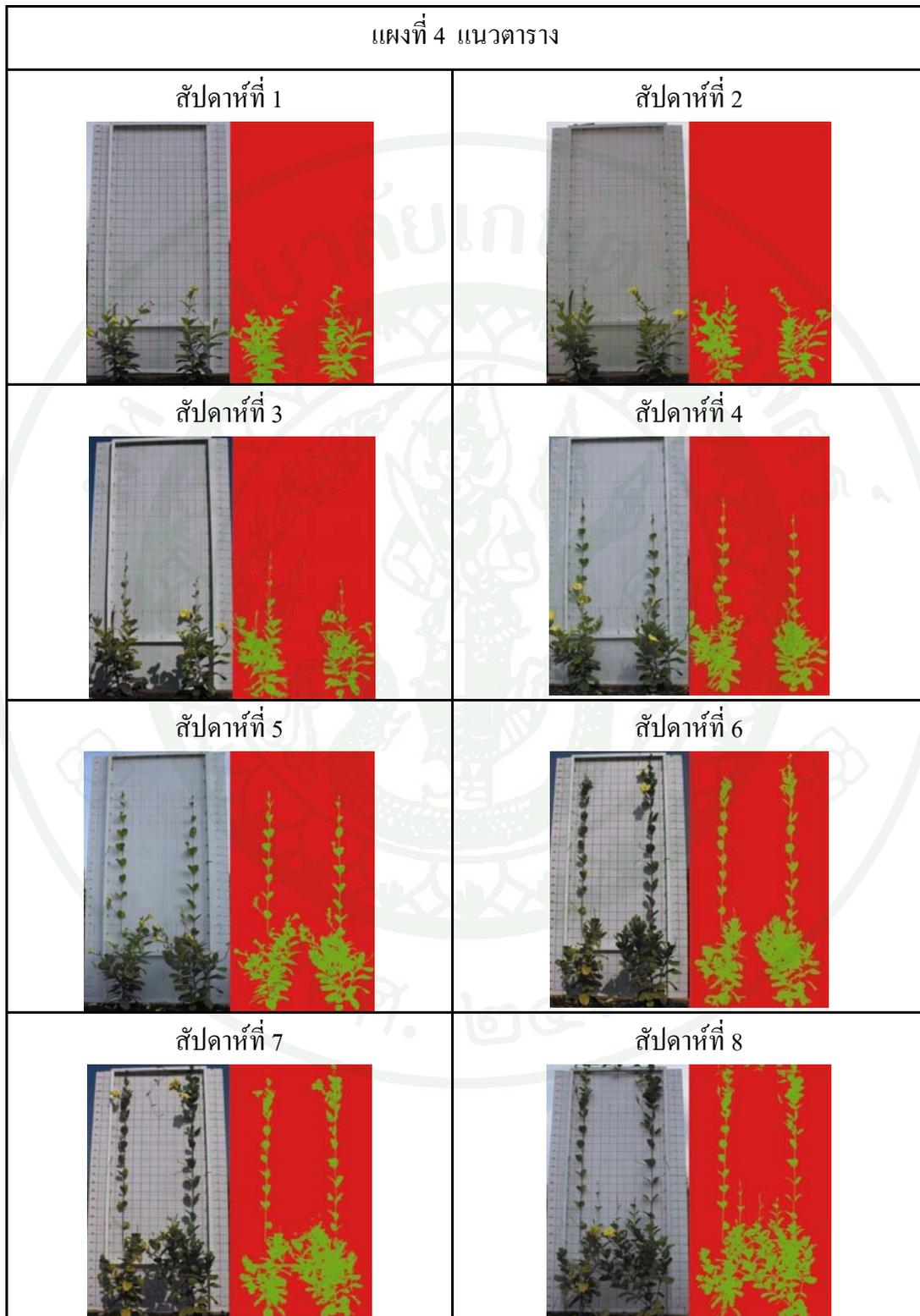


ตารางที่ 10 (ต่อ)

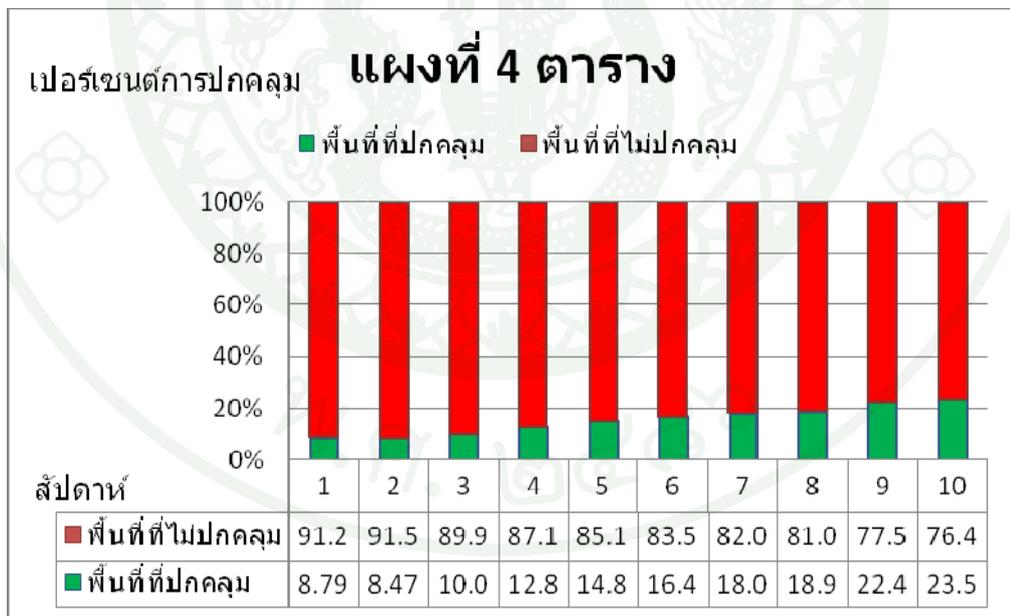
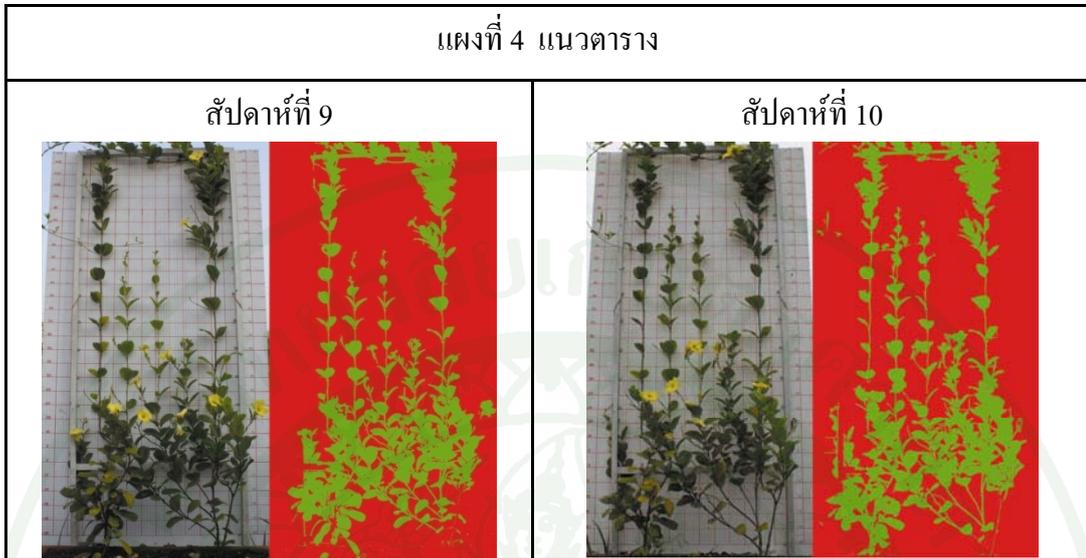


ภาพที่ 32 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 3

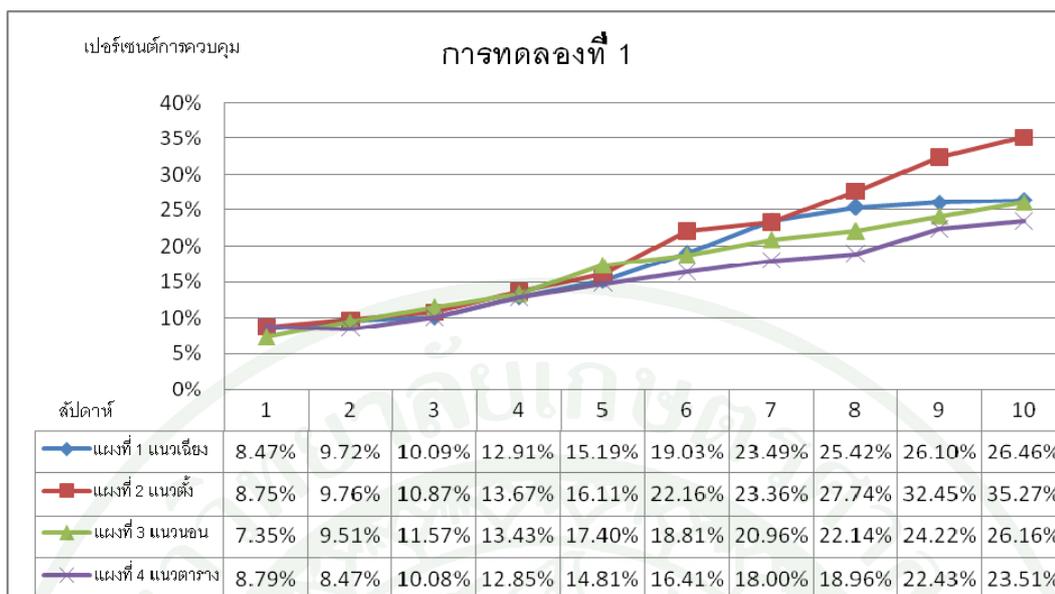
ตารางที่ 11 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 4



ตารางที่ 11 (ต่อ)



ภาพที่ 33 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 4



ภาพที่ 34 เปอร์เซนต์การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกทั้ง 4 แฉงโดยใช้การประมวลภาพ

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

จากการทดลองการปลูกต้นจันทน์กระจางฟ้าทั้ง 4 แฉงในกระถางทดลองเพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นไม้วางแบบไหนต้นไม้วางจะสามารถเลื้อยได้ดีที่สุด โดยใช้เวลาการปลูก 10 สัปดาห์ ตั้งแต่ปลายเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นไม้วางก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน ในการทดลองปลูกทั้ง 4 แฉงในกระถางทดลองที่มีโครงสร้างและลักษณะเดียวกัน และสภาพแวดล้อมเดียวกันตลอดระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตและการถ่ายภาพลักษณะการเลื้อยของต้นจันทน์กระจางฟ้าจากการสังเกต

- เลื้อยแบบทวนเข็มนาฬิกา
- เลื้อยรอบวัสดุและพันตนเอง
- เลื้อยตามวัสดุที่ขึ้นในแนวตั้ง
- เลื้อยขึ้นที่สูง ยอดชี้หาแสง

ผลการทดลองปลูกพืช 4 แฉงเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตจากการสังเกต

1. แฉงแนวเฉียง สามารถเติบโตได้ ในแนวเฉียงที่ได้จึงเอนไว้ แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งก็จะมารวมตัวกัน โดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซึ่งไม่เต็มแฉงการทดลอง
2. แฉงแนวตั้ง สามารถเติบโตได้ดีมาก เติบโตขึ้นตรงเป็นแฉง ใบสามารถปกคลุมแฉงได้ดี
3. แฉงแนวนอน ไม่สามารถเติบโตได้ในแนวนอนแต่สามารถเติบโตได้ในแนวตั้งและมารวมตัวกัน โดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซึ่งไม่เต็มแฉงการทดลอง
4. แฉงตาราง มีการเจริญเติบโตที่ช้าเนื่องจากการขัดกันของเส้นเอ็นทำให้ยอดเกิดการติด สามารถเลื้อยตั้งตรงขึ้นไปเป็นแฉงได้แต่เลื้อยได้ช้ากว่าแฉงอื่นๆ

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าแฉงที่ 2 แนวตั้งมีน้ำหนักและจำนวนใบที่มากกว่าจึงสรุปได้ว่าต้นจันทร์กระจ่างฟ้าขึ้นในแนวตั้งดีที่สุด จึงนำแฉงแนวตั้งมาทำการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแฉงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

การทดลองที่ 2 ศึกษา ระยะห่างเพื่อเป็นแนวทางในการเว้นระยะที่เหมาะสมของไม้เลื้อย และศึกษาวัสดุเพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุเพื่อเป็นแนวทางในการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลองชุดที่ 1 แล้วจะได้แนวทางในการออกแบบแฉงทดลองโดยการนำลายที่ได้สรุปผลแล้วคือลายแนวตั้งนำมาทดลองและนำวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับวัสดุที่เป็นธรรมชาติ โดยทำเพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบแฉงที่เหมาะสมที่สุด

จากการศึกษาเบื้องต้น ได้คัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการเจริญเติบโตและการเลื้อยของต้นไม้ นั่นคือตัวแปรที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต โดยแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

- | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| การทดลองที่ 2.1 | ทดลองและเปรียบเทียบวัสดุ |
| การทดลองที่ 2.2 | เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง |
| การทดลองที่ 2.3 | ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก |

การทดลองที่ 2.4 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวลภาพ

กำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น - รูปแบบของแผง

ตัวแปรตาม - วัสดุ เช่น เส้นสลิง เส้นเอ็น ไม้ไผ่ เส้นฟักตบชวาเคลือบยางพารา

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้งครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองที่ 2.1 ทดลองและเปรียบเทียบวัสดุ

เลือกวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเส้นแผงภายในของแผงการทดลองโดยนำวัสดุมาทดลองด้วยกัน 3 ชนิดคือ

ฟักตบชวา + พลาสติก

1. หั่นฟักตบชวาเป็นเส้นฝอย ยาวประมาณ 3 ซม. แล้วนำไปตากให้แห้ง



ภาพที่ 35 ฟักตบชวาคั้นฝอย

2. นำโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่จากขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว จากขวดนม ขวดน้ำ เข้าเครื่องบดเป็นเกล็ด ขนาด ใหญ่ไม่เกิน 1.5 มม.



ภาพที่ 36 พลาสติก

3. ชั่งน้ำหนักหาปริมาณของผักตบชวาและพลาสติกโดยอัดแผ่นผนังเบา 1 แผ่น ขนาด 20x20 ซม. ปริมาณ 150 กรัม



ภาพที่ 37 การชั่งน้ำหนักหาปริมาณผักตบชวา และ พลาสติก

4. นำสัดส่วนที่ได้มาเข้าเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง(TWO ROLL MIC) เพื่อผสมผักตบชวาให้เข้ากับพลาสติกด้วยความร้อนที่ 190 องศา

ตารางที่ 12 ส่วนผสมของแผ่นผักตบชวาและพลาสติก

ปริมาณผักตบชวา(%)	ปริมาณพลาสติก (HDPE)(%)
10	90



ภาพที่ 38 นำมาเข้าเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง(TWO ROLL MIC)โดยวิธีการค่อยๆโรยผักตบชว้าๆ

5. นำผักตบชวาและพลาสติกที่ผ่านเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง มาเข้าเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) เป็นแผ่นขนาด 20x20 ซม. ความหนา 3 มม. ด้วยความร้อน 200 องศา



ภาพที่ 39 เครื่องอัดขึ้นรูปผักตบชวาและพลาสติก

6. แสดงการอัดแผ่นผักตบชวาผสมพลาสติกที่เสร็จจากเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง(TWO ROLL MIC) และนำมาเข้าแม่พิมพ์ตามขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 40 นำแผ่นที่ได้มาเข้าแม่พิมพ์ตามขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 41 การอัดขึ้นรูปผักตบชวาและพลาสติกเป็นแผ่นผนังเบา

ผักตบชวา + เรซินหล่อใส

1. นำผักตบชวาไปตากให้แห้ง อบกำมะถันแล้วถักเป็นเปีย



ภาพที่ 42 ผักตบชวาถักเป็นเปีย

2. นำเรซินหล่อใส (Resin) มาผสมเข้าด้วยกัน



ภาพที่ 43 เรซินหล่อใส (Resin)

3. นำเรซินหล่อใส (Resin) มาเคลือบเส้นผักตบชวา



ภาพที่ 44 ผักตบชวาเคลือบเรซินหล่อใส

ฝักตบชวา + น้ำยางพาราชั้น

1. นำฝักตบชวาไปตากให้แห้ง อบกำมะถันแล้วถักเป็นเปีย



ภาพที่ 45 ฝักตบชวาถักเป็นเปีย

2. นำน้ำยางพาราชั้น มาผสมเข้าด้วยกันกับเส้นฝักตบชวา



ภาพที่ 46 ยางพาราชั้น

3. นำน้ำยางพาราชั้น มาผสมเข้าด้วยกันกับเส้นฝักตบชวา



ภาพที่ 47 ฝักตบชวาถักเป็นเปียเคลือบยางพารา

สรุปการคัดเลือกวัสดุ

จากการทดลองวัสดุสรุปผลได้ว่า

1. ฝักตบชวา + พลาสติก เป็นวัสดุที่แข็งแรงและสามารถขึ้นรูปได้แต่เมื่อนิดขึ้นรูปจะมีความเปราะเนื่องจากมวลสารมีความหนาจึงไม่สามารถยืดหยุ่นได้
2. ฝักตบชวา + เรซินหล่อใส เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดเนื่องจากเรซินที่เคลือบตัวเส้นฝักตบชวานั้นเมื่อแห้งจะมีความแข็งและมีความเปราะหักได้ง่ายซึ่งไม่สามารถยืดหยุ่นได้
3. ฝักตบชวา + น้ำยางพาราขึ้น เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงมีความยืดหยุ่นที่ดีและเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติ จึงเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 13 สรุปการคัดเลือกวัสดุ

วัสดุ \ ลักษณะ	แข็งแรงทนทาน	การขึ้นรูปเป็นเส้น	วัสดุธรรมชาติ	รวม
ฝักตบชวา + พลาสติก	3	1	1	5
ฝักตบชวา + เรซินหล่อใส	1	3	1	5
ฝักตบชวา + น้ำยางพาราขึ้น	2	3	3	8

การทดลองที่ 2.2 เปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลอง

- นับจำนวนใบ, ยอด

- ชั่งน้ำหนักต้นไม้ที่มีดินและกระถางแต่ละกระถาง โดยน้ำหนักกระถางเปล่าหนัก 0.094

กรัม

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบขนาดของต้นจันทร์กระจ่างฟ้า



ภาพที่ 48 การชั่งน้ำหนักต้นจันทร์กระจ่างฟ้า



ภาพที่ 49 การชั่งน้ำหนักกระถางเปล่า

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบของต้นจันทน์กระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลองระยะห่างและวัสดุ

ระยะห่าง 10 ซม.								
วัสดุแผง	แผงที่ 1 เส้นสลิง		แผงที่ 2 เส้นเอ็น		แผงที่ 3 ไม้ไผ่		แผงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลือบ ยางพารา	
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
จำนวนใบ	69	64	68	70	68	70	72	66
จำนวนยอด	-4	3	3	3	3	3	4	3
น้ำหนัก	0.839	0.823	0.825	0.833	0.831	0.834	0.837	0.833
ระยะห่าง 15 ซม.								
วัสดุแผง	แผงที่ 5 เส้นสลิง		แผงที่ 6 เส้นเอ็น		แผงที่ 7 ไม้ไผ่		แผงที่ 8 เส้นผักตบชวาเคลือบ ยางพารา	
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	ต้นที่ 5	ต้นที่ 6	ต้นที่ 7	ต้นที่ 8
จำนวนใบ	69	64	68	60	68	70	65	70
จำนวนยอด	4	3	3	4	3	4	3	4
น้ำหนัก	0.837	0.833	0.830	0.836	0.832	0.835	0.827	0.832

การทดลองที่ 1.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลองปลูก

วิธีการทดลอง

1. ปลูกต้นจันทร์กระจ่างฟ้าในกระถางปลูกขนาด 70 x 19 เซนติเมตรกระถางละ 2 ต้น โดยรดน้ำ ปริมาณน้ำ 0.5 ลิตรต่อต้น 2 เวลาเช้าและเย็น ต่อกระถาง
2. ถ่ายรูปทุกสัปดาห์
3. ติดตามผลเป็นเวลา 24 สัปดาห์
4. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองให้นำแผงภายในตัดไปชั่งน้ำหนักเพื่อดูปริมาณการเจริญเติบโต
5. นับจำนวนใบ จำนวนยอด จำนวนดอก
6. สรุปผล

ตารางที่ 15 การเจริญเติบโตของการทดลองปลูกไม้เลื้อย 24 สัปดาห์

แผงที่ 1 – 4 ระยะห่าง 10 CM.				
เดือนที่ 1	แผงที่ 1 เส้นสลิง	แผงที่ 2 เส้นเอ็น	แผงที่ 3 ไม้	แผงที่ 4 ผักตบชวา ขางพารา
สัปดาห์ที่ 1				
สัปดาห์ที่ 2				
สัปดาห์ที่ 3				
สัปดาห์ที่ 4				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 1 – 4 ระยะห่าง 10 CM.				
เดือนที่ 2	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 5				
สัปดาห์ที่ 6				
สัปดาห์ที่ 7				
สัปดาห์ที่ 8				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 1 – 4 ระยะห่าง 10 CM.				
เดือนที่ 3	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 9				
สัปดาห์ที่ 10				
สัปดาห์ที่ 11				
สัปดาห์ที่ 12				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 1 – 4 ระยะห่าง 10 CM.				
เดือนที่ 4	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 13				
สัปดาห์ที่ 14				
สัปดาห์ที่ 15				
สัปดาห์ที่ 16				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 1 – 4 ระยะห่าง 10 CM.				
เดือนที่ 5	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 17				
สัปดาห์ที่ 18				
สัปดาห์ที่ 19				
สัปดาห์ที่ 20				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 1 – 4 ระยะห่าง 10 CM.				
เดือนที่ 6	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาชูป ยางพารา
สัปดาห์ที่ 21				
สัปดาห์ที่ 22				
สัปดาห์ที่ 23				
สัปดาห์ที่ 24				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 5 – 8 ระยะห่าง 15 CM.				
เดือนที่ 1	แผงที่ 5 เส้นสลิง	แผงที่ 6 เส้นเอ็น	แผงที่ 7 ไม้	แผงที่ 8 ผักตบชวา ขูด ยางพารา
สัปดาห์ที่ 1				
สัปดาห์ที่ 2				
สัปดาห์ที่ 3				
สัปดาห์ที่ 4				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 5 – 8 ระยะห่าง 15 CM.				
เดือนที่ 2	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 5				
สัปดาห์ที่ 6				
สัปดาห์ที่ 7				
สัปดาห์ที่ 8				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 5 – 8 ระยะห่าง 15 CM.				
เดือนที่ 3	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาชูป ยางพารา
สัปดาห์ที่ 9				
สัปดาห์ที่ 10				
สัปดาห์ที่ 11				
สัปดาห์ที่ 12				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 5 – 8 ระยะห่าง 15 CM.				
เดือนที่ 4	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 13				
สัปดาห์ที่ 14				
สัปดาห์ที่ 15				
สัปดาห์ที่ 16				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 5 – 8 ระยะห่าง 15 CM.				
เดือนที่ 5	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 17				
สัปดาห์ที่ 18				
สัปดาห์ที่ 19				
สัปดาห์ที่ 20				

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผงที่ 5 – 8 ระยะห่าง 15 CM.				
เดือนที่ 6	เส้นสลิง	เส้นเอ็น	ไม้	ผักตบชวาหุบ ยางพารา
สัปดาห์ที่ 21				
สัปดาห์ที่ 22				
สัปดาห์ที่ 23				
สัปดาห์ที่ 24				



ภาพที่ 50 การชั่งน้ำหนักต้นไม้

ตารางที่ 16 สรุปการเปรียบเทียบของต้นจันกระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลองในการทดลองที่ 2

ระยะห่าง 10 ซม.				
วัสดุแฉก	แฉกที่ 1 เส้นสลิง	แฉกที่ 2 เส้นเอ็น	แฉกที่ 3 ไม้ไผ่	แฉกที่ 4 เส้นฟักตบขวา เคลือบยางพารา
จำนวนใบ	820	931	1,186	1,449
จำนวนยอด	37	45	29	40
จำนวนดอก	72	44	50	26
น้ำหนัก	0.983	0.926	1.059	1.315
สรุปลำดับ	7	8	6	2
ระยะห่าง 15 ซม.				
วัสดุแฉก	แฉกที่ 5 เส้นสลิง	แฉกที่ 6 เส้นเอ็น	แฉกที่ 7 ไม้ไผ่	แฉกที่ 8 เส้นฟักตบขวา เคลือบยางพารา
จำนวนใบ	1,223	1,294	1,361	1,666
จำนวนยอด	25	34	43	40
จำนวนดอก	35	53	60	85
น้ำหนัก	1.071	1.128	1.157	1.604
สรุปลำดับ	5	4	3	1

