

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษาถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย หลังคาเขียว การปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียว เพื่อทราบถึงตัวแปรที่ต้องพิจารณาในการวิจัย

3.2 การเตรียมการทดสอบ

3.2.1 การปลูกหญ้าบนวัสดุปลูก

การปลูกหญ้าบนวัสดุปลูกต่าง ๆ ซึ่งจะทำการปลูกในภาชนะพลาสติก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร เจาะรูที่ก้นภาชนะ ดังภาพที่ 3.1 เพื่อทดสอบด้านการเจริญเติบโตของหญ้าและด้านการลดความร้อนในอากาศ หญ้าที่ทำการศึกษาเป็นหญ้านวลน้อย และวัสดุปลูกที่ทำการศึกษา ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ ชุยมะพร้าว แกลบสด ทราาย และหินภูเขาไฟ

ภาพที่ 3.1

ภาชนะพลาสติก สำหรับปลูกหญ้าบนวัสดุปลูก



3.2.2 ตู้อบแห้ง

ตู้อบแห้ง ยี่ห้อ CONTHERM สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 0 - 100 องศาเซลเซียส เพื่ออบวัสดุปลูกในการหาน้ำหนักแห้ง ดังภาพที่ 3.2 ตู้อบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตู้อบแห้งของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ภาพที่ 3.2
ตู้อบแห้ง



3.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ SARTORIUS ชั่งได้สูงสุด 3,200 กรัม โดยแสดงผลแบบดิจิตอล มีทศนิยม 2 หลัก เพื่อชั่งน้ำหนักวัสดุปลูกในการหาความหนาแน่น และน้ำหนักของวัสดุปลูกที่นำไปอบ ดังภาพที่ 3.3

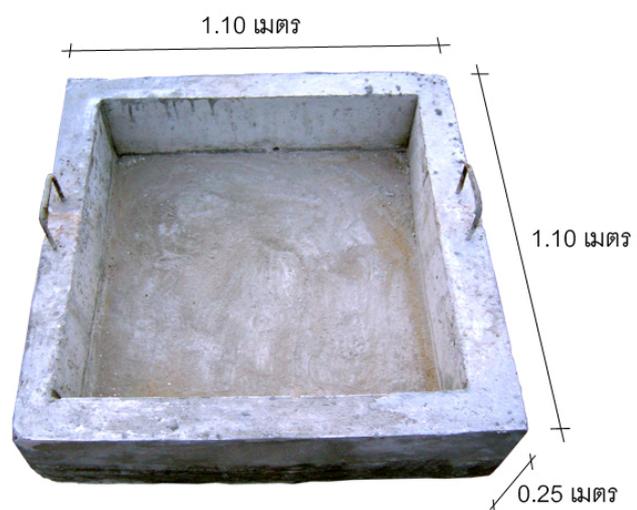
ภาพที่ 3.3
เครื่องชั่งน้ำหนัก



3.2.4 พื้นหลังคาคอนกรีต

พื้นหลังคาคอนกรีต มีขนาด 1.10 x 1.10 ตารางเมตร สูง 0.25 เมตร ความหนา 0.10 เมตร ซึ่งจะทำการปลูกหญ้าบนวัสดุปลูกต่าง ๆ ลงในพื้นที่หลังคาคอนกรีตที่สร้างขึ้น เป็นเวลา 1 เดือน ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4
พื้นหลังคาคอนกรีต

