

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อิทธิพลของวัสดุปลูก และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการ
เจริญเติบโตของเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*)

EFFECT OF SUBSTRATES AND NUTRIENT SOLUTION
CONCENTRATIONS ON GERBERA (*Gerbera jamesonii*) GROWTH



T133779

กาญจนา นฤภัย

KANJANA NARUPHAI

ฉบับที่
ก 4 26
2556

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 133779
วัน,เดือน,ปี 3.0.๗๓...2557

b. 1๓๖๐๗๖๙๙
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-AG-M-021-128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF SUBSTRATES AND NUTRIENT SOLUTION
CONCENTRATIONS ON GERBERA (*Gerbera jamesonii*) GROWTH**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2013

KMITL-2013-AG-M-021-128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อิทธิพลของวัสดุปลูก และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*)

นักศึกษา

นางสาวกาญจนา นฤภัย

รหัสประจำตัว

53640309

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

พืชสวน

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ

บทคัดย่อ

ศึกษาชนิดของวัสดุปลูก ชนิดของเหล็กคีเลต และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) กระถาง ภายในโรงเรือน Evaporative cooling โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของวัสดุปลูก ซึ่งได้แก่ ขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-Tec (1:1 v/v) ต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) 4 ดำรับ การทดลอง ดำรับการทดลองละ 13 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น จากการทดลองพบว่าเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ คือ มีจำนวนดอก 16 ดอก/ต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก 92.89 มม. และค่าความเขียวของใบที่วัดจากเครื่อง Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter สูงที่สุด คือ 39.87 การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดของเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่าวาง แผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in Complete Randomized Design (CRD) มี 9 ดำรับการทดลอง ดำรับการทดลองละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของเหล็กคีเลต 3 ชนิด (Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA) ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ (EC 1.2 mS/cm, 2.0 mS/cm และ 2.8 mS/cm) จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ Fe-EDDHA (21.60 ชม.) และ Fe-EDTA (20.88 ชม.) มีผลให้ก้านดอกมีความยาวมากกว่าการใช้ Fe-DTPA และ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ EC 2.8 mS/cm ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ 9.46 ดอก/ต้น และใบมีค่าความเขียวมากที่สุด คือ 48.73 ดังนั้นการปลูกเยอบีร่าเป็นไม้กระถางควรใช้ขุยมะพร้าวเป็น วัสดุปลูกและใช้เหล็ก EDTA ที่ระดับความเข้มข้นสารละลาย EC = 2.8 mS/cm เนื่องจากเป็น สารละลายที่มีราคาถูกและพืชมีการเจริญเติบโตดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of Substrates and Nutrient Solution Concentrations on Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>) Growth
Student	Miss Kanjana Naruphai
Student ID.	53640309
Degree	Master of Science
Program	Horticulture
Year	2013
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Itthisuntorn Nuntagij

Abstract

Effects of substrates, iron chelates and concentrations of nutrient solution on growth of potted gerbera grown in evaporative cooling greenhouse was examined. Four kinds of substrate, coconut peat, chopped coconut husk, peat moss and composted coco peat+M-tec (1:1 v/v) were compared in the first experiment which was carried out in completely randomized design. The results indicated that gerbera grown in coconut peat had better growth and yield than those grown in the other substrates. They had 16 flowers per plant and the average diameter of the flowers was 92.9 mm. The second experiment was assigned as 3x3 factorial in completely randomized design. The first factors were 3 types of iron chelate (Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA) and the second factors were 3 concentrations of nutrient solution (EC 1.2, 2.0 and 2.8 mS/cm). It was found that there was an interaction between iron chelate and EC of nutrient solution. The average number of flowers increased from 6.75 to 10.63 flowers per plant as EC increased from 1.2 to 2.8 mS/cm when Fe-EDTA was used as source of Fe in the nutrient solution. By contrast, using Fe-DTPA or Fe-EDDHA as source of Fe did not increase the number of flowers per plant as the EC of the solution increased from 1.2 to 2.8 mS/cm. On the basis of these results, it is recommended to use coconut peat and nutrient concentration with the EC of 2.8 mS/cm to grow potted gerbera. It is also suggested to utilize Fe-EDTA in growing gerbera because of it cheaper than the other.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและคำปรึกษาในการออกแบบงานวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์จาก รศ. ดร. อธิวิมล นันทกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

