บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

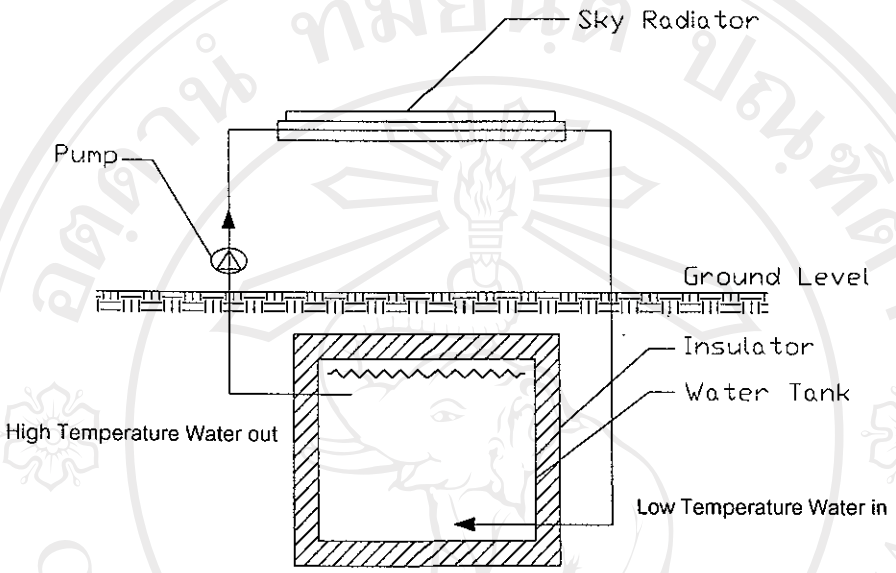
ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้ชาวเขามีอาชีพที่ยั่งยืน ทดแทนการทำไร่เลื่อนลอย หรือปลูกฝิ่น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโครงการในพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยได้มีการจัดตั้งโครงการหลวงขึ้น เพื่อให้เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบให้คำปรึกษาดูแล และช่วยส่งเสริมให้มีการสร้างผลิตผลทางการเกษตรรวมไปถึงการนำผลิตผลออกมาจำหน่ายยังชุมชนเมือง นอกจากโครงการหลวงแล้ว กรมประมงก็เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ได้เล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาการประมงในที่สูงขึ้น ด้วยความร่วมมือของทั้งสองหน่วยงานนี้โครงการวิจัยและทดลองเลี้ยงปลาเทร้าท์ จึงได้เกิดขึ้นในสถานีวิจัยประมงในที่สูงบนดอยอินทนนท์

โครงการหลวงและกรมประมงได้ทดลองนำปลาเทร้าท์จากประเทศเยอรมันเข้ามาเพาะเลี้ยงในสถานีฯแห่งนี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ในปัจจุบันสามารถจำหน่ายสู่ท้องตลาดได้เดือนละ 800 กิโลกรัม ในราคากิโลกรัมละ 300 บาท ซึ่งถือเป็นรายได้ที่ไม่น้อยเลยในแต่ละเดือน แต่ว่าการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้ก็ประสบปัญหาหนึ่ง นั่นก็คือในช่วงเวลาที่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ปลาจะผสมพันธุ์และฟักไข่นั้นจะต้องควบคุมอุณหภูมิน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงให้มีค่าไม่เกิน 15°C จากน้ำบ่อนภายนอกที่มีอุณหภูมิประมาณ 18-20 °C ทางสถานีฯจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 3 ตัน จำนวน 2 เครื่อง เพื่อช่วยทำน้ำเย็นในช่วงเวลาดังกล่าว และเดินเครื่อง 18 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลา 9 เดือน ซึ่งคำนวณเป็นค่าไฟฟ้ารายปีแล้ว เป็นจำนวนเงิน 98,358 บาท ฉะนั้นทางสถานีฯจึงมีแนวคิดว่าจะมีวิธีการอันใดบ้างที่สามารถนำมาทดแทนการทำน้ำเย็น เพื่อลดอัตราการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นนี้ ซึ่งทางเลือกอันหนึ่งนั้นก็คือ การทำน้ำเย็นด้วยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน(Nocturnal Water Cooling)

การทำงานของระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนสู่อากาศแวดล้อม และการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิท้องฟ้ามีค่าต่ำมาก อีกประการหนึ่งคือท้องฟ้าในเวลากลางคืนมีลักษณะเหมือนกับวัตถุดำขนาดใหญ่จึงมีการดูดกลืนรังสีความร้อนจากวัตถุบนผิวโลกได้ดี การวางถังเก็บน้ำในระบบนี้ ส่วนใหญ่จะฝังไว้ใต้ดินเพื่อช่วยเก็บกักความเย็น ด้วยเหตุว่าใต้ดินมีอุณหภูมิต่ำจึงสามารถป้องกันการสูญเสียความเย็นได้ดีกว่าบนผิวดิน ในรูปที่1.1 แสดงการทำงานของระบบนี้ โดยเริ่มจากปั๊มสูบน้ำจากถังเก็บที่ฝังไว้ใต้ดินเข้าสู่แผงแผ่รังสีความร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับท้องฟ้า น้ำที่ผ่านแผงแผ่รังสีนี้แล้วก็จะเย็นลงและคืนกลับลงมาสู่ถังเก็บอีกครั้งหนึ่ง เป็นที่น่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สังเกตว่าตำแหน่งที่น้ำอุณหภูมิต่ำกลับคืนเข้าสู่ถังเก็บคือตำแหน่งด้านล่างถัง เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าถังเก็บมีขนาดใหญ่ อุณหภูมิน้ำในถังแต่ละระดับจึงไม่เท่ากัน น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะอยู่ในระดับล่าง และเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะลอยสู่ด้านบนถัง แล้วถูกสูบไปสู่ตัวแผ่รังสีเพื่อระบายความร้อนต่อไป



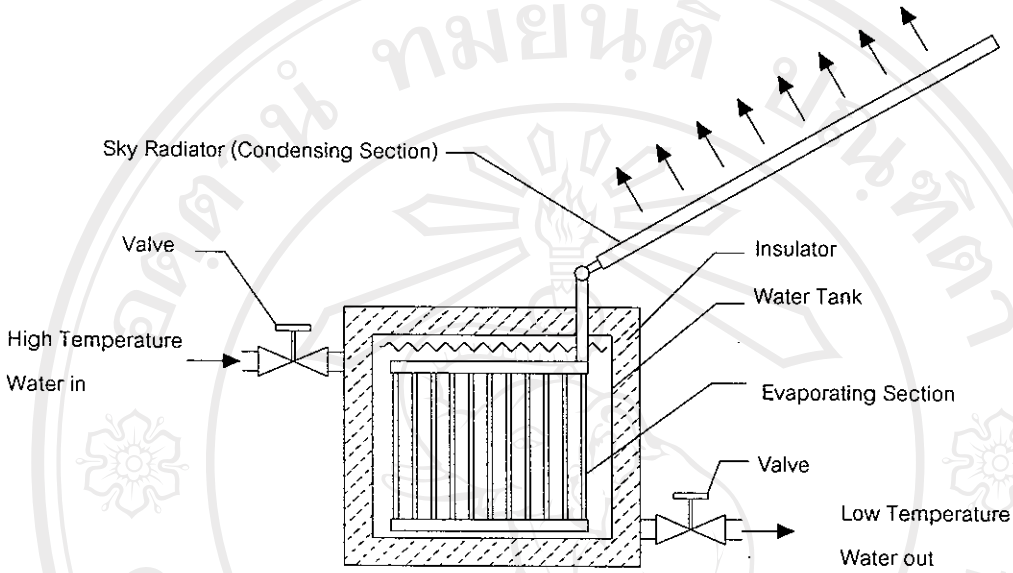
รูปที่ 1.1 ระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนและเก็บกักน้ำไว้ใต้ดิน

สำหรับการทำงานของระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนในโครงงานวิจัยนี้ ได้นำเอาเทอร์โมไซฟอนมาประยุกต์ใช้ในการถ่ายเทความร้อนจากถังน้ำไปสู่อากาศโดยรอบโดยการพาความร้อน และถ่ายเทความร้อนสู่ท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีความร้อนดังรูปที่ 1.2 ซึ่งเทอร์โมไซฟอนที่นำมาใช้นี้ได้มีการติดครีบเอาไว้ที่ด้านส่วนควบแน่น(แผงแผ่รังสีความร้อน) เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อน

โดยลักษณะทั่วไปของระบบทำน้ำเย็นด้วยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน การถ่ายเทความร้อนจะทำได้ดีในช่วงเวลากลางคืน สำหรับช่วงเวลากลางวันที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำในถังก็จำเป็นจะต้องหยุดการทำงาน แต่ในโครงงานวิจัยนี้ได้นำเทอร์โมไซฟอนมาใช้ในการถ่ายเทความร้อนจะมีข้อดีที่ว่า เทอร์โมไซฟอนจะทำหน้าที่เสมือนตัวนำความร้อนทางเดียว (Thermal Diode) คือเมื่อน้ำในถังเก็บมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศภายนอก ก็จะมีการถ่ายเทความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกเสมอ แต่ถ้าเมื่อใดอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิน้ำในถังเก็บก็จะไม่มีการถ่ายเทความร้อนกลับสู่ถังเก็บอย่างแน่นอน ด้วยเหตุผลนี้ทำให้อุปกรณ์ในการทำน้ำเย็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระบบที่ประยุกต์ขึ้นมานี้ สามารถทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องกังวลว่าจะมีการถ่ายเทความร้อนกลับเข้าสู่ถังเก็บ



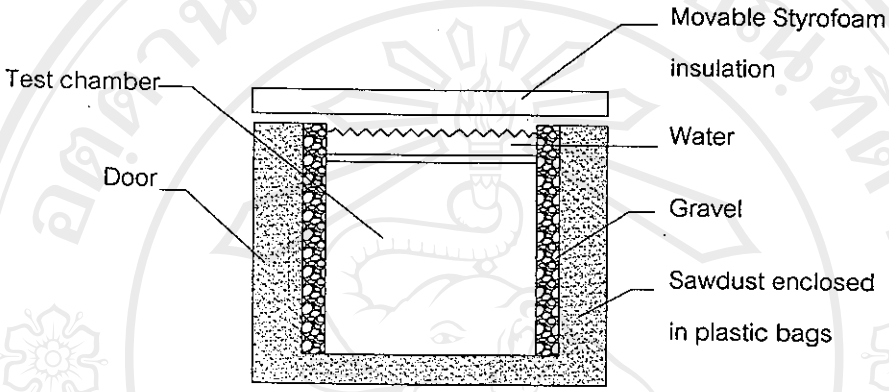
รูปที่ 1.2 ระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน
แบบใช้เทอร์โมไซฟอนเป็นตัวถ่ายเทความร้อน

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ปิยะวัติ บุญหลง และ วิวัฒน์ คล่องพานิช [2524] ได้ทำการทดลองสร้างห้องเย็นสำหรับเก็บรักษาพืชผล โดยอาศัยการทำความเย็นแบบธรรมชาติ โดยใช้ทั้งหลักการของหลังคาถาดน้ำ (Roof Pond) และพื้นผิวเลือกแผ่รังสี (Selective Radiator) ในช่วง 8-13 ไมครอน การทดลองแบบหลังคาถาดน้ำจะมีแผ่นหุ้มฉนวนความร้อนที่เลื่อนเปิดปิดได้คลุมอยู่ ดังรูปที่1.3 ซึ่งในเวลากลางคืนแผ่นฉนวนจะถูกเปิดเพื่อให้น้ำเย็นลงโดยการแผ่รังสีออกไปสู่บรรยากาศ ส่วนในเวลากลางวันแผ่นฉนวนจะถูกปิดเพื่อมิให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ถาดน้ำได้ พบว่า ในสภาพภูมิอากาศของเมืองเชียงใหม่ สามารถลดอุณหภูมิน้ำในถาดลงได้ 0 – 4 °C ต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุดของบรรยากาศในเวลากลางคืน และอุณหภูมิภายในห้องจะอยู่ในระดับ 1 – 2 °C สูงกว่าอุณหภูมิน้ำในถาด การทดลองผิวเลือกแผ่รังสีโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมทาสีขาว ปิดด้วย Polyethylene พบว่าสามารถลดอุณหภูมิของผิวเลือกแผ่รังสีลงได้สูงสุด 8 °C ต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศในฤดูหนาว ผู้วิจัยยังได้คำนวณค่า Spectral Emissivity ของบรรยากาศบริเวณเมืองเชียงใหม่ และค่าอัตราการแผ่รังสีจากพื้นผิวเลือกแผ่รังสี 4 ชนิด โดยอาศัยข้อมูลการตรวจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศชั้นบนของกรมอุตุนิยมวิทยา ได้ผลการคำนวณว่า Spectral Emissivity ในช่วง 8 – 13 ไมครอน ของบรรยากาศเมืองเชียงใหม่ มีค่าต่ำสุดที่ 0.42 ในฤดูหนาว และสูงสุดที่ 0.81 ในฤดูฝน อัตราการแผ่รังสีสุทธิจากพื้นผิวเลือกแผ่รังสีชนิดต่างๆ มีค่าระหว่าง 40 – 50 W/m^2 ในฤดูหนาว และลดลงเป็น 15 – 20 W/m^2 ในฤดูฝน



รูปที่ 1.3 ห้องเย็นทดลองแบบ Roof Pond

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และคณะ [2526] ได้ทำการทดลองหาค่าการสูญเสียความร้อนจากแผงแผ่รังสีแบบแผ่นเรียบในเวลากลางคืนที่กรุงเทพฯ โดยใช้แผงแผ่รังสีที่มีขนาดและคุณสมบัติเหมือนกัน 2 แผง พบว่า ในภูมิประเทศบริเวณเส้นศูนย์สูตรอุณหภูมิท้องฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิอากาศแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง และปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิท้องฟ้ามากที่สุดได้แก่ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลกระทบรองลงมา และอุณหภูมิท้องฟ้าที่ได้จากการทดลองจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิท้องฟ้าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

Hamza [2538] ได้ทำการทดลองการทำความเย็นภาคกลางคืน โดยให้น้ำไหลผ่านแผงแผ่รังสีในเวลากลางคืน อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วยแผงแผ่รังสี 2 แผ่นต่อขนานกันรวมกับแผงแผ่รังสีด้านบน 1 แผ่นซึ่งทำมาจากแผ่นอลูมิเนียมพ่นสีดำ และครอบเอาไว้ด้วยแผ่นครอบโพลีเอธิลีน ทำการทดลองโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงให้น้ำไหลผ่านเป็นวงจรเปิดดังรูปที่ 1.4

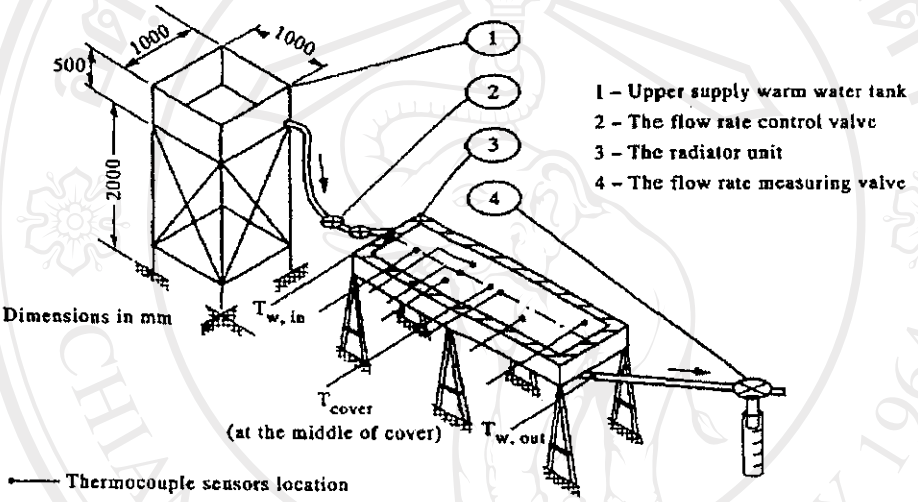
การทดลองได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม(ไม่ปิดฝาถังน้ำป้อน) กับน้ำป้อนจากถังปิด และความหนาของแผ่นครอบ ซึ่งได้ผลดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1) สำหรับระบบที่อาศัยแรงโน้มถ่วงให้น้ำไหลผ่านในช่วงฤดูร้อนแห้ง พบว่า อุณหภูมิน้ำต่ำที่สุดจะเกิดเมื่อมีอัตราการไหลต่ำที่สุด

2) การระเหยที่เกิดขึ้นในกรณีที่เปิดฝาถังน้ำป้อน เป็นการเพิ่มสมรรถนะของระบบทั้งหมดอีกเล็กน้อย

3) เมื่อความหนาของแผ่นครอบลดลง จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ได้ออกมาลดลงด้วย และจะทำให้อัตราการทำความเย็นเฉลี่ยเพิ่มขึ้น



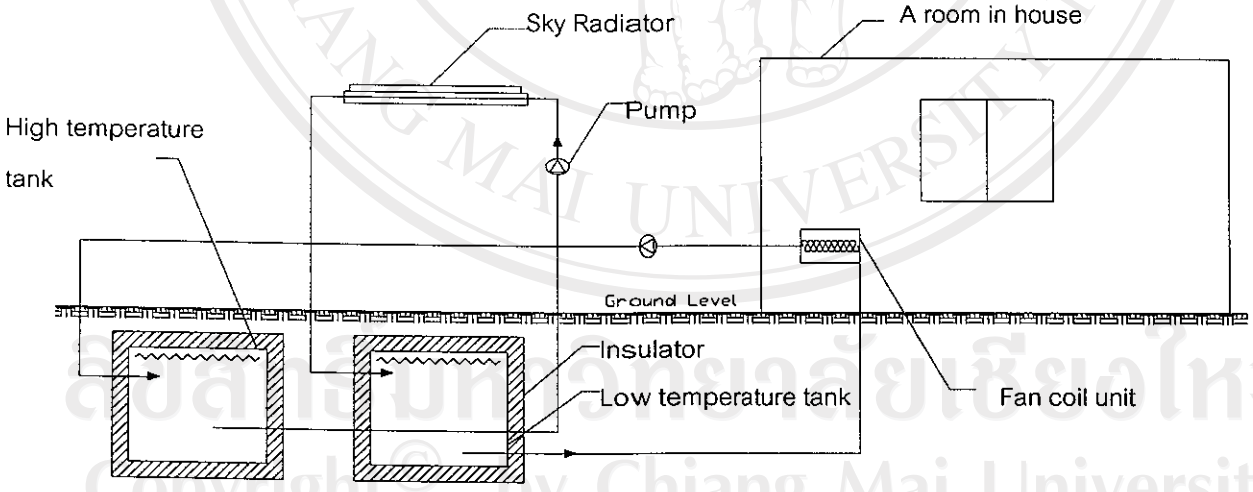
รูปที่ 1.4 ระบบการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อนภาคกลางคืน แบบวงจรเปิด

Waewsak, J. [2541] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการทำความเย็นโดยใช้เทคนิคการแผ่รังสีความร้อนในเวลากลางคืนในประเทศไทยซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยได้ทำการทดลองภายใต้ลักษณะของท้องฟ้าต่างกันดังนี้ ท้องฟ้ากระจ่าง, ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม และมีฝนตก ผลการทดลองปรากฏว่า ในกรณีท้องฟ้ากระจ่างและท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม อุณหภูมิของหลังคาแผ่รังสีมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 1 – 6 °C ในกรณีที่มีฝนตกอุณหภูมิของหลังค่าแผ่รังสีและอากาศแวดล้อมมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้คำนวณค่าการแผ่รังสีของบรรยากาศ ณ สถานีกรุงเทพฯ, เชียงใหม่, อุบลราชธานี และสงขลา โดยใช้ข้อมูลสำรวจอากาศชั้นบนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ผลปรากฏว่า ในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์) บรรยากาศ ณ สถานีเชียงใหม่มีค่าการแผ่รังสีต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ อุบลราชธานี และกรุงเทพฯ ตามลำดับ สำหรับสงขลาค่าการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผ่รังสีของบรรยากาศมีค่ามากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ลงความเห็นว่า การทำความเย็นโดยใช้หลักการแผ่รังสีในเวลากลางคืนมีความเป็นไปได้สูงสุดในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดย Boon-Long, P. et al. [2529] ได้พิสูจน์ว่าสมมติฐานดังกล่าวเป็นความจริง

Golaka, Auttapol R.T., Exell, R.H.B. [2545] ได้ศึกษาการทำความเย็นโดยใช้เทคนิคการแผ่รังสีความร้อนในเวลากลางคืนและเก็บกักน้ำไว้ใต้พื้นดินในลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคเหนือของประเทศไทย โดยนำน้ำเย็นที่ได้มาประยุกต์ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนในบ้านที่อยู่อาศัยในช่วงฤดูร้อนแทนเครื่องปรับอากาศ ระบบดังกล่าวแสดงในรูปที่1.5 ซึ่งประกอบไปด้วย Sky Radiator และถังน้ำฝังใต้ดิน 2 ถัง แบ่งเป็นถังน้ำอุณหภูมิสูง และถังน้ำอุณหภูมิต่ำ การทำงานของระบบจะทำในเวลากลางคืน โดยที่ปั๊มจะสูบน้ำจากถังน้ำอุณหภูมิสูงขึ้นไปสู่ Sky Radiator ซึ่งจะทำการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า ทำให้น้ำที่ได้ออกมาเย็นลงและไหลลงมากักเก็บยังถังน้ำอุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นในช่วงเวลากลางวัน น้ำเย็นจะถูกส่งไปยังหน่วยทำความเย็นซึ่งติดตั้งอยู่ภายในที่อยู่อาศัย แล้วไหลเวียนกลับมายังถังน้ำอุณหภูมิสูงต่อไป



รูปที่1.5 ภาคตัดของระบบทำความเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อน
ในเวลากลางคืน และการเก็บกักน้ำไว้ใต้พื้นดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทำแบบจำลองของระบบได้กระทำ ณ ที่อากาศหลากฤดูของจังหวัดเชียงราย ได้ผลการทดลองว่าอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำอุณหภูมิต่ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 14.5 – 22 °C ในช่วงเดือนธันวาคมถึงกรกฎาคม และจะมีค่า 16 – 18 °C ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน หรือช่วงฤดูร้อน ฉะนั้นน้ำเย็นที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนในที่พักอาศัยได้ในช่วงฤดูร้อน

พีรพล โอสถาพร และ สมภพ บุญใย [2545] ได้ศึกษาระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนแบบใช้เทอร์โมไซฟอนในเมืองเชียงใหม่ ซึ่งที่ส่วนทำระเหยของเทอร์โมไซฟอนจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนจากน้ำในถัง และส่วนควบแน่นจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนสู่อากาศภายนอก และการแผ่รังสีความร้อนสู่บรรยากาศซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน ในระบบดังกล่าวใช้ท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้วจำนวน 20 ท่อ 2 แผง และ 16 ท่อ 2 แผง เป็นแผงท่อเทอร์โมไซฟอน ติดตั้งไว้บนถังขนาด 2000 ลิตร ซึ่งหุ้มฉนวนหนา 2 นิ้ว และฝังไว้ใต้ดิน ในเทอร์โมไซฟอนเติมสาร R134a เป็นสารทำงาน ได้ผลการทดสอบว่าอุณหภูมิน้ำในถังจะลดลงในช่วงเวลา 19:00 – 08:00 น. โดยลดลงจากอุณหภูมิ 32 °C จนถึง 17.6 °C ในเวลา 134 ชั่วโมง

จะเห็นว่างานวิจัยที่ผ่านมา เป็นการสำรวจว่าบริเวณภูมิภาคใดของประเทศไทยที่มีความสามารถในการทำความเย็นโดยใช้หลักการแผ่รังสีในเวลากลางคืนมากที่สุดซึ่งคำตอบก็คือ ภาคเหนือ เพราะว่ามีค่าการแผ่รังสีของท้องฟ้าในเวลากลางคืนต่ำที่สุดทำให้การแผ่รังสีของวัตถุสู่ท้องฟ้าทำได้ดี งานวิจัยต่อๆมาก็เป็นการจำลองระบบทำน้ำเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อนในเวลากลางคืน โดยใช้ Roof Pond หรือ Sky Radiator ซึ่งต้องมีฉนวนกั้นในเวลากลางวัน ดังนั้นในโครงงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอนเป็น Sky Radiator ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ฉนวนป้องกันในเวลากลางวัน และนำน้ำอุณหภูมิต่ำที่ได้ไปทำงานในสภาวะใช้งานจริง นั่นก็คือนำไปเพาะเลี้ยงปลาเทร้าท์พ่อพันธุ์แม่พันธ์บนสถานีวิจัยประมงในที่สูง

1.3 วัตถุประสงค์การศึกษา

1.3.1 เพื่อศึกษาหาสมรรถนะ (อัตราการทำความเย็น และ เวลาที่ใช้ในการทำความเย็น) และปัจจัยที่มีผลต่อการระบายความร้อนภาคกลางคืนเพื่อทำน้ำเย็นจากชุดทดสอบ

1.3.2 เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน ในการลดภาระ การทำความเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบ Vapor Compressor Chiller ในการเพาะเลี้ยงปลาเทร้าท์พ่อพันธุ์แม่พันธุ์บนสถานีวิจัยประมงในที่สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1.4.1 ทราบถึงผลของปัจจัยต่างๆที่มีต่อระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน

1.4.2 ได้เครื่องทำน้ำเย็นแบบวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน ที่ก่อให้เกิดการประหยัดด้านพลังงาน เนื่องด้วยเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้มีลักษณะการทำงานเป็นแบบ Passive Cooling คือไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น

1.4.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมอื่นๆ ต่อไป

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

1.5.1 เทอร์โมไซฟอนใช้ทองแดงเป็นวัสดุ และใช้สาร HFC-134a เป็นสารทำงาน

1.5.2 การติดตั้งถังทำน้ำเย็นจะวางไว้บนพื้นดิน

1.5.3 อุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเทร้าท์พ่อพันธุ์แม่พันธุ์มีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 15°C

1.5.4 บ่อเลี้ยงปลาเทร้าท์มีขนาด $W \times L \times D = 3.85m. \times 5.85m. \times 1.00m.$ และน้ำลึก 0.80m.

1.5.5 จำนวนปลาในบ่อเลี้ยงจำกัดที่ 70 ตัว โดยแต่ละตัวมีน้ำหนัก 1.2 -1.5 kg

1.5.6 โครงงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีระบายความร้อนภาคกลางคืนได้แก่ ขนาดถังทำน้ำเย็น และพื้นที่แผงแผ่รังสี เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงานของระบบ

1.5.7 โครงงานวิจัยนี้จะดำเนินงานทดสอบภายใต้ภูมิอากาศของอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และโครงการหลวงสถานีดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved