

การศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ Study of Evaporative Cooling System for Flower Storage

สุรพงษ์ สว่าง และ วิภา เจียรนไวยชระ
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทร 02 7392412-13 แฟกซ์ :02 3264178 E-mail:surapong_swang@ yahoo.com

Surapong Swang and Vipa Jayranaiwachira
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand
Tel: 02 7392412-13 Fax :02 3264178 E-mail:surapong_swang@ yahoo.com

บทคัดย่อ

การลดการสูญเสียและยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ที่มีมูลค่าเพื่อ การส่งออกกระทำโดย ลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นให้กับดอกไม้ ด้วย ระบบทำความเย็นแบบระเหย ได้ทำการศึกษาค้นคว้าผลของความชื้นและ อุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาการเก็บ และสภาพความสมบูรณ์ของดอกไม้ รวมถึงตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น และการควบคุม ความชื้นของระบบได้แก่ อัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำ จากการ ทดลองพบว่า การทำความเย็นนี้สามารถทำให้อุณหภูมิลดลงเมื่อเทียบกับ ภายนอก 5 องศาเซลเซียส และความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 60% RH เป็น 90% RH ที่อุณหภูมิและความชื้นดังกล่าว สามารถยืดอายุการเก็บ รักษาและรักษาคุณภาพของดอกไม้ โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนา และปรับปรุงให้มีขนาดที่เหมาะสมและเคลื่อนย้ายง่าย เพื่อใช้เก็บรักษา ดอกไม้หลังการตัดภายในฟาร์ม เหมาะสำหรับเกษตรกร ทำให้ลดการ สูญเสียและประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับห้องเย็นปกติ

Abstract

Reduced loss and increasing storage life for valuable export flowers can be achieved by using an evaporative cooling system to decrease temperature and increase moisture of flower after cutting. Effects of temperature and humidity to storage time

and quality of flower were studied. In addition, factors, such as a flow rate and temperature of water, were also investigated in this work. Experiment results show that this cooling system can reduced temperature down 5 degree celcius comparing to the ambient air and moisture in the cabinet increase from 60 % RH to 90 %RH. At these conditions, storage time is longer and quality of flower are preserved. This work will further be developed and improved to compatible size and removable for farmer to storage flowers within a farm. This can reduced loss and energy cost compare to a conventional cooling storage system.

1.บทนำ

ปัจจุบันระบบทำความเย็นมีความสำคัญอย่างมากในการที่จะยืด อายุของไม้ตัดดอก อุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ มี ผลกระทบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาดอกไม้ ซึ่งจะมีผลในการ ชะลอการเสื่อมสภาพของดอกไม้ ให้เกิดขึ้นช้าลงและลดการสูญเสีย น้ำดอกไม้เป็นผลผลิตที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง ดังนั้นถ้าเก็บรักษาใน สภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะสูญเสียอย่างรวดเร็ว โดยกระบวนการคายน้ำผ่านทางปากใบ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม ต่อการเก็บรักษาดอกไม้และไม้ประดับคือ 90-95 % RH [1] โดยการ

เก็บดอกไม้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้เกิด Chilling injury ได้ [2] และโดยทั่วไปพืชดอกไม้ประดับจะเริ่มเสื่อมสภาพเมื่อมีการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการรักษาคุณภาพจึงเกิดขึ้น [3] ทำให้ได้มีการศึกษาถึงระบบทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศสามารถทำให้ลดลงได้โดยการใช้ความร้อนสัมผัสของอากาศไปเป็นความร้อนแฝงของไอน้ำ กระบวนการนี้เกิดตามเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่และเรียกกันว่าการทำความเย็นแบบอะเดียบาติก [4] เป็นระบบที่สามารถเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ชนิด wet pad cooling ซึ่งภายในแบ่งออกเป็น 3 ชั้นสำหรับเก็บรักษาดอกกล้วยไม้ และดอกไม้ชนิดอื่นที่ต้องการความชื้นสูง ซึ่งระบบนี้เป็นระบบที่ประหยัดพลังงาน