กราบขอบคุณ ดร. นันทรัตน์ สุกก้าเน็ค ที่กรุณาสละเวลามาสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์

กราบขอบคุณ รศ.ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น รศ.ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ และผศ.ดร. พรหมมาศ กุหากาญจน์ ที่กรุณาสละเวลามาสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์

กราบขอบคุณ รศ.ดร.ชาติ สิริพิบูล ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

กราบขอบคุณ ผศ. สมเกียรติ สีสนอง และผศ. กรรณ จินดาประเสริฐ ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทาง พร้อมทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

กราบขอบคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำปรึกษาในด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ คุณวิฐ ศิริรัตนอำพร, คุณปรีดาพร คุณชี, คุณระพีพันธ์ อ่ำสำโรง, คุณรัศมี กลางท่าไค้, คุณอภิชาติ ตังมั่น, น้องพิชญ์สินี ศรีนุสรณ์, น้องทวิทรัพย์ โชติช่วงนภา และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจที่ดีเสมอมาจนประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ทุกท่าน

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

กาญจนา นฤภัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 นิยามและความหมาย.....	3
2.2 ระบบวัสดุปลูก (substrate หรือ substrate system).....	6
2.3 ธาตุอาหารพืช.....	11
2.4 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) ในสารละลายธาตุอาหารพืช.....	14
2.5 การให้น้ำแบบหยด.....	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	17
3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็บปรีรา.....	17
3.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของเห็บปรีรากระดางที่ปลูกในขุยมะพร้าว.....	21
3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....	24
3.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **IV** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	25
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเหอปีร้า.....	25
4.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดหลักคิลेटและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของเหอปีร้ากระถางที่ปลูกในขุยมะพร้าว.....	30
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	37
บรรณานุกรม.....	38
ภาคผนวก.....	42
ภาคผนวก ก. สารละลายธาตุอาหาร.....	43
ภาคผนวก ข. ผลผลิตและการเจริญเติบโตของเหอปีร้า.....	46
ภาคผนวก ค. ภาพการเจริญเติบโตของเหอปีร้า.....	55
ประวัติผู้เขียน.....	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	แสดงปริมาณ คุณภาพดอก และความเขียวของใบเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M- tec.....26
4.2	แสดงค่าความเข้มข้น (EC) และ pH ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางของ เยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec (44 วันหลังการย้ายปลูก).....28
4.3	แสดงจำนวนดอกเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของ เหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร.....31
4.4	แสดงความยาวก้านดอกเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร.....32
4.5	แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกและก้านดอกเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจาก เหล็กทั้ง 3 ชนิด และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 3 ระดับ.....33
ก.1	องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Gerbera Netherlands สำหรับใช้ในการทดลองที่ 1.....44
ก.2	องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Gerbera Netherlands สำหรับใช้ในการทดลองที่ 2.....45
ข.1	แสดงค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ที่ไหลออกจากกระถางของเยอบีร่า ที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec.....47
ข.2	แสดงค่า pH ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec.....47
ข.3	แสดงค่าความเขียวของใบเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec ที่วัดจาก Chlorophyll meter.....48
ข.4	แสดงจำนวนดอกของเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากเหล็กทั้ง 3 ชนิด และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 3 ระดับ.....49
ข.5	แสดงความยาวก้านดอกของเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากเหล็กทั้ง 3 ชนิด และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 3 ระดับ.....50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.6	แสดงค่าความเขียวของใบเหอปีร่าที่อ่านได้จากเครื่อง Chlorophyll meter ทั้ง 7 สัปดาห์.....51
ข.7	แสดงคะแนนความพึงพอใจของเหอปีร่าในเดือนสุดท้ายของการทดลอง (เดือนเมษายน สัปดาห์ละ 1 ครั้ง) จากการประเมิน ทั้ง 4 สัปดาห์.....52
ข.8	แสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ที่ไหลออกจากกระถางเหอปีร่า (วัดเมื่อเหอปีร่าเริ่มให้ดอก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์).....53
ข.9	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเหอปีร่า (วัดเมื่อเหอปีร่าเริ่มให้ดอก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์).....54