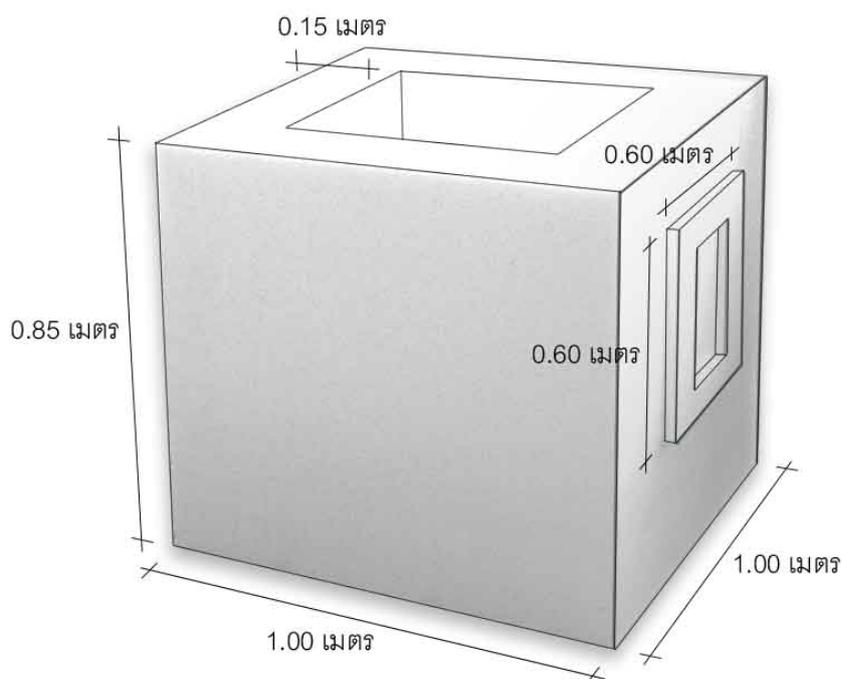


3.2.5 กล่องทดลอง

กล่องทดลองทำจากวัสดุโพลีโพรพิลีนหนา 0.15 เมตร ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีขนาดภายนอก 1.00 x 1.00 x 0.85 ลูกบาศก์เมตร ดังภาพที่ 3.5 โดยกล่องทดลองนี้เป็นกล่องทดลองระบบปิด เพื่อต้องการควบคุมการถ่ายเทความร้อนเฉพาะด้านที่ต้องการทดสอบเท่านั้น

ภาพที่ 3.5

กล่องทดลอง



3.2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 3.6 ประกอบด้วย

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ในการเก็บข้อมูล
- 2) เครื่องดักข้อมูล (data logger) ยี่ห้อ TESTO 177 และยี่ห้อ HOBO ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- 3) สายวัดอุณหภูมิเทอร์โมคอปเปิล แบบเคและแบบที (Thermocouple type K & T)
- 4) เครื่องวัดความเร็วลม ใช้เครื่องเก็บข้อมูล ยี่ห้อ TESTO 435-2 โดยใช้หัวตรวจวัดที่สามารถวัดความเร็วลมโดยแสดงในหน่วยเมตรต่อวินาที ในช่วง 0.6-40.0 เมตรต่อวินาที แสดงผลแบบดิจิทัล มีทศนิยม 1 หลัก

ภาพที่ 3.6

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล



3.2.7 สถานที่ทดสอบ

ในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดทางด้านเวลา ค่าใช้จ่าย และสถานที่ ผู้วิจัยจึงได้ใช้สถานที่ในแต่ละการทดสอบแตกต่างกัน ดังนี้

- 1) การทดสอบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน จะใช้สถานที่ทดสอบ คือ ลานจอดรถหอพักอินเตอร์ปาร์ค ข้างมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- 2) การทดสอบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน จะใช้สถานที่ทดสอบ คือ ดาดฟ้าอาคารวิจัยสถาบันเทคโนโลยี นานาชาติสิรินธร (SIIT) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- 3) การทดสอบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน จะใช้สถานที่ทดสอบ คือ พื้นที่โล่งด้านหลังตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

3.3 การทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน จะประกอบไปด้วย การทดสอบ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเจริญเติบโตของพืช ด้านการลดความร้อนในอากาศ และด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยจะแบ่งเป็นการทดสอบ 4 ขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

การทดสอบนี้จะทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือเพื่อปรับข้อมูลให้มีค่ามาตรฐานเดียวกันของสายเทอร์โมคอปเปิล โดยทำการเก็บข้อมูลและนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าความถดถอยในการปรับค่ามาตรฐานของเครื่องมือ ได้แก่ หัววัดอุณหภูมิของสายเทอร์โมคอปเปิล และตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคอปเปิลของกล่องทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การทดสอบหัววัดอุณหภูมิของสายเทอร์โมคอปเปิล นำสายเทอร์โมคอปเปิลไปวัดอุณหภูมิในน้ำ ซึ่งเป็นตัวกลางที่สามารถทำการปรับอุณหภูมิได้สะดวกในช่วง 15-70 องศาเซลเซียส ใช้อุปกรณ์กวนน้ำตลอดเวลาเพื่อไม่ให้เกิดการกักเก็บความร้อนในช่องว่างระหว่างหัววัดอุณหภูมิ และเก็บค่าทุก ๆ ระยะเวลา 5 วินาที แล้วเติมน้ำเย็นลงไปเพื่อให้อุณหภูมิในน้ำใกล้เคียงกับอุณหภูมิต่ำสุดที่จะใช้ในงานวิจัย แล้วนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์หาค่าความถดถอย เพื่อนำสมการมาปรับในการทดสอบ

2) การทดสอบตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคอปเปิลของกล่องทดลอง โดยการติดตั้งเครื่องมือตามจุดที่ทำการวัดจริง ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ ระยะเวลา 5 นาที แล้วนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์หาค่าความถดถอย เพื่อนำสมการมาปรับในการทดสอบ

3.3.2 การทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของหญ้า โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้

1) ตัวแปรต้น คือ ชนิดของวัสดุปลูก 9 รูปแบบ ได้แก่ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย(ไม่อัด) ขุยมะพร้าว+ทราย(ไม่อัด) แกลบสด+ทราย(ไม่อัด) ขี้เถ้าแกลบ+ทราย(อัด) ขุยมะพร้าว+ทราย(อัด) แกลบสด+ทราย(อัด) ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ แกลบสด+ทราย+หินภูเขาไฟ และดิน

2) ตัวแปรตาม คือ การเจริญเติบโตของหญ้า วัดจากลักษณะทางกายภาพของหญ้า ได้แก่ ความหนาแน่นของใบ สีของใบ และการยืดเกาะของราก

3) ตัวแปรควบคุม คือ

(3.1) สถานที่ทดสอบเดียวกัน เพื่อควบคุมตัวแปร ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นอากาศ ความเร็วลม

(3.2) ภาชนะสำหรับปลูกหญ้าบนวัสดุปลูก

(3.3) ชนิดของหญ้า คือ หญ้านวลน้อย

(3.4) อัตราของน้ำ (3 ลิตรต่อครั้ง) และความถี่การรดน้ำ (ช่วงเช้า)

(3.5) สารอาหารที่ให้แก่หญ้า (ปุ๋ยยูเรีย เดือนละ 1 ครั้ง)

การทดสอบนี้ ทำการปลูกหญ้าลงในภาชนะที่ตั้งสูงจากพื้น 1 เมตร เพื่อลดผลกระทบ รังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นให้น้อยที่สุด และไม่ให้มีเงาจากบริเวณรอบข้างมาพาดทับแต่ ละภาชนะที่ทำการปลูกหญ้า

ผลสรุปของการทดสอบนี้จะได้ชนิดของวัสดุปลูกทดแทนดินที่เหมาะสม ที่จะนำมาทดสอบการลดความร้อนในอากาศและการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังเขียวต่อไป

3.3.3 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียวที่ใช้ วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือ หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน โดยวิธีการใช้ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของ ฟืช (Lysimeter) โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้

1) ตัวแปรต้น คือ ชนิดของวัสดุปลูกที่ได้ผลสรุปมาจากการทดสอบที่ 3.3.2

2) ตัวแปรตาม คือ

(2.1) ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช

(2.2) อุณหภูมิที่ผิวหญ้า เหนือผิวหญ้า และอากาศภายนอก

3) ตัวแปรควบคุม คือ

(3.1) สถานที่ทดสอบเดียวกัน เพื่อควบคุมตัวแปร ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นอากาศ ความเร็วลม

