รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาการผลิตพืชผักปลอดภัยในระบบโรงเรือน

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชผักภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม

   กิจกรรม : การออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารปลูกพืช

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) :** การออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารปลูกพืช

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Design and development of a Sunlight tube natural light into plant factory

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นายวุฒิพล จันทร์สระคู สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี

   ผู้ร่วมงาน นายเอกภาพ ป้านภูมิ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
   นายสราวุฒิ ปานทน สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี
   นางรัติกาล ยุทธศิลป์ สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3
   นายวรรธนะ สมนึก สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
   นางจิรภา ออสติน สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต

5. **บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบของท่อนำแสงที่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารสำหรับการเพาะปลูกพืชในระบบการปลูกในอาคาร รวมถึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแสงสว่างผ่านท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร นำไปออกแบบและติดตั้งระบบท่อนำแสงที่เหมาะสมในอาคารทดลองปลูกพืช โดยออกแบบและสร้างอุปกรณ์ท่อนำแสงอาทิตย์จากภายนอกอาคาร เพื่อให้แสงสว่างแก่การปลูกพืชในอาคาร และศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เปรียบเทียบการใช้แสงธรรมชาติภายนอกอาคาร และแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าที่ใช้เป็นแสงเทียมในการเพาะปลูกพืชในอาคาร ผลการดำเนินงานสร้างอาคารปลูกพืชจำลอง สำหรับใช้ทดสอบระบบท่อนำแสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงธรรมชาติ เพื่อนำเข้ามาใช้ในอาคารปลูกพืชซึ่งเป็นอาคารปิดทึบ โดยจะทำการสร้างชุดทดสอบแบบจำลองเป็นอาคารขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 3 x 3 x 3 เมตร หลังคามุงด้วยเมทัลชีท โดยการจัดทำห้องทดลองเพื่อทดสอบระบบท่อนำแสงตามขนาดที่ออกแบบไว้ จำนวน 2 ห้อง สำหรับการทดลองเปรียบเทียบการใช้แสงธรรมชาติและแสงเทียมในการปลูกพืชผักในอาคาร และจะดำเนินการทดลองปลูกผักลิ้นห่านในชั้นปลูก โดยเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม แสง และการเจริญเติบโต รวมทั้งผลผลิตพืชผักในโครงการวิจัยใหม่ปี 2564 ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

This research aims to study the form of a Sunlight tube with bringing natural light into the building for the cultivation of crops planted in the building. The factors that affect the amount of natural light entering the building through a Sunlight tube leading to the design and installation of proper lighting in buildings, duct experimental crops. Designing and building Sunlight tube fittings from outside the building to illuminate indoor plants and study-related factors Compare the use of outdoor natural light and the lamp used as artificial lighting in indoor plants. The result of the construction of a simulated plant for testing the Sunlight tube from the sun or natural light to be used in the plants which are closed buildings. It will create a test set for a model of a building, width x length x height 3x3x3 meters, roof with a metal sheet. The preparation of laboratory tests to Sunlight tube system designed according to the size of two rooms. An experiment to compare the use of natural and artificial light in indoor vegetable growing and the cultivation of gooseberry vegetables in the cultivation layer will be conducted to collect the environment, light, and growth data. Including vegetable yields in the new research project in 2021

6. คำนำ

แสงธรรมชาติเป็นพลังงานทดแทนจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยในด้านการประหยัดพลังงาน โดยการใช้ พลังงานทดแทนจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีหมด ประเทศไทยอยู่ในเขตโซนมีแสงธรรมชาติที่เพียงพอโดยมีปริมาณแสงสว่างที่ได้จากท้องฟ้าที่มีค่ามากกว่า 10,000 (lux) สูงถึง 90% ซึ่งหากสามารถนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารให้เกิดประโยชน์จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานด้านแสงสว่างภายในอาคาร การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบแสงสว่างมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นทุกปี การเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสมก็จะช่วยลดภาระในส่วนค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าโดยรวมลงได้ในระยะยาว

ระบบการใช้แสงสว่างจากท่อนำแสงสามารถนำแสงเข้าสู่อาคารได้ทั้งด้านบน และด้านข้างรวมทั้งสามารถนำแสงเข้าสู่ภายในห้องที่ไม่มีช่องเปิดได้ต่างจากการนำแสงทางด้านข้างทั่วไปที่จะให้แสงได้เฉพาะส่วนที่มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารระบบท่อนำแสงจึงเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการออกแบบและการทดลองนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานแสงสว่างในอาคาร เป็นแนวทางการประหยัดพลังงานการใช้พลังงานธรรมชาติในอาคารให้เกิดประโยชน์สูงสุด และส่งเสริมการใช้ท่อนำแสงแนวไปใช้ในอาคารให้เป็นที่แพร่หลาย (เด่น แซ่อึ้ง, 2552)

การศึกษารูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารในรูปแบบต่างๆ และเทคนิคการสะท้อนแสงต่างๆ เพื่อช่วยในแสงเข้าสู่อาคาร ลดการใช้กระแสไฟฟ้าโดยการใช้ระบบท่อนำแสง (Light pipe system) ระบบนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ กระจกสะท้อนแสงอาทิตย์ ท่อนำแสง และส่วนกระจายแสงภายในห้อง ซึ่ง

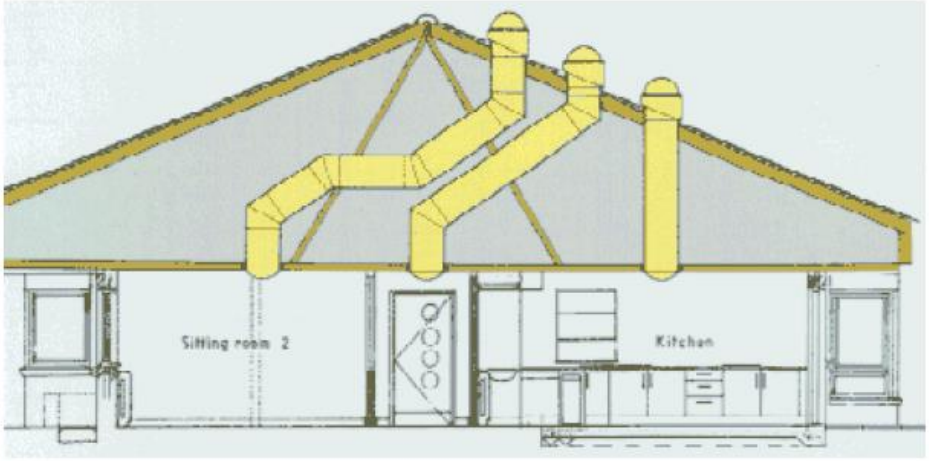
กรมวิชาการเกษตร

ระบบนี้เหมาะสำหรับพื้นที่แดดจัด โดยระบบท่อนำแสงนี้จะใช้การสะท้อนแสงของกระจกสะท้อนแสง ซึ่งอาจปรับทิศทางได้ตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เพื่อสะท้อนแสงอาทิตย์เข้าสู่ท่อนำแสง และกระจายเข้าสู่พื้นที่ภายในห้อง

ภิญโญ ชุมมณี และคณะ (2549) วิจัยการนำแสงธรรมชาติมาใชในสวนที่ระดับความสองสว่างไม่เพียงพอ ต่อการใชงานพื้นฐาน โดยอาศัยหลักการของการสะท้อนแสง ภายในท่อนำแสง ซึ่งศึกษาความสองสว่าง การกระจายแสงและการ สะท้อนแสงภายในของทอนำแสงแบบทรงกระบอก โดยติดตั้งทอนำแสงทางด้านทิศตะวันตกของเขตจังหวัดสงขลา ซึ่งจะทำการ คำนวณด้วยสมการและจำลองการใชงานด้วยโปรแกรม Energy Plus Version 1.2.2 พบวา ระบบรวมแสงจะตองคำนึงถึง มุม ทิศทางการสะทอนของแสงและอิทธิพลของมุมเปิดเห็นทองฟาเป็นหลัก การรวมแสงที่ได้จากการใชตัวแปรดังกล่าวจะให ประสิทธิภาพประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ การวิจัยระบบนำพาแสง พบวาแสงที่ขนานกับแนวทอจะมีประสิทธิภาพการนำแสงสูงสุดโดย จะแปรผกผันตามอัตราสวนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อ ความยาวของท่อนำแสง ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบ ปริมาณความสองสว่างของท่อนำแสงในแต่ละชวงเวลาในแต่ละวัน และแต่ละสภาวะอากาศของจังหวัดสงขลา เพื่อนำขอมูลปริมาณ ความส่องสว่างที่ได้จากผลการคำนวณ และจำลองสภาพการใชงาน ด้วยโปรแกรม Energy Plus Version 1.2.2 ไปสร้างท่อนำแสงตอไป

ศิวดล อุปพงษ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาวิจัยการใช้โปรแกรม DIAlux ซึ่งต้องทำความเข้าใจในขั้นตอนการสร้าง แบบจำลองท่อนำแสงแบบท่อวงกลมการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณแสงสว่าง และระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยได้ จากการศึกษาวิจัยท่อนำแสงแนวดิ่งยังสามารถศึกษาค้นคว้าในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านพื้นที่หน้าตัดท่อนำแสง แบบหน้าตัดท่อวงกลมกับหน้าตัดท่อสี่เหลี่ยม สามารถนำมาค้นคว้าเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของท่อทั้งสองแบบได้ การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวผนังท่อนำแสงเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณแสงสว่างได้ การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ได้ปริมาณแสงสว่างที่สูงขึ้นไปด้วยรวมทั้งระยะความสูงห้องของอาคารที่ความสูงต่าง ๆ ด้านการรับแสงที่ปากท่อนำแสงการศึกษานี้ไม่ได้พิจารณาการรับแสงทำให้มุมที่แสงผ่านเข้าสู่ท่อนำแสงจะตามมุมของแสงอาทิตย์ตามวันต่างๆ ของวงโคจรรอบโลกหากสามารถออกแบบเครื่องมือรับแสงที่ปากท่อนำแสงอาจทำให้ปริมาณแสงสว่างมีความสม่ำเสมอมากขึ้นได้ และระยะห่างระหว่างท่อนำแสงควรมีศึกษาเพื่อทราบการวางตำแหน่งท่อนำแสงที่เหมาะสมรวมทั้งอุณหภูมิห้อง ผลกระทบที่เกิดจากนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารผ่านท่อนำแสงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อให้ทราบผลกระทบที่เกิดขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อศึกษารูปแบบของท่อนำแสงที่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารสำหรับการเพาะปลูกพืชในระบบการปลูกในอาคาร รวมถึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแสงสว่างผ่านท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร นำไปออกแบบและติดตั้งระบบท่อนำแสงที่เหมาะสมในอาคารทดลองปลูกพืช



ภาพที่ 1 แสดงระบบท่อนำแสงจากด้านบนเข้าสู่อาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์และสิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1) อาคารทดลองปลูกพืชเพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

2) เครื่องมือวัดความเข้มแสง

3) วัสดุ อุปกรณ์สำหรับการติดตั้งท่อนำแสง

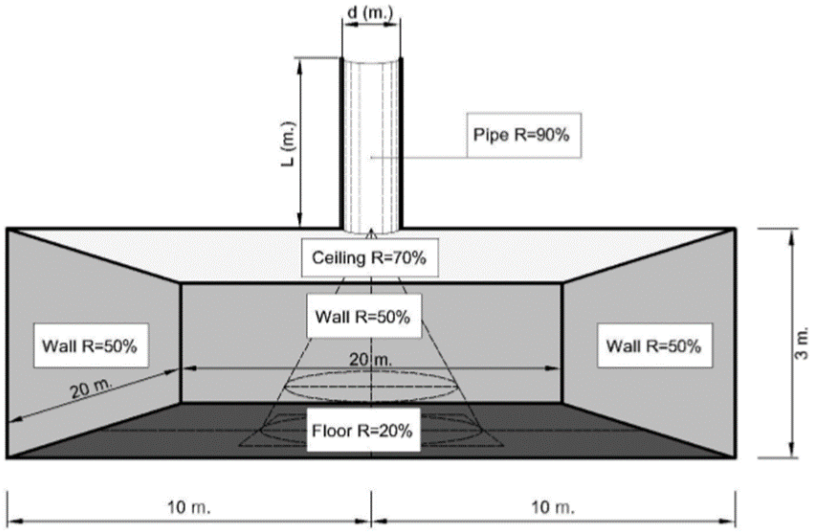
- แบบและวิธีการทดลอง

สำหรับการทดลองนี้ไม่มีแบบแผนการทดลอง เป็นการออกแบบ สร้างอุปกรณ์ และติดตั้งท่อนำแสงอาทิตย์จากภายนอกอาคาร เพื่อให้แสงสว่างแก่การปลูกพืชในอาคารด้วยวัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดิน ศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อนำแสง ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ จำนวนท่อนำแสงต่อหน่วยพื้นที่ห้องในอาคารปลูกพืช เปรียบเทียบกับการใช้แสงธรรมชาติภายนอกอาคาร และแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าที่ใช้เป็นแสงประดิษฐ์ในการเพาะปลูกพืชในอาคาร

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1) ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร และเทคนิคการสะท้อนแสงเพื่อช่วยนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร เป็นต้น

2) ออกแบบอาคารปลูกพืชจำลองเพื่อทดสอบการท่อนำแสงธรรมชาติจากภายนอกเข้าสู่อาคาร



ภาพที่ 2 แบบจำลองการสร้างชุดทดสอบการนำแสงธรรมชาติในห้องทดลอง

3) สร้างและติดตั้งท่อนำแสงธรรมชาติ พร้อมระบบควบคุม สำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคารทดลอง ได้แก่

- ทิศทางการรับแสงของท่อนำแสง
- รูปแบบของท่อนำแสง
- ความยาวของท่อนำแสง
- ขนาดของท่อนำแสง
- ตำแหน่งที่ทำการวัดแสง
    1) ที่ด้านรับแสงปากท่อนำแสง
    2) ที่ปลายท่อนำแสง
    3) ที่ระนาบพื้นที่ใช้งาน (Workplace)
    4) ที่ระนาบพื้นห้อง

4) ทำการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการของระบบการทำงานวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับรูปแบบการควบคุมของท่อนำแสง โดยความสัมพันธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างสะดวกง่ายแก่การเข้าใจในการนำไปใช้งานประกอบการพิจารณาเลือกใช้ท่อนำแสงในอาคาร

5) ทดสอบและประเมินผลการใช้ท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ในพื้นที่ที่กำหนดหรือในห้องปลูกพืชที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบปลูกพืชทดลอง

6) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช และข้อมูลของแสงที่ใช้ปลูก ได้แก่ ปริมาณความเข้มแสง เวลาที่ใช้เปิดให้พืช อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ระหว่างรอบการผลิตของพืช

7) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และคุณภาพ ตลอดจนการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและค่าใช้จ่าย

8) สรุปผลและรายงานผลการศึกษา

- การบันทึกข้อมูล

1) ข้อมูลปริมาณความเข้มแสงที่ผ่านท่อนำแสงเข้าสู่อาคาร เปรียบเทียบกับแสงธรรมชาติภายนอกอาคารในทุกชั่วโมงของแต่ละวัน/รอบการผลิต

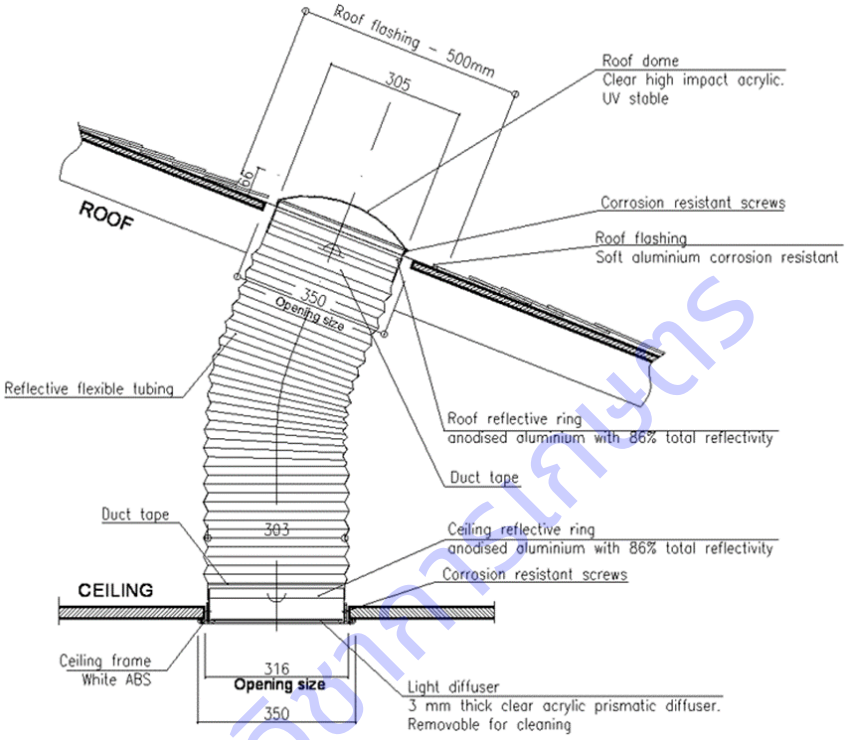
กรมวิชาการเกษตร

2) ข้อมูลการกระจายแสงภายในอาคารทุกชั่วโมง

3) ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในอาคารปลูกพืช/รอบการผลิต

4) ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชทดลอง

5) ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟ



ภาพที่ 3 หลักการในการออกแบบท่อนำแสงอาทิตย์

กรมวิชาการเกษตร

- เวลาและสถานที่

  - ระบุเวลา (เริ่มต้น-สิ้นสุด) ตุลาคม 2562 - กันยายน 2563
  - สถานที่ทำการทดลอง

    1) ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร

    2) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต กรมวิชาการเกษตร

    3) ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษารูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร และเทคนิคการสะท้อนแสงเพื่อช่วยนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร แสงสว่างธรรมชาติเป็นแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความเหมาะสมสูงสุดและมีความเหมาะสมสูงสุดสำหรับการใช้งานของมนุษย์ และปัจจุบันได้รับการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์แล้วว่ามนุษย์มีความ

พึงพอใจในแสงสว่างธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นในห้องทำงานหรือในอาคารต่างๆ แสงสว่างธรรมชาติยังมีข้อได้เปรียบคือ เป็นแสงสว่างที่ได้มาเปล่าๆไม่ต้องลงทุน และสามารถใช้งานได้ตลอดช่วงเวลาใช้งานของอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน

สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น มีอากาศร้อนตลอดทั้งปี การนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาช่วยในการส่องสว่างภายในอาคารเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของผู้ออกแบบมาก เนื่องจากแสงสว่างจะนำเอาความร้อนเข้ามาในอาคารด้วย และความร้อนก็เป็นสิ่งต้องห้ามสำหรับอาคารในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีการปรับอากาศ เพราะความร้อนจะทำให้ภาระของการปรับอากาศสูงขึ้น ดังนั้น การนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารจึงต้องหลีกเลี่ยงรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง และเลือกใช้เฉพาะแสงสว่างจากรังสีแบบกระจายเท่านั้น ประเทศไทยในเขตร้อนที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จะมีความยาวของช่วงกลางวันประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นอาคารที่ใช้งานในช่วงกลางวัน เช่น อาคารสำนักงานจึงสามารถออกแบบให้ใช้งานแสงสว่างธรรมชาติเป็นแสงสว่างหลักได้ตลอดช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร

การใช้งานแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารเพื่อลดปริมาณการใช้แสงสว่างประดิษฐ์ หรือแสงเทียม ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่าง ตลอดจนประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศด้วย การออกแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารจะต้องมีความเหมาะสมและเอื้อต่อการนำเอาแสงสว่างเข้ามาใช้งานภายในอาคารได้อย่างทั่วถึง และการออกแบบระบบแสงสว่างประดิษฐ์ก็จะต้องมมีความสอดคล้องกับการใช้งานแสงสว่างธรรมชาติด้วย เช่น ออกแบบให้แสงสว่างประดิษฐ์เปิดใช้งานเฉพาะเวลาที่แสงสว่างธรรมชาติไม่เพียงพอแก่การใช้งานเท่านั้น โดยเฉพาะการประยุกต์เพื่อไปใช้งานสำหรับการปลูกพืชในอาคาร

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4 ภายนอกอาคารชั้นเดียวสำหรับทดลองการปลูกพืชในพื้นที่ ศวพ.ภูเก็ต

ภาพที่ 5 สำรวจภายในอาคารและห้องทดลองเพื่อในการออกแบบระบบท่อนำแสงฯ

ภาพที่ 6 แนวทางการออกแบบและติดตั้งท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารทดลองปลูกพืช

ทั้งนี้เป็นการออกแบบขนาดและรูปแบบของท่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารทดลองดังภาพที่ 4-5 ซึ่งจำเป็นจะต้องสร้างเป็นชุดทดสอบระบบต่างๆ ในห้องขนาดเล็ก ประมาณ 3 x 3 เมตร และสูง 3 เมตร เพื่อทดสอบศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบและการติดตั้งที่เหมาะสมต่อไป ตามงบประมาณที่จำกัดและมีนโยบายให้ปรับลดตัวชี้วัดตามความเหมาะสม

ออกแบบชุดทดสอบท่อนำแสง ซึ่งนำต้นแบบการใช้งานจากต่างประเทศเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างโดยการสร้างอาคารจำลอง (ภาพที่ 6) เพื่อทดสอบการใช้งานเบื้องต้นของอุปกรณ์ โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ดังภาพที่ 7

- จุดที่ต้องติดตั้ง ขึ้นอยู่กับสภาพความเหมาะสมแต่ดีที่สุดคือบริเวณที่สามารถรับแสงได้ตลอดวัน เงื่อนไขขึ้นอยู่กับรูปทรงหลังคาและทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

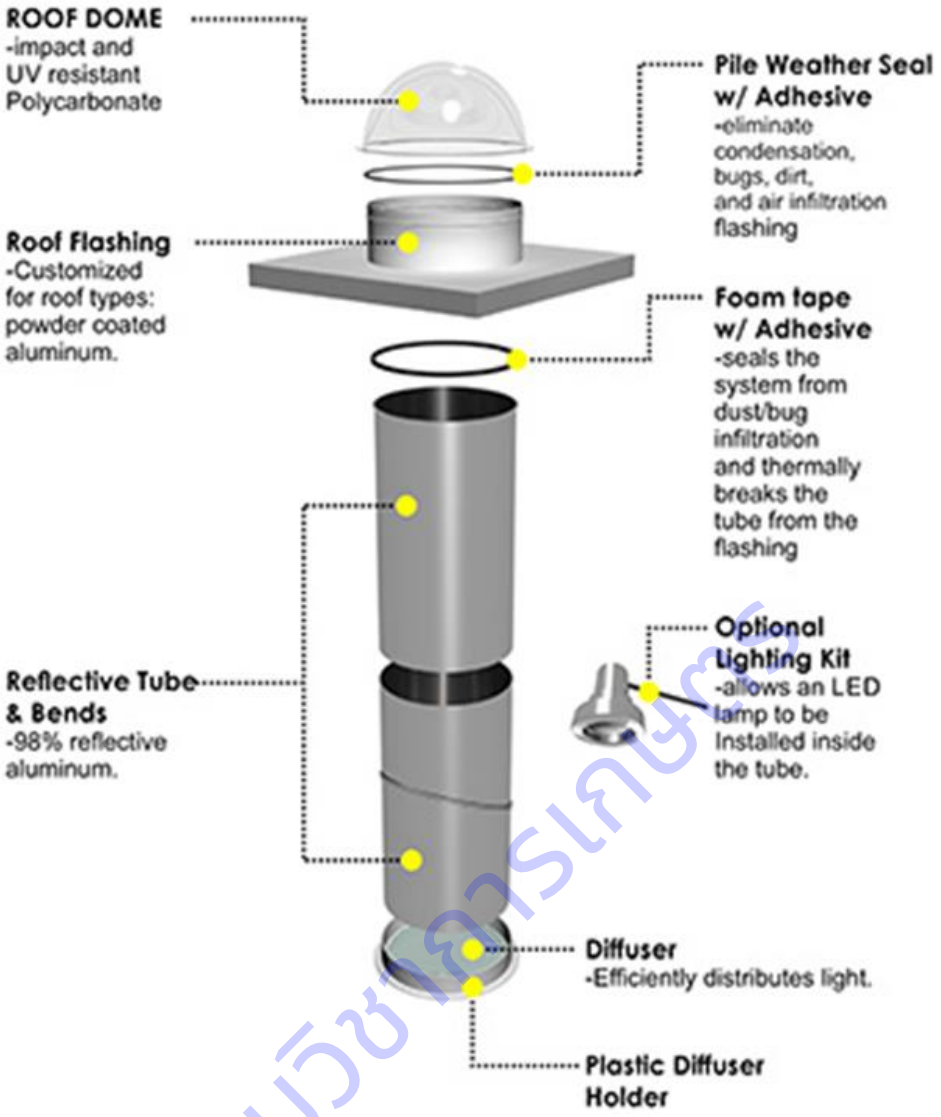
-. โดมทำจากพลาสติกแข็งโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร

- แผ่นรับแสงสะท้อนและชุดควบคุมการหมุนหาแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงวัน

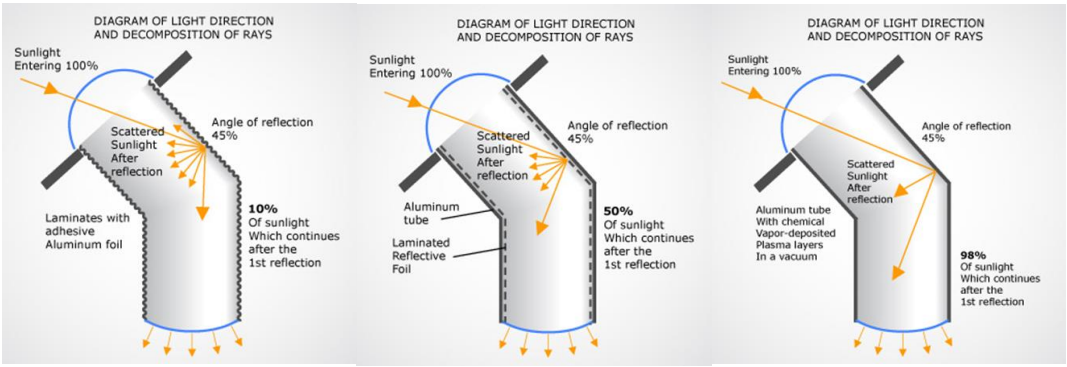
- ส่วนการสะท้อนแสงเป็นท่อทำมาจากอลูมิเนียมด้านในเคลือบสารสะท้อนแสงชนิดพิเศษ ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ (ภาพที่ 8) ได้แก่ วัสดุลามิเนตด้านในเป็นอลูมิเนียมฟรอยด์ ท่ออลูมิเนียมด้านในเคลือบลามิเนต และท่ออลูมิเนียมด้านในเคลือบผิวด้วยพลาสม่า ทั้งนี้ในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบจะคำนึงถึงวัสดุที่หาง่ายในท้องตลาดและรูปแบบเหมาะสมกับหลังคาของอาคารปลูกพืช

- แผ่นพลาสติกกระจายแสงเข้าสู่ห้องภายในอาคาร

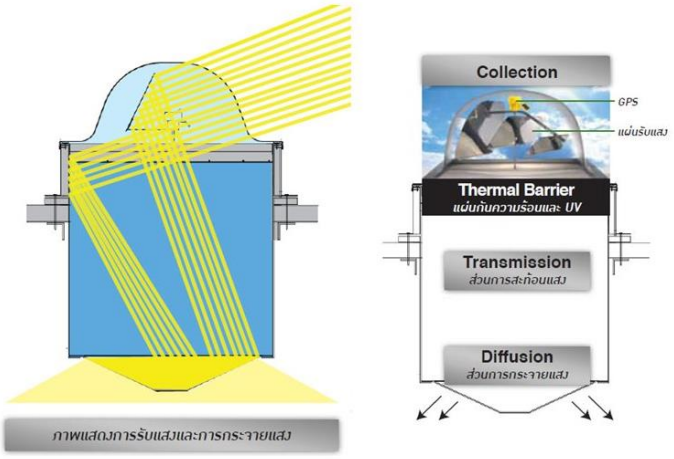
กรมวิชาการเกษตร



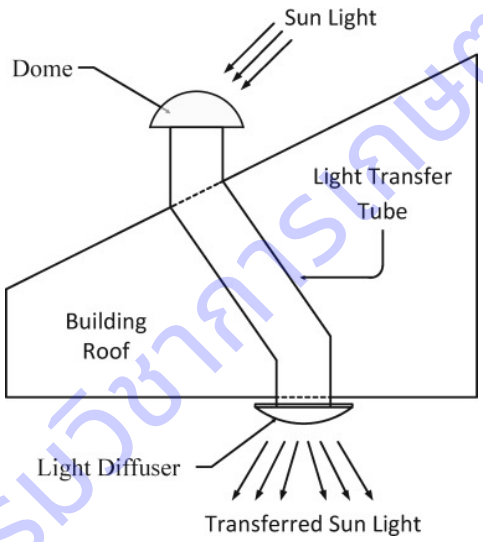
ภาพที่ 7 ส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการออกแบบและสร้างท่อนำแสง



ภาพที่ 8 ชนิดและรูปแบบท่อนำแสง



ภาพที่ 9 แสดงหลักการทำงานของระบบท่อนำแสงอาทิตย์



ภาพที่ 10 ลักษณะการติดตั้งท่อนำแสงในอาคารหลังคาทรงจั่ว

กรมวิชาการเกษตร

การออกแบบและสร้างท่อนำแสง เป็นอีกทางเลือกในการให้แสงสว่าง โดยโดมจะทำหน้าที่รวมแสงสว่างจาก ภายนอกสู่ภายในอาคารเพื่อมาทดแทน และสนับสนุนการให้แสงสว่างภายในอาคารในช่วงเวลาที่มีแสงของดวงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานบริสุทธิ์ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และคาร์บอนจากการสร้างพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานที่ไม่มีค่าใช้จ่ายอีกด้วย ท่อนำแสงมีจุดเด่นคือการนำแสงจากดวงอาทิตย์มาใช้ในการส่องสว่าง โดยที่ไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าพลังงานเพื่อสร้างแสงสว่างแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากหลังคาโปร่งแสงทั่วไป ดังนี้คือ

1) วัสดุไม่ก่อให้เกิดการจับตัวของตะไคร่เมื่อใช้เป็นระยะเวลานาน

2) ติดตั้งได้กับหลังคาทุกประเภท

3) ให้ความสว่างเทียบเท่ากับหลอดไฟ Metal halide 400 W

4) เมื่อติดตั้งแล้วไม่จำเป็นต้องดูแลทำความสะอาด

5) สามารถนำไปติดตั้งตกแต่งเข้ากับฝ้าอาคารได้หลากหลายรูปแบบ

6) ลดอุณหภูมิความร้อนให้น้อยลงและกรองรังสี UV

7) สามารถกระจายแสงให้ส่องสว่างสม่ำเสมอ ไม่เอียงตามองศาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

8) ปรับแสงสว่างตามความพอใจได้ด้วยการยืดท่อนำแสง หรือติดตั้งเพิ่มเติมโดยไม่ยุ่งยาก

9) ไม่มีฝุ่นจับที่ท่อสะท้อนแสงทำให้ไม่ต้องทำความสะอาดตลอดอายุการใช้งาน

หลักการทำงานชุดโดมและท่อนำแสงจากดวงอาทิตย์เข้ามาทดแทนพลังงานแสงสว่างในช่วงเวลากลางวัน ทดแทนหรือเสริมความสว่างภายในอาคาร โกดัง และโรงงาน ที่มีความจำเป็นต้อง ใช้ความสว่างโดยที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในแง่ของพลังงานไฟฟ้า เนื่องด้วยดวงอาทิตย์เป็นแสงธรรมชาติที่ให้ความสว่าง มากถึง 100,000 ลักซ์ต่อตารางเมตรที่พื้นผิวโลก

การใช้แสงสว่างภายในอาคารโดยทั่วไปจะใช้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 400 - 800 ลักซ์ ก็เพียงพอต่อความต้องการภายในอาคารปฏิบัติงาน ขึ้นอยู่กับความต้องการในแต่ละพื้นที่ว่าปฏิบัติงานด้านใด ถ้าหากเพาะปลูกพืชในอาคาร Plant Factory ก็ต้องขึ้นอยู่กับความต้องการแสงของพืชชนิดนั้นๆ

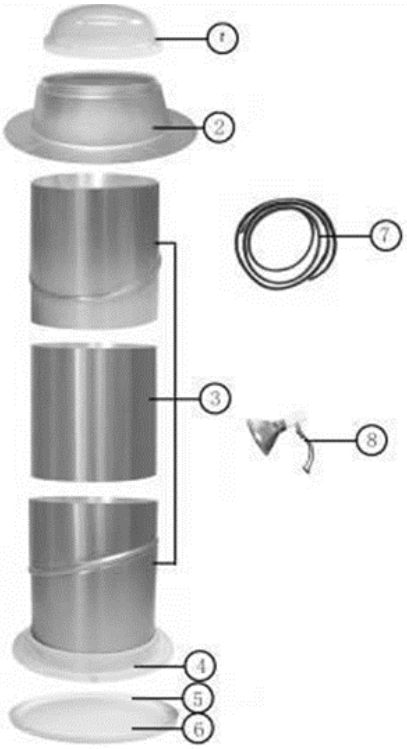
1) เมื่อแสงจากดวงอาทิตย์ส่องมากระทบโดม ตัวโดมที่ทำจากโพลีคาบอร์เนต ทนทานและใสเป็นพิเศษจะทำหน้าที่รวมแสง กรอง สะท้อนรังสี UV และ อินฟราเรดออก เหลือไว้เพียงแต่แสงส่งไปยังท่อนำแสง

2) แสงจะทำการสะท้อนไปมาในท่อนำแสงที่ทำจากอลูมิเนียมชนิดพิเศษที่พื้นผิวมีความมันวาวช่วยในการสะท้อนแสงไปยังจุดปลายทางที่กำหนด

3) แผ่นกระจายแสงทำหน้าที่กระจายแสงไปยังจุดต่างๆ ภายในอาคารอีกทั้งยังเป็นการป้องกันการเกิดแสงเป็นลำตรง สามารถเลือกรูปแบบแผ่นกระจายแสงตามความเหมาะสมของพื้นที่

ท่อนำแสง (Sunlight Dome หรือ Sunlight Tube) จะออกแบบให้ติดตั้งได้ทุกพื้นผิวของหลังคาด้วยการเปลี่ยน ส่วนเชื่อมต่อปิดหลังคาให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ ของหลังคา วัสดุที่นำมาเป็นโครงสร้างหลังคา และการลาดเอียง ทำมุมของหลังคาจึงสามารถติดตั้งได้ทุกพื้นผิวหลังคา ได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว อีกทั้งยังมีชุดและแผ่นกระจายแสงให้เลือกหลากหลายรูปแบบตามความต้องการ แล้วแต่ความต้องการออกแบบของพื้นที่นั้นๆ

กรมวิทยาศาสตร์



ส่วนประกอบ Sunlight Tube

1. โดมหลังคา
2. ส่วนเชื่อมต่อปิดหลังคา
3. ท่อสะท้อนแสง สามารถปรับโค้งได้
4 แผ่นยึดติดฝ้า
5 และ 6 แผ่นกระจายแสง
7. อุปกรณ์ปิดผนึก
8. ชุดหลอด (อุปกรณ์เสริม)

ภาพที่ 11 ส่วนประกอบหลักของชุดท่อนำแสง

ภาพที่ 12 ลักษณะการติดตั้งท่อนำแสงในอาคารที่มีหลังคาและฝ้าเพดาน

การติดตั้งท่อนำแสงในประเทศไทย พื้นที่อาคารสำนักงานโดยใช้ตัวโดมและท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ซม. โดยมีการเดินท่อนำแสง โค้งงอเข้าสู่จุดฝ้าเพดาน

ภาพที่ 13 ตัวอย่างการติดตั้งจากอาคารสำนักงาน และคลังสินค้า

การติดตั้งในอาคารสำนักงานที่ติดตั้งท่อนำแสงควบคู่ไปกับหลอดนีออนรางคู่ จะเห็นได้ว่า การติดตั้งชุดโดม มีระยะห่างกว่าชุดหลอดนีออนคู่ เนื่องจากกำลังแสงจากตัวโดมให้แสงสว่างมากกว่า จึงสามารถเลือกติดได้ตามความต้องการแสงสว่างในพื้นที่นั้นๆ ตัวอย่างการติดตั้งในคลังสินค้า จะเห็นการจัดวางตำแหน่งของท่อนำแสงอยู่ในระดับใกล้เคียงกับหลอดไฟกำลังสูง แสดงให้เห็นถึงนัยสำคัญของการลด และทดแทนการเปิดไฟส่องสว่างในช่วงเวลากลางวันได้เป็นอย่างดี

ภาพที่ 14 ภาพการติดตั้งท่อนำแสงบนพื้นผิวหลังคาเหล็ก

ภาพการติดตั้งท่อนำแสงบนพื้นผิวหลังคาเหล็ก สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับ วัสดุมุงหลังคาได้ตามความต้องการ โดยเน้นการออกแบบให้ติดตั้งโดยเกิดช่องว่างระหว่างส่วนปิดหลังคา ให้น้อยที่สุด และหลังจากติดตั้งเก็บงาน ทาสีและ ตรวจสอบการรั่วซึม

แนวคิดการออกแบบและปรับใช้สำหรับอาคารปลูกพืช

1. ตัวโดมที่ออกแบบมาเพื่อนำแสงสว่างสู่ภายในตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถรับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ได้ทุกองศา และทิศทางเนื่องด้วยการออกแบบที่โค้งมนสวยงามพร้อมผิวเรียบรื่น นอกเหนือจากนี้วัสดุโดมยังถูกผลิตขึ้นมาจากโพลีคาร์บอเนต เคลือบสารป้องกันรังสี UV และ IR วัสดุไม่เหลืองกรอบ ความทนทานสูง

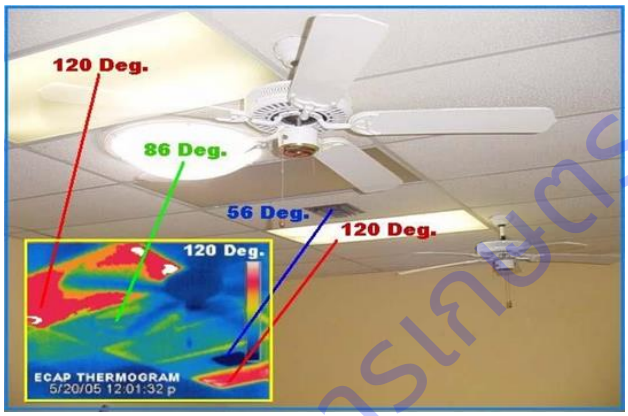
2. การติดตั้งและขั้นตอนส่วนปิดเชื่อมต่อหลังคา ความคงทนของวัสดุที่ทำจากอลูมิเนียมที่นำมาใช้ไม่เกิดสนิมการผุกร่อนเมื่อทำการติดตั้งบนพื้นที่ที่ถูกความร้อนความชื้น และแสงแดดตลอดเวลา ส่วนปิดเชื่อมต่อหลังคาก็มีความพิเศษและมีมาตรฐานในการออกแบบที่ ให้เป็นไปตามรูปแบบและรูปทรงของหลังคา โดยมีแนวคิดที่จะป้องกันการเกิดช่องว่างระหว่างหลังคาที่จะติดตั้งกับส่วน ปิดเชื่อมต่อหลังคาให้ได้มากที่สุด การใส่วัสดุป้องกันการรั่วซึมสามารถควบคุมและติดตั้งได้ง่ายอีกทำให้ไม่เกิดการรั่วซึมจากการติดตั้งที่ผ่านไประยะเวลานานจากการยุบตัวของกาวและ วัสดุป้องกันรั่วซึม

3. ตัวท่อนำแสงเป็นท่ออลูมิเนียมสภาพผิวมันวาวสีเงินเคลือบด้วย SILVER-PLUS 98% สามารถสะท้อน แสงได้ดี เป็นไปตามมาตรฐาน DIN 5036 สามารถนำแสงจากดวงอาทิตย์ผ่านท่อไปได้ถึง 15 เมตร มันเป็นท่อสะท้อน แสงชนิดเดียวในตลาดที่เป็นโลหะ 100% ไม่เคลือบ LAMINATED ในพลาสติก และทำให้มันไม่ลอกเป็นแผ่น เหลืองหรือแตกหลังจากสัมผัสกับแสงแดดและรังสี ยูวีเป็นเวลานาน และด้วยคลื่นรังสีและแม่เหล็กไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติแบบคงที่มีความเป็นกลางจึงทำให้ตัวท่อนำแสงไม่ดึงดูดผงที่แขวนลอยใน

กรมวิชาการเกษตร

อากาศ อีกทั้งยังมีความสามารถเดินท่อทำการโค้งงอผ่านแปหลังคา และโครงสร้างต่างๆ บนหลังคาได้เป็นอย่างดี

4. ความสว่างจากตัวโดม ด้วยแสงสว่างที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์และผ่านไปยังระบบท่อนำแสง ทำให้เกิดค่าความสว่างที่สูงมากและกระจายตัวได้ดี อีกทั้งยังมีขนาดโดมให้เลือกถึง 3 ขนาด ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25 ซม. ให้ความสว่างเมื่อมีค่าแสงสว่างสูงสุดจากแสงดวงอาทิตย์เฉลี่ย เทียบเท่าหลอดไฟขนาด 150 W เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 35 ซม. ให้ความสว่างเมื่อมีค่าแสงสว่างสูงสุดจากแสงดวงอาทิตย์เฉลี่ย เทียบเท่าหลอดไฟขนาด 250 W และ เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 53 ซม. ให้ความสว่างเมื่อมีค่าแสงสว่างสูงสุดจากแสงดวงอาทิตย์เฉลี่ย เทียบเท่าหลอดไฟขนาด 400 W



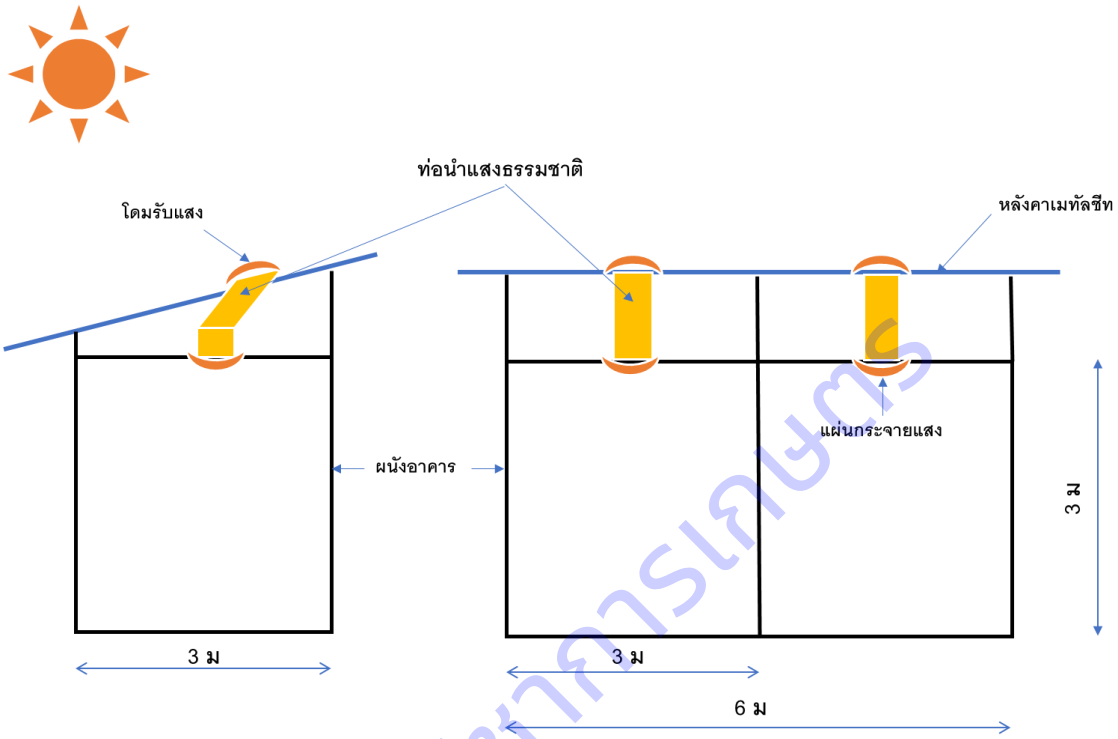
ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบความร้อนจากอุปกรณ์ส่องสว่างภายในอาคาร

ภาพที่ 16 เครื่องวัดแสงสว่างแบบ LUX meter และแบบ PAR meter

ดำเนินการออกแบบอาคารปลูกพืชจำลอง สำหรับใช้ทดสอบระบบท่อนำแสงจากดวงอาทิตย์ หรือแสงธรรมชาติ เพื่อนำเข้ามาใช้ในอาคารปลูกพืช ซึ่งเป็นอาคารปิดทึบปกติใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า โดยจะทำการสร้างชุดทดสอบแบบจำลองขึ้นที่ ศวศ.สุราษฎร์ธานี เป็นอาคารขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 6 เมตร และความ

ตรวจวิชาการเกษตร

สูง 3 เมตร หลังคามุงด้วยเมทัลชีท ซึ่งเป็นขนาดห้องเท่ากับอาคารปลูกพืชที่คาดว่าจะไปทำการทดลองการปลูกพืชที่ ศวพ.ภูเก็ต (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 แบบจำลองอาคารทดสอบระบบท่อนำแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคารปลูกพืช

กรมวิชาการเกษตร

ทั้งนี้งานทดลองนี้ได้ดำเนินการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างชุดทดสอบระบบท่อนำแสงสว่างในอาคารแบบจำลอง ณ ศวศ.สุราษฎร์ธานี และเมื่อทดสอบการใช้งานเบื้องต้นภายในปีงบประมาณ 2563 แล้วเสร็จจะดำเนินการนำไปติดตั้งในอาคารปลูกพืช ณ ศวพ.ภูเก็ต ในปีงบประมาณ 2564 ต่อไป

