

การศึกษาการไหลเวียนและการกระจายอุณหภูมิในโรงเรือนสตรอเบอร์รี่ ด้วยเทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล

A Study of Air Ventilation and Temperature Distribution in Strawberry Greenhouse Using Computational Fluid Dynamics Technique

ศิษฐ์ นวลศิริโกมล^{1*} วิโรจน์ ลิ้มตระการ² จิตต์พร เครือเนตร³

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี 12120

โทร 0-2564-3001 ต่อ 3144 โทรสาร: 0-2564-3001 ต่อ 3049 *อีเมล limwiroj@engr.tu.ac.th

Sid Nuansirikomol^{1*}, Wiroj Limtrakarn² Jittiporn Kruenate³

¹ Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Thammasat University, Rangsit Campus,

99 Moo 18, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand,

Tel: 0-2564-3001 Ext. 3144, Fax: 0-2564-3001 Ext. 3049 *Email: limwiroj@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาการไหลเวียนและการกระจายอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนสตรอเบอร์รี่ ด้วยเทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อให้ได้รูปแบบโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่ เนื้อหาของบทความเริ่มจากการอธิบายชนิดของโรงเรือนเพาะปลูกสตรอเบอร์รี่ที่ใช้ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ระบบตรวจวัดอุณหภูมิของโรงเรือนควบคุม ณ โครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จ.เชียงใหม่ จากนั้นทำการวิเคราะห์พฤติกรรมอากาศภายในโรงเรือน ด้วยเทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล ผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศและการกระจายอุณหภูมิภายในโรงเรือน และช่วยให้ได้รูปแบบโรงเรือนที่เหมาะสมกับการปลูกสตรอเบอร์รี่ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

greenhouse type for strawberry growth. It first describes the types of strawberry greenhouse in agriculture station at Doi Angkarng, this location is the main research station, Temperature and humidity data are collected from controlled greenhouse at agriculture station Doi Angkarng, Chaingmai. Air flow simulation of controlled greenhouse are simulated by computational fluid dynamics technique. The simulation results will show the behavior of air ventilation and temperature distribution in controlled greenhouse which will help in greenhouse structure development. The greenhouse is designed and simulated to obtain better air ventilation for strawberry growth at Angkarng station

Keywords: Computational Fluid Dynamics, CFD, strawberry

คำสำคัญ: การคำนวณการไหลแบบพลศาสตร์, สตรอเบอร์รี่

Abstract

This paper presents a study of air ventilation and temperature distribution in strawberry greenhouse using Computational Fluid Dynamics technique to obtain an appropriate

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการเพาะปลูกสตรอเบอร์รี่ ในตอนเหนือของประเทศไทยอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นพืชที่มีราคาสูง แต่เนื่องจากสตรอเบอร์รี่เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดจากอเมริกา ซึ่งมีความต้องการอุณหภูมิแตกต่างกับสภาวะแวดล้อมในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องมีการนำโรงเรือนมาช่วยในการเพาะปลูก อย่างไรก็ตามโรงเรือนที่ใช้ในการ

เพาะปลูกสตรอเบอร์รี่ในปัจจุบันของประเทศไทยนั้นไม่ได้มีการออกแบบมาเพื่อควบคุมอุณหภูมิ แต่มีไว้เพื่อป้องกันน้ำฝนเป็นหลัก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงรูปร่างของโรงเรือน

แนวทางการศึกษาเริ่มต้นจากสำรวจรูปร่างของโรงเรือนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ และทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกสตรอเบอร์รี่ ที่สถานีดังกล่าว หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการจำลองสถานะการไหลของอากาศภายในโรงเรือนอ่างขาง ด้วยระเบียบวิธี ไฟไนต์โวลุ่ม ซึ่งเป็นระเบียบวิธีหลักที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การไหลเวียนอากาศด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล จากนั้นทำการปรับปรุงโรงเรือนให้มีความเหมาะสมกับการเพาะปลูกสตรอเบอร์รี่มากขึ้น