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมื่อการอิมิตัวอะเดียบาติกของของผสมไอน้ำอากาศเกิดขึ้นทำให้ ความร้อนสัมผัสสูญเสีย = ความร้อนแฝงที่ได้รับ ของอากาศ 1ปอนด์

$$(S_a + S_w W)(t - t') = L_e (W_s - W) \quad (1)$$

เมื่อ

S_a = ความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง = 0.24 (Btu/lb.°F)

S_w = ความร้อนจำเพาะของไอน้ำ = 0.45 (Btu/lb.°F)

W = ความชื้นจำเพาะของอากาศยังไม่อิมิตัว, (ปอนด์ของไอน้ำต่อปอนด์ ของอากาศ)

t = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°F)

t' = อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°F)

L_e = ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำที่อุณหภูมิ t (Btu/ lb)

W_s = ความชื้นจำเพาะหลังจากอิมิตัวที่อุณหภูมิ t (ปอนด์ต่อปอนด์ ของอากาศ)

ประสิทธิภาพ [5]

$$q_{ev,c} = v_a A_a \rho_a c_{pa} (T_{ae} - T_{al}) \quad (Btu/h) \quad (2)$$

เมื่อ $q_{ev,c}$ = ประสิทธิภาพ (Btu/h)

v_a = ความเร็วของอากาศที่ผ่านระบบ evaporative cooling (fpm)

A_a = พื้นที่ ของ wet pad cooling (ft²)

ρ_a = ความหนาแน่นอากาศ (lb/ ft³)

c_{pa} = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น (Btu/lb.°F)

T_{ae} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศขาออก ระบบ evaporative cooling (°F)

T_{al} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาออก ระบบ evaporative cooling (°F)

ประสิทธิภาพ อะเดียบาติก [4]

$$\% \text{ eff}_{adia} = \left(\frac{DB_{in} - DB_{out}}{DB_{in} - WB_{in}} \right) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

DB_{in} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาเข้าระบบ evaporative cooling (°F)

DB_{out} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาออกระบบ evaporative cooling (°F)

WB_{in} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศขาเข้าระบบ evaporative cooling (°F)

ความต้องการอากาศที่ไหลผ่านเครื่องเย็น [4]

$$H = \left(\frac{\text{ปริมาตรอากาศ(cfm)}}{Spv} \right) \times s \times 60 \quad (Btu/hr) \quad (4)$$

Spv = ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (ft³/lb)

S = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (Btu/lb)

$$\text{ปริมาณน้ำที่ระเหย} = \frac{H \times (W_o - W_i)}{s} \quad (5)$$

พื้นที่ wet pad cooling [6]

$$\text{Pad (ft}^2\text{)} = \frac{\text{needed cfm}}{250 \text{ cfm/ ft}^2} \quad (6)$$

ซึ่งค่าประสิทธิภาพและผลจากปัจจัยหลายอย่างขึ้นอยู่กับ การออกแบบ wet pad cooling [7]

