บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน วัสดุปลูกธรรมชาติที่ทำการศึกษา ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว แกลบสด ทราย และหินภูเขาไฟ โดยได้ทำการศึกษาถึงการเจริญเติบโตของหญ้าในวัสดุปลูกต่าง ๆ งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 - มีนาคม พ.ศ. 2552 จากการศึกษาวิจัย สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพด้านการเจริญเติบโตของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าในวัสดุปลูก ได้แก่ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย แกลบสด+ทราย ที่ผสมและไม่ผสมหินภูเขาไฟ โดยทำการอัดวัสดุปลูกให้แน่น เพื่อจำลองถึงสภาวะในการทับถมของชั้นวัสดุปลูก เมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานาน ผลการทดสอบปลูก 1 เดือน สรุปว่า วัสดุปลูกที่มีแกลบเป็นส่วนประกอบ จะทำให้หญ้าเจริญเติบโตได้ไม่ดี ซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นของใบน้อยลง ใบหญ้าจะเริ่มแห้งจากการขาดน้ำและทำให้สีของใบเป็นสีน้ำตาล และทำให้รากของหญ้ายึดเกาะกับวัสดุปลูกได้ไม่ดี สาเหตุที่หญ้าเจริญเติบโตได้ไม่ดีในวัสดุปลูกที่มีแกลบสดเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากแกลบสดมีการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้หญ้าไม่มีน้ำที่จะไปหล่อเลี้ยงเซลล์ภายใน ส่วนหญ้าที่เจริญเติบโตในวัสดุปลูกชนิดอื่น ๆ มีการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อเทียบกับดิน โดยปกติแล้ว น้ำเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับหญ้า ถ้าหากวัสดุปลูกมีการอุ้มน้ำต่ำจะส่งผลถึงการเจริญเติบโตของหญ้า และยังส่งผลถึงกระบวนการคายระเหยน้ำอีกด้วย ดังนั้นในการทดสอบประสิทธิภาพการลดความร้อนในอากาศ และประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จะใช้ ดิน ขี้เถ้าแกลบ+ทราย ขุยมะพร้าว+ทราย ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ และขุยมะพร้าว + ทราย + หินภูเขาไฟ ที่ทำการอัดเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกของหลังคาเขียว

5.2 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพด้านการลดความร้อนในอากาศเหนือหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้แบ่งเป็น กรณีที่น้ำหนักและความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน ผลการทดสอบด้วยวิธี Lysimeter สรุปได้ว่า

1) กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน พบว่า วัสดุปลูกที่เป็น ขุยมะพร้าว+ทราย และขี้เถ้าแกลบ+ทราย จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชดีที่สุด ซึ่งดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดิน ประมาณ 1.25 และ 1.14 เท่า ตามลำดับ ส่วนวัสดุปลูกที่เป็น ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ และขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.13 และ 1.09 เท่า ตามลำดับ

2) กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน พบว่า วัสดุปลูกที่เป็น ขุยมะพร้าว+ทราย และขี้เถ้าแกลบ+ทราย จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.10 และ 1.04 เท่า ตามลำดับ ส่วนวัสดุปลูกที่เป็น ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ และขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินประมาณ 1.03 และ 1.02 เท่า ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

3) ทั้ง 2 กรณี ประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก และปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ซึ่งปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช เกิดจากกระบวนการในการคายน้ำและการระเหยน้ำ โดยปกติแล้วพืชชนิดเดียวกัน ที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จะมีปริมาณการคายน้ำคงที่ ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดความร้อนในอากาศ จะแปรผันตามปริมาณการระเหยน้ำมากกว่าการคายน้ำ

5.3 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน

การทดสอบนี้แบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน (200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) และกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน (0.125 เมตร) มีผลสรุปการทดสอบ ดังนี้

1) กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน (200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) มีผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง ดังตารางที่ 5.1 และผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ดังตารางที่ 5.2 ส่วนอุณหภูมิ

ที่ผิวหญ้ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจาก การลดความร้อนในอากาศได้น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการรับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิมีค่าใกล้เคียงกัน

2) กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน (0.125 เมตร) มีผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง ดังตารางที่ 5.3 และผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง ดังตารางที่ 5.4 ส่วนอุณหภูมิที่ผิวหญ้ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากการลดความร้อนในอากาศได้น้อย

ตารางที่ 5.1
ผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง
กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน (200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ในเวลากลางวัน	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด ในเวลากลางคืน	การหน่วงความร้อน (ชม.)	การคายความร้อน ในเวลากลางคืน
หลังคาคอนกรีตเปล่า	43.77 °c เวลา 15:00 น.	25.01 °c เวลา 05:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	32.87-32.96 °c เวลา 17:00 น.	26.83-26.93 °c เวลา 07:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	33.22-33.52 °c เวลา 16:00 น.	26.54-26.86 °c เวลา 07:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ใช้ดิน	33.67 °c เวลา 16:00 น.	26.78 °c เวลา 07:00 น.	-	-
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียว กับหลังคาคอนกรีตเปล่า	หลังคาเขียว ต่ำกว่าประมาณ 10.1-10.9 °c	หลังคาคอนกรีตเปล่า ต่ำกว่าประมาณ 1.5-1.9 °c	หลังคาเขียว หน่วงดีกว่า 1-2 ชม.	หลังคาคอนกรีตเปล่าคายมากกว่า ประมาณ 4.7-5.2 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียว ที่มีหินภูเขาไฟและไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ต่ำกว่าประมาณ 0.3-0.8°c	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ หน่วงดีกว่า 1 ชม.	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ คายน้อยกว่าประมาณ 0.6 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ต่ำกว่าประมาณ 0.8 °c	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ หน่วงดีกว่า 1 ชม.	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.2
ผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง
กรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน (200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ในเวลากลางวัน	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด ในเวลากลางคืน	การหน่วงความร้อน (ชม.)	การคายความร้อน ในเวลากลางคืน
หลังคาคอนกรีตเปล่า	39.94 °c เวลา 15:00 น.	24.56 °c เวลา 05:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	30.60-30.85 °c เวลา 20:00 น.	28.86-29.09 °c เวลา 08:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	31.70-31.74 °c เวลา 18:00 น.	26.98-27.01 °c เวลา 08:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ใช้ดิน	31.49 °c เวลา 18:00 น.	26.65 °c เวลา 08:00 น.	-	-
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวและหลังคาคอนกรีตเปล่า	หลังคาเขียว ต่ำกว่าประมาณ 8.2-9.3 °c	หลังคาคอนกรีตเปล่า ต่ำกว่าประมาณ 2.1-2.6 °c	หลังคาเขียว หน่วงดีกว่า 3-5 ชม.	หลังคาคอนกรีตเปล่าคายมากกว่า ประมาณ 4.1-5.3 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียว ที่มีหินภูเขาไฟและไม่มีหินภูเขาไฟ เป็นส่วนประกอบ	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ต่ำกว่าประมาณ 1 °c	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ หน่วงดีกว่า 2 ชม.	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ คายน้อยกว่าประมาณ 0.7-1.2 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ต่ำกว่าประมาณ 0.6-0.9 °c	หลังคาเขียวที่ใช้ดิน ต่ำกว่าประมาณ 0.5 °c	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ หน่วงดีกว่า 2 ชม.	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ คายน้อยกว่าประมาณ 0.8 °c

ตารางที่ 5.3
ผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่าง
กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน (0.125 เมตร)

	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ในเวลากลางวัน	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด ในเวลากลางคืน	การหน่วงความร้อน (ชม.)	การคายความร้อน ในเวลากลางคืน
หลังคาคอนกรีตเปล่า	42.89 °c เวลา 15:00 น.	25.49 °c เวลา 05:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	33.87-33.96 °c เวลา 17:00 น.	27.16-27.26 °c เวลา 07:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	34.21-34.98 °c เวลา 17:00 น.	27.21-27.51°c เวลา 07:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ใช้ดิน	34.07 °c เวลา 17:00 น.	27.45 °c เวลา 07:00 น.	-	-
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวและหลังคาคอนกรีตเปล่า	หลังคาเขียว ต่ำกว่าประมาณ 7.9-9.0 °c	หลังคาคอนกรีตเปล่า ต่ำกว่าประมาณ 1.7-2.0 °c	หลังคาเขียว หน่วงดีกว่า 2 ชม.	หลังคาคอนกรีตเปล่าคายมากกว่า ประมาณ 1.7-2.5 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียว ที่มีหินภูเขาไฟและไม่มีหินภูเขาไฟ เป็นส่วนประกอบ	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ต่ำกว่าประมาณ 0.3-2.1 °c	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หน่วงความร้อนได้เท่ากัน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ คายน้อยกว่าประมาณ 0.3-0.8 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หน่วงความร้อนได้เท่ากัน	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.4
ผลสรุปการทดสอบการถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง
กรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน (0.125 เมตร)

	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิสูงสุด ในเวลากลางวัน	อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด ในเวลากลางคืน	การหน่วงความร้อน (ชม.)	การคายความร้อน ในเวลากลางคืน
หลังคาคอนกรีตเปล่า	39.14 °c เวลา 15:00 น.	25.03 °c เวลา 05:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	31.99-32.13 °c เวลา 19:00 น.	26.98-27.00 °c เวลา 07:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ไม่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ	33.14-34.09 °c เวลา 17:00 น.	26.49-27.09 °c เวลา 07:00 น.	-	-
หลังคาเขียวที่ใช้ดิน	32.33 °c เวลา 19:00 น.	27.17 °c เวลา 07:00 น.	-	-
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวและหลังคาคอนกรีตเปล่า	หลังคาเขียว ต่ำกว่าประมาณ 5.0-7.2 °c	หลังคาคอนกรีตเปล่า ต่ำกว่าประมาณ 1.7-2.0 °c	หลังคาเขียว หน่วงดีกว่า 2-4 ชม.	หลังคาคอนกรีตเปล่าคายมากกว่า ประมาณ 1.2-2.4 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียว ที่มีหินภูเขาไฟและไม่มีหินภูเขาไฟ เป็นส่วนประกอบ	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ ต่ำกว่าประมาณ 1.0-2.1 °c	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ หน่วงดีกว่า 2 ชม.	หลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ คายน้อยกว่าประมาณ 0.2-1.2 °c
การเปรียบเทียบระหว่างหลังคาเขียวที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ กับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน	หน่วงความร้อนได้เท่ากัน	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน สรุปได้ว่า

1) หลังคาเขียวสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร และหน่วงความร้อน ได้ดีกว่าหลังคาคอนกรีตเปล่า เนื่องมาจาก หลังคาเขียวทำให้พื้นหลังคากลายเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากขึ้น

2) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีการใช้หินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ สามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้

3) การหน่วงความร้อนจะขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของวัสดุ (density) และความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (specific heat) ยิ่งวัสดุมีค่าความหนาแน่นและความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุที่ต่ำ จะยิ่งสามารถหน่วงความร้อนได้มาก ในงานวิจัยนี้ วัสดุปลูกทดแทนดิน มีค่าความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าความจุความร้อนจำเพาะประมาณ 800-1,300 จูลต่อกิโลกรัมเคลวิน (ASHRAE, 2005) ส่วนคอนกรีตจะมีค่าความหนาแน่นประมาณ 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าความจุความร้อนจำเพาะประมาณ 653 จูลต่อกิโลกรัมเคลวิน ดังนั้น การมีหลังคาเขียวบนพื้นคอนกรีต ทำให้มวลสารของวัสดุเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้สามารถหน่วงความร้อนได้มากกว่าพื้นหลังคาคอนกรีตเปล่า

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดิน สามารถสรุปผลการทดสอบตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

1) หญ้าที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า หญ้าที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ

2) วัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จะมีปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชและการลดความร้อนในอากาศ สูงกว่าวัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ

3) ประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถสรุปได้ ดังนี้

(3.1) ในกรณีที่น้ำหนักของวัสดุปลูกเท่ากัน วัสดุปลูกชนิดเดียวกัน การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุปลูก ส่วนวัสดุปลูกคนละชนิดกัน การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับความหนาและคุณสมบัติของวัสดุปลูกชนิดนั้น โดยหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ สามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีที่สุด

(3.2) ในกรณีที่ความลึกของวัสดุปลูกเท่ากัน การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุปลูก แต่จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุปลูกชนิดนั้นด้วย เพราะว่า ดินมีความหนาแน่นมากกว่า ขี้เถ้าแกลบ+ทราย และ ขุยมะพร้าว+ทราย แต่ดินสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่า

4) หลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกที่มีหินภูเขาไฟเป็นส่วนประกอบ สามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและหน่วงความร้อนได้ และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน ดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก

5.4 แนวทางการประยุกต์ใช้

สำหรับหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุปลูกทดแทนดินนั้น จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวัสดุปลูกที่เป็นดินในแง่น้ำหนักวัสดุปลูกและการลดความร้อน ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนกันได้ การนำไปใช้กับอาคารที่มีโครงสร้างที่สามารถรับน้ำหนักได้มาก การทำหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและหน่วงความร้อนได้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ส่วนการทำหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดินกับอาคารที่มีโครงสร้างที่สามารถรับน้ำหนักอย่างจำกัด จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าหลังคาเขียวที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูกเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นวัสดุปลูกที่สามารถนำมาใช้ทดแทนกันได้

สำหรับการปลูกหญ้าโดยใช้วัสดุปลูกทดแทนดินเป็นหลังคาเขียว จะมีขั้นตอนการปลูกเช่นเดียวกับการใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักโครงสร้างพื้นหลังคาและการระบายน้ำของหลังคาเขียว ส่วนต้นทุนของวัสดุปลูกที่ใช้ในงานวิจัย จะแสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5
ต้นทุนของวัสดุปลูกที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูล	ความลึก (m)	น้ำหนัก (kg/m^2)	ราคาต่อตารางเมตร ($baht/m^2$)
ดิน	0.125	200.0	180
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย	0.161	155.0	100
ขุยมะพร้าว+ทราย	0.176	142.5	100
ขี้เถ้าแกลบ+ทราย+หินภูเขาไฟ	0.203	123.1	200
ขุยมะพร้าว+ทราย+หินภูเขาไฟ	0.214	116.9	200

ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชที่ทำการทดสอบ มีค่า 2.01-2.63 มม./วัน เมื่อคิดเป็นรายเดือน จะมีค่า 60.3-78.9 มม./เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนรวม รายเดือน 10 ปีย้อนหลัง ณ จุดวัดสถานีกรุงเทพมหานคร ดังตารางในภาคผนวกที่ ง.1 จะเห็นได้ว่า ในฤดูฝน ช่วงเดือน พ.ค.-ต.ค. เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอต่อปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช ทำให้สามารถลดภาระในการให้น้ำแก่พืชได้

5.5 ข้อเสนอแนะในการนำไปศึกษาต่อ

1) ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน ควรมีการใช้วัสดุปลูกชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ใยหิน (Rock wool) เพอไลท์ (Perlite) ถึงแม้จะเป็นวัสดุที่มีราคาแพง แต่อาจจะคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพเชิงความร้อน และเปรียบเทียบกับวัสดุพื้นหลังคาที่หลากหลายมากขึ้น เช่น พื้นทาสีขาว หรือพื้นหลังคาที่ติดฉนวน เป็นต้น

2) ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน ควรมีการศึกษาพืชชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม หรืออาจใช้พืชสวนครัว ที่ปลูกง่าย และทนต่อสภาพอากาศได้ดี

3) ควรมีการศึกษาหลังคาเขียวกับระบบปรับอากาศเพิ่มเติม ผลที่ได้สามารถนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของหลังคาเขียวได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนทางหลังคาต่อไป

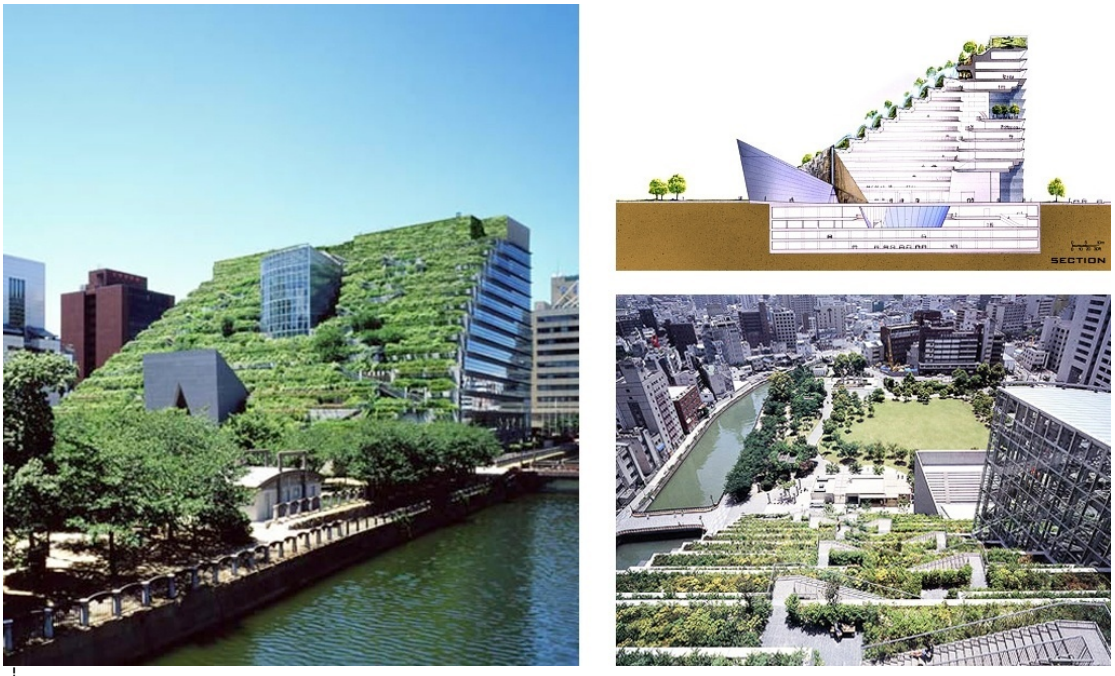
4) ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการลดการถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิผิวหญ้าและอุณหภูมิผิวคอนกรีตด้านล่างที่วัดได้อาจมีค่าต่ำกว่าปกติ เนื่องจาก เป็นการวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) ซึ่งควรจะเป็นการวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) เนื่องจาก บริเวณที่ทำการวัดอุณหภูมินั้น จะมีการอิ่มตัวของปริมาณไอน้ำในอากาศสูง ทำให้อุณหภูมิที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อน

5) ควรมีการนำหลังคาเขียวที่ใช้วัสดุปลูกทดแทนดิน ไปทดสอบกับอาคารที่ใช้จริง เพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

5.6 หลังคาเขียวในปัจจุบัน

1) อาคาร ACROS Fukuoka ที่ประเทศญี่ปุ่น ดังภาพที่ 5.1 เป็นอาคารสำนักงาน มี 14 ชั้น มีชั้นใต้ดิน 4 ชั้น มีพื้นที่รวมทั้งหมด 97,252 ตารางเมตร ด้านบนของอาคารมีการทำหลังคาเขียว ที่ช่วยลดการใช้พลังงานภายในอาคาร เพราะหลังคาเขียวทำให้อุณหภูมิภายในอาคารคงที่ ความหนาวัสดุปลูกของหลังคาเขียว อยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร

ภาพที่ 5.1
หลังคาเขียวของอาคาร ACROS Fukuoka ที่ประเทศญี่ปุ่น



ที่มา: Ambasz E. & Associates, Inc., 2009.

2) ในปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ในเครือซีเมนต์ไทย (SCG) ที่ช่วยสำหรับการปลูกพืชเป็นหลังคาเขียว ที่สะดวกมากขึ้น โดยมีการออกแบบระบบแปลงปลูกพืชสำเร็จรูป ดังภาพที่ 5.2 มีระบบในการเก็บกักน้ำ เพื่อให้วัสดุปลูกสามารถเก็บความชื้นไว้ได้ และมีระบบระบายน้ำป้องกันน้ำท่วมขัง ผลิตภัณฑ์นี้ถูกออกแบบ เพื่อใช้กับโครงสร้างอาคารที่มีการรับน้ำหนักอย่างจำกัด เช่น ระเบียง ดาดฟ้า ทำให้ชั้นวัสดุปลูกมีความหนาประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้น การปลูกพืช ควรเป็นพืชที่มีน้ำหนักเบา เช่น หญ้า พืชคลุมดิน หรือต้นไม้ขนาดเล็ก

ภาพที่ 5.2

โปรโดรลิก ผลิตภัณฑ์ใหม่ในการทำหลังคาเขียว โดยเป็นระบบแปลงปลูกพืชสำเร็จรูป

ที่มา: บริษัท โปรแซค จำกัด, 2552.