รูปที่ 1 แสดงภาพโรงเรือนที่ใช้ในการปลูกสตรอเบอร์รี่ ภายในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

2. ทฤษฎี

สมการนาเวียร์-สโตกส์

สมการอนุรักษ์มวล

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

โดย ρ แทนความหนาแน่นมวล (mass density)

t แทนเวลา

u แทนความเร็วของของไหลในแกน x

v แทนความเร็วของของไหลในแกน y

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \rho g_x \beta (T - T_0) \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \rho g_y \beta (T - T_0) \quad (3)$$

โดย g แทนแรงโน้มถ่วงของโลก

β แทนสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อน

T แทนอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน)

μ แทนความหนืดสัมบูรณ์

และสมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\rho \frac{\partial e}{\partial t} + \rho \left(u \frac{\partial e}{\partial x} + v \frac{\partial e}{\partial y} \right) = \rho q + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (4)$$

โดย e แทนพลังงานภายในต่อมวลหนึ่งหน่วย

k แทนสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

q แทนปริมาณความร้อน

สมการ 1 ถึง 4 สามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial t} \{U\} + \frac{\partial}{\partial x} \{E\} + \frac{\partial}{\partial y} \{F\} = 0 \quad (5)$$

โดย $\{U\}$ เป็นเวกเตอร์ที่ประกอบด้วยตัวแปรอนุรักษ์ที่ไม่รู้ค่าดังนี้

$$\{U\} = \begin{Bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (6)$$

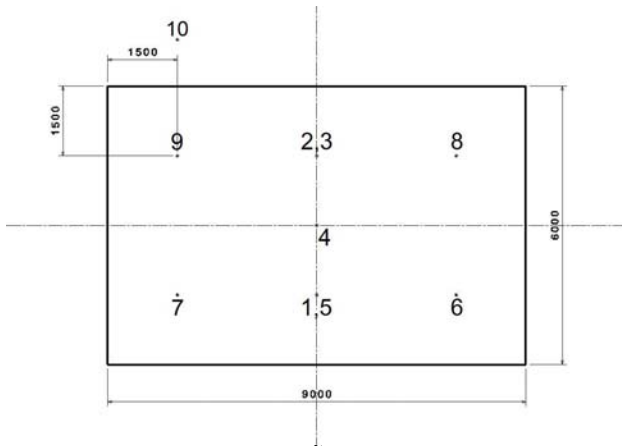
ส่วน $\{E\}$ และ $\{F\}$ เป็นเวกเตอร์ที่ไม่มีความหนืดในทิศทาง แกน X และแกน Y ตามลำดับ

$$\{E\} = \begin{Bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + P \\ \rho uv \\ \rho ue - q_x \end{Bmatrix} \quad \{F\} = \begin{Bmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + P \\ \rho ve - q_y \end{Bmatrix} \quad (7)$$

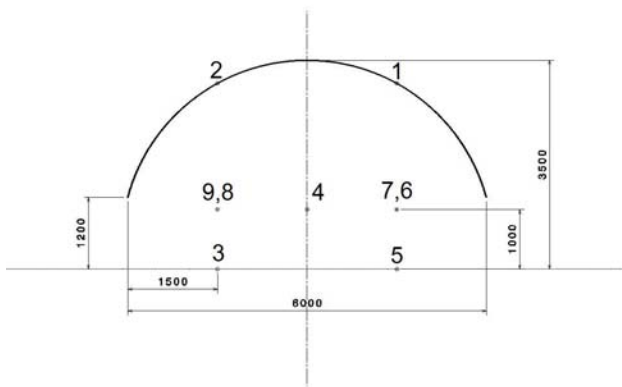
โดย $q_x = -k \frac{\partial T}{\partial x}$ และ $q_y = -k \frac{\partial T}{\partial y}$

3. การติดตั้งระบบวัดอุณหภูมิ

ติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ภายในโรงเรือนเพื่อวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในโรงเรือน จำนวน 10 จุด ดังรูปที่ 2 และ 3



