ทดสอบประสิทธิภาพโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดิน
Testing on Efficiency of Hydroponic Greenhouses

นาวี จิระชีวี [1/]
วุฒิพล จันทร์สระคู [1/]
วันชัย คุปวานิชพงษ์ [1/]
วิโรจน์ โหราศาสตร์ [1/]
Nawee Jiracheewee [1/]
Wuttiphol Chansrakoo [1/]
Wanchai Kupawanichpong [1/]
Virote Horasart [1/]

ABSTRACT

Hydroponic vegetable production under a small net-house is a typical crop cultivation promoting the measures to reduce the use of chemical pesticides. However, vegetable crops in such a conventional hydroponic culture usually face a serious problem of the build-up of heat inside the greenhouse that affects vegetable yields. The objective of this research was set up to develop hydroponic greenhouses for promoting the production of high quality vegetables. The design was based on the principle of natural ventilation by providing a ridge vent on the greenhouse structure. In addition, two supplemental cooling systems were introduced : by covering the roof with black plastic net and by applying a fogging system inside the greenhouse. A series of experiments namely survey, design and greenhouse testing were conducted in order to evaluate the performance of prototype greenhouses in comparison with conventional greenhouses at two different locations: Agricultural Engineering Research Institute, Bangkok and Agricultural Engineering Centre, Chiang Mai. during October 2006 - September 2007. The results showed that the maximum temperature inside the prototype was approximately 5°C lower than that of conventional greenhouse in the summer. The increases of vegetable fresh weights were obtained in all locations and cultivation periods.

Key words: greenhouse, hydroponics, soilless culture, nutrient solution

[1/] สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

[1/] Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

การปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดิน (ผักไฮโดรโพนิกส์หรือผักไร้ดิน) ในโรงเรือนที่มีมุ้งกันแมลงเป็นการสนับสนุนการปลูกผักแบบลดการใช้สารเคมี แต่การปลูกผักในโรงเรือนลักษณะนี้มักจะมีปัญหาอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงในช่วงที่มีแสงแดดจัด ทำให้ผลผลิตต่ำและเสียหาย โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโรงเรือนที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าว โดยออกแบบโครงสร้างโรงเรือนที่อาศัยหลักการระบายอากาศตามธรรมชาติ ซึ่งจัดให้มีช่องเปิดระบายอากาศร้อนส่วนบนของหลังคา และมีการระบายความร้อนแบบอื่นๆ ช่วยเสริม เช่น ใช้ตาข่ายพรางแสงบนหลังคาและมีระบบพ่นหมอก ได้ดำเนินการสำรวจ ออกแบบ และทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดินระหว่างเดือนตุลาคม 2549 - กันยายน พ.ศ. 2550 โดยทำการปลูกต้นกล้าผักต่างๆ ในโรงเรือนต้นแบบ เปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไปที่มีจำหน่ายเป็นการค้ารวม 4 รอบปลูกในสถานที่ 2 แห่ง คือที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรุงเทพฯ และศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ พบว่าอุณหภูมิในโรงเรือนต้นแบบมีค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าของโรงเรือนทั่วไปประมาณ 5°ซ. ในช่วงเดือนเมษายน ผลผลิตที่ได้ทุกรอบปลูกสูงกว่าของโรงเรือนทั่วไป

คำหลัก: โรงเรือน ไฮโดรโพนิกส์ ผักไร้ดิน ปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน สารละลายธาตุอาหารพืช

คำนำ

การปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดิน ที่อยู่ภายใต้โรงเรือนมีมุ้งปิดกันแมลงเป็นรูปแบบหนึ่งของการผลิตผัก ที่สนับสนุนการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และผลผลิตมีความสะอาด แม้ว่าจะแพงกว่าผักที่ปลูกจากดินแต่ก็เป็นการบริโภคเพื่อสุขภาพซึ่งนับวันจะมีผู้นิยมมากขึ้น ธุรกิจปลูกผักโดยใช้สารละลายจึงมีแนวโน้มเติบโตมากขึ้น (อิทธิสุนทร, 2547) การปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดินที่ทำเป็นการค้าเป็นรูปแบบการปลูกผักโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ไหลเวียนในภาชนะรองรับแบบรางปลูก (nutrient flow technique, NFT) หรือ แบบกระบะหรือถาดปลูก (dynamic root floating technique. DRFT) (สุภาพร, 2544) ระบบปลูกแบบใช้ถาดปลูก (culture bed) ที่มีใช้ในประเทศไทยได้พัฒนามาจากแบบที่นิยมใช้ในประเทศไต้หวันโดยเป็นโรงเรือนขนาดเล็กที่ส่วนใหญ่มีความยาวประมาณ 7.2 ม. มีหลังคามุงด้วยพลาสติกใสป้องกันฝน ด้านข้างเป็นมุ้งไนล่อนกันแมลงครอบอยู่บนถาดปลูกที่ใช้บรรจุสารละลายซึ่งทำด้วยวัสดุโฟมฉีดขึ้นรูป และมีโฟมแผ่นปลูก (polystyrene panel) ซึ่งเป็นหรือแผ่นโฟมเจาะรูสำหรับปลูกพืชปิดอยู่ด้านบนของถาดปลูก ซึ่งสารละลายจะไหลเวียนระหว่างถังพักสารละลาย (nutrient tank) กับถาดปลูกด้วยปั๊มน้ำ (water pump) ขนาด 30 วัตต์ และในถาดปลูกมีอุปกรณ์ที่ใช้ปรับระดับน้ำในถาดปลูก (nutrient level adjuster) (มัฆวาล, 2547) ซึ่ง

ปัจจุบันการปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดินในประเทศไทย มีการใช้แบบถาดปลูกมากกว่าแบบรางปลูก (เอกสิทธิ์, 2550) เนื่องจากเป็นโรงเรือนขนาดเล็กเฉพาะแปลงปลูกจึงลงทุนแรกเริ่มที่ต่ำกว่า เหมาะสำหรับปลูกผักเป็นการค้าสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงต่อการระบาดของโรคที่ติดต่อกันทางสารละลายน้อยกว่าการปลูกภายใต้โรงเรือนขนาดใหญ่ที่มีระบบสารละลายรวม (อิทธิสุนทร, 2550) แต่เนื่องจากโรงเรือนปลูกผักแบบใช้สารละลายในถาดปลูกเป็นโรงเรือนขนาดเล็ก ที่ใช้หลังคาพลาสติกใสป้องกันฝนและใช้มุ้งกันแมลงด้านข้างโดยรอบ มีผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง ซึ่งมีโอกาสเกิดโรคที่แพร่โดยสารละลายได้ง่าย (ดิเรก, 2550) อารักษ์ (2544) ได้รายงานว่าอุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมากสำหรับการปลูกพืชโดยใช้สารละลายแทนดิน เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับการสังเคราะห์แสง การหายใจ การคายน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ และในด้านปัญหาการเหี่ยวเฉาของพืชที่เกิดจากสภาพอากาศนั้นเป็นผลจากความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำเกินไป รากพืชดูดน้ำไม่ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช ส่งผลให้เซลของพืชไม่เต่งตึง และทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะแปรผันตรงกันข้ามกับอุณหภูมิ (นิรนาม, 2551) ดังนั้นเมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผ่านเข้ามาในโรงเรือนมีมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนสูงขึ้นตามไปด้วย จึงส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนต่ำลง จากปัญหาสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการผลิตผักโดยใช้สารละลายของประเทศไทยในปัจจุบัน (วรรณภา, 2551) ดังนั้นการพิจารณาการลงทุนโครงการปลูกผักโดยใช้สารละลายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการดำเนินธุรกิจในด้านนี้ ภาคเอกชนเป็นผู้นำรูปแบบสำเร็จรูปจากต่างประเทศมาพัฒนาและเผยแพร่ ซึ่งสามารถพัฒนาไปได้ระดับหนึ่ง แต่ระบบโรงเรือนที่มีอยู่ยังมีปัญหาในการใช้งานและมีงานวิจัยรองรับน้อย (นิรนาม, 2546) โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบให้ได้ต้นแบบโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดินที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

สร้างโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดิน มีขนาดแปลงปลูก 1.0 x 7.2 ม. จำนวน 2 แปลงปลูกต่อโรงเรือน ประกอบด้วยโรงเรือนทั่วๆไป ที่มีจำหน่ายเป็นการค้า (conventional greenhouse) จำนวน 2 โรงเรือน และโรงเรือนต้นแบบ (prototype greenhouse) เป็นแบบหลังคาจั่วเหลื่อม (overlap roof) จำนวน 2 โรงเรือน และแบบหลังคาจั่วสองชั้น (ridge cap roof) จำนวน 1 โรงเรือน แต่ละโรงเรือนติดตั้งชุดพ่นหมอก ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ เช่น

เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า ตู้ควบคุมชนิดตั้งเวลาได้ละเอียดเป็นวินาที หัวพ่นหมอกแบบฉีด 4 ทิศทาง อัตรา 30 ล./ชม. ที่แรงดัน 4 บาร์ เครื่องกรองน้ำแบบดิสก์ ความละเอียด 130 ไมครอน จำนวน 2 ชุด

1. ศึกษาและสำรวจข้อมูลการใช้งานโรงเรือนปลูกผัก โดยใช้สารละลายแทนดินเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบโรงเรือน โดยทำการสำรวจแบบเจาะจงภายใต้เงื่อนไขเฉพาะฟาร์มที่ใช้โรงเรือนแบบใช้สารละลายในถาดปลูกที่มีการดำเนินธุรกิจปลูกผักเพื่อจำหน่าย และอยู่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยการสอบถามแหล่งสำรวจจากผู้ที่สามารถให้ข้อมูลได้จากชมรมปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแห่งประเทศไทย ดำเนินการศึกษาและสำรวจฟาร์มจำนวนทั้งสิ้น 6 ราย คือ ในกรุงเทพฯ จำนวน 3 ราย ได้แก่ ฟาร์มที่เขตดุสิต เขตมีนบุรี และเขตบางกะปิ จำนวนเขตละ 1 ราย และในเขตปริมณฑล จำนวน 3 จังหวัด ๆ ละ 1 ราย ได้แก่ ฟาร์มที่ อ. บางบ่อ จ. สมุทรปราการ อ. เมือง จ. ปทุมธานี และ อ. พุทธมณฑล จ. นครปฐม รวม 3 ราย ทำการบันทึกข้อมูลทั่วไปของฟาร์มตามประเภทของการดำเนินธุรกิจได้แก่ ปลูกผักจำหน่ายอย่างเดียว หรือผลิตจำหน่ายวัสดุอุปกรณ์และโรงเรือนปลูกผักแบบครบวงจร นอกจากนั้นยังบันทึกข้อมูลการใช้งานโรงเรือนปลูกผัก ได้แก่ จำนวนและขนาดโรงเรือน ตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ สอบถามปัญหาต่างๆ ในการใช้งานโรงเรือนและวิธีแก้ไขปัญหา

2. ออกแบบ และสร้างต้นแบบโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดิน โดยใช้ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้จากการสำรวจและข้อมูลด้านวิศวกรรมจากเอกสารทางวิชาการจากแหล่งต่างๆ ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนต้นแบบ และปรับปรุงแก้ไขให้ได้ต้นแบบโรงเรือนที่เหมาะสม

3. ทดสอบการปลูกผักในโรงเรือนต้นแบบเปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไปที่มีจำหน่าย โดยทดสอบการปลูกผักในโรงเรือน 2 แห่ง คือที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จำนวน 2 รอบปลูก และที่ศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ จำนวน 2 รอบปลูก ทดสอบในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งในแต่ละรอบปลูกของการทดสอบในแต่ละแห่งจะใช้โรงเรือนต้นแบบ 1 โรงเรือนและโรงเรือนทั่วไป 1 โรงเรือน ในแต่ละโรงเรือนมีจำนวน 2 แปลงปลูก ปลูกประเภทผักไทย 1 แปลงปลูก ได้แก่ ผักกวางตุ้ง (Pak Choi) หรือผักกาดขาวไดโตเกียว (Daitokyo Bekana) และปลูกผักประเภทสลัด อีก 1 แปลงปลูก ได้แก่ ผักสลัดคอส (Salad Cos) หรือผักกรีนโอ๊ค (Green Oak) ในสารละลายที่เตรียมไว้ โดยกำหนดให้แปลงปลูกมีขนาด 1.0 x 7.2 ม. ซึ่งมีช่องปลูกที่สามารถปลูกประเภทผักไทยได้จำนวน 600 ต้น หรือปลูกต้นกล้าประเภทผักสลัดได้จำนวน 200 ต้น ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแบบอัตโนมัติ (Watch Dog Data Logger Model 950) ที่ติดตั้งบริเวณกึ่งกลาง

ภายในโรงเรือนที่ความสูงจากพื้นแผ่นปลูก 50 ซม. เพื่อเปรียบเทียบสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโรงเรือน เก็บข้อมูลน้ำหนักสดของผักทั้งหมดที่ปลูกในแปลงปลูกเมื่อได้เวลาเก็บเกี่ยว เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้รับ

4. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซึ่งมีการประเมินรายได้และต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ และมีการปรับมูลค่าเงินในอนาคตเป็นมูลค่าปัจจุบัน (ดิเรก, 2550) โดยกำหนดตัวชี้วัดว่าควรลงทุนหรือไม่ตามตัวชี้วัดในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value, NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (benefit-cost ratio: B/C ratio) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (internal rate of return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน (payback period, PB) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาดังนี้

NPV = มูลค่าปัจจุบันของรายได้ – มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (ควรมากกว่า 0 จึงเหมาะที่จะลงทุน)

B/C ratio = มูลค่าปัจจุบันของรายได้ / มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (ควรมากกว่า 1 จึงเหมาะที่จะลงทุน)

IRR = อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ (ควรมากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก จึงเหมาะที่จะลงทุน)

PB = เป็นระยะเวลาที่ทำให้รายได้รวมเท่ากับต้นทุนรวม (ไม่ควรนานเกินไปจึงเหมาะที่จะลงทุน)

นอกจากนี้ยังพิจารณาความอ่อนไหวของผลตอบแทนโครงการ (sensitivity analysis) เนื่องจากการแปรเปลี่ยนของปัจจัยต่างๆ คือ จำนวนโรงเรือนที่ดำเนินการ ราคาผลผลิต และปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อโรงเรือน การทดลองมีระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี เริ่มต้นตุลาคม พ.ศ. 2549 สิ้นสุดเดือนกันยายน พ.ศ. 2550 โดยดำเนินการศึกษาและสำรวจข้อมูลในแปลงเกษตรกรเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล และทดสอบการปลูกผักในโรงเรือนต้นแบบที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ และที่ศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาและสำรวจข้อมูลการใช้งานโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดิน

1.1 ข้อมูลทั่วไปของฟาร์มตัวอย่างที่สำรวจจำนวน 6 ราย ทั้งในเขตกรุงเทพฯ และปริมลฑล ซึ่งทำฟาร์มปลูกผักโดยไม่ใช้ดินที่ผลิตจำหน่ายและรับติดตั้งโรงเรือน วัสดุปัจจัยต่างๆในการผลิตและจำหน่ายผลผลิตผักทั้งขายปลีกและขายส่ง โดยดำเนินธุรกิจแบบครบวงจรจำนวน 3 ราย อีก 3 รายเป็นผู้ซื้อจากผู้ผลิตโรงเรือนมาดำเนินการผลิตผักขายโรงเรือนทั่วไปที่มีใช้ส่วนใหญ่มีจำนวน 2 แปลงต่อโรงเรือน แต่ละแปลงปลูกมีขนาด 1.0 x 7.2 ม. ซึ่งเป็นโรงเรือนปลูกผักมาตรฐานขนาดใหญ่ที่สุดที่มีการผลิตจำหน่าย (Figure 1) ส่วนโรงเรือนขนาดที่เล็กกว่ามีราคาต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่า ซึ่งมีใช้ในฟาร์มที่สำรวจ จำนวน 2 ราย

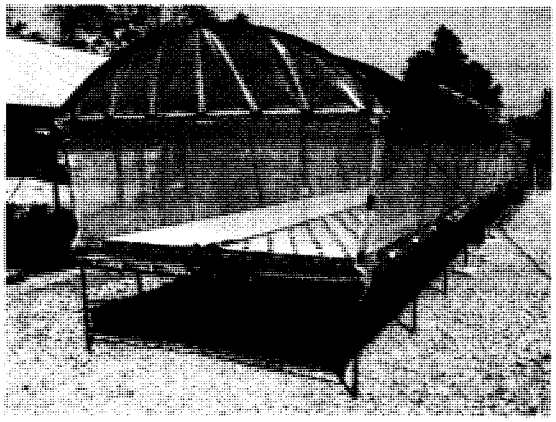


Figure 1. Conventional greenhouse with two culture beds

สาเหตุที่ใช้โรงเรือนเล็ก เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่หรือเป็นโรงเรือนแรกๆ เมื่อเริ่มโครงการ

1.2 ข้อมูลการใช้งานโรงเรือน โรงเรือนที่มีการใช้งานทุกแห่งเป็นโรงเรือนที่มีหลังคาปิดมุงด้วยพลาสติกกันฝน ทุกฟาร์มมีปัญหาอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง โดยเฉพาะในช่วงที่ท้องฟ้าโปร่งมีแสงแดดจัด แม้จะมีตาข่ายพรางแสงช่วยลดความเข้มของแสงที่ผ่านเข้าสู่โรงเรือน มีผลให้ต้นผักเหี่ยวเฉาและต้นกล้าเสียหาย บางฟาร์มเคยเกิดความเสียหายต่อผลผลิต 100 % ในบางรอบปลูก ช่วงฤดูร้อนไม่สามารถปลูกผักสลัดได้ ผักที่เก็บเกี่ยวได้มีผลผลิตลดลงมาก บางฟาร์มมีวิธีการดัดแปลงโรงเรือนเพื่อแก้ปัญหาเนื่องจากโรงเรือนอุณหภูมิสูง เช่น ปลูกผักโดยการเปิดมุ้งด้านข้างเพื่อระบายอากาศ ในระยะ 2 สัปดาห์สุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยว หรือเปิดแบบถาวร ใช้หัวพ่นฝอยฉีดพ่นน้ำในโรงเรือน ใช้น้ำประปาน้ำฉีดเพิ่มความชื้นที่พื้นของโรงเรือน เป็นต้น ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวยังไม่ได้ผลดีมากนักและเกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา บางฟาร์มเพิ่มจำนวนโรงเรือนให้มากขึ้น สำหรับชดเชยผลผลิตที่ลดลงในช่วงที่อากาศร้อนเพื่อให้ได้ผลผลิตตามแผนการผลิต

ฟาร์มปลูกผักแบบใช้สารละลาย จำนวน 2 ราย มีปัญหาไฟฟ้าดับบ่อย และเกิดปัญหาสารละลายปุ๋ยไหลออกจากถาดปลูกทำให้ผักเหี่ยวเฉา สูญเสียปุ๋ย เสียเวลาและแรงงานในการเตรียมสารละลายปุ๋ยใหม่ จากการสำรวจการใช้งานอุปกรณ์โรงเรือน พบว่ายังไม่มีอุปกรณ์ที่ป้องกันการไหลกลับของสารละลายออกจากถาดปลูก ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่ต้องมีการแก้ไข

2. ผลการออกแบบสร้าง ทดสอบและปรับปรุงโรงเรือนต้นแบบ

2.1 รูปแบบโรงเรือน

ได้ดำเนินการสร้างโรงเรือนต้นแบบที่มีขนาดแปลงปลูก 1.0 x 7.2 ม. จำนวน 2 แปลงปลูกต่อโรงเรือน ที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดของโรงเรือนสำเร็จรูปซึ่งนิยมใช้สำหรับปลูกผักโดยไม่ใช้ดินเป็นการค้า โดยออกแบบให้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติด้วยการระบายอากาศร้อนบางส่วนออกทางด้านบนของหลังคา โดยใช้ช่องระบายอากาศประมาณ 17.5% ของพื้นที่แปลงปลูกเพื่อประสิทธิภาพการระบายอากาศที่เหมาะสม (Anon, 2002) โดยสร้างโรงเรือนต้นแบบที่มีโครงหลังคาแบบหน้าจั่วเหลื่อม (Figure 2) และโรงเรือนที่มีโครงหลังคาเปิด

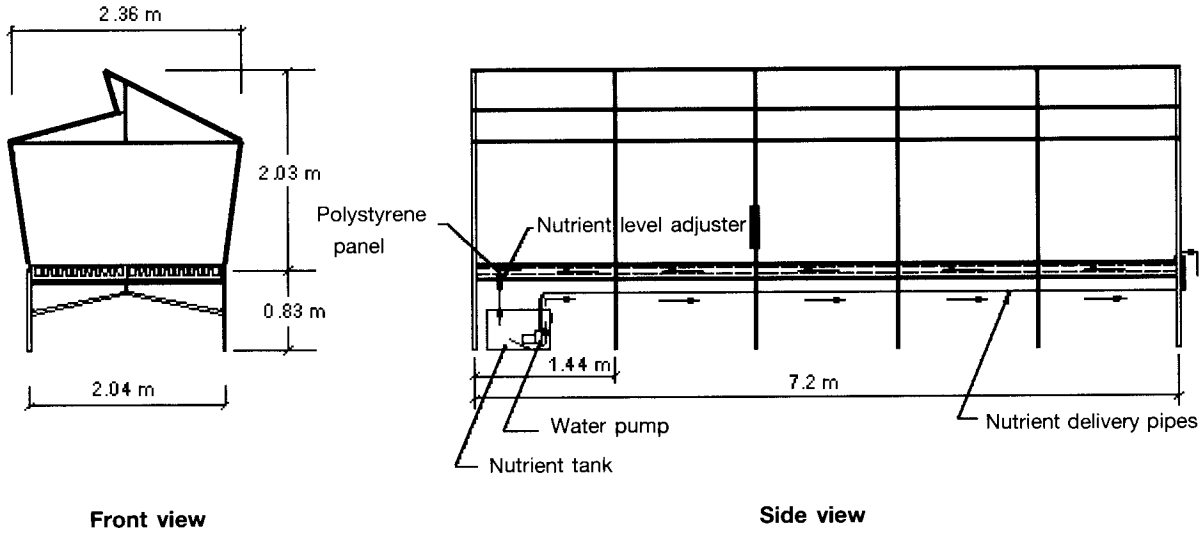


Figure 2. Prototype greenhouse with overlap roof

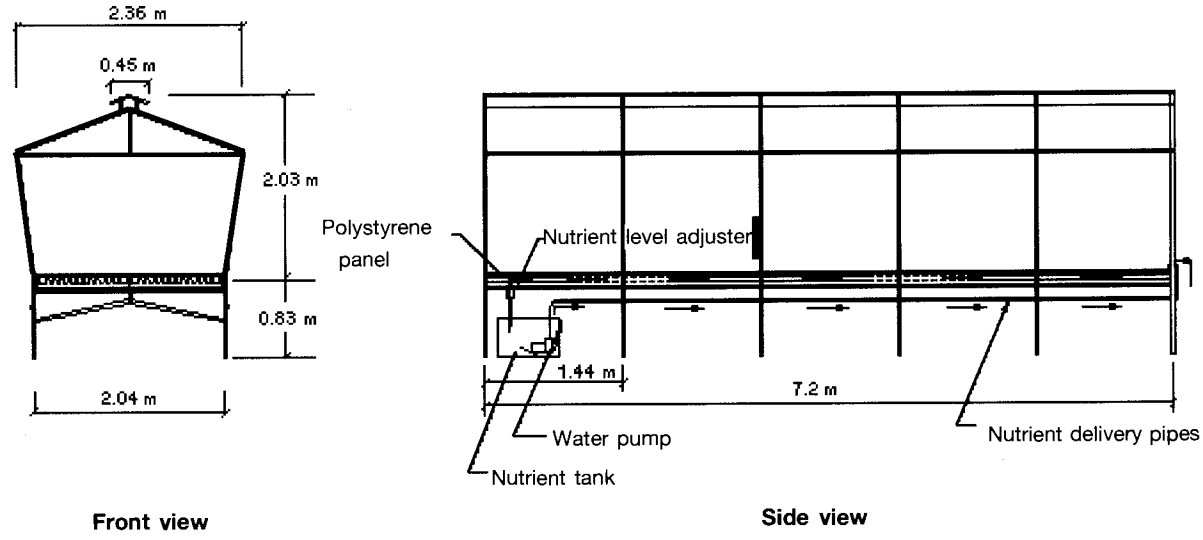


Figure 3. Prototype greenhouse with ridge cap roof

แบบหน้าจั่วสองชั้น (Figure 3)

เปรียบเทียบด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิภายในโรงเรือน พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากวิธีการในกระบวนการก่อสร้างโรงเรือนและวัสดุที่ใช้พบว่าโรงเรือนแบบหน้าจั่วเหลื่อมจะมีขั้นตอนในการก่อสร้างที่ง่ายและประหยัดวัสดุกว่าแบบหน้าจั่วสองชั้น จึงเลือกใช้รูปแบบโรงเรือนที่เปิดระบายอากาศแบบหน้าจั่วเหลื่อมเป็นต้นแบบสำหรับการทดสอบต่อไป

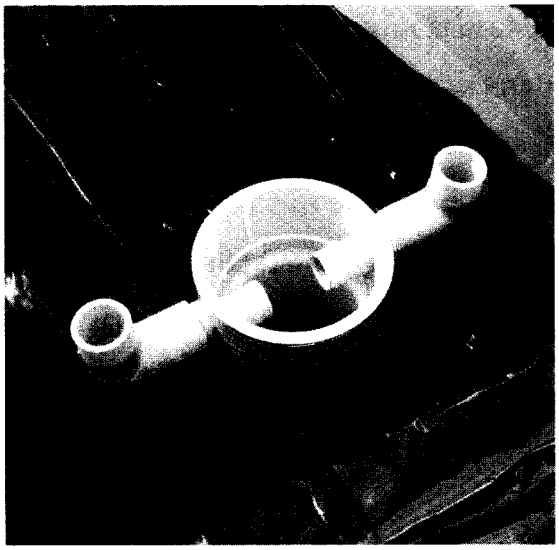
2.2 ระบบเสริมช่วยการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน (supplemental cooling

systems)

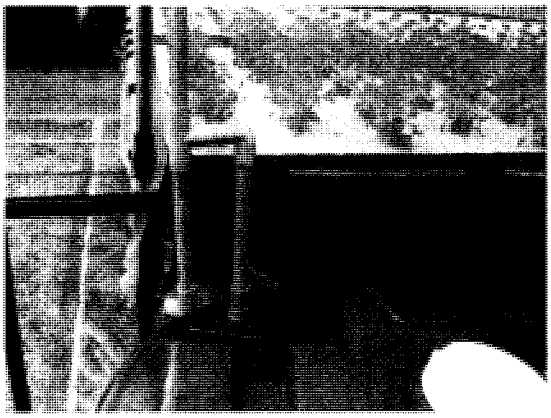
ในโรงเรือนมีการลดความเข้มของแสงแดดด้วยตาข่ายพรางแสงประมาณ 50% สำหรับพืชผักหรือโรงเรือนปลูกพืชทั่วไป (Short, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ตาข่ายพรางแสงคลุมทับหลังคาโรงเรือนของฟาร์มต่างๆที่ได้สำรวจมา เนื่องจากประสิทธิภาพการระบายอากาศตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับลมที่พัดผ่านและเข้า-ออกโรงเรือนมากกว่าการลอยตัวของอากาศร้อนออกทางจั่วที่เปิดระบายอากาศ (Short, 1998) ดังนั้นในวันที่มีแสงแดดจัดและลมบริเวณโรงเรือนสงบนิ่งประสิทธิภาพของการระบายอากาศตามธรรมชาติจะต่ำ ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนยังคงสูง (Worley, 1999) ในที่นี้จึงได้พิจารณาและทดสอบการใช้ระบบช่วยเสริมการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยวิธีต่างๆ นอกเหนือจากการระบายอากาศธรรมชาติ เช่น การใช้พัดลมดูดระบายอากาศ การใช้สปริงเกลอร์พ่นฝอยบนหลังคาโรงเรือน และการใช้ระบบพ่นหมอกภายในโรงเรือน พบว่าระบบพ่นหมอกจะช่วยลดอุณหภูมิได้ดีกว่าวิธีอื่นๆโดยใช้หัวพ่นหมอก (fogger) ที่มีอัตราจ่ายน้ำรวม 30 ล./ชม. จำนวน 3 จุด ภายในโรงเรือน ที่ระดับความสูงจากพื้นแผ่นปลูก 1.0 ม. อยู่บริเวณกึ่งกลางด้านยาวของโรงเรือน 1 หัว และห่างจากหัวพ่นหมอกตัวที่อยู่กึ่งกลางไปทางด้านซ้ายประมาณ 2.1 ม. จำนวน 1 หัว และห่างไปทางด้านขวาประมาณ 2.1 ม. อีกจำนวน 1 หัว ใช้ต้นกำลังใช้ปั๊มน้ำขนาดเล็ก (0.5 แรงม้า) จากการทดสอบความเหมาะสมของระยะเวลาการพ่นหมอกภายใต้เงื่อนไขที่ละอองน้ำส่วนใหญ่ที่ตกลงบนใบผัก และบนแผ่นปลูกสามารถระเหยไปได้มากที่สุดโดยไม่ทำให้เกิดปัญหาปริมาณน้ำจากระบบพ่นหมอกเข้าไปในระบบหมุนเวียนสารละลาย ซึ่งพบว่าในช่วงที่โรงเรือนได้รับแสงแดดและมีอุณหภูมิภายในสูงระหว่างเวลา 10:00-16:00 นาฬิกา ควรใช้ระบบพ่นหมอกแบบตั้งเวลาทำงานทุก 15 นาที/ครั้ง โดยมีระยะเวลาพ่นหมอกนานครั้งละ 20 วินาที

2.3 ระบบป้องกันสารละลายไหลย้อนกลับเมื่อไฟฟ้าดับ

ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้สารละลายไหลกลับออกมาจากถาดปลูกเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ (Figure 4) เพื่อป้องกันการไหลซึมออกที่บริเวณอุปกรณ์ปรับระดับน้ำ (nutrient level adjuster) (Figure 4a) ออกแบบให้มีการระบายน้ำล้นที่ระดับผิวน้ำเท่านั้น ทำให้สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ตลอดเวลา โดยใช้วัสดุที่หาง่ายราคาถูก เช่น ท่อและข้อต่อพีวีซีต่างๆ และป้องกันการไหลย้อนกลับลงมาที่ปั๊มสารละลายโดยออกแบบท่อจ่ายสารละลาย (nutrient delivery pipes) ในส่วนที่ติดตั้งบนถังพักสารละลาย (nutrient tank) สำหรับป้องกันการไหลย้อนกลับ (Figure 4b) โดยการต่อท่อประปาพีวีซีเป็นรูปตัว U คว่ำ ให้สูงกว่าระดับถาดปลูก ในด้านบนสุดของท่อรูปตัว U คว่ำ มีการต่อท่อพีวีซีสูงขึ้นไปถึงระดับชายคาโรงเรือนเพื่อทำหน้าที่เติมอากาศเข้าไปสลายสุญญากาศขณะที่ไฟฟ้าดับ สำหรับป้องกันการเกิดกาลักน้ำ (siphon) ที่จะทำให้สารละลายไหลย้อนกลับ



(a)



(b)

Figure 4. Anti-backflow devices : (a) nutrient level adjuster (b) nutrient delivery pipes

3. ผลการทดสอบการปลูกผักในโรงเรือน

3.1 ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่ทดสอบการปลูกผัก

ใช้โรงเรือนแบบหน้าจั่วเหลื่อม เป็นโรงเรือนต้นแบบ สำหรับการทดสอบปลูกผักและเปรียบเทียบกับโรงเรือนทั่วไป จากการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติตลอด 24 ชม. ซึ่งได้เลือกข้อมูลในช่วงวันที่มีค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนต่างกันมากที่สุดบางรอบปลูก (Figures 5 and 7) (ยกเว้นข้อมูลที่ จ. เชียงใหม่ ในรอบปลูกแรกซึ่งเกิดข้อบกพร่องไม่สามารถบันทึกได้ต่อเนื่องตลอดเวลา) ซึ่งพบว่าแนวโน้มอุณหภูมิในโรงเรือนต้นแบบจะต่ำกว่าในโรงเรือนทั่วไป และสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก (ambient temperature) ในช่วงเดือนเมษายนอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่แตกต่างกันมากที่สุดประมาณ 5 °ซ. ทั้งที่ กรุงเทพฯ (Figure 5) และที่ จ. เชียงใหม่ (Figure 6) แม้ในช่วงเดือนกรกฎาคมซึ่งมีอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนไม่สูงมาก (Figure 7) ก็พบว่าโรงเรือนทั่วไปมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกมากเมื่อเทียบกับโรงเรือนต้นแบบเนื่องจากมีการระบายอากาศภายในโรงเรือนไม่ดี

3.2 ผลผลิตผักที่ปลูกทดสอบ

ผลผลิตน้ำหนักผักสดที่ได้จากการปลูกในพื้นที่ขนาด 1 แปลงปลูก (1.0 x 7.2 ม.) เมื่อเปรียบเทียบในภาพรวมพบว่าผลผลิตที่ได้จากโรงเรือนต้นแบบมากกว่าโรงเรือนทั่วไปในการทดสอบที่สถานที่ทั้ง 2 แห่งและทุกรอบปลูก (Figures 8 and 9) ยกเว้นในรอบปลูกครั้งที่ 2 ที่ จ. เชียงใหม่ ที่ไม่สามารถเปรียบเทียบผลผลิตของแปลงผักกาดขาวไดโตเกียวได้ เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้พลาสติกรองถาดปลูกของโรงเรือนทั่วไปขาดรั่วระหว่างปลูกผักทดสอบ ทำให้ต้องเก็บผักที่ยังไม่ครบอายุเก็บเกี่ยวออกไปจำนวนหนึ่งเพื่อทำการซ่อมแซม อย่างไรก็ตามพบว่าที่ กรุงเทพฯ ยังไม่เหมาะที่จะปลูกผักสลัดในช่วงฤดูร้อนเมื่อเทียบกับการปลูกที่ จ. เชียงใหม่ เนื่องจากได้ผลผลิตต่ำ (Figure 9) ซึ่งจากการ

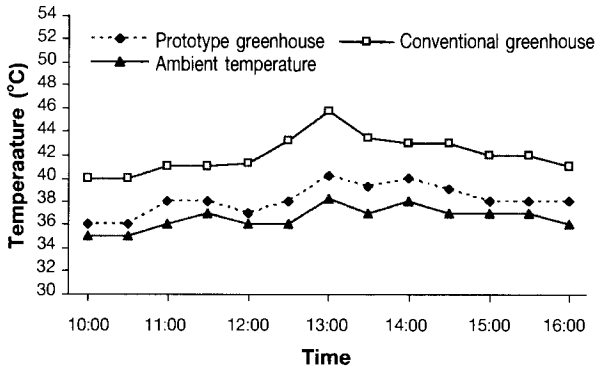


Figure 5. Ambient and greenhouse temperatures tested at Bangkok on April 25, 2007

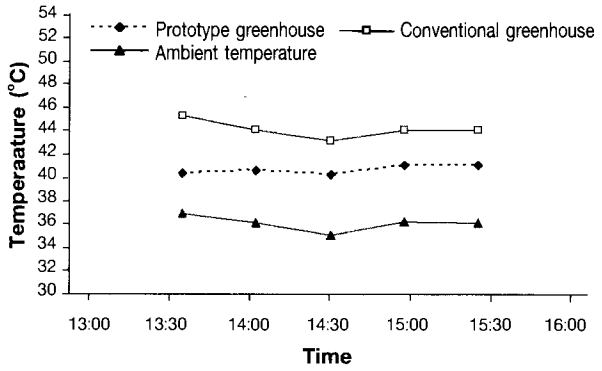


Figure 6. Ambient and greenhouse temperatures tested at Chiang Mai on April 20, 2007

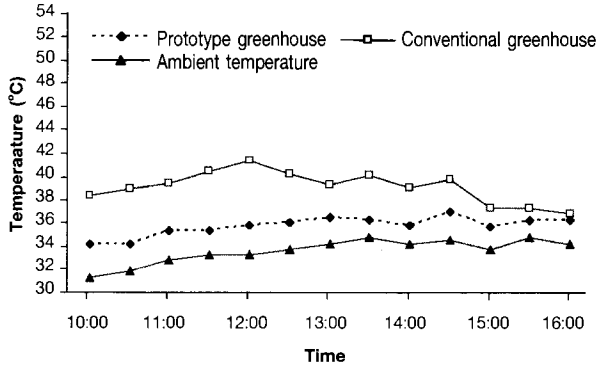


Figure 7. Ambient and greenhouse temperatures tested at Chiang Mai on July 9, 2007

ทดสอบ พบว่ามีจำนวนผักสลัดตายเป็นจำนวนมาก และผักที่เก็บเกี่ยวได้มีขนาดเล็ก อาจเป็นเพราะโรงเรือนตั้งอยู่บนพื้นที่ของลานจอดรถคอนกรีต และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมต่อการปลูกผักน้อยกว่าที่ จ. เชียงใหม่ และพบว่าในโรงเรือนต้นแบบที่ จ. เชียงใหม่ ให้ผลผลิตผักสลัดอยู่ในเกณฑ์ดีได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าโรงเรือนทั่วไปถึง 5.6 กก./แปลงปลูก

4. ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุน

ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย พบว่าการใช้โรงเรือนในโครงการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินมีการลงทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายคงที่ ได้แก่ ค่าโรงเรือนโรงเพาะกล้าและวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่นๆ สำหรับโรงเรือนหลังแรกรวมทั้งสิ้น 59,265 บาท แต่ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อโรงเรือนจะลดลงถ้ามีจำนวนโรงเรือนมากขึ้น เนื่องจากปัจจัยการผลิตบางอย่างสามารถใช้ร่วมกันได้ในหลายๆโรงเรือน เช่น โรงเพาะกล้า อุปกรณ์ตรวจวัดสารละลาย ระบบพ่นหมอกลดความร้อน เป็นต้น

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการโดยการประเมินค่าใช้จ่าย ผลผลิต ราคาผลิตและรายได้ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ ซึ่งในที่นี้ได้พิจารณาประเมินโครงการผลิตผักในโรงเรือนแบบใช้สารละลายเพื่อจำหน่ายแบบปลอดสารพิษประเภทผักไทยที่มีรอบปลูกประมาณ 30 วัน เช่น ผักคะน้า ผักโชว์จีน ผักกาดขาวไดโตเกียว เป็นต้น ระยะเวลาดำเนินงาน 10 ปี คิดอัตรา

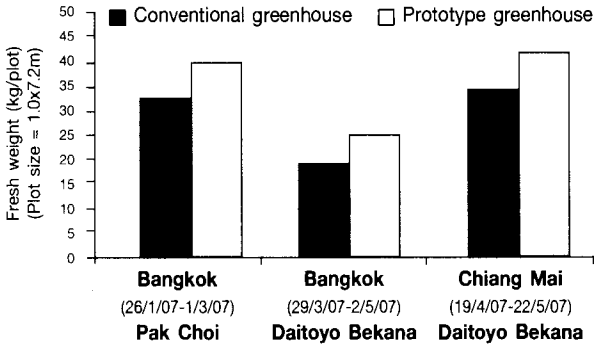


Figure 8. Fresh weights of Thai vegetables in different locations and cultivation periods

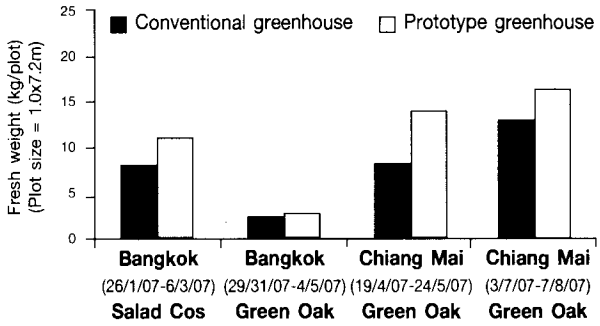


Figure 9. Fresh weights of salad vegetables in different locations and cultivation periods

ดอกเบี้ยเพื่อคำนวณการลดลงของมูลค่าเงินที่ 10% ผลผลิตเฉลี่ยของประเภทผักไทยประมาณ 80 กก./โรงเรือน และพิจารณาความอ่อนไหวของผลตอบแทนโครงการเนื่องจากปัจจัยบางอย่างที่แปรเปลี่ยนไป ได้แก่ จำนวนโรงเรือนที่ดำเนินการ 1-4 โรงเรือน ราคาขายของผลผลิต 35-65 บาท/กก. และผลผลิตต่อโรงเรือน น้อยกว่าผลผลิตเฉลี่ย 10% - มากกว่าผลผลิตเฉลี่ย 10%

ผลจากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนภายใต้เงื่อนไขและปัจจัยดังกล่าวโดยพิจารณาจากตัวชี้วัดต่างๆ เช่น NPV, B/C Ratio และ IRR พบว่าโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุน ยกเว้นภายใต้เงื่อนไขที่มีการลงทุนเพียงแค่ 1 โรงเรือน และจำหน่ายผลผลิตในราคา 35 บาท/กก. ซึ่งไม่มีความเหมาะสมในการลงทุน

สำหรับในด้านความเหมาะสมในการลงทุนจากระยะเวลาในการคืนทุน พบว่าถ้ามีการลงทุนดำเนินงานด้วยจำนวนโรงเรือนที่มากขึ้นและจำหน่ายผลผลิตที่ราคาสูงขึ้นจะมีระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น (Table 1) ถ้าราคาขายในปัจจุบันที่ 45 บาท/กก. (บดินทร์, 2550) และดูแลให้สามารถทำผลผลิตได้เฉลี่ย 80 กก./โรงเรือน จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ 43 30 26 และ 24 เดือน สำหรับการดำเนินการ 1 2 3 และ 4 โรงเรือน ตามลำดับ ถ้าสามารถทำราคาได้สูง เช่น แบ่งจำหน่ายปลีกได้ในราคารวม 65 บาท/กก. ก็สามารถคืนทุนที่ระยะเวลา 19 เดือน ในการดำเนินการเพียง 1 โรงเรือน

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้งานโรงเรือนปลูกผักโดยใช้สารละลายแทนดินที่มีใช้อยู่ทั่วไปซึ่งเป็นแบบหลังคาปิด มีผลให้ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงเป็นผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำโดยเฉพาะในช่วงที่มีแสงแดดจัด ผักจะเหี่ยวเฉาและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้โรงเรือนที่มีการเปิดระบายอากาศบนหลังคาแบบเปิดระบายอากาศและมีระบบพ่นหมอกจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ดีกว่าโรงเรือนทั่วๆ ไป ที่มีหลังคาปิด

2. ผลการทดสอบการใช้งานโรงเรือนต้นแบบที่มีการเปิดระบายอากาศแบบหลังคาแบบเหลื่อมเปรียบเทียบกับโรงเรือนแบบหลังคา

ปิดที่มีใช้อยู่ทั่วไป 2 แห่ง ที่สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรุงเทพฯ และศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิในโรงเรือนต้นแบบจะต่ำกว่าในโรงเรือนทั่วไป โดยมีอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่แตกต่างกันมากที่สุดประมาณ 5 °ซ.

3. ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุน พบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุน ถ้าราคาขายของผักในปัจจุบันที่ 45 บาท/กก. จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ 43 30 26 และ 24 เดือน สำหรับการดำเนินการ 1 2 3 และ 4 โรงเรือนตามลำดับ ถ้าสามารถขายได้ในราคาที่สูงขึ้นโดย แบ่งจำหน่ายปลีกได้ในราคารวมประมาณ 65 บาท/กก. ก็สามารถคืนทุนได้เร็วขึ้นที่ระยะเวลา 19 เดือน ในการดำเนินการเพียง 1 โรงเรือน ดังนั้นการดูแลให้ได้ผลผลิตที่ดีและวางแผนด้านการตลาดเพื่อให้ได้ราคาขายสูงเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินธุรกิจนี้

Table 1. Payback period of hydroponic investment project

No of hydroponic greenhouse	Yield price (baht/kg)	Payback period of investment project as affected by different yield per greenhouse unit of greenhouse (months)		
		Average yield + 10% (88 kg)	Average yield (80 kg)	Average yield - 10% (72 kg)
1	35	67	96	-
	45	34	43	55
	55	22	26	34
	65	17	19	23
2	35	45	58	90
	45	23	30	40
	55	17	20	23
	65	13	15	18
3	35	41	52	79
	45	21	26	36
	55	16	18	21
	65	12	14	16
4	35	38	48	73
	45	20	24	33
	55	15	17	20
	65	11	13	15

คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณฟาร์มต่างๆ ที่ได้อนุญาตให้เก็บข้อมูล ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนการปฏิบัติงานทดสอบตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการวิจัยที่ จ. เชียงใหม่ และได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีในด้านการวางแผนและควบคุมการทดสอบปลูกผักจากคุณสุภาพร รัตนะรัต และคณะทำงานด้านไฮโดรโพนิกส์ของสำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม. 2550. *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.* พิมพ์ครั้งที่ 3 พิมพ์ดีการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 816 หน้า.

นิรนาม. 2546. โครงการจัดสัมมนาโต๊ะกลมเรื่องการผลิตพืชสวนในโรงเรือนของไทย. หน้า 3-7. *ใน : รายงานการประชุมการสัมมนาโต๊ะกลมเรื่องการผลิตพืชสวนในโรงเรือนของไทย สถานการณ์และประเด็นวิจัยกรณีของผัก.* เครือข่ายวิจัยและพัฒนาพืชสวน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 10 ตุลาคม 2546 ณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2551. *หลักวิธีดำเนินการความชื้นสัมพัทธ์.* จาก http://globethailand.ipst.ac.th/TeacherManual/AtmosphereManual/doc-AtmosphereManual/4-1AtmosphereHumidty.doc, 31/7/2551.

บดินทร์ ศักดาเยี่ยงยงค์. 2550. ปลูกผักไร้ดิน แนวโน้มยังดีต่อเนื่อง. *เดลินิวส์* (8 กันยายน 2550): 33.

มัฆวาล หอสุวรรณ์. 2547. *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ DRFT ของบริษัทศูนย์เกษตรกรรมบางไทร.* เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง อนาคตพืชสวนไทย สดใสแน่หรือ ณ ห้องประชุมมนตรี รุมาคม อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา กรมวิชาการเกษตร 25-26 พฤศจิกายน 2547. 20 หน้า.

วรรณภา เสนาดี. 2551. เหลียวหลังแลหน้า ทำอย่างไรให้ผักไทยเป็นครัวโลก. *เคหการเกษตร* 32 (1): 163-173.

สุภาพร รัตนะรัต. 2544. *หลักและวิธีการผลิตผักอนามัย.* โครงการนำร่องการผลิตพืชผักและผลไม้อนามัย กรมวิชาการเกษตร. 20 หน้า.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.* โชคเจริญมาร์เก็ตติ้ง จ. นครราชสีมา. 128 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2547. *ก่อนทำธุรกิจปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.* เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง อนาคตพืชสวนไทย สดใสแน่หรือ ณ ห้องประชุมมนตรี รุมาคม อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา กรมวิชาการเกษตร 25-26 พฤศจิกายน 2547. 10 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550. ระบบปลูกและความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้. หน้า 17-30. *ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.* กรมวิชาการเกษตร และชมรมปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 5-6 มกราคม 2550 ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว จ. เชียงใหม่.

เอกสิทธิ์ วัฒนปรีชานนท์. 2550. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย. หน้า 2-16. *ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.* กรมวิชาการเกษตร และชมรมปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 5-6 มกราคม 2550 ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว จ. เชียงใหม่.

Anon. 2002. Heating, Ventilating and Cooling Greenhouses. Pages 703-710. *In : ASAE Standards 2002.* American Society of Agricultural Engineers, Michigan.

Short,T. H. 1998. *New Research in Natural Ventilation.* http://floriculture.osu.edu/archive/jun98 /natvent.html, 10/11/2005.

Worley, J.W. 1999. *Cooling Systems for Georgia Dairy Cattle.* http://www.ansc.purdus.edu/dairy/wellbeing/wellpubs.htm, 8/2/2006.