ภาพที่ 18 การดำเนินการจัดสร้างอาคารทดลองระบบท่อนำแสง ณ ศวศ.สุราษฎร์ธานี

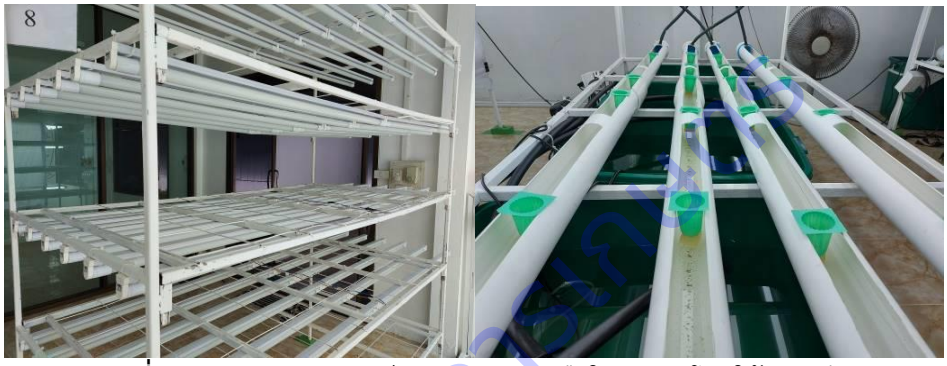
โดยดำเนินการจัดสร้างห้องทดลองระบบท่อนำแสงตามขนาดที่ออกแบบไว้ 3x3x3 เมตร จำนวน 2 ห้อง สำหรับการทดลองเปรียบเทียบการใช้แสงสำหรับปลูกพืช ซึ่งสร้างแบบจำลองอาคารปลูกพืชขนาดเล็กขึ้นใหม่ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

ภาพที่ 19 ห้องทดลองระบบท่อนำแสงขนาด 3x3x3 เมตร จำนวน 2 ห้อง

ปัญหาและอุปสรรค

การดำเนินงานไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดในการทดลอง เนื่องจากงบประมาณโดนปรับลดมากกว่าครึ่ง และช่วงไตรมาสที่ 3 เกิดภาวะวิกฤติโรคติดเชื้อโควิด-19 ประกอบกับผู้วิจัยมีการปรับย้ายที่ทำงานใหม่จาก ศวศ.ขอนแก่น ไปประจำที่ ศวศ.สุราษฎร์ธานี จึงทำให้การประสานงานทีมช่างสร้างชุดต้นแบบไม่สามารถดำเนินการได้สะดวกนัก และมีการปรับเปลี่ยนแผนงานเพื่อไปดำเนินการที่ ศวศ.สุราษฎร์ธานี

ภาพที่ 20 ศึกษาระบบการปลูกพืชในอาคารโดยใช้แสงเทียมร่วมกับหัวหน้าโครงการ



ภาพที่ 21 วัสดุและอุปกรณ์ระบบการปลูกพืชในอาคารโดยใช้แสงเทียม

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลดำเนินการออกแบบอาคารปลูกพืชจำลอง สำหรับใช้ทดสอบระบบท่อนำแสงจากดวงอาทิตย์ หรือแสงธรรมชาติ เพื่อนำเข้ามาใช้ในอาคารปลูกพืชปิดทึบซึ่งปกติจะต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า โดยจะทำการสร้างชุดทดสอบแบบจำลองขึ้นที่ ศวศ.สุราษฎร์ธานี เป็นอาคารขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 6 เมตร และความสูง 3 เมตร หลังคามุงด้วยเมทัลชีท ซึ่งเป็นขนาดห้องเท่ากับอาคารปลูกพืชที่คาดว่าจะไปทำการทดลองการปลูกพืชที่ ศวพ.ภูเก็ต โดการจัดทำห้องทดลองเพื่อทดสอบระบบท่อนำแสงตามขนาดที่ออกแบบไว้ จำนวน 2 ห้อง สำหรับการทดลองเปรียบเทียบการใช้แสงสำหรับปลูกพืช ซึ่งสร้างแบบจำลองอาคารปลูกพืชขนาดเล็กขึ้นใหม่ และจะดำเนินการทดลองปลูกพืชผักลิ้นห่านในชั้นปลูกตามภาพที่ 20 – 21 โดยเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมแสง และการเจริญเติบโต รวมทั้งผลผลิตพืชผักในโครงการวิจัยใหม่ปี 2564 ต่อไป

ทั้งนี้ปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดในการทดลอง เนื่องจากงบประมาณโดนปรับลดมากกว่าครึ่ง และช่วงไตรมาสที่ 3 เกิดภาวะวิกฤติโรคติดเชื้อโควิด-19 ประกอบกับผู้วิจัยมีการปรับย้ายที่ทำงานใหม่จาก ศวศ.ขอนแก่น ไปประจำที่ ศวศ.สุราษฎร์ธานี จึงทำให้การประสานงานทีมช่างสร้างชุดต้นแบบไม่สามารถดำเนินการได้สะดวกนัก และมีการปรับเปลี่ยนแผนงานเพื่อไปดำเนินการที่ ศวศ.สุราษฎร์ธานี แทน อย่างไรก็ตามงานทดลองการออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารปลูกพืช ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชผักภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม เดิมที่นั้นจะต้องมีระยะเวลาในการดำเนินงาน 2 ปี (2563-2564) แต่เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนระบบการบริหารโครงการ ภายใต้แผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาการผลิตพืชผักปลอดภัยในระบบ

โรงเรือน จึงมีความจำเป็นต้องสิ้นสุดการทดลองให้เหลือเพียงปีเดียว (2563) และให้เริ่มดำเนินการวิจัยใหม่ในปี 2564 ในโครงการวิจัยเรื่อง วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายสารละลายปุ๋ยอัตโนมัติและระบบท่อนำแสงสำหรับการผลิตพืชในอาคาร ภายใต้แผนงานวิจัยย่อย การวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชผักในอาคาร ในลำดับต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์

เกษตรกรนำผลงานวิจัยระบบท่อนำแสงที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งในอาคารทดลองปลูกพืช เพื่อลดการใช้แสงเทียม พร้อมคำแนะนำการติดตั้งระบบท่อนำแสงที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งในอาคารทดลองปลูกพืช เพื่อช่วยลดการใช้กระแสไฟฟ้า และลดต้นทุนการผลิตพืชในอาคารได้

กลุ่มเป้าหมายคือ กลุ่มและชมรมเกษตรกร กรมวิชาการเกษตรกรมส่งเสริมการเกษตร ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์สถาบันการศึกษาและประชาชนที่สนใจ

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยเหลือในงานทดลองครั้งนี้ให้สามารถดำเนินการได้แล้วเสร็จในระดับหนึ่งเท่าที่เงื่อนไขการทำงานจะเอื้ออำนวย

12. เอกสารอ้างอิง

ภิญโญ ชุมมณี จันทกานต ทวีกุล ชูเกียรติ คุปตานนท ปญญรักษ งามศรีตระกูล, 2549. การออกแบบการใช้แสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสงในอาคารในภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร.

เด่น แซ่อึ้ง. การให้ความสว่างทางเดินภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติโดยทางช่องท่อนำแสง. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550.

ศิวดล อุปพงษ์ และยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. 2556. การใช้แสงธรรมชาติในอาคารผ่านท่อนำาแสงแนวดิ่ง. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ปีที่ 12 ประจำปี 2556.

Sunpipe co.,inc., Residient Applications [online], Available from http://www.sunpipe.com/20.html

Liana Chassioti. Natural lighting systems. [online], Available from http://www.4myhouse.gr/Article.aspx?artid=310&catid=3&subcatid=104

กรมวิชาการเกษตร