(3.2) ภาชนะสำหรับปลูกหญ้าบนวัสดุปลูก

(3.3) ภาชนะสำหรับรองน้ำที่ไหลออกจากถังวัดปริมาณการใช้น้ำ ในแต่ละวัสดุปลูก

(3.4) ชนิดของหญ้า คือ หญ้าฉนวนน้อย

(3.5) อัตราของน้ำ (3 ลิตรต่อครั้ง) และความถี่การรดน้ำ (ช่วงเช้า)

(3.6) สารอาหารที่ให้แก่หญ้า (ปุ๋ยยูเรีย เดือนละ 1 ครั้ง)

การทดสอบนี้ ทำการปลูกหญ้าลงในภาชนะที่ตั้งสูงจากพื้น 0.5 เมตร และวางห่างกัน ประมาณ 0.9 เมตร เพื่อลดผลกระทบรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นให้น้อยที่สุด และไม่ให้มีเงาจากบริเวณรอบข้างมาพาดทับแต่ละภาชนะที่ทำการปลูกหญ้า

การทดสอบนี้จะใช้ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชจำนวน 5 ถัง โดย 4 ถังแรกจะเป็น การปลูกหญ้าที่ใช้วัสดุปลูกธรรมชาติที่คัดเลือกมาจากการทดสอบที่ 3.3.2 เปรียบเทียบกับอีก 1 ถัง ที่ปลูกหญ้าโดยใช้ดินเป็นวัสดุปลูก ทำการวัดปริมาณน้ำที่ให้กับพืช น้ำที่ไหลออก และหาปริมาณ น้ำที่อยู่ในดินซึ่งได้มาจากการนำวัสดุปลูกไปอบ จากความสมดุลของน้ำจะได้ปริมาณการคายระเหย น้ำของพืช ดังสมการที่ 3.1 และทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวหญ้าและอากาศ ดังภาพที่ 3.7 จากนั้น นำไปคำนวณหาอัตราการลดความร้อนในอากาศ และทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลการทดสอบ มาสร้างกราฟ เปรียบเทียบ และสรุปผล

ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (ET, มม./วัน) = ความลึก
ของน้ำในวัสดุปลูกเริ่มต้น + ปริมาณน้ำฝน + ปริมาณน้ำที่ให้กับ
พืช - ความลึกของน้ำในวัสดุปลูกสุดท้าย - ปริมาณของน้ำที่ไหลสมการที่ 3.1
ออกถังวัดปริมาณการใช้น้ำ

ขั้นตอนในการหาค่าความลึกของน้ำในวัสดุปลูกหรือปริมาณน้ำที่อยู่ในดิน จะทำโดยเก็บ ตัวอย่างวัสดุปลูก ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักเปียก แล้วนำตัวอย่างวัสดุปลูก ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักแห้ง ดังภาพที่ 3.8 ขั้นตอนนี้จะทำการเก็บตัวอย่างวัสดุปลูก 2 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 7 วัน โดยนำมา วิเคราะห์หาค่าความชื้นในวัสดุปลูกเชิงน้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะปรากฏของวัสดุปลูก ความชื้นใน

วัสดุปลูกเชิงปริมาณ ความลึกของน้ำที่แยกออกจากชั้นวัสดุปลูก ดังสมการที่ 3.2 3.3 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ จะได้ค่าความลึกของน้ำในวัสดุปลูกที่ช่วงความลึกต่าง ๆ ก่อนเริ่มต้นทดสอบ และหลังจากครั้งแรก 7 วัน จากนั้นจะหาอัตราการลดความร้อนในอากาศจากการใช้น้ำของพืชสามารถประเมินได้จาก สมการที่ 3.6 และความร้อนแฝงในการระเหยน้ำ ดังสมการที่ 3.7

$$P_w = \frac{100 (W_w)}{W_s} \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3.2}$$

$$A_s = \frac{W_s}{(\rho) (V)} \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3.3}$$

$$P_v = (A_s) (P_w) \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3.4}$$

$$d = \frac{(P_v) (D)}{100} \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3.5}$$

$$E = (ET) (A) (\rho_w) (h_{fg}) \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3.6}$$

$$h_{fg} = 2502 - (2.386 (T_{lawn})) \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3.7}$$