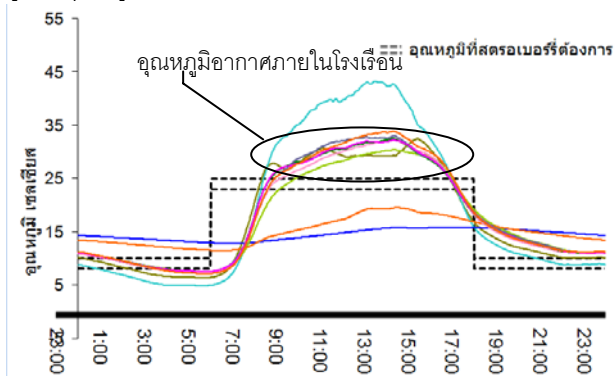
รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ วัดอุณหภูมิ จากภาพด้านบน



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ จากภาพด้านหน้า

4. ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

จากการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวาดกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งต่างๆ ภายในโรงเรือนที่ทำการตรวจวัด ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางระหว่าง วันที่ 13-14 มีนาคม 2550 โดยเส้นที่สีแดงแสดงถึงช่วงอุณหภูมิที่สตรอเบอร์รี่ต้องการ จากรูป แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลากลางวันนั้น อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่สถานีเกษตรสูงกว่าอุณหภูมิที่สตรอเบอร์รี่ต้องการมาก



รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากอุปกรณ์ตรวจวัด

จากข้อมูลที่ได้ในเวลาที่อุณหภูมิสูงที่สุดอยู่ ณ ช่วงเวลา 13.25 น.

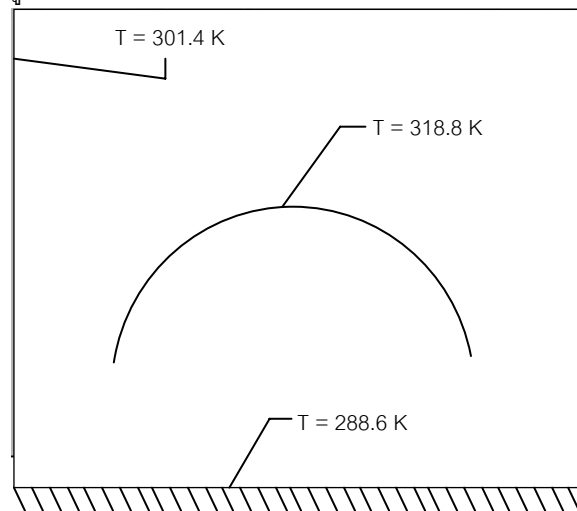
5. การจำลองการไหลของอากาศภายในโรงเรือน

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบข้างต้น ถูกนำไปใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขตในการจำลองสภาวะอากาศที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

อุณหภูมิผิวดิน	15.6 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน	28.4 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิหลังคา	45.8 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 เงื่อนไขขอบเขตของการจำลองการไหล

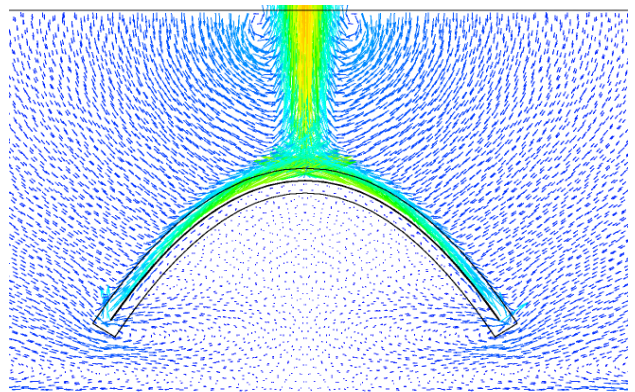
สร้างขอบเขต(Domain) ที่จะทำการวิเคราะห์การไหล ดังแสดงในรูปที่ 5 และกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้นต่างๆ



รูปที่ 5 แสดงเงื่อนไขขอบเขต

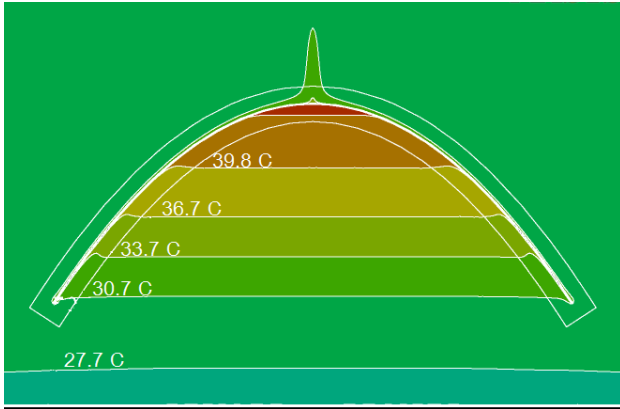
เมื่อนำอุณหภูมิที่ได้มาทำการจำลองการไหลภายในโรงเรือน โดยมีเงื่อนไขขอบเขตของการจำลองการไหลดังแสดงในตารางที่ 1 และอุณหภูมิเริ่มต้น 28.4 °C จะได้พฤติกรรมของการไหลดังรูปที่ 6

ผลการวิเคราะห์พบว่า อัตราการไหลเวียนของอากาศนั้นมีค่าต่ำทำให้เกิดการสะสมของอุณหภูมิภายในโรงเรือนดังรูปที่ 7

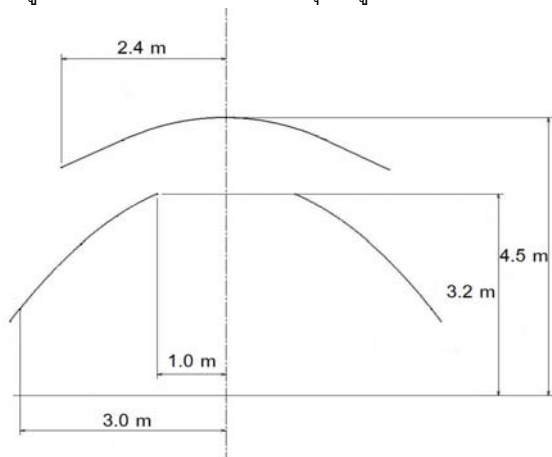


รูปที่ 6 แสดงการไหลของอากาศภายในโรงเรือนด้วยการพล็อตเวกเตอร์ความเร็ว

การออกแบบรูปร่างโรงเรือนใหม่ได้ทำการเปิดช่องระบายอากาศ ด้านบนของโรงเรือน และมีหลังคาชั้นที่ 2 เพื่อให้การระบายความร้อนดีขึ้น และป้องกันฝนที่จะตกลงมาสร้างความเสียหายให้แก่ผลิตผล ดังรูปที่ 8

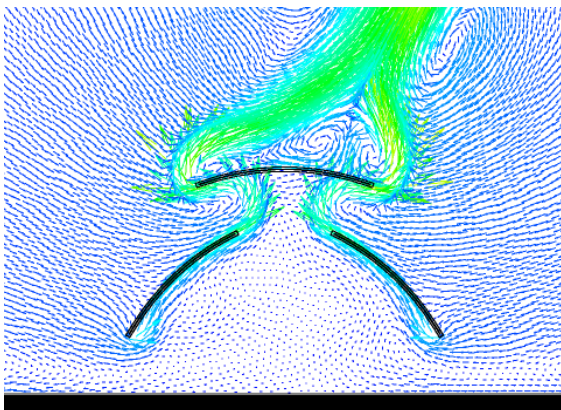


รูปที่ 7 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในโรงเรือน

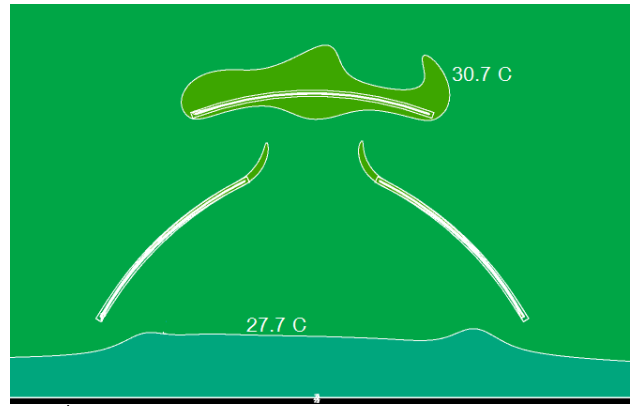


รูปที่ 8 แสดงรูปแบบโรงเรือนที่ทำการปรับปรุงใหม่

จากนั้นทำการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในโรงเรือนอีกครั้ง ด้วยเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้นแบบ เดียวกันกับการจำลองข้างต้น ซึ่งผลการจำลองที่ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 9 และ 10

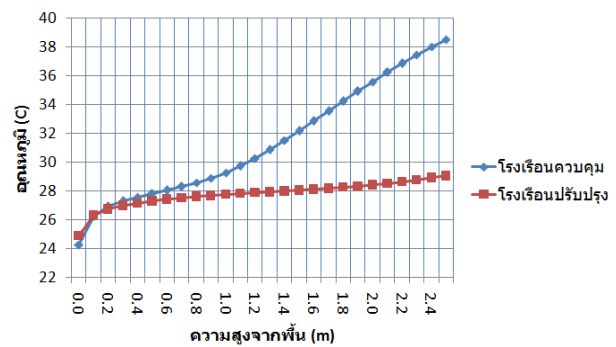


รูปที่ 9 แสดงการไหลของอากาศภายในโรงเรือนที่ได้รับการปรับปรุง ด้วยการพล็อตเวกเตอร์ความเร็ว



รูปที่ 10 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในโรงเรือนปรับปรุง

จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเปิดช่องระบายอากาศด้านบนของโรงเรือนแล้วจะทำให้การกักตัวของความร้อนภายในโรงเรือนนั้นลดลง ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งเป็นกราฟแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยแกน x แสดงระยะจากพื้นถึงหลังคา ส่วนแกน y แสดงอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)



รูปที่ 11 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิกกลางโรงเรือนในระดับความสูงต่าง ๆ

7. สรุปและวิจารณ์ผล

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหลมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงโรงเรือนให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกสตรอเบอรี่ได้ดีขึ้น เนื่องจากมีผลช่วยลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน โดยจากการจำลองพบว่า การไหลของอากาศภายในโรงเรือนเดิมที่ใช้ในการเพาะปลูกสตรอเบอรี่นั้น มีการระบายอากาศที่ต่ำทำให้เกิดการสะสมของอุณหภูมิภายในโรงเรือน ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง จึงไม่เหมาะสมกับการเพาะปลูกสตรอเบอรี่ แต่เมื่อมีการปรับปรุงให้มีการเปิดช่องระบายอากาศด้านบนของโรงเรือนแล้ว อากาศที่มีอุณหภูมิสูงด้านบนของโรงเรือน จะไหลเวียนออกสู่ด้านนอก ทำให้ไม่เกิดการสะสมของปริมาณความร้อนภายในโรงเรือน เป็นผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าต่ำกว่ารูปแบบเดิม

ผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถที่จะใช้เป็นต้นแบบในการศึกษา พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลในการศึกษาอื่นต่อไป เช่น การศึกษาในกรณีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือน เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วัสดุและเทคโนโลยีแห่งชาติ (MTEC) และมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2542, ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- [2] S.A. Ould Khaoua, P.E. Bournet, C. Migeon, T. Boulard, G. Chasse'riaux, 2006. Analysis of Greenhouse Ventilation efficiency based on Computational Fluid Dynamics, Biosystems Engineering
- [3] I. Improna, S. Hemming, G.P.A. Bot. 2007. Simple greenhouse climate model as a design tool for greenhouses in tropical lowland, Biosystems Engineering
- [4] C. Kittas, T. Bartzanas, 2007. Greenhouse microclimate and dehumidification effectiveness under different ventilator configurations, Building and Environment