3.เครื่องทำความเย็นแบบระเหยและวิธีการทดลอง

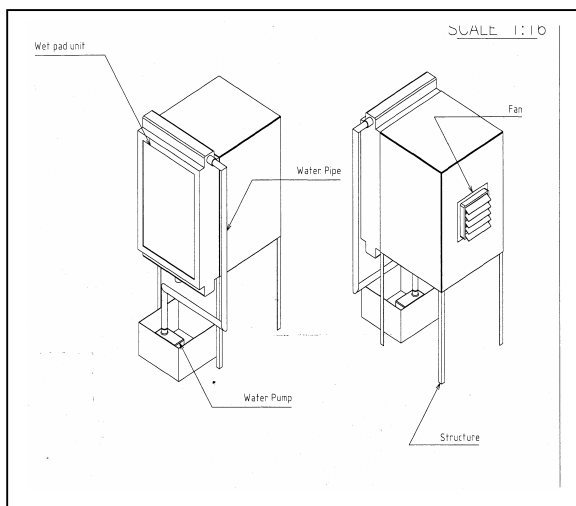
3.1 เครื่องทำความเย็นแบบระเหย

เครื่องทำความเย็นแบบระเหยประกอบด้วยตู้ทำความเย็นขนาดมีขนาด 62 x 78 x 90 cm ติดตั้งแผง wet pad cooling ขนาด 0.54 m² หนา 15 cm ทำจากเซลลูโลส มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นได้เป็นอย่างดี มีความทนทาน อากาศที่ไหลผ่านแผง wet pad cooling เข้ามายังห้องเย็นโดยติดตั้งพัดลมดูดอากาศ ขนาด 50 Hz 32 Watt 1135 R.P.M บริเวณตรงข้ามกับแผง wet pad cooling โดยที่อากาศไหลผ่านห้องเย็น 530 CFM และน้ำที่ไหลผ่าน wet pad โดยใช้ pump ขนาด 80 w Head 2.5 m ให้อัตราการไหล 47 l/m ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2

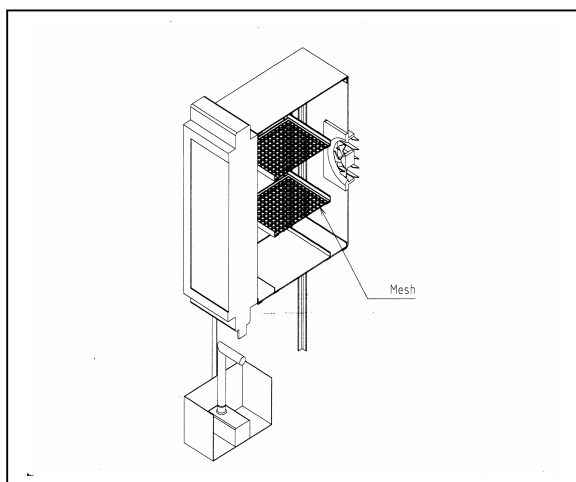
3.2 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งคือการศึกษาถึงปัจจัยของอัตราการไหลของน้ำที่มีต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องเย็น กระทำได้โดยวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทำความเย็น ทั้งหมด 6 จุด โดยใช้ Thermocouple และ Hygrometer digital ทำการศึกษาที่อัตราการไหลตั้งแต่ 1 ถึง 20 l/min และบันทึกผลของอุณหภูมิและความชื้นเมื่อค่าดังกล่าวเข้าสู่สภาวะคงที่

ส่วนที่สองได้แก่การศึกษาผลของการทำความเย็นแบบระเหยต่อคุณภาพของดอกไม้ การทดลองกระทำโดยนำดอกกล้วยไม้ที่เพิ่งตัดมาใหม่ใส่ลงในชั้นของห้องเย็นทั้ง 3 ชั้นชั้นละ 5 จุดสังเกตสภาพทางกายภาพของดอกกล้วยไม้ที่เปลี่ยนแปลงไปภายใน 10 วัน เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในตู้เย็นปกติ



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของห้องเย็นระบบระเหย

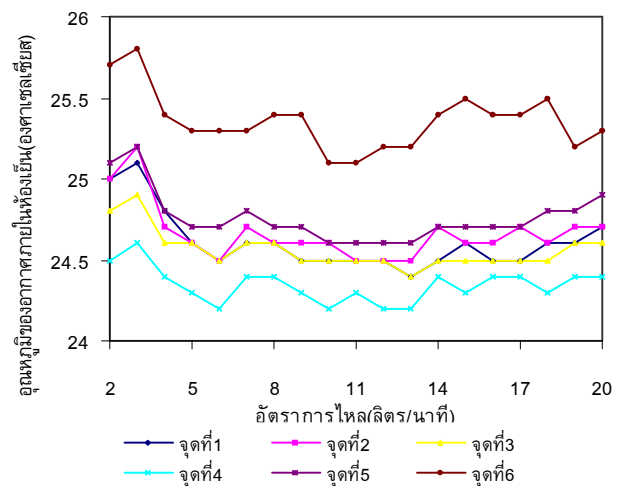


รูปที่2 แสดงโครงสร้างภายในห้องเย็นระบบระเหย

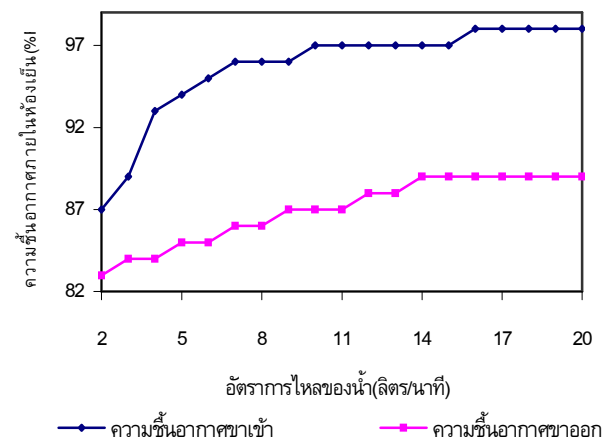
4.ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเย็นที่ตำแหน่งต่างๆ (รูปที่3) มีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นจุดที่ 1 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใกล้แผง wet pad cooling และจุดที่ 4 ซึ่งเป็นจุดที่ใกล้พัดลมดูดอากาศจึงเกิดการแกว่งของข้อมูลมาก

จากข้อมูลพบว่าระบบทำความเย็นนี้สามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเย็นเมื่อเทียบกับอากาศภายนอกเฉลี่ย 5 °C นั่นคือที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 32 °C เมื่อผ่านระบบ evaporative cooling อุณหภูมิลดลงเฉลี่ยประมาณ 24.5 °C



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศภายในห้องเย็นทั้ง6จุดกับอัตราการไหลของน้ำ

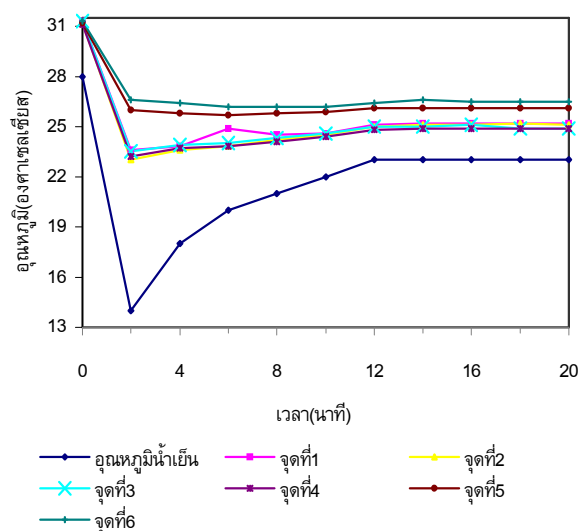


รูปที่4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความชื้นกับอัตราการไหลของน้ำ

นอกจากนี้ที่อัตราการไหลต่ำคือประมาณ 2-5 l/min และที่อัตราการไหลสูงเกิน 17 l/min จะได้อุณหภูมิที่ไม่คงที่และช่วงอัตราการไหลที่ให้อุณหภูมิเฉลี่ยคงที่ได้แก่ช่วงประมาณ 8- 17 l/min

รูปที่ 4 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเย็นที่อัตราการไหลของน้ำต่างๆ โดยทำการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก 31 °C และ 65 % RH อุณหภูมิของน้ำ 24 °C

จากรูปพบว่าความชื้นของอากาศ บริเวณทางเข้าห้องเย็นมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าความชื้นบริเวณใกล้ทางออก นอกจากนี้ที่บริเวณขาเข้าของอากาศความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าคงที่ประมาณ 97% RH ที่อัตราการไหลของน้ำสูงกว่า 11 l/minและที่ขาออกมีค่าคงที่ประมาณ 89%RH ที่อัตราการไหลของน้ำสูงกว่า 14 l/min



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในระบบระบายกับเวลา

จากการทดลองใส่ น้ำแข็งลงในถังเก็บน้ำและวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (รูปที่5) พบว่าในช่วงแรกที่น้ำแข็งกำลังละลายทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วสูงขึ้นและคงที่หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 12 นาที แต่การลดของอุณหภูมิน้ำไม่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเย็น ดังจะเห็นได้จากกราฟที่คงที่ทั้ง 6 จุด



รูปที่6 แสดงดอกกล้วยไม้เก็บในห้องเย็นระบบระบาย



รูปที่ 7 แสดงดอกกล้วยไม้เก็บในตู้เย็น

ผลการทดสอบคุณภาพของดอกกล้วยไม้ ดังแสดงในรูปที่ 6 ที่เก็บรักษาในห้องเย็นที่สภาวะการทำงานดังนี้ อัตราการไหลของน้ำ 13 l/min อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก เท่ากับ 31 องศาเซลเซียสและ 63 %RHโดยลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบการเก็บรักษาในตู้เย็นที่สภาวะการเก็บรักษาทั่วไปคือ 10 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 7

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ดอกกล้วยไม้ที่เก็บในห้องเย็นแบบระบายยังมีสภาพดีอยู่คือก้านดอกและกลีบดอกมีสภาพแข็งแรงในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่เก็บในตู้เย็นมีสภาพกลีบดอกอ่อนลงและมีสภาพนิ่มลงเรื่อยๆ หลังจากวันที่ 5 โคนดอกจะมีสีน้ำตาลมากขึ้น ส่วนดอกกล้วยไม้ที่เก็บในห้องเย็นแบบระบาย ยังมีสภาพดอกแข็งแรง เมื่อถึงวันที่ 8 และเริ่มมีกลีบดอกนิ่มลงตั้งแต่วันที่ 9 เป็นต้นมา

5. สรุป

จากการศึกษาและทดลองสรุปได้ว่า ระบบทำความเย็นแบบระบายได้ความเย็นภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิในน้ำที่หมุนเวียน ผลของความชื้นที่ได้จากการทำความเย็นระบบระบาย มีค่าสูงและเหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้และดอกไม้ชนิดอื่นที่ต้องการความชื้นสูง ค่าอุณหภูมิของอากาศในระบบอาจไม่ต่ำมาก แต่สามารถลดอุณหภูมิได้ประมาณ 5 °C ที่ช่วงอัตราการไหลของน้ำประมาณ 10-16 l/min จะได้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่เหมาะสม และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ได้นานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาในตู้เย็น ระบบทำความเย็นแบบระบายสามารถพัฒนาเพื่อใช้ในการขนส่งดอกไม้ได้ และใช้กับฟาร์มดอกไม้ ซึ่งเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

[1] นิธิยา รัตนปพนธ์ และ ดนัย บุญเกียรติ, 2537, การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้, หน้า 94 , 114.

- [2] Kader,, AA1985 Modified atmosphere and low-pressure system during transport and storage, pp. 58-64.
- [3] Tadhg Brosnan .,and Da-Wen Sun., “ Compensation for Water Loss in Vacuum-Precooled Cut Lily Flowers” ,Agricultural Technology Journal, April, 2001 ,pp. 299-305.
- [4] อัครเดช สินธุภักดิ์, 2543, การปรับอากาศ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 547-561.
- [5] Shank ., Wang Hand book of Air conditioning And Refrigeration, Mcgraw. Hill, INC ., pp 13.1-13.3.
- [6] John. R ., Watt , 1986, Evaporative Air Conditioning Handbook Second Edition, Chapman & Hall New York London. pp 275.
- [7] E.M. Lucas ., J.M. Randall ., and J.F. Meneses.,”Potential for Evaporative Cooling during Heat Stress Periods in Pig Production in Portugal (Alentego)” ,Agricultural Technology Journal February, 2000 ,pp. 363-371.