การทดลองที่ 2.3 การคำนวณพื้นที่ใบโดยใช้ภาพถ่ายทำการประมวลภาพ

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการปกคลุมของใบ

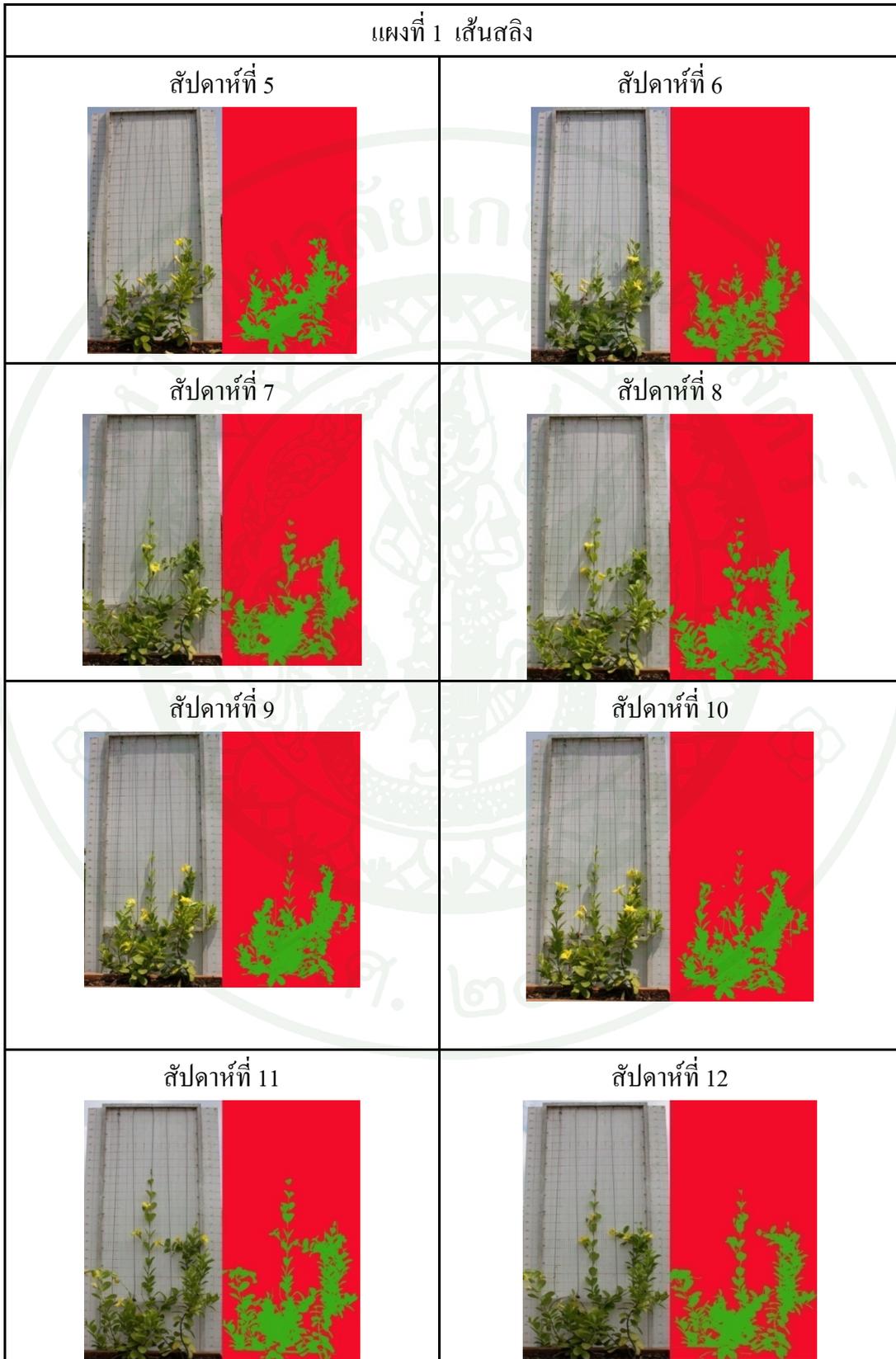
วิธีการทดลอง

1. เทสี เขียว ที่ใบของพืช และเทสีแดง ที่ วัสดุแผง เพื่อทราบปริมาณใบที่ปกคลุม
2. ใช้ PROGRAM สำเร็จรูป (Adobe Photoshop) คำนวณปริมาณ Pixels จาก HISTROGRAM และคำนวณพื้นที่ปกคลุม(สีเขียว) เป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่โครง(สีแดง)

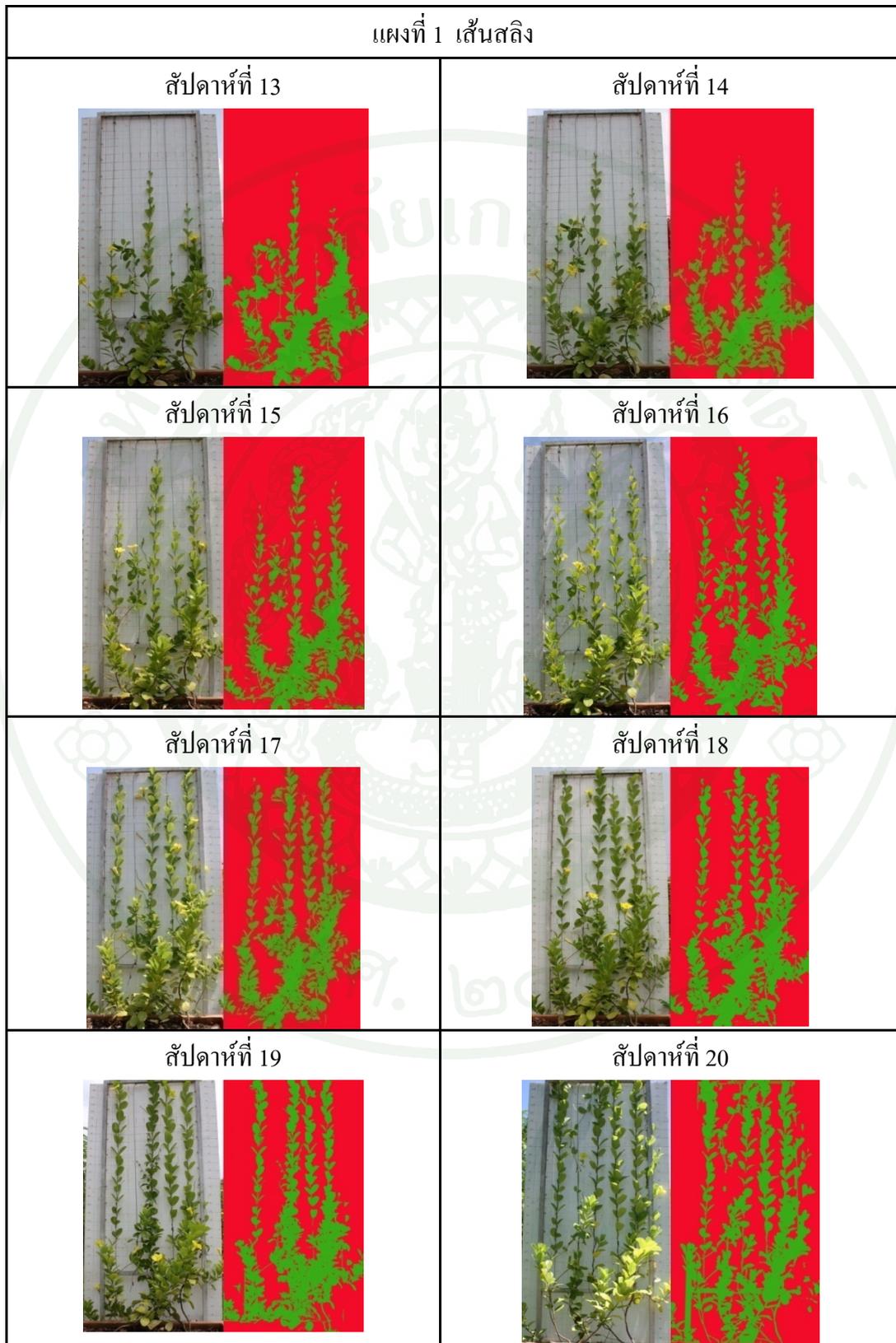
ตารางที่ 17 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 1

แผงที่ 1 เส้นสลิง	
<p>สัปดาห์ที่ 1</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 2</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 3</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 4</p> 

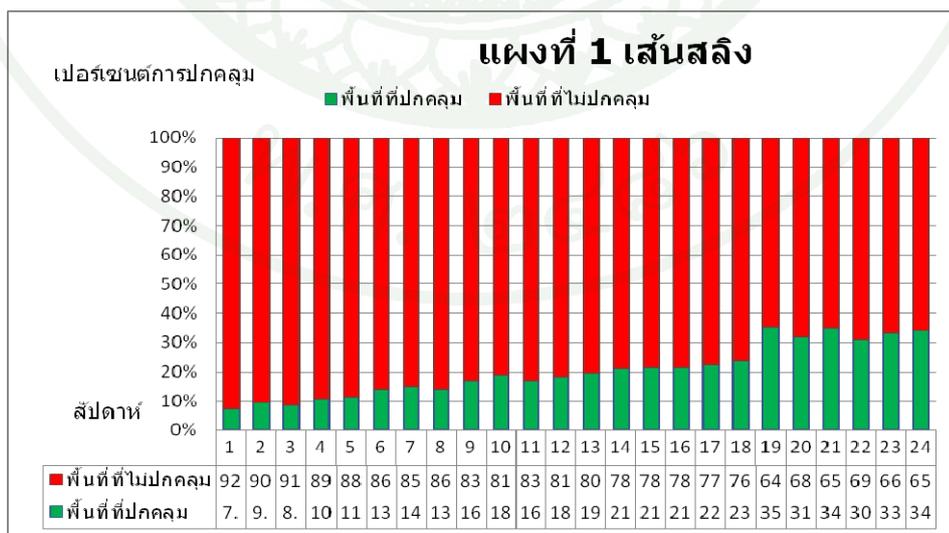
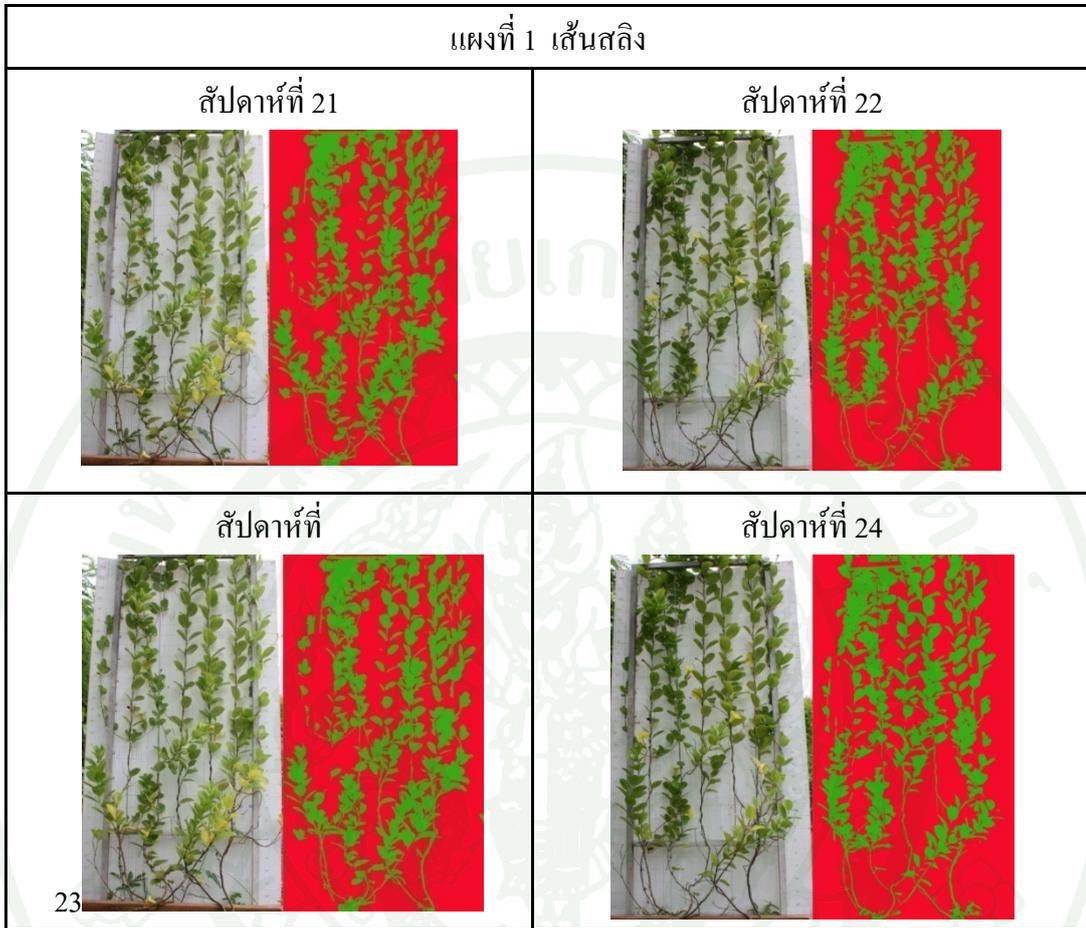
ตารางที่ 17 (ต่อ)



ตารางที่ 17 (ต่อ)

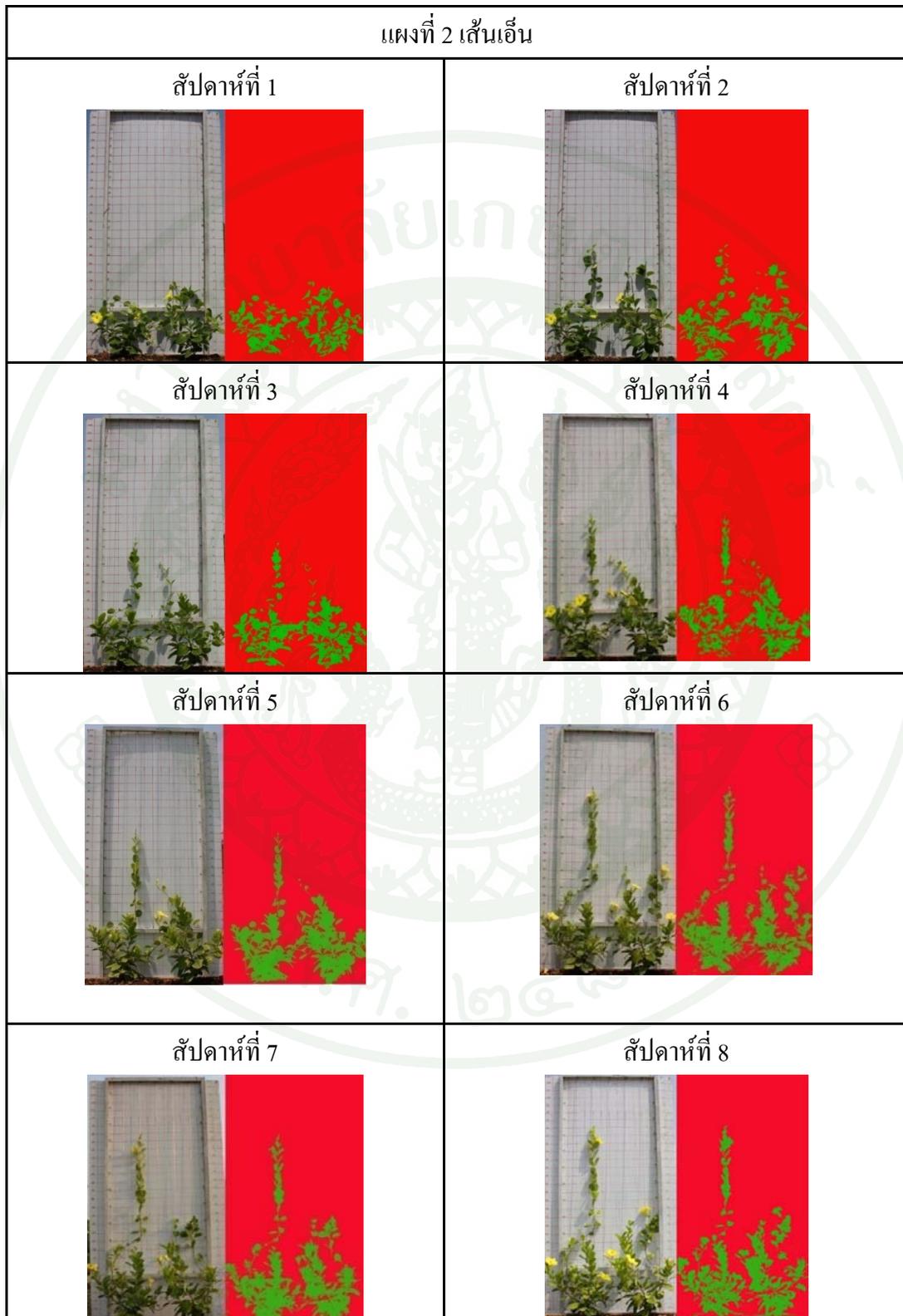


ตารางที่ 17 (ต่อ)

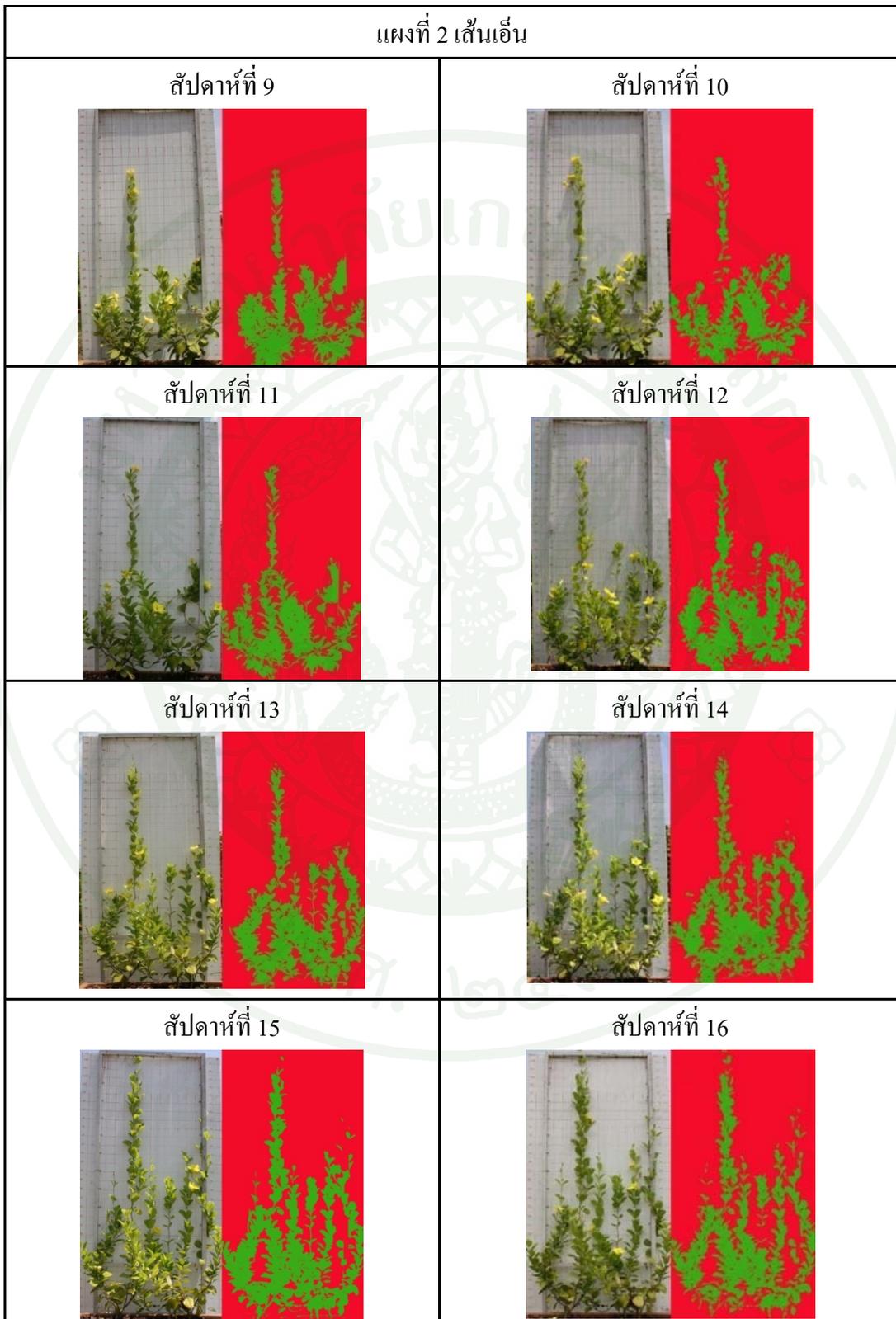


ภาพที่ 51 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 1

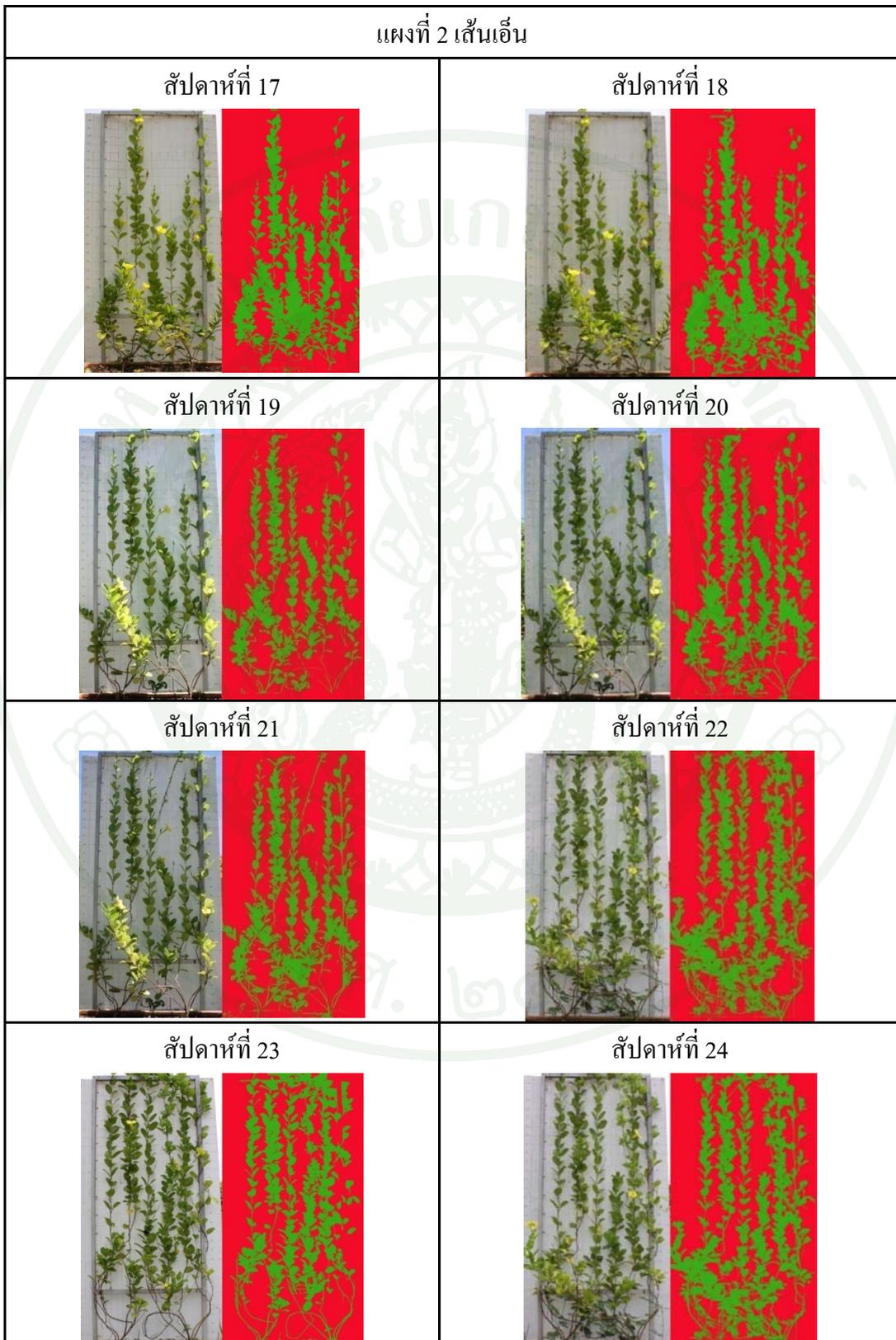
ตารางที่ 18 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 2

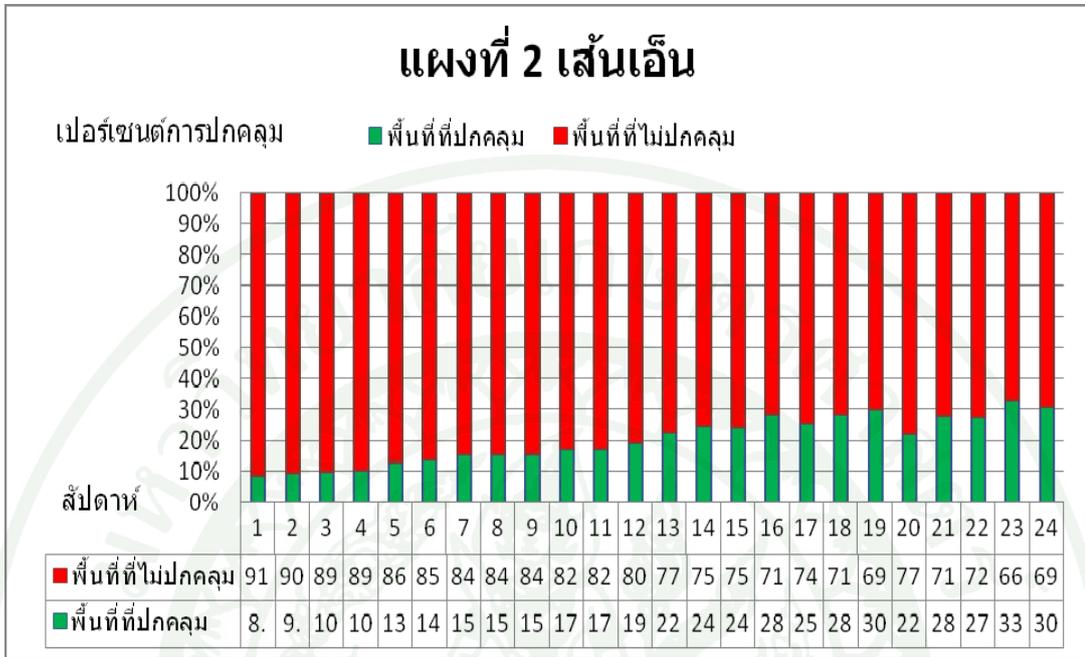


ตารางที่ 18 (ต่อ)



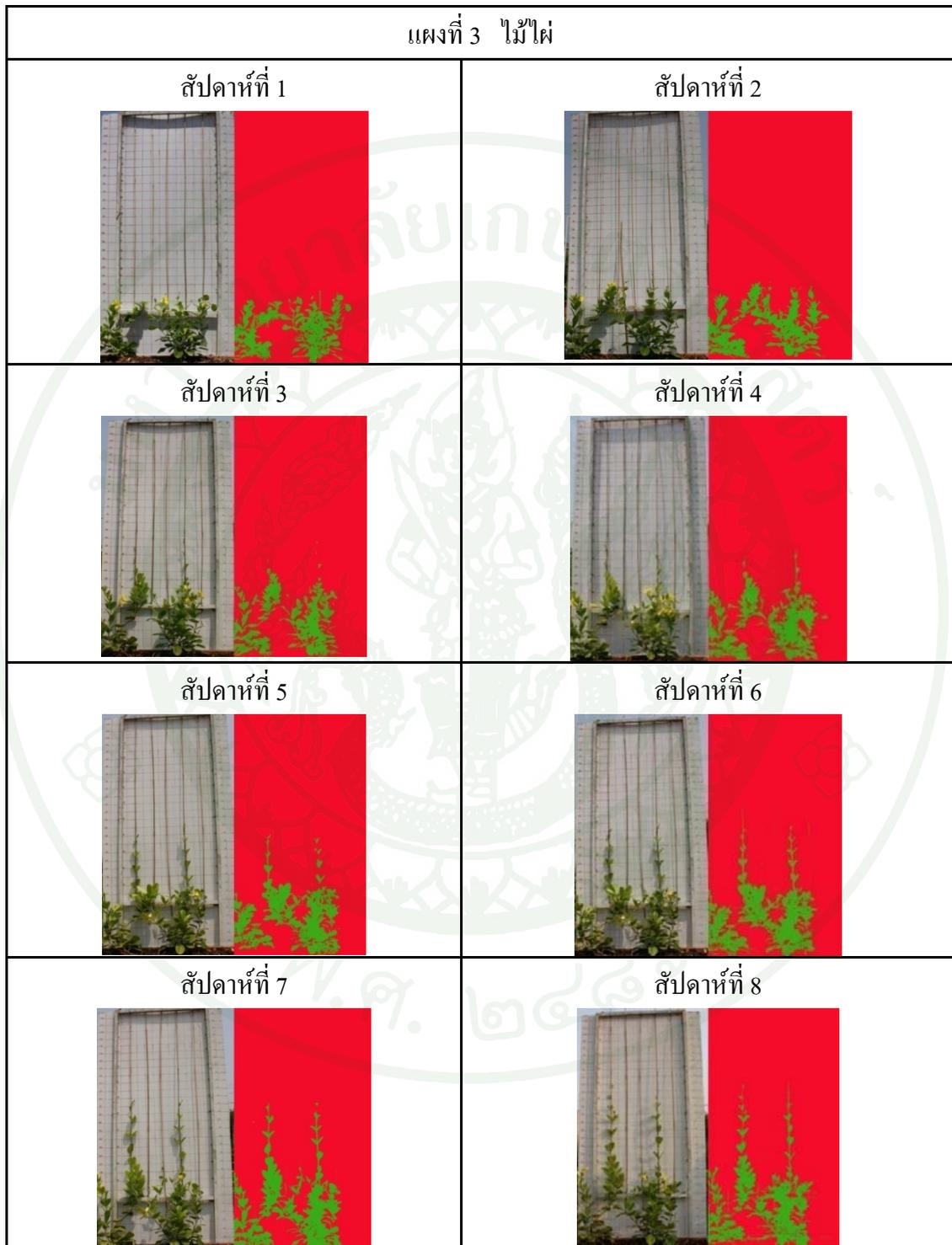
ตารางที่ 18 (ต่อ)



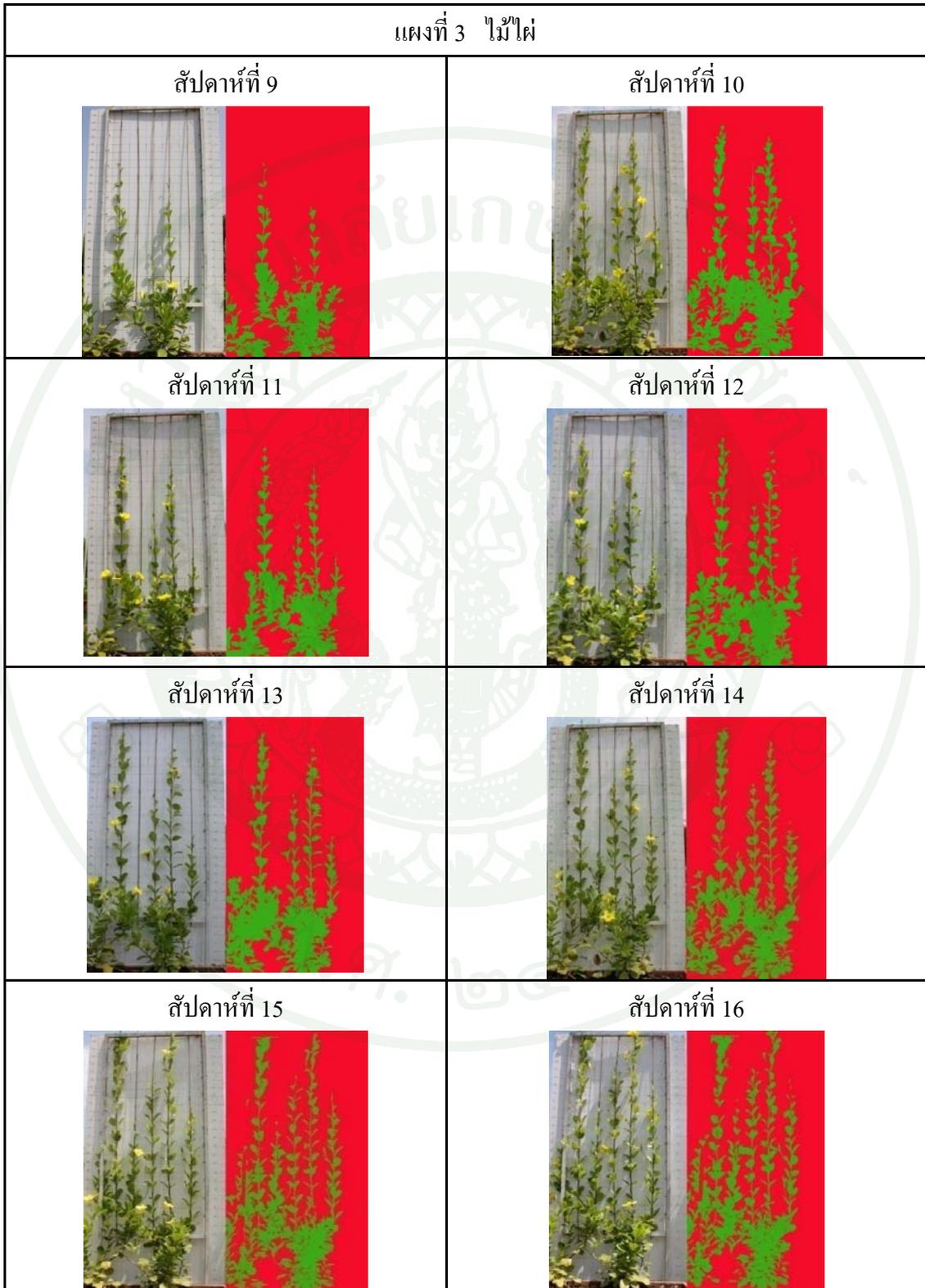


ภาพที่ 52 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผนภูมิ 2

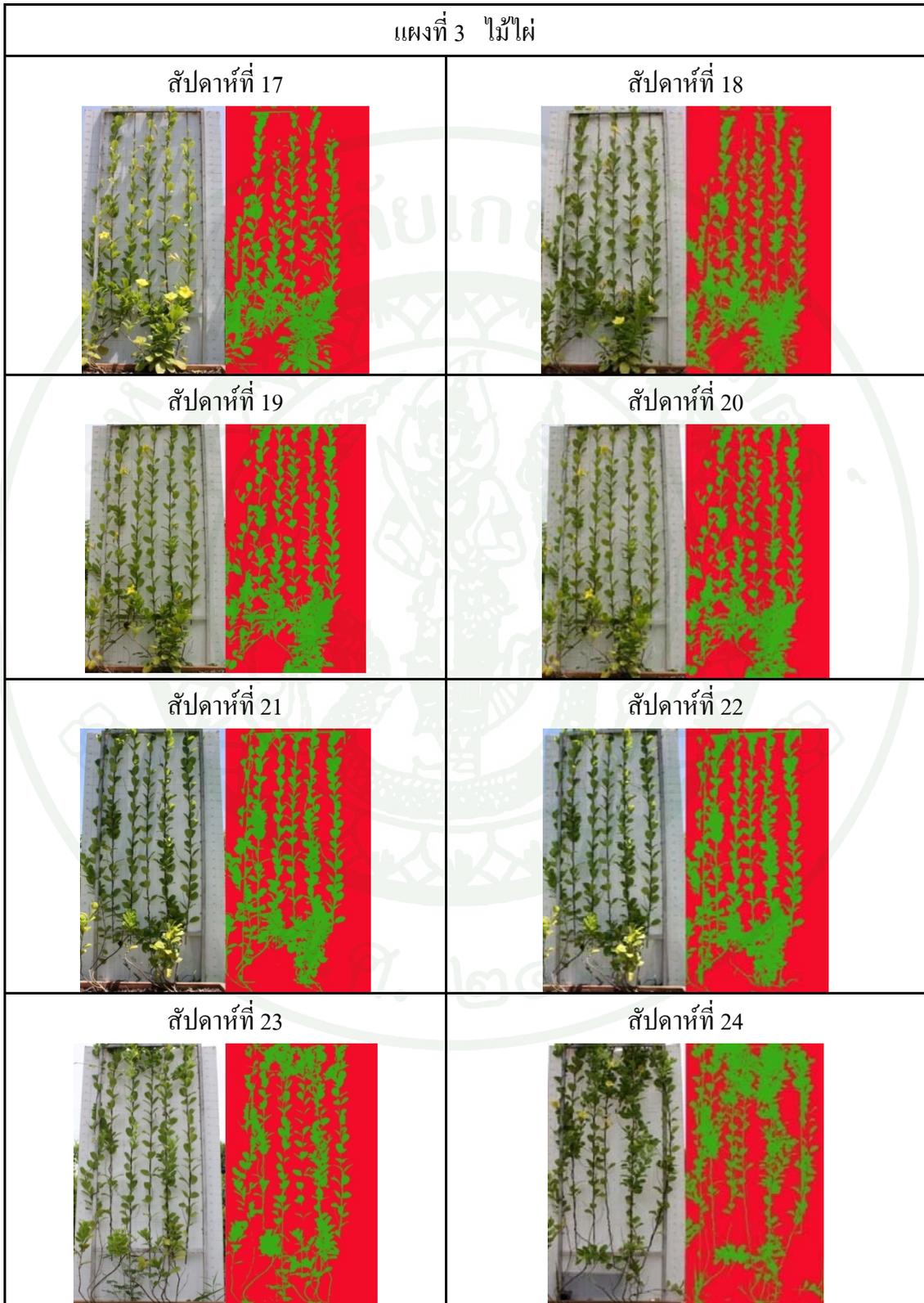
ตารางที่ 19 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 3

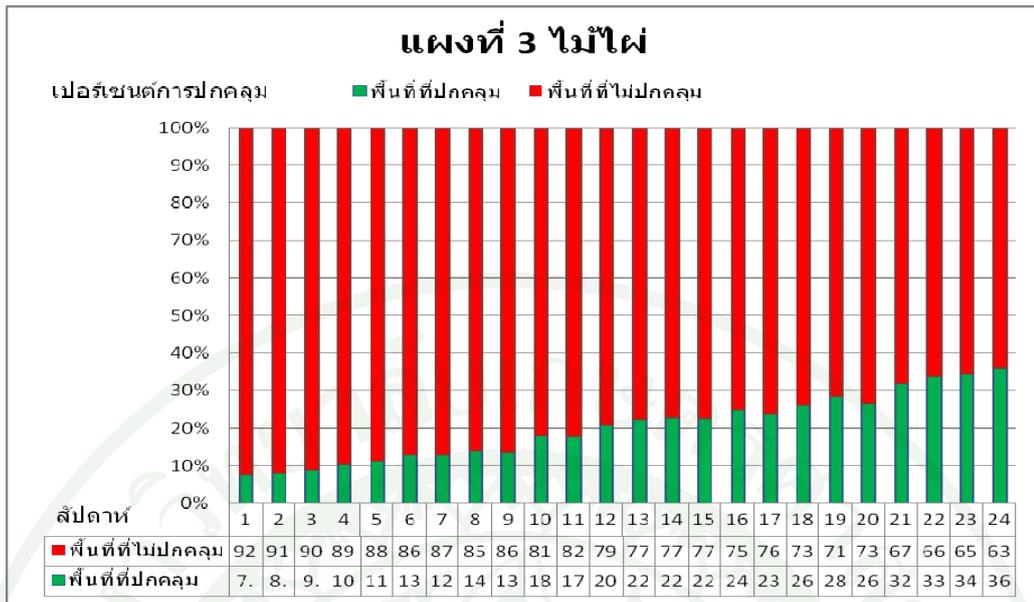


ตารางที่ 19 (ต่อ)



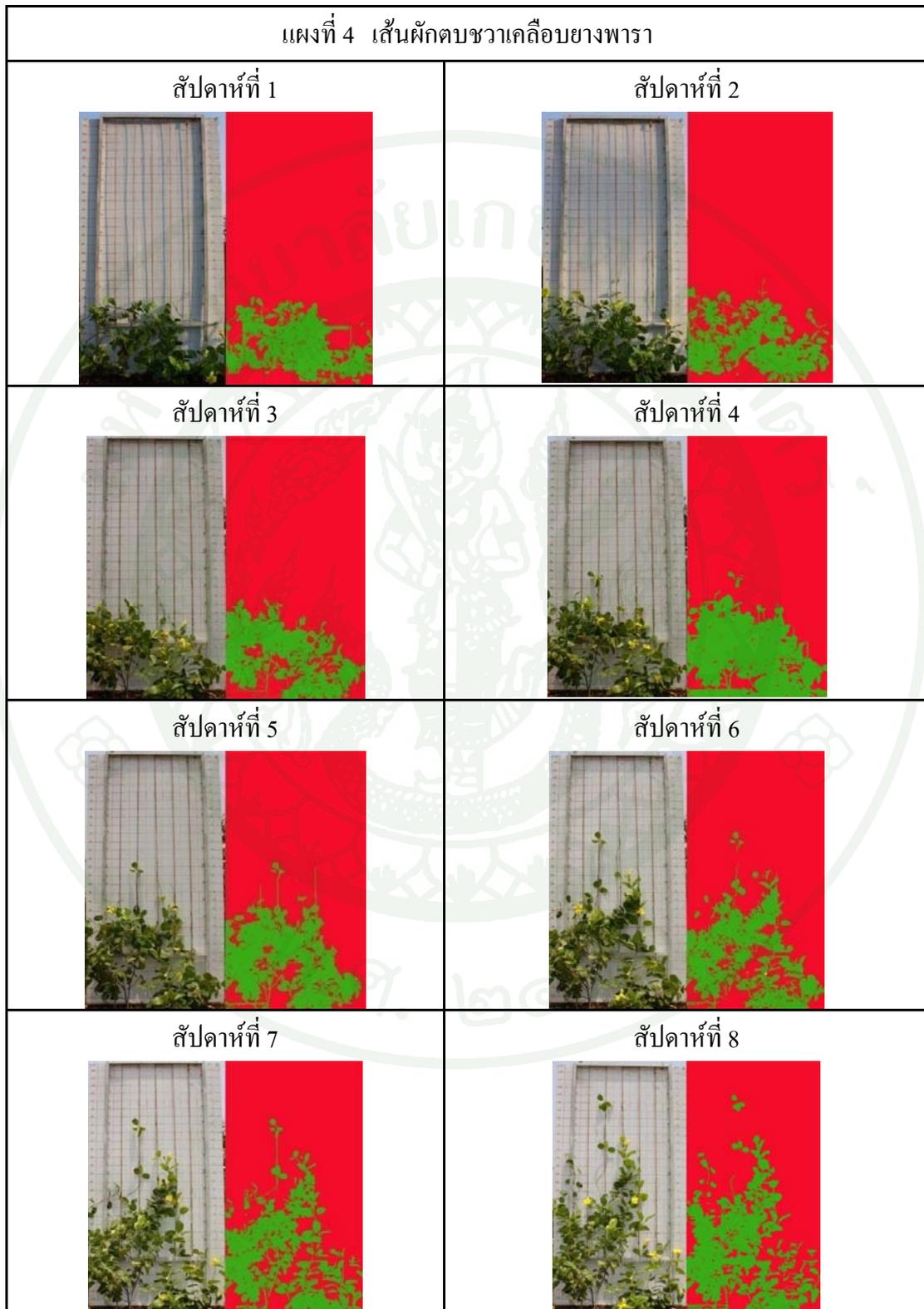
ตารางที่ 19 (ต่อ)





ภาพที่ 53 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 3

ตารางที่ 20 การปกคลุมของต้นจันทน์กระฉ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 4

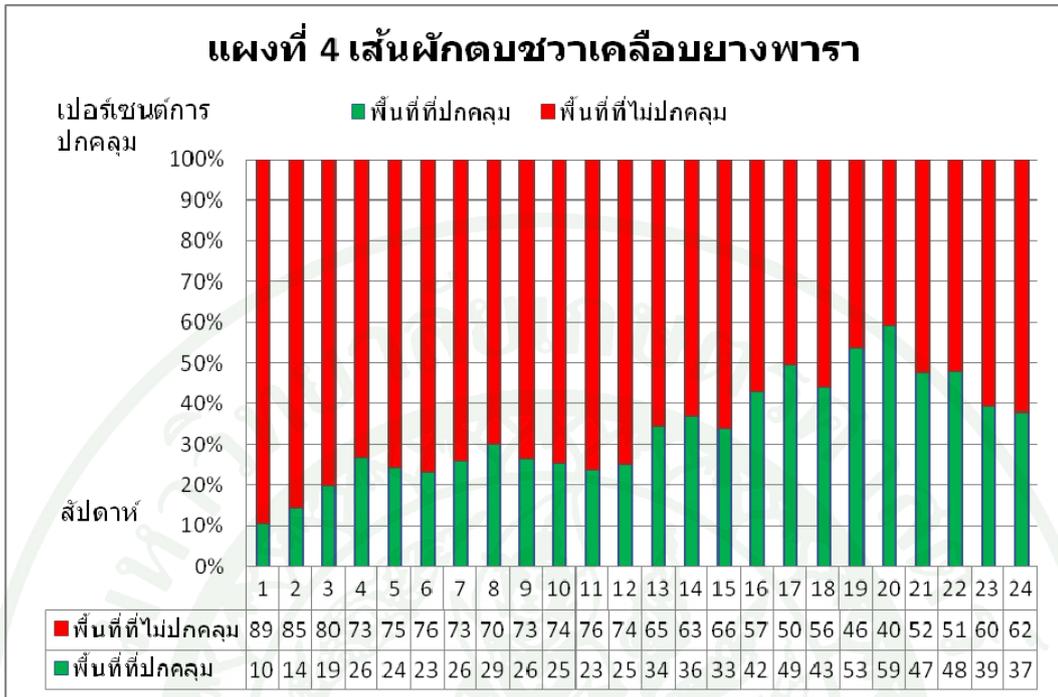


ตารางที่ 20 (ต่อ)



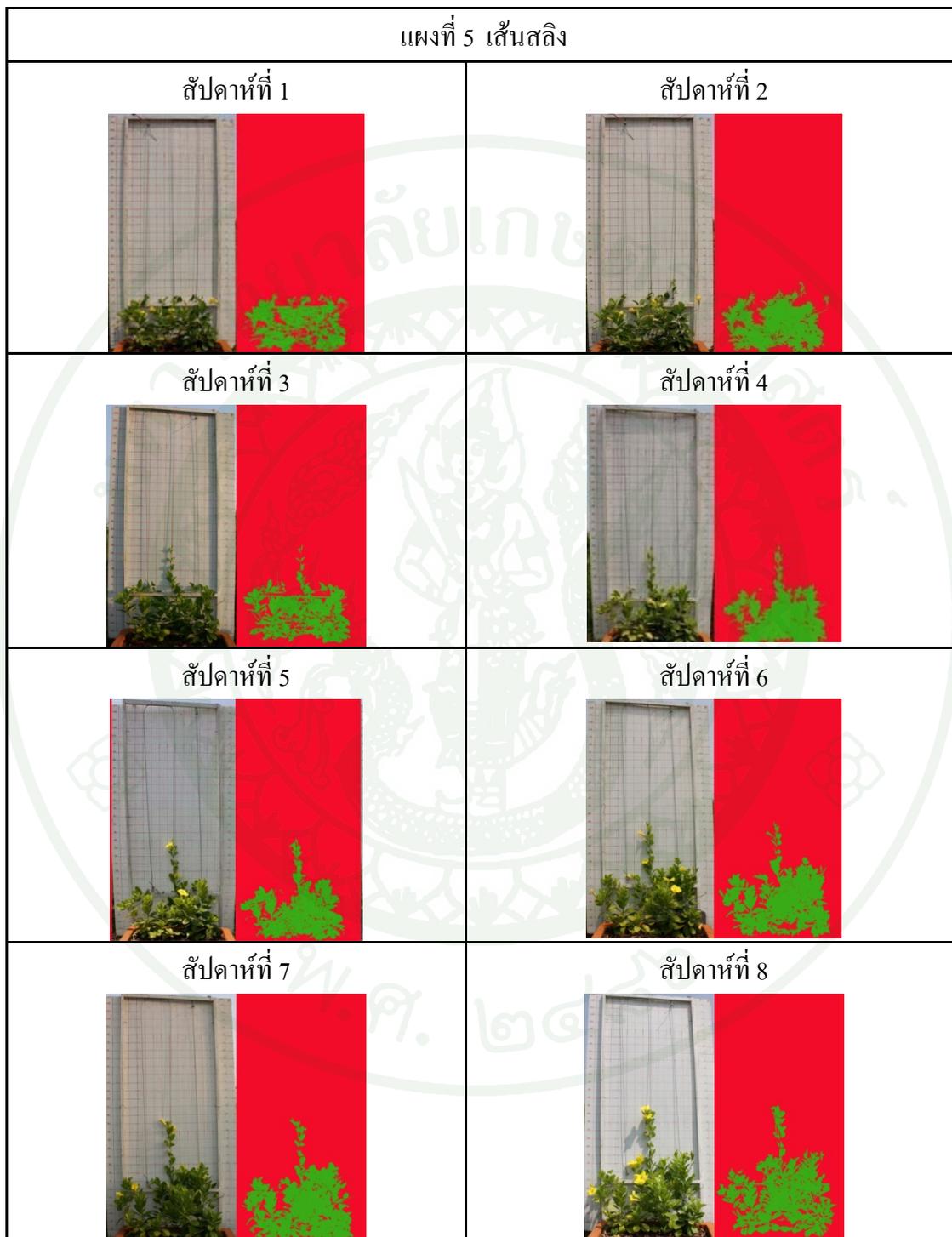
ตารางที่ 20 (ต่อ)

แผงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา	
<p>สัปดาห์ที่ 17</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 18</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 19</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 20</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 21</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 22</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 23</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 24</p> 

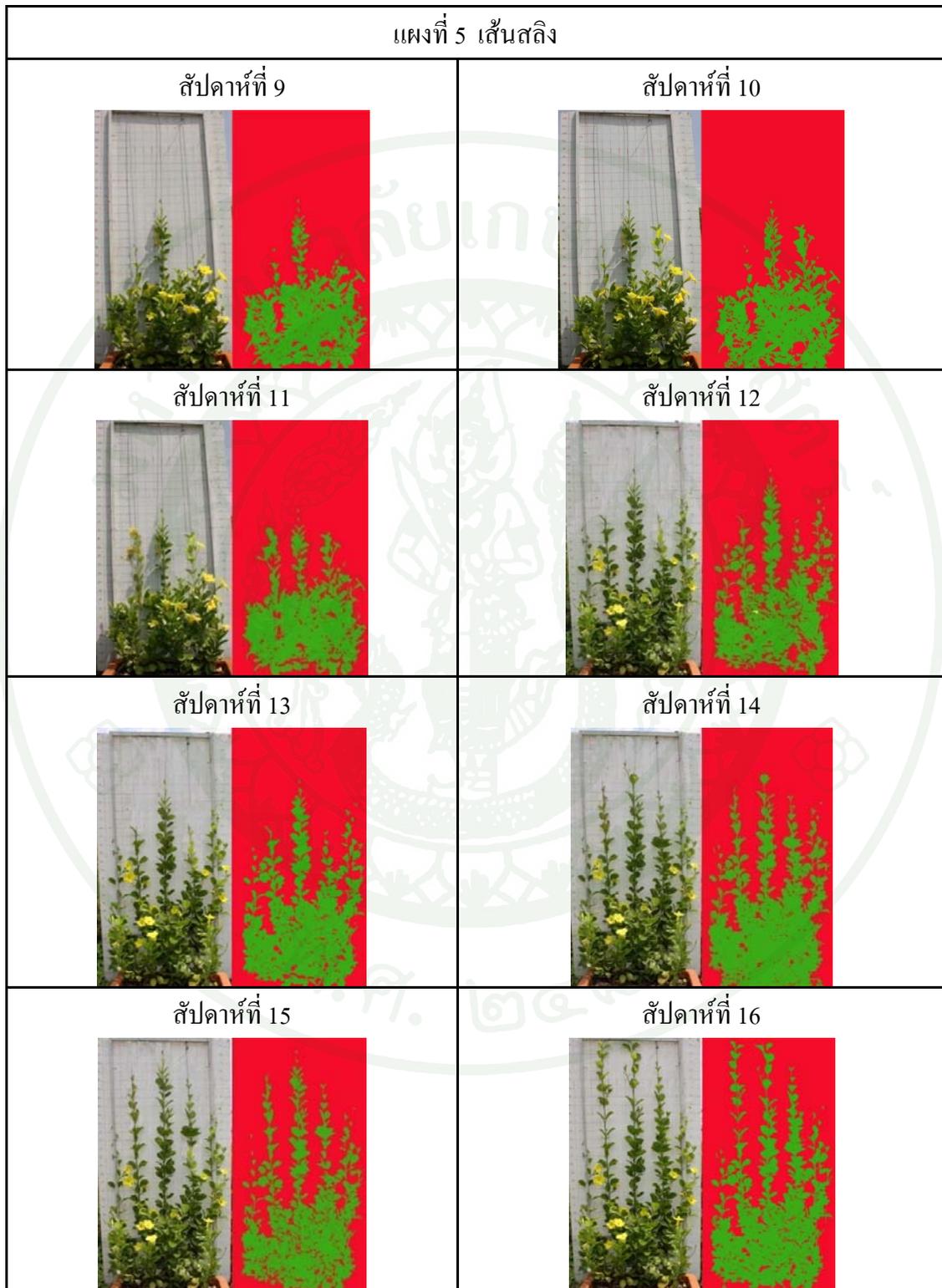


ภาพที่ 54 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผนภูมิที่ 4

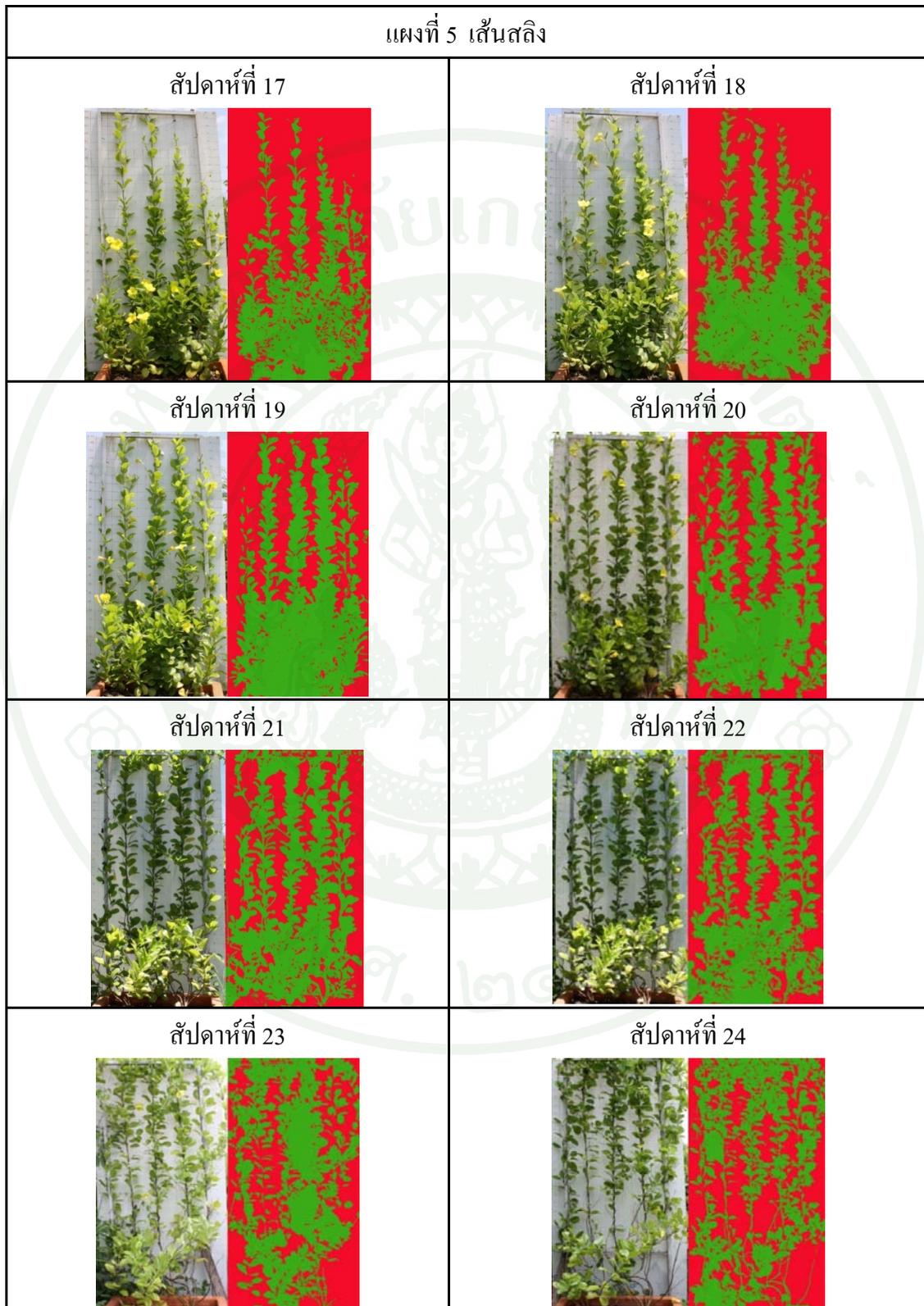
ตารางที่ 21 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 5

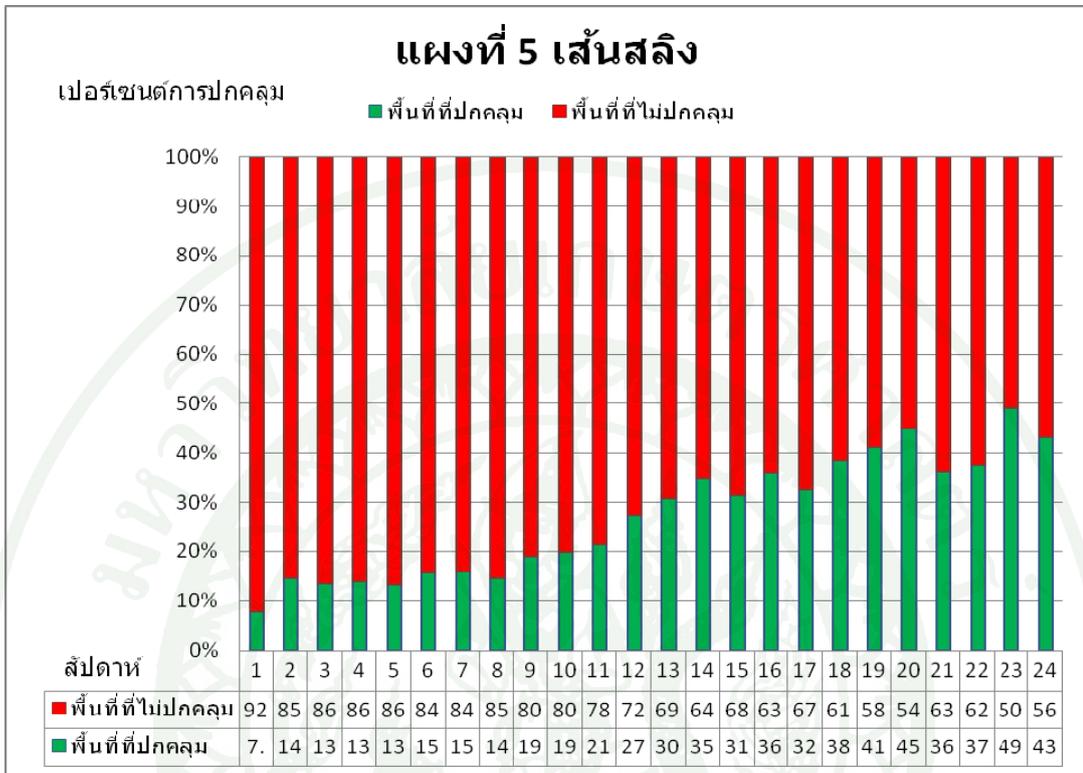


ตารางที่ 21 (ต่อ)



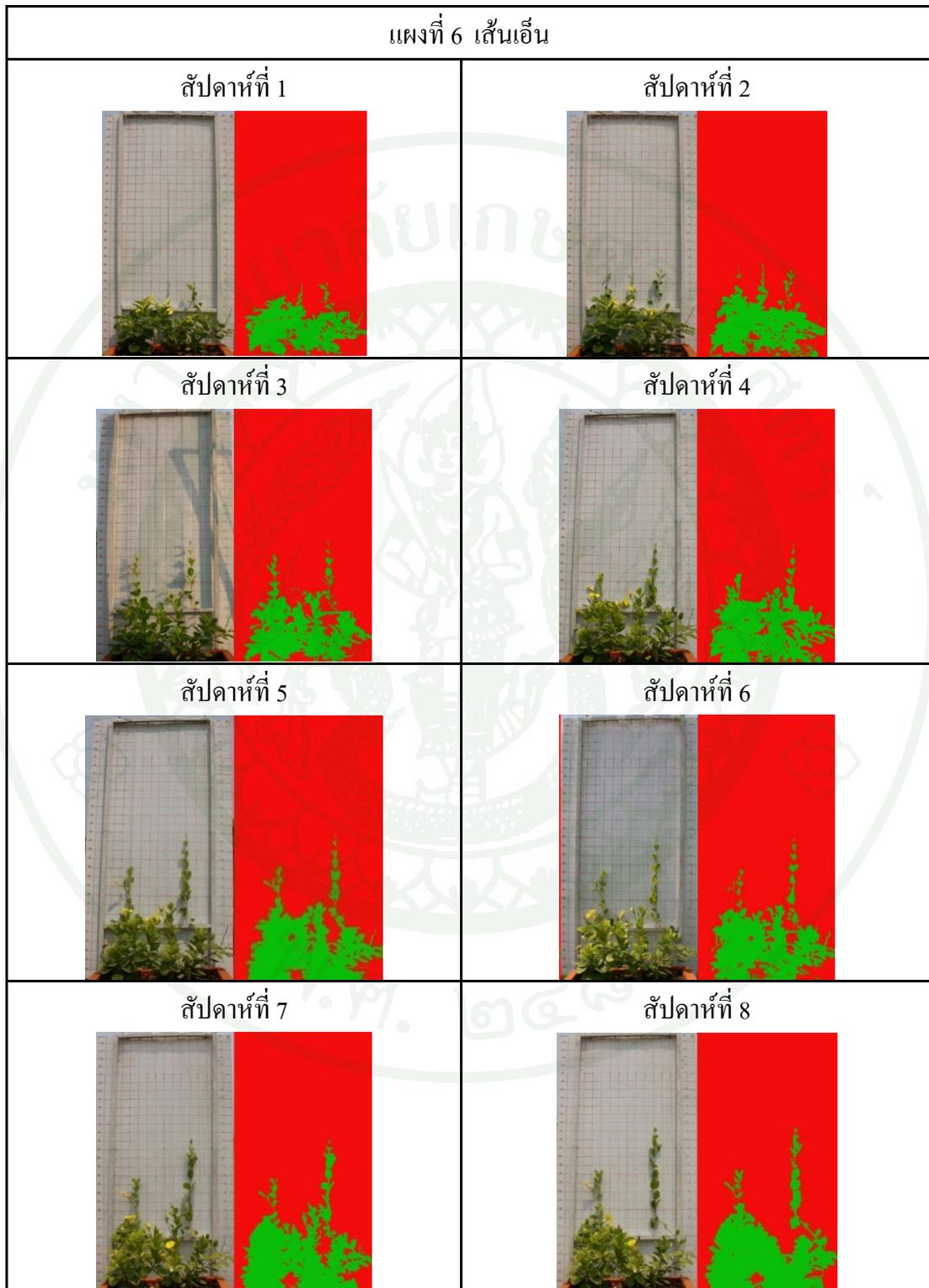
ตารางที่ 21 (ต่อ)



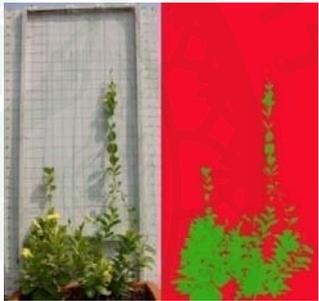
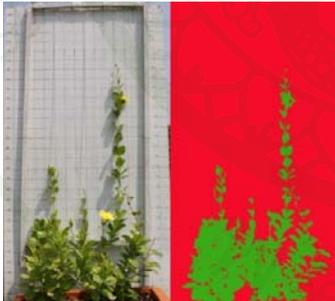


ภาพที่ 55 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 5

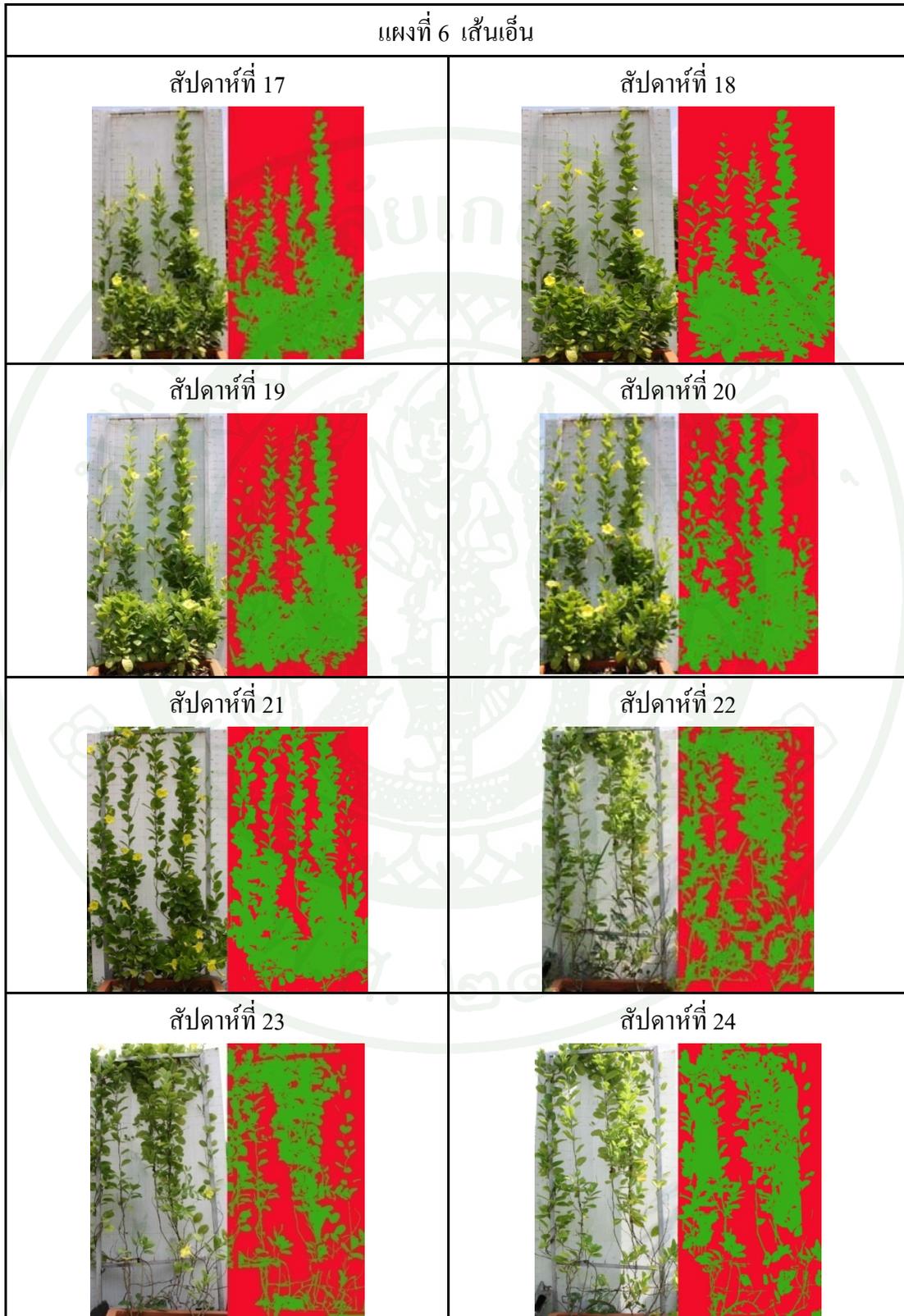
ตารางที่ 22 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 6

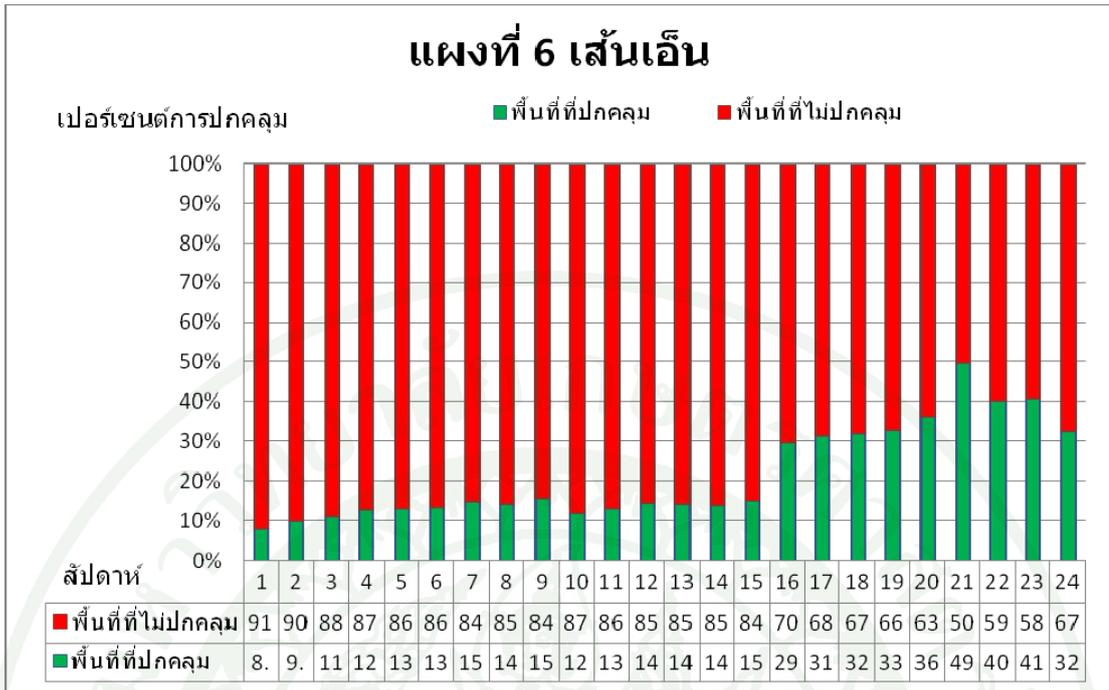


ตารางที่ 22 (ต่อ)

แผงที่ 6 เส้นเอ็น	
<p>สัปดาห์ที่ 9</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 10</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 11</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 12</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 13</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 14</p> 
<p>สัปดาห์ที่ 15</p> 	<p>สัปดาห์ที่ 16</p> 

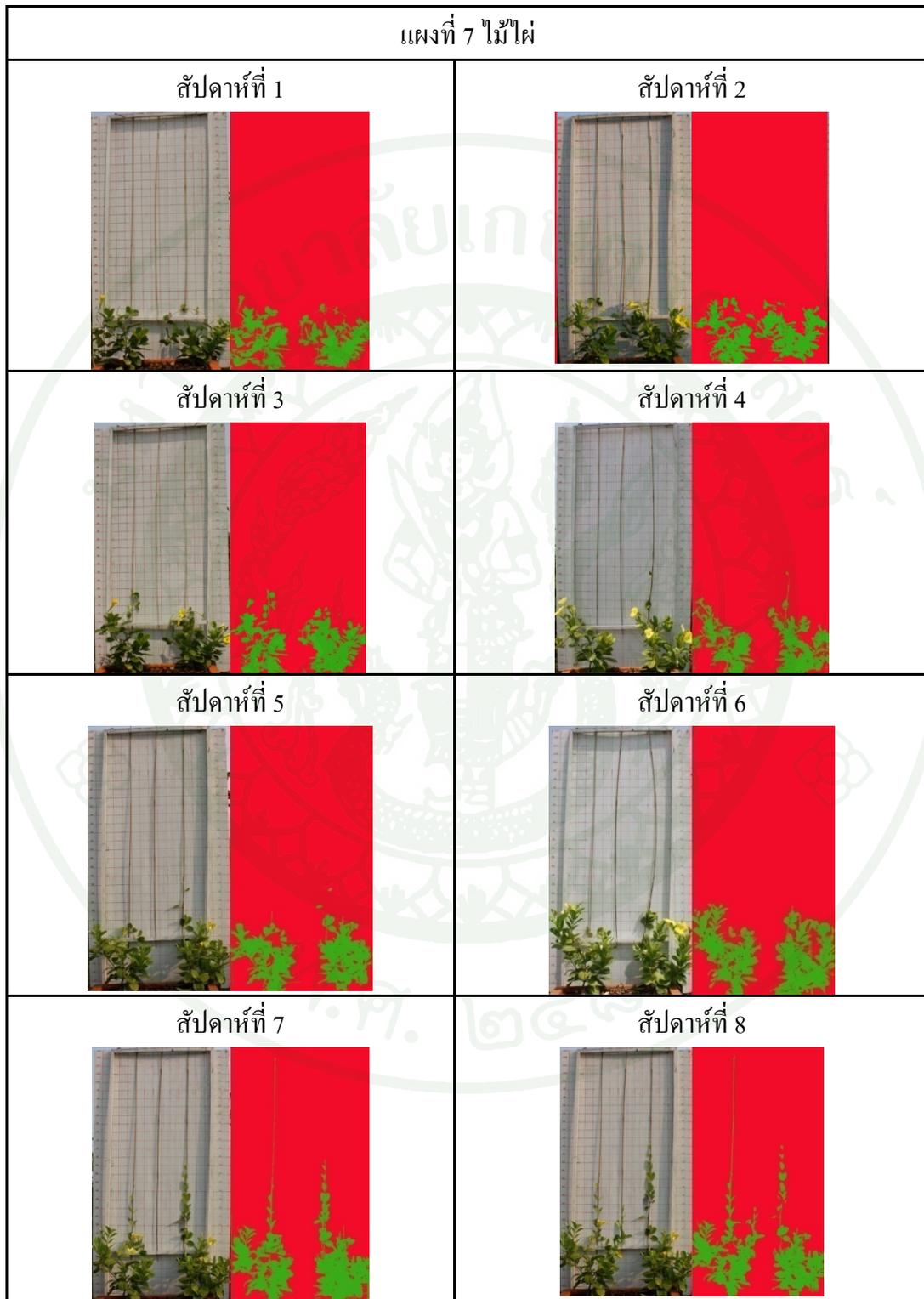
ตารางที่ 22 (ต่อ)



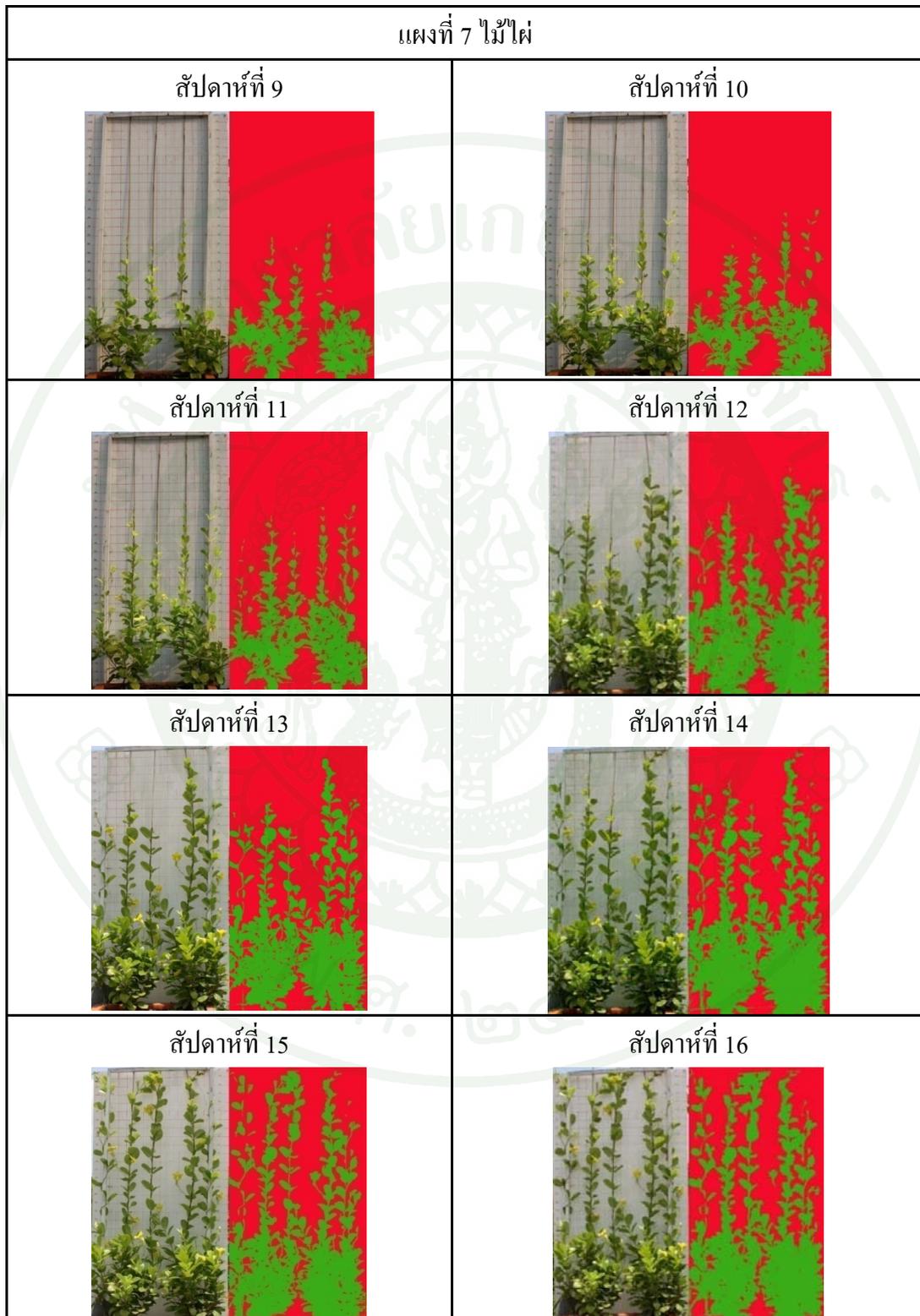


ภาพที่ 56 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผงที่ 6

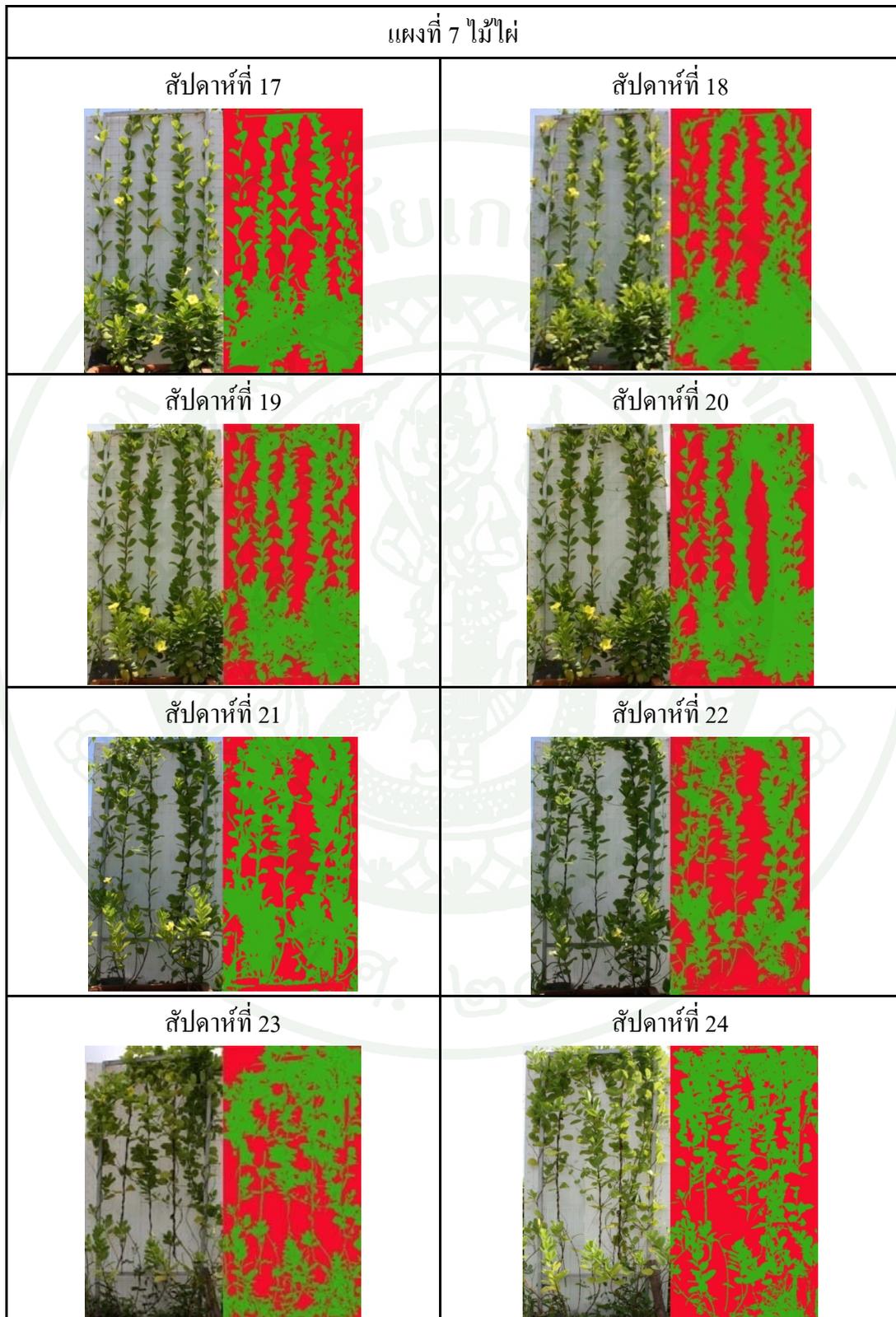
ตารางที่ 23 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 7

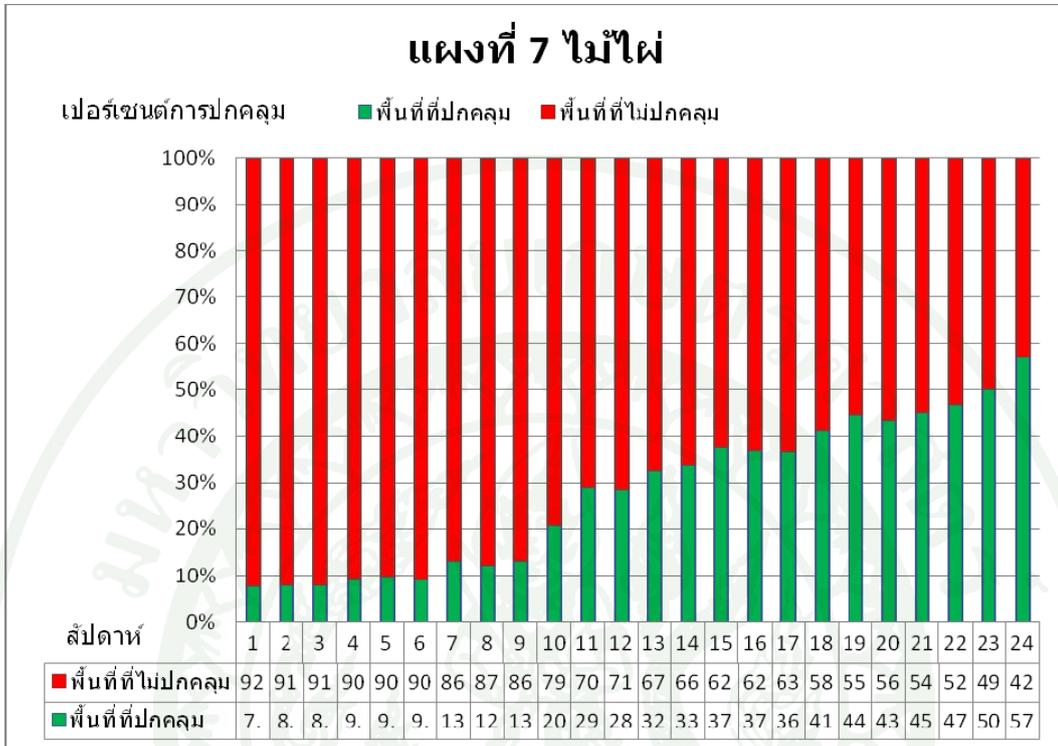


ตารางที่ 23 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 7



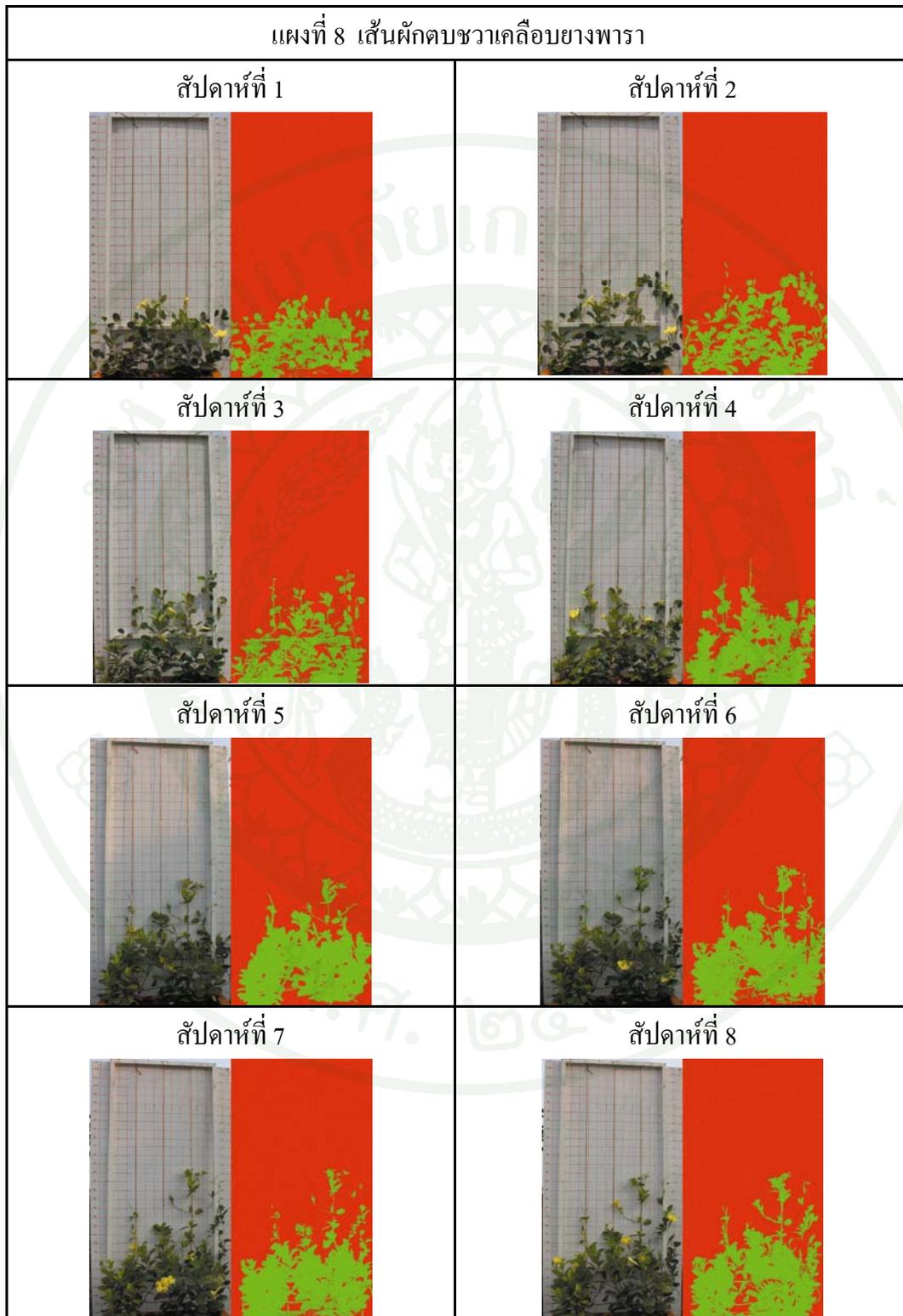
ตารางที่ 23 (ต่อ)



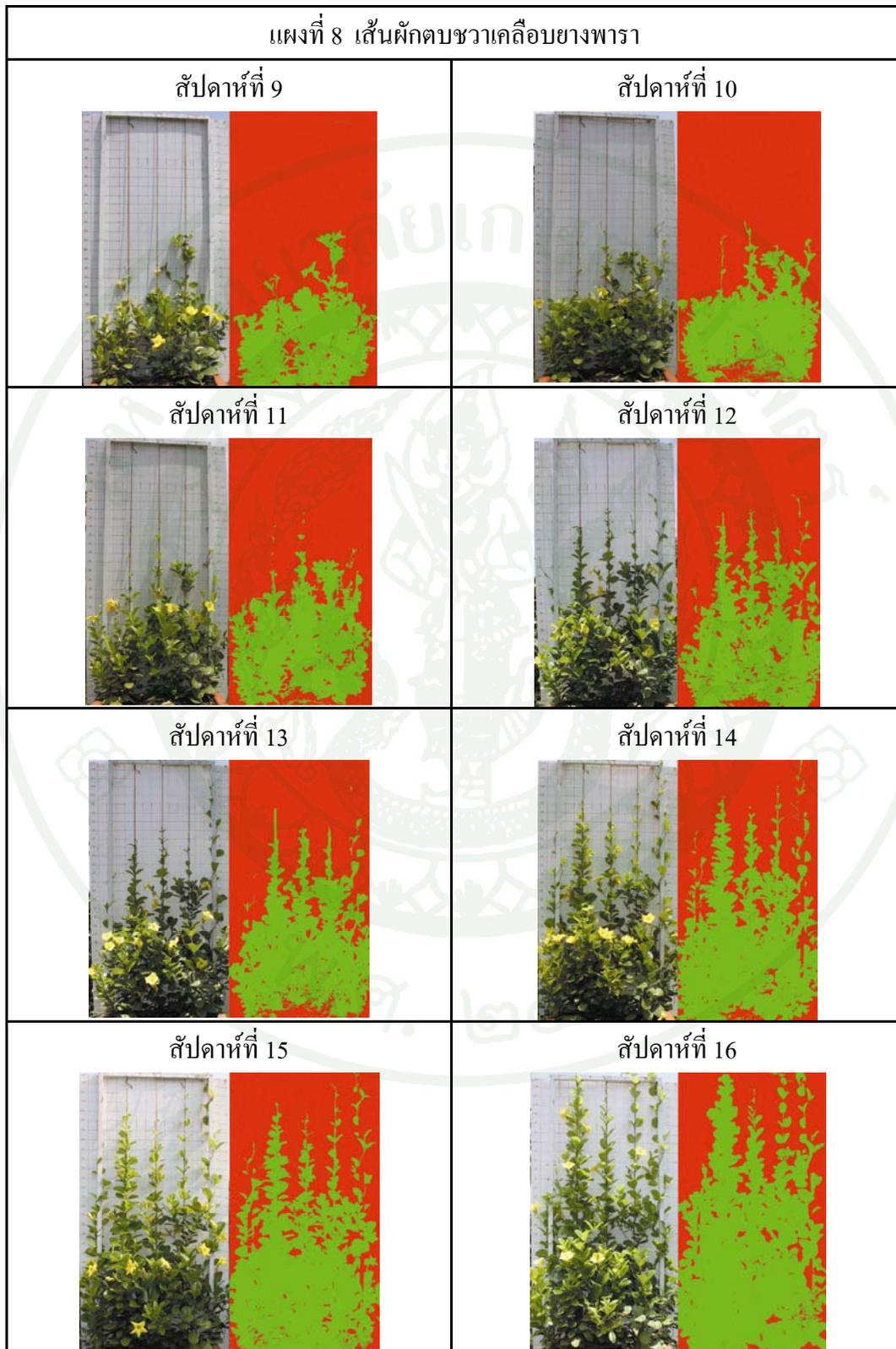


ภาพที่ 57 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของดินจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผนผังที่ 7

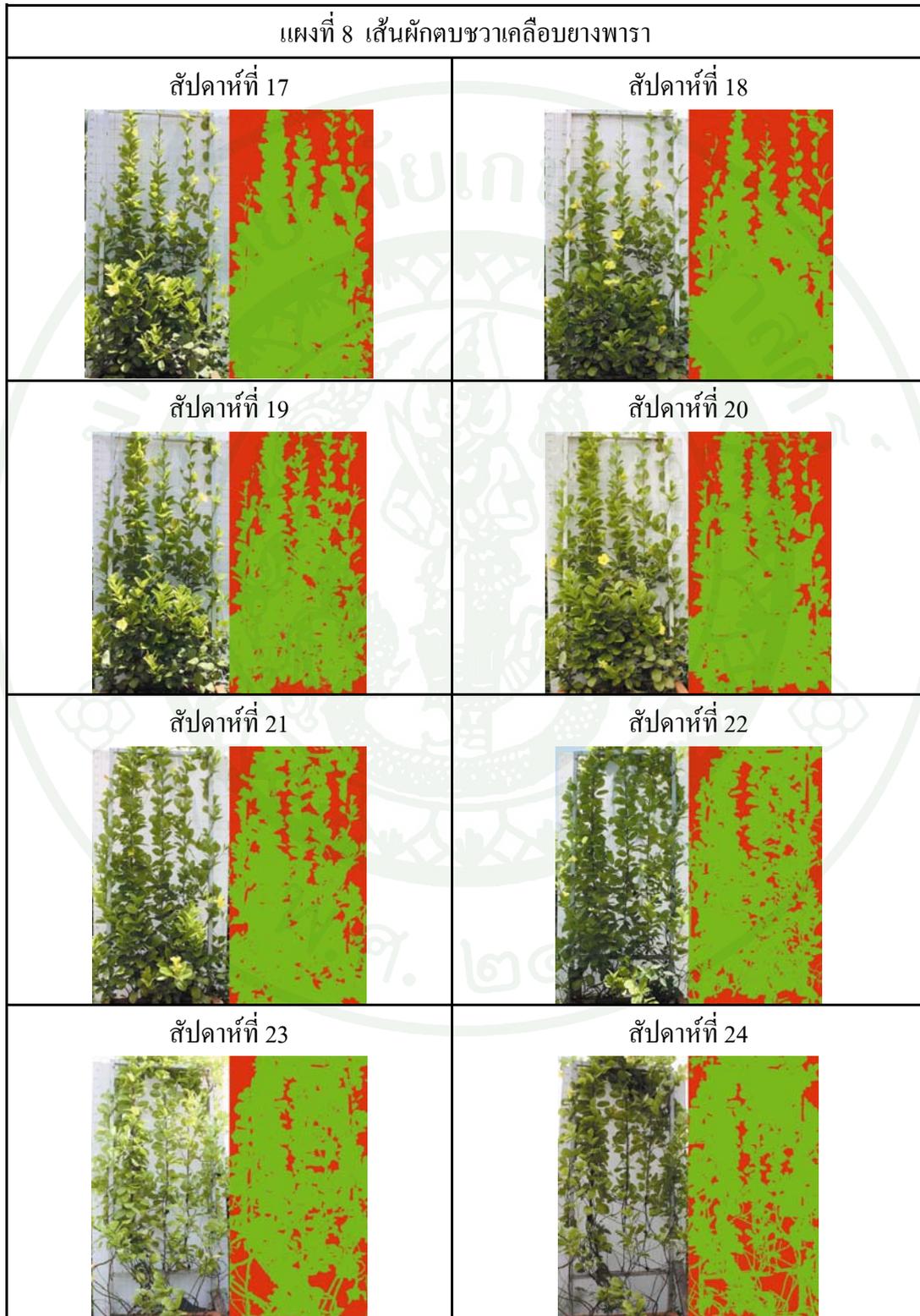
ตารางที่ 24 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 8

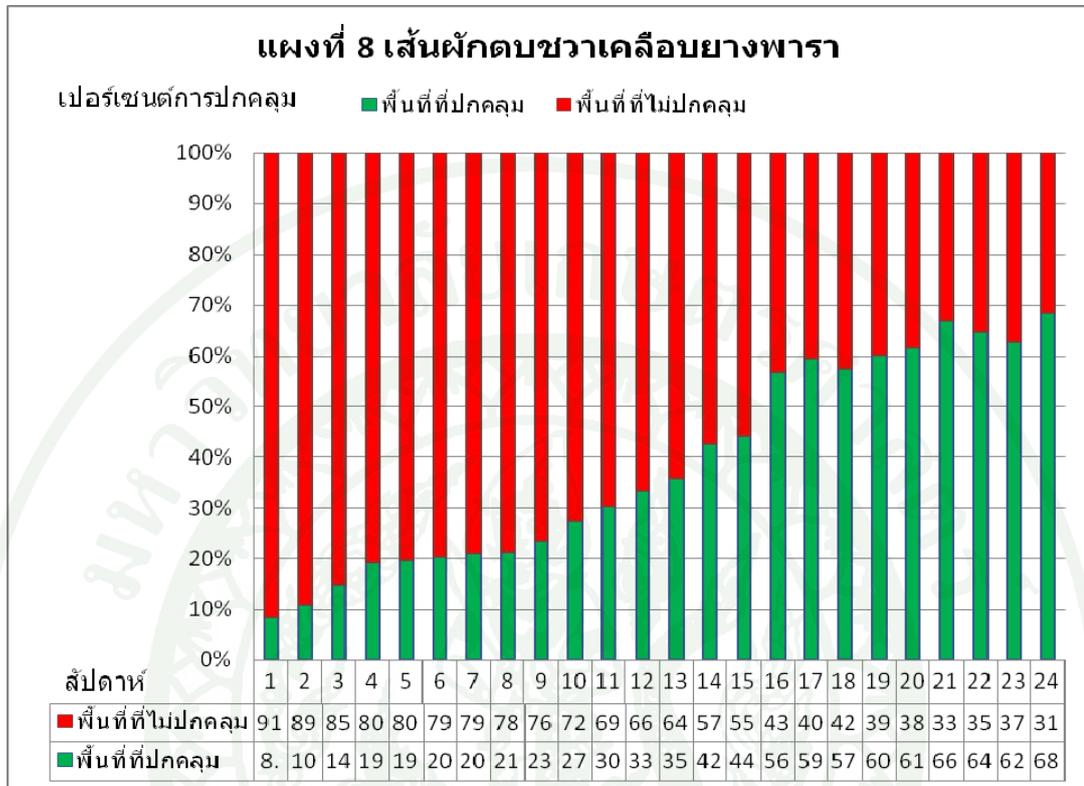


ตารางที่ 24 (ต่อ)

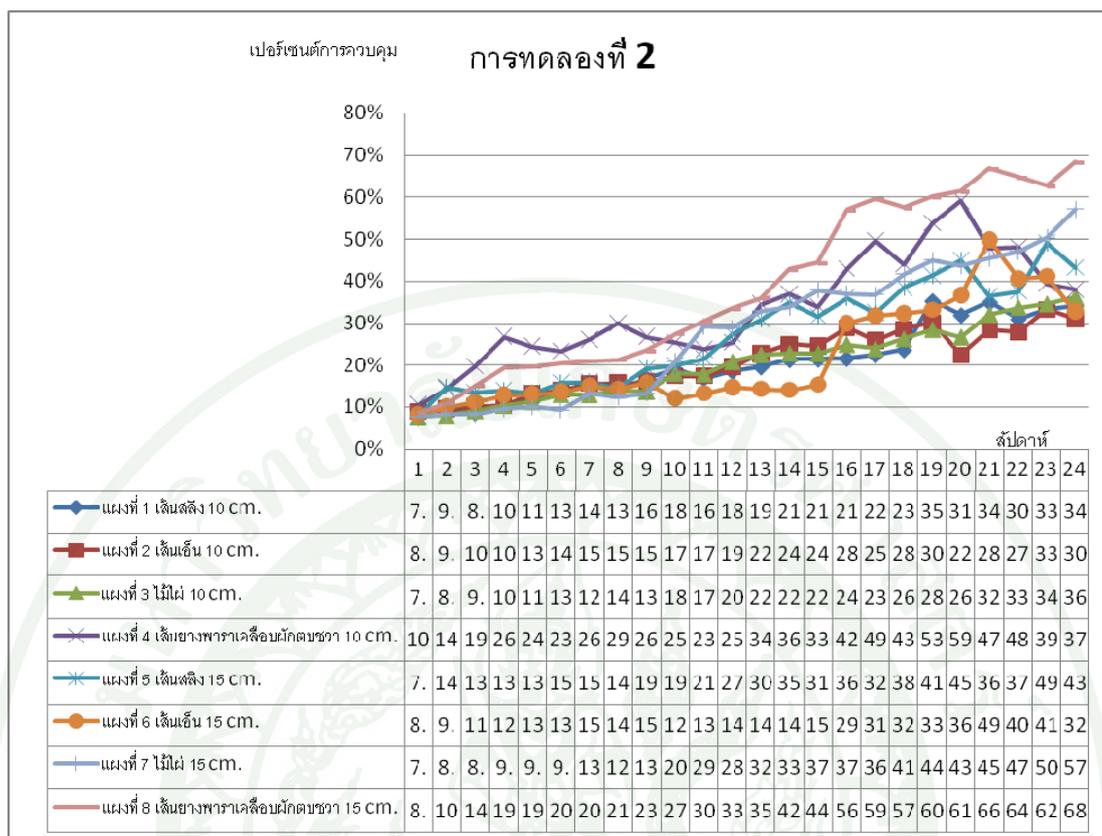


ตารางที่ 24 (ต่อ)





ภาพที่ 58 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าที่ปลูกแผนภูมิ 8



ภาพที่ 59 เปอร์เซนต์การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกทั้ง 8 แฉงโดยใช้การประมวลภาพ

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

จากการทดลองการปลูกต้นจันทน์กระจางฟ้าทั้ง 8 แฉงในกระถางทดลองเพื่อศึกษา ระยะห่างซึ่งเป็นแนวทางในการเว้นระยะที่เหมาะสมของไม้เลื้อยและการเปรียบเทียบวัสดุเพื่อ ศึกษาและเป็นทางเลือกในการออกแบบวัสดุว่าแบบใดที่พืชจะสามารถเลื้อยได้ดีที่สุด โดยใช้เวลา การปลูก 6 เดือน ตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคมพ.ศ. 2553 เริ่มต้นด้วยการซัง น้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นไม้ก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน ในการทดลอง ปลูกทั้ง 8 แฉงในกระถางทดลองที่มีโครงสร้างและลักษณะเดียวกัน วัสดุมีขนาดเท่ากันและ สภาพแวดล้อมเดียวกันตลอดระยะเวลา 6 เดือน โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตและการถ่ายภาพ และศึกษาวัสดุเพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุเพื่อเป็นแนวทางในการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดลองที่ 2 นี้ได้ทำการทดลองในช่วงหน้าร้อนซึ่งมีแดดจัดจึงทำให้พืชไม่ค่อยเจริญเติบโต ได้ดีเท่าที่ควรและมีการหยุดการเจริญเติบโตพร้อมกันในช่วงเวลาหนึ่ง

ผลการทดลองปลูกพืช 8 แฉงเพื่อศึกษาระยะห่างและวัสดุจากการสังเกต

1. แฉงที่ 1 เส้นสลึง ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ช้า เนื่องจากการวัสดุที่ใช้เป็นโลหะจึงทำให้หอมความร้อน จึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้
2. แฉงที่ 2 เส้นเอ็น ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแฉงได้เกือบทั้งหมด มีจำนวนใบและน้ำหนักน้อยที่สุดอาจเนื่องจากวัสดุมีความลื่นจึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้โดยสะดวก
3. แฉงที่ 3 เส้นไม้ไผ่ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแฉงได้ทั้งหมด วัสดุที่ใช้มีความอ่อนแอจึงทำให้แฉงหลุดได้ง่าย
4. แฉงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา ระยะห่าง 10 เซนติเมตร สามารถเติบโตได้ดีมากช่วงแรกอาจติดขัดเนื่องจากวัสดุยางที่เคลือบอยู่มีความเหนียวแต่ก็มีความชื้นสูงและไม่อมความร้อนจึงทำให้พืชเติบโตได้ดีโดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซ้อนทับกัน และเต็มแฉงการทดลอง
5. แฉงที่ 5 เส้นสลึง ระยะห่าง 15 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ช้า เนื่องจากการวัสดุที่ใช้เป็นโลหะจึงทำให้หอมความร้อน จึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้ แต่มีปริมาณใบและน้ำหนักดีกว่าระยะห่าง 10 เซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณเส้นที่มีน้อยกว่าจึงทำให้ยอดสามารถเลื้อยขึ้นไปทับกันจึงสามารถเลื้อยได้ดีกว่า
6. แฉงที่ 6 เส้นเอ็น ระยะห่าง 15 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแฉงได้เกือบทั้งหมด มีจำนวนใบและน้ำหนักน้อยที่สุดอาจเนื่องจากวัสดุมีความลื่นจึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้โดยสะดวก มีปริมาณใบและน้ำหนักดีกว่าระยะห่าง 10 เซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณเส้นที่มีน้อยกว่าจึงทำให้ยอดสามารถเลื้อยขึ้นไปทับกันจึงสามารถเลื้อยได้ดีกว่า
7. แฉงที่ 7 เส้นไม้ไผ่ ระยะห่าง 15 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแฉงได้ทั้งหมด วัสดุที่ใช้มีความอ่อนแอจึงทำให้แฉงหลุดได้ง่ายและเลื้อยขึ้นไปเจริญเติบโตที่ด้านบนแฉง มีปริมาณใบและน้ำหนักดีกว่าระยะห่าง 10 เซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณเส้นที่มีน้อยกว่าจึงทำให้ยอดสามารถเลื้อยขึ้นไปทับกันจึงสามารถเลื้อยได้ดีกว่า

8. **แผงที่ 8 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา ระยะห่าง 15 เซนติเมตร** สามารถเติบโตได้ดีมากที่สุดช่วงแรกอาจติดขัดเนื่องจากวัสดุยางที่เคลือบอยู่มีความเหนียวและละลายเมื่อโดนแดดแต่ก็มีความชื้นสูงและไม่อมความร้อนจึงทำให้พืชเติบโตได้ดีโดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซ้อนทับกัน และเต็มแผงการทดลอง

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าแผงที่ 8 **เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา** มีน้ำหนักและจำนวนใบที่มีปริมาณมากกว่าและการหาค่าค่าเฉลี่ย Pixels ของสีมีอัตราการปกคลุมของใบมากที่สุด จึงสรุปได้ว่าต้นจันทน์กระทิงจะง่ามฟ้าขึ้นในแนวตั้งและเลื้อยได้ดีในวัสดุเส้นผักตบชวาเคลือบยางพาราในระยะห่างที่ 15 เซนติเมตรได้ดีที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์การวิจัย การเปรียบเทียบรูปแบบสำหรับใช้เป็นโครงยึดเกาะแผงไม้เลื้อยอย่างมีประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบศักยภาพของวัสดุระหว่างวัสดุธรรมชาติที่คิดค้นใหม่กับวัสดุเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน แบ่งการทดลองออกมาเป็น 3 ส่วน และได้ทำการทดลองเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ตามสมมติฐานไว้ ดังนี้

1. การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลื้อยของต้นไม้ในลักษณะของแผงที่ต่างกัน

2. การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติโดยศึกษาการยึดอายุการใช้งานของวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลื้อยของต้นไม้ในลักษณะของแผงที่ต่างกัน

จากการทดลองการปลูกต้นจันทน์กระจางฟ้าทั้ง 4 แผงในกระถางทดลองเพื่อหาทิศทางการเลื้อยของต้นไม้ว่าแผงแบบไหนต้นไม้อาจสามารถเลื้อยได้ดีที่สุด โดยใช้เวลาการปลูก 2 เดือน ตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นไม้ก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน ในการทดลองปลูกทั้ง 4 แผงในกระถางทดลองที่มีโครงสร้างและลักษณะเดียวกัน และสภาพแวดล้อมเดียวกันตลอดระยะเวลา 2 เดือน โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตและการถ่ายภาพ

ลักษณะการเลื้อยของต้นจันทน์กระจางฟ้าจากการสังเกต

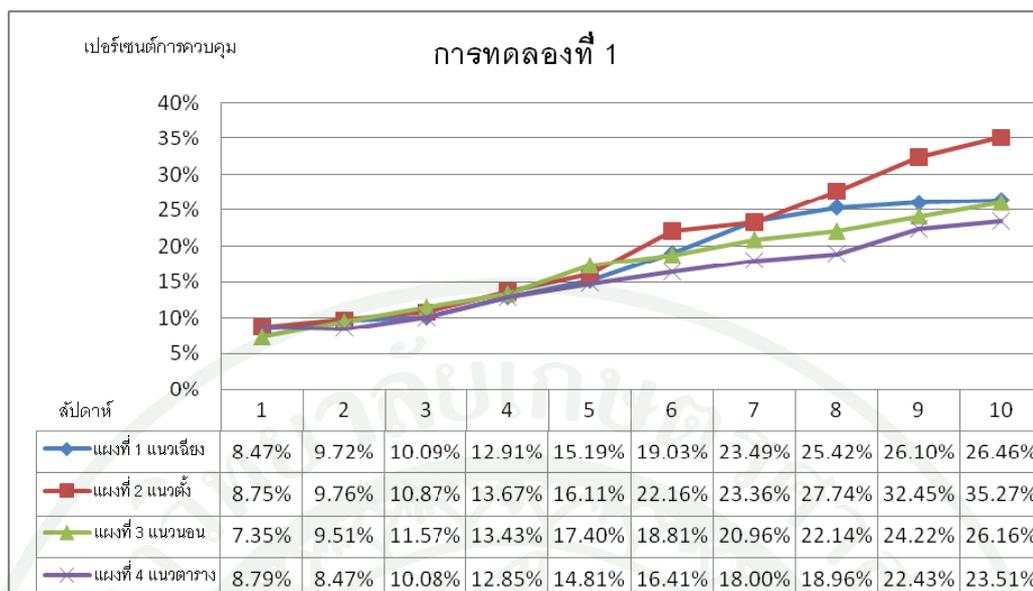
- เลื้อยแบบทวนเข็มนาฬิกา
- เลื้อยรอบวัสดุและพันตนเอง
- เลื้อยตามวัสดุที่ขึ้นในแนวตั้ง
- เลื้อยขึ้นที่สูง ยอดชี้หาแสง

ผลการทดลองปลูกพืช 4 แฉงเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตจากการสังเกต

1. แฉงแนวเฉียง สามารถเติบโตได้ ในแนวเฉียงที่ได้จึงเอียงไว้ แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งก็จะมารวมตัวกัน โดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซึ่งไม่เต็มแฉงการทดลอง
2. แฉงแนวตั้ง สามารถเติบโตได้ดีมาก เลื้อยขึ้นตรงเป็นแฉง ใบสามารถปกคลุมแฉงได้ดี
3. แฉงแนวนอน ไม่สามารถเติบโตได้ในแนวนอนแต่สามารถเติบโตได้ในแนวตั้งและมารวมตัวกัน โดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซึ่งไม่เต็มแฉงการทดลอง
4. แฉงตาราง มีการเจริญเติบโตที่ช้าเนื่องจากการขัดกันของเส้นเอ็นทำให้ยอดเกิดการติด สามารถเลื้อยตั้งตรงขึ้นไปเป็นแฉงได้แต่เลื้อยได้ช้ากว่าแฉงอื่นๆ

ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบสรุปผลการเจริญเติบโตของต้นจันทน์กระจางฟ้า

แฉง	แฉงที่ 1 แนวเฉียง	แฉงที่ 2 แนวตั้ง	แฉงที่ 3 แนวนอน	แฉงที่ 4 ตาราง
ปริมาณ				
จำนวนใบ	609	865	713	453
จำนวนดอก	15	21	24	18
น้ำหนัก	0.387	0.536	0.443	0.290
สรุปลำดับ	3	1	2	4



ภาพที่ 60 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกทั้ง 4 แผง โดยการใช้การประมวลภาพ

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าแผงที่ 2 แนวตั้งมีน้ำหนักและจำนวนใบที่มากกว่าจึงสรุปได้ว่าต้นจันทน์กระจางฟ้าขึ้นในแนวตั้งดีที่สุด จึงนำแผงแนวตั้งมาทำการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป

การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติโดยศึกษาการยึดอายุการใช้งานของวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทดลองการปลูกต้นจันทน์กระจางฟ้าทั้ง 8 แผงในกระถางทดลองเพื่อศึกษาระยะห่างซึ่งเป็นแนวทางในการเว้นระยะที่เหมาะสมของไม้เลื้อยและการเปรียบเทียบวัสดุเพื่อศึกษาและเป็นทางเลือกในการออกแบบวัสดุว่าแบบใดที่พืชจะสามารถปกคลุมได้ดีที่สุด โดยใช้เวลาการปลูก 6 เดือน ตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคมพ.ศ. 2553 เริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักและนับใบนับยอดของต้นไม้ก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้เท่าเทียมกัน ในการทดลองปลูกทั้ง 8 แผงในกระถางทดลองที่มีโครงสร้างและลักษณะเดียวกัน วัสดุมีขนาดเท่ากันและสภาพแวดล้อมเดียวกันตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตและการถ่ายภาพ และศึกษาวัสดุเพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุเพื่อเป็นแนวทางในการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดลองที่ 2 นี้ได้ทำการทดลองในช่วงหน้าร้อนซึ่งมีแดดจัดจึงทำให้พืชไม่ค่อยเจริญเติบโตได้ดีเท่าที่ควรและมีการหยุดการเจริญเติบโตพร้อมกันในช่วงเวลาหนึ่งผลการทดลองปลูกพืช 8 แผงเพื่อศึกษาระยะห่างและวัสดุจากการสังเกต

แผงที่ 1 เส้นสลิง ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ช้า เนื่องจากการวัสดุที่ใช้เป็นโลหะจึงทำให้อุณหภูมิร้อน จึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้

แผงที่ 2 เส้นเอ็น ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแผงได้เกือบทั้งหมด มีจำนวนใบและน้ำหนักน้อยที่สุดอาจเนื่องจากวัสดุมีความลื่นจึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้โดยสะดวก

แผงที่ 3 เส้นไม้ไผ่ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแผงได้ทั้งหมด วัสดุที่ใช้มีความอ่อนแอจึงทำให้แผงหลุดได้ง่าย

แผงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา ระยะห่าง 10 เซนติเมตร สามารถเติบโตได้ดีมาก ช่วงแรกอาจติดขัดเนื่องจากวัสดุที่ยืดหยุ่นมีความเหนียวแต่ก็มีความชื้นสูงและไม่มีความร้อนจึงทำให้พืชเติบโตได้ดีโดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซ้อนทับกัน และเต็มแผงการทดลอง

แผงที่ 5 เส้นสลิง ระยะห่าง 15 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ช้า เนื่องจากการวัสดุที่ใช้เป็นโลหะจึงทำให้อุณหภูมิร้อน จึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้ แต่มีปริมาณใบและน้ำหนักดีกว่าระยะห่าง 10 เซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณเส้นที่มีน้อยกว่าจึงทำให้ยอดสามารถเลื้อยขึ้นไปทับกันจึงสามารถเลื้อยได้ดีกว่า

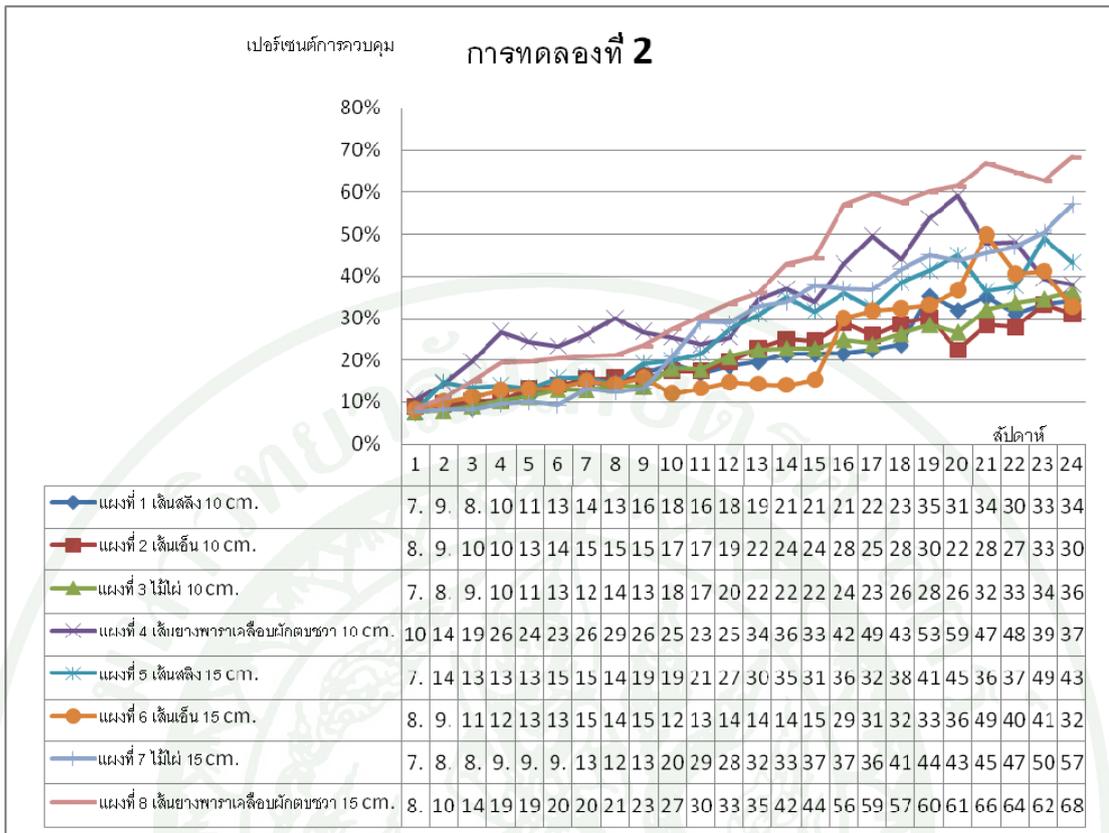
แผงที่ 6 เส้นเอ็น ระยะห่าง 15 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแผงได้เกือบทั้งหมด มีจำนวนใบและน้ำหนักน้อยที่สุดอาจเนื่องจากวัสดุมีความลื่นจึงทำให้พืชไม่สามารถเลื้อยขึ้นไปได้โดยสะดวก มีปริมาณใบและน้ำหนักดีกว่าระยะห่าง 10 เซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณเส้นที่มีน้อยกว่าจึงทำให้ยอดสามารถเลื้อยขึ้นไปทับกันจึงสามารถเลื้อยได้ดีกว่า

แผงที่ 7 เส้นไม้ไผ่ ระยะห่าง 15 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตที่ดี ใบสามารถปกคลุมแผงได้ทั้งหมด วัสดุที่ใช้มีความอ่อนแอจึงทำให้แผงหลุดได้ง่ายและเลื้อยขึ้นไปเจริญเติบโตที่ด้านบนแผง มีปริมาณใบและน้ำหนักดีกว่าระยะห่าง 10 เซนติเมตร อาจเนื่องจากปริมาณเส้นที่มีน้อยกว่าจึงทำให้ยอดสามารถเลื้อยขึ้นไปทับกันจึงสามารถเลื้อยได้ดีกว่า

แผงที่ 8 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา ระยะห่าง 15 เซนติเมตร สามารถเติบโตได้ดีมากที่สุดช่วงแรกอาจติดขัดเนื่องจากวัสดุยางที่เคลือบอยู่มีความเหนียวและละลายเมื่อโดนแดดแต่ก็มีความชื้นสูงและไม่อมความร้อนจึงทำให้พืชเติบโตได้ดีโดยเกาะพันกันเป็นกลุ่มซ้อนทับกัน และเต็มแผงการทดลอง

ตารางที่ 26 สรุปการเปรียบเทียบของต้นจันกระจ่างฟ้าที่จะนำมาทดลองในการทดลองที่ 2

ระยะห่าง 10 ซม.				
วัสดุแผง ปริมาณ	แผงที่ 1 เส้นสลิง	แผงที่ 2 เส้นเอ็น	แผงที่ 3 ไม้ไผ่	แผงที่ 4 เส้นผักตบชวา เคลือบยางพารา
จำนวนใบ	820	931	1,186	1,449
จำนวนยอด	37	45	29	40
จำนวนดอก	72	44	50	26
น้ำหนัก	0.983	0.926	1.059	1.315
สรุปลำดับ	7	8	6	2
ระยะห่าง 15 ซม.				
วัสดุแผง ปริมาณ	แผงที่ 5 เส้นสลิง	แผงที่ 6 เส้นเอ็น	แผงที่ 7 ไม้ไผ่	แผงที่ 8 เส้นผักตบชวา เคลือบยางพารา
จำนวนใบ	1,223	1,294	1,361	1,666
จำนวนยอด	25	34	43	40
จำนวนดอก	35	53	60	85
น้ำหนัก	1.071	1.128	1.157	1.604
สรุปลำดับ	5	4	3	1



ภาพที่ 61 เปอร์เซนต์การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกทั้ง 8 แฉงโดยใช้การประมวลภาพ

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าแฉงที่ 8 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา มีน้ำหนักและจำนวนใบที่มีปริมาณมากกว่าและการหาค่าเฉลี่ย Pixels ของสีมีอัตราการปกคลุมของใบมากที่สุด จึงสรุปได้ว่าต้นจันทน์กระจางฟ้าขึ้นในแนวตั้งและเลื้อยได้ดีในวัสดุเส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา ในระยะห่างที่ 15 เซนติเมตรได้ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการต่อยอดงานวิจัย

1. ในการวิจัยนี้ทำการวิจัยต้นไม้เพียง 1 ชนิดเท่านั้น ซึ่งไม่ครอบคลุมถึงชนิดอื่นๆ ซึ่งหากเป็นแมงกานีสแคดที่อาคารจริงมีการเผื่อและรองรับน้ำหนัก ก็สามารถปลูกไม้เลื้อยขนาดใหญ่หรือขนาดกลางได้ จึงควรทำการวิจัยต้นไม้ที่จะนำมาปลูกเป็นแผงยึดเกาะไม้เลื้อย หรืออาจศึกษาในกรณีต่อไป
2. วัสดุที่นำมาใช้ในการทำแผงยึดเกาะไม้เลื้อย เป็นวัสดุที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งนำมาดัดแปลงและสามารถใช้ได้ในต้นไม้ที่เถาขนาดกลางถึงเล็ก ไม่สามารถใช้กับไม้เถาขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากขนาดวัสดุ จึงควรทำการวิจัยเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้หรืออาจศึกษาในกรณีต่อไป
3. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรที่จะทดลองกับอาคารที่ใช้งานจริงเพื่อที่จะได้ผลกับความเป็นจริงมากขึ้น
4. วัสดุผักตบชวาเคลือบยางพาราเป็นวัสดุใหม่ที่จะพัฒนาต่อเพื่อประโยชน์ในการใช้งานและทำการทดลองต่อไปเพื่อจะได้เป็นวัสดุที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. **ดินและธาตุอาหารพืช**. แหล่งที่มา: [www.doac.go.th/hi/ no/a2.htm](http://www.doac.go.th/hi/no/a2.htm) , August 5 ,2009

โครงการเยาวชนสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับห้องสมุดดิจิทัล, 2552. **คุณสมบัติผักตบชวา**
แหล่งที่มา: <http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlbs085/interEx/informate/paktob/useful.htm> , September 25, 2009

ชินวัฒน์ ทองซัช และพรณชนก เพิ่มขึ้น. 2541. **การศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผสมเส้นใยผักตบชวา**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พงษ์ธร แซ่ฮุย และชาคริต สิริสิงห. 2520. กระบวนการผลิตและการทดสอบยางสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, คณะกรรมการสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา, คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยพืชผักตบชวา เอกสารวิจัย กรุงเทพฯ

พาสินี สุนากร 2552. **ผนังสีเขียว**. แหล่งที่มา: http://www.navy.mi.th/navedu/acd/data_docu/navy_university/4_institues_no_12/ku_biofacade.pdf , 10 กุมภาพันธ์ 2553

วิชัย เหล่าพาณิชย์กุล. 2550. **ประสิทธิภาพของผนังไม้เลื้อยในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สหพรหม วงศ์ชีวะะ. 2551. **การศึกษาแผงกันแดดไม้เลื้อยเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร**. การค้นคว้าอิสระปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการอาคาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุดสวาท ศรีสถาปต์ย์. 2545. **การออกแบบวัสดุพืชพันธ์และการประหยัดพลังงาน**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เสาวณีย์ ก่ออุตุกุลรังสี. 2547. การผลิตยางธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

แผนการบริหารการสอนวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์. 2552. เส้นใย. แหล่งที่มา: [www.ceramic.lpru.ac.th/files/9% 20fiber.doc](http://www.ceramic.lpru.ac.th/files/9%20fiber.doc), August 5 ,2009

สำนักกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. 2552. การผลิตยางธรรมชาติ. แหล่งที่มา:
<http://www.rubber.co.th>, September 25 ,2009

อฤชร์ พงษ์ไสว. 2544. ไม้เลื้อยประดับ. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

เอี่ยมพร วิสุมหมาย, ศศิยา ศิริพานิช, อลิศรา มีนะทนิษฐ, ณีภุช พิชกรรม. 2551. พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม 1, พิมพ์ครั้งที่ 3 บริษัทอมรินทร์บุ๊คเซ็นเตอร์ จำกัด , กรุงเทพฯ.

Alain Goriely. 2006. **Mechanics of Climbing and Attachment in Twining Plants**

Department of Mathematics and Program in Applied Mathematics, University of
Arizona, Tucson, Arizona, USA

http://www.lmm.jussieu.fr/~neukirch/twining_plants.html ,August 16 ,2009





ภาคผนวก ก
ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและปัญหาของการเลี้ยงของต้นไม้
ในลักษณะของแสงที่ต่างกัน

ตารางผนวกที่ ก1 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 1 แนวเฉียง

แผงที่ 1 แนวเฉียง					
ลำดับที่	ยอดสีเขียว green	ยอดสีแดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	25,418.00	274,582.00	300,000.00	8.47%	91.53%
2	29,173.00	270,827.00	300,000.00	9.72%	90.28%
3	30,262.00	269,738.00	300,000.00	10.09%	89.91%
4	38,718.00	261,282.00	300,000.00	12.91%	87.09%
5	45,578.00	254,422.00	300,000.00	15.19%	84.81%
6	57,086.00	242,914.00	300,000.00	19.03%	80.97%
7	70,476.00	229,524.00	300,000.00	23.49%	76.51%
8	76,274.00	223,726.00	300,000.00	25.42%	74.58%
9	78,298.00	221,702.00	300,000.00	26.10%	73.90%
10	79,378.00	220,622.00	300,000.00	26.46%	73.54%

ตารางผนวกที่ ก2 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 2 แนวตั้ง

แผงที่ 2 แนวตั้ง					
ลำดับที่	ยอดสีเขียว green	ยอดสีแดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	26,241.00	273,759.00	300,000.00	8.75%	91.25%
2	29,285.00	270,715.00	300,000.00	9.76%	90.24%
3	32,622.00	267,378.00	300,000.00	10.87%	89.13%
4	41,021.00	258,979.00	300,000.00	13.67%	86.33%
5	48,340.00	251,660.00	300,000.00	16.11%	83.89%
6	66,474.00	233,526.00	300,000.00	22.16%	77.84%
7	70,076.00	229,924.00	300,000.00	23.36%	76.64%
8	83,227.00	216,773.00	300,000.00	27.74%	72.26%
9	97,342.00	202,658.00	300,000.00	32.45%	67.55%
10	105,809.00	194,191.00	300,000.00	35.27%	64.73%

ตารางผนวกที่ ก3 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 3 แนวนอน

แผงที่ 3 แนวนอน					
สัปดาห์ที่	เมล็ดสีเขียว green	เมล็ดสีแดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	22,048.00	277,952.00	300,000.00	7.35%	92.65%
2	28,526.00	271,474.00	300,000.00	9.51%	90.49%
3	34,704.00	265,296.00	300,000.00	11.57%	88.43%
4	40,280.00	259,720.00	300,000.00	13.43%	86.57%
5	52,192.00	247,808.00	300,000.00	17.40%	82.60%
6	56,417.00	243,583.00	300,000.00	18.81%	81.19%
7	62,866.00	237,134.00	300,000.00	20.96%	79.04%
8	66,407.00	233,593.00	300,000.00	22.14%	77.86%
9	72,665.00	227,335.00	300,000.00	24.22%	75.78%
10	78,474.00	221,526.00	300,000.00	26.16%	73.84%

ตารางผนวกที่ ก4 การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าแผงที่ 4 แนวตาราง

แผงที่ 4 แนวตาราง					
สัปดาห์ที่	เมล็ดสีเขียว green	เมล็ดสีแดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	26,357.00	273,643.00	300,000.00	8.79%	91.21%
2	25,417.00	274,583.00	300,000.00	8.47%	91.53%
3	30,251.00	269,749.00	300,000.00	10.08%	89.92%
4	38,548.00	261,452.00	300,000.00	12.85%	87.15%
5	44,418.00	255,582.00	300,000.00	14.81%	85.19%
6	49,240.00	250,760.00	300,000.00	16.41%	83.59%
7	54,005.00	245,995.00	300,000.00	18.00%	82.00%
8	56,891.00	243,109.00	300,000.00	18.96%	81.04%
9	67,285.00	232,715.00	300,000.00	22.43%	77.57%
10	70,527.00	229,473.00	300,000.00	23.51%	76.49%



ภาคผนวก ข

การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะห่างและวัสดุที่จะนำมาทำแผงโครงยึดเกาะที่ได้จากธรรมชาติโดย
ศึกษาการยึดอายุการใช้งานของวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางผนวกที่ ข1 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่1 เส้นสลิง ระยะห่าง
ที่ 10 เซนติเมตร

แผงที่ 1 เส้นสลิง					
สัปดาห์ที่	เมล็ดสี green	เมล็ดสี Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	22,188.00	277,812.00	300,000.00	7.40%	92.60%
2	28,611.00	271,389.00	300,000.00	9.54%	90.46%
3	25,369.00	274,631.00	300,000.00	8.46%	91.54%
4	32,126.00	267,874.00	300,000.00	10.71%	89.29%
5	33,762.00	266,238.00	300,000.00	11.25%	88.75%
6	41,576.00	258,424.00	300,000.00	13.86%	86.14%
7	44,778.00	255,222.00	300,000.00	14.93%	85.07%
8	41,557.00	258,443.00	300,000.00	13.85%	86.15%
9	50,354.00	249,646.00	300,000.00	16.78%	83.22%
10	56,775.00	243,225.00	300,000.00	18.93%	81.08%
11	50,308.00	249,692.00	300,000.00	16.77%	83.23%
12	55,271.00	244,729.00	300,000.00	18.42%	81.58%
13	58,459.00	241,541.00	300,000.00	19.49%	80.51%
14	63,698.00	236,302.00	300,000.00	21.23%	78.77%
15	63,984.00	236,016.00	300,000.00	21.33%	78.67%
16	64,590.00	235,410.00	300,000.00	21.53%	78.47%
17	66,899.00	233,101.00	300,000.00	22.30%	77.70%
18	70,749.00	229,251.00	300,000.00	23.58%	76.42%
19	105,819.00	194,181.00	300,000.00	35.27%	64.73%
20	95,640.00	204,360.00	300,000.00	31.88%	68.12%
21	104,772.00	195,228.00	300,000.00	34.92%	65.08%
22	92,838.00	207,162.00	300,000.00	30.95%	69.05%
23	99,761.00	200,239.00	300,000.00	33.25%	66.75%
24	102,157.00	197,843.00	300,000.00	34.05%	65.95%

ตารางผนวกที่ ข2 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 2 เส้นเอ็น
ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร

แผงที่ 2 เส้นเอ็น					
ลำดับที่	เขียว green	แดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	26,712.00	273,288.00	300,000.00	8.90%	91.10%
2	28,499.00	271,501.00	300,000.00	9.50%	90.50%
3	30,445.00	269,555.00	300,000.00	10.15%	89.85%
4	31,475.00	268,525.00	300,000.00	10.49%	89.51%
5	39,505.00	260,495.00	300,000.00	13.17%	86.83%
6	42,092.00	257,908.00	300,000.00	14.03%	85.97%
7	46,841.00	253,159.00	300,000.00	15.61%	84.39%
8	47,008.00	252,992.00	300,000.00	15.67%	84.33%
9	47,758.00	252,242.00	300,000.00	15.92%	84.08%
10	52,363.00	247,637.00	300,000.00	17.45%	82.55%
11	52,115.00	247,885.00	300,000.00	17.37%	82.63%
12	58,757.00	241,243.00	300,000.00	19.59%	80.41%
13	68,182.00	231,818.00	300,000.00	22.73%	77.27%
14	74,745.00	225,255.00	300,000.00	24.92%	75.09%
15	73,811.00	226,189.00	300,000.00	24.60%	75.40%
16	86,415.00	213,585.00	300,000.00	28.81%	71.20%
17	77,561.00	222,439.00	300,000.00	25.85%	74.15%
18	85,821.00	214,179.00	300,000.00	28.61%	71.39%
19	90,363.00	209,637.00	300,000.00	30.12%	69.88%
20	67,220.00	232,780.00	300,000.00	22.41%	77.59%
21	84,916.00	215,084.00	300,000.00	28.31%	71.69%
22	83,817.00	216,183.00	300,000.00	27.94%	72.06%
23	99,568.00	200,432.00	300,000.00	33.19%	66.81%
24	92,676.00	207,324.00	300,000.00	30.89%	69.11%

ตารางผนวกที่ ข3 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแฝงที่ 3 ไม้ไผ่
ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร

แฝงที่ 3 ไม้ไผ่					
สัปดาห์ที่	เฉลี่ย green	เฉลี่ย Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	23,453.00	276,547.00	300,000.00	7.82%	92.18%
2	24,451.00	275,549.00	300,000.00	8.15%	91.85%
3	27,603.00	272,397.00	300,000.00	9.20%	90.80%
4	31,467.00	268,533.00	300,000.00	10.49%	89.51%
5	33,921.00	266,079.00	300,000.00	11.31%	88.69%
6	39,163.00	260,837.00	300,000.00	13.05%	86.95%
7	38,934.00	261,066.00	300,000.00	12.98%	87.02%
8	42,376.00	257,624.00	300,000.00	14.13%	85.87%
9	41,319.00	258,681.00	300,000.00	13.77%	86.23%
10	54,188.00	245,812.00	300,000.00	18.06%	81.94%
11	53,779.00	246,221.00	300,000.00	17.93%	82.07%
12	62,644.00	237,356.00	300,000.00	20.88%	79.12%
13	67,596.00	232,404.00	300,000.00	22.53%	77.47%
14	68,631.00	231,369.00	300,000.00	22.88%	77.12%
15	68,315.00	231,685.00	300,000.00	22.77%	77.23%
16	74,860.00	225,140.00	300,000.00	24.95%	75.05%
17	71,890.00	228,110.00	300,000.00	23.96%	76.04%
18	78,907.00	221,093.00	300,000.00	26.30%	73.70%
19	85,496.00	214,504.00	300,000.00	28.50%	71.50%
20	80,135.00	219,865.00	300,000.00	26.71%	73.29%
21	96,306.00	203,694.00	300,000.00	32.10%	67.90%
22	101,270.00	198,730.00	300,000.00	33.76%	66.24%
23	103,689.00	196,311.00	300,000.00	34.56%	65.44%
24	108,696.00	191,304.00	300,000.00	36.23%	63.77%

ตารางผนวกที่ ข4 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลื่อน
 ขางพารา ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร

แผงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลื่อนขางพารา					
สัปดาห์ที่	เมล็ด green	เมล็ด Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	31,277.00	268,723.00	300,000.00	10.43%	89.57%
2	43,146.00	256,854.00	300,000.00	14.38%	85.62%
3	59,141.00	240,859.00	300,000.00	19.71%	80.29%
4	80,329.00	219,671.00	300,000.00	26.78%	73.22%
5	73,337.00	226,663.00	300,000.00	24.45%	75.55%
6	70,022.00	229,978.00	300,000.00	23.34%	76.66%
7	78,111.00	221,889.00	300,000.00	26.04%	73.96%
8	89,801.00	210,199.00	300,000.00	29.93%	70.07%
9	80,225.00	219,775.00	300,000.00	26.74%	73.26%
10	76,085.00	223,915.00	300,000.00	25.36%	74.64%
11	71,249.00	228,751.00	300,000.00	23.75%	76.25%
12	75,918.00	224,082.00	300,000.00	25.31%	74.69%
13	103,523.00	196,477.00	300,000.00	34.51%	65.49%
14	110,797.00	189,203.00	300,000.00	36.93%	63.07%
15	101,713.00	198,287.00	300,000.00	33.90%	66.10%
16	128,851.00	171,149.00	300,000.00	42.95%	57.05%
17	148,792.00	151,208.00	300,000.00	49.60%	50.40%
18	131,945.00	168,055.00	300,000.00	43.98%	56.02%
19	161,505.00	138,495.00	300,000.00	53.84%	46.17%
20	177,547.00	122,453.00	300,000.00	59.18%	40.82%
21	143,167.00	156,833.00	300,000.00	47.72%	52.28%
22	144,466.00	155,534.00	300,000.00	48.16%	51.84%
23	118,035.00	181,965.00	300,000.00	39.35%	60.66%
24	113,941.00	186,059.00	300,000.00	37.98%	62.02%

ตารางผนวกที่ ข5 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 5 เส้นสลิง ระยะห่างที่ 15
เซนติเมตร

แผงที่ 5 เส้นสลิง					
ลำดับที่	ยอดสีเขียว green	ยอดสีแดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	23,647.00	276,353.00	300,000.00	7.88%	92.12%
2	44,342.00	255,658.00	300,000.00	14.78%	85.22%
3	40,620.00	259,380.00	300,000.00	13.54%	86.46%
4	41,900.00	258,100.00	300,000.00	13.97%	86.03%
5	40,194.00	259,806.00	300,000.00	13.40%	86.60%
6	47,561.00	252,439.00	300,000.00	15.85%	84.15%
7	47,767.00	252,233.00	300,000.00	15.92%	84.08%
8	43,824.00	256,176.00	300,000.00	14.61%	85.39%
9	57,510.00	242,490.00	300,000.00	19.17%	80.83%
10	59,714.00	240,286.00	300,000.00	19.90%	80.10%
11	64,630.00	235,370.00	300,000.00	21.54%	78.46%
12	82,109.00	217,891.00	300,000.00	27.37%	72.63%
13	92,828.00	207,172.00	300,000.00	30.94%	69.06%
14	105,116.00	194,884.00	300,000.00	35.04%	64.96%
15	94,809.00	205,191.00	300,000.00	31.60%	68.40%
16	108,276.00	191,724.00	300,000.00	36.09%	63.91%
17	97,548.00	202,452.00	300,000.00	32.52%	67.48%
18	115,362.00	184,638.00	300,000.00	38.45%	61.55%
19	124,032.00	175,968.00	300,000.00	41.34%	58.66%
20	135,181.00	164,819.00	300,000.00	45.06%	54.94%
21	109,181.00	190,819.00	300,000.00	36.39%	63.61%
22	112,700.00	187,300.00	300,000.00	37.57%	62.43%
23	147,464.00	152,536.00	300,000.00	49.15%	50.85%
24	129,782.00	170,218.00	300,000.00	43.26%	56.74%

ตารางผนวกที่ ๖6 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแฝงที่ 6 เส้นเอ็น
ระยะห่างที่ 15 เซนติเมตร

แฝงที่ 6 เส้นเอ็น					
สัปดาห์ที่	เมล็ดสี green	เมล็ดสี Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	24,367.00	275,633.00	300,000.00	8.12%	91.88%
2	29,876.00	270,124.00	300,000.00	9.96%	90.04%
3	33,492.00	266,508.00	300,000.00	11.16%	88.84%
4	38,394.00	261,606.00	300,000.00	12.80%	87.20%
5	39,126.00	260,874.00	300,000.00	13.04%	86.96%
6	40,624.00	259,376.00	300,000.00	13.54%	86.46%
7	45,071.00	254,929.00	300,000.00	15.02%	84.98%
8	42,734.00	257,266.00	300,000.00	14.24%	85.76%
9	47,475.00	252,525.00	300,000.00	15.83%	84.18%
10	36,094.00	263,906.00	300,000.00	12.03%	87.97%
11	39,550.00	260,450.00	300,000.00	13.18%	86.82%
12	44,064.00	255,936.00	300,000.00	14.69%	85.31%
13	42,827.00	257,173.00	300,000.00	14.28%	85.72%
14	42,020.00	257,980.00	300,000.00	14.01%	85.99%
15	45,899.00	254,101.00	300,000.00	15.30%	84.70%
16	89,715.00	210,285.00	300,000.00	29.91%	70.10%
17	94,981.00	205,019.00	300,000.00	31.66%	68.34%
18	96,539.00	203,461.00	300,000.00	32.18%	67.82%
19	99,172.00	200,828.00	300,000.00	33.06%	66.94%
20	109,533.00	190,467.00	300,000.00	36.51%	63.49%
21	149,316.00	150,684.00	300,000.00	49.77%	50.23%
22	121,418.00	178,582.00	300,000.00	40.47%	59.53%
23	123,245.00	176,755.00	300,000.00	41.08%	58.92%
24	97,979.00	202,021.00	300,000.00	32.66%	67.34%

ตารางผนวกที่ ข7 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 7 ไร่ไร่ ระยะห่างที่
15 เซนติเมตร

แผงที่ 7 ไร่ไร่					
ลำดับที่	ยอดสีเขียว green	ยอดสีแดง Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	23,143.00	276,857.00	300,000.00	7.71%	92.29%
2	24,356.00	275,644.00	300,000.00	8.12%	91.88%
3	24,503.00	275,497.00	300,000.00	8.17%	91.83%
4	28,555.00	271,445.00	300,000.00	9.52%	90.48%
5	29,956.00	270,044.00	300,000.00	9.99%	90.01%
6	27,865.00	272,135.00	300,000.00	9.29%	90.71%
7	39,655.00	260,345.00	300,000.00	13.22%	86.78%
8	36,900.00	263,100.00	300,000.00	12.30%	87.70%
9	39,820.00	260,180.00	300,000.00	13.27%	86.73%
10	62,752.00	237,248.00	300,000.00	20.92%	79.08%
11	87,759.00	212,241.00	300,000.00	29.25%	70.75%
12	86,492.00	213,508.00	300,000.00	28.83%	71.17%
13	98,599.00	201,401.00	300,000.00	32.87%	67.13%
14	101,749.00	198,251.00	300,000.00	33.92%	66.08%
15	113,571.00	186,429.00	300,000.00	37.86%	62.14%
16	111,235.00	188,765.00	300,000.00	37.08%	62.92%
17	110,205.00	189,795.00	300,000.00	36.74%	63.27%
18	124,898.00	175,102.00	300,000.00	41.63%	58.37%
19	134,876.00	165,124.00	300,000.00	44.96%	55.04%
20	131,131.00	168,869.00	300,000.00	43.71%	56.29%
21	136,094.00	163,906.00	300,000.00	45.36%	54.64%
22	141,249.00	158,751.00	300,000.00	47.08%	52.92%
23	151,007.00	148,993.00	300,000.00	50.34%	49.66%
24	171,400.00	128,600.00	300,000.00	57.13%	42.87%

ตารางผนวกที่ ข8 การปกคลุมของต้นจันทน์กระจางฟ้าที่ปลูกแผงที่ 8 เส้นผักตบชวาเคลื่อน
 ยางพารา ระยะห่างที่ 15 เซนติเมตร

แผงที่ 8 เส้นผักตบชวาเคลื่อนยางพารา					
สัปดาห์ที่	เมล็ด green	เมล็ด Red	ผลรวม Pixels	อัตราส่วน% green	อัตราส่วน% red
1	25,469.00	274,531.00	300,000.00	8.49%	91.51%
2	32,778.00	267,222.00	300,000.00	10.93%	89.07%
3	44,827.00	255,173.00	300,000.00	14.94%	85.06%
4	57,725.00	242,275.00	300,000.00	19.24%	80.76%
5	58,875.00	241,125.00	300,000.00	19.63%	80.38%
6	60,844.00	239,156.00	300,000.00	20.28%	79.72%
7	62,658.00	237,342.00	300,000.00	20.89%	79.11%
8	63,232.00	236,768.00	300,000.00	21.08%	78.92%
9	70,046.00	229,954.00	300,000.00	23.35%	76.65%
10	81,944.00	218,056.00	300,000.00	27.31%	72.69%
11	90,988.00	209,012.00	300,000.00	30.33%	69.67%
12	100,396.00	199,604.00	300,000.00	33.47%	66.53%
13	107,793.00	192,207.00	300,000.00	35.93%	64.07%
14	127,988.00	172,012.00	300,000.00	42.66%	57.34%
15	132,667.00	167,333.00	300,000.00	44.22%	55.78%
16	170,696.00	129,304.00	300,000.00	56.90%	43.10%
17	178,393.00	121,607.00	300,000.00	59.46%	40.54%
18	172,557.00	127,443.00	300,000.00	57.52%	42.48%
19	180,193.00	119,807.00	300,000.00	60.06%	39.94%
20	184,169.00	115,831.00	300,000.00	61.39%	38.61%
21	200,451.00	99,549.00	300,000.00	66.82%	33.18%
22	193,841.00	106,159.00	300,000.00	64.61%	35.39%
23	188,123.00	111,877.00	300,000.00	62.71%	37.29%
24	204,957.00	95,043.00	300,000.00	68.32%	31.68%



ตารางผนวกที่ ค1 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าการทดลองที่1

	แผงที่ 1 แนวเฉียง	แผงที่ 2 แนวตั้ง	แผงที่ 3 แนวนอน	แผงที่ 4 แนวตาราง
สีปดาห้ที่	green	green	green	green
1	8.47%	8.75%	7.35%	8.79%
2	9.72%	9.76%	9.51%	8.47%
3	10.09%	10.87%	11.57%	10.08%
4	12.91%	13.67%	13.43%	12.85%
5	15.19%	16.11%	17.40%	14.81%
6	19.03%	22.16%	18.81%	16.41%
7	23.49%	23.36%	20.96%	18.00%
8	25.42%	27.74%	22.14%	18.96%
9	26.10%	32.45%	24.22%	22.43%
10	26.46%	35.27%	26.16%	23.51%

ตารางผนวกที่ ค2 เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าการทดลองที่2

ระยะห่าง 10 เซนติเมตร				
	แผงที่ 1 เส้นสลิ้ง	แผงที่ 2 เส้นเอิ้น	แผงที่ 3 ไม้ไผ่	แผงที่ 4 เส้นผักตบชวาเคลือบยางพารา
สีปดาห้ที่	green	green	green	green
1	7.40%	8.90%	7.82%	10.43%
2	9.54%	9.50%	8.15%	14.38%
3	8.46%	10.15%	9.20%	19.71%
4	10.71%	10.49%	10.49%	26.78%
5	11.25%	13.17%	11.31%	24.45%
6	13.86%	14.03%	13.05%	23.34%
7	14.93%	15.61%	12.98%	26.04%

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	ระยะห่าง 10 เซนติเมตร			
	แผงที่ 1 เส้นสลิง	แผงที่ 2 เส้นเอ็น	แผงที่ 3 ไม้ไผ่	แผงที่ 4 เส้นฟักตบชาวเคลือบยางพารา
	green	green	green	green
8	13.85%	15.67%	14.13%	29.93%
9	16.78%	15.92%	13.77%	26.74%
10	18.93%	17.45%	18.06%	25.36%
11	16.77%	17.37%	17.93%	23.75%
12	18.42%	19.59%	20.88%	25.31%
13	19.49%	22.73%	22.53%	34.51%
14	21.23%	24.92%	22.88%	36.93%
15	21.33%	24.60%	22.77%	33.90%
16	21.53%	28.81%	24.95%	42.95%
17	22.30%	25.85%	23.96%	49.60%
18	23.58%	28.61%	26.30%	43.98%
19	35.27%	30.12%	28.50%	53.84%
20	31.88%	22.41%	26.71%	59.18%
21	34.92%	28.31%	32.10%	47.72%
22	30.95%	27.94%	33.76%	48.16%
23	33.25%	33.19%	34.56%	39.35%
24	34.05%	30.89%	36.23%	37.98%

ตารางผนวกที่ ค2 เปอร์เซนต์การปกคลุมของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าการทดลองที่2

ระยะห่าง 15 เซนติเมตร				
	แผงที่ 5 เส้นสลิง	แผงที่ 6 เส้น เอ็น	แผงที่ 7 ไม้ ไผ่	แผงที่ 8 เส้นปักตบชาวเคลือบ ยางพารา
สัปดาห์ที่	green	green	green	green
1	7.88%	8.12%	7.71%	8.49%
2	14.78%	9.96%	8.12%	10.93%
3	13.54%	11.16%	8.17%	14.94%
4	13.97%	12.80%	9.52%	19.24%
5	13.40%	13.04%	9.99%	19.63%
6	15.85%	13.54%	9.29%	20.28%
7	15.92%	15.02%	13.22%	20.89%
8	14.61%	14.24%	12.30%	21.08%
9	19.17%	15.83%	13.27%	23.35%
10	19.90%	12.03%	20.92%	27.31%
11	21.54%	13.18%	29.25%	30.33%
12	27.37%	14.69%	28.83%	33.47%
13	30.94%	14.28%	32.87%	35.93%
14	35.04%	14.01%	33.92%	42.66%
15	31.60%	15.30%	37.86%	44.22%
16	36.09%	29.91%	37.08%	56.90%
17	32.52%	31.66%	36.74%	59.46%
18	38.45%	32.18%	41.63%	57.52%
19	41.34%	33.06%	44.96%	60.06%
20	45.06%	36.51%	43.71%	61.39%
21	36.39%	49.77%	45.36%	66.82%
22	37.57%	40.47%	47.08%	64.61%
23	49.15%	41.08%	50.34%	62.71%
24	43.26%	32.66%	57.13%	68.32%



ภาคผนวก ง
การทดลองการเจริญเติบโตของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าโดยการอัด VDO

การทดลองการเจริญเติบโตของต้นจันทร์กระจ่างฟ้าโดยการอัด VDO

การทดลองอัด VDO ที่ 1

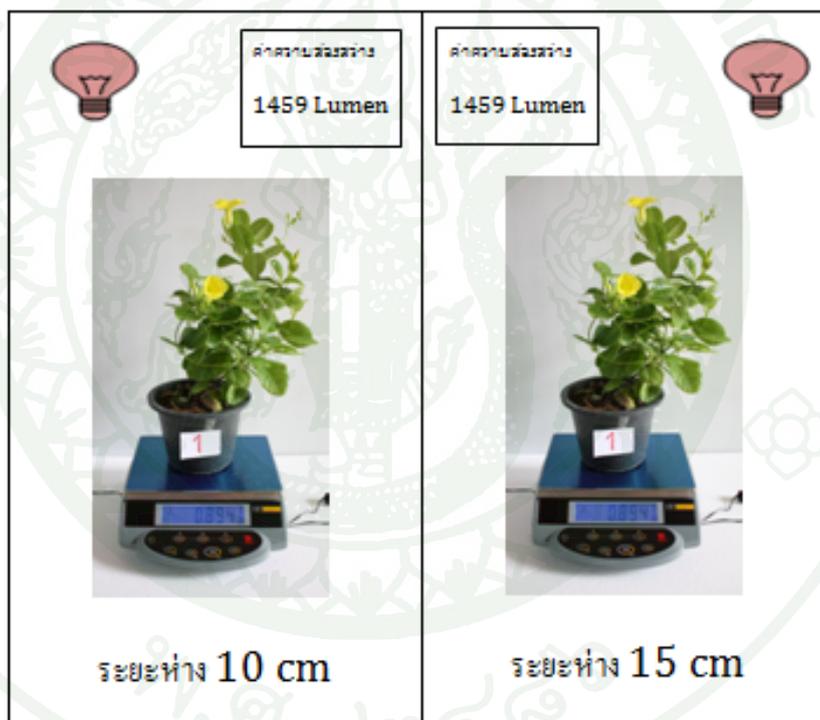
เพื่อศึกษาระยะห่างเพื่อเป็นแนวทางในการเว้นระยะที่เหมาะสมของไม้เลื้อย

ทดลองการอัด VDO ภายในห้องโดยควบคุมในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้งครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

ใช้เวลาในการทดลอง 8 วันเพื่อดูการเลื้อยของต้นไม้

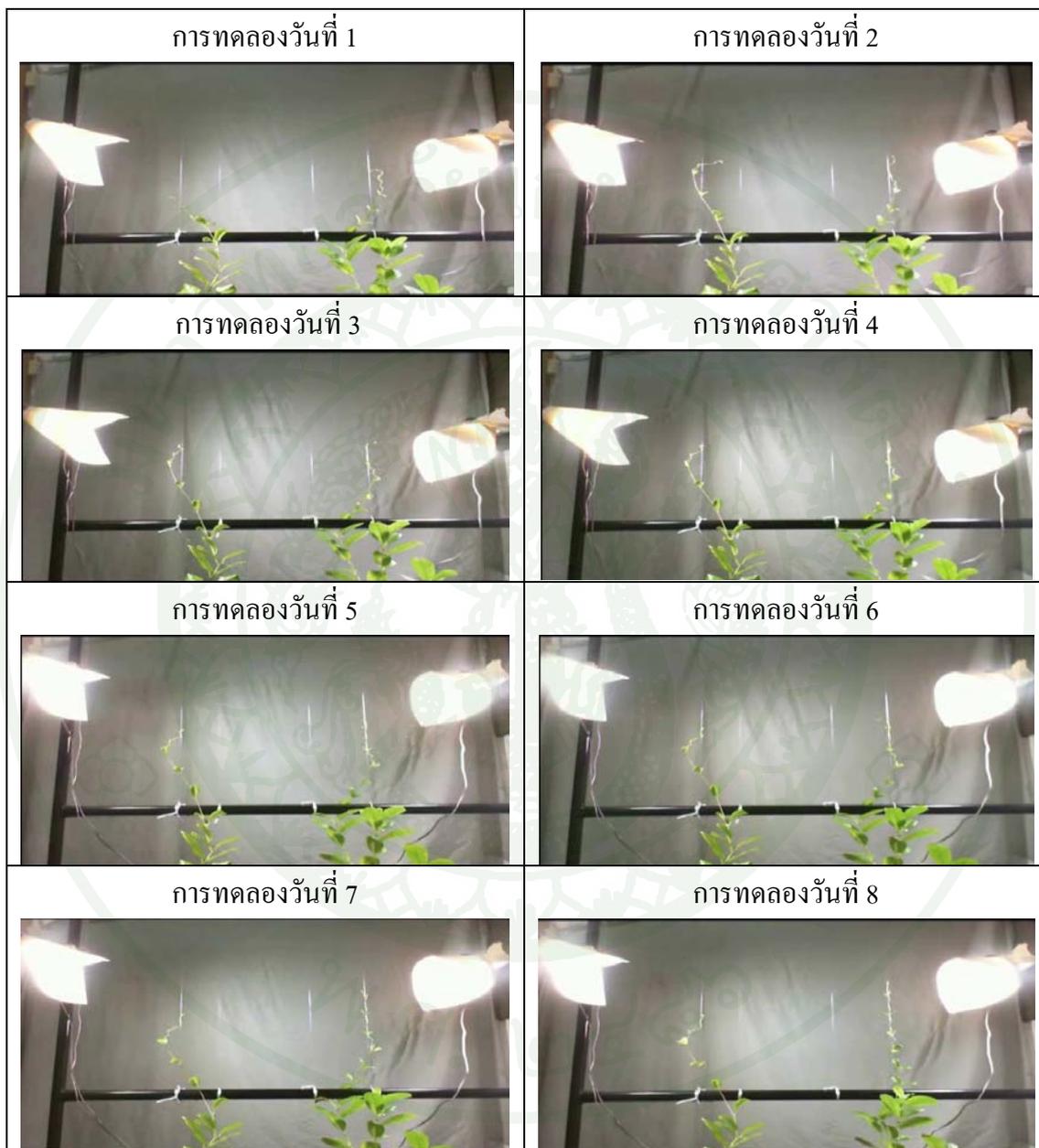
วิธีการ

นำต้นจันทร์กระจ่างฟ้ามาปลูก 2 ต้น โดยการจิ่งเอ็นในแนวตั้งระยะห่างที่ 10 และ 15 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 1 วิธีการทดลองอัด VDO ที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 วิธีการทดลองที่ 1



การทดลองอัด VDO ที่ 2

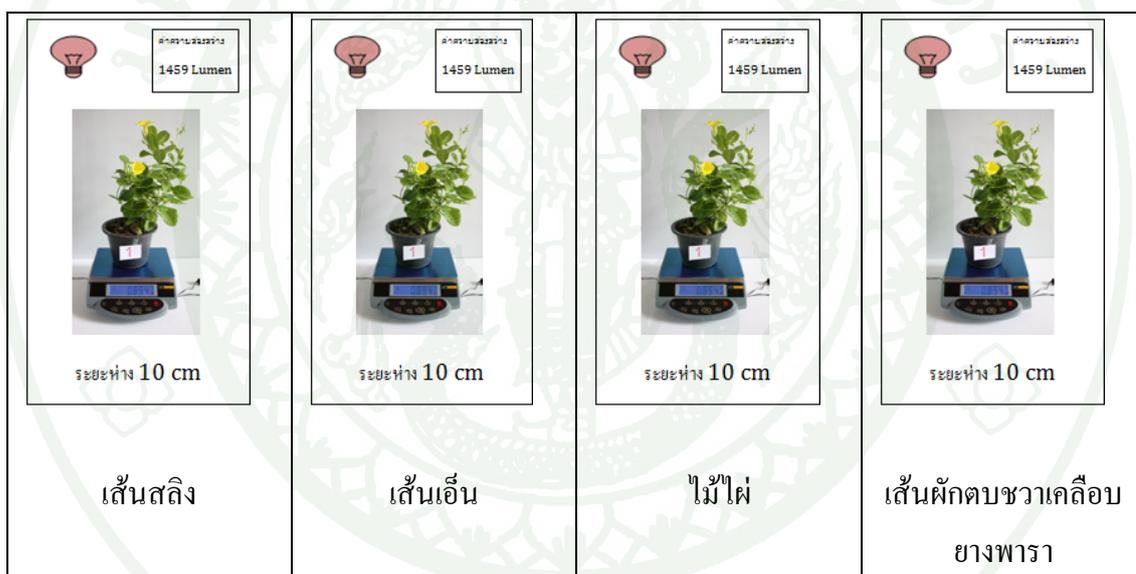
เพื่อศึกษาในเรื่องการเลี้ยวของต้นจันทน์กระจางฟ้าในวัสดุที่ต่างกัน

ทดลองการอัด VDO ภายในห้องโดยควบคุมในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้งครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

ใช้เวลาในการทดลอง 8 วันเพื่อดูการเลี้ยวของต้นไม้

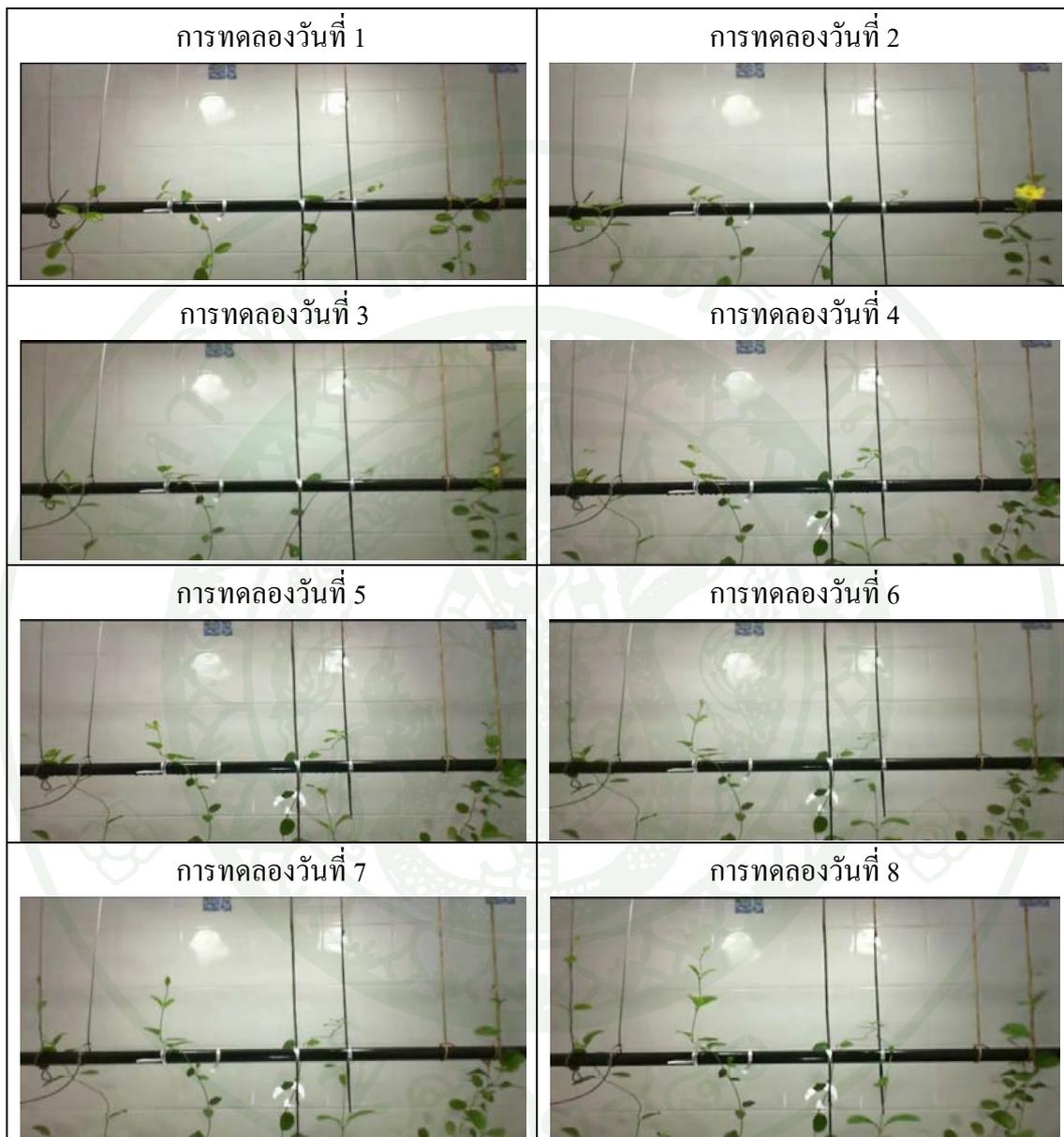
วิธีการ

นำต้นจันทน์กระจางฟ้ามาปลูก 2 ต้น และทดลองโดยการยิงเส้นสลิง เส้นเอ็น ไม้ไผ่ เส้นผักตบชวาเคลือบยางพาราในแนวตั้งระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ ๖2 วิธีการทดลองอัด VDO ที่ 2

ตารางผนวกที่ ๒ วิธีการทดลองที่ ๒



การทดลองอัด VDO ที่ 3

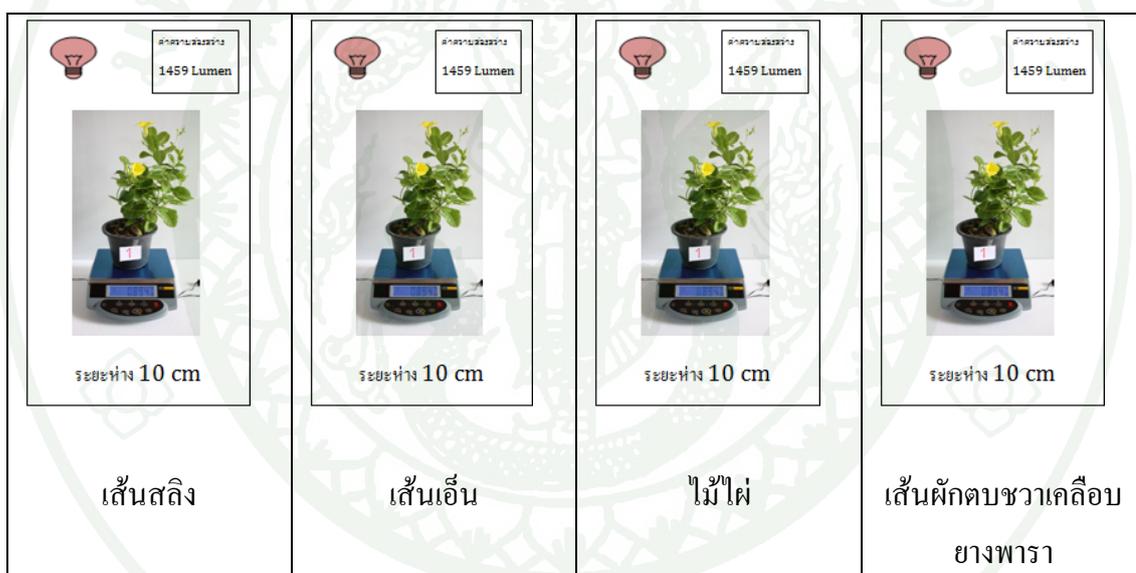
เพื่อศึกษาในเรื่องการเลี้ยวของต้นจันทน์กระจ่างฟ้าในวัสดุที่ต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับห้องควบคุม

ทดลองการอัด VDO ในสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยทดลองในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วัสดุปลูก ให้ปริมาณน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อ 1 ต้นที่เท่ากันเป็นต้น

ใช้เวลาในการทดลอง 8 วันเพื่อดูการเลี้ยวของต้นไม้

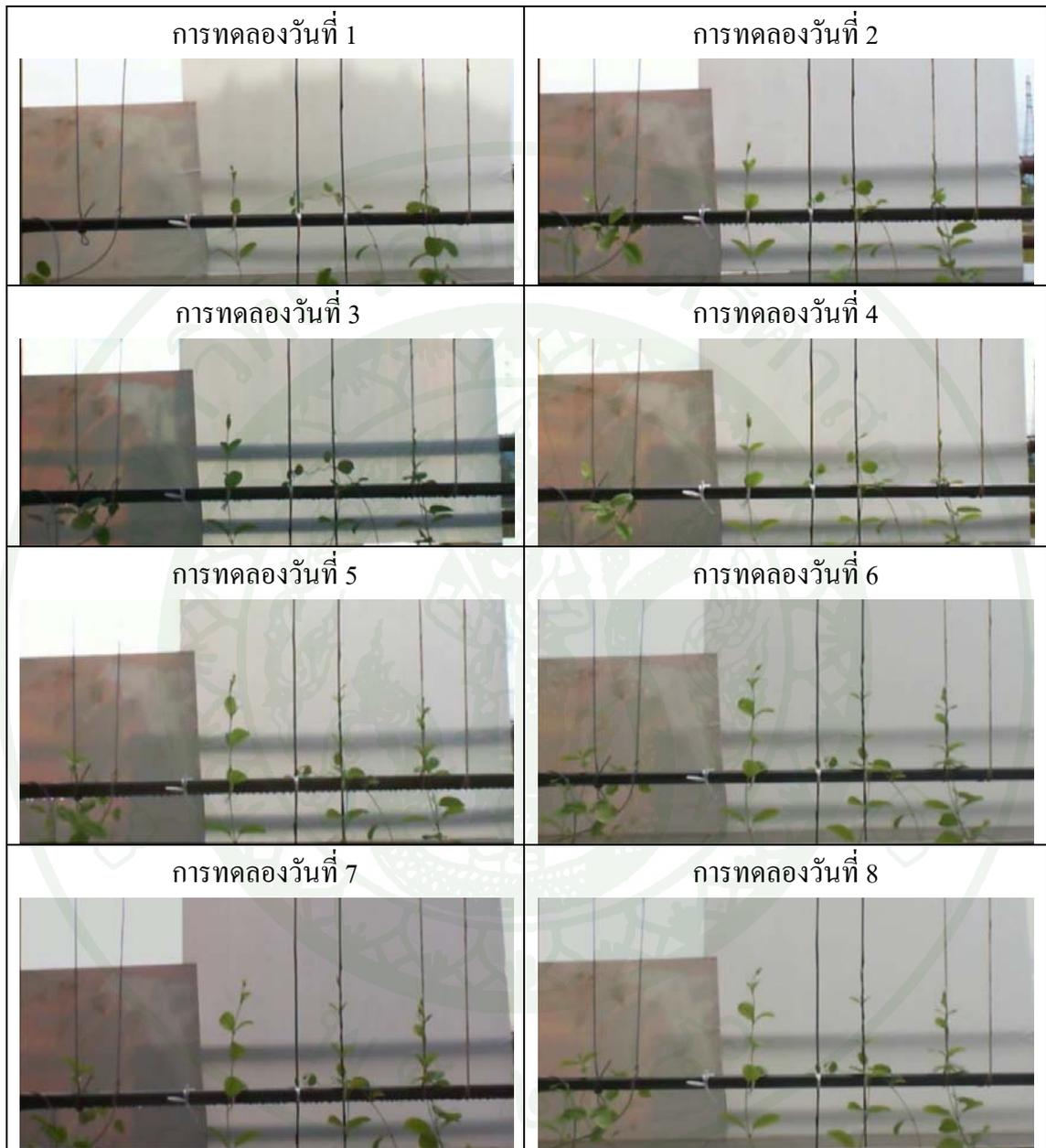
วิธีการ

นำต้นจันทน์กระจ่างฟ้ามาปลูก 2 ต้น และทดลองโดยการยิงเส้นสลิง เส้นเอ็น ไม้ไผ่ เส้นฟักตบขวาเคลือบยางพาราในแนวตั้งระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 3 วิธีการทดลองอัด VDO ที่ 3

ตารางผนวกที่ 3 การทดลองที่ 3



ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวสุดานันท์ จันทนป
เกิดวันที่	วันที่ 21 กันยายน 2522
ภูมิลำเนา	เขตบางแค จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (สถ.บ.) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ประวัติการทำงาน	บริษัท สเคป อากิเทล สำนักงานศาลยุติธรรม