- โดยที่
- A = พื้นที่หน้าตัดรากพืชของหญ้า
 - A_s = ความถ่วงจำเพาะปรากฏของวัสดุปลูก
 - d = ความลึกของน้ำที่แยกออกจากชั้นวัสดุปลูก (mm)
 - D = ความสูงของชั้นวัสดุปลูก (mm)
 - E = การลดความร้อนในอากาศเนื่องจากการใช้น้ำ (MJ/วัน)
 - ET = ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (mm/วัน)
 - h_{fg} = ความร้อนแฝงในการระเหยน้ำ (kJ/kg)
 - P_v = ความชื้นในวัสดุปลูกเชิงปริมาณ (%)
 - P_w = ความชื้นในวัสดุปลูกเชิงน้ำหนักเปอร์เซ็นต์ (%)
 - T_{lawn} = อุณหภูมิที่ผิวหญ้า (°C)
 - V = ปริมาตรของวัสดุปลูกทั้งก้อน (cm³)
 - W_w = น้ำหนักของน้ำในวัสดุปลูก (g)

$$W_s = \text{น้ำหนักของวัสดุปลูกแห้ง (g)}$$

$$\rho_w = \text{น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (1 g/cm}^3\text{)}$$

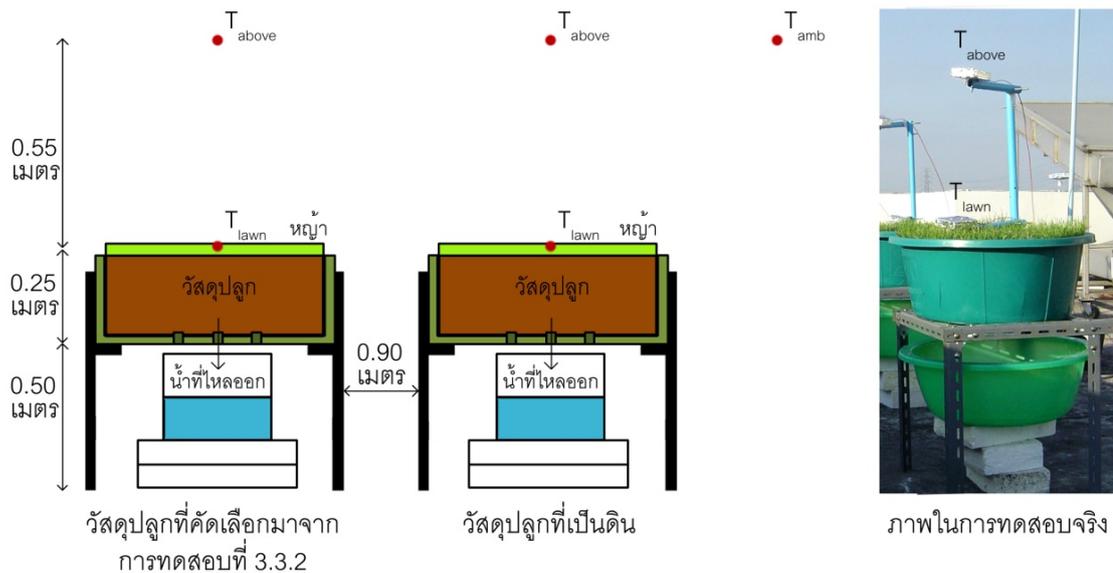
ผลสรุปของการทดสอบนี้จะได้ชนิดของวัสดุปลูกทดแทนดินที่เหมาะสม ที่สามารถลดความร้อนในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ภาพที่ 3.7

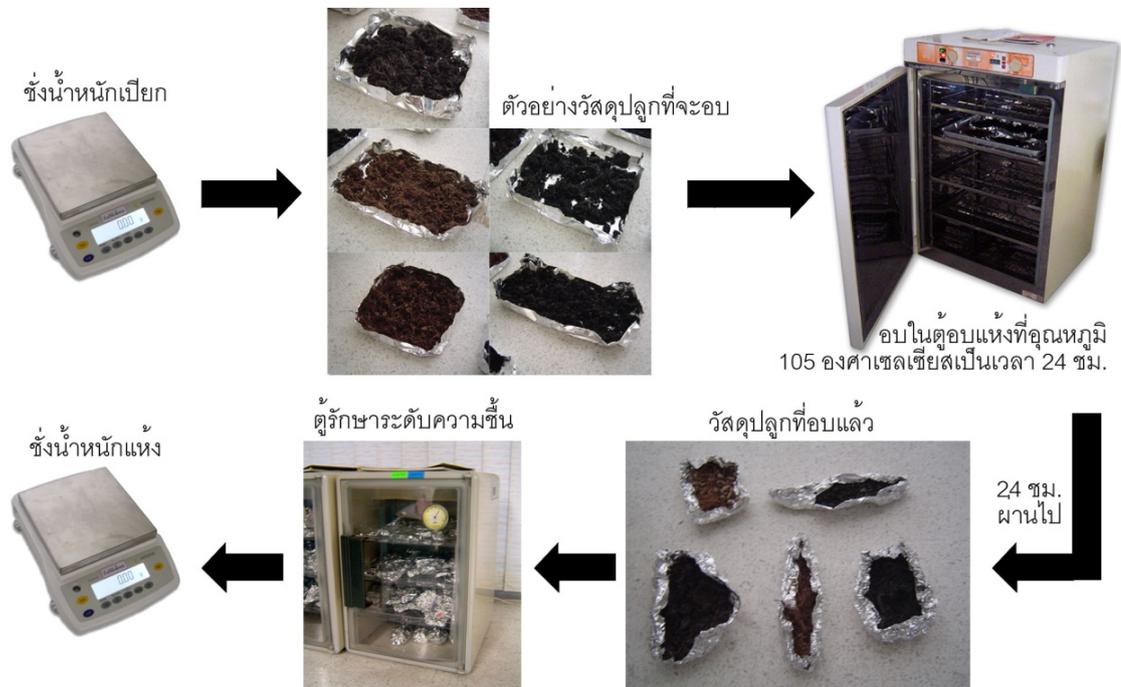
การวัดปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชด้วยวิธี Lysimeter และตำแหน่งการวัด

อุณหภูมิผิวหญ้า (T_{lawn}) อุณหภูมิเหนือผิวหญ้า (T_{above}) และ

อุณหภูมิอากาศภายนอก (T_{amb})



ภาพที่ 3.8
ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุปลูก



3.3.4 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของ หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน โดยวิธีการทดสอบกับกล่องทดลอง ทำการปลูกหญ้าบนวัสดุปลูกลงในพื้นหลังคาคอนกรีต และวัดอุณหภูมิที่ผิวหญ้า อุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง และอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังภาพที่ 3.9 โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้

- 1) ตัวแปรต้น คือ ชนิดของวัสดุปลูกที่ได้ผลสรุปมาจากการทดสอบที่ 3.3.2
- 2) ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิที่ผิวหญ้า อุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง และอุณหภูมิอากาศภายนอก

- 3) ตัวแปรควบคุม คือ

(3.1) สถานที่ทดสอบเดียวกัน เพื่อควบคุมตัวแปร ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นอากาศ ความเร็วลม

(3.2) พื้นหลังคาคอนกรีตขนาด 1.00×1.00 ตารางเมตร สูง 0.25 เมตร ความหนา 0.10 เมตร

(3.3) กล่องทดลองขนาด $1.00 \times 1.00 \times 0.85$ ลูกบาศก์เมตร

(3.4) ชนิดของหญ้า คือ หญ้านวลน้อย

(3.5) อัตราของน้ำ (6 ลิตรต่อครั้ง) และความถี่การรดน้ำ (ช่วงเช้า)

(3.6) สารอาหารที่ให้แก่หญ้า (ปุ๋ยยูเรีย เดือนละ 1 ครั้ง)

การทดสอบนี้ ทำการปลูกหญ้าลงในพื้นหลังคาคอนกรีต โดยพื้นหลังคาคอนกรีตตั้งสูงจากพื้น 1.00 เมตร กล่องทดลองตั้งสูงจากพื้น 0.15 เมตร และวางห่างกันประมาณ 1.00 เมตร เพื่อลดผลกระทบรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นให้น้อยที่สุด และไม่ให้มีเงาจากบริเวณรอบข้างมาพาดทับแต่ละภาชนะที่ทำการปลูกหญ้า

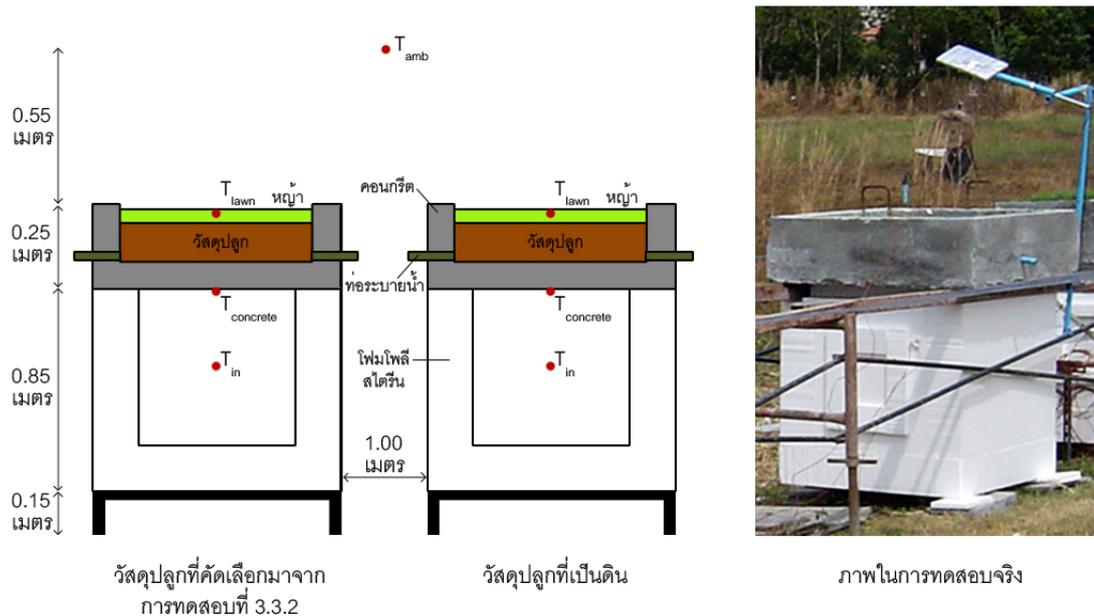
ผลสรุปของการทดสอบนี้จะได้ชนิดของวัสดุปลูกทดแทนดินที่เหมาะสม ที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ภาพที่ 3.9

การวัดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผิวหญ้า (T_{lawn})

อุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง ($T_{concrete}$) อุณหภูมิอากาศภายใน

กล่องทดลอง (T_{in}) และอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_{amb})



3.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยพิจารณาจากกราฟข้อมูล โดยนำผลการทดสอบมาสร้างกราฟ เปรียบเทียบ สรุปผลของแต่ละการทดสอบ และการนำมาวิเคราะห์กับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน