บทที่ 4

ผลการวิจัย

บทนี้จะเป็นผลการวิจัย จากการทดสอบ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

2) การทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน

3) การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

4) การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ จะแสดงดังนี้

4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

การทดสอบนี้จะทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือเพื่อปรับข้อมูลให้มีค่ามาตรฐานเดียวกันของสายเทอร์โมคอปเปิล โดยทำการเก็บข้อมูลและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยในการปรับค่ามาตรฐานของเครื่องมือ ได้แก่ หัววัดอุณหภูมิของสายเทอร์โมคอปเปิล และตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคอปเปิลของกล่องทดลอง โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การทดสอบหัววัดอุณหภูมิของสายเทอร์โมคอปเปิล นำสายเทอร์โมคอปเปิลวัดอุณหภูมิน้ำ ซึ่งเป็นตัวกลางที่สามารถทำการปรับอุณหภูมิได้สะดวกในช่วง 15-70 องศาเซลเซียส ใช้อุปกรณ์กวนน้ำตลอดเวลาเพื่อไม่ให้เกิดการกักเก็บความร้อนในช่องว่างระหว่างหัววัดอุณหภูมิ และเก็บค่าทุก ๆ ระยะเวลา 5 วินาที แล้วเติมน้ำเย็นลงไปเพื่อให้อุณหภูมิน้ำใกล้เคียงกับอุณหภูมิต่ำสุดที่จะใช้ในงานวิจัย แล้วนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย เพื่อนำสมการมาปรับค่าอุณหภูมิที่สายเทอร์โมคอปเปิล ดังตารางในภาคผนวกที่ ก.1 ผลการทดสอบพบว่า เทอร์โมคอปเปิลอ่านค่าอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกัน

2) การทดสอบตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคอปเปิลของกล่องทดลอง โดยการติดตั้งเครื่องมือตามจุดที่ทำการวัดจริง ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ ระยะเวลา

5 นาที แล้วนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย เพื่อนำสมการมาปรับในการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ก.2 จากผลการทดสอบพบว่า กล่องทดลองสามารถป้องกันความร้อนผ่านผนังและกักอากาศได้ที่อุณหภูมิเท่ากัน

4.2 การทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของหญ้า โดยใช้เวลาในการทดสอบปลูก 1 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2551 สถานที่ทดสอบปลูก คือ ลานจอดรถหอพักอินเตอร์ปาร์ค ข้างมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ดังภาพที่ 4.1 ในการทดสอบนี้ได้ทำการควบคุมตัวแปร คือ ภาชนะสำหรับปลูกโดยใช้วัสดุปลูก อัตราของน้ำและความถี่การรดน้ำ สารอาหารที่ให้แก่หญ้า จากนั้นทำการเก็บข้อมูล โดยการสังเกตลักษณะทางกายภาพของหญ้า ได้แก่ ความหนาแน่นของใบ สีของใบ และการยึดเกาะของราก โดยตั้งสมมติฐานว่าวัสดุปลูกที่มีการอุ้มน้ำต่ำ จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี

วัสดุปลูกที่นำมาทดสอบ ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย แกลบสด+ทราย ที่ผสมและไม่ผสมหินภูเขาไฟ โดยทำการอัดวัสดุปลูกให้แน่น เพื่อจำลองถึงสภาวะในการทับถมของชั้นวัสดุปลูก เมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานาน การทดสอบนี้ได้ทดสอบหลังคาเขียวที่มีน้ำหนัก 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร วัสดุปลูกที่ทำการทดสอบจะมีความหนาแน่น และความลึกสูงสุด รวมทั้งแสดงลักษณะทางกายภาพของหญ้าในแต่ละวัสดุปลูก หลังการปลูก 1 เดือน โดยสังเกตความหนาแน่นของใบ สีของใบ และการยึดเกาะของรากดังตารางที่ 4.1

เกณฑ์ในการวัดลักษณะทางกายภาพของหญ้า จะวัดจากความหนาแน่นของใบ สีของใบ และการยึดเกาะของราก สำหรับหญ้าที่มีการเจริญเติบโตที่ดี ควรมีการอุ้มน้ำและได้รับสารอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่เพียงพอ จะมีความหนาแน่นของใบที่เกาะกลุ่มกัน ใบหญ้ามีสีเขียว ส่วนการยึดเกาะของราก ควรมีการยึดเกาะที่แน่น ดึงแล้วไม่หลุดออกมา

ภาพที่ 4.1

การทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน ที่ลานจอดรถหอพักอินเตอร์ปาร์ค ข้างมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตารางที่ 4.1

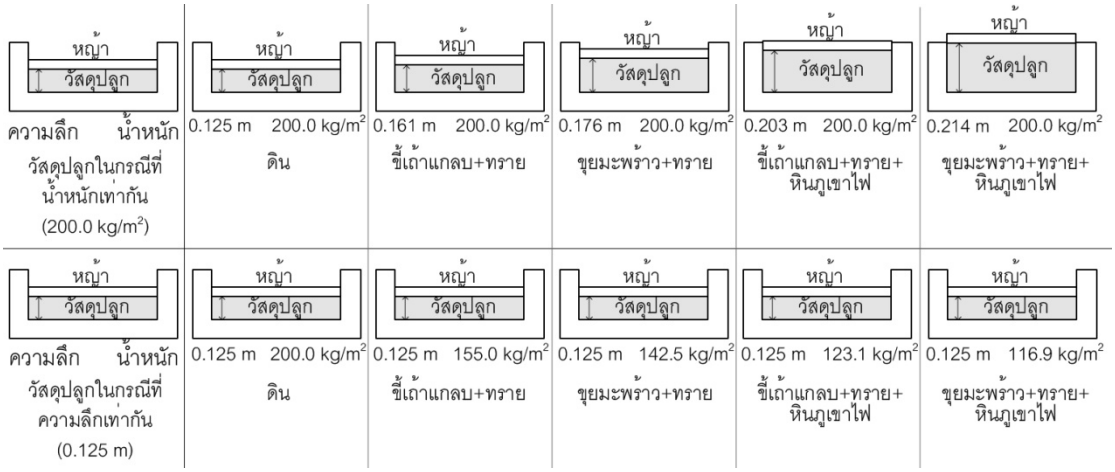
ค่าความหนาแน่น ค่าความลึกสูงสุด และลักษณะทางกายภาพของหญ้า ในแต่ละวัสดุปลูก หลังการปลูก 1 เดือน

วัสดุปลูก	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความลึกสูงสุด (m)	ลักษณะทางกายภาพของหญ้าหลังการปลูก 1 เดือน		
			ความหนาแน่นของใบ	สีของใบ	การยึดเกาะของราก
ดิน	1,600	0.125	หนาแน่น	เขียวเข้ม	แน่น
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย (1:1)	1,150	0.174	หนาแน่น	เขียวเข้ม	แน่น
ขุยมะพร้าว+ทราย (1:1)	1,010	0.198	มีใบตาย 100%	เขียวเข้ม	แน่น
แกลบ+ทราย (1:1)	990	0.202	หนาแน่น	น้ำตาล	ไม่ยึดเกาะ
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย (อัด) (1:1)	1,240	0.161	หนาแน่น	เขียวเข้ม	แน่น
ขุยมะพร้าว+ทราย (อัด) (1:1)	1,140	0.176	หนาแน่น	เขียวเข้ม	แน่น
แกลบ+ทราย (อัด) (1:1)	1,040	0.192	มีใบตาย 80%	เขียวปนน้ำตาล	ยึดเกาะบางส่วน
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ (อัด) (1:1:2)	985	0.203	หนาแน่น	เขียวเข้ม	แน่น
ขุยมะพร้าว + ทราย + หินภูเขาไฟ (อัด) (1:1:2)	935	0.214	หนาแน่น	เขียวเข้ม	แน่น
แกลบสด + ทราย + หินภูเขาไฟ (อัด) (1:1:2)	885	0.225	มีใบตาย 80%	เขียวปนน้ำตาล	ยึดเกาะบางส่วน

ผลจากการปลูกหญ้าในแต่ละวัสดุปลูก ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ดังตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า การปลูกหญ้าบนวัสดุปลูกที่มีแกลบเป็นส่วนประกอบ ทำให้หญ้าเจริญเติบโตได้ไม่ดี โดยจะทำให้ความหนาแน่นของใบน้อยลง ใบหญ้าจะเริ่มแห้งจากการขาดน้ำ ทำให้สีของใบเป็นสีน้ำตาล และทำให้รากของหญ้ายึดเกาะกับวัสดุปลูกได้ไม่ดี สาเหตุที่หญ้าเจริญเติบโตได้ไม่ดีบนวัสดุปลูกที่มีแกลบสดเป็นส่วนประกอบ เนื่องจาก แกลบสดมีการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้หญ้าไม่มีน้ำที่จะไปหล่อเลี้ยงเซลล์ภายใน ส่วนหญ้าที่เจริญเติบโตในวัสดุปลูกชนิดอื่น ๆ มีการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อเทียบกับดิน โดยปกติแล้ว น้ำเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับหญ้า ถ้าหากวัสดุปลูกมีการอุ้มน้ำต่ำ จะส่งผลถึงการเจริญเติบโตของหญ้า และยังส่งผลถึงกระบวนการคายระเหยน้ำอีกด้วย ดังนั้นในการทดสอบประสิทธิภาพการลดความร้อนในอากาศ และประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จะใช้วัสดุปลูกที่มีการอุ้มน้ำที่ดี ที่ทำให้หญ้าสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ ที่ทำการอัดเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกของหลังคาเขียว

การทดสอบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศและด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน จะแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร โดยมีน้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูกในแต่ละกรณี ดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2
น้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูก ในกรณีที่น้ำหนัก
และความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน



4.3 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน โดยใช้วิธีการใช้ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) การทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน ด้านการลดความร้อนในอากาศ ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน คือ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน คือ 0.125 เมตร โดยตั้งสมมติฐานว่า วัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำสูงกว่าวัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ สถานที่ทดสอบ คือ ดาดฟ้าอาคารวิจัยสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร (SIIT) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3
การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียว
ที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน บนดาดฟ้าอาคารวิจัย SIIT
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

4.3.1 ประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน (200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

การทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน ด้านการลดความร้อนในอากาศ ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร การทดสอบนี้ได้ทำการวัดผลต่าง ๆ ดังนี้

1) ปริมาณน้ำที่ให้กับพืชและปริมาณน้ำที่ไหลออกจากถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชของหลังคาเขียวในแต่ละวัสดุปลูก (มม./วัน)

2) ปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุปลูกในช่วงการทดสอบ (มม./วัน)

3) อุณหภูมิที่ผิวหญ้า และอุณหภูมิอากาศภายนอก (องศาเซลเซียส)

โดยการทดสอบในวันที่ 23-31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 และทำการวัดอุณหภูมิในวันที่ 29-30 ธันวาคม พ.ศ. 2551 มีค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 929.2 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเวลา 13:00 น. และอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด เท่ากับ 35.05 องศาเซลเซียส ในเวลา 13:00 น. ต่ำสุดเท่ากับ 22.23 องศาเซลเซียส ในเวลา 06:00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวัน เท่ากับ 26.99 องศาเซลเซียส

จากผลการวัดอุณหภูมิ ดังตารางในภาคผนวกที่ ข.1 และ ข.2 นำมาหาค่าการลดความร้อนในอากาศเนื่องจากปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่า วัสดุปลูก ขุยมะพร้าว+ทราย มีประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด เท่ากับ 74.18 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 6.75 วัตต์ต่อตารางเมตร สูงกว่าขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 7.05 วัตต์ต่อตารางเมตร สูงกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 9.90 วัตต์ต่อตารางเมตร และสูงกว่าดินอยู่ 14.87 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชในวัสดุปลูก ขุยมะพร้าว+ทราย จะสูงที่สุด เท่ากับ 2.63 มม./วัน และปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชในวัสดุปลูกดินจะต่ำที่สุด เท่ากับ 2.10 มม./วัน นอกจากนี้อุณหภูมิเหนือผิวหญ้าเฉลี่ยในแต่ละวัสดุปลูก มีค่าแตกต่างกันประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิผิวหญ้าเฉลี่ยและอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย จากผลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก และการคายระเหยน้ำของพืช ซึ่งปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช เกิดจากกระบวนการในการคายน้ำและการระเหยน้ำ ปกติแล้วพืชชนิดเดียวกัน ที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จะมีปริมาณการคายน้ำคงที่ ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามปริมาณการระเหยน้ำมากกว่าการคายน้ำ

ตารางที่ 4.2
การลดความร้อนในอากาศเฉลี่ยต่อวันเหนือหลังคาเขียวในแต่ละวัสดุปลูก
ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ข้อมูล	ผลต่างของปริมาณน้ำที่ให้กับพืชและน้ำที่ไหลออกจากถัง Lysimeter (mm/day)	ผลต่างของปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุปลูกในช่วงก่อนและหลังทดสอบ (mm/day)	ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (mm/day)	อุณหภูมิผิวหญ้าเฉลี่ย (°c)	อุณหภูมิเหนือผิวหญ้าเฉลี่ย (°c)	การลดความร้อนความร้อนในอากาศ (W/m^2)
ดิน	2.24	-0.14	2.10	27.03	27.24	59.31
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	2.63	-0.24	2.39	26.62	26.76	67.43
ขุยมะพร้าว+ทราย	3.00	-0.37	2.63	27.00	27.24	74.18
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	2.41	-0.13	2.28	27.01	27.09	64.28
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	2.62	-0.24	2.38	26.90	26.98	67.13

จากผลการทดสอบกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ขุยมะพร้าว+ทราย และขี้เถ้าแกลบ +ทราย จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชดีที่สุด ซึ่งดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.25 และ 1.14 เท่า ตามลำดับ

2) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ และขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.13 และ 1.09 เท่า ตามลำดับ

3) ประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกและการคายระเหยน้ำของพืช

4.3.2 ประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศ กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน (ความลึก 0.125 เมตร)

การทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน ด้านการลดความร้อนในอากาศ ในกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร การทดสอบนี้ได้ทำการวัดผลต่าง ๆ ดังนี้

1) ปริมาณน้ำที่ให้กับพืชและปริมาณน้ำที่ไหลออกจากถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชของหลังคาเขียวในแต่ละวัสดุปลูก (มม./วัน)

2) ปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุปลูกในช่วงการทดสอบ (มม./วัน)

3) อุณหภูมิที่ผิวหญ้า และอุณหภูมิอากาศภายนอก (องศาเซลเซียส)

โดยการทดสอบในวันที่ 6-14 มกราคม พ.ศ. 2552 และทำการวัดอุณหภูมิในวันที่ 10-11 มกราคม พ.ศ. 2552 มีค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 849.3 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเวลา 12:00 น. และอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด เท่ากับ 31.96 องศาเซลเซียส ในเวลา 13:00 น. ต่ำสุดเท่ากับ 20.53 องศาเซลเซียส ในเวลา 07:00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวัน เท่ากับ 25.21 องศาเซลเซียส

จากผลการวัดอุณหภูมิ ดังตารางในภาคผนวกที่ ข.3 และ ข.4 นำมาหาค่าการลดความร้อนในอากาศเนื่องจากปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า วัสดุปลูก ขุยมะพร้าว+ทราย มีประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด เท่ากับ 60.75 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 3.38 วัตต์ต่อตารางเมตร สูงกว่า ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 3.67 วัตต์ต่อตารางเมตร สูงกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 3.96 วัตต์ต่อตารางเมตร และสูงกว่าดินอยู่ 5.37 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชในวัสดุปลูก ขุยมะพร้าว+ทราย จะสูงที่สุด เท่ากับ 1.96 มม./วัน และปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชในวัสดุปลูกดินจะต่ำที่สุด เท่ากับ 1.82 มม./วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก และการคายระเหยน้ำของพืช ส่วนอุณหภูมิเหนือผิวหญ้าเฉลี่ยในแต่ละวัสดุปลูกมีค่าแตกต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิ สูงกว่าอุณหภูมิผิวหญ้าเฉลี่ยและอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย

ในกรณีที่ความลึกเท่ากัน หลังคาเขียวในแต่ละวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศใกล้เคียงกัน เนื่องจาก ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชในแต่ละวัสดุปลูกแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งค่าที่ทำให้เกิดความแตกต่าง มาจากการระเหยน้ำมากกว่าการคายน้ำ

เนื่องจาก พืชชนิดเดียวกันที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จะมีปริมาณการคายน้ำคงที่ ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามปริมาณการระเหยน้ำมากกว่าการคายน้ำ

ตารางที่ 4.3
การลดความร้อนในอากาศเฉลี่ยต่อวันเหนือหลังคาเขียวในแต่ละวัสดุปลูก
ในกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร

ข้อมูล	ผลต่างของปริมาณน้ำที่ให้กับพืชและน้ำที่ไหลออกจากถัง Lysimeter (mm/day)	ผลต่างของปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุปลูกในช่วงก่อนและหลังทดสอบ (mm/day)	ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (mm/day)	อุณหภูมิผิวหญ้าเฉลี่ย (ºc)	อุณหภูมิเหนือผิวหญ้าเฉลี่ย (ºc)	การลดความร้อนความร้อนในอากาศ (W/m^2)
ดิน	2.18	-0.22	1.96	25.17	26.50	55.38
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	2.23	-0.20	2.03	24.93	25.72	57.37
ขุยมะพร้าว+ทราย	2.28	-0.13	2.15	25.00	26.72	60.75
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	2.19	-0.18	2.01	25.20	26.40	56.79
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	2.21	-0.19	2.02	25.08	26.23	57.08

จากผลการทดสอบกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตรสามารถสรุปได้ว่า

1) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ขุยมะพร้าว+ทราย และขี้เถ้าแกลบ +ทราย จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.10 และ 1.04 เท่า ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกัน

2) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ และขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.03 และ 1.02 เท่า ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกัน

3) ประสิทธิภาพการลดความร้อนในอากาศ ในแต่ละวัสดุปลูก จะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย โดยจะแปรผันตามการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก และการคายระเหยน้ำของพืช

กรณีที่น้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน ผลการทดสอบด้วยวิธี Lysimeter สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก และ

ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ซึ่งปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช เกิดจากกระบวนการในการคายน้ำและการระเหยน้ำ โดยปกติแล้วพืชชนิดเดียวกัน ที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จะมีปริมาณการคายน้ำคงที่ ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามปริมาณการระเหยน้ำมากกว่าการคายน้ำ

วัสดุปลูกที่เป็น ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ เท่ากับ 9.64 11.84 11.33 10.87 และ 10.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.4 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดินที่จุดต่าง ๆ

การทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกทดแทนดินเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเปล่า ด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

1) ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน วัสดุปลูกที่มีความลึกมาก จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่า วัสดุปลูกที่มีความลึกต่ำ และในกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน วัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นต่ำ จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารดีกว่าวัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นสูง

2) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ สามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้

ในการทดสอบนั้น ได้ทำการปลูกหญ้าด้วยวัสดุปลูกธรรมชาติได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ บนพื้นหลังคาคอนกรีต และเปรียบเทียบกับพื้นหลังคาคอนกรีตเปล่าที่ไม่มีการปลูกหญ้าเป็นหลังคาเขียวอยู่ด้านบน การทดสอบนี้ใช้สถานที่ทดสอบ คือ พื้นที่โล่งด้านหลังตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.4
การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
ของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน บริเวณพื้นที่โล่ง
ด้านหลังตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ได้ทำการทดสอบหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน ด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง และอุณหภูมิผิวหญ้า รวมทั้งพิจารณาการหน่วงความร้อน ณ จุดต่าง ๆ ได้แก่ ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งได้ทำการทดสอบในวันที่ 3-4 มีนาคม พ.ศ. 2552 มีค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 961.8 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเวลา 12:00 น. และอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด เท่ากับ 36.62 องศาเซลเซียส ในเวลา 13:00 น. ต่ำสุด เท่ากับ 25.10 องศาเซลเซียส ในเวลา 06:00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวัน เท่ากับ 29.76 องศาเซลเซียส

ในกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร ได้ทำการทดสอบหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ

และขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน เป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน ด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง และอุณหภูมิผิวหญ้า รวมทั้งพิจารณาการหน่วงความร้อน ณ จุดต่าง ๆ ได้แก่ ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งได้ทำการทดสอบในวันที่ 8-9 มีนาคม พ.ศ. 2552 มีค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 941.6 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเวลา 13:00 น. และอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด เท่ากับ 37.12 องศาเซลเซียส ในเวลา 13:00 น. ต่ำสุด เท่ากับ 26.10 องศาเซลเซียส ในเวลา 04:00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวัน เท่ากับ 30.15 องศาเซลเซียส

4.4.1 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหญ้า ของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.1 และภาพในภาคผนวกที่ ค.1 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวหญ้าได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่ผิวหญ้าของหลังคาเขียว
กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
คอนกรีตเปล่า (ผิวคอนกรีตด้านบน)	14:00	45.92	05:00	24.85	33.06	8.47	-
ดิน	12:00	39.41	06:00	23.32	28.55	3.31	-
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	12:00	39.25	06:00	23.66	29.17	3.93	-
ขุยมะพร้าว+ทราย	12:00	39.31	06:00	23.30	28.47	3.02	-
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	12:00	39.11	06:00	23.57	29.10	2.63	-
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	12:00	39.16	06:00	23.63	29.22	2.55	-
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

จากตารางที่ 4.4 พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้อุณหภูมิผิวหญ้าในช่วงอุณหภูมิสูงสุด มีค่าต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.05 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 0.14 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขุยมะพร้าว+

ทรายอยู่ 0.20 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าดินอยู่ 0.30 องศาเซลเซียส สำหรับความสามารถในการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า อุณหภูมิที่ผิวหญ้าของวัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีการคายความร้อนน้อยที่สุดประมาณ 2.6 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหญ้าในแต่ละวัสดุปลูก แต่จะเห็นได้ว่ายังไม่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางวัน พบว่า คอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านบนสูงที่สุดในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 45.92 องศาเซลเซียส ในเวลา 14:00 น. ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียว ประมาณ 6 องศาเซลเซียส สาเหตุมาจากการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกและปริมาณการคายระเหยน้ำของหญ้า ทำให้ช่วยลดความร้อนในอากาศ และลดการสะสมความร้อนที่ผิวหญ้า ซึ่งแตกต่างจากคอนกรีตเปล่าที่ไม่มีสิ่งปกคลุม ทำให้รับรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ และเกิดการสะสมความร้อนสูงที่ผิวคอนกรีตด้านบน

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการคายความร้อนสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนได้มากกว่าหลังคาเขียว ประมาณ 4.5-5.9 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงหัวค่ำไปจนถึงช่วงเช้ามืด (เวลา 20:00-05:00 น.) ที่ผิวหญ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวหลังคาคอนกรีตด้านบน และพบหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ตามใบของหญ้า ซึ่งน่าจะมาจากการระเหยน้ำออกมาตามใบ ซึ่งกระบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมและความชื้นจำเพาะของอากาศเหนือพื้นผิวหลังคาเขียว

จากผลการทดสอบข้างต้น กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) ในเวลากลางวัน ผิวหญ้าของหลังคาเขียวสามารถลดการสะสมความร้อน ได้ดีกว่าผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่า โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 6.5-6.8 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด

2) ในเวลากลางคืน ผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่า สามารถคายความร้อนได้มากกว่า ผิวหญ้าของหลังคาเขียว ประมาณ 4.5-5.9 องศาเซลเซียส

3) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ และไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวหญ้าไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.4 และภาพในภาคผนวกที่ ค.4 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวหญ้าได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่ผิวหญ้าของหลังคาเขียว
กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูก เท่ากับ 0.125 เมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
คอนกรีตเปล่า (ผิวคอนกรีตด้านบน)	14:00	45.23	05:00	25.33	32.92	7.32	-
ดิน	13:00	40.06	06:00	24.98	29.70	2.17	-
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	13:00	40.27	06:00	25.21	30.02	2.66	-
ขุยมะพร้าว+ทราย	13:00	40.34	06:00	25.33	30.54	2.36	-
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	12:00	40.16	06:00	25.80	30.37	1.88	-
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	12:00	40.25	06:00	25.92	30.56	2.09	-
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.5 พบว่า หลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้อุณหภูมิผิวหญ้าในช่วงอุณหภูมิสูงสุด มีค่าต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.10 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.19 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 0.21 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทรายอยู่ 0.28 องศาเซลเซียส สำหรับความสามารถในการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า อุณหภูมิที่ผิวหญ้าของวัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีการคายความร้อนน้อยที่สุดประมาณ 2 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางวัน พบว่า คอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านบนสูงที่สุดในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 45.23 องศาเซลเซียส ในเวลา 14:00 น. ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียว ประมาณ 5 องศาเซลเซียส สาเหตุมาจากการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกและปริมาณการคายระเหยน้ำของหญ้า ทำให้ช่วยลดความร้อนในอากาศ และลดการสะสมความร้อนที่ผิวหญ้า ซึ่งแตกต่างจากคอนกรีตเปล่าที่ไม่มีสิ่งปกคลุม ทำให้รับรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ และเกิดการสะสมความร้อนสูงที่ผิวคอนกรีตด้านบนเช่นเดียวกับกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการคายความร้อนสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนได้มากกว่า หลังคาเขียวประมาณ 5 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงหัวค่ำไปจนถึงช่วงเช้ามืด (เวลา 20:00-05:00 น.) ที่ผิวหญ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวหลังคาคอนกรีตด้านบน และพบหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ตามใบของหญ้า ซึ่งน่าจะมาจากการระเหยน้ำออกมาตามใบ ซึ่งกระบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมและความชื้นจำเพาะของอากาศเหนือพื้นผิวหลังคาเขียวเช่นเดียวกับกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน

จากผลการทดสอบข้างต้น กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) ในเวลากลางวัน ผิวหญ้าของหลังคาเขียวสามารถลดการสะสมความร้อน ได้ดีกว่าผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่า โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 4.9-5.2 องศาเซลเซียสในช่วงอุณหภูมิสูงสุด

2) ในเวลากลางคืน ผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่า สามารถคายความร้อนได้มากกว่าผิวหญ้าของหลังคาเขียวประมาณ 4.8-5.6 องศาเซลเซียส

3) หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ และไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวหญ้าที่ไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวหญ้าของหลังคาเขียว ในกรณีที่น้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน สามารถสรุปได้ว่า

1) ทั้ง 2 กรณี พบว่า ผิวหญ้าของหลังคาเขียวสามารถลดการสะสมความร้อนในเวลากลางวัน ได้ดีกว่า ผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่า เนื่องจาก พืชสีเขียวช่วยลดความร้อนในอากาศโดยการคายระเหยน้ำ และลดการสะสมความร้อนที่ผิวคอนกรีตโดยตรง

2) ทั้ง 2 กรณี พบว่า ผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่า สามารถคายความร้อนในเวลากลางคืน ได้มากกว่า ผิวหญ้าของหลังคาเขียว เนื่องจาก ไม่มีสิ่งปกคลุมบนพื้นคอนกรีต

3) ทั้ง 2 กรณี พบว่า หลังคาเขียว ที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ และไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวหญ้าไม่แตกต่างกัน

4.4.2 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง ของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.2 และภาพในภาคผนวกที่ ค.2 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวคอนกรีตด้านล่างได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่ผิวคอนกรีตด้านล่างของหลังคาเขียว
กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
คอนกรีตเปล่า	15:00	43.77	05:00	25.01	32.70	8.68	2
ดิน	16:00	33.67	07:00	26.78	30.02	3.97	3
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	16:00	33.52	07:00	26.86	29.89	4.03	3
ขุยมะพร้าว+ทราย	16:00	33.22	07:00	26.54	29.52	3.67	3
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	32.96	07:00	26.93	29.76	3.64	4
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	32.87	07:00	26.83	29.66	3.53	4
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

จากตารางที่ 4.6 พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด มีค่าต่ำกว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.09 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทรายอยู่ 0.35 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 0.65 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าดินอยู่ 0.80 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันพบว่า ขุยมะพร้าว+ทราย มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันต่ำที่สุด เท่ากับ 29.49 องศาเซลเซียส

สำหรับความสามารถในการหน่วงความร้อน พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟและขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ สามารถหน่วงความร้อนได้มากที่สุด เท่ากับ 4 ชั่วโมง ส่วนวัสดุปลูกที่เหลือสามารถหน่วงความร้อนได้ 3 ชั่วโมง และในทางกลับกัน การคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟและขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ มีการคายความร้อนต่ำที่สุดที่ใกล้เคียงกันประมาณ 3.6 องศาเซลเซียส ส่วน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย มีการคายความร้อนได้ดีใกล้เคียงกับดินประมาณ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจาก การใช้หินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบในวัสดุปลูก ทำให้มีความลึกเพิ่มขึ้น จนทำให้ความร้อนคายออกไปได้น้อยลงด้วย

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางวัน พบว่า คอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างสูงที่สุดในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 43.77 องศาเซลเซียส ในเวลา 15:00 น. และสามารถหน่วงความร้อนได้แค่ 2 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากหลังคาเขียวมากที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและหน่วงความร้อนได้ 3-4 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า คอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง ส่วนหลังคาเขียวมีประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เปรียบเสมือนฉนวน ป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการคายความร้อนสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนได้มากกว่าหลังคาเขียว เนื่องจาก หลังคาเขียวมีวัสดุปลูก และการอุ้มน้ำในวัสดุปลูก ทำให้ความร้อนคายออกไปได้ยากขึ้น และหลังคาคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างต่ำที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 24.56 องศาเซลเซียส ในเวลา 05:00 น.

จากผลการทดสอบข้างต้น กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) ในเวลากลางวัน หลังคาเขียวสามารถลดอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง ได้ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 10.1-10.9 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 1-2 ชั่วโมง

2) ในเวลากลางคืน หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนที่ผิวคอนกรีตด้านล่างได้มากกว่า หลังคาเขียว ประมาณ 4.7-5.2 องศาเซลเซียส

3) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ต่ำกว่า หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.3-0.8 องศาเซลเซียส และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 1 ชั่วโมง

4) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนในเวลากลางคืนที่น้อยกว่าหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ประมาณ 0.6 องศาเซลเซียส

5) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ต่ำกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ประมาณ 0.3-0.8 องศาเซลเซียส และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 1 ชั่วโมง

6) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนในเวลากลางคืน ใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.5 และภาพในภาคผนวกที่ ค.5 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวคอนกรีตด้านล่างได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่ผิวคอนกรีตด้านล่างของหลังคาเขียว
กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
คอนกรีตเปล่า	15:00	42.89	05:00	25.49	32.54	7.53	2
ดิน	17:00	34.07	07:00	27.45	30.45	5.30	4
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	17:00	34.98	07:00	27.51	30.80	5.85	4
ขุยมะพร้าว+ทราย	17:00	34.21	07:00	27.21	30.20	5.34	4
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	33.96	07:00	27.26	30.31	5.03	4
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	33.87	07:00	27.16	30.21	5.05	4
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.7 พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด มีค่าต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.09 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าดินอยู่ 0.20 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทรายอยู่ 0.34 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 1.11 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันพบว่า ขุยมะพร้าว+ทราย มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันต่ำที่สุด เท่ากับ 30.19 องศาเซลเซียส

ความสามารถในการหน่วงความร้อน พบว่า หลังคาเขียวทุกวัสดุปลูก สามารถหน่วงความร้อนได้ 4 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า วัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดิน ที่มีความลึกน้อยลง ก็ยังสามารถหน่วงความร้อน ได้ดีเท่ากับวัสดุปลูกที่เป็นดิน ส่วนการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย มีการคายความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 5.85 องศาเซลเซียส และเห็นได้ว่าวัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีความการคายความร้อนน้อยกว่าดิน แม้ว่าจะลดความลึกวัสดุปลูกให้เท่ากันแล้วก็ตาม แสดงว่า หินภูเขาไฟอาจเป็นวัสดุปลูกที่ทำให้ความร้อนคายออกไปได้น้อยลง

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางวัน พบว่า คอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างสูงที่สุดในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 42.89 องศาเซลเซียส ในเวลา 15:00 น. และสามารถหน่วงความร้อนได้แค่ 2 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่าง

จากหลังคาเขียวมากที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและหน่วงความร้อนได้ 4 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า คอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง ส่วนหลังคาเขียวมีประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เปรียบเสมือนฉนวน ป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการคายความร้อนสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนได้มากกว่า หลังคาเขียว เนื่องจาก หลังคาเขียวมีชั้นวัสดุปลูก และการอุ้มน้ำในวัสดุปลูก ทำให้ความร้อนคายออกไปได้ยากขึ้น และหลังคาคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างต่ำที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 25.49 องศาเซลเซียส ในเวลา 05:00 น.

จากผลการทดสอบข้างต้น กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) ในเวลากลางวัน หลังคาเขียวสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง ได้ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 7.9-9.0 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 2 ชั่วโมง

2) ในเวลากลางคืน หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนที่ผิวคอนกรีตด้านล่างได้มากกว่า หลังคาเขียว ประมาณ 1.7-2.5 องศาเซลเซียส

3) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่า หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.2-1.1 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด โดยหน่วงความร้อนได้เท่ากัน 4 ชั่วโมง

4) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในเวลากลางคืน ได้ดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ

5) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก และสามารถหน่วงความร้อนได้เท่ากัน

6) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนในเวลากลางคืน ใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างของหลังคาเขียว ในกรณีที่น้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน สามารถสรุปได้ว่า

1) ทั้ง 2 กรณี พบว่า หลังคาเขียวสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในเวลากลางวัน ได้ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า เนื่องจาก พืชสีเขียวช่วยลดความร้อนในอากาศโดย การคายระเหยน้ำ และลดการสะสมความร้อนที่ผิวคอนกรีตโดยตรง ทำให้ผิวคอนกรีตด้านล่างลดลงตามไปด้วย อีกทั้งหลังคาเขียวยังหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 1-2 ชั่วโมง

2) ทั้ง 2 กรณี พบว่า ผิวคอนกรีตด้านล่างของหลังคาคอนกรีตเปล่า สามารถคายความร้อนในเวลากลางคืนได้มากกว่าหลังคาเขียว เนื่องจาก ไม่มีสิ่งปกคลุมบนพื้นคอนกรีต จึงคายความร้อนสู่บรรยากาศได้สะดวก

3) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะลดความร้อนได้ดีกว่าวัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ แม้ว่าจะลดความลึกวัสดุปลูกให้เท่ากันแล้วก็ตาม

4) หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกที่ช่วยลดความร้อนในเวลากลางวัน เนื่องจาก การเพิ่มช่องว่างของอากาศในวัสดุปลูก แต่จะทำให้คายความร้อนออกไปได้น้อยลงในเวลากลางคืน

4.4.3 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกต่าง ๆ</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.3 และภาพในภาคผนวกที่ ค.3 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศภายในกล่องทดลองได้ดังตารางที่ 4.8

ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน คือ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังตารางที่ 4.8 พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด มีค่าต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.25 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าดินอยู่ 0.89 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 1.10 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทรายอยู่ 1.14 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ ยังมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันต่ำที่สุด เท่ากับ 28.87 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากการแปรผันตามอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง คือ เมื่ออุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างสูง จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองสูงตามไปด้วย และเมื่ออุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างต่ำจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองต่ำเช่นกัน

ตารางที่ 4.8
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่อากาศภายในกล่องทดลองของหลังคาเขียว
กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
คอนกรีตเปล่า	15:00	39.94	05:00	24.56	31.06	8.05	2
ดิน	18:00	31.49	08:00	26.65	29.16	3.63	5
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	18:00	31.70	08:00	26.98	29.15	3.93	5
ขุยมะพร้าว+ทราย	18:00	31.74	08:00	27.01	29.51	3.54	5
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	20:00	30.60	08:00	27.17	28.86	2.72	7
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	20:00	30.85	08:00	27.03	29.09	2.85	7
อากาศภายนอก	13:00	36.62	06:00	25.10	29.76	3.31	-

สำหรับความสามารถในการหน่วงความร้อน พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟและขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ สามารถหน่วงความร้อนได้ดีที่สุด เท่ากับ 7 ชั่วโมง ส่วนวัสดุปลูกที่เหลือ สามารถหน่วงความร้อนได้น้อยกว่า เท่ากับ 4 ชั่วโมง แต่ในทางกลับกันการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟและขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ มีการคายความร้อนน้อยที่สุด ประมาณ 2.8 องศาเซลเซียส ส่วน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย มีการคายความร้อนมากที่สุด เท่ากับ 4.30 องศาเซลเซียส เนื่องจาก วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ทำให้มีความลึกเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีการหน่วงความร้อนได้มากกว่า แต่ในทางกลับกันจะทำให้คายความร้อนได้น้อยลงด้วย

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางวัน พบว่า คอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองสูงที่สุดในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.94 องศาเซลเซียส ในเวลา 15:00 น. และสามารถหน่วงความร้อนได้แค่ 2 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากหลังคาเขียวมากที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและหน่วงความร้อนได้ 5-7 ชั่วโมง เป็นผลมาจากการแปรผันตามค่าอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง โดยคอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง ส่วนหลังคาเขียวมีประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เปรียบเสมือนฉนวน ป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการคายความร้อนสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนได้มากกว่าหลังคาเขียว

เนื่องจาก หลังคาเขียวมีชั้นวัสดุปลูก และการอุ้มน้ำในวัสดุปลูก ทำให้ความร้อนคายออกไปได้ยากขึ้น และหลังคาคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างต่ำที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 25.01 องศาเซลเซียส ในเวลา 05:00 น.

จากผลการทดสอบข้างต้น กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) ในเวลากลางวัน หลังคาเขียวสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า มีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 8.2-9.3 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 3-5 ชั่วโมง

2) ในเวลากลางคืน หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนที่อากาศภายในกล่องทดลอง ได้มากกว่า หลังคาเขียว ประมาณ 4.1-5.3 องศาเซลเซียส

3) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองต่ำกว่า หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ประมาณ 1 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 2 ชั่วโมง

4) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนที่อากาศภายในกล่องทดลองในเวลากลางคืน ได้ดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ประมาณ 0.7-1.2 องศาเซลเซียส

5) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ต่ำกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ประมาณ 0.6-0.9 องศาเซลเซียส และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 2 ชั่วโมง

6) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนน้อยกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.6 และภาพในภาคผนวกที่ ค.6 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศภายในกล่องทดลองได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ที่อากาศภายในกล่องทดลองของหลังคาเขียว
กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
คอนกรีตเปล่า	15:00	39.14	05:00	25.03	30.94	6.93	2
ดิน	19:00	32.33	07:00	27.17	29.55	4.74	6
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	17:00	34.09	07:00	26.49	30.06	5.72	4
ขุยมะพร้าว+ทราย	17:00	33.14	07:00	27.09	29.96	4.96	4
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	19:00	31.99	07:00	27.00	29.33	4.55	6
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	19:00	32.13	07:00	26.98	29.31	4.76	6
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

สำหรับกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน คือ 0.125 เมตร ดังตารางที่ 4.9 พบว่า หลังคาเขียวที่มีการใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด มีค่าต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟอยู่ 0.14 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าดินอยู่ 0.34 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าขุยมะพร้าว+ทรายอยู่ 1.15 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าขี้เถ้าแกลบ+ทรายอยู่ 2.10 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากการแปรผันตามอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง คือ เมื่ออุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างสูง จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองสูงตามไปด้วย และเมื่ออุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างต่ำ จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองต่ำเช่นกัน แต่จะเห็นได้ว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย และขุยมะพร้าว+ทราย มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด สูงกว่าวัสดุปลูกอื่น ๆ

สำหรับความสามารถในการหน่วงความร้อน พบว่า หลังคาเขียวที่มีขี้เถ้าแกลบ+ทราย และขุยมะพร้าว+ทราย สามารถหน่วงความร้อนได้น้อยที่สุด เท่ากับ 4 ชั่วโมง ส่วนวัสดุปลูกอื่น ๆ สามารถหน่วงความร้อนได้ดีกว่า เท่ากับ 6 ชั่วโมง และการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ มีการคายความร้อนน้อยที่สุด เท่ากับ 4.99 องศาเซลเซียส ส่วน ขี้เถ้าแกลบ+ทรายและขุยมะพร้าว+ทราย มีการคายความร้อนมากที่สุด เท่ากับ 7.60 และ 6.05 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย และขุยมะพร้าว+ทราย จะสามารถหน่วงความร้อนได้น้อยลงเมื่อมีความลึกน้อยลง และวัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบยังสามารถหน่วงความร้อนได้ดีแม้มีความลึกน้อยลง แต่ก็ยังทำให้คายความร้อนได้น้อยลงด้วย

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางวัน พบว่า คอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองสูงที่สุดในช่วงอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 39.14 องศาเซลเซียส ในเวลา 15:00 น. และสามารถหน่วงความร้อนได้แค่ 2 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากหลังคาเขียวมาก ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและหน่วงความร้อนได้ 4-6 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง ส่วนหลังคาเขียวมีประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเปรียบเสมือนฉนวน ป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

การเปรียบเทียบหลังคาเขียวกับหลังคาคอนกรีตเปล่าด้านการคายความร้อนสู่บรรยากาศในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนได้มากกว่า หลังคาเขียว เนื่องจาก หลังคาเขียวมีชั้นวัสดุปลูก และการอุ้มน้ำในวัสดุปลูก ทำให้ความร้อนคายออกไปได้ยากขึ้น และหลังคาคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองต่ำที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 25.03 องศาเซลเซียส ในเวลา 05:00 น.

จากผลการทดสอบข้างต้น กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร สามารถสรุปได้ว่า

1) ในเวลากลางวัน หลังคาเขียวสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า มีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 5.0-7.2 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 2-4 ชั่วโมง

2) ในเวลากลางคืน หลังคาคอนกรีตเปล่าสามารถคายความร้อนที่ผิวคอนกรีตด้านล่างได้มากกว่า หลังคาเขียว ประมาณ 1.2-2.4 องศาเซลเซียส

3) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ต่ำกว่าหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ประมาณ 1.0-2.1 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด

4) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีการคายความร้อนที่อากาศภายในกล่องทดลองในเวลากลางคืน ได้ดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ

5) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก และสามารถหน่วงความร้อนได้เท่ากัน

6) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีการคายความร้อนในเวลากลางคืน ใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองของหลังคาเขียว ในกรณีที่น้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน สามารถสรุปได้ว่า

1) ทั้ง 2 กรณี พบว่า หลังคาเขียวสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในเวลากลางวัน ได้ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า เนื่องจาก พืชสีเขียวช่วยลดความร้อนในอากาศโดยการคายระเหยน้ำ และลดการสะสมความร้อนที่ผิวคอนกรีตโดยตรง ทำให้ผิวคอนกรีตด้านล่างลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองลดลงตามไปด้วย ซึ่งหลังคาเขียวหน่วงความร้อนได้ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า 2-7 ชั่วโมง

2) ทั้ง 2 กรณี พบว่า ผิวคอนกรีตด้านล่างของหลังคาคอนกรีตเปล่า สามารถคายความร้อนในเวลากลางคืน ได้มากกว่าหลังคาเขียว เนื่องจาก ไม่มีสิ่งปกคลุมบนพื้นคอนกรีต จึงคายความร้อนสู่บรรยากาศได้สะดวก

3) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะลดความร้อนได้ดีกว่าวัสดุปลูกที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ แม้ว่าจะลดความลึกวัสดุปลูกให้เท่ากันแล้วก็ตาม

4) หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูกที่ช่วยลดความร้อนในเวลากลางวัน เนื่องจาก การเพิ่มช่องว่างของอากาศในวัสดุปลูก แต่จะทำให้คายความร้อนออกไปได้น้อยลงในเวลากลางคืน

จากผลการทดสอบข้างต้น สามารถสรุปจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

1) ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน วัสดุปลูกชนิดเดียวกัน การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุปลูก ส่วนวัสดุปลูกคนละชนิดกัน การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับความหนาและคุณสมบัติของวัสดุปลูกชนิดนั้น โดยหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ สามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีที่สุด

2) ในกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุปลูก แต่จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุปลูกชนิดนั้น เพราะว่าดินมีความหนาแน่นมากกว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย และ ขุยมะพร้าว+ทราย แต่ดินสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่า

4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบกับหลังคาคอนกรีตเปล่า

จากผลการทดสอบข้างต้น พบว่า ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูก เท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ เป็นหลังคาเขียวที่มีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ต่ำที่สุด ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และยังสามารถหน่วงความร้อนได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเปล่า พบว่า หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างต่ำกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า ประมาณ 10.9 องศาเซลเซียส หน่วงความร้อนได้ดีกว่า 2 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ต่ำกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า ประมาณ 9.2 องศาเซลเซียส และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 5 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.5

ส่วนกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูก เท่ากับ 0.125 เมตร หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ เป็นหลังคาเขียวที่มีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ต่ำที่สุด ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด และยังสามารถหน่วงความร้อนดีที่สุดเช่นเดิม แต่จะเห็นได้ว่า เมื่อลดความลึกให้เท่ากัน ประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเปล่า พบว่า หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ จะมีอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่าง ต่ำกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า ประมาณ 9.0 องศาเซลเซียส หน่วงความร้อนได้ดีกว่า 2 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ต่ำกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า ประมาณ 7.1 องศาเซลเซียส และหน่วงความร้อนได้ดีกว่า 4 ชั่วโมง ตารางที่ 4.11 และดังภาพที่ 4.6

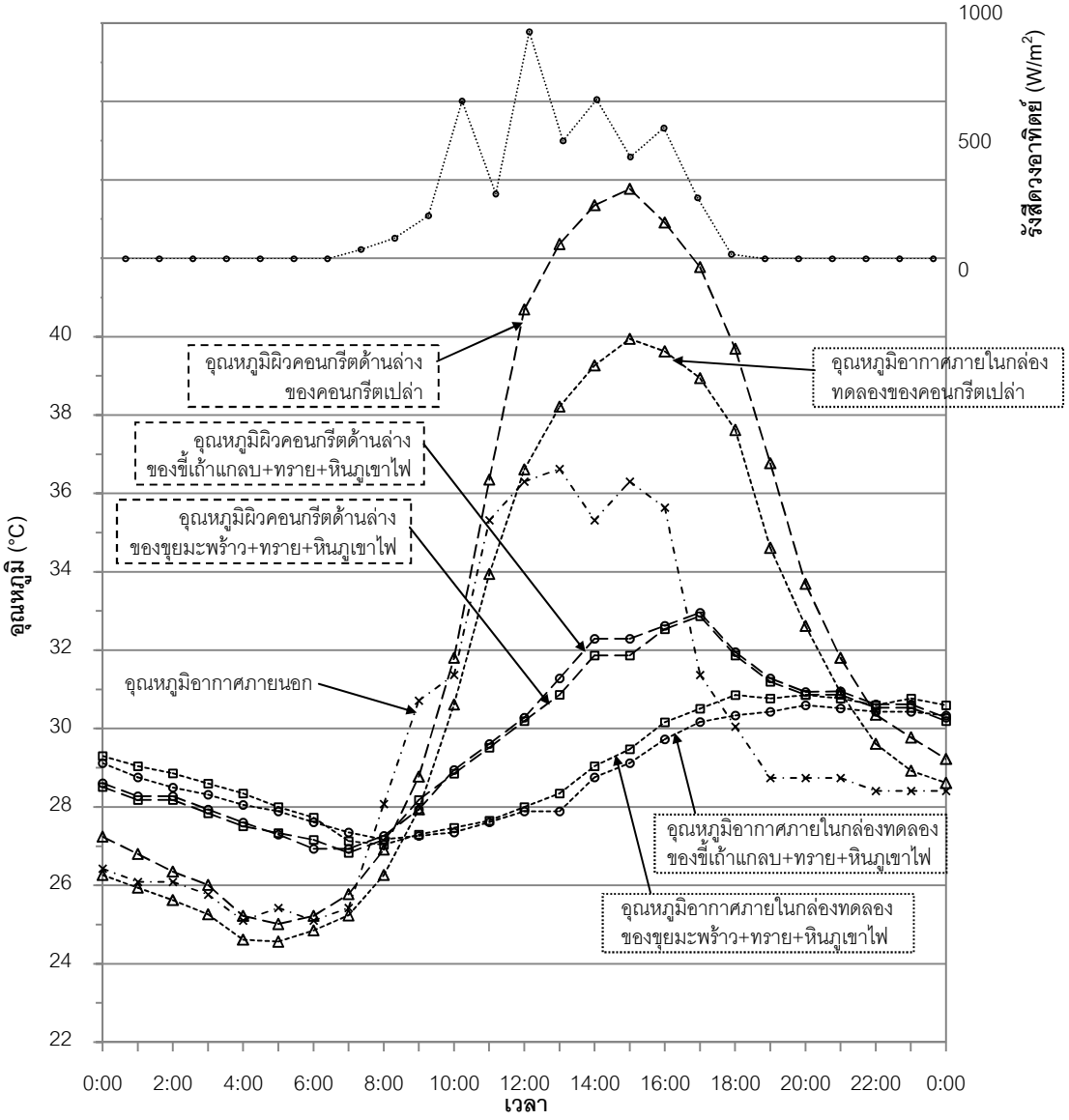
ตารางที่ 4.10
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ระหว่างหลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาคอนกรีตเปล่า กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 kg/m^2 ในวันที่ 3-4 มีนาคม พ.ศ. 2552

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
ผิวคอนกรีตด้านล่าง							
คอนกรีตเปล่า	15:00	43.77	05:00	25.01	32.70	8.68	2
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	32.96	07:00	26.93	29.76	3.64	4
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	32.87	07:00	26.83	29.66	3.53	4
อากาศภายในกล่องทดลอง							
คอนกรีตเปล่า	15:00	39.94	05:00	24.56	31.06	8.05	2
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	20:00	30.60	08:00	27.17	28.86	2.72	7
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	20:00	30.85	08:00	27.03	29.09	2.85	7
อากาศภายนอก	13:00	36.62	06:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.11
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ระหว่างหลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาคอนกรีตเปล่า กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร ในวันที่ 8-9 มีนาคม พ.ศ. 2552

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
ผิวคอนกรีตด้านล่าง							
คอนกรีตเปล่า	15:00	42.89	05:00	25.49	32.54	7.53	2
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	33.96	07:00	27.26	30.31	5.03	4
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	17:00	33.87	07:00	27.16	30.21	5.05	4
อากาศภายในกล่องทดลอง							
คอนกรีตเปล่า	15:00	39.14	05:00	25.03	30.94	6.93	2
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	19:00	31.99	07:00	27.00	29.33	4.55	6
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	19:00	32.13	07:00	26.98	29.31	4.76	6
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

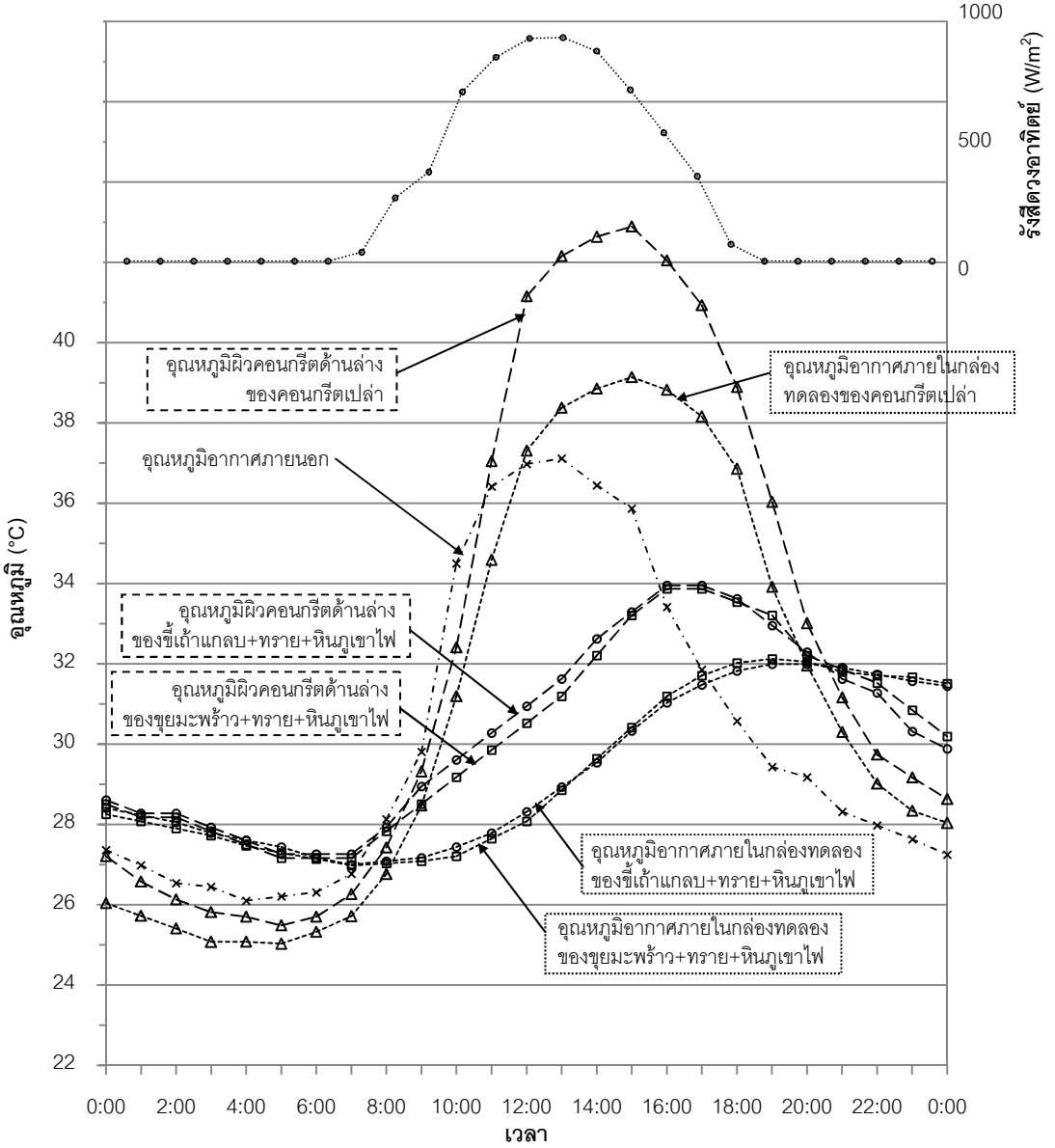
ภาพที่ 4.5
การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาคอนกรีตเปล่า กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 kg/m^2 ในวันที่ 3-4 มีนาคม พ.ศ. 2552



- อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างของ คอนกรีตเปล่า
- อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก ความลึก 0.203 เมตร
- อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก ความลึก 0.214 เมตร
- อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองของ คอนกรีตเปล่า
- อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ความลึก 0.203 เมตร
- อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ความลึก 0.214 เมตร
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- รังสีดวงอาทิตย์

ภาพที่ 4.6

การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาคอนกรีตเปล่า กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร ในวันที่ 8-9 มีนาคม พ.ศ. 2552



— -△— - อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างของ คอนกรีตเปล่า

— -○— - อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก มีน้ำหนัก 123.1 kg/m2

— -□— - อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก มีน้ำหนัก 116.9 kg/m2

----△---- อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองของ คอนกรีตเปล่า

----○---- อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก มีน้ำหนัก 123.1 kg/m2

----□---- อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก มีน้ำหนัก 116.9 kg/m2

- ·-×- · - อุณหภูมิอากาศภายนอก

.....○..... รังสีดวงอาทิตย์

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ในแต่ละวัสดุปลูก

จากผลการทดสอบข้างต้น จะนำมาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ในแต่ละวัสดุปลูก ดังต่อไปนี้

4.6.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของหลังคาคอนกรีตเปล่า

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.7 และ ค.13 และภาพในภาคผนวกที่ ค.7 และ ค.13 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด การคายความร้อน และเวลาในการหน่วงความร้อนของหลังคาคอนกรีตเปล่า ที่ผิวคอนกรีตด้านบน ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ทั้ง 2 กรณี ดังตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13 พบว่า ในเวลากลางวัน ผิวคอนกรีตด้านบนของหลังคาคอนกรีตเปล่าจะมีการรับรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ เนื่องจาก ไม่มีสิ่งปกคลุมพื้นคอนกรีต ทำให้มีอุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด โดยที่จะมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านพื้นคอนกรีตเข้าสู่ภายใน ซึ่งหน่วงได้ 2 ชั่วโมง สำหรับการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า หลังคาคอนกรีตเปล่าจะคายความร้อนได้มาก เนื่องจาก พื้นผิวคอนกรีตด้านบนไม่มีสิ่งปกคลุม ทำให้ความร้อนถ่ายเทสู่บรรยากาศได้อย่างสะดวก โดยที่อากาศภายในกล่องทดลองจะคายความร้อนสู่บรรยากาศโดยผ่านพื้นคอนกรีต

ตารางที่ 4.12
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาคอนกรีตเปล่า เพื่อเปรียบเทียบกับหลังคาเขียว กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านบน	14:00	45.92	05:00	24.85	33.06	8.47	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	15:00	43.77	05:00	25.01	32.70	8.68	2
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	15:00	39.94	05:00	24.56	31.06	8.05	2
อากาศภายนอก	13:00	36.62	06:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.13
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาคอนกรีตเปล่า เพื่อเปรียบเทียบกับหลังคาเขียว
กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านบน	14:00	45.23	05:00	25.33	32.92	7.32	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	15:00	42.89	05:00	25.49	32.54	7.53	2
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	15:00	39.14	05:00	25.03	30.94	6.93	2
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

4.6.2 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.8 และ ค.14 และภาพในภาคผนวกที่ ค.8 และ ค.14 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด การคายความร้อน และเวลาในการหน่วงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้ ดิน เป็นวัสดุปลูก ที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ทั้ง 2 กรณี ดังตารางที่ 4.14 และตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ
เพื่อเปรียบเทียบกับหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน กรณีที่น้ำหนักของ
วัสดุปลูก เท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความลึก 0.125 เมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	39.41	06:00	23.32	28.55	3.31	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	16:00	33.67	07:00	26.78	30.02	3.97	3
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	18:00	31.49	08:00	26.65	29.16	3.63	5
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.15
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร (น้ำหนัก 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	13:00	40.06	06:00	24.98	29.70	2.17	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	34.07	07:00	27.45	30.45	5.30	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	19:00	32.33	07:00	27.17	29.55	4.74	6
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 พบว่า ในเวลากลางวัน อุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ในเวลาใกล้เคียงกับช่วงอุณหภูมิสูงสุดของอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจาก หญ้ามีค่าการดูดซึมความร้อน 78.4 เปอร์เซ็นต์ จึงมีอุณหภูมิที่ผิวหญ้าสูง แต่ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้ช้า เนื่องจาก การคายระเหยน้ำของพืชและความลึกของวัสดุปลูก ซึ่งช่วยหน่วงความร้อนเข้าสู่ภายในได้ 5-6 ชั่วโมง สำหรับการคายความร้อนในเวลากลางคืน พบว่า คอนกรีตจะคายความร้อนมาก เนื่องจาก ในเวลากลางวันคอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ระหว่างหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก กับหลังคาพื้นคอนกรีตเปล่า พบว่า หลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในดีกว่าหลังคาพื้นคอนกรีตเปล่า อยู่ 17.4 - 21.2 เปอร์เซ็นต์

4.6.3 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.9 และ ค.15 และภาพในภาคผนวกที่ ค.9 และ ค.15 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด การคายความร้อน และเวลาในการหน่วงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก ที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ได้ดังตารางที่ 4.16 และตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16

อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความลึก 0.161 เมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	39.25	06:00	23.66	29.17	3.93	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	16:00	33.52	07:00	26.86	29.89	4.03	3
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	18:00	31.70	08:00	26.98	29.16	3.93	5
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.17

อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร (น้ำหนัก 155.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	13:00	40.27	06:00	25.21	30.02	2.66	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	34.98	07:00	27.51	30.80	5.85	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	17:00	34.09	07:00	26.49	30.06	5.72	4
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.16 พบว่า อุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.31 องศาเซลเซียส ในเวลา 12:00 น. จากนั้นจะถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุปลูกไปยังพื้นคอนกรีต ซึ่งวัดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 33.52 องศาเซลเซียส ในเวลา 16:00 น. และวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 31.70 องศาเซลเซียส ในเวลา 18:00 น. โดยสามารถหน่วงความร้อนได้ 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อความลึกของวัสดุปลูกลดลงเหลือ 0.125 เมตร ดังตารางที่ 4.17 จะทำให้ความร้อนเข้าสู่ภายในเร็วขึ้น โดยที่ผิวคอนกรีตด้านล่างและอากาศภายในกล่องทดลอง มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุดในเวลาเดียวกัน สำหรับการคายความร้อน

ในเวลากลางคืน ทั้ง 2 กรณี พบว่า คอนกรีตจะคายความร้อนมาก เนื่องจาก ในเวลากลางวัน คอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในระหว่างหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก พบว่า หลังคาเขียวที่ใช้ ดิน เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก ในกรณีน้ำหนักเท่ากันและความลึกเท่ากันอยู่ 0.67 และ 5.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.6.4 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.10 และ ค.16 และภาพในภาคผนวกที่ ค.10 และ ค.16 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด การคายความร้อน และเวลาในการหน่วงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก ที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ได้ดังตารางที่ 4.18 และตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.18
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความลึก 0.176 เมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	39.11	06:00	23.30	28.47	3.02	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	16:00	33.22	07:00	26.54	29.52	3.67	3
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	18:00	31.74	08:00	27.01	29.51	3.54	5
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.19
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร (น้ำหนัก 142.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	13:00	40.34	06:00	25.33	30.54	2.36	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	34.21	07:00	27.21	30.20	5.34	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	17:00	33.14	07:00	27.09	29.96	4.96	4
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.18 พบว่า อุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.18 องศาเซลเซียส ในเวลา 12:00 น. จากนั้นจะถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุปลูกไปยังพื้นคอนกรีต ซึ่งวัดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 33.22 องศาเซลเซียส ในเวลา 16:00 น. และวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 31.74 องศาเซลเซียส ในเวลา 18:00 น. โดยสามารถหน่วงความร้อนได้ 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อความลึกของวัสดุปลูกลดลงเหลือ 0.125 เมตร ดังตารางที่ 4.19 จะทำให้ความร้อนเข้าสู่ภายในเร็วขึ้น โดยที่ผิวคอนกรีตด้านล่างและอากาศภายในกล่องทดลอง มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุดในเวลาเดียวกัน สำหรับการคายความร้อนในเวลากลางคืนทั้ง 2 กรณี พบว่า คอนกรีตจะคายความร้อนมาก เนื่องจาก ในเวลากลางวันคอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง

จะเห็นได้ว่าหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย เป็นวัสดุปลูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในระหว่างหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก พบว่า หลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย เป็นวัสดุปลูก ในกรณีน้ำหนักเท่ากันและความลึกเท่ากันอยู่ 0.79 และ 2.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.6.5 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.11 และ ค.17 และภาพในภาคผนวกที่ ค.11 และ ค.17 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด การคายความร้อน และเวลาในการหน่วงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ได้ดังตารางที่ 4.20 และตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.20
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความลึก 0.203 เมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	39.11	06:00	23.57	29.10	2.63	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	32.96	07:00	26.93	29.76	3.64	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	20:00	30.60	08:00	27.17	28.86	2.72	7
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.21
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร (น้ำหนัก 123.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	40.16	06:00	25.80	30.37	1.88	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	33.96	07:00	27.26	30.31	5.03	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	19:00	31.99	07:00	27.00	29.33	4.55	6
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.20 พบว่า อุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.11 องศาเซลเซียส ในเวลา 12:00 น. จากนั้นจะถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุปลูกไปยังพื้นคอนกรีต ซึ่งวัดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 32.96 องศาเซลเซียส ในเวลา 17:00 น. และวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 30.60 องศาเซลเซียส ในเวลา 20:00 น. โดยสามารถหน่วงความร้อนได้ 4 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อความลึกของวัสดุปลูกลดลงเหลือ 0.125 เมตร ดังตารางที่ 4.21 พบว่า วัสดุปลูกยังช่วยหน่วงความร้อนที่ผิวคอนกรีตก่อนเข้าสู่ภายในได้ 2-3 ชั่วโมงในช่วงอุณหภูมิสูงสุด สำหรับการคายความร้อนในเวลากลางคืนทั้ง 2 กรณี พบว่า คอนกรีตจะคายความร้อนมาก เนื่องจาก ในเวลากลางวันคอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง

หลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ในกรณีน้ำหนักเท่ากันและความลึกเท่ากันอยู่ 2.91 และ 1.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.6.6 <u>การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก</u>

จากผลการทดสอบ ดังตารางในภาคผนวกที่ ค.12 และ ค.18 และภาพในภาคผนวกที่ ค.12 และ ค.18 สามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด การคายความร้อน และเวลาในการหน่วงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ที่ผิวหญ้า ผิวคอนกรีตด้านล่าง และอากาศภายในกล่องทดลอง ได้ดังตารางที่ 4.22 และตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.22
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความลึก 0.214 เมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	39.16	06:00	23.63	29.22	2.55	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	32.87	07:00	26.83	29.66	3.53	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	20:00	30.85	08:00	27.03	29.09	2.85	7
อากาศภายนอก	13:00	36.62	04:00	25.10	29.76	3.31	-

ตารางที่ 4.23
อุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ที่จุดต่าง ๆ กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากับ 0.125 เมตร (น้ำหนัก 116.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ข้อมูล	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						เวลาในการหน่วงความร้อน (ชม.)
	เวลา	สูงสุด	เวลา	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ยทั้งวัน	ค่าการคายความร้อน	
อุณหภูมิผิวหญ้า	12:00	40.25	06:00	25.92	30.56	2.09	-
อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง	17:00	33.87	07:00	27.16	30.21	5.05	4
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง	19:00	32.13	07:00	26.98	29.31	4.76	6
อากาศภายนอก	13:00	37.12	04:00	26.10	30.15	2.97	-

จากตารางที่ 4.22 พบว่า อุณหภูมิผิวหญ้าของหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก มีอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.16 องศาเซลเซียส ในเวลา 12:00 น. จากนั้นจะถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุปลูกไปยังพื้นคอนกรีต ซึ่งวัดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตด้านล่างในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 32.87 องศาเซลเซียส ในเวลา 17:00 น. และวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 30.85 องศาเซลเซียส ในเวลา 20:00 น. โดยสามารถหน่วงความร้อนได้ 4 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อความลึกของวัสดุปลูกลดลงเหลือ 0.125 เมตร ดังตารางที่ 4.23 พบว่า วัสดุปลูกยังช่วยหน่วงความร้อนที่ผิวคอนกรีตก่อนเข้าสู่ภายในได้ 2-3 ชั่วโมงในช่วงอุณหภูมิสูงสุด สำหรับการคายความร้อนในเวลากลางคืนทั้ง 2 กรณี พบว่า คอนกรีตจะคายความร้อนมาก เนื่องจาก ในเวลากลางวันคอนกรีตมีการสะสมความร้อนสูง

จะเห็นได้ว่าหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนใกล้เคียงกับหลังคาเขียวที่ใช้ ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในระหว่างหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก พบว่าหลังคาเขียวที่ใช้ ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุปลูก จะมีประสิทธิภาพการลดความร้อนเข้าสู่ภายในดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ ดิน เป็นวัสดุปลูก ในกรณีน้ำหนักเท่ากันและความลึกเท่ากันอยู่ 2.08 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