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	แสดงขนาดเมล็ด M-Tec.....10
3.1	เพาะเมล็ดเขือบีร่า.....19
3.2	ย้ายกล้าเขือบีร่าลงสู่ถาดเพาะ.....19
3.3	กล้าเขือบีร่าอายุ 40 วัน.....20
3.4	กลุ่มวางเขือบีร่าแต่ละตำรับการทดลอง.....20
3.5	ถึงสารละลายธาตุอาหาร.....23
4.1	แสดงจำนวนดอกต่อต้นของ ใบเขือบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec26
4.2	แสดงค่าความเขียวของใบเขือบีร่าเมื่ออายุ 51 วันหลังการย้ายปลูก.....27
4.3	แสดงค่า EC ของสารละลายที่เริ่มให้และที่ไหลออกจากกระถาง เมื่อเขือบีร่าอายุ 44 วันหลังการย้ายปลูก.....27
4.4	แสดงจำนวนดอกเขือบีร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของ เหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร.....29
4.5	แสดงความยาวก้านดอกเขือบีร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของ เหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร.....29
4.6	แสดงค่าความเขียวของใบเขือบีร่าที่ 156 วันหลังการย้ายปลูก.....31
4.7	เขือบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 1.2 mS/cm.....32
4.8	เขือบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 2.0 mS/cm.....34
4.9	เขือบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 2.8 mS/cm.....35
ค.1	เขือบีร่าอายุ 30 วันหลังการย้ายปลูก ที่ได้รับ Fe-EDTA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ.....56
ค.2	เขือบีร่าอายุ 30 วันหลังการย้ายปลูก ที่ได้รับ Fe-DTPA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ.....56
ค.3	เขือบีร่าอายุ 30 วันหลังการย้ายปลูก ที่ได้รับ Fe-EDDHA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ.....57
ค.4	เขือบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 1.2 mS/cm.....57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค.5	เยอบีร่าที่ได้รับ Fe-EDTA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ.....58
ค.6	เยอบีร่าที่ได้รับ Fe-DTPA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ.....58
ค.7	เยอบีร่าที่ได้รับ Fe-EDDHA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ.....59
ค.8	การเก็บสารละลายเพื่อไปวัดค่า EC และ pH.....59
ค.9	ขุยมะพร้าว.....60
ค.10	กาบมะพร้าวสับ.....60
ค.11	พีทมอส.....60
ค.12	เมล็ด M-tec.....60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เยอบีร่า ชื่อสามัญ Gerbera , Barberton Daisy , Transvaal Daisy ชื่อวิทยาศาสตร์ *Gerbera jamesonii* Bol. Ex Adlam วงศ์ ASTERACEAE ไม้ดอกอายุหลายปีที่มีลักษณะเป็นกอ มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเจริญขึ้นมาจากตาใต้ดิน ก้านใบและใบมีขนละเอียดปกคลุม ขอบใบเว้าเป็นแฉก ดอกเกิดจากตาข้างของลำต้นใต้ดินใกล้ยอด ก้านดอกกลมยาว ออกดอกเดี่ยวจาก โคนกอ ขนาดดอก 6-8 ซม. มีสีต่างๆมากมาย เช่น ขาว เหลือง ส้ม ชมพู แดง เป็นต้น นิยมปลูกเป็นไม้ประดับหรือไม้ตัดดอก ออกดอกตลอดทั้งปี ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดและการแยกกอ (เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. 2550)

