

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการขึ้นเพื่อพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยแบ่งการวิจัยเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการสร้างและติดตั้งระบบทำความเย็น (cooling system) ในสารละลายธาตุอาหารพืช รวมทั้งการติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารพืช (อุณหภูมิปกติ, 20° และ 15° ซ.) และประสิทธิภาพของสารละลายซิลิโคน (0 และ 500 ppm) ที่มีต่อแตงแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากการวิจัยพบว่าระบบทำความเย็นให้แก่สารละลายธาตุอาหารพืชที่สร้างขึ้น และสารละลายซิลิโคนที่พ่นให้แก่พืชทางใบ มีส่วนช่วยในการพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (แบบใช้วัสดุปลูก Polyurethane foam) กล่าวคือ ในช่วงแรกของการทดลอง การลดระดับอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชลง (20° และ 15° ซ.) ไม่ได้ส่งผลให้ต้นแตงแคนตาลูปมีความสูงแตกต่างไปจากพืชในกรรมวิธีเปรียบเทียบ (อุณหภูมิปกติ) แต่อย่างไรก็ดี จนกระทั่งระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตทางลำต้น (51 วัน) จึงจะเริ่มเห็นถึงอิทธิพลของการลดระดับอุณหภูมิของสารละลายดังกล่าว และถ้าพิจารณาในแง่ผลผลิตจะพบว่า แตงแคนตาลูปที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีระดับอุณหภูมิต่ำ (15° ซ.) มีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตเร็วกว่า อีกทั้งมีคุณภาพของผลผลิตที่ดีกว่าต้นแตงแคนตาลูปที่ได้รับสารละลายอุณหภูมิปกติ และถ้าหากไม่มีอุปสรรคของการไว้ผลผลิตแล้ว (คือในระหว่างการทดลองได้มีการระบาดของโรคราแป้งค่อนข้างรุนแรง รวมทั้งมีปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศมาส่งเสริมการระบาดของโรคดังกล่าวให้รุนแรงยิ่งขึ้น) ต้นแตงแคนตาลูปที่ได้รับการพ่นด้วยสารละลายซิลิโคน 500 ppm จะสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่าต้นแตงที่ไม่ได้รับการพ่นสารละลายซิลิโคน

RCH

SB

๑๗๙

๗๗๔

เลขหน้ ๕๖๘๓ ๘

เลขทะเบียน 34682

วัน, เดือน, ปี 19 พ.ย. 2542



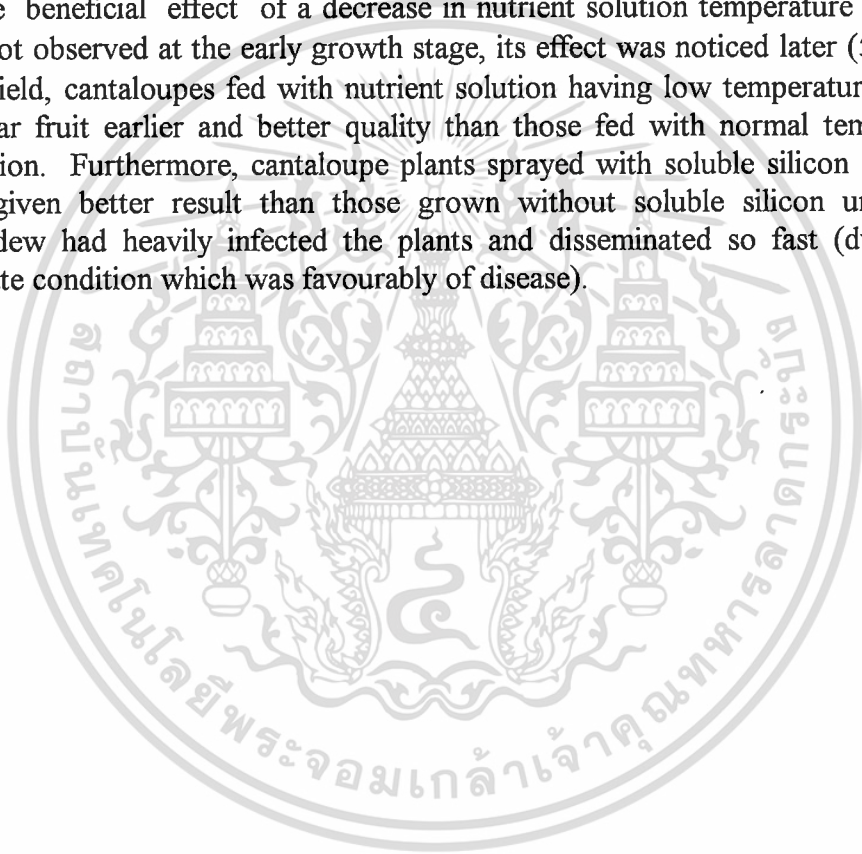
T034682

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development in hydroponic systems for the production of cantaloupe

Abstract

This research was conducted in order to develop the hydroponic systems for cantaloupe production in Ladkrabang area, Bangkok. The research was divided into 2 parts; Part I : Design, built and set up the cooling system of nutrient solution together with set up the additional lights for plant growth; Part II : Study on the effect of nutrient solution temperatures (normal temperature, 20° and 15°C) including the effect of soluble silicon (spray : 0, 500 ppm) on cantaloupe grown in hydroponics (using polyurethane foam substrate). From the study, it showed that cantaloupe plants had benefited partly from the set-up cooling system of nutrient solution and the equipped-additional lights. Although the beneficial effect of a decrease in nutrient solution temperature (20° and 15 °C) was not observed at the early growth stage, its effect was noticed later (51 days). In terms of yield, cantaloupes fed with nutrient solution having low temperature (15°C) tended to bear fruit earlier and better quality than those fed with normal temperature nutrient solution. Furthermore, cantaloupe plants sprayed with soluble silicon 500 ppm could have given better result than those grown without soluble silicon unless the powdery mildew had heavily infected the plants and disseminated so fast (due to an unusual climate condition which was favourably of disease).



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
สารบัญ.....	iii
สารบัญตาราง.....	iv
สารบัญภาพ.....	v
ความสำคัญและที่มา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
การตรวจเอกสาร.....	3
การดำเนินการวิจัย.....	5
ส่วนที่ 1 : 1.1 การสร้างและติดตั้งระบบทำความเย็น (cooling system) ในสารละลาย ธาตุอาหารพืช.....	6
1.2 การติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช.....	12
ส่วนที่ 2 : การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพ ของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อแต่งแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ ใช้ดิน.....	14
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	17
สรุปผลการทดลอง.....	24
ปัญหาและอุปสรรค.....	25
ข้อเสนอแนะ.....	25
เอกสารอ้างอิง.....	26
ภาคผนวก.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา **iii** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงความสูง (ซม./ต้น) ของต้นแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดหนุมิต่างๆ กัน ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิโคน.....	17
2 แสดงน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (กรัม) ของต้นแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดหนุมิต่างๆ กัน ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิโคน.....	18
3 แสดงจำนวนผล น้ำหนัก และความหวานของผลแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารชนิดหนุมิต่างๆ กัน ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิโคน.....	20
4 แสดงปริมาณการสะสมธาตุ N, P, K (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) ในใบแคนตาลูป (ระยะให้ผลผลิต) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....	20
5 แสดงโรคและเชื้อสาเหตุที่พบในต้นแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชระดับชนิดหนุมิต่างๆ ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิโคน.....	22

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ส่วนที่ 1: 1.1 การสร้างและติดตั้งระบบทำความเย็น (cooling system) ใน สารละลายธาตุอาหารพืช	
1	ระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืช..... 9
2	การทดสอบระบบทำความเย็น (ก่อนการติดตั้ง) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ที่ลดลงกับช่วงเวลา..... 10
3	การทดสอบระบบทำความเย็น (หลังการติดตั้ง) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ที่ลดลงกับช่วงเวลา..... 11
1.2 การติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช	
4	แสดงระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช..... 13
ส่วนที่ 2: การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพ ของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อแดงแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ ใช้ดิน	
1	ต้นแดงแคนตาลูปอายุ 40 วัน ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ได้รับการพ่น สารละลายซิลิโคน 0, 500 ppm..... 18
2	ใบแคนตาลูปที่แสดงอาการเป็นโรคติดเชื้อจากเชื้อไวรัส..... 21
3	ต้นแดงแคนตาลูปที่แสดงอาการโรคราแป้งในแต่ละสิ่งทดลอง..... 22
4	แสดงอาการของใบแคนตาลูปที่ถูกศัตรูพืชเข้าทำลาย..... 23

การพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูปีในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Development in hydroponic systems for the production of cantaloupe

ความสำคัญและที่มา

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการพัฒนาระบบการเกษตรของประเทศไทย ให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น ทั้งในด้านการผลิต และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในเรื่องของการผลิต ระบบปลูกพืชดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง และคุณภาพของผลผลิตจะดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ปลูกในดิน (Resh, 1981; Benoit and Ceusterman, 1986c; Cooper, 1988) การจัดการดูแลต้นพืชในระหว่างการปลูกกระทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพกว่า ลดปริมาณการใช้สารเคมี ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช จนถึงขั้นที่สามารถพัฒนาให้เป็นพืชที่ปราศจากสารพิษโดยสมบูรณ์ได้ ส่งผลให้เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตให้สูงขึ้น (ถนิมนันต์, 2538) ในด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ถือได้ว่าเป็นระบบการปลูกพืชที่มีการให้น้ำและแร่ธาตุอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถนำไปใช้ปลูกพืชได้ในทุกสภาพพื้นที่ที่การเพาะปลูกแบบธรรมดาไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากประสบปัญหาเรื่องดินหรือพื้นที่ที่จะทำการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นระบบปลูกพืชที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมค่อนข้างน้อย จนอาจกล่าวได้ว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการเกษตรแบบยั่งยืน (Raffar, 1994; Takakura, 1994) จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ (Resh, 1981; Ikeda, 1989; Douglas, 1988; Benoit, 1992; Takakura, 1994)

ทางคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ทำให้ความสำคัญกับเรื่องดังกล่าวมาโดยตลอด และเล็งเห็นว่าการนำเอาเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาปรับใช้ให้เหมาะสม จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการเกษตรในปัจจุบัน จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีดังกล่าวต่อเนื่องเรื่อยมา ทั้งทางด้าน การพัฒนาระบบ ตลอดจนเทคนิคและวิธีการอื่นๆ ในการปลูก รวมไปถึงศักยภาพของพืชแต่ละชนิดที่เหมาะสมจะนำไปปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แตงแคนตาลูปีและแตงกวายุโรปเป็นพืชที่น่าสนใจศึกษา เนื่องจากเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า พืชทั้งสองสามารถนำไปปลูกอย่างได้ผลดีในระบบดังกล่าว และเป็นที่ยอมรับกันมากในต่างประเทศ ซึ่งถ้านำมาปลูกในประเทศไทยได้ผลสำเร็จ ก็จะเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพทางการตลาดที่ดี พืชที่จะส่งเสริมให้ผลิตในรูปของการค้าได้

จากการที่ได้ทำการปลูกแตงแคนตาลูปีในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบมีวัสดุปลูก ในสภาพแวดล้อมของกรุงเทพมหานคร (เขตลาดกระบัง) พบว่ามีความเป็นไปได้สูง ขึ้นอยู่กับพันธุ์และไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุปลูก โดยพบว่าพันธุ์ Bonus ที่ปลูกลงบนกาบมะพร้าว ได้รับสารละลายธาตุอาหารแบบหยด จะให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (1.3 กก.) และคุณภาพของเนื้อผล (เปอร์เซ็นต์ความหวาน 15.5 °brix) ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ (ศุภชัย และถนิมนันต์, 2538) อีกทั้งจากการทดลองต่อมาพบว่า แคนตาลูบที่ปลูกบนขุยมะพร้าว จะให้น้ำหนักผลเฉลี่ยดีกว่าที่ปลูกบนวัสดุปลูกที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (Rockwool และ PUR) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Jaenaksorn and Ratanopas, 1994) นอกจากนี้ยังได้ทดลองเปรียบเทียบเช่นเดียวกันในแตงกวายุโรปซึ่งพบว่า การเจริญเติบโตของแตงกวาในยุโรปในวัสดุปลูกทั้ง 2 กลุ่ม (กลุ่มหาได้ง่ายในท้องถิ่น และกลุ่มนำเข้าจากต่างประเทศ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ยิ่งไปกว่านั้นแตงกวายุโรปที่ปลูกบนขุยมะพร้าว ยังมีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักเฉลี่ยของผลดีกว่าอีกด้วย (พรหมมาศ และคณะ, 2539) ตัวอย่างของงานทดลองที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ในการนำเอาระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มาปรับใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทย อย่างไรก็ตามพบว่าพืชทั้งสองชนิดยังให้ผลผลิตต่อต้นไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งความสดกรอบของแตงกวายุโรป และความหวานของแตงแคนตาลูบก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก นอกจากนี้ จากการทดลองที่ผ่านมาได้ตรวจพบการระบาดของโรคและแมลงเข้ามาทำ ความเสียหายแก่พืชที่ปลูกในระบบดังกล่าว ซึ่งสาเหตุใหญ่เนื่องมาจากความไม่สมบูรณ์ของระบบ ปลูกและสภาพที่ไม่พร้อมของโรงเรือน (วรารัคนา และถนิมนันต์, 2541; พรหมมาศ และคณะ, 2539; 2540) ดังนั้นจึงได้นำสารละลายซิลิโคนซึ่งน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งมาใช้ควบคุมและแก้ปัญหาดัง กล่าว เพื่อไม่ให้มีพืชตกค้างต่อสภาพแวดล้อมตามแนวทางของการเกษตรยั่งยืน (sustainable agriculture)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ จึงมุ่งพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูบในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยปรับปรุงระบบปลูก ติดตั้งระบบให้แสงสว่างเพิ่มแก่พืช ติดตั้งระบบปรับความเย็นในสารละลายธาตุอาหารพืชพร้อมเครื่องควบคุม เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งอิทธิพลของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงแคนตาลูบ เพื่อใช้เป็นแนวทางพัฒนาการปลูกให้มีศักยภาพที่ดียิ่งขึ้น อีกทั้งนำผลการทดลองที่ได้ไปขยายผลสู่พืชชนิดต่างๆ ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างและติดตั้งระบบปรับความเย็นในสารละลาย (cooling system)
2. เพื่อติดตั้งระบบให้แสงเทียมแก่พืช
3. เพื่อศึกษาผลของการลดระดับอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของสารละลายซิลิโคน (พ่นให้แก่พืชทางใบ) ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงแคนตาลูบ
4. เพื่อรวบรวมแนวทางในการปฏิบัติและปรับปรุงวิธีการต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนา

เอกสารนี้เป็น การปลูกแตงแคนตาลูบในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้ได้ประสิทธิผลมากที่สุด โดยขึ้นด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

Graves และ Hurd ในปี ค.ศ.1983 ได้ทำการศึกษาถึงช่วงระยะเวลาของการให้สารละลายธาตุอาหารแบบ NFT ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแตงกวายุโรป และพบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารแบบ NFT อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที ในทุกๆ ชั่วโมง ทั้งกลางวันและกลางคืน (เปิด 30 นาที และปิด 30 นาที) จะทำให้ผลผลิตของแตงกวายุโรปเพิ่มขึ้น 8-15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวิธีการให้สารละลายแบบตลอดเวลา

ในปี ค.ศ.1984 Suzuki *et al.* ได้ทำการปลูกแตงกวา (ญี่ปุ่น) ในระบบที่ได้ดัดแปลงมาจาก NFT ซึ่งมีชื่อเรียกว่า “Sheet culture” โดยทำการศึกษาถึงอิทธิพลของ slope rate (1/80, 1/80 และ 1/240) ของรางปลูก และ flow rate (2, 4 และ 2 ลิตร/ต้น/ชั่วโมง) ของสารละลายที่มีต่อผลผลิตของแตงกวา พบว่ามีความแตกต่างของผลผลิตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Benoit และ Ceustermans (1986a, 1986b) ได้ทำการปลูกแตงกวายุโรปในระบบ NFT และ NFT ร่วมกับวัสดุปลูก 2 ชนิด (คือ rockwool และ PUR) และก้อนวัสดุปลูกดังกล่าวมีหลายขนาด สารละลายที่ใช้จะถูกควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 23 °ซ. และมี pH 5.8 สำหรับค่า EC ของสารละลายที่ใช้ในระยะเริ่มต้นจะอยู่ประมาณ 3 mS หลังจากนั้น 15 วัน ค่า EC จะลดลงเหลือ 2.5 และจะมีการเปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกๆ 15 วัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้วัสดุปลูกร่วมกับ NFT ไม่ได้ให้ผลดีเพิ่มขึ้นเลยในระยะแรก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ปลูกใน NFT เพียงอย่างเดียว (คือ จำนวนผลต่อต้นที่ได้รับประมาณ 2.6 ผล ซึ่งน้อยกว่าผลแตงที่ปลูกใน NFT เพียงอย่างเดียว ซึ่งให้ผลผลิตประมาณ 3 ผล/ต้น) แต่อย่างไรก็ตามในระยะต่อมาของการปลูกแตง ผลการทดลองดังกล่าวได้มีแนวโน้มเปลี่ยนไป คือ เมื่อประเมินผลผลิตรวมตลอดช่วงฤดูปลูก (total yield ในแง่ต่างๆ เช่น จำนวนผลทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยของผล ความยาวเฉลี่ยของผล) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันเลยระหว่างกรรมวิธีที่ปลูกใน NFT อย่างเดียว และที่ปลูกใน NFT ร่วมกับวัสดุปลูก นักวิจัยได้ให้แง่คิดไว้ในระยะแรกของการปลูกแตงในระบบ NFT ร่วมกับวัสดุปลูกที่ให้ผลผลิตต่อยกกว่าแตงที่ปลูกในระบบ NFT อย่างเดียวนั้น อาจเป็นเพราะว่าในระยะแรก แตงอาจได้รับผลของ drought stress (จากแตงบนก้อนวัสดุปลูกได้รับสารละลายน้อยไป) ทำให้การเจริญทางด้าน Vegetative ช้าหรือลดลง ซึ่งจะไปมีผลโดยตรงต่อ parthenocarpic fruit (Benoit, 1987; Benoit and Ceustermans, 1988) นอกจากนี้ ยังได้มีการศึกษาถึงผลของการจัดการให้สารละลายเป็นช่วงๆ ในระบบ NFT (interrupted NFT-circulation) และพบว่า การจัดการให้สารละลายไม่ว่าจะเป็นช่วงสั้นๆ หรือยาวๆ ก็จะให้ผลเหมือนกัน คือ ทำให้การเจริญของรากลดลง แต่ไม่ได้ทำให้ต้นแตงแก่ช้าลง (Benoit and Ceustermans, 1986)

ในปี 1990 Benoit และ Ceustermans ได้ทำการศึกษาถึงการปลูกแตงกวายุโรปบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ (PUR, wood fiber และ perlite) และสรุปไว้ว่า แตงกวายุโรปสามารถเจริญเติบโตได้ดีบนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุปลูกทุกชนิดที่ทดลอง ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่าจะต้องมีการจัดการการให้สารละลาย (แบบน้ำหยด) ความถี่ของการให้ และช่วงเวลาที่ต้องเหมาะสม โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของรากเลย แม้แต่น้อย ไม่เช่นนั้นการปลูกแบบวัสดุปลูกดังกล่าวจะไม่ได้ผลดีตามที่กล่าวมา

จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านถึงความสำคัญของอุณหภูมิที่ราก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีข้อสรุปคร่าวๆ ดังนี้คือ อุณหภูมิที่รากจะมีผลต่อรูปร่างลักษณะของราก (root morphology) หน้าที่การทำงานของระบบต่างๆ ในพืช เช่น การหายใจ (respiration) การดูดซับน้ำ (water absorption) การเคลื่อนที่ของน้ำในลำต้นพืช (water movement) การคายน้ำของพืช (transpiration) รวมทั้งการดูดซับธาตุอาหาร (ion uptake) (Jensen, 1960; Unger and Danielson, 1967; Clarkson and Warner, 1979) Ikeda และ Osawa (1984) ได้ทำการศึกษาและรายงานถึงความสำคัญของอุณหภูมิที่รากว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง และมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช (plant growth) ที่ปลูกในระบบ NFT

Vestergaard (1984) ได้รายงานถึงปริมาณ O_2 ในบริเวณรากพืชที่ปลูกในระบบ hydroponics แบบต่างๆ โดยเน้นให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งชี้ถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิบริเวณรอบรากพืชที่จะมีผลต่อปริมาณ O_2 ในสารละลาย (ซึ่งตามปกติรากพืชจำเป็นต้องได้รับ O_2 เพื่อไปใช้ในการหายใจ) เมื่อใดที่บริเวณรากพืชมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณ O_2 จะลดลง ในขณะที่ความต้องการ O_2 ของพืชจะเพิ่มขึ้น ที่ระดับอุณหภูมิ $10^{\circ}C$. จะมี O_2 ละลายอยู่ประมาณ 10.93 มก./ลิตร และที่ $30^{\circ}C$. จะมี O_2 ประมาณ 7.53 มก./ลิตร

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือนปลูกพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 :
- 1.1 การสร้างและติดตั้งระบบทำความเย็น (cooling system) ในสารละลายธาตุอาหารพืช
 - 1.2 การติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช
- ส่วนที่ 2 : การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อแสงแคนตาลูบที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

1.1 การสร้างและติดตั้งระบบทำความเย็น (cooling system) ในสารละลายธาตุอาหารพืช

ระบบทำความเย็นในสารละลายธาตุอาหารพืช หรืออาจจะเรียกว่าชุดทำความเย็นของน้ำยาปลูกพืช ในที่นี้จะใช้ปรับอุณหภูมิของน้ำยาสำหรับปลูกแคนตาลูป โดยสามารถทำให้น้ำยาปลูกพืชมีอุณหภูมิ 20°ซ. และ 25°ซ. น้ำยาปลูกพืชจะมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งภาชนะโลหะที่เหมาะสมใ้ใส่น้ำยาดังกล่าวคือ ภาชนะ stainless steel เนื่องจากชุดทำความเย็นดังกล่าวไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องสร้างขึ้นเอง

1.1.1 แนวการออกแบบ (Design concept)

ระบบทำความเย็นของน้ำยาปลูกพืชใช้หลักการและอุปกรณ์เช่นเดียวกับเครื่องทำน้ำเย็นและตู้เย็น โดยที่น้ำยา (สารทำความเย็น) ที่อยู่ใน compressor จะถูกอัดให้มีความดันสูง แล้วจะผ่านเข้า condenser (คอยล์ร้อน) เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากตัวเอง โดยมีการหล่อเย็นด้วยอากาศด้วยการใช้พัดลม เพื่อระบายความร้อนออกจากไอของน้ำยา เมื่อไอน้ำยาถ่ายเทความร้อนออกจะกลายเป็นของเหลว น้ำยาที่ออกจาก condenser จะเป็นของเหลวที่อิ่มตัว (มีอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือด) จากนั้นน้ำยาจะเคลื่อนผ่าน drier เพื่อดูดความชื้น และเคลื่อนผ่านลิ้นลดความดัน ทำให้ความดันของน้ำยาลดลง มีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำยาลดลงด้วย น้ำยาหลังจากผ่านลิ้นลดความดันแล้ว จะมีสภาพเป็นระลอกของเหลว จากนั้นระลอกของน้ำยาจะเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปยัง evaporator (คอยล์เย็น) เพื่อรับความร้อนจากสิ่งของที่นำมาทำให้เย็น ทำให้อุณหภูมิของน้ำยาเพิ่มขึ้นและกลายเป็นไอ ไอของน้ำยาที่ออกจาก evaporator แล้วจะถูกดูดเข้าไปใน compressor และอัดให้มีความดันสูงขึ้นเพื่อเริ่มทำงานในรอบใหม่ (วัฏจักร) ต่อไป ความเย็นที่ต้องการสามารถควบคุมได้ด้วย thermostat (ชัยส์วส์ดี, 2523)

อุปกรณ์หลักที่ใช้สร้างชุดทำความเย็นของน้ำยาปลูกพืช ได้ประมาณการให้มีกำลังมากเกินพอ โดยใช้สมการคำนวณหาปริมาณความร้อนดังนี้ (Foust, et.al., 1980)

$$Q = mC_p\Delta T$$

$$m = \text{มวลของสาร (g)}$$

$$C_p = \text{ค่าความร้อนจำเพาะ (g/CalK)}$$

$$\Delta T = \text{ความแตกต่างของอุณหภูมิ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืช (Description of components)

Compressor

ระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืชใช้ compressor ของ Tecumseh รุ่น AE2415AK มีขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า เป็นชนิด hermetic reciprocating ซึ่งมีลูกสูบอยู่รวมกันเป็นหน่วยเดียวกับมอเตอร์ขับเคลื่อนใช้ไฟ 220-240 V.A.C./50 Hz

Condenser

เป็นคอยล์ร้อนของระบบทำความเย็น ประกอบด้วยท่อเหล็ก 4 แถว มีครีปเป็นอลูมิเนียมเป็นตัวยระบายความร้อน ตัว condenser มีขนาดกว้าง 28 ซม. ยาว 30 ซม. และหนา 17 ซม. ใช้พัดลมช่วยระบายความร้อน โดยใช้ motor ขนาด 0.3A มีความเร็วรอบ 1300 RPM ใบพัดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 ซม. condenser ทำหน้าที่รับไอของน้ำยา (น้ำยาอยู่ในรูปแก๊ส) ซึ่งมีความดันสูงและอุณหภูมิสูงจาก compressor เมื่อได้รับการระบายความร้อนจากมอเตอร์พัดลม แก๊สความดันสูงและอุณหภูมิจะกลายเป็นของเหลวความดันสูง

Drier

ใช้ดูดความชื้นในระบบของเครื่องทำความเย็น

Capillary tube

เป็นท่อทองแดงอ่อนขนาดเล็ก เบอร์ 042 ยาว 9 ฟุต เพื่อใช้ลดความดันของน้ำยาจากความดันสูงให้เป็นความดันต่ำ ใกล้จุดเดือดของน้ำยา ใช้เชื่อมต่อกับ drier โดยมีปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับ evaporator

Evaporator

ทำด้วยท่อทองแดงเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{8}$ นิ้ว ใช้ท่อยาว 15 เมตร พันรอบถัง stainless steel ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 ซม. สูง 75 ซม. มีความจุประมาณ 80 ลิตร ความยาวของท่อทองแดง 15 เมตร สามารถพันรอบถัง stainless steel จากก้นถังถึงปากถังได้ 11 รอบ ถัง stainless steel นี้ใช้สำหรับใส่สารละลายธาตุอาหารพืชเพื่อทำความเย็นก่อนนำไปใช้รดพืช นำถังที่มีท่อทองแดงพันรอบดังกล่าวไปใส่ลงในถังพลาสติกซึ่งลึก 78 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของปากถัง 40.5 ซม. โดยให้ปากของปากถัง stainless steel วางอยู่บนปากถังพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thermostat

ใช้ thermostat ของ Ranco เป็นตัวควบคุมความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืชในถัง stainless steel

อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้มี breaker switch ขนาด 10A, หลอดไฟหน้าปัทม์แสดงสถานะของเครื่อง (pilot lamp) เหล็กฉาก อุปกรณ์สำหรับติดตั้งระบบไฟฟ้า

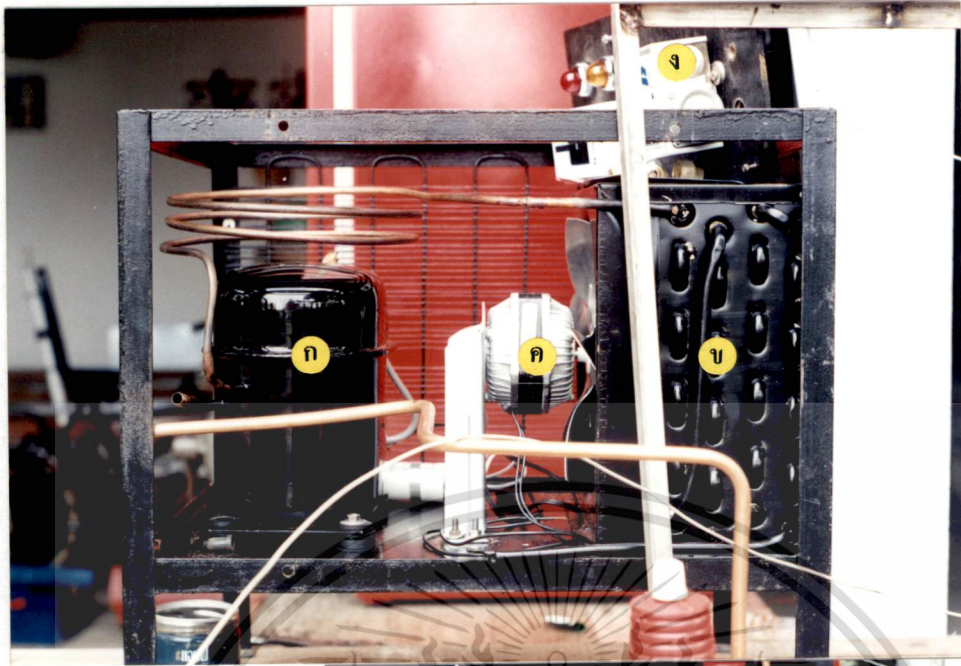
1.1.3 การสร้างและทดสอบระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืชก่อนการติดตั้ง

การสร้าง

ในการสร้างระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืช สำหรับระบบ evaporator (คอยล์เย็น) ได้ใช้ท่อทองแดงพันรอบถัง stainless ซึ่งจะบรรจุไว้ในถังพลาสติกอีกชั้นหนึ่งซึ่งจะติดตั้งไว้ใต้พื้นดิน

อุปกรณ์อื่นๆ จะติดตั้งไว้เหนือระบบ evaporator โดยมีโครงเหล็กฉากเป็นตัวยึด อุปกรณ์ที่ติดตั้งในโครงเหล็กฉากมี compressor, condenser (คอยล์ร้อน), พัดลมระบายความร้อนที่ condenser, pilot lamps, และ thermostat ซึ่งจะมี sensor จุ่มลงไปที่ยังถัง stainless steel

เมื่อประกอบเครื่องเสร็จแล้ว (ภาพที่ 1) ก่อนเติมน้ำยาหรือสารความเย็น ได้ดูดอากาศออกจากระบบให้หมด แล้วจึงปล่อยน้ำยาเข้าระบบจนเต็ม น้ำยาที่ใช้คือ R-12 ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า dichlorodifluoromethane จากนั้นจึงนำไปทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นต่อไป



- ก. Compressor
- ข. Condenser
- ค. พัดลมระบายความร้อน
- ง. Thermostat
- จ. Evaporator
- ฉ. ถัง Stainless steel

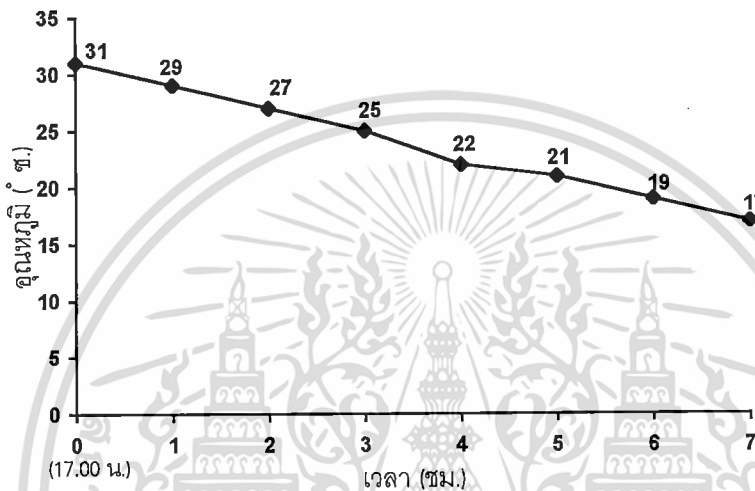


ภาพที่ 1 ระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบระบบทำความเย็น (ก่อนการติดตั้ง)

ในการทดสอบระบบทำความเย็นได้ใช้น้ำเป็นตัวทดสอบและทดสอบบนพื้นดิน โดยใส่น้ำลงในถัง stainless steel ปริมาณ 30 ลิตร แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำยาที่ลดลงไปทุกๆ ชั่วโมง ปรากฏผลว่าระบบทำความเย็นสามารถทำให้น้ำเย็นลงถึง 17 °ซ. ภายในเวลา 7 ชม. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่ำลงกับช่วงเวลา แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การทดสอบระบบทำความเย็น (ก่อนการติดตั้ง) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่ำลงกับช่วงเวลา

1.1.4 การติดตั้งและทดสอบระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืชหลังการติดตั้ง

การติดตั้ง

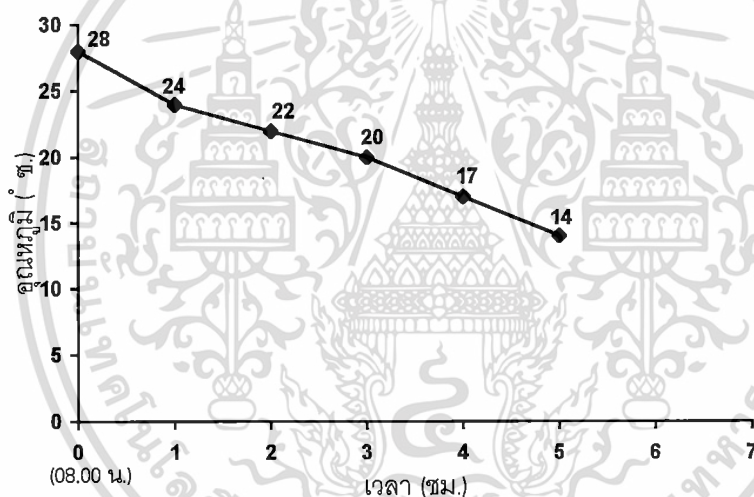
ระบบทำความเย็นของสารละลายธาตุอาหารพืช ได้ถูกนำไปติดตั้งในเรือนปลูกแคนตาลูป โดยฝังถังพลาสติกที่บรรจุ evaporator ลงไปในดิน ให้ปากถังพลาสติกสูงกว่าผิวดิน 2 นิ้ว ส่วนอุปกรณ์อื่นๆ ในโครงเหล็กจากตั้งไว้เหนือพื้นดินใกล้กับถังพลาสติก

การติดตั้งถังสารละลายธาตุอาหารพืชไว้ใต้พื้นดินจะทำให้อุณหภูมิของสารละลายดังกล่าวเย็นกว่าติดตั้งบนพื้นดิน ดังนั้นสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ใต้ดินน่าจะทำให้เย็นลงได้เร็วกว่า และมากกว่าถังสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่เหนือผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบระบบทำความเย็น (หลังการติดตั้ง)

ในด้านการทดสอบระบบทำความเย็นภายหลังจากการติดตั้งเครื่องแล้วเสร็จ ผลปรากฏว่า ระบบทำความเย็นสามารถทำให้สารละลายที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 28°C . ปริมาณ 80 ลิตร ลดอุณหภูมิลงเหลือ 15°C . ภายในเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง (อุณหภูมิสารละลายที่ต้องการ คือ 15° และ 20°C .) โดยใน 3 ชม.แรก ระบบจะสามารถลดอุณหภูมิสารละลายลงได้ชั่วโมงละ 2 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้น เครื่องจะลดอุณหภูมิลงได้ชั่วโมงละ 3 องศาเซลเซียส ซึ่งในการปฏิบัติจริงจะมีการจ่ายสารละลายธาตุอาหารพืชผ่านวัสดุปลูก (PUR) สู่พืชทุก 30 นาที และหลังจากจ่ายสารละลายพบว่าสารละลายในถังจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ $1-2^{\circ}\text{C}$. ซึ่งระบบทำความเย็นที่ติดตั้งสามารถลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวได้ภายในระยะเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นระยะที่จะทำการจ่ายสารละลายใหม่อีกครั้ง ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ลดลงกับช่วงเวลา แสดงในภาพที่ 3

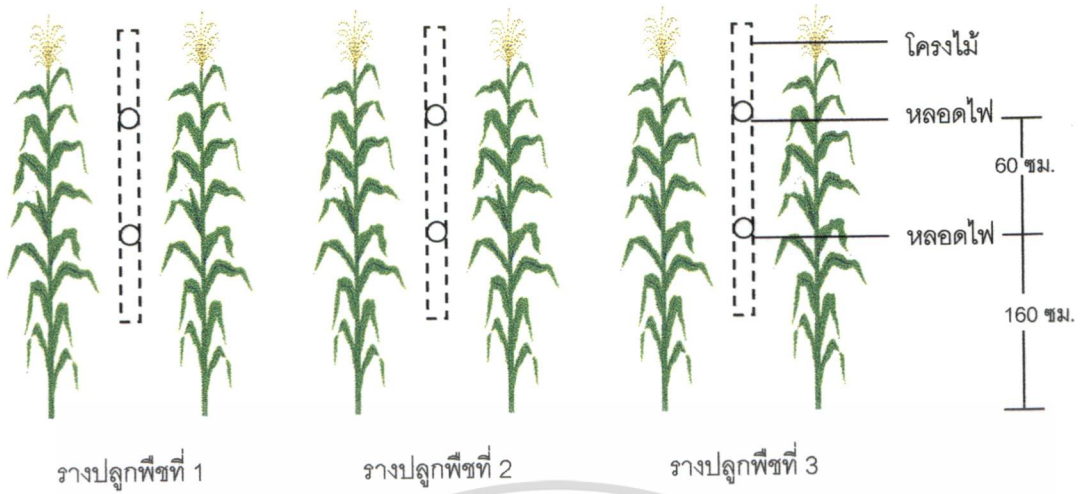


ภาพที่ 3 การทดสอบระบบทำความเย็น (หลังการติดตั้ง) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ลดลงกับช่วงเวลา

1.2 การติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช

จากปัญหาด้านแสงในเรือนทดลองที่น้อยกว่าภายนอกโรงเรือน (แสงภายในโรงเรือนเวลากลางวันประมาณ 10,000 Lux; ภายนอกโรงเรือนประมาณ 30,000 Lux) ซึ่งเป็นสาเหตุให้ทำการติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืชทดลองในครั้งนี้ เพื่อเป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้ดีขึ้น และเนื่องจากพืชทดลองคือแคนตาลูปนั้นเป็นไม้เลื้อยที่เราบังคับให้เจริญเติบโตทางแนวตั้ง ดังนั้นจึงเลือกติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืชในลักษณะให้แสงสว่างระหว่างต้นพืชทางแนวนอน (horizontal inter-plant lighting) เนื่องจากการติดตั้งในรูปแบบดังกล่าวเหมาะสมแก่พืชที่มีลำต้นสูง และยังสามารถกระจายแสงให้แก่ใบพืชได้สม่ำเสมอทั่วทุกใบ เมื่อเทียบกับการติดตั้งในแบบด้านบนและด้านล่างของรางปลูก (overbench and underbench lighting) แต่การเพิ่มแสงในลักษณะดังกล่าวหลอดไฟที่ใช้ให้แสงจะอยู่ใกล้กับใบพืชมากกว่าระบบอื่นๆ ดังนั้นจึงนำหลอดไฟชนิดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent lamp) มาใช้ในการให้แสง เนื่องจากหลอดชนิดดังกล่าวมีความร้อนบริเวณผิวหลอดต่ำ (80-100°F) จึงไม่เป็นอันตรายต่อใบพืช (Bickford and Dunn, 1978) ซึ่งรายละเอียดในการติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มของการทดลองครั้งนี้มีดังนี้

ระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืชในการทดลองนี้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 40 วัตต์ เป็นหลอดให้แสง การติดตั้งชุดเพิ่มแสงสว่างจะติดตั้งตรงกลางระหว่างรางปลูกพืช โดยวางหลอดไฟในลักษณะแนวนอนขนานกับพื้น (horizontal inter-plant lighting) ซึ่งในแต่ละชุดของระบบแสงสว่างเพิ่มนั้นประกอบด้วยหลอดไฟทั้งหมด 12 หลอด ต่อพืชทดลอง 40 ต้น (แถวละ 20 ต้น) โดยแบ่งเป็นด้านบน 6 หลอด และด้านล่าง 6 หลอด เรียงกันตลอดตามแนวยาวของรางปลูกพืช โดยด้านหน้าของหลอดไฟจะหันสู่ต้นพืชสลับด้านกันระหว่างแถวบนและแถวล่าง และสลับกันในลักษณะพื้นปลาใน แต่ละหลอดตามแนวยาว เพื่อให้แสงสว่างกระจายสู่พืชทั่วทั้งสองฝั่งอย่างสม่ำเสมอ ส่วนระยะห่างในการติดตั้งหลอดไฟมีดังนี้ หลอดไฟด้านล่างห่างจากพื้น 160 ซม. หลอดไฟด้านบนและด้านล่างห่างกัน 60 ซม. และหลอดไฟที่อยู่ในแนวระดับเดียวกันแต่ละหลอดห่างกัน 50 ซม. และหลอดไฟแต่ละหลอดจะติดตั้งบนโครงไม้ เพื่อเป็นฉนวนหากมีการรั่วของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น (ภาพที่ 4)



ก.



ข.

ภาพที่ 4 แสดงระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช

(ก. รูปแบบการติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่ม ข. การติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อแต่งแคนตาอูปลูกที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อแต่งแคนตาอูปลูกที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้ ได้ดำเนินการหลังจากที่ได้ทำการประกอบและติดตั้งระบบทำความเย็นไว้ในถังที่ใช้บรรจุสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืช (ดังรายละเอียดจากส่วนที่ 1.1) อีกทั้งได้ทำการติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืชปลูกในโรงเรือน (ดังรายละเอียดจากส่วนที่ 1.2)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ recirculating system จำนวน 3 ชุด
2. ระบบทำความเย็นในสารละลายธาตุอาหาร 2 ชุด พร้อมเครื่องควบคุม
3. ระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืชทั้งโรงเรือน
4. สารละลายธาตุอาหารพืช (สูตรดัดแปลงจากประเทศเบลเยียม)
5. สารละลายซิลิโคน (sodium silicate ; NaSi_3O_7 a.i. ~ 27%) (พรหมมาศ และคณะ, 2539)

(ภาคผนวก)

6. เมล็ดแต่งแคนตาอูปลูก (พันธุ์ HONDA 541 จากบริษัทเจียไต๋)
7. เครื่องวัดความเข้มข้นของสารละลาย (EC-meter)
8. เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
9. Hand Refractometer

วิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 factorial in RCB กรรมวิธีละ 20 ซ้ำ ดังนี้

Factor A (อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารพืช) มี 3 ระดับ

A1 : อุณหภูมิปกติ

A2 : 20°ซ.

A3 : 15°ซ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factor B (สารละลายซิลิคอน)

B1 : ฟนโบพืชด้วยสารละลายซิลิคอน 500 ppm

B2 : ไม่ฟน

การปลูกพืช

ทำการเพาะเมล็ดแคนตาลูป ในก้อนวัสดุปลูก PUR ขนาด 7.5 x 7.5 x 7.5 เซนติเมตร โดยวางเมล็ดหันทางด้านปลายลงข้างล่าง รดน้ำให้ชุ่มแต่ระวังอย่าให้แฉะ เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน เริ่มรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชความเข้มข้น 2.0 mS/cm. ระดับ pH ประมาณ 5.6-6.0 จนกระทั่งต้นกล้าอายุ 21 วัน จึงนำลงปลูกในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

นำต้นกล้าแคนตาลูปพร้อมก้อนเพาะกล้าย้ายลงปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบใช้ PUR เป็นวัสดุปลูก จำนวน 3 units unit ละ 40 ต้น แต่ละ unit ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ อุณหภูมิปกติ 20 และ 15 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทำความเย็นติดตั้งไว้ที่ถังเก็บสารละลาย การให้สารละลายเป็นไปในลักษณะที่เป็นอิสระต่อกัน และฟนโบแคนตาลูปด้วยสารละลายซิลิคอนเข้มข้น 0 และ 500 ppm (Sodium silicate; $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$; a.i.~27%) ทำการฟนโบทุก 7 วัน การฟนโบทั่วทั้งต้น

สูตรสารละลายธาตุอาหารพืชในการทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก (Benoit, 1992) ความเข้มข้นของสารละลายในระยะแรก 2.75 mS/cm. และเพิ่มเป็น 3.0 mS/cm. เมื่อแคนตาลูปเริ่มให้ผลผลิต pH โดยประมาณ 5.6-6.0 เริ่มให้สารละลายตั้งแต่ 5.00-18.00 น. จำนวน 27 ครั้งต่อวัน (ทุก 30 นาที) ครั้งละประมาณ 4 นาที ซึ่งการให้สารละลายจะถูกควบคุมด้วยเครื่องตั้งเวลา (Timer) ร่วมกับตัวควบคุมจังหวะเวลา (Interrupter) และติดตั้งแสงไฟเทียมเพิ่มให้แก่พืชในการทดลอง ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 12 หลอด ต่อ unit ให้แสงไฟวันละ 13 ชั่วโมง (5.00-18.00 น.) (ภาพที่ 1)

เมื่อต้นแคนตาลูปเจริญเติบโตถึงระยะการให้ผลผลิต ทำการเก็บผลไว้ต้นละ 1 ผล และเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากดอกบานได้ 45 วัน

การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในใบพืช

ส่งตัวอย่างใบพืช (ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต) ไปวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K) ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจหาปริมาณเชื้อปนเปื้อนในระบบปลูกพืช

ในระหว่างการปลูกแตงแคนตาลูปนี้ จะทำการตรวจหาปริมาณเชื้อสาเหตุโรคพืชที่เป็น Water-borne (*Phytophthora* spp. และ *Pythium* spp.) ที่อาจปนเปื้อนเข้ามาในระบบ โดยวิธี baiting technique ร่วมกับ selective media (ภาคผนวก) โดยทำการตรวจหาเชื้อดังกล่าวทุกครั้งก่อนการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารพืช ดังรายละเอียดดังนี้ คือ ใช้ไปเปิดดูตัดตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชที่ต้องการตรวจสอบปริมาณเชื้อปนเปื้อนมา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นใช้ปากคีบ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยจุ่มลงในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ลนไฟฆ่าเชื้อ) คีบเมล็ดแตงจำนวน 10 เมล็ด ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว เพื่อทำเป็นเหยื่อล่อ (bait) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงคีบเมล็ดแตงควมมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 2-3 ครั้ง ซับให้แห้ง แล้วนำมาวางบนอาหาร CMA (Rb) + BNPR (จิระเดช และคณะ, 2534) ทำการตรวจนับโคโลนีเชื้อที่เกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง พร้อมทำการจัดจำแนก

การบันทึกข้อมูล

1. ด้านการเจริญเติบโต บันทึกความสูง น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักแห้ง
2. ด้านผลผลิต บันทึกจำนวนผลผลิต น้ำหนักของผล และความหวานของผล
3. การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K)

ในใบแตงแคนตาลูป

4. ด้านโรค บันทึกปริมาณเชื้อรา *Phytophthora* และ *Pythium* ที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหาร และโรคต่างๆ ที่เกิดกับต้นแตงแคนตาลูป พร้อมทั้งวินิจฉัยเชื้อสาเหตุโรค

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

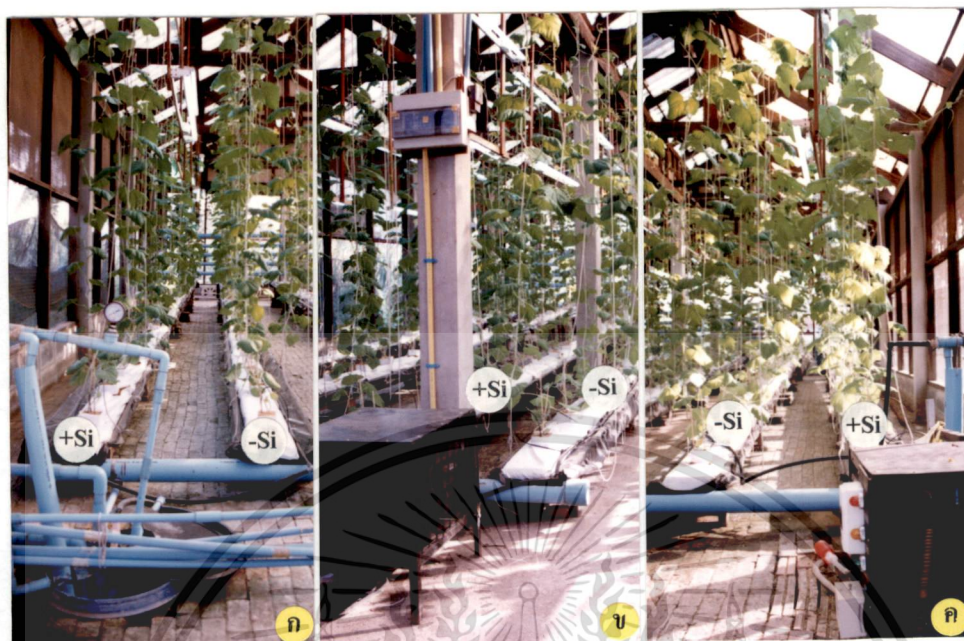
1. ด้านการเจริญเติบโต

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารพืชและประสิทธิภาพของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของต้นแตงแคนตาลูป พบว่า ในช่วงแรกของการทดลอง การลดระดับอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชลง (20° และ 15°ซ.) ไม่ได้ส่งผลให้ต้นแตงแคนตาลูปมีความสูงแตกต่างกันไปจากพืชในกรรมวิธีเปรียบเทียบ (อุณหภูมิปกติ) แต่อย่างไรก็ตาม จนกระทั่งระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตทางลำต้น (51 วัน) จึงจะเริ่มเห็นถึงอิทธิพลของการลดระดับอุณหภูมิของสารละลาย กล่าวคือ ต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกในสารละลายที่ระดับอุณหภูมิต่ำทั้งสอง จะสูงกว่าต้นที่ปลูกในสารละลายอุณหภูมิปกติ ส่วนปัจจัยในด้านสารละลายซิลิคอน พบว่า มีอิทธิพลต่อความสูงของพืชเฉพาะต้นที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับอุณหภูมิปกติในช่วงแรกๆ ของการทดลองเท่านั้น พอหลังจากนั้นจะไม่พบอิทธิพลดังกล่าวเลย กล่าวคือต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกในแต่ละระดับอุณหภูมิของสารละลายที่ทำการทดลอง (อุณหภูมิปกติ, 20° และ 15°ซ.) จะมีความสูงโดยเฉลี่ยเท่ากันหมด (ไม่แตกต่างกันทางสถิติ) ไม่ว่าจะได้รับการพ่นสารละลายซิลิคอน 500 ppm หรือไม่ได้รับการพ่น (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1) ซึ่งผลดังกล่าวนี้เมื่อนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับผลทางด้านน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้น พบว่า เป็นไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 2) คือ ไม่พบอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนในทุก treatment combination ซึ่งเป็นผลการทดลองที่ไม่ตรงตามที่คาดไว้ แต่อย่างไรก็ตาม คณะผู้ทำการทดลองสามารถชี้แจงเหตุผล โดยได้กล่าวรายละเอียดไว้ในส่วนของผลการทดลองด้านผลผลิต อีกทั้งได้รวบรวมปัญหาและอุปสรรคทั้งหมดที่ประสบในระหว่างการศึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะไว้ท้ายเล่มของรายงานฉบับนี้

ตารางที่ 1 แสดงความสูง (ซม./ต้น) ของต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชอุณหภูมิต่างๆ กัน ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิคอน

อุณหภูมิ สารละลาย (ซ.)	การได้รับ Si (พ่นทางใบ)	ความสูงต้นแตงแคนตาลูป (ซม./ต้น) ที่อายุต่างๆ					
		21 วัน	27 วัน	33 วัน	39 วัน	45 วัน	51 วัน
ปกติ	0 ppm	13.60	27.20 a ^{1/}	58.05 ab	118.45 ab	187.00 ab	235.65 b
	500 ppm	13.45	22.75 b	49.30 b	109.65 b	177.42 b	228.10 b
20	0 ppm	13.45	27.30 a	60.60 ab	120.60 ab	192.65 a	253.80 a
	500 ppm	13.75	28.25 a	64.30 a	122.50 a	194.38 a	256.10 a
15	0 ppm	13.70	29.30 a	66.20 a	126.50 a	202.10 a	274.40 a
	500 ppm	13.50	27.50 a	65.60 a	127.05 a	200.90 a	278.00 a
F-ratio ของ A (อุณหภูมิ)		ns	**	**	**	**	**
F-ratio ของ B (การพ่น Si)		ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-ratio ของ A*B		ns	ns	**	ns	ns	ns
C.V.		15.05%	20.64%	13.39%	12.95%	12.55%	13.09%

^{1/} = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ดินแตงแคนตาลูปอายุ 40 วัน ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ได้รับการพ่นสารละลายซิลิคอน 0, 500 ppm (ก. อุณหภูมิสารละลายปกติ ช. 20°ซ. ค. 15°ซ.)

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (กรัม) ของดินแตงปลูกที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชอุณหภูมิต่างๆ กัน ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิคอน

อุณหภูมิ สารละลาย (°ซ.)	การได้รับ Si (พ่นทางใบ)	น้ำหนักต้นสด* (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)
ปกติ	0 ppm	109.95	21.70
	500 ppm	136.40	20.35
20	0 ppm	128.20	21.45
	500 ppm	133.70	21.15
15	0 ppm	126.95	22.00
	500 ppm	137.50	21.95
F-ratio ของ A (อุณหภูมิ)		ns	ns
F-ratio ของ B (การพ่น Si)		ns	ns
F-ratio ของ A*B		ns	ns
C.V.		40.08%	8.50%

* ใบและต้นของแคนตาลูปมีอาการแห้งเหี่ยวจากการเข้าทำลายของโรคราแป้ง คำน้ำหนักสดที่ได้จึงต่ำกว่าที่ควรจะเป็น
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ด้านผลผลิต

จากการทดลองพบว่า ระดับอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร และการได้รับสารละลายซิลิคอนไม่ได้ส่งผลกระทบต่อกำหนดการเริ่มออกดอกแรกของต้นแตงแคนตาลูป โดยดอกแรกของต้นแตงทั้งหมดจะเริ่มบานพร้อมกันในช่วงระหว่าง 53-55 วัน แต่ก็ไม่ได้แสดงว่าดอกที่บานดอกแรกนั้นจะสามารถให้ผลผลิตได้ ซึ่งจำเป็นจะต้องคำนึงถึงการพัฒนาของผลหลังจากดอกได้รับการผสมเกสรประกอบการพิจารณาการไว้ผลนั้นๆ ด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติของการทดลองนี้ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ว่า ถ้าหลังจากผสมเกสรแล้ว 7 วัน การพัฒนาของผลนั้นเป็นไปไม่ดี ก็จะทำการตัดผลดังกล่าวทิ้งไป โดยทั่วไปใน 1 ต้น จะทำการไว้ผลจำนวน 1 ผล นอกจากนั้น จากการสังเกต พบว่า แม้กำหนดวันที่เริ่มออกดอกแรกของแต่ละสิ่งทดลองจะไม่แตกต่างกัน แต่ต้นแตงที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีอุณหภูมิปกติ จะมีการพัฒนาของผลจากดอกชุดแรกๆ ไม่ดี และผลที่สามารถเก็บไว้ได้นั้นส่วนใหญ่เป็นผลที่พัฒนามาจากดอกที่ออกในช่วงหลัง ซึ่งแตกต่างไปจากต้นแตงที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยพบว่าจะมีการพัฒนาของผลที่ดีมาจากดอกชุดแรกๆ ซึ่งน่าจะเป็นข้อดีข้อหนึ่งของการลดระดับอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้ ประสบอุปสรรคของการไว้ผลผลิต โดยได้เกิดการระบาดของโรคราแป้งขึ้นในโรงเรือนทดลอง ซึ่งประกอบกับในช่วงดังกล่าวได้มีลมแรง อากาศเย็น และหมอกจัด ทำให้การระบาดของโรคราดังกล่าวเป็นไปอย่างรุนแรง และไม่สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ ทำให้ต้นแตงแคนตาลูปไม่สามารถเลี้ยงผลที่ติดแล้วได้ ผลจึงหลุดร่วงไป ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงเก็บผลผลิตได้ทั้งหมดเพียง 3 ผล ซึ่งผลที่เก็บได้เป็นผลที่ได้จากดอกที่ออกหลังจากต้นเริ่มฟื้นตัวจากการเป็นโรคบ้างแล้ว และคุณภาพของผลที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ผลเล็กและความหวานต่ำ) แต่เมื่อมาพิจารณาถึงต้นที่ให้ผลดังกล่าวทั้ง 3 ได้ พบว่าล้วนแต่เป็นต้นที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับอุณหภูมิ 15°ซ. ทั้งสิ้น (โดย 2 ต้นมาจากที่ได้รับการพ่นสารละลายซิลิคอน และอีก 1 ต้น ไม่ได้รับการพ่น) ซึ่งจากการสังเกตพบประเมิณคร่าวๆ ได้ว่า หากไม่มีการระบาดของโรคราแป้งในระหว่างการทดลองแล้ว ต้นแตงที่ได้รับสารละลายอุณหภูมิต่ำ น่าจะให้ผลผลิตเร็วกว่า อีกทั้งมีคุณภาพของผลผลิตที่ดีกว่าต้นแตงที่ปลูกในสารละลายอุณหภูมิปกติ และถ้าหากไม่มีปัจจัยมาส่งเสริมให้เกิดการระบาดของโรคอย่างรุนแรงดังได้กล่าวข้างต้นแล้ว ต้นแตงที่ได้รับการพ่นสารละลายซิลิคอนน่าจะสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่าต้นแตงที่ไม่ได้รับสารละลายซิลิคอน เพราะจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าต้นที่สามารถไว้ผลผลิตได้นั้นเป็นต้นที่ได้รับการพ่นสารละลายซิลิคอนถึง 2 ต้น แต่เนื่องจากการระบาดของโรคในการทดลองนี้รุนแรงมาก จึงทำให้ไม่สามารถเห็นอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนได้ชัดเจนนัก (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนผล น้ำหนัก และความหวานของผลแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารอุณหภูมิต่างๆ กัน ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิโคน

อุณหภูมิ สารละลาย (°ซ.)	การได้รับ Si (พ่นทางใบ)	เริ่มออกดอกแรก (วัน)	จำนวนผล (ผล)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหวาน (°บริกซ์)
ปกติ	0 ppm	54	0	-	-
	500 ppm	55	0	-	-
20	0 ppm	53	0	-	-
	500 ppm	54	0	-	-
15	0 ppm	53	1*	320	5.0
	500 ppm	55	2*	285	5.2

^{1/} ดอกในระยะแรกไม่สามารถให้ผลผลิตได้ เนื่องจากความอ่อนแอของต้นซึ่งเกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง

* ผลผลิตที่ได้เกิดจากดอกที่ออกในระยะหลัง (73 และ 75 วัน)

3. การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K) ในใบแดงแคนตาลูป

ผลการวิเคราะห์ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า การวิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ N, P และ K ในใบแดงแคนตาลูปโดยรวมทั้งการทดลอง ซึ่งไม่ได้ทำการเก็บ sample ใบพืชแยกเป็น treatment เนื่องจากในระยะให้ผลผลิต (ซึ่งเป็นช่วงกำหนดเก็บใบพืชไปวิเคราะห์) มีการระบาดของโรคราแป้งเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ทำให้จำนวนใบที่สมบูรณ์ของแต่ละ treatment ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นใบพืชที่นำไปวิเคราะห์จึงได้มาจากทุก treatment คละกัน จึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบ treatment ได้

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณการสะสมธาตุ N, P, K (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) ในใบแดงแคนตาลูป (ระยะให้ผลผลิต) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ปริมาณการสะสมธาตุ N, P, K ในใบแดงแคนตาลูป (% โดยน้ำหนักแห้ง)		
N	P	K
3.65	0.60	2.91

แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณธาตุ N, P และ K ในใบแดงแคนตาลูปที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าในรายงานของ วิจิตร (2535) ซึ่งระบุไว้ว่าปริมาณธาตุ N, P และ K ในใบแดงแคนตาลูปที่ทำการทดลอง มี 1.37, 0.17 และ 1.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ด้านโรคและแมลง

4.1 ปริมาณเชื้อรา *Phytophthora* spp. และ *Pythium* spp. ที่ปนเปื้อนในสารละลายธาตุอาหาร

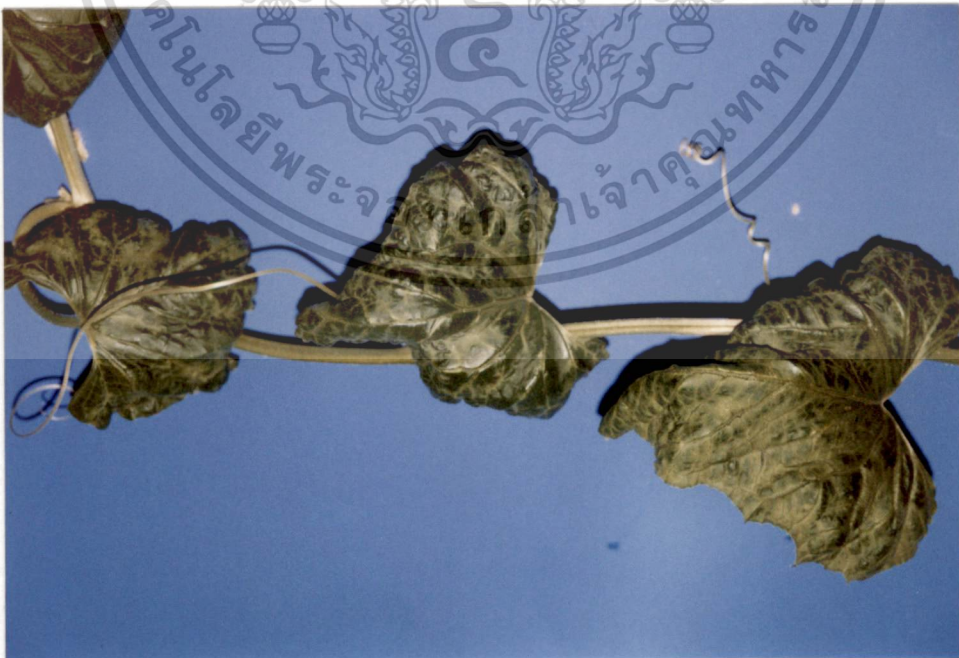
จากการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อดั่งกล่าวตลอดการทดลอง ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อทั้งสองในสารละลายธาตุอาหารพืชเลย

4.2 โรคต่างๆ ที่เกิดกับต้นแตงแคนตาลูป พร้อมทั้งวินิจฉัยเชื้อสาเหตุโรค

จากการตรวจสอบโรคต่างๆ ที่เกิดกับต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ต้นแตงแคนตาลูปที่ได้รับสารละลายอุณหภูมิปกติ และไม่ได้รับสารละลายซิลิคอน แสดงอาการเป็นโรคไวรัส 1 ต้น (ภาพที่ 2) และต้นแคนตาลูปทุกต้นในการทดลองแสดงอาการเป็นโรคราแป้ง (ภาพที่ 3) ซึ่งขณะที่มีการระบาดของโรคอยู่นั้นเป็นช่วงที่ต้นแคนตาลูปเริ่มให้ผลผลิต และประกอบกับสภาพอากาศภายนอกมีลมแรง และหมอกลงจัด การระบาดของโรคจึงรุนแรงยิ่งขึ้น ทำให้ไม่สามารถควบคุมการระบาดของเชื้อโรคได้ ส่งผลต่อการให้ผลผลิต และทำให้ต้นแคนตาลูปบางต้นตายลง (ตารางที่ 5)

4.3 ความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของแมลง

ตลอดระยะเวลาในการทดลอง พบว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การเจริญเติบโตของต้นแตงแคนตาลูปเป็นไปได้ไม่ดีเท่าที่ควรนั้น คือ การเข้าทำลายของแมลง ซึ่งความเสียหายดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 2 ใบแคนตาลูปที่แสดงอาการเป็นโรคติดเชื้อจากเชื้อไวรัส
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานวิจัยเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ต้นแตงแคนตาลูปที่แสดงอาการโรคราแป้งในแต่ละสิ่งทดลอง
(ก. อุณหภูมิสารละลายปกติ ข. 20°ซ. ค. 15°ซ.)

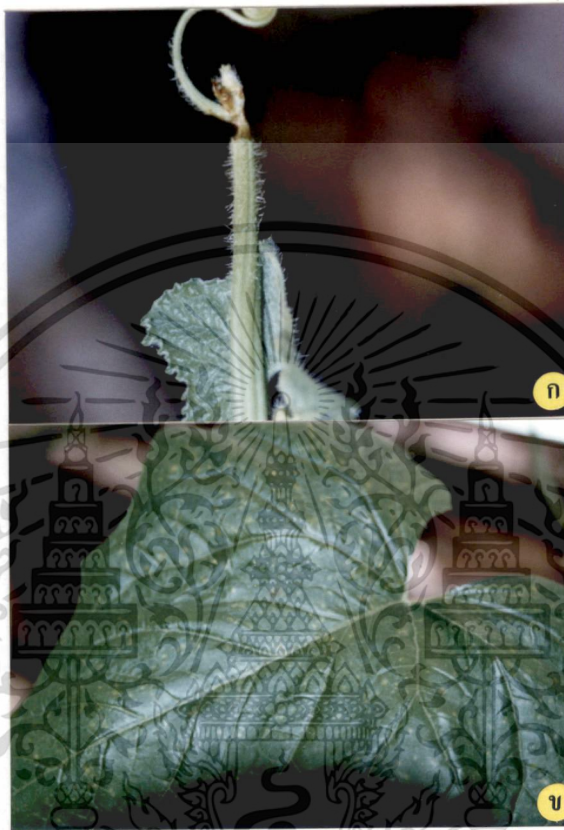
ตารางที่ 5 แสดงโรคและเชื้อสาเหตุที่พบในต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และได้รับสารละลายธาตุอาหารที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ร่วมกับการได้รับสารละลายซิลิคอน

อุณหภูมิสารละลาย เริ่มต้น (°ซ.)	การได้รับ Si (พันทางใบ)	แคนตาลูปที่แสดงอาการเป็นโรค (ต้น) ^{1/}	
		โรคไวรัส	โรคราแป้ง (<i>Oidium</i> sp.) [*] (ต้นที่ตาย)
ปกติ	0 ppm	1	5
	500 ppm	0	4
20	0 ppm	0	4
	500 ppm	0	4
15	0 ppm	0	4
	500 ppm	0	3

^{1/} ใน 20 ต้น

^{*} แคนตาลูปทุกต้นในการทดลองแสดงอาการเป็นโรคราแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงอาการของใบแคนตาลูปที่ถูกศัตรูพืชเข้าทำลาย
 ก. หนอนผีเสื้อกินใบแตง [*Palpita indica* (Saund)] กัดกินยอดของแตงแคนตาลูป
 ข. ใบแตงแคนตาลูปที่ไรแดงดูดกินน้ำเลี้ยงด้านหลังใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเรื่องการพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้ สรุปได้ว่า ในส่วนแรกของการศึกษานั้นได้ทำการสร้างและติดตั้งระบบทำความเย็นให้แก่สารละลายธาตุอาหารพืช รวมทั้งการติดตั้งระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืชปลูกในโรงเรือนสำเร็จด้วยดี (ถึงแม้จะใช้เวลาค่อนข้างมากในการออกแบบและสร้าง) และได้มีการทดสอบระบบทำความเย็นดังกล่าว 2 ครั้ง คือ ทดสอบหลังจากสร้างเสร็จ และทดสอบหลังจากติดตั้งแล้วเสร็จ จากนั้นจึงดำเนินการในส่วนที่ 2 ต่อ คือ ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของสารละลายซิลิโคนที่มีต่อแตงแคนตาลูปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งพอจะสรุปโดยรวมได้ว่า ระบบทำความเย็นให้แก่สารละลายธาตุอาหารพืช และระบบแสงสว่างเพิ่มให้แก่พืช มีส่วนช่วยในการพัฒนาการปลูกแตงแคนตาลูปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน กล่าวคือ แตงแคนตาลูที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีระดับอุณหภูมิต่ำ (15°ซ.) มีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตเร็วกว่า อีกทั้งมีคุณภาพของผลผลิตที่ดีกว่าต้นแตงแคนตาลูปลูกในสารละลายอุณหภูมิปกติ และถ้าหากไม่มีอุปสรรคของการไว้ผลผลิตแล้ว (คือในระหว่างการทดลองได้มีการระบาดของโรคราแป้งค่อนข้างรุนแรง อีกทั้งมีปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศมาส่งเสริมการระบาดของโรคดังกล่าวให้รุนแรงยิ่งขึ้น) ต้นแตงแคนตาลูที่ได้รับการพ่นด้วยสารละลายซิลิโคน 500 ppm จะสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่าต้นแตงที่ไม่ได้รับการพ่นสารละลายซิลิโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในระหว่างการดำเนินการวิจัย เป็นปัญหาทั้งทางเทคนิค (ซึ่งพอจะแก้ไขได้แต่ต้องใช้เวลา ซึ่งส่งผลให้งานวิจัยล่าช้าไป) และปัญหาอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ (ซึ่งทางคณะผู้วิจัยไม่สามารถแก้ไขได้) พอจะสรุปได้คร่าวๆ ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาทางด้านเทคนิค คือ ในการวิจัยส่วนที่ 1 ได้ใช้เวลายาวนานกว่าที่กำหนดไว้เนื่องจาก การจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์สำเร็จรูปชนิดต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการสร้างระบบต่างๆ เป็นไปได้ไม่สะดวกนัก เพราะไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด จำต้องใช้เวลาในการคิดค้นเพื่อดัดแปลงและประกอบชิ้นส่วนต่างๆ

2. ปัญหาความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ ในการวิจัยส่วนที่ 2 เป็นการทดลองในสภาพโรงเรือน ซึ่งประสบปัญหารุนแรง คือ ฝนตก และน้ำท่วมในโรงเรือน ทำให้ต้องมีการดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้งในช่วงต่อมา หลังจากน้ำลด นอกจากนั้นในการดำเนินการทดลองซ้ำ (ปลูกพืช crop ที่ 2) ก็ประสบกับปัญหาสภาพภูมิอากาศแปรปรวนอีก คือ สภาพภูมิอากาศส่งเสริมการเกิดและระบาดของโรคราแป้ง ทำให้ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูก

ข้อเสนอแนะ

ควรจะมีการทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมาหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือการนำระบบทำความเย็นแก่สารละลายธาตุอาหารพืชมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชชนิดอื่นด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติจริง ขณะที่ทำการรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ คณะผู้วิจัยก็ได้ดำเนินการทดลองต่อโดยใช้ประโยชน์จากระบบทำความเย็นแก่สารละลายธาตุอาหารพืช ในการปลูกแคนตาลูป และศึกษาอิทธิพลทางด้านอื่นควบคู่ต่อไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช แจ่มสว่าง, วนิตา พงษ์ศักดิ์ชาติ และวรรณวิไล เกษนรา. 2534. การตรวจและนับปริมาณเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ในดินโดยวิธีเชื้อจางและการใช้เหยื่อล่อ. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 25 : 39 - 46.
- ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. 2523. การทำความเข้าใจและปรับอากาศ. *วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขตเทคนิคนนทบุรี*. 419 หน้า.
- ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2538. เทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *วารสารวิจัยและพัฒนาการเกษตร* ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 หน้า 61-63.
- วรางคณา นกอยู่ และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2541. บทบาทของสารละลายซิลิคอนในการพัฒนาศักยภาพการปลูกแตงกวายุโรปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24* ระหว่างวันที่ 19-21 ตุลาคม 2541 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 694-695.
- พรหมมาศ คุณากาญจน์, ศุภชัย รตโนภาส และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2539. การแพร่กระจายของเชื้อราบางชนิดในสารละลายหมักเวียนของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 14(2) : 26-37.
- พรหมมาศ คุณากาญจน์, ศุภชัย รตโนภาส และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2539. ศักยภาพการปลูกแตงกวาพันธุ์ยุโรป ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22*. ระหว่างวันที่ 16-18 ตุลาคม 2539 โรงแรมเซ็นทรัลลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร. หน้า
- พรหมมาศ คุณากาญจน์, ถนิมนันต์ เจนอักษร และศุภชัย รตโนภาส. 2540. โรคที่พบบนแตงกวายุโรปที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในช่วงฤดูหนาว. *รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35* หน้า 179-187.
- วิจิตร ต้นมาละ. 2535. การตอบสนองของแตงเทศต่อความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส โปแทสเซียม และวิธีการจัดการ ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร*.
- ศุภชัย รตโนภาส และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2538. ศักยภาพการปลูกแคนตาลูปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : แบบใช้วัสดุปลูก. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 13(3) : 30-37.
- Benoit, F. 1992. *Practical guide for simple culture techniques*. European Vegetable R & D Centre, St. Katelijne-Waver, Belgium. 72 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Benoit, F. 1987. High technology glasshouse vegetable growing in Belgium. *Soiless Culture* 3(1) : 21-29.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1986a. Growth control of tomatoes and cucumbers in NFT by means of rockwool and polyurethane blocks. *Plasticulture* 71 : 31-36.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1986b. Growth control of tomatoes and cucumbers in NFT by means of rockwool and poly-urethane blocks. *Soiless Culture* 2(2) : 3-9.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1986c. Survey of a decade of research (1974-1984) with nutrient film technique (NFT) on glasshouse vegetables. *Soiless Culture* 2(1) : 5-17.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1988. Poly-urethane ether foam (PU) as an ecologically sound growing substrate. *Soiless Culture* 4(1) : 3-17.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. Growing early cucumbers on a few ecologically sound substrates. *Acta Horticulturae* 287 : 299-308.
- Bickford, E.D. and Dunn, S. 1978. *Lighting for plant growth*. The Kent State University Press, U.S.A. 221 p.
- Cooper, A. 1988. *The ABC of NFT*. Grower books. London. 144 p.
- Clarkson, D.T., and A.J. Warner. 1979. Relationships between root temperature and the transport of ammonium nitrate ions by Italian and perennial ryegrass (*Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*). *Plant Physiol.* 64 : 557-561.
- Douglas, J.S. 1988. *Beginner's guide to Hydroponics*. Durler & Tanner Ltd, London. 140 pp.
- Foust, A.S., Wenzel, L.B., Clump, C.W., Maus, L., and Andersen, L.B. 1980. *Principles of unit operations*. John Wiley & Sons, New York. 768p.
- Graves, C.J. and R.G. Hurd. 1983. Intermittent solution circulation in the nutrient film technique. *Acta Horticulturae* 133 : 47-52.
- Ikeda, H. 1989. Hydroponics or Soiless culture. *Kenshu - In* 64 : 2-4.
- Jaenaksorn, T., and S. Ratanopas. 1994. Effect of three substrates on growth and yield of two cantaloupes varieties. Oral presentation session at *the XXIV th International Horticultural Congress, Kyoto, Japan*. (Abstract on p.110)
- Jaenaksorn, T., and S. Ratanopas. 1995. Effect of three substrates on the growth and yield of two cantaloupe varieties. *Journal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang* 3(2) : 57-67.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Jensen, G. 1960. Effects of temperature and shifts in temperature on the respiration of intact root systems. *Physiol. Plant.* **13** : 822-830.
- Lesaint, C. et Y. Coic. 1983. Culture hydroponiques. PARIS : La maison Rustique. 119 pp.
- Raffar, K.A. 1994. Soilless culture technology for Sustainable Horticultural crop production in Malaysia. The International seminar on experiences in Sustainable Agriculture in Southeast council of Thailand, Tokyo University of Agriculture and Khon Kaen University.
- Resh, H. M. 1981. Hydroponics Food Production. Woodbridge. Press publishing company. 325 pp.
- Suzuki, Y., U. Shinohara, M. Shibuya, and H. Ikeda. 1984. Recent development of hydroponics in Japan. *ISOSC Proceedings* : 661-672.
- Takakura, T. 1994. Engineering and Technology for Sustainable World. The International seminar on Experiences in Sustainable Agriculture in Southeast Asia (ESA III'94). The Japan Society for promotion of science, The National Research council of Thailand, Tokyo University of Agriculture and Khon Kaen University.
- Unger, P.W., and R.E. Danielson. 1967. Water relation and growth of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by nutrient solution temperatures. *Agron. J.* **59** : 143-146.
- Vestergaard, B. 1984. Oxygen supply to the roots in different hydroponic systems. *ISOSC Proceedings* : 723-737.

ภาคผนวก

สูตรสารละลายธาตุอาหารพืช (สูตรดัดแปลงจากประเทศเบลเยียม)

Solution A (จำนวน 25 ลิตร : ความเข้มข้น 100 เท่า)

Calcium nitrate (15.5 N; 20 Ca)	2.5	กิโลกรัม
Potassium nitrate (14 N; 46 K ₂ O)	300	กรัม
Iron-Chelate EDDHA (6% Fe)	37.5	กรัม

Solution B (จำนวน 25 ลิตร) : ความเข้มข้น 100 เท่า)

Potassium nitrate (14 N; 46 K ₂ O)	1.5	กิโลกรัม
Potassium phosphate (35 K ₂ O; 53 P ₂ O ₅)	555	กรัม
Magnesium sulphate (16.7 MgO; 13 S)	840	กรัม
Magnesium nitrate (7 N; 10 MgO)	137.5	กรัม
Manganese sulphate (32% Mn)	425	กรัม
Borax (11.3% B)	5	กรัม
Zinc sulphate (23% Zn)	3.625	กรัม
Copper sulphate (25% Cu)	0.475	กรัม
Sodium molybdate (40% Mo)	0.3	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร Selective (CMA + Rb + BNPRA)

Solution A (25 ลิตร : ความเข้มข้น 100 เท่า)

CaNO ₃ (15.5% N, 20% Ca)	2.08	กิโลกรัม
KNO ₃ (14% N, 40% K ₂ O)	742.5	กรัม
Fe-EDDHA (6% Fe)	35	กรัม

Solution B (25 ลิตร : ความเข้มข้น 100 เท่า)

KNO ₃ (14% N, 46% K ₂ O)	692.5	กรัม
KCl (80% K ₂ O)	112.5	กรัม
MgSO ₄ (16.7 MgO ; 13 S)	827.5	กรัม
K ₂ P ₂ O ₅ (35 K ₂ O ; 53 P ₂ O ₅)	477.5	กรัม
MgNO ₃ (7 N ; 10 MgO)	722.5	กรัม
MnSO ₄ (32% Mn)	1.34	กรัม
CuSO ₄ (25% Cu)	0.4	กรัม
ZnSO ₄ (23% Zn)	1.62	กรัม
Borax (11.3% B)	5.85	กรัม
Sodium molybdate (40% Mo)	0.3	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้