ประสิทธิภาพการระบายความร้อนและกักเก็บน้ำฝนของหลังคาสีเขียว ด้วยหญ้าเบอร์มิวด้า

Root effects on thermal and hydrologic performance of green roofs

ณัฐพร จันทร์หอม

พิชาพร เรืองอุไร

ศิริวรรณ ชิงชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Root effects on thermal and hydrologic performance of green roofs

NATTAPON JANHOM

PICHAPORN RUANGURAI

SIRIWAN CHINGCHAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGL LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ประสิทธิภาพการระบายความร้อนและกักเก็บน้ำฝนของหลังคาสีเขียวด้วยหญ้าเบอร์มิวด้า

นักศึกษา	นางสาวณัฐพร	จันทร์หอม	รหัสนักศึกษา	61015027
	นางสาวพิชาพร	เรืองอุไร	รหัสนักศึกษา	61015054
	นางสาวศิริวรรณ	ชิงชัย	รหัสนักศึกษา	61015078

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม	
รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร	
ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์	
ดร.ณัฏฐ์ดนัย สินสมุทรผดุง	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 31/05/64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประสิทธิภาพการระบายความร้อนและกักเก็บน้ำฝนของหลังคาสีเขียว ด้วยหญ้าเบอร์มิวด้า

นางสาวณัฐพร	จันทร์หอม	รหัสนักศึกษา	61015027
นางสาวพิชาพร	เรืองอุไร	รหัสนักศึกษา	61015054
นางสาวศิริวรรณ	ชิงชัย	รหัสนักศึกษา	61015078

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม

บทคัดย่อ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงมีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นเพื่อปรับอุณหภูมิ ซึ่งคณะผู้จัดทำได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองหลังคาเขียวเพื่อให้สามารถนำหลังคาเขียวมาปรับใช้ในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันสภาพอากาศประเทศไทย ฤดูร้อนมีสภาพอากาศร้อนอบอ้าว อุณหภูมิสูงถึง 40 องศา และฤดูฝนมีน้ำฝนที่ตกหนักจนทำให้น้ำระบายไม่ทันจึงทำให้เกิดการท่วมขัง ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาหลังคาเขียวของต่างประเทศ ซึ่งในต่างประเทศได้นิยมใช้อย่างแพร่หลาย จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับนำมาปรับใช้ในประเทศไทย เพื่อให้ตัวอาคารอยู่ในสภาวะสบาย โดยการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1. การประดิษฐ์แบบจำลองหลังคาเขียวและตัวอาคาร 2. การตรวจวัดอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกของตัวอาคาร 3. การตรวจวัดการดูดซึมของน้ำในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Root effects on thermal and hydrologic performance of green roofs

NATTAPON JANHOM 61015027

PICHAPORN RUANGURAI 61015054

SIRIWAN CHINGCHAI 61015078

Advisor

Assis.Prof.Dr. Viroon Kamchoom

Abstract

Because Thailand is located in a tropical climate. Therefore has a high temperature, air and humidity touching almost throughout the year Therefore, it is necessary to adjust the temperature inside the building to be in a comfortable state. This is the reason the electric power usage rate to adjust the weather more the committee conducted a study to develop a green roof to be deployed in Thailand. At present, the weather in Thailand in the hot season has a hot climate with temperatures up to 40 degrees. The rainy season has so much rain that causes the water to not drain, causing flooding. Therefore, the organizers have studied the green roofs of foreign countries which are widely used in other countries. Therefore studied and adapted in Thailand to keep the building in a comfortable state and help slow down the flow of rainwater from this research, there are 3 experiments which are 1. Invention of a green roof and building model 2. Measuring the temperature of buildings and changes. 3. Measure the absorption of water in the soil.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกๆท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย รวมถึงอาจารย์ที่ปรึกษาโปรเจ็ค ผศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดจนแนะแนวทางเพื่อให้ดำเนินการทั้งออกแบบและการให้คำแนะนำในการเก็บค่าตัวอย่างการทำการทดลอง ชี้จุดบกพร่องและแก้ไขข้อผิดพลาดและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ นี้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำต่างๆ มาโดยตลอดเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยประสานงานครั้งนี้และอำนวยความสะดวกในการทำโปรเจ็คครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่คอยช่วยเหลือ ชี้แนะข้อผิดพลาดให้นำไปแก้ไขให้ดีขึ้น พร้อมเป็นที่ปรึกษาและกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมโยธาเสมอมา

ณัฐพร จันทร์หอม

พิชาพร เรืองอุไร

ศิริวรรณ ชิงชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญรูป..... ช

สารบัญกราฟ..... ซ

สารบัญตาราง..... ญ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา..... 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 1

บทที่ 2 วรรณกรรมและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 หลังคาเขียว..... 2

2.2 ลักษณะทางกายภาพของหลังคาเขียว..... 2

2.3 พืชพันธุ์ (Plants and planting)..... 3

2.4 การเจริญเติบโตของหญ้า..... 9

2.5 วัสดุปลูก (Planting media)..... 9

2.6 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)..... 10

2.7 วัสดุของกระบะปลูกต้นไม้..... 11

2.8 วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)..... 12

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)..... 13

2.10 Urban Forestry & Urban Greening 13

2.11 Geomorphology..... 14

2.12 การถ่ายเทรังสีความร้อนที่มีผลต่ออาคาร..... 14

2.13 พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete slab) 15

บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการ..... 16

3.1 ขั้นตอนการทำงาน..... 16

3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ..... 16

3.4.1 ขั้นตอนการทำฝนเทียมและทำการทดลอง..... 16

3.4.2 ขั้นตอนการทำดวงอาทิตย์จำลองและทำการทดลอง..... 16

3.3 แผนการทดลอง..... 17

3.4 ขั้นตอนการทดลอง..... 17

3.4.1 ขั้นตอนการทำฝนเทียมและทำการทดลอง..... 17

3.4.2 ขั้นตอนการทำดวงอาทิตย์จำลองและทำการทดลอง..... 18

3.5 ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภาย..... 19
ในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา

3.6 ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของมวลสารของหลังคาในการหน่วงเหนี่ยว..... 20
ความร้อนที่เข้า มาภายในอาคาร

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 22

บทที่ 5 สรุปผล..... 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ข้อเสนอแนะ.....44

บรรณานุกรม.....45

ภาคผนวก.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบชั้นต่างๆ จำนวน 9 ชั้นของสวนหลังคา..... 3

รูปที่ 2.9 Urban Forestry & Urban Greening..... 13

รูปที่ 2.10 Geomorphology..... 14

รูปที่ 2.11 แสดงแผ่รังสีของดวงอาทิตย์..... 14

รูปที่ 2.12 แสดงการส่งผ่านความร้อนของวงอาทิตย์มายังผิวโลกในเวลากลางวัน..... 15

3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ..... 16

รูปที่ 3.2.1 อุปกรณ์ทดลองฝนเทียม..... 16

รูปที่ 3.2.1 อุปกรณ์ทดลองความร้อน..... 16

3.3 แผนการทดลอง..... 17

รูปที่ 3.4.1 แสดงขั้นตอนการทดลองการทำฝนเทียม..... 17

รูปที่ 3.4.2 ขั้นตอนการทำดวงอาทิตย์จำลองและทำการทดลอง..... 18

รูปที่ 3.4.3 แสดงขั้นตอนการทดลองการให้ความร้อน..... 18

รูปที่ 3.6.1 แสดงตัวอย่างการทดลองให้ความร้อนแก่ตัวบ้านจำลอง..... 21

รูปที่ 3.6.2 แสดงภาพตัดขวางให้เห็นถึงชั้นดิน และการจัดวางอุปกรณ์ภายใน..... 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับเวลา..... 22

กราฟที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของคอนกรีต..... 23

กราฟที่ 4.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของดิน.....23

กราฟที่ 4.2.1.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของดิน..... 24

กราฟที่ 4.2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า.....24

กราฟที่ 4.2.3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า.....25

กราฟที่ 4.2.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า.....25

กราฟที่ 4.2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า(ตาย).....26

กราฟที่ 4.2.4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า(ตาย)..... 26

กราฟที่ 4.2.4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า(ตาย)..... 27

กราฟที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา.....28

กราฟที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของดิน.....29

กราฟที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า..... 30

กราฟที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า..... 31

กราฟที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า..... 32

กราฟที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า..... 33

กราฟที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า..... 34

กราฟที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า.....36

กราฟที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน.....37

กราฟที่ 5.1.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในที่หญ้าตาย..... 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญกราฟ (ต่อ)

หน้า

กราฟที่ 5.1.3 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในทั้งหมด..... 38

กราฟที่ 5.1.4 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอก..... 38

กราฟที่ 5.1.5 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกที่หญ้าตาย.....39

กราฟที่ 5.1.6 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอทั้งหมด..... 39

การฟที่ 5.1.7 กราฟแท่งเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร..... 40

การฟที่ 5.1.8 กราฟแท่งเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและภายในหลังหญ้าตาย.....40

กราฟที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา.....42

กราฟที่ 5.2.1 กราฟแท่งเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา.....42

กราฟที่ 5.2.2 กราฟแท่งเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาหญ้าตาย.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.3 ชนิดของหญ้า..... 5

ตารางที่ 3.3.1 แผนการทดลอง..... 17

ตารางที่ 3.5.1 การทดลอง..... 19

ตารางที่ 4.1 ค่าความชื้นระหว่างวัน..... 22

ตารางที่ 4.2 อัตราการไหลเข้าของน้ำ..... 28

ตารางที่ 4.2.1 ค่าการทดลองของ ดินเปล่า..... 29

ตารางที่ 4.2.2 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 7 วัน..... 30

ตารางที่ 4.2.3 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 14 วัน..... 31

ตารางที่ 4.2.4 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 21 วัน..... 32

ตารางที่ 4.2.5 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 7 วัน (หญ้าตาย)..... 33

ตารางที่ 4.2.6 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 14 วัน (หญ้าตาย)..... 34

ตารางที่ 4.2.7 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 21 วัน (หญ้าตาย)..... 35

ตารางที่ 5.1 เปรียบอุณหภูมิภายในและภายนอกสูงสุด..... 41

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก..... 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัญหาสภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบัน ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจก และความเจริญเติบโตของเมืองที่เพิ่มขึ้น พื้นที่สีเขียวลดลง ส่งผลให้ความร้อนสะสมในพื้นที่เมืองสูง ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับสภาพอากาศเพิ่มขึ้น อีกทั้งอาคารในประเทศไทยส่วนมากนิยมก่อสร้างโดยใช้วัสดุที่มีความสามารถในการสะสมความร้อน อาทิ คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุก่อสร้างหลัง โดยพฤติกรรมของของคอนกรีตจะสะสมความร้อนที่ได้รับอิทธิผลมาจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้ความร้อนค่อยๆ ถ่ายเทเข้าสู่ภายในตัวอาคารด้วยหลักการนำความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิผิวด้านในอาคารสูงขึ้นและมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิภายในอาคารและสภาวะสบายของผู้ใช้อาคาร

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ของสวนหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศประเทศไทย
2. ศึกษาความสามารถของหญ้าเบอร์มิวด้าในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร
3. ศึกษาความสามารถของสวนหลังคา ในการกักเก็บและชะลอน้ำจากฝน เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันน้ำท่วม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการศึกษาการใช้พืชพันธุ์ของหญ้าเบอร์มิวด้า ในการทดสอบ
2. ทำการศึกษาความสามารถในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และความสามารถในการกักเก็บน้ำของแบบจำลองหลังคาสีเขียว
3. ทำการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างหลังคา ดาดฟ้าที่ไม่มีความลาดชันหรือชั้นดาดฟ้า กับหลังคาที่มีสวนหลังคาปกคลุม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบว่าหลังคาสีเขียวสามารถลดอุณหภูมิภายในตัวบ้านได้มากน้อยเพียงใด
2. ช่วยชะลอปริมาณน้ำฝน
3. เป็นฉนวนกันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

วรรณกรรมและการศึกษาเกี่ยวข้อง

2.1 หลังคาเขียว

หลังคาสีเขียว คือ หลังคาของอาคารที่ปิดทับบางส่วนหรือทั้งหมดด้วยพรรณพืชคลุมดิน เช่น หญ้า ซีดุม เป็นต้น ซึ่งไม่ต้องใช้ ดินหนามากเหมือนสวนหลังคาสมัยก่อนที่ต้องรองรับน้ำหนักจำนวนมากและต้องมีระบบระบายน้ำและกันน้ำที่ซับซ้อนยุงยาก หลังคาสีเขียวมีประโยชน์ในการกันความร้อน จากพืช และการใช้ระบบการปลูกพืชบนหลังคาใน ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนี้ที่พบว่าสิงคโปร์สามารถลดความร้อนที่ถ่ายเทสู่อาคารทางหลังคาได้มาก ถึง 60 เปอร์เซ็นต์และยังลดการแผ่รังสีของหลังคากลับสู่อากาศเหนือหลังคาได้อีกด้วย

2.2 ลักษณะทางกายภาพของหลังคาเขียว

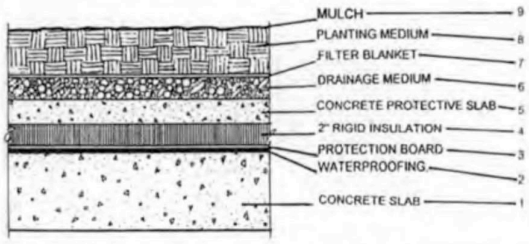
หลังคาเขียว หรือ green roof นั้นโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

2.2.1 สวนหลังคาแบบที่ใช้งาน (intensive green roof) คือ หลังคาเขียวที่มี ความลึกของชั้นดินและวัสดุต่างๆรวม 30 ซม.ขึ้นไป โดยทั่วไปจะนิยมปลูกไม้ต้น (Tree) เพื่อให้ ความร่มรื่นและสามารถเข้าไปใช้พักผ่อนได้ โดยทั่วไปจะนิยมเรียกว่าสวนหลังคา (roof garden) ซึ่งจะมีค่าก่อสร้างที่แพงและเสียค่าบำรุงรักษาตามขนาดของสวน น้ำหนักต่อ ตร.ม. มาก ขึ้นอยู่ กับพืชพรรณและความหนาของชั้นวัสดุปลูกและอื่นๆ การก่อสร้างควรคำนวณการรับน้ำหนัก โครงสร้างเพื่อเรื่องพวกนี้ไว้แล้วก่อนการทำ

2.2.2 สวนหลังคาแบบไม่ใช้งาน(extensive green roof) คือ หลังคาเขียวที่มี ความลึกของชั้นดินและวัสดุต่างๆรวมไม่เกิน 20-30 ซม. ปกติจะนิยมปลูกพืชคลุมดิน หรือพืชล้า ต้นเตี้ยๆ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้) บางที่นิยมปลูกพืชสวนครัวและพืชสมุนไพร สามารถนำไปใช้ เป็นอาหารได้ ไม่จำเป็นต้องคำนวณเผื่อเรื่องของโครงสร้างเพราะโครงสร้างของหลังคาเขียว แบบนี้มีน้ำหนักเบา ก่อสร้างง่าย การบำรุงรักษาต่ำ หลังคาเขียวแบบนี้มีการเรียกหลายอย่าง เช่น อีโครูฟ(eco roof) เป็นแบบที่ทางอเมริกานิยมเรียก บราวน์รูฟ(brown roof) คือ สวน หลังคาชนิดหนึ่งที่ไม่มีการปลูกพืช แต่ว่ามีชั้นดินอยู่โดยที่ปล่อยให้พืชขึ้นเองตามธรรมชาติ

การก่อสร้างสวนหลังคานั้น Charles W.Harris, Nicholas T.Dine (1995) และ Theodore Osmundson (1999) ได้อธิบายสอดคล้องกันว่าหลักการเบื้องต้นของการ ก่อสร้างสวนหลังคา คือ ต้องมีความมั่นคงแข็งแรง (integrity) และต้องป้องกันน้ำซึม (waterproofing) ดังนั้นลักษณะการก่อสร้างสวนหลังคาจึงมีความแตกต่างกับสวนระดับพื้นดิน ทั่วไป คือ จะมีชั้น (layer) ขององค์ประกอบที่ทำหน้าที่แตกต่างกันหลายชั้นซึ่งสามารถแบ่งเป็น 9 ชั้นหลักอันประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบชั้นต่างๆ จำนวน 9 ชั้นของสวนหลังคา

ที่มา : Theodore Osmundson. Roof Garden History Design and Construction New York: W.W. Norton & Company, 1999., pp 153

2.3 พืชพันธุ์ (Plants and planting)

ข้อพิจารณาเพื่อการเลือกพืชพันธุ์สำหรับสวนหลังคา ควรพิจารณาเรื่องน้ำหนักของพืช (consideration of weight) ขนาดของต้นพืช (size of trees) ว่าโครงสร้างพื้นที่ใช้ รองรับสามารถรับน้ำหนักและขนาดของต้นพืชนั้นๆได้มากน้อยเพียงไร ความสูงของต้นไม้ที่สูงสุดไม่ให้มีผลไปกระทบกับส่วนใด ส่วนหนึ่งกับอาคาร เช่น กันสาด เป็นต้น เมื่อถึงเวลาที่ต้นพืชเติบโตเต็มที่ จุดสูงสุดของการแผ่ขยายของราก ใบไม้กิ่งไม้ต้องไม่ให้ มีผลไปกระทบกับอาคารข้างเคียง ชนิดและขนาดของระบบรากพืชมีความสอดคล้องกับหลุมปลูกที่จะไม่ทำลายโครงสร้างพื้น มี ความทนทานต่อภาวะแห้งแล้งและน้ำท่วมขังอยู่บ้าง ช่วงชีวิตของพืช (potential life span) ควรคำนึงมากเพราะการ ปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมต้นไม้ต้องมีค่าการขนส่ง ซึ่งสวนหลังคามักอยู่ที่สูง การขนส่งต้นพืชจะมีความยากลำบากกว่าสวนระดับพื้นดิน จึงควรเลือกชนิดของพืชที่มีช่วงชีวิตที่ยาวพอควรจะเป็นการดีกว่า การเลือกชนิดของพืชที่หลากหลายผสมผสานกันด้วยไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้คลุมดิน ไม้เลื้อย เหล่านี้ต้องดูสวยงามเข้ากันได้ดีไม่มีผลกระทบต่อกัน การใช้สอยต้องหาว่าต้นพืชที่นำมาปลูกเพื่อ จุดประสงค์ใดเช่น เพื่อความสวยงาม หรือเพื่อการได้ร่มเงา หรือได้ทั้งความสวยงามและได้ร่มเงา สภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ ของสวนหลังคาแห่งนั้นเป็นเช่นใดและเหมาะสมกับต้นพืชที่นำมาปลูกหรือไม่ พืชควรมีความทนทานต่อการตัดแต่ง เพราะหลุม ปลูกมีเนื้อที่จำกัด การตัดแต่งรากพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น พืชที่ใช้ปลูกไม่ควรเป็นพืชที่ใบแตกง่ายในขณะเกิดการปะทะกับลมแรงบน อาคาร และเรื่องการปรับเปลี่ยนต้นพืชทั้งไม้แดดและไม้ในร่มเป็นช่วงๆระยะเวลาตามการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด เช่น หากไม้แดดบังต้นพืชที่เป็นไม้แดดเหมือนกัน อาจทำให้ต้นเตี้ยไม่ได้รับแสงแดดก็ตายได้จึงต้องปรับเปลี่ยนต้นที่เตี้ยกว่าเป็นไม้ใน ร่ม การร่วงของผลและใบพืชต้องไม่มีผลให้เกิดการอุดตันกับงานท่อระบายน้ำในส่วนต่างๆ เพราะหากเกิดการอุดตันขึ้นจะทำให้ เกิดการขังของน้ำ ซึ่งเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับโครงสร้างอาคาร ในขณะเดียวกันเศษดินหรือวัสดุปลูกอาจล้นลอยออกมาได้ อย่างไรก็ดีในการศึกษาวิจัยครั้งนี้นั้นจะศึกษาถึงการลดการถ่ายเทความร้อน ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการปลูกหญ้าปกคลุม ดังนั้นจะขอกล่าวถึงรายละเอียดของ หญ้าชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นไม้คลุมดิน หรือ พืชปกคลุมดินที่มีความนิยมนำมาใช้กันแต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วนั้นหญ้าที่นิยมปลูกในการจัดสวนนั้นหลักๆมีอยู่ 4 ชนิด (ปรีดี เอกะวิภาต, 2520: 5 และ พรรณเพ็ญ ฉายปรีชา, 2550: 60) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.1 หญ้านวลน้อย (Manila Lawngrass)เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในการทำสนามหญ้าทั้งภายในบ้าน สวนสาธารณะ สนามกีฬา ทางเดิน และสนามหญ้าทั่วไป เนื่องด้วยหญ้านวลน้อยทนต่อการเหยียบย่ำได้ดีมาก จึงไม่

ต้องเป็นกังวลว่า เดินเหยียบแล้วหญ้าจะตาย เหมาะกับการปลูกไว้ในบริเวณกลางแจ้งแสงแดดจ้าเท่านั้น หากเป็นพื้นที่ร่มหญ้านวลน้อยจะไม่เติบโตและค่อย ๆ เหลืองตาย สามารถอยู่ในสภาพแห้งแล้งและสภาพน้ำท่วมขัง แต่ไม่ได้หมายถึงขังนาน ๆ

2.3.2 หญ้าญี่ปุ่น (Japanese Lawngrass) ลักษณะภายนอกใกล้เคียงกับหญ้านวลน้อย แต่มีความแข็งกระด้างกว่า ไม่ทนต่อการเหยียบย่ำจึงไม่เหมาะกับการใช้เป็นสนามเดินเล่นหรือทำกิจกรรมอื่น ๆ เหมาะกับการปลูกไว้เพื่อประดับสวนให้สวยงาม หญ้าญี่ปุ่นชอบแสงแดดจัด ทนต่ออากาศร้อนและแห้งแล้งได้ดี ไม่ทนอากาศหนาว การเติบโตของหญ้าญี่ปุ่นจะเป็นกระจุก ๆ ผู้ปลูกต้องขยันตัดให้สั้น เพราะหากปล่อยยาวเกินไปจะตัดได้ยากเนื่องด้วยใบมีความแข็งกระด้างและเหนียว

2.3.3. หญ้าเบอร์มิวด้า (Bermua Lawngrass) เป็นพันธุ์หญ้าที่นิยมปลูกในสนามกอล์ฟ แต่ก็สามารถปลูกบริเวณบ้านได้เช่นกัน ลักษณะของหญ้าให้ใบเรียวงาม เติบโตแบบแตกแขนงประสานกันได้ดี ลักษณะลำต้นเป็นข้อปล้อง สามารถเดินเหยียบย่ำได้ ชอบแสงแดด ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ไม่ชอบอุณหภูมิต่ำ

2.3.4. หญ้ามาเลเซีย (Tropical Carpet Lawngrass) เป็นหญ้าที่เจริญเติบโตในลักษณะแผ่กระจายลำต้นแข็ง ใบมีลักษณะกว้างสีเขียวเข้มมันวาว ชอบความชุ่มชื้นและแสงแดดรำไร จึงเหมาะกับการปลูกไว้ใต้ชายคา ใต้ต้นไม้ โดยให้มีแสงแดดเข้าถึงประมาณ 50-70% หากพื้นที่ดังกล่าวแสงน้อยเกินไปหญ้าจะเจริญเติบโตแบบกระจัดกระจายไม่สวยงามนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 ชนิดของหญ้า

ชนิดของหญ้า	ลักษณะของหญ้า	คุณสมบัติ/การขยายพันธ์ของหญ้า	ประโยชน์อื่นๆของหญ้า	ลักษณะของดินที่ใช้ปลูก
หญ้าญี่ปุ่น	ไม่ค่อยต่างกับนวลน้อยเท่าไร แต่จะโตช้ากว่า ใบเล็กละเอียดว่านวลน้อย พลังรากยึดติดสูง วัชพืชขึ้นแทรกได้ยาก ชอบแดด ปัญหาหลักของ หญ้าญี่ปุ่นคือก้านค่อนข้างแข็งเวลาตัดเสร็จหญ้ามักทิ่มเวลานั่งหรือสัมผัส แต่หญ้าญี่ปุ่นนี้ทนทรหดถ้ารากเค้าอยู่ตัวเมื่อไรตายยาก	**<u>คุณสมบัติ - การขยายพันธุ์</u>** สามารถขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด และใช้ส่วนต่าง ๆ ปลูก เช่น ลำต้น เหง้า ไหล แต่นิยมกันมากก็ใช้ส่วนต่าง ๆ โดยปลูกแยกต้นปลูก การปลูกเป็นกระจุก และการปูเป็นแผ่น ๆ ส่วนการปลูกด้วยเมล็ดไม่นิยมเพราะการเจริญเติบโตช้ามาก **ข้อดี** : เป็นหญ้าที่เล็กมองดูแล้วสวยงามดี เหมาะสำหรับปลูกเป็นสวนหย่อม และพื้นที่ก็ควรไม่กว้างมากนัก	-เป็นหญ้าที่ทนต่อการเหยียบย่ำพอสมควร และไม่ค่อยยืดหยุ่นตัวเหมือนหญ้านวลน้อย -เป็นหญ้าที่ต้องการปุ๋ยไม่มากนัก ทนต่ออากาศหนาวได้ดี อาจทนได้ถึงประมาณ 10 - 20 องศาฟาเรนไฮต์ ทนต่อโรคหรือแมลงต่าง ๆ ได้มากกว่าหญ้าชนิดอื่น -หญ้าญี่ปุ่นนี้เจริญเติบโตช้า แต่เมื่อขึ้นแล้วจะหนาแน่นมาก ขึ้นคลุมดินวัชพืชไม่สามารถขึ้นแข่งได้ การแต่งไม่บ่อยนัก เพราะเจริญเติบโตช้า ถ้าปล่อยไว้นาน ๆ ก็จะเป็นกระจุก การตัดแต่งลำบาก	-ดินดำผสมพวกขี้วัว -ส่วนถ้าเพาะเมล็ดจะใช้พีทมอส
หญ้ามาเลเซีย	ถ้าจะปลูกในที่ร่มใต้ต้นไม้ใหญ่ หญ้ามาเลเซียคือคำตอบ ใบใหญ่หนาเขียวสด ทำให้ป้องกันวัชพืชขึ้นแทรกได้ดีที่สุด แต่หญ้ามาเลฯไม่ชอบแดดจัด เป็นหญ้าที่ต้องการน้ำมาก ไม่ทน ไม่ทนต่อการเหยียบย่ำ	**<u>คุณสมบัติ – การขยายพันธุ์</u>** ขยายพันธุ์ได้ดีและเร็วในฤดูฝน มีการขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด และการใช้ส่วนต่าง ๆ โดยเฉพาะลำต้นเป็นกระจุก แบบปูเป็นแผ่น การปลูกด้วยเมล็ด จะลงทุนน้อย โดยการใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตรา 3 - 4 ปอนด์ ต่อเนื้อที่ 1,000 ตารางฟุต **ข้อดี** : เป็นหญ้าที่เหมาะสำหรับปลูกในที่ร่มรำไร หรือมีแสงน้อยได้ดี ต้องการการดูแลรักษาต่ำ	-หญ้ามาเลเซียเป็นหญ้าที่ใช้ทำสนามหญ้า ,สวนหย่อม เช่นเดียวกับ หญ้าชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะในที่ร่มรำไร สามารถเจริญ เติบโต ได้ดีในที่มี ความอุดม สมบูรณ์ต่ำ ไม่ทนต่อดินเค็ม -หญ้ามาเลเซียที่ใช้ปลูกโดยเมล็ดจะสามารถ ป้องกัน การพังทะลายของดิน ในที่มีความลาดชันสูงได้ดีเช่นกัน ทนต่อดินเป็นกรดที่มี pH ประมาณ 4.5 - 5.5 เป็นหญ้าที่ชอบความชื้นสูง ปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด	-ดินดำผสมพวกขี้วัว -ส่วนถ้าเพาะเมล็ดจะใช้พีทมอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชนิดของหญ้า	ลักษณะของหญ้า	คุณสมบัติ/การขยายพันธ์ของหญ้า	ประโยชน์อื่นๆของหญ้า	ลักษณะของดินที่ใช้ปลูก
หญ้านวลน้อย	หญ้ายอดนิยม ทนทุกสภาพอากาศ ชอบแดดจัด ตายยาก ทนการเหยียบย่ำสูง โตไว ปัญหาหลักๆของหญ้านวลน้อยคือ หากเราปล่อยให้ยาวแล้วค่อยตัดโคนหญ้าจะเป็นสีเหลือง ไม่สวย เพราะฉะนั้นอย่าปล่อยให้ยาวแล้วตัด หญ้ายอดนิยมหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่สูง	**<u>คุณสมบัติ</u>** จัดเป็นหญ้าพื้นเมืองของไทยที่นิยมปลูกมากตามลานหน้าบ้าน แปลงจัดสวน สนามกีฬา สนามกอล์ฟ และอื่นๆ เนื่องจากเป็นหญ้าที่เติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิดทั้งดินเหนียว ดินทราย ทนต่อสภาพอากาศร้อนหรือแห้งแล้งได้ดี และทนต่อสภาพน้ำขังได้บ้าง รวมถึงเติบโตเร็ว และสามารถขยายไหลเป็นแผ่นที่ครอบคลุมหน้าดินได้เร็ว **<u>การขยายพันธุ์</u>** ใช้ลำต้นปลูก เพราะขยายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว เป็นหญ้าที่มีเมล็ดน้อย จึงไม่มีผู้ผลิตเมล็ดจำหน่าย ข้อดี เป็นหญ้าที่ปลูกใช้ประโยชน์ได้ทั่วไป ใบมีขนาดกลางและนุ่มเท้า ทนต่อการเหยียบย่ำ ทนแล้ง และทนร่มบ้าง การดูแลรักษาก็ง่ายกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ ข้อจำกัด ถ้าปล่อยให้หญ้าออกดอก ดอกของหญ้าเมื่อแก่จะเป็นสีดำ ดูแล้วสนามไม่สวย ถ้าปลูกในที่ร่มเงามากเกินไปจะไม่ได้ผล เพราะต้นหญ้าจะยาวมากข้อแนะนำ ควรตัดหญ้าตามกำหนด ไม่ควรปล่อยให้มีดอก	-เป็นหญ้าที่ทนต่อ การเหยียบย่ำ ทนต่อความแห้งแล้งหรือน้ำขัง แฉะเป็นครั้งคราว ตลอดจนทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี แต่ในฤดูแล้งต้อง หมั่นรดน้ำ อยู่เสมอมิฉะนั้นใบจะเหลืองแต่ไม่ถึงตาย นอกจากนี้ทนต่อดินเค็มได้บ้าง รวมทั้งยังต้านทานต่อโรงแมลงได้ดี	-ดินดำผสมพวกขี้วัว -ส่วนถ้าเพาะเมล็ดจะใช้พีทมอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชนิดของหญ้า	ลักษณะของหญ้า	คุณสมบัติ/การขยายพันธ์ของหญ้า	ประโยชน์อื่นๆของหญ้า	ลักษณะของดินที่ใช้ปลูก
หญ้าเบอมิวด้า (หญ้าแพรก)	หญ้าประจำสนามกอลฟ์ ชอบแดดจัด ทนการเหยียบย่ำได้ดี โตไว ฟื้นตัวเร็ว ไม่ต้องการน้ำเยอะ ควรปลูกบนทราย ใบเล็กละเอียด ไม่ชอบอากาศเย็น ปัญหาของมัน คือ โตไวมากทำให้ต้องตัดบ่อย	**<u>คุณสมบัติ – การขยายพันธุ์</u>** หญ้าแพรกนี้ปลูกได้ในดินทั่ว ๆ ไป ได้ดีพอสมควร มีการตอบสนองต่อปุ๋ยและน้ำดี จะขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดก็ได้ หรือแซะต้นหญ้าจาก ริมถนนไปปลูกเป็นจุก ๆ ก็ได้ เพราะไม่มีจำหน่าย หญ้าแพรกนี้ มีลักษณะพิเศษอย่างหนึ่งคือ ต้นมีอายุมากพอสมควร จะสร้างหัวไก่ชูขึ้น พ้นส่วนอื่น ๆ เห็นได้ชัดเจน **ข้อดี** : ใบเล็ก โตเร็ว ทนแล้ง ไม่ต้องเอาใจใส่ดูแลมากนัก เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่กว้าง ๆ ได้ดี โดยเฉพาะในสนามกีฬาต่าง ๆ ตามริมถนนเพื่อป้องกันการพังทะลายของไหล่ถนน **ข้อจำกัด** : เป็นวัชพืชง่าย เพราะมีการเจริญเติบโตเร็ว โดยจะรุกเข้าไปในแปลงหญ้าชนิดอื่น ๆ ที่ปลูกใกล้กัน	ในสภาพแวดล้อมและการดูแลที่เหมาะสม เป็นหญ้าที่มีความสม่ำเสมอ คุณภาพดีพอใช้จึงจะได้หญ้าที่สีเขียวสด ใช้ปลูกเป็นสนามหญ้า ทั่ว ๆ ไป เช่น สนามฟุตบอล รักบี้ ในสวนสาธารณะ ปลูกตามขอบถนน สนามเด็กเล่น ปลูกเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือปลูกในพื้นที่ ที่กว้าง ๆ เพียงเพื่อต้องการปลูกปกคลุมดินป้องกันไม่ให้เกิดการพังทะลายของดินได้	-ดินดำผสมพวกขี้วัว -ส่วนถ้าเพาะเมล็ดจะใช้พีทมอส
หญ้าพาสพาลัม	ลักษณะใบเหมือนหญ้านวลน้อย แต่นุ่มกว่า สีเขียวจัด ทนการเหยียบย่ำได้ดี ชอบแดด หรือ ขอให้มีแดดบ้างก็โตได้ ทนต่อทุกสภาพอากาศ โตไวพอๆกับนวลน้อย แต่พาสพาลัมใบจะไม่ชี้ตรงขึ้นสูงยาว ทำให้ถ้าปล่อยยาวแล้วตัดจะไม่เหลืองขนาดนวลน้อย	**<u>คุณสมบัติ</u>** สามารถเจริญเติมโตได้ดีในฤดูฝนและทนทานในฤดูแล้งเหมาะสมที่สุดที่จะใช้ปูบนสังเวียนแข้ง และสนามหญ้าหน้าบ้าน **<u>การขยายพันธุ์</u>** มีการพัฒนาสายพันธุ์จนมีคุณสมบัติอาทิเช่น ฟื้นตัวเร็ว ทนจ่อการเหยียบย่ำ แถมการดูแลง่าย เพราะมีความแข็งแรงคงทนอยู่ได้ทุกสภาพภูมิอากาศในเมืองไทย	-เป็นหญ้าที่มีใบเล็กสั้น มีสีเขียวเข้มกว่าหญ้าชนิดอื่นสามารถปลูกได้ ในทุกสภาพอากาศ ทุกพื้นที่มีคุณสมบัติ ทนร้อน ทนแล้งได้ดี ดูแลง่ายเป็นหญ้าที่ปลูกง่าย หากดูแลรักษารดน้ำอย่างทั่วถึงเพียง 2-3 วัน หญ้าพาสพาลั่ม จะเขียวสวย สมบูรณ์ -หญ้าพาสพาลัม เป็นหญ้าที่โตช้า นุ่มเท้าทนต่อการเหยียบย่ำได้ดี เหมาะสำหรับ สนามฟุตบอล สนามกอล์ฟ	-ดินดำผสมพวกขี้วัว -ส่วนถ้าเพาะเมล็ดจะใช้พีทมอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชนิดของหญ้า	ลักษณะของหญ้า	คุณสมบัติ/การขยายพันธ์ของหญ้า	ประโยชน์อื่นๆของหญ้า	ลักษณะของดินที่ใช้ปลูก
หญ้าแฝก	เป็นพืชที่มีระบบรากลึกและแผ่กระจายลงไปในดินตรงๆ เป็นพืชที่มีอายุได้หลายปี ขึ้นเป็นกอแน่น มีใบเป็นรูปขอบขนานแคบปลายขอบแหลม ยาว 35-80 เซนติเมตร มีส่วนกว้าง 5-9 มิลลิเมตร	**<u>คุณสมบัติ</u>** -เป็นหญ้าที่ทนทาน ปลูกง่าย ขึ้นได้ดีทั้งในดินดีและดินเลว แม้กระทั่งในดินที่เป็นดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินด่าง ดินทราย หรือดินปนลูกรัง -หญ้าแฝก เจริญเติบโตเป็นกอแน่น โดยการแตกอย่างรวดเร็ว เส้นผ่าศูนย์กลางกอประมาณ 30 เซนติเมตร -รากของหญ้าแฝกมีความยาวมาก และหยั่งลึกลงดินในแนวดิ่งได้ถึง 3 เมตร ช่วยในการดูดซับน้ำและกักน้ำไว้ในดิน -รากไม่เจริญออกทางด้านข้าง จึงไม่แย่งอาหารของพืชหลักที่ปลูกใกล้เคียง -รากมีจำนวนมากสานกันแน่นหนาเหมือนม่านหรือกำแพงใต้ดิน ทำหน้าที่ยึดดินได้อย่างแน่นหนา และแข็งแรง ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน **<u>การขยายพันธุ์</u>** การนำแม่พันธุ์หญ้าแฝกที่มีลักษณะดีมาทำการขยายเพิ่มปริมาณทั้งการปลูกลงดิน ปลูกลงถุงพลาสติกขนาดใหญ่ หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ส่วนการขยายพันธุ์กล้าหญ้าแฝก คือการนำหน่อที่ได้จากการขยายแม่พันธุ์มาเพาะชำเพื่อนำไปปลูกในพื้นที่ ได้แก่ กล้าในถุงพลาสติกขนาดเล็ก และกล้าหญ้าแฝกแบบรากเปลือย	-ปลูกหญ้าแฝกบนคันนา เพื่อให้คันนาคงสภาพอยู่ได้นาน -ปลูกหญ้าแฝกเพื่อใช้ประโยชน์มุงหลังคา ตับหลังคาที่ทำจากหญ้าแฝกสามารถผลิตจำหน่ายได้ ส่วนรากที่มีความหอมนั้นคนไทยรุ่นเก่าเคยนำมาแขวนในตู้เสื้อผ้าทำให้มีกลิ่นหอมและช่วยไล่แมลงที่จะทำลายเสื้อผ้าได้ -หญ้าแฝกมีสรรพคุณช่วยขับลมในลำไส้ แก้อาการท้องอืดเฟ้อ และแก้ไข้ได้ ส่วนรากสามารถนำมาสกัดทำน้ำมันที่มีประโยชน์และคุณค่าทางการค้าได้ อาทิเช่น ฝรั่งเศสผลิตน้ำหอมจากรากหญ้าแฝก ชื่อ “Vetiver”	-ดินดำผสมพวกขี้วัว -ส่วนถ้าเพาะเมล็ดจะใช้พีทมอส

<u>หมายเหตุ</u> ทางเราได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูล ได้ข้อสรุปว่า จะใช้ หญ้าเบอร์มิวด้า ในการทดลอง เนื่องจากมีความเหมาะสมมากกว่าหญ้าชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 การเจริญเติบโตของหญ้า

จากการศึกษาข้อมูลพบว่าหญ้าแพรกนั้นเป็นวัชพืชที่เจริญเติบโต แพร่ขยายได้รวดเร็ว มีอายุพืชหลายปี มีขนาดความยาวลำต้นได้มากถึง 90 cm แต่ส่วนมากจะอยู่ในช่วง 5 ถึง 40 cm

หญ้าจะขึ้นเต็มแปลงเมื่อมีอายุตั้งแต่ 35-60 วัน พอหญ้าอายุ 35 วัน หญ้าจะขึ้นเต็มแปลงโดยหญ้าจะเกาะตัวกันแน่นพอสมควร

2.5 วัสดุปลูก (Planting media)

วัสดุปลูกทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะของรากพืชและการเจริญเติบโตของพืช คุณลักษณะที่ดีของวัสดุปลูกสำหรับสวนหลังคา คือ แข็งแรงทนทาน น้ำหนักเบา ระบายน้ำได้ดีมีความชื้นแต่ไม่เปียก มีอายุ10 ยาวนาน ยึดธาตุอาหารได้ดี ไม่เกาะตัวกันแน่น และ ไม่เป็นผงเล็กเกินที่อาจถูกชะล้างได้วัสดุปลูกที่นิยมสำหรับงานสวนหลังคา ได้แก่

2.5.1) การใช้วัสดุปลูกประกอบด้วย ดินผสมเปลือกถั่ว ขุยมะพร้าว ทราย เพราะสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารและยึดเกาะ ของต้นพืชได้ระบายน้ำได้ดีราคาถูกสามารถหาได้ง่าย

2.5.2) วัสดุปลูกสังเคราะห์เช่น เม็ดไลก้า (Leca) ดินเม็ดไดอโทแมซเอิร์ท (Diatomaceous earth) ดินไอโซไลท์ (Isolite) เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) เทคโนฟลอร์ (Technoflor) ดินปลูกกรอแดน (Grodan planting medium) เป็นต้น วัสดุปลูกเหล่านี้เป็นระบบสำเร็จรูปสามารถนำพืชปลูกได้ทันที นอกจากนี้ในบางครั้ง หลุมปลูกหรือกระบะปลูกอาจมีความลึกมากเกินความจำเป็น จึงมีวิธีการเพิ่มระดับความสูงให้แก่วัสดุปลูกได้หลายวิธีเช่น

2.5.2.1) การใช้สไตโรโฟมหนุนด้านล่าง ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้ปริมาณวัสดุปลูกให้น้อยลงลดค่าใช้จ่ายของวัสดุปลูก การรับ น้ำหนักของโครงสร้างพื้นสวนหลังคาไม่ต้องรับน้ำหนักมากเกินเหมาะสำหรับการหนุนกับดินปลูกที่ปลูกต้นไม้ขนาดเล็ก ซึ่งไม่ แนะนำให้ไปรองรับดินปลูกที่ปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่เพราะอาจมีโอกาสทำให้พืชล้มโค่นได้เพราะการหยั่งลึกของรากมีได้น้อยกว่า

2.5.3 ดิน (Soil) คือ วัตถุธรรมชาติที่เกิดจากการแปรสภาพทางกายภาพและทาง เคมีของหิน และแร่ธาตุต่าง ๆ รวมตัวกับอินทรียวัตถุ ที่สลายตัวจากซากพืชและซากสัตว์ ทั้งนี้ ประเภทของดินที่สามารถปลูกพืชได้นั้นอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.5.3.1 ดินเหนียว (Clay) คือ ดินที่มีเนื้อละเอียดที่สุด ยึดหยุ่นเมื่อเปียกน้ำ เหนียวติดมือ ปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ พังทลายได้ยาก การอุ้มน้ำดี จับยึดและ แลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ค่อนข้างสูงจึงมีธาตุอาหารพืชอยู่มาก เหมาะที่จะใช้ปลูกข้าวนาดำ เพราะเก็บน้ำได้นาน

2.5.3.2 ดินทราย (Sand) เป็นดินที่เกาะตัวกันไม่แน่น ระบายน้ำและอากาศได้ดี มาก อุ้มน้ำได้น้อย พังทลายง่าย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพราะความสามารถในการจับยึดธาตุ อาหารมีน้อย พืชที่ขึ้นอยู่ในบริเวณดินทรายจึงขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.3.3 ดินร่วน (Loam) คือ ดินที่มีเนื้อค่อนข้างละเอียด นุ่มมือ ยืดหยุ่นพอควร ระบายน้ำได้ดีปานกลาง มีแร่ธาตุอาหารพืชมากกว่าดินทราย เหมาะสำหรับใช้เพาะปลูก ดิน ร่วนที่แท้จริงมักไม่ค่อยพบในธรรมชาติ แต่จะพบพวกที่มีเนื้อดินใกล้เคียงเสียเป็นส่วนมาก

2.5.3.4 ดินปลูก (Planting media) คือ การที่ใช้ดินร่วนผสมเปลือกถั่ว ขุย มะพร้าว ทราย เพราะสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารและยึดเกาะของต้นพืชได้ ระบายน้ำได้ดี ราคาถูกสามารถหาได้ง่าย และนอกจากนี้แล้วดินปลูกนั้นเป็นดินที่นิยมใช้สำหรับสวนหลังคา ในกรุงเทพมหานครด้วย (เพชร เลิศปิติวัฒนา, 2547)

2.6 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)

วัสดุกันน้ำซึมของงานสวนหลังคาเป็นวัสดุทำหน้าที่ป้องกันน้ำซึมลงสู่พื้นคอนกรีตด้านล่างโดยคุณสมบัติที่ดีของวัสดุกัน น้ำซึม คือ ควรมีความทนทาน สามารถต้านการกระแทกจากเครื่องไม้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ต่างๆได้ดีไม่ฉีกขาดหรือเปื่อยง่าย ยืดหยุ่นได้บ้าง ป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดีมีอายุการใช้งานยาวนานปราศจากการซ่อมแซมบ่อยครั้ง หรือควรทนทานถาวรเหมือนอายุการใช้งานของอาคาร ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต ทนสภาพการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิและ ชั้นบรรยากาศ (atmospheric) ยืดหยุ่นทนทานต่อการเคลื่อนของจุดรอยต่อของโครงสร้างอาคาร (construction joints) ป้องกันการกัดกินจากแมลง สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีวัสดุกันน้ำซึมมีรูปแบบหลากหลายคือ

2.6.1) วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น (Single-ply roof membranes) แบบแผ่นปูทั่วพื้นที่สวนสามารถป้องกันน้ำรั่วซึมได้แต่ต้อง ระวังช่วงรอยต่อของแต่ละแผ่น หากต่อเชื่อมไม่ดีอาจมีปัญหาการรั่วซึมบริเวณนี้ได้ 7

2.6.2) วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว (Fluid-applied Membranes) ชนิดทาทั่วพื้นที่สวน ซึ่งสามารถป้องกันน้ำรั่วซึมได้แต่การ ใช้ระบบแบบทานี้จะใช้เวลาการปฏิบัติงานนานกว่าแบบอื่น

2.6.3) วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว (Fluid-applied Membranes) ชนิดพ่นทั่วพื้นที่สวน ซึ่งสามารถป้องกันน้ำรั่วซึมและมี ความรวดเร็วในการปฏิบัติงานมากกว่า รูปแบบนี้จะขจัดปัญหาในเรื่องของรอยต่อ (joints) หรือพื้นที่ที่ยุ่งยากซิกแซ็ก และ สามารถขจัดปัญหาการซึมของน้ำเข้ารอยเชื่อมระหว่างพื้นอาคารแนวราบกับโครงสร้างที่เป็นแนวตั้ง (vertical structures) หรือ ตามมุมได้ดีเช่น กระถางต้นไม้แบบยกสูง (raised planter beds) และขอบของวัสดุกันซึมนี้จะถูกผนึกติดแน่นเป็นอย่างดีกับ ส่วนผนังของกระถางต้นไม้

2.6.4) น้ำยากันซึม (Water proofer). เป็นการผสมน้ำยากันซึมลงไปเป็นส่วนผสมของคอนกรีต ถ้ามีเนื้อคอนกรีต สม่ำเสมอที่ดีก็จะมีความสามารถป้องกันการซึมของน้ำได้ดีแต่ต้องเข้าใจหลักการใช้น้ำยากันซึม คือ

2.6.4.1) น้ำยากันซึมไม่ได้ทำหน้าที่ "อุดรู" เพื่อไม่ให้น้ำซึมผ่านคอนกรีต

2.6.4.2) น้ำยากันซึมทำหน้าที่ให้ "คอนกรีตเหลวตัว" เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวจนมีรูโพรงในคอนกรีตน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6.4.3) ถ้าใส่น้ำยากันซึมไปตอนโม่คอนกรีตที่ผสมน้ำแล้ว "น้ำยากันซึมจะไม่กระจายตัว" ไปทั่วมวลคอนกรีต

2.6.4.4) ถ้าน้ำยากันซึม "อยู่เป็นจุดๆในคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตตรงนั้นไม่แข็งตัว”

2.6.4.5) ถ้าผสมน้ำยากันซึมมากเกินไปแม้จะถูกวิธีก็จะทำให้ "คอนกรีตไม่แข็งตัว" จะเสื่อมสภาพ

2.6.4.6) การใช้น้ำยากันซึมต้องอ่าน spec การใช้ก่อนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง "อัตราส่วนน้ำต่อคอนกรีต"ว่าเป็นเท่าไร ถ้าหากสวนหลังคามีหลุมปลูกหรือกระบะปลูกที่ใช้น้ำยากันซึม (Water proofer) เป็นส่วนผสมในตัวคอนกรีตแล้วก็ไม่มีความ จำเป็นต้องใช้วัสดุกันซึมแบบแผ่น แบบพ่น และแบบทา แล้วก็ได้หากมีการผสมที่ดีถูกต้องจริงๆ และไม่จำเป็นต้องมีแผ่นคอนกรีต กันทะลุ (Concrete protective slab) ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.7 วัสดุของกระบะปลูกต้นไม้

คุณลักษณะที่ดีคือ แข็งแรงมั่นคง ถาวร อายุการใช้งานยาวนาน สามารถป้องกันเชื้อราได้ดีปราศจากการซึมของน้ำใน ภาชนะปลูก รักษารูปร่างรูปทรงและสีให้ถาวร ทนทานต่อแสงอัลตราไวโอเลต ได้แก่กระถางปลูกกระเบื้องดินเผา (terra-cotta) สามารถทำการเคลื่อนย้ายได้แต่อาจมีน้ำหนักมาก ภาชนะปลูกพวกพลาสติกป้องกันอัลตราไวโอเลต เช่น ภาชนะปลูกโพลีสไตรีน (polystyrene containers) เป็นต้น ซึ่งมีน้ำหนักเบาสามารถเคลื่อนย้ายได้และภาชนะปลูกปูด้วยวัสดุต่างๆ เช่น กรวดล้าง หิน ทราย หินกาบ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวความคิดของผู้ออกแบบและความต้องการของเจ้าของโครงการ ระบบชลประทานหรือระบบการให้น้ำแก่พืช (Irrigation system)
2.7.1) ประเภทระบบชลประทานสำหรับงานสวนหลังคา

2.7.1.1) การให้น้ำโดยฉีดน้ำด้วยสายยาง เป็นวิธีการง่ายๆ การรดน้ำพืชมีความทั่วถึง มากกว่าไม่ว่าพืชบริเวณนั้นจะถูกบดบังด้วยต้นไม้ที่อยู่ด้านหน้า เพราะผู้รดน้ำสามารถเปลี่ยนแนวการรดน้ำได้แต่ควรจัดวาง ตำแหน่งหัวก๊อกซ่อนหรือเก็บให้ดูเรียบร้อย

2.7.1.2) การให้น้ำด้วยระบบสเปรย์ (spraying water system) ซึ่งเป็นระบบพ่นน้ำเป็นละออง เช่น ระบบสปริงเกอร์ (sprinkler irrigation)

2.7.1.3) การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (drip irrigation system) ซึ่งเป็นระบบที่ปล่อยน้ำทีละน้อยด้วยหัวหยดน้ำ (emitters หรือ spray heads) ที่ปลายขนาด 6.4 มิลลิเมตร เป็นท่อพลาสติกที่ปรับได้อยู่เหนือระดับของราก ระบบนี้จะปล่อยน้ำเป็นจุดซึ่ง น้ำจะกระจายไปรอบด้านเหมือนผลแพร่แต่ปัญหาของระบบมักจะเกิดขึ้นกับการอุดตันของหัวหยดน้ำจากดินทำให้น้ำไม่ไหลและ พืชตายในที่สุดหรือการถูกเหยียบย่ำจากเด็กและสัตว์เลี้ยง ทำให้หัวหยดน้ำเสียหาย ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจเช็คอยู่สม่ำเสมอ ระบบสปริงเกอร์และระบบน้ำหยดนั้นต้องออกแบบให้ดินได้รับน้ำเพียงพอในวันต่อวันหรือตามตารางการให้น้ำ ซึ่งอาจ ต้องใช้ระบบควบคุมโดยนาฬิกา

(Electric clock) ของการให้น้ำหรือระบบควบคุมระดับความชื้นอัตโนมัติ (Moisture sensor) ที่สามารถควบคุมการปฏิบัติงานการให้น้ำเมื่อดินเริ่มมีความชื้นด้วยระบบออโตเมติกแต่อาจเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7.1.4) ระบบชลประทานอื่นมีมากมายแต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของไทยด้านนี้ยัง พัฒนาไม่มากเท่าที่ควร จึงต้องนำเข้าซึ่งจะมีราคาสูงไม่คุ้มค่า แต่ระบบพวกนี้จะมีข้อดีคือ ทำให้ไม่ต้อง

เสียเวลาในการบำรุงรักษา และรดน้ำแก่พืชให้เสียค่าจ้างแรงงาน เพราะระบบจะทำงานเองอัตโนมัติเพียงแค่คอยเช็คเป็นช่วงๆนานๆครั้ง ระบบดังกล่าว เช่น ระบบออฟติมา (Optima system) และระบบซินโค (ZinCo system) เป็นต้น

2.7.1.5) ระบบชลประทานที่ทำเป็นกระถางปลูกสำเร็จรูป เช่น กระถางระบบซีเครทซีรีส์แพลนเตอร์ (Seacrest series planter) หรือกระถางบรรจุน้ำ (Container Watering System) เป็นระบบที่ผนังของภาชนะปลูกมีลักษณะกลวง (hollow wall) ซึ่งมีไว้เพื่อบรรจุน้ำโดยท่ออยู่ข้างใต้เชื่อมกับหัวต่อของภาชนะปลูกและเติมน้ำให้เต็ม เมื่อดินเริ่มแห้งจะมีระบบ moisture sensor เป็นตัวควบคุมไม่ให้ดินแห้ง ก็จะทำงานโดยปล่อยน้ำออกมาทีละน้อย เพื่อให้ดินชุ่ม จากนั้นระบบจะปิดเองอัตโนมัติ ระบบนี้เวลาที่เติมน้ำลงไปในช่องกลวง (Hollow wall) ของภาชนะปลูกนี้สามารถใช้ได้ 2 ถึง 4 อาทิตย์จึงค่อยเติมน้ำใหม่

2.8 วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)

โดยปกติควรให้มีความหนาประมาณ 1.0 เซนติเมตร ซึ่งเป็นตัวป้องกันความร้อน ความเย็นของอากาศได้ป้องกันการ เกิดน้ำแข็งเกาะที่รากพืชและเป็นตัวช่วยรักษาความชื้นไว้ในดินปลูก ตลอดจนสามารถสร้างความรู้สึกดูเป็นธรรมชาติมากขึ้น วัสดุ ปิดผิวนี้มักเป็นพวกเปลือกไม้หรือเศษใบไม้หากนานวันไปวัสดุปิดผิวนี้จะมีการเน่าเปื่อยลงซึ่งสามารถชดเชยการสูญเสียดินปลูก ที่อยู่ชั้นล่างได้ชั้นวัสดุปิดผิวไม่ควรใช้วัสดุที่มีความแข็งปราศจากการย่อยสลาย เช่น หินสีหรือก้อนกรวด เป็นต้น เพราะไม่ สามารถย่อยสลายกลายเป็นดินได้

ทั้งนี้ทั้งนั้นแล้วสวนหลังคา หากไม่มีพืชพรรณต่างๆมาประกอบอยู่ด้วยก็มิอาจ เป็นสวนหลังคาได้ดังนั้นจึงต้องมีการแบ่งประเภทของพืชพรรณด้วยจึงจะสามารถจำแนก ลักษณะของพืชพรรณที่จะนำมาใช้กับสวนหลังคาได้อย่างเหมาะสม การจำแนกประเภทของ พืชพรรณที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางนั้น จะจำแนกตามลักษณะนิสัยในการเจริญเติบโตของ พืช ในส่วนของลำต้นและทรงพุ่มซึ่งจะเป็นส่วนที่เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนที่สุดของพืชพรรณ (อังสนา บุญโยภาส, 2545: 6) ซึ่งการจำแนกนี้แบ่งพืชพรรณออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

ไม้ยืนต้น (tree) หมายถึง ไม้ยืนต้นที่มีลำต้นแข็งแรง แตกกิ่งก้านสาขาใน ระดับที่สูงจากพื้นดินค่อนข้างมาก โดยปกติแล้วจะมีลำต้น(trunk) เพียงต้นเดียว ไม้ยืนต้นจะ ช่วยให้ร่มเงาแก่พื้นที่นั้นๆ ช่วยบังสายตาและใช้ในการควบคุมหรือบังคับทิศทางลมได้

ไม้พุ่ม (shrub) หมายถึง ไม้ที่มีลำต้นแข็งแรง มักจะมีลำต้นขนาดเล็กหลายๆ ลำแตกกิ่งก้านสาขาในระดับที่ใกล้ผิวดินไม่สูงเหมือนไม้ยืนต้น ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีเนื้อไม้ ไม้ พุ่มนั้นนิยมปลูกเพื่อเป็นแนวรั้วหรือเพื่อแสดงอาณาเขต

ไม้เลื้อย (climbers) หมายถึง พืชที่มีลำต้นไม่อาจตั้งตรงได้ด้วยตัวเอง ต้อง อาศัยการพาดพื้นหรือเกาะเกี่ยวกับหลัก ไม้เลื้อยมีทั้งที่เป็นพวกไม่มีเนื้อไม้และพวกมีเนื้อไม้ ไม้เลื้อยนิยมปลูกเกาะกับระแนงหรือโครงไม้เพื่อใช้เป็นประโยชน์เป็นรั้วบังให้เกิดร่มเงาหรือ แบ่งแยกพื้นที่ให้เกิดความเป็นส่วนตัว

ไม้คลุมดิน หรือ พืชปกคลุมดิน (ground cover) หมายถึง พืชที่มีลำต้นเตี้ย ใกล้ดิน ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะสูงไม่เกิน 30 เซนติเมตรจากผิวดิน มีการเจริญเติบโตที่แผ่ไป ทางด้านข้างมากกว่าการเจริญเติบโตในทางสูง ไม้คลุมดินนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

มักจะใช้ปลูกเพื่อคลุมพื้นที่หรือ ตกแต่งพื้นที่ให้12 เกิดความสวยงาม ช่วยลดการกัดเซาะและพังทลายของหน้าดิน รวมถึงช่วย รักษาความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินไว้ด้วย

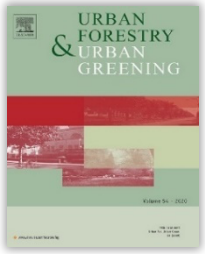
2.9 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)

ชั้นระบายน้ำทำหน้าที่ให้น้ำจากน้ำฝนและน้ำที่ให้แก่พืชใต้หลุมปลูกมีการไหลของน้ำที่คล่องตัวซึ่งควรมีลักษณะเป็นรู พรุนหรือเป็นโพรงจำนวนมากๆ เพื่อการไหลของน้ำที่ดีและชั้นระบายน้ำนี้จะต่อเชื่อมกับระบบระบายน้ำ คือ ท่อระบายน้ำใต้ หลุมปลูกติดตั้งอยู่ในชั้นระบายน้ำนี้วัสดุที่นิยมใช้ในชั้นระบายน้ำที่นิยมใช้คือ ก้อนกรวด พวกเศษอิฐ เศษหิน เศษกระเบื้องแตก ซึ่งมีความสามารถในการระบายน้ำได้มีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย นอกจากนี้มีการผลิตทำชั้นระบายน้ำเป็นแบบพลาสติกระบายน้ำที่ ชื่อว่า Grass-cell ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบากว่าช่วยลดการรับน้ำหนักของโครงสร้างของพื้นสวนหลังคาได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการระบายน้ำที่ดีมาก แต่แผงระบายน้ำพลาสติก Grass-cell หาซื้อค่อนข้างยากในเมืองไทย เพราะไม่มี โรงงานผลิต ต้องมีการนำเข้าทำให้มีราคาสูง เช่น กล๊าสเซลล์ในชื่อ แผงพลาสติกระบายน้ำแบบรวงผึ้ง (Plastic Honeycomb Drainage Board) ทำจากพลาสติกอัดแรงสูง (high-impact plastic) ซึ่งทำโครงสร้างเหมือนรวงผึ้ง (honeycomb) เป็นตาราง หลุมหกมุมหกเหลี่ยม (hexagon) ความยาวต่อหนึ่งแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสคือ 30.5x30.5 เซนติเมตร มีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย สามารถรับน้ำหนักจากด้านบน เช่น ดิน ต้นไม้คน อุปกรณ์อื่นๆได้ดีมีน้ำหนักที่เบา ทำให้สามารถ ประหยัดค่าใช้จ่ายของการรับน้ำหนักของโครงสร้างได้การติดตั้งและตัดต่อทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต มั่นคงถาวร ใช้งานยาวนาน ปราศจากการซ่อมแซม มีประสิทธิภาพในการระบายน้ำสูง

2.10 Urban Forestry & Urban Greening

การประเมินคุณภาพของสนามหญ้าในฤดูร้อนสามแห่งที่เติมโตในระดับความลึกของพื้นผิวที่แตกต่างกันบนระบบหลังคาสีเขียวตื้น

- Zoysiagrass สามารถปรับให้เข้ากับพื้นผิวหลังคาสีเขียวตื้นได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับ Bermudagrass ลูกผสมและ Paspalum ชายทะเล
- Zoysiagrass สามารถทนความลึกของพื้นผิวหลัง 7.5 เซนติเมตร
- Bermudagrass ลูกผสม ต้องมีความลึกอย่างน้อย 15 เซนติเมตร



รูปที่ 2.9 ที่มา : Urban Forestry & Urban Greening

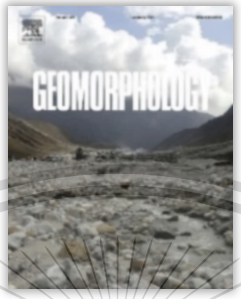
Volume 26, August 2017, Pages 163-168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.11 Geomorphology

มีการศึกษาเพียงไม่กี่งานที่ศึกษาผลกระทบของฐานของพืชพรรณธรรมชาติ (เช่นหญ้า) ต่อความต้านทานของดินชั้นบนในกัดเซาะที่มีการไหบเข้มข้นแม้ว่าหญ้าจะเติมโตได้ในหลายสภาพแวดล้อมก็ตาม

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของรากหญ้าที่มีต่อการสึกกร่อน รากสามารถมีบทบาทสำคัญในการป้องกันดินจากการกัดเซาะ รากมีประสิทธิภาพมากในการลดอัตราการคายดิน



Geomorphology

รูปที่ 2.10ที่มา : Volume 76, Issues 1–2, 5 June 2006, Pages 54-67

2.12 การถ่ายเทรังสีความร้อนที่มีผลต่ออาคาร

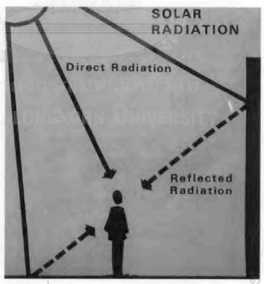
หลักการศึกษาพบว่าการถ่ายเทรังสีความร้อนที่มีผลต่ออาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

2.12.1 รังสีคลื่นสั้นโดยตรงจากอาทิตย์ (Direct Radiation)

2.12.2 รังสีคลื่นสั้นที่กระจายจากท้องฟ้า (Diffused Radiation)

2.12.3 รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม (Reflected Radiation)

เมื่อวัสดุได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์วัสดุนั้นๆจะมีการสะสมความร้อนไว้จนอุณหภูมิถึงระดับหนึ่งก็จะถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเช่นหลังคาเมื่อถูกแสงแดดจะมีการเปลี่ยนจากรังสีคลื่นสั้นเป็นรังสีคลื่นยาวจะมีพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวหลังคาและมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 2.11.1 แสดงแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

ที่มา : Robinette, G., Plant/People/and Enironmental Quality.,U.S. Department of the Interior,National park Service,Washington, D.C., 1972., pp 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

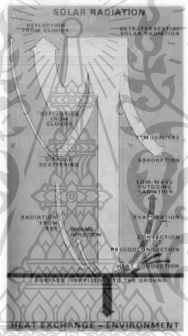
แต่ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับจะต้องมีความสมดุลกับปริมาณความร้อนที่โลกสูญเสียไปเพื่อให้อุณหภูมิของโลกและชั้นบรรยากาศมีความเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งการลดปริมาณความร้อนบนผิวโลกมี 3 วิธีดังนี้

1. Long Wave Radiation Heat Exchange คือ การส่งผ่านความร้อนจากผิวโลกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในรูปรังสีคลื่นยาวไปสู่ชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

2. Evaporation คือ การสูญเสียความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการกลายเป็นไอของน้ำ

3. Convection คือการพาความร้อนเกินจากการที่อากาศที่ได้รับความร้อนจากผิวโลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและลอยตัวขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

ในส่วนกลางคืน การส่งผ่านความร้อนจะเคลื่อนตัวกลับคืนสู่ท้องฟ้าที่มีอุณหภูมิลดต่ำกว่าพื้นผิวโลกจึงเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยมีการส่งผ่านความร้อนที่สะสมอยู่จากพื้นดินออกสู่ท้องฟ้า โดยพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนนี้มีทั้งการนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อนและการระเหยของน้ำของพืชปกคลุมดิน



รูปที่ 2.11.2 แสดงการส่งผ่านความร้อนของวงอาทิตย์มายังผิวโลกในเวลากลางวัน

ที่มา : Robinette, G., Plant/People/and Enironmental Quality.,U.S. Department of the lnterior,National park Service,Washington, D.C., 1972., pp 69

2.13 พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete slab)

โดยปกติอาคารทั่วไปที่ไม่มีสวนหลังคาหรือไม่ต้องรับน้ำหนักสิ่งใดเป็นพิเศษสามารถรับการถ่ายน้ำหนักที่ 200-400 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แต่หากเป็นอาคารที่ต้องการมีสวนหลังคาประเภท intensive roof garden การรับน้ำหนักของพื้นสวน ควรอยู่ที่ 1,200 ถึง 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเมตรหรือมากกว่านั้น ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เหมาะและง่ายต่อการออกแบบสวนบนหลังคาทั้งด้านการออกแบบรองรับอุปกรณ์ตกแต่ง (furnishing) และคนจำนวนมากๆ พื้นหลังคาคอนกรีตที่เหมาะสำหรับทำสวนหลังคามักเป็นระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete slab) ประเภทเสาและคาน (Post & Lintel) ซึ่ง สามารถรับน้ำหนักวัสดุงานสวน เช่น ต้นไม้ใหญ่ วัสดุปลูก ประติมากรรมได้ดี เพราะมีคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่สามารถทำให้มี ขนาดใหญ่และลึกมากกว่าปกติซึ่งป้องกันการแอ่นตัวตกท้องช้างของพื้นได้ดีกว่าพื้นระบบอื่น แต่หากพื้นดาดฟ้า (Concrete slab) ที่รองรับสวนหลังคาเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete slab) ประเภทเสาและคาน (Post & Lintel) ที่ ต้องรับน้ำหนักงานสวนมากเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

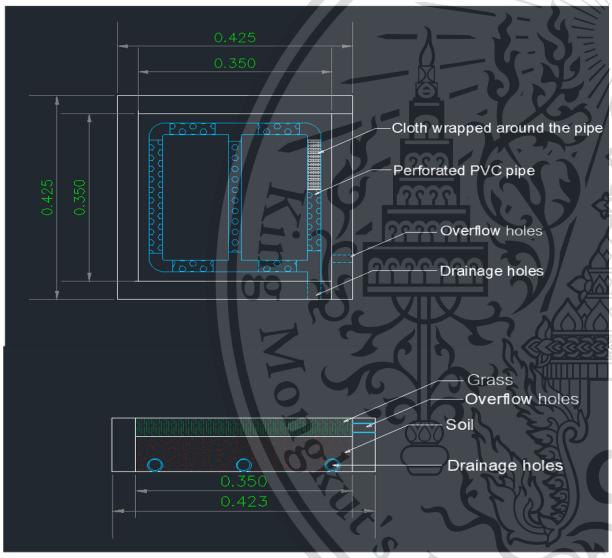
บทที่ 3
ขั้นตอนวิธีการดำเนินการ

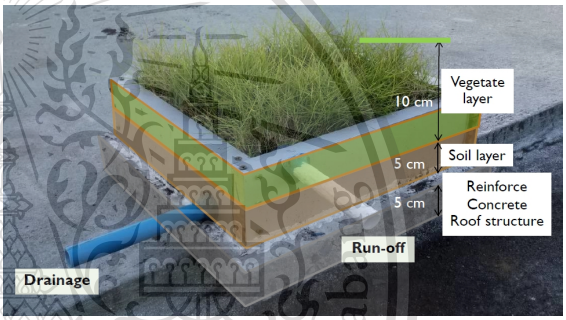
3.1 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์
2. ศึกษาการใช้พืชพันธุ์ของหญ้าต่างๆ
3. วางแผนการทดลอง
4. ทำการเก็บตัวอย่างการทดลอง
5. รวบรวมและเรียบเรียงผลการทดลอง
6. ทำการสรุปการทดลอง

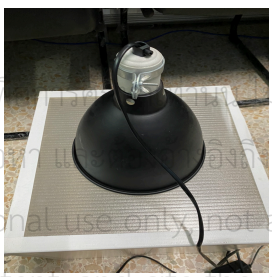
3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

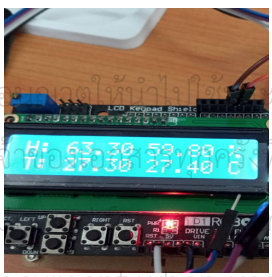
1. อุปกรณ์ทดลองฝนเทียม





2. อุปกรณ์ทดลองความร้อน





เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This document is served for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 แผนการทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมี 3 ตัวอย่าง ได้แก่

ตัวอย่างที่ 1 คอนกรีต

ตัวอย่างที่ 2 คอนกรีต+ดิน

ตัวอย่างที่ 3 คอนกรีต+ดิน+หญ้า

ตารางที่ 3.3.1 แผนการทดลอง

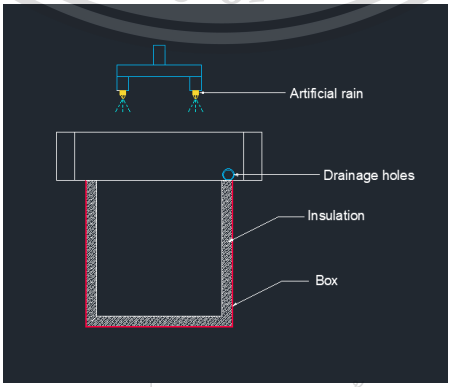
การทดลอง	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)			รวม
	คอนกรีต	คอนกรีต+ดิน	คอนกรีต+ดิน+หญ้า	
ความชื้น	-	1	1	2
ความร้อน	2	2	6	10
ฝนเทียม	-	2	6	8

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

เนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมน้ำฝนที่ตกได้จึงใช้ฝนเทียมในการทดลอง เพราะสามารถควบคุมปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำได้ เช่นเดียวกับความร้อนจากดวงอาทิตย์เราจึงใช้ความร้อนจากหลอดไฟให้ความร้อน

3.4.1 ขั้นตอนการทำฝนเทียมและทำการทดลอง

1. นำท่อ PVC ที่เจาะรูพรุนไว้แล้วพันด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในกระบะทดลอง
2. นำดินปลูกใส่ในกระบะทดลองความหนาประมาณ 6.5 ซม.
3. นำหญ้าพันธ์ญี่ปุ่นลงปลูกในดินและทำการบำรุงรักษาจนหญ้าแข็งแรง
4. ทำการวัดปริมาณความชื้นในดินทำวัดอัตราการไหลและปริมาณน้ำฝนเทียมที่ปล่อยลงไป
5. วัดปริมาณน้ำและอัตราการไหลที่ไหลออกจากกระบะทดลอง



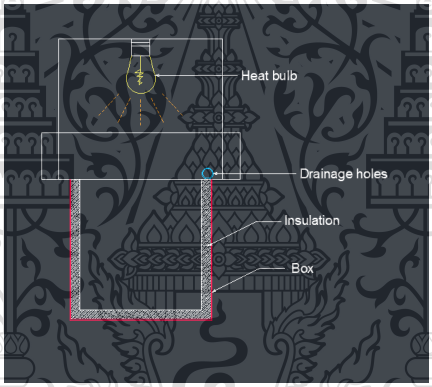
รูปที่ 3.4.1 แสดงขั้นตอนการทดลองการทำฝนเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำการทดลองการทำฝนเทียม ดิน+หญ้า+บ้าน และทำการวันอัตราของน้ำที่ไหลออก

3.4.2 ขั้นตอนการทำดวงอาทิตย์จำลองและทำการทดลอง

1. ทำการวัดอุณหภูมิกล่องบ้านจำลองก่อนการทดลอง
2. นำกล่องพระอาทิตย์จำลองครอบกระบะทดลองและทำการวัดอุณหภูมิภายในบ้านจำลอง
3. ทำการบันทึกผลและสรุปผล



รูปที่ 3.4.3 แสดงขั้นตอนการทดลองการให้ความร้อน

ทำการทดลองการให้ความร้อนของ ดิน+ซีเมนต์+บ้าน และทำการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ของสวนหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศประเทศไทย

2. ศึกษาความสามารถของหญ้าเบอร์มิวด้าในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

3. ศึกษาความสามารถของสวนหลังคา ในการกักเก็บและชะลอน้ำจากฝน เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันน้ำท่วม

ตารางที่ 3.5.1 การทดลอง

การทดลอง	ตัวอย่าง	จำลอง
1	คอนกรีต+ดิน , คอนกรีต+ดิน+หญ้า	ความชื้น
2	คอนกรีต , คอนกรีต+ดิน , คอนกรีต+ดิน+หญ้า	ความร้อน
3	คอนกรีต+ดิน , คอนกรีต+ดิน+หญ้า	ให้น้ำฝน

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าว สามรถจำแนกออกมาเป็นชุดการทดลอง เพื่อตอบปัญหาในการวิจัย ได้ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา

การทดลองที่ 1. 1 การศึกษาปริมาณความชื้นในดิน

ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของมวลสารของหลังคาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวนหลังคา

3.5 ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา

จากการการศึกษาเบื้องต้น ได้คัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคารทางหลังคานั่นคือตัวแปรที่ส่งผลให้ดินมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนมากที่สุด ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิดินและปริมาณความชื้นในดินโดยแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.1 การทดลองที่ 1.1 การศึกษาปริมาณความชื้นในดิน

วิธีการทดลอง

ทำการใช้เครื่อง suction ปักลงกลางดินทำการอ่านค่าและจดบันทึกค่าการทดลอง

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น - ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ หญ้าเบอร์มิวด้า

ตัวแปรตาม - ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึก 5 ซม. ของดิน ดินบวกหญ้า

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ความเร็วลมเท่ากัน ส่วนประกอบของดินเท่ากันและให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึก 5 ซม . ของดิน ดินบวกหญ้า

3.6 ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของมวลสารของหลังคาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เข้า มาภายในอาคาร

จากการการศึกษาเบื้องต้นและจากชุดการทดลองที่ 2 จึงได้ตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการป้องกันความร้อน ไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคารทางหลังคาอีกตัวแปรหนึ่งนั้นคืออิทธิพลของมวลสาร และตัวแปรนั้นก็ส่งผลต่ออุณหภูมิผิวภายในอาคาร ซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อผู้ใช้อาคารนั้นๆ ขุดการทดลองนี้จึงแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

การทศลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวนหลังคา

3.6.1 การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อดูความแตกต่างของระยะเวลาระหว่างอุณหภูมิผิวภายในที่มีค่าสูงสุดกับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่มีค่าสูงสุด

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น - รูปแบบของหลังคา ได้แก่ หลังคาคอนกรีต หลังคาดินเปล่า หลังคาหญ้า

ตัวแปรตาม - อุณหภูมิผิวภายในสวนหลังคาคอนกรีต หลังคาดินเปล่า หลังคาหญ้า

ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกันความเร็วลมเท่ากัน ส่วนประกอบของดินเท่ากันและให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6.2 การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวนหลังคา

<u>วิธีการทดลอง</u> ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่อุณหภูมิห้อง

<u>ตัวแปรที่ทำการศึกษา</u>

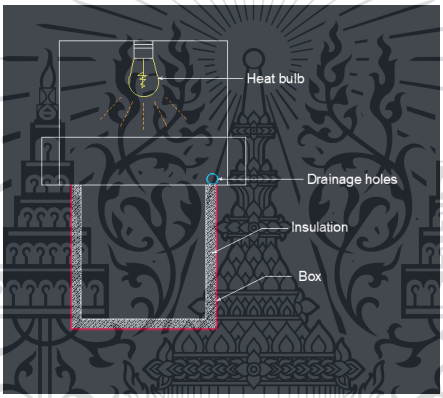
ตัวแปรต้น - รูปแบบของหลังคาได้แก่หลังคาหญ้าและหลังคาคอนกรีต

ตัวแปรตาม - อุณหภูมิผิวภายในสวนหลังคาหญ้าและหลังคาคอนกรีต

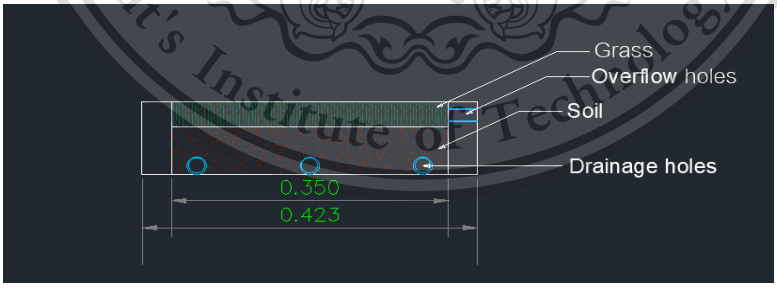
ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกันความเร็วลมเท่ากัน ส่วนประกอบของดินเท่ากันและให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน

<u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

- ระยะเวลาที่อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาตั้งแต่เริ่มปิดเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่เป็นระยะเวลาที่มวลสารของหลังคาสามารถเก็บกักความเป็นเอาไว้ได้



รูปที่ 3.6.1 แสดงตัวอย่างการทดลองให้ความร้อนแก่ตัวบ้านจำลอง



รูปที่ 3.6.2 แสดงภาพตัดขวางให้เห็นถึงชั้นดิน และการจัดวางอุปกรณ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

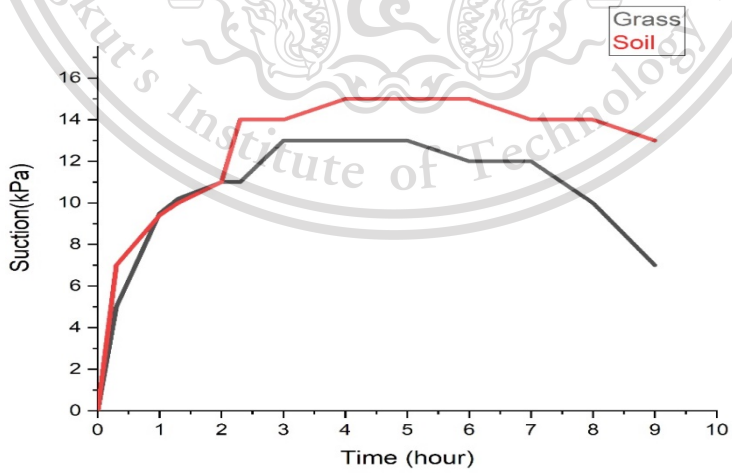
บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากชุดการทดลองที่ 1.1 ได้ผลลัพธ์คือ ค่า Suction ของดินบวกหญ้ามีค่าน้อยกว่าดินเปล่า

ตารางที่ 4 .1 ค่าความชื้นระหว่างวัน

เวลา	เวลา(ชั่วโมง)	หญ้า	ดิน	อุณหภูมิ
9.00	0.00	0	0	30
9.30	0.30	5	7	30
10.00	1.00	9.5	9.4	31
10.30	1.30	10.2	10	31
11.00	2.00	11	11	32
11.30	2.30	11	14	33
12.00	3.00	13	14	33
13.00	4.00	13	15	35
14.00	5.00	13	15	36
15.00	6.00	12	15	34

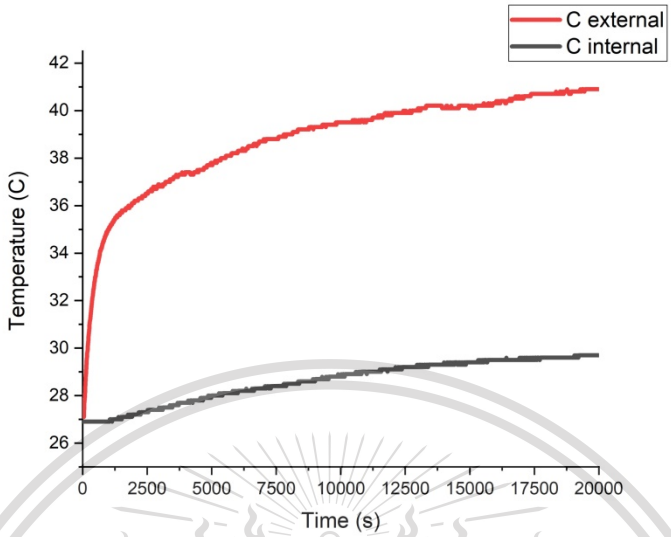


กราฟที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับเวลา

กราฟนี้ (กราฟที่ 4.1) แสดงให้เห็นว่าในตอนเช้าของวัน ความชื้นของหญ้าและดินนั้นจะมากกว่าตอกลางวัน ที่มีค่า suction มากที่สุดของวัน และลดลงเล็กน้อยเมื่อถึงตอนเย็น ซึ่งความชื้นของดินเปล่านั้นมีค่าน้อยกว่าดินบวกหญ้า

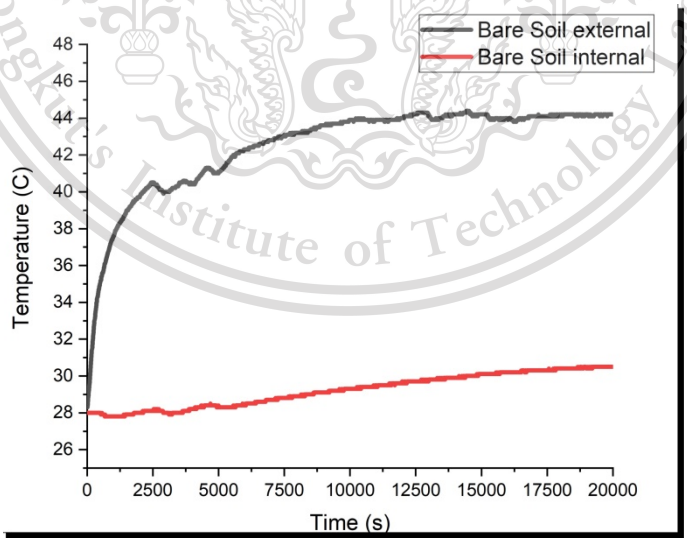
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากชุดการทดลองที่ 2.1 ได้ผลลัพธ์คือ อุณหภูมิภายในตัวบ้านที่มีค่าน้อยที่สุดของทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ดินบวกหญ้า รองลงมาได้แก่ ดินเปล่า และตามด้วย คอนกรีต



กราฟที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของคอนกรีต

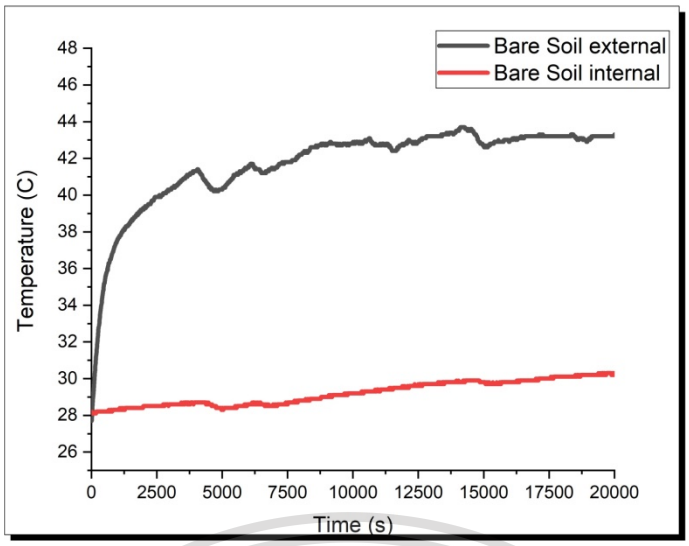
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตมีค่าต่ำสุด คือ 26.9 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 41.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 27.7 องศาเซลเซียส



กราฟที่ 4.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของดิน

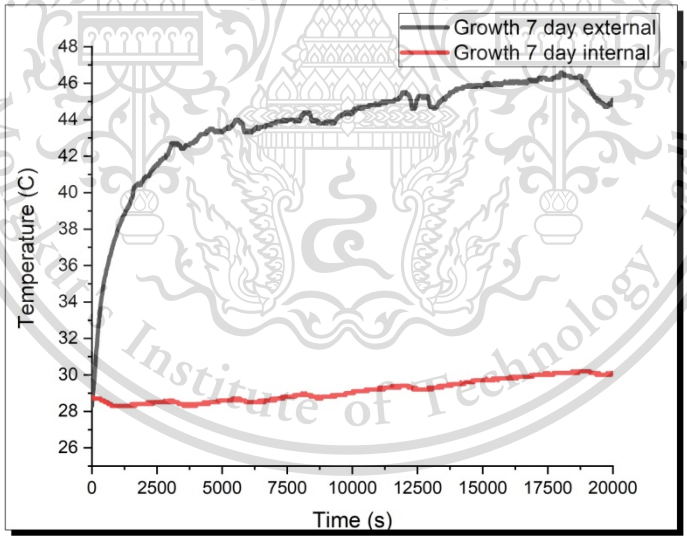
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.1) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินมีค่าต่ำสุด คือ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 43.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.3 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



กราฟที่ 4.2.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของดิน

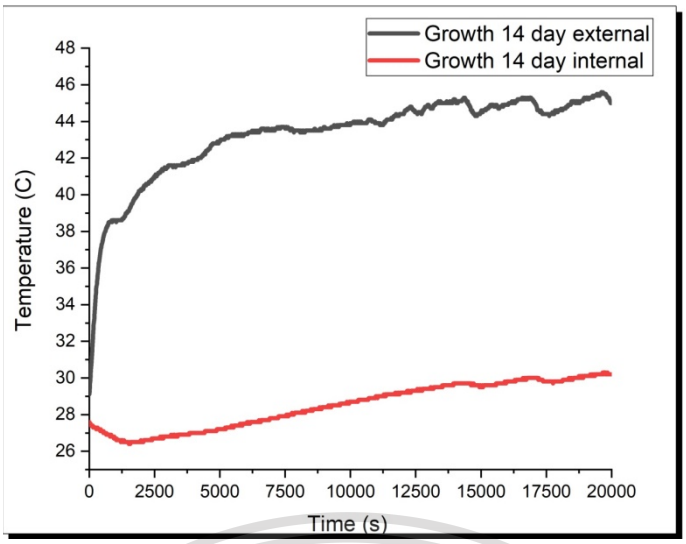
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.2.1) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินมีค่าต่ำสุด คือ 28.1 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 43.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.3 องศาเซลเซียส



กราฟที่ 4.2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า

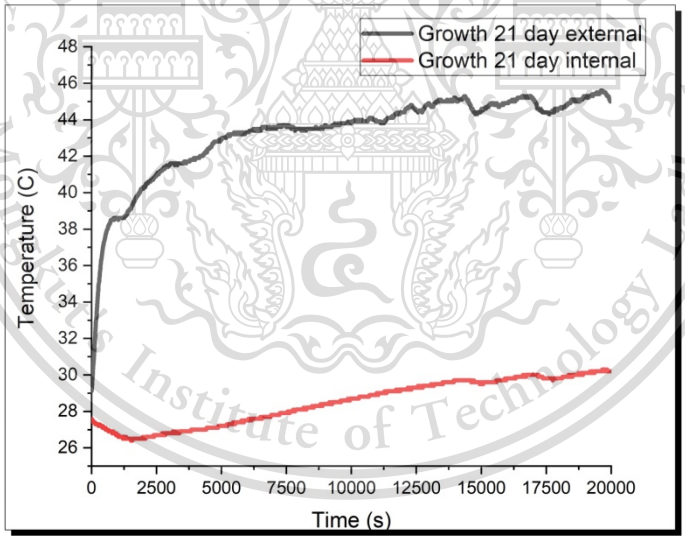
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.3) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามีค่าต่ำสุด คือ 28.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



กราฟที่ 4.2.3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า

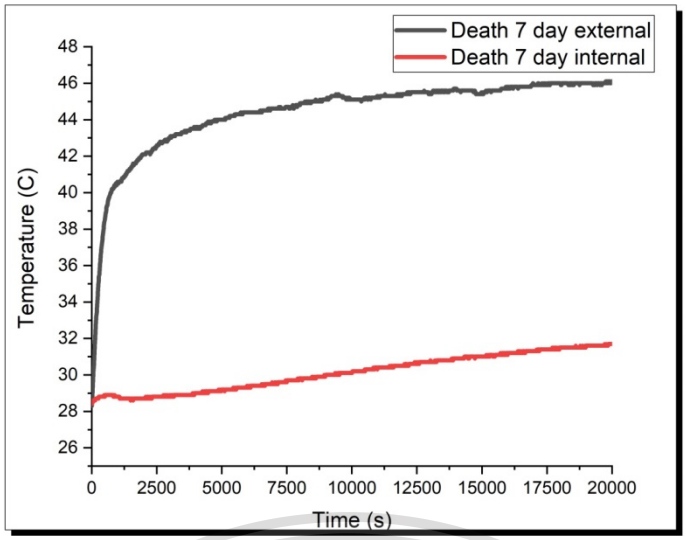
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.3.1) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามีค่าต่ำสุด คือ 27.6 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.3 องศาเซลเซียส



กราฟที่ 4.2.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า

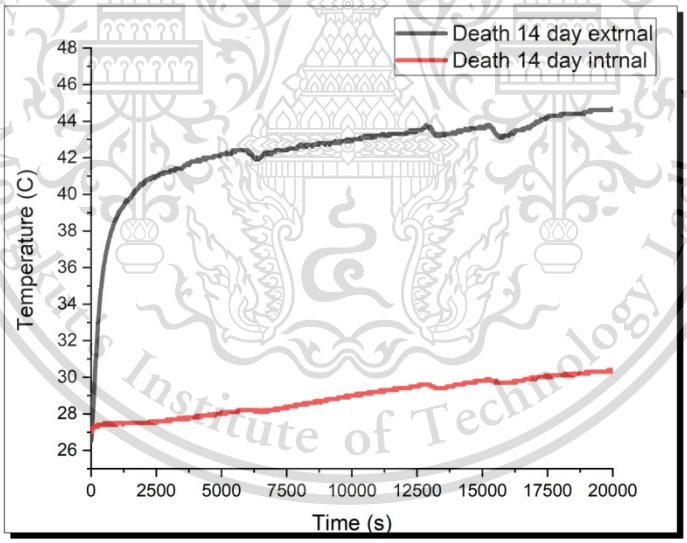
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.3.2) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามีค่าต่ำสุด คือ 26.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



กราฟที่ 4.2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า(ตาย)

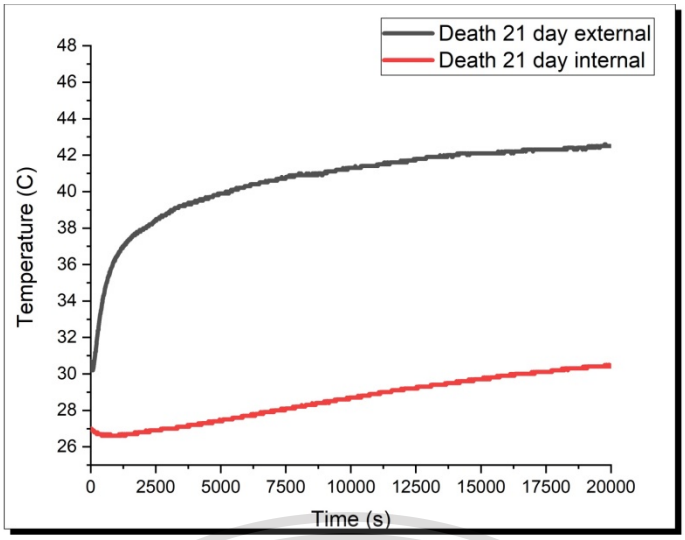
กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.4) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามีค่าต่ำสุด คือ 28.4 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 31.7 องศาเซลเซียส



กราฟที่ 4.2.4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า(ตาย)

กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.4.1) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามีค่าต่ำสุด คือ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 44.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



<u>กราฟที่ 4.2.4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า(ตาย)</u>

กราฟนี้ (กราฟที่ 4.2.4.2) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามีค่าต่ำสุด คือ 26.6 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 42.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 30.5 องศาเซลเซียส

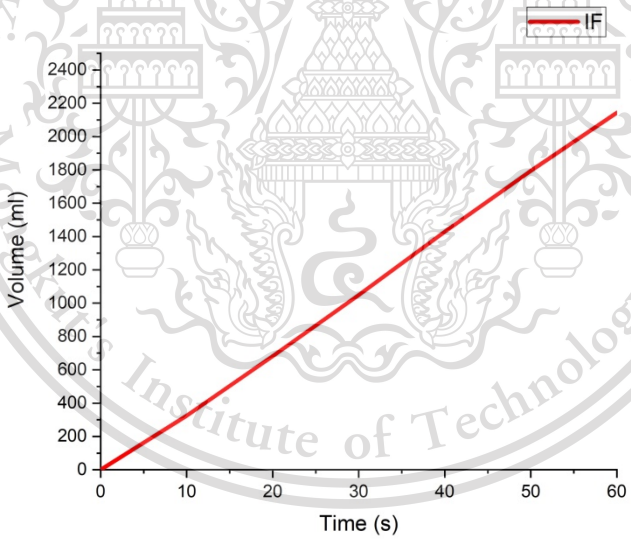
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากชุดการทดลองที่ 3.2 ได้ผลลัพธ์คือ ความสามารถในการชะลอและกักเก็บน้ำของ ชนิดการทดลอง ดินเปล่า และดินบวกหญ้า ชนิดนิดที่ชะลอน้ำได้ดีกว่า ได้แก่ ดินบวกหญ้า รองลงมาคือดินเปล่า

ตารางที่ 4.2 อัตราการไหลข้าวของน้ำ

Time(sec)	volume1(ml)	volume2(ml)	volume3(ml)	ค่าเฉลี่ย(ml)	DF(ml)
0	0	0	0	0	0
10	350	300	325	325	325
20	715	610	710	681.667	356.667
30	1065	1010	1070	1048.333	366.666
40	1435	1405	1450	1430	381.667
50	1830	1745	1760	1795	365
60	2195	2100	2135	2143.333	348.333

จากตางรางที่ 4.2 เป็นค่าที่ได้จากการวัดอัตราการไหลของน้ำฝนเทียมที่ใช้ในการทดลอง โดยการวัดอัตราการไหล 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที และ อ่านค่าปริมาณน้ำทุกๆ 10 วินาที และนำไปพล็อตกราฟเพื่อดูพฤติกรรมการไหลของน้ำ



กราฟที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา

จากกราฟที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำนั้นเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ เมื่อเวลาผ่านไปจนสิ้นสุดการทดลอง ที่ 60 วินาที

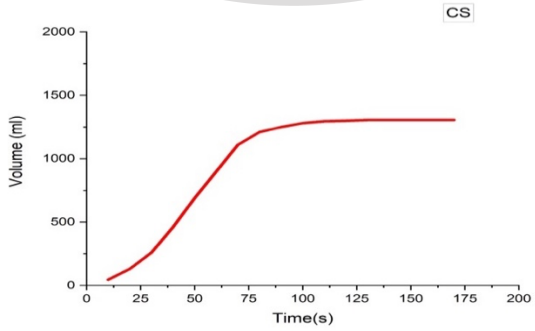
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทดลองที่ 3.1 หลังจากการให้น้ำฝนเทียมที่มีอัตราการการไหลคงที่ มาทำการทดลองให้น้ำฝนการชนิดทดลอง 2 ชนิด คือ ดินเปล่า และ ดินบวกหญ้า จะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2.1 ค่าการทดลองของ ดินเปล่า

start inflow(sec)	start outflow(sec)	volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10 (5)	0	0	0
20	10	45	45
30	20	130	85
40	30	260	130
50	40	460	200
stop 60	50	690	230
70	60	900	210
80	70	1110	210
90	80	1210	100
100	90	1250	40
110	100	1280	30
120	110	1295	15
130	120	1300	5
140	130	1305	5
150	140	1305	0
160	150	1305	0
170	160	1305	0
180	170	1305	0

จากตารางที่ 4.2.1 เป็นการให้น้ำฝน เป็นเวลา 60 วินาที โดยน้ำเริ่มไหลออกเมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที และหยุดไหลในเวลา 180 วินาที หรือ 3 นาที



กราฟที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของดิน

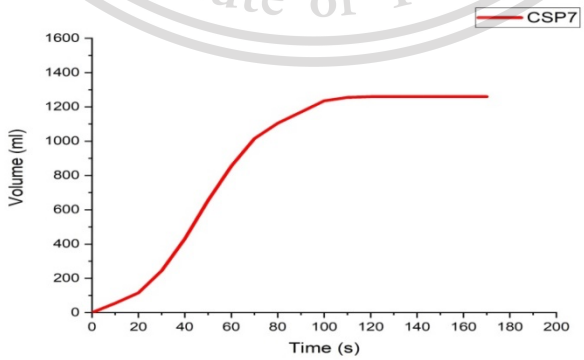
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากกราฟที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-40 วินาที และค่อยๆช้าลงจะหยุดไหลใน 130 วินาที

ตารางที่ 4.2.2 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 7 วัน

start inflow(sec)	start outflow(sec)	volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10 (9)	0	0	0
20	10	55	55
30	20	115	60
40	30	245	130
50	40	430	185
stop 60	50	655	225
70	60	855	200
80	70	1015	160
90	80	1105	90
100	90	1170	75
110	100	1235	50
120	110	1255	20
130	120	1260	5
140	130	1260	0
150	140	1260	0
160	150	1260	0
170	160	1260	0
180	170	1260	0

จากตารางที่ 4.2.2 เป็นการให้น้ำฝน เป็นเวลา 60 วินาที โดยน้ำเริ่มไหลออกเมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาที และหยุดไหลในเวลา 180 วินาที หรือ 3 นาที



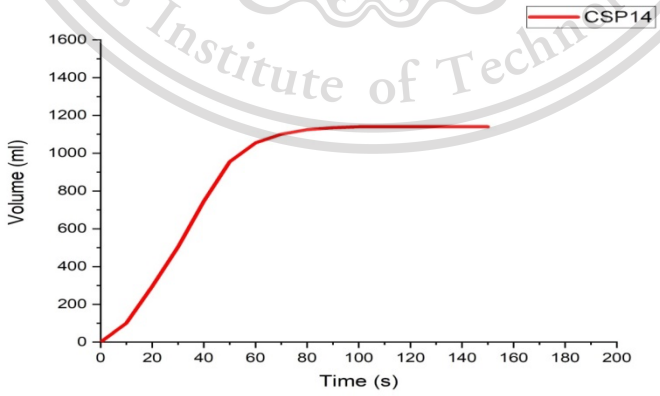
กราฟที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า

จากกราฟที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-40 วินาที และค่อยๆช้าลงจะหยุดไหลใน 120 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2.3 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 14 วัน

start inflow(sec)	start outflow(sec)	Volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10	-	-	-
20	-	-	-
30 (22)	0	0	0
40	10	101	101
50	20	295	194
stop 60	30	505	210
70	40	745	240
80	50	955	210
90	60	1055	100
100	70	1100	45
110	80	1125	25
120	90	1135	10
130	100	1140	5
140	110	1140	0
150	120	1140	0
160	130	1140	0
170	140	1140	0
180	150	1140	0

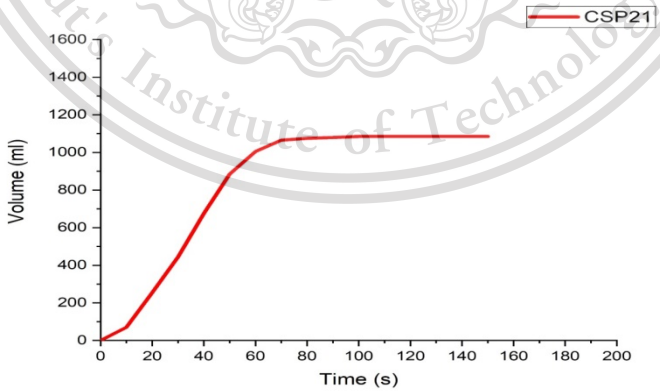


จากกราฟที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-40 วินาที และค่อยๆช้าลงจะหยุดไหลใน 100 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2.4 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 21 วัน

start inflow(sec)	start outflow(sec)	volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10	-	-	-
20	-	-	-
30 (29)	0	0	0
40	10	70	70
50	20	255	185
stop 60	30	445	190
70	40	675	230
80	50	885	210
90	60	1005	120
100	70	1065	65
110	80	1075	10
120	90	1080	5
130	100	1085	5
140	110	1085	0
150	120	1085	0
160	130	1085	0
170	140	1085	0
180	150	1085	0



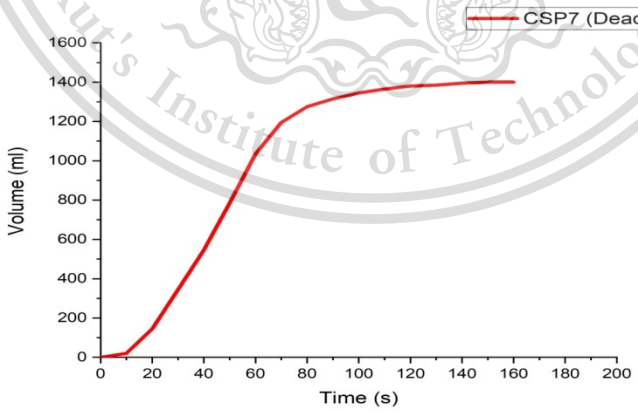
กราฟที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า

จากกราฟที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-40 วินาที และค่อยๆช้าลงจะหยุดไหลใน 100 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2.5 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 7 วัน (หญ้าตาย)

start inflow(sec)	start outflow(sec)	volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10	-	-	-
20 (16)	0	0	0
30	10	20	20
40	20	145	125
50	30	345	200
stop 60	40	545	200
70	50	785	240
80	60	1035	250
90	70	1195	160
100	80	1275	80
110	90	1315	40
120	100	1345	30
130	110	1365	20
140	120	1380	15
150	130	1385	5
160	140	1395	10
170	150	1400	5
180	160	1400	0



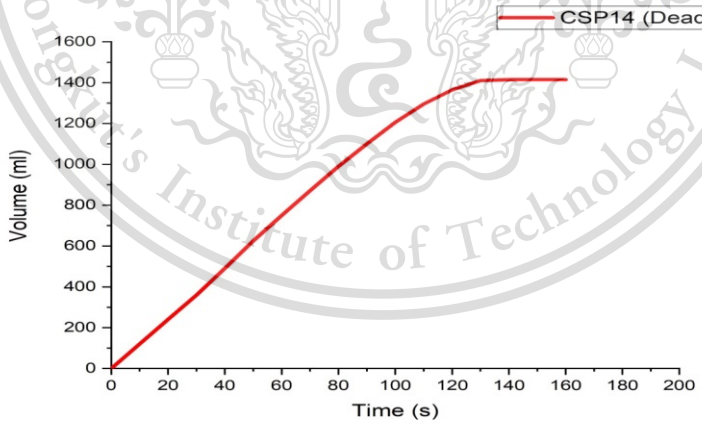
กราฟที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า

จากกราฟที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-40 วินาที และค่อยๆช้าลงจะหยุดไหลใน 150 วินาที

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2.6 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 14 วัน (หญ้าตาย)

start inflow(sec)	start outflow(sec)	volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10	-	-	-
20(18)	0	0	0
30	10	120	120
40	20	240	120
50	30	360	120
stop 60	40	490	130
70	50	625	135
80	60	750	125
90	70	870	120
100	80	990	120
110	90	1100	110
120	100	1205	105
130	110	1295	90
140	120	1365	160
150	130	1410	45
160	140	1415	5
170	150	1415	0
180	160	1415	0



กราฟที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า

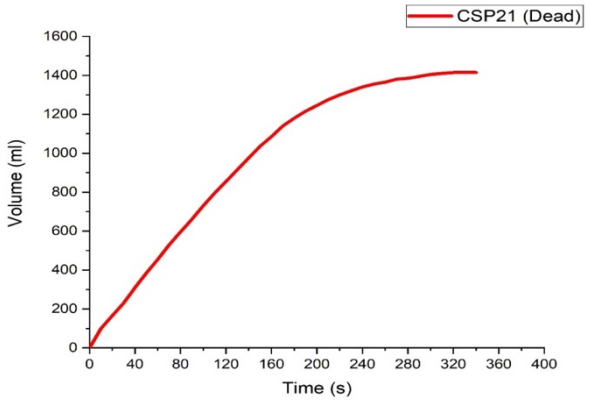
จากกราฟที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-50 วินาที และค่อยๆช้าลง จะหยุดไหลใน 140 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2.7 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้าที่อายุ 21 วัน (หญ้าตาย)

start inflow(sec)	start outflow(sec)	volume(ml)	DF(ml)
0	-	-	-
10	-	-	-
20(15)	0	0	0
30	10	100	100
40	20	165	65
50	30	230	65
stop 60	40	310	80
70	50	385	75
80	60	455	70
90	70	530	75
100	80	595	65
110	90	660	65
120	100	730	70
130	110	795	65
140	120	855	60
150	130	915	60
160	140	975	60
170	150	1035	60
180	160	1085	50
190	170	1140	45
200	180	1180	40
210	190	1215	35
220	200	1245	30
230	210	1275	30
240	220	1300	25
250	230	1320	20
260	240	1340	20
270	250	1355	15
280	260	1365	10
290	270	1380	15
300	280	1385	5
310	290	1395	10
320	300	1405	10
330	310	1410	5
340	320	1415	5
350	330	1415	0
360	340	1415	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



<u>กราฟที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า</u>

จากกราฟที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างเร็วในช่วง 0-70 วินาที และค่อยๆช้าลงจะหยุดไหลใน 320 วินาที

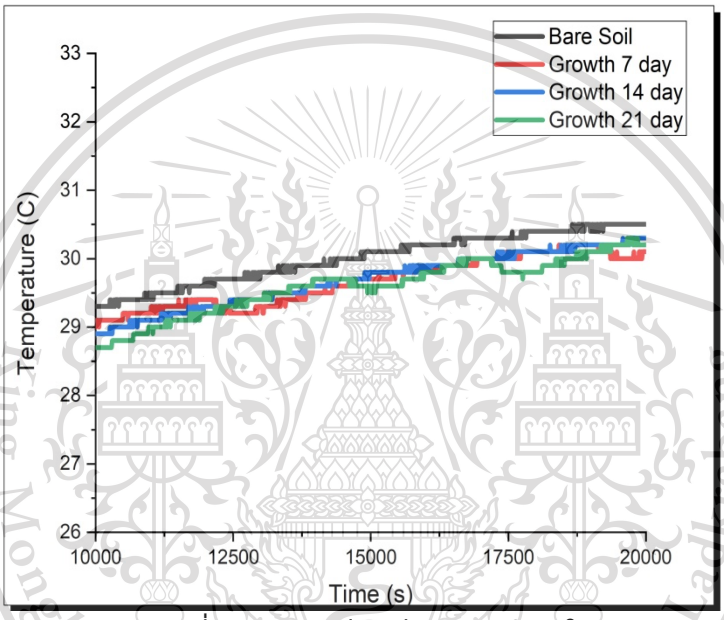
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

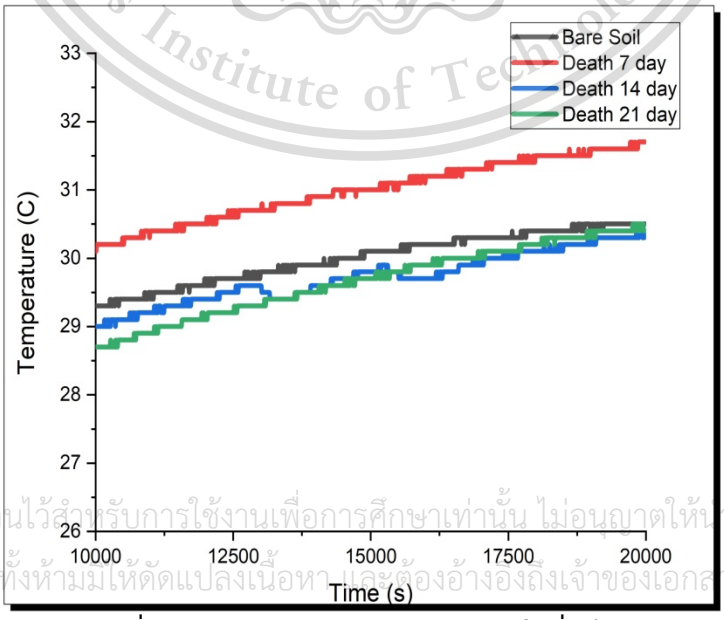
สรุปผล

จากผลการลองหลังจากทำการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ผ่านทางวัสดุทดลองที่ความลึกใต้หลังคาและในตัวอาคาร และการชะลอและกักเก็บน้ำของหลังค่าแต่ละชนิดสรุปได้ดังนี้

1. จากกราฟด้านล่างเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อหาข้อสรุปและประสิทธิภาพการความคุมอุณหภูมิของหลังค่าแต่ละชนิดจะได้ผลดังนี้

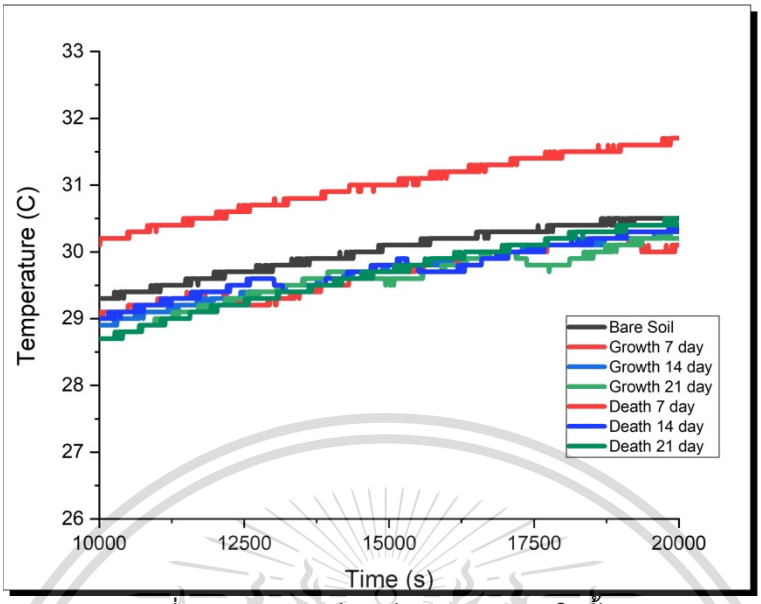


กราฟที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน

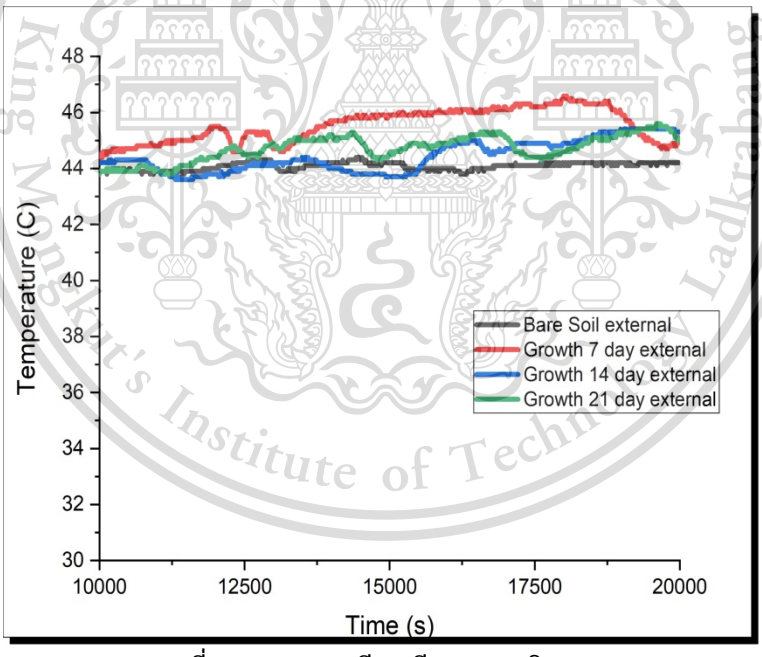


กราฟที่ 5.1.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในที่หญ้าตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

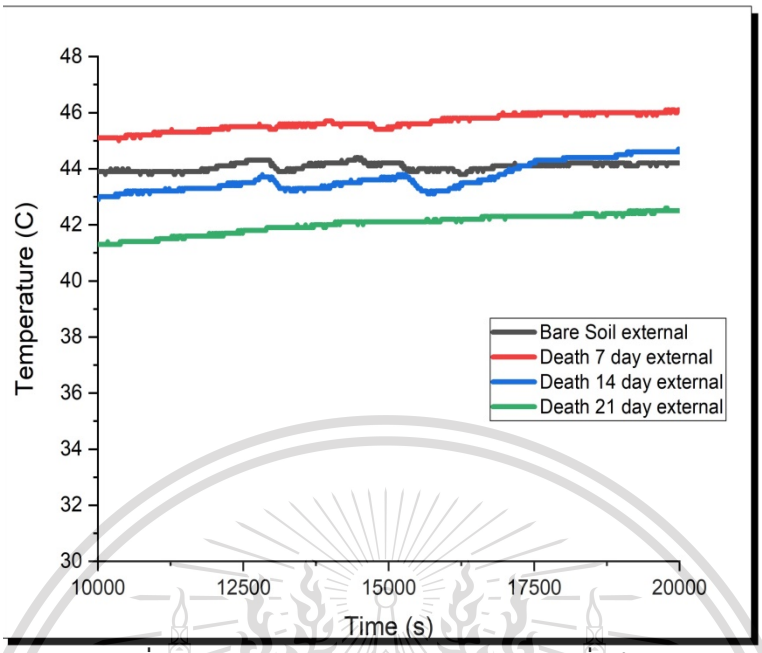


กราฟที่ 5.1.3 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในทั้งหมด

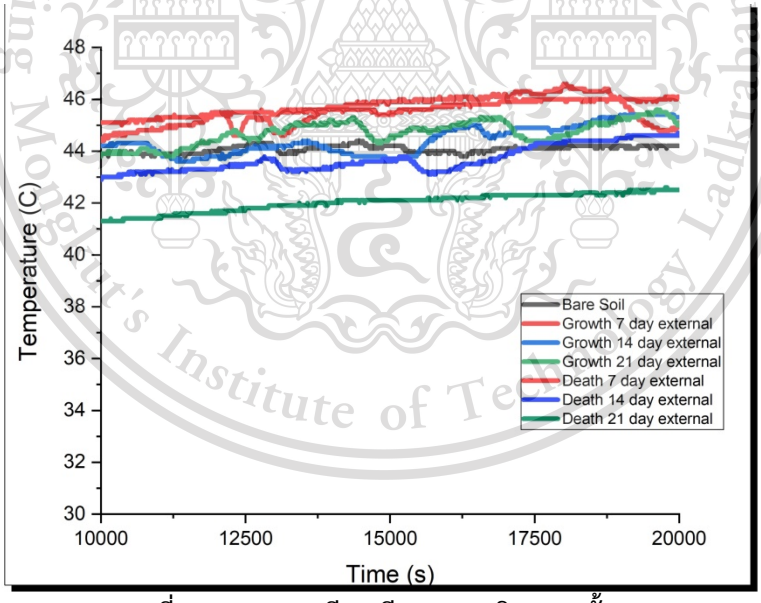


กราฟที่ 5.1.4 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

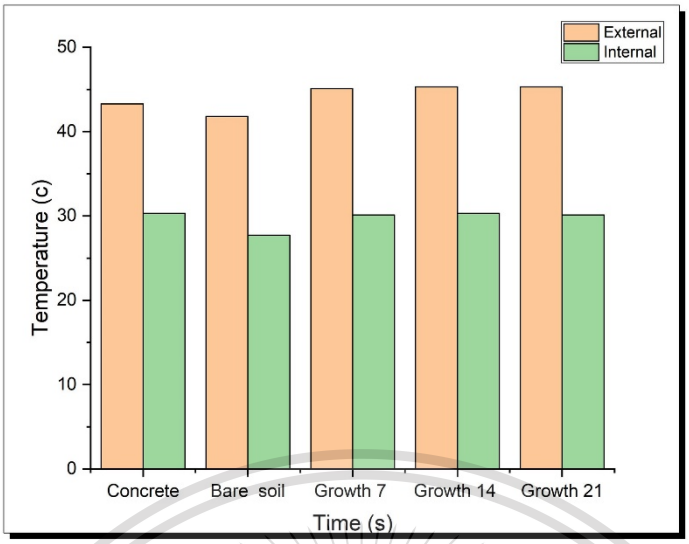


กราฟที่ 5.1.5 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกที่หญ้าตาย

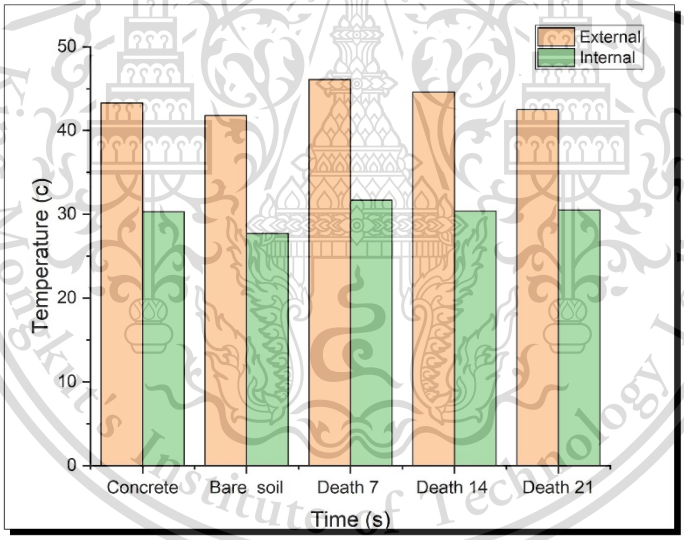


กราฟที่ 5.1.6 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



การฟที่ 5.1.7 กราฟแท่งเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร



การฟที่ 5.1.8 กราฟแท่งเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและภายในหลังหญ้าตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 5.1 เปรียบอุณหภูมิภายในและภายนอกสูงสุด

ชนิดของตัวอย่างการทดลอง	อุณหภูมิภายนอก(˚C)	อุณหภูมิภายในบ้าน(˚C)	ความต่างของอุณหภูมิ(˚C)
คอนรีต	41.8	27.7	14.1
ดิน+คอนกรีต	43.3	30.3	13
ดิน+คอนกรีต+หญ้า(7วัน)	45.1	30.1	15
ดิน+คอนกรีต+หญ้า(14วัน)	45.3	30.3	15
ดิน+คอนกรีต+หญ้า(21วัน)	45.3	30.1	15.2
ดิน+คอนกรีต+หญ้า(7วัน)ตาย	46.1	31.7	14.4
ดิน+คอนกรีต+หญ้า(14วัน)ตาย	44.6	30.4	14.2
ดิน+คอนกรีต+หญ้า(21วัน)ตาย	42.5	30.5	12

เนื่องจากหญ้าอายุ 7 วันเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง มีปริมาณหญ้าที่เจริญเติบโตจากเมล็ดอย่างชัดเจน จึงเริ่มทำการทดสอบที่ช่วงนี้ และทำการทดสอบทุกๆ 1 อาทิตย์ เพื่อความสม่ำเสมอของระยะเวลา

การลดความร้อน คาดว่าหากพืชปกคลุมผิว 100% จะสามารถป้องกันความร้อนได้ 100% แต่ในขณะทำการทดลอง

- ดินเปล่า คาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 1.1 %
- หญ้าอายุ 7 วัน พืชเพียง 2 % จึงคาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 2 %
- หญ้าอายุ 14 วัน พืชเพียง 5 % จึงคาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 2 %
- หญ้าอายุ 21 วัน พืชเพียง 7 % จึงคาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 2.2 %
- หญ้าตายอายุ 7 วัน คาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 1.4 %
- หญ้าตายอายุ 14 วัน คาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 1.2 %
- หญ้าตายอายุ 21 วัน คาดว่าสามารถกันความร้อนได้เพียง 1 %

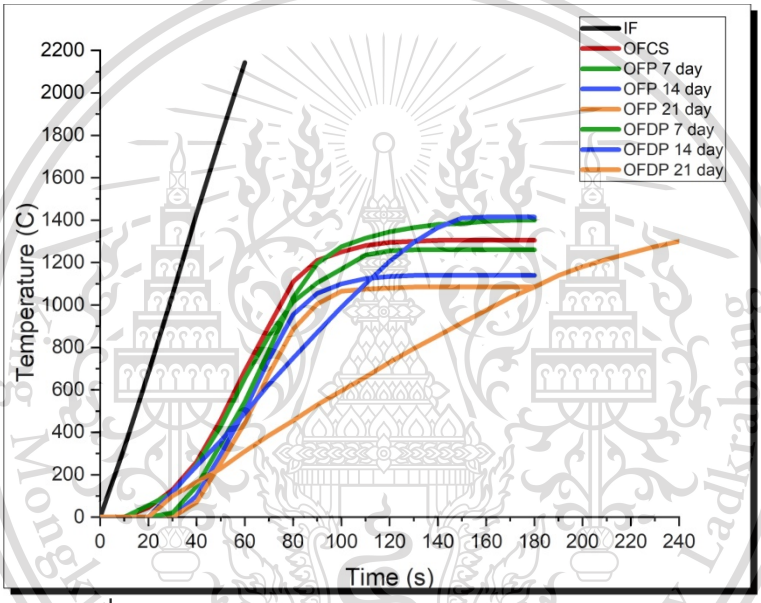
จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่า ชนิดทดลองแต่ละชนิดนั้นมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ต่างกัน จากการให้อุณหภูมิกับชนิดการทดลอง ทั้ง 3 อย่าง และนำผลการทดลองมาคำนวณและเปรียบจึงสรุปได้ว่า ดิน+หญ้า+คอนกรีต สามารถควบคุมอุณหภูมิได้มากที่สุด อุณหภูมิผ่านได้น้อยกว่าชนิดการทดลองอีก 2 แบบ รองมาคือ ดินเปล่า และ คอนกรีต ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

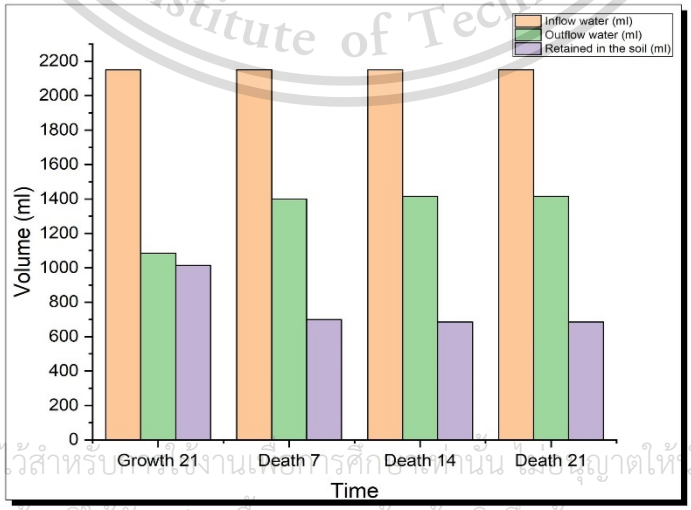
สาเหตุที่ คอนกรีตควบคุมอุณหภูมิได้ไม่ดีเท่า หญ้ากับดิน เพราะวัสดุคอนกรีตนั้นมีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดีกว่าชนิดอื่นเมื่อเทียบกับ โดยสาเหตุที่หญ้า มีอุณหภูมิผ่านเข้าไปได้น้อยสุดนั้น เกิดจากช่องว่างของอากาศที่อยู่ในลำต้นและรากของหญ้า และยังมีใบของหญ้าที่งอกสลับกันเป็นชั้น เกิดช่องว่างอีก จึงทำให้อุณหภูมิผ่านได้ยาก และเม็ดที่อยู่ข้างใต้หญ้าก็ยังมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินอีก ที่ทำให้อุณหภูมิผ่านได้ยาก

ต่างจากคอนกรีตที่มีความหนาแน่นมาก เมื่ออุณหภูมิสัมผัสกับคอนกรีตโดยตรง ทำให้คอนกรีตมีอุณหภูมิสูงขึ้น และส่งผ่านไปยัง ภายในนั้นเอง

2. จากกราฟด้านล่างเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อหาข้อสรุปและประสิทธิภาพการชะลอและกักเก็บน้ำของหลังค่าแต่ละชนิดจะได้ผลดังนี้

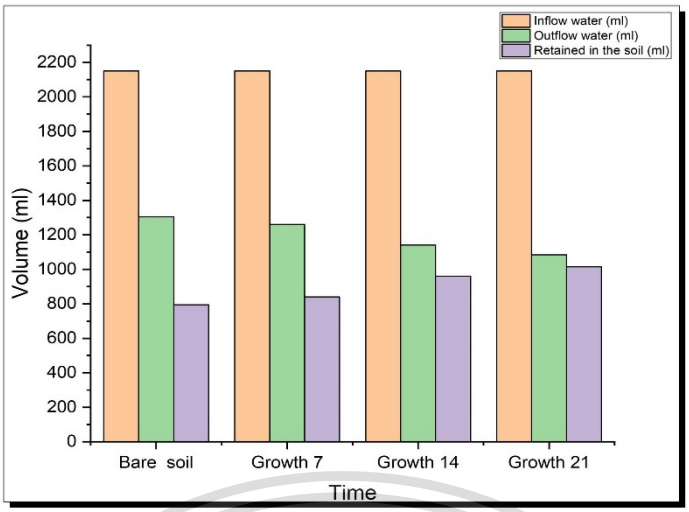


กราฟที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา



กราฟที่ 5.2.1 กราฟแท่งเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



กราฟที่ 5.2.2กราฟแท่งเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาหญ้าตาย

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก

ชนิด	ปริมาณน้ำไหลเข้า (ml)	ปริมาณน้ำไหลออก (ml)	ปริมาณน้ำกักเก็บ (ml)
ดิน	2150	1305	845
หญ้า 7 วัน	2150	1260	890
หญ้า 14 วัน	2150	1140	1010
หญ้า 21 วัน	2150	1085	1065
หญ้า 7 วัน (ตาย)	2150	1400	750
หญ้า 14 วัน (ตาย)	2150	1415	735
หญ้า 21 วัน (ตาย)	2150	1415	735

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่า ชนิดทดลองทั้งสองชนิดนั้นมีคุณสมบัติในการชะลอน้ำและกักเก็บน้ำที่ต่างกัน โดยหญ้าสามารถชะลอน้ำได้ดีกว่า จากกราฟที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าตัวหญ้านั้นระบายน้ำได้ช้ากว่าดินเปล่า เมื่อดูจาก ตารางที่ 5.2 ให้ปริมาณน้ำฝน ปริมาณ 2150 ml เท่ากันทั้งสองชนิด แต่น้ำของหญ้านั้นระบายออกมาน้อยกว่าดินเปล่า หรือ กล่าวได้ว่า หญ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่าดินเปล่า สาเหตุเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาบนหญ้านั้น ส่วนหนึ่งไม่ได้ซึมลงไปในดินและระบายออกทางท่อระบาย แต่น้ำนั้นค้างอยู่บ่นใบหญ้า ต่างจากดินที่น้ำนั้นซึมผ่านดินและไหลออกไปทางท่อระบาย น้ำที่ระบายออกมาของหญ้าบวกดินนั้นจึงมีปริมาณน้อยกว่าดินเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนั้นมีปัจจัยเกี่ยวกับสภาพอากาศของแต่ละวันที่แตกต่างกันซึ่งอาจทำให้ค่าของชนิดทดลองต่างๆ มีความแตกต่างกันแต่สามารถยอมรับได้เพราะต่างกันเพียงเล็กน้อย และเป็นการยกตัวอย่างหญ้าเพียงชนิดเดียว คือ หญ้าเบอร์มิวด้า และเป็นการจำลองน้ำฝน ที่คงที่ ซึ่งต่างจากความเป็นจริงที่ปริมาณน้ำฝนนั้นเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และดินที่ใช้ในการปลูกหญ้านั้นเป็นดินปลูกที่มีขายตามตลาดทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

1. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs Applied Energy 115 (2014) 411–428
2. Umberto Berardi, AmirHosein GhaffarianHoseini, Ali GhaffarianHoseini
3. maahanakorn.com/ปลูกหญ้าอะไรดี/
4. banidea.com/gene-grass-beautiful/
5. Hydraulic engineering / กีรติ ลีวัจนกุล
6. aggie-horticulture.tamu.edu/Bermuda
7. mingrass.com/การปลูกหญ้าสนามในการค้า

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

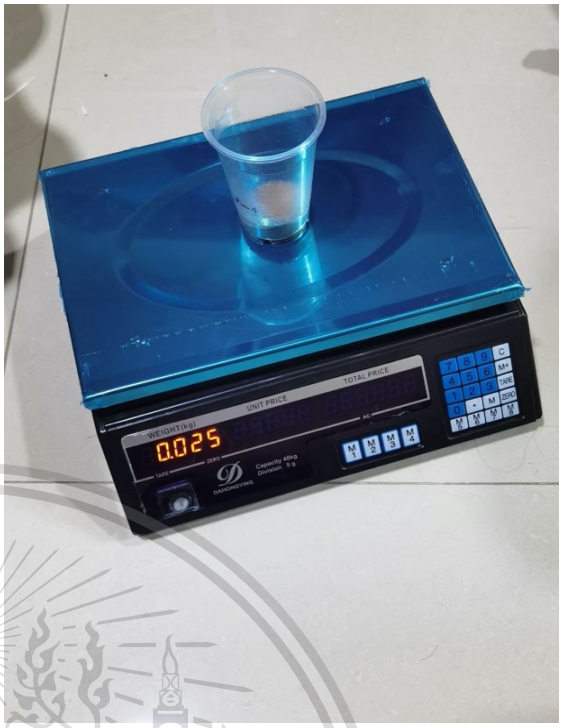
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การปลูกหญ้า

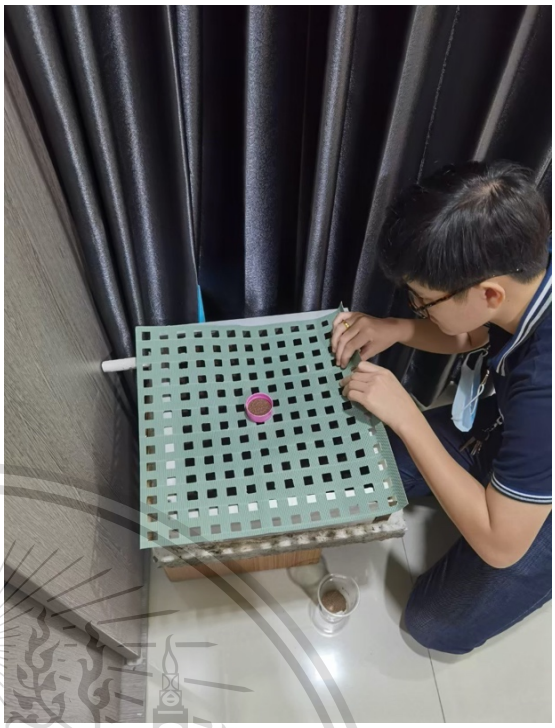
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



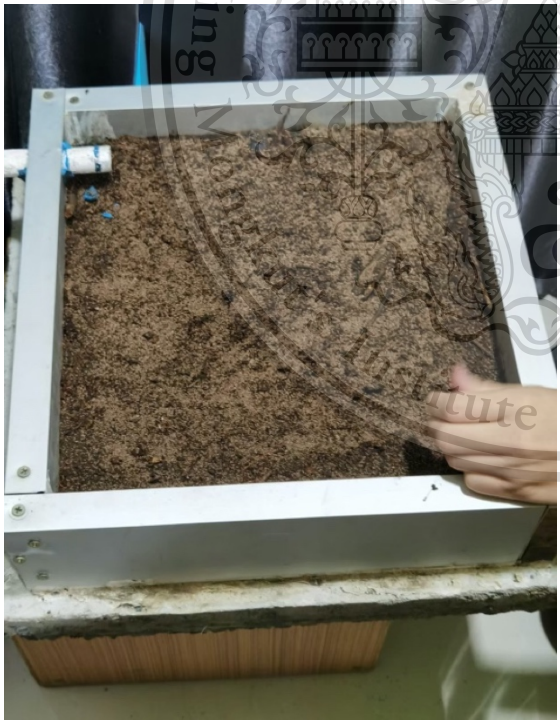
การชั่งเมล็ดหญ้าเพื่อทำการทดลอง

การปรับเตรียมดินเพื่อทำการปลูกหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



การโรยเมล็ดหญ้า



การรดน้ำหลังการโรยเมล็ดเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หญ้าขึ้นวันที่ 7

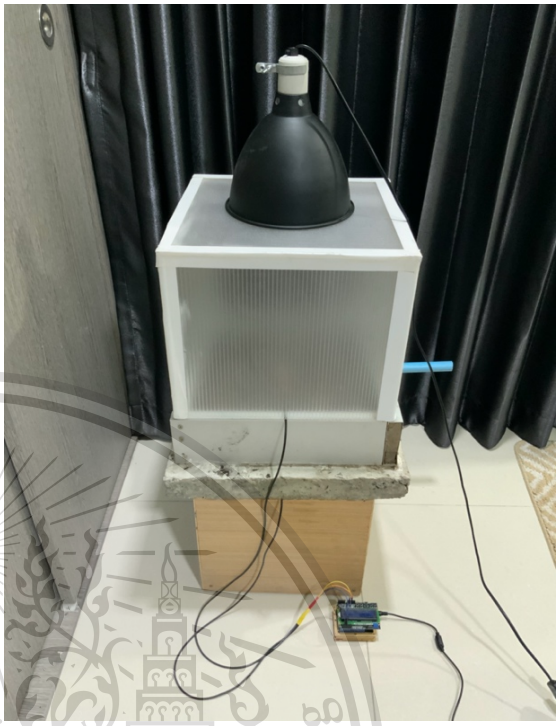
หญ้าขึ้นที่ 14

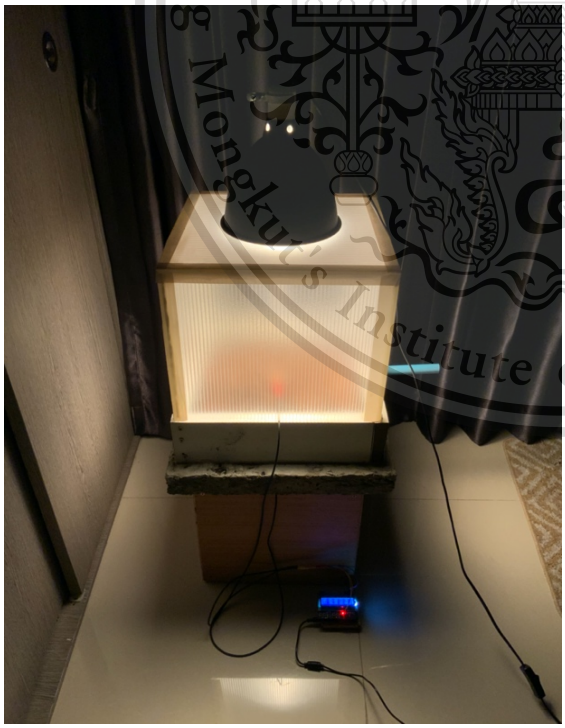
หญ้าขึ้นวันที่ 21

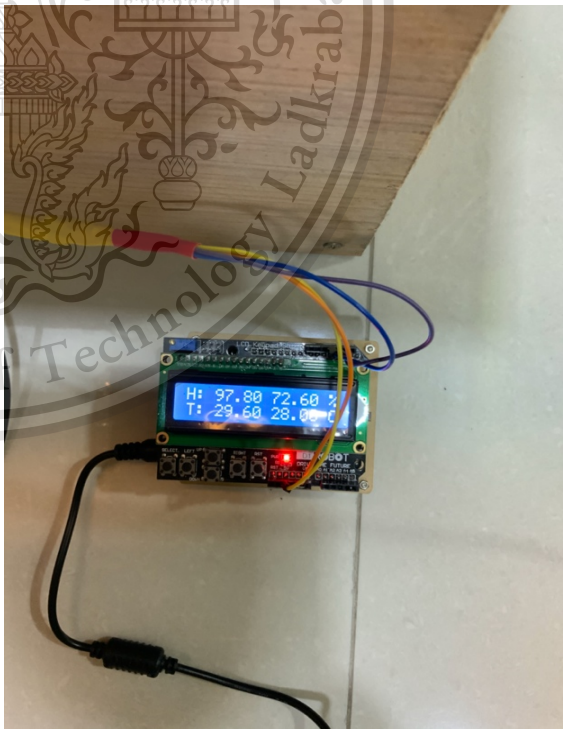
หลังปล่อยให้หญ้าตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความร้อน

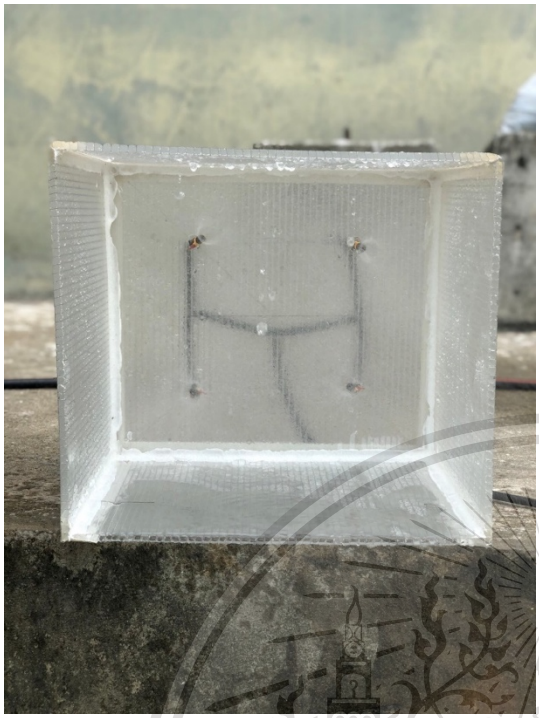


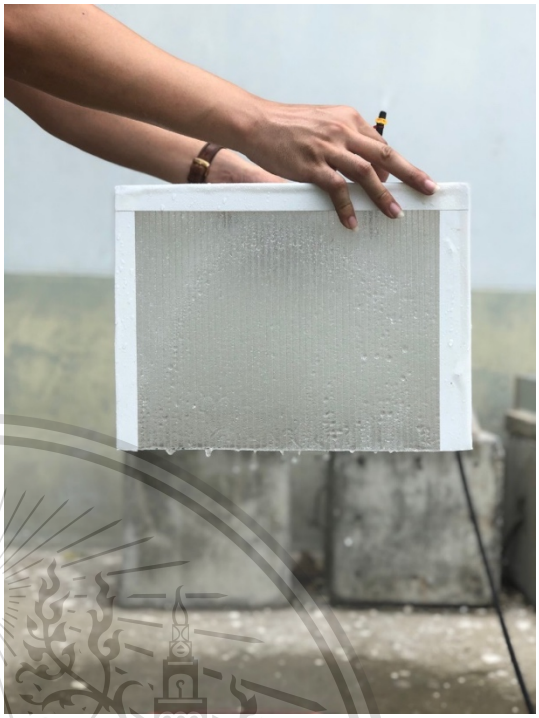




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ฝนจำลอง





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.