เยอบีร่าต้องการวัสดุปลูกและธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับพืชชนิดอื่นๆ โดยการเลือกวัสดุปลูกนั้นควรคำนึงถึงอัตราส่วนของน้ำและอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก ซึ่งจะอยู่ในอัตราส่วนประมาณ 50 : 50 ไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนานๆหรือสลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืชเจริญอยู่ มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและกับภาชนะที่ใช้บรรจุ เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (C.E.C.) ต่ำหรือไม่มีเลย เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุปลูกสำหรับการขยายพันธุ์จึงมีความสำคัญและควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆเพื่อนำมาพิจารณาร่วมกันและหาข้อสรุปในการเลือกใช้ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550) ส่วนธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชไร้ดินนั้นจะดูได้จาก ค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารเป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายมีหน่วยเป็น mS/cm ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือ มีธาตุต่างๆละลายอยู่มาก ค่า EC ที่ใช้ในการปลูกพืชไร้ดินจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และชนิดพืชที่ปลูก (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550) เยอบีร่านอกจากต้องการธาตุอาหารหลักแล้วก็ยังต้องการธาตุอาหารรองในปริมาณที่ค่อนข้างสูงด้วย โดยเฉพาะธาตุเหล็ก ซึ่งจะพบได้บ่อยเมื่อธาตุอาหารไม่มีความสมดุล (Fisher *et al.* 2003) คือเมื่อ pH เป็นด่างจะทำให้เหล็กละลายได้ช้าลงทำให้ดูดซึมได้น้อย (Miller. 1984 and Mengel. 1994) รูปที่พืชใช้คือ Fe^{2+} และ Fe^{3+} (สารละลายดิน, เหล็กคีเลต) สารคีเลต(chelating agent) ก็คือสารอินทรีย์เคมีซึ่งสามารถจะรวมและค้ำกันไม่ให้มีการตกตะกอนของพวกแคตไอออนบางชนิด รวมทั้งจุลธาตุอาหารที่เป็นบวกทั้ง 4 คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีด้วย จะทำให้โลหะธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคีเลตอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายที่มี pH สูงกว่า ได้รับการคุ้มครองจึงเกิดการตกตะกอนเป็นไฮดรอกไซด์ของโลหะได้ยากขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น เมื่อพืชได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ขบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชก็จะเป็นไปตามปกติ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2546) แต่ถ้าได้รับไม่เพียงพอใบของพืชก็จะหยุดการสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้เกิดอาการผิดปกติในใบ ที่เรียกว่าคลอโรซิส คือใบจะมีสีเหลืองซีดหรือขาวซีดและจะแสดงออกอย่างชัดเจนในบริเวณยอดอ่อนหรือใบอ่อน (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548) วิธีที่จะให้เยอบีร่าได้รับน้ำและธาตุอาหารพืชได้เหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ โดยการผสมปุ๋ยลงไปในระบบน้ำที่ให้กับต้นเยอบีร่า ซึ่งเป็นวิธีให้สารละลายธาตุอาหารกับพืชนั่นเอง และถ้าจะให้สารละลายธาตุอาหารพืชเกิดประโยชน์อย่างเต็มที่และประหยัด ควรให้น้ำแบบหยด ซึ่งจะควบคุมการปิด-เปิด ของปั้มน้ำด้วยเครื่องตั้งเวลา ทำให้พืชได้รับน้ำและธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสม จึงไม่เป็นการสิ้นเปลือง ทำให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่สูงและมีคุณภาพที่ดี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดของเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการทดลองเพื่อหาชนิดของวัสดุปลูก ชนิดของเหล็กคีเลต และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) ภายในโรงเรือน Evaporative cooling ที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้ทราบถึงชนิดของวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเยอบีร่ากระถาง

1.4.2 เพื่อให้ทราบว่าเหล็กคีเลตชนิดใดและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ระดับใดให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของเยอบีร่าสูงที่สุด เพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำแก่ผู้ที่สนใจปลูกเยอบีร่ากระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามและความหมาย

2.1.1 เยอบีร่า

เยอบีร่า เป็นไม้ดอกอายุหลายปี มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gerbera jamesonii* อยู่ในวงศ์ Compositae (asteraceae) มีชื่อสามัญว่า Gerbera, Barberton daisy และ Transval daisy (เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. 2550) ปัจจุบันมีการปลูกเยอบีร่าในโรงเรือนเพื่อใช้สำหรับเป็นไม้ตัดดอกอย่างแพร่หลายในประเทศเนเธอร์แลนด์ และยุโรปและกำลังเป็นที่นิยมในแถบ เมดิเตอร์เรเนียน (Issa et al. 2001)

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เยอบีร่า เป็นไม้พุ่ม มีลำต้นอยู่ในดิน ใบงอกจากตาใต้ดิน มีทั้งสายพันธุ์ไทย และสายพันธุ์ยุโรป ใบสีเขียวสดเป็นแฉก ขอบใบหยักเล็กน้อย ออกเป็นกอติดรวมกันปรกคลุมดิน ก้าน และใบมีขนละเอียด ใบของเยอบีร่าสายพันธุ์ยุโรปมีขนาดใหญ่กว่าสายพันธุ์ไทย ดอกเป็นทั้งชั้นเดียว และดอกซ้อน มีสีต่างๆ มากมาย เช่น สีเหลือง สีขาว สีชมพูอ่อน สีชมพูเข้ม สีส้ม สีแดง เป็นต้น ตรงกลางมีเกสรตัวเมีย มีลักษณะเป็นเส้นตรง ปลายแยกออกเป็น 2 แฉก กลีบดอกเยอบีร่าพันธุ์ยุโรปจะกว้างกว่าของไทย ดอก แตกจากตาข้างลำต้นใต้ดิน (วรรณมา เต้. 2546)

2.1.3. ดอก

ดอก ออกเป็นช่อ โดยแตกจากตาที่ส่วนของลำต้น มีหลากหลายสี ดอกประกอบด้วยดอกย่อย (floret) 2 ชนิด คือ ดอกเพศเมีย (ray florets) อยู่ชั้นนอกของฐานรองดอก และดอกสมบูรณ์เพศ (disc florets) เป็นดอกย่อยที่อยู่ถัดจาก ray florets เข้ามาคลุมพื้นที่ส่วนกลางของฐานรองดอก ก้านดอกยาวกลม มีขน (สุธานีธิ์ ยุคตะนันท์. 2540)

2.1.4 ใบ

ใบเยอบีร่า เป็นใบเดี่ยว เกิดจากตาที่ลำต้น โดยแตกออกเป็นพุ่ม ขอบใบหยักเว้าไม่เท่ากัน ไม่มีหูใบ ขอบใบมักโค้งเข้าหากกลางใบด้านท้องใบเล็กน้อย สำหรับสายพันธุ์ไทยจะมีขนาดที่เล็ก ส่วนสายพันธุ์ยุโรปมีขนาดใบที่ใหญ่กว่า (เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. 2550)

2.1.5 ก้าน

ก้านดอกเยอบีร่าสายพันธุ์ไทย (Thai strain) มีขนาดเล็กและสั้น ส่วนสายพันธุ์ยุโรป (European strain) ก้านดอกใหญ่ยาวและแข็งแรง มีอายุการปักแจกันนาน (เศรษฐมนตรี กาญจนกุล. 2550)

2.1.6 การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน (soilless culture) หมายถึง วิธีการปลูกพืชโดยให้พืชได้รับสารอาหารหรือสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางราก พืชที่ปลูกจะอยู่บนวัสดุปลูก หรือไม่มีวัสดุปลูกก็ได้ (ถวิล สุขวงษ์. 2546) เป็นเทคนิคที่มีมานานหลายปีในแถบ Mediterranean สำหรับการผลิต Floriculture (Maloupa *et al.* 1992) และเป็นเทคนิคที่เพิ่มขยายตัวอย่างกว้างขวางในช่วงไม่กี่ 10 ปีที่ผ่านมา (Jensen. 1999) โดยทั่วไปแล้วระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อปกป้องพืชจาก Soil-borne pathogens ซึ่งเป็นระบบปลูกที่เหมาะสมต่อการควบคุมโรครา (Runia. 1995)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นการปลูกพืชที่ใช้หลักการในแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ด้วยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุปลูกในการปลูก หลักการพื้นฐานในการทำให้พืชเจริญงอกงามเติบโตก็เพียงใช้น้ำที่มีการเติมธาตุอาหารต่างๆ เป็นการทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่เดิม ต้นพืชก็สามารถเจริญเติบโตได้เช่นกัน ปัจจุบันประชาชนในหลายประเทศทั่วโลกต่างได้นิยมหันมาปลูกพืชด้วยวิธีนี้กันมากขึ้น เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต (ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาหลากหลายรูปแบบ มีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน บางทีระบบเดียวกันก็เรียกชื่อต่างกัน อาทิ ระบบวัสดุปลูก บางทีเรียก substrate culture หรือ aggregate hydroponics, substrate system หรือ media culture บางทีระบบเดียวกันแต่ใช้วัสดุแตกต่างออกไปก็เรียกชื่อต่างเช่นกัน ถ้าใช้ทรายปลูกก็เรียก sand culture, ถ้าใช้กรวดปลูกก็เรียก gravel culture ถ้าใช้รอกวูลปลูกก็เรียก rock wool culture เป็นต้น (พิชัย มณีโชติ และคณะ. 2540)

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการปลูกพืชชนิดต่างๆ และที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ drip-irrigation และ subirrigation (Ebb-and-flow benches, capillary mats, trough benches and flooded floors) (Reed. 1996)

2.1.7 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ไม่ได้แตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิมหรือด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ปัจจัย

ที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมีอยู่หลายปัจจัย แต่มีปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) อุณหภูมิ อุณหภูมิควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดซึมน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการเร่งขบวนการทางเคมีต่างๆ ในพืช ขบวนการเหล่านี้ควบคุมโดยเอนไซม์ ซึ่งจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิแคบๆ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำงานลดลง มีผลให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในพืชลดลงหรือหยุดไปด้วย เมื่อถึงจุดนี้ พืชจะอยู่ในภาวะเครียดและหยุดเจริญเติบโต และอาจตายได้ในที่สุด การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นเรื่องสำคัญ สำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ลดลง ทำให้มีออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของราก เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 30 องศาเซลเซียสจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25 ppm เหลือเพียง 7.51 ppm เยอปีร่าในภูมิอากาศเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เยอปีร่าขึ้นได้ในกลางแจ้ง แต่ในภูมิอากาศหนาวเยอปีร่าจะต้องได้รับการป้องกันจากน้ำค้าง และจะปลูกกันในโรงเรือนกระจก เยอปีร่าต้องการแสงแดดและอากาศเย็น แต่ในระหว่างฤดูร้อนเยอปีร่าควรจะได้รับร่มเงา แสงแดดน้อยในระหว่างฤดูหนาวจะกระทบกระเทือนต่อการสร้างดอก อุณหภูมิกลางคืนที่ 12 องศาเซลเซียส พบว่าเป็นอุณหภูมิที่

(2) ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะทำให้พืชคายน้ำน้อยลง ส่งผลให้การลำเลียงแร่ธาตุอาหารต่างๆ จากรากไปสู่ใบลดลง และยังทำให้อุณหภูมิที่ใบสูงขึ้น นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์สูงยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคบางโรคได้ง่ายอีกด้วย

(3) แสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงานในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน แสงมีคุณสมบัติ 3 ประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความยาวคลื่น ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง คุณสมบัติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยระบบ ไฮโดรโปนิคส์ที่สุด คือความเข้มแสง ความเข้มแสงที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป จะมีผลในการลดการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง สำหรับการปลูกพืชในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตร้อน ได้รับแสงที่มีความเข้มสูง การปลูกพืชในที่โล่งจึงต้องมีการให้ร่มเงาเพื่อลดความเข้มแสง นอกจากนี้แสงยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิคือ เมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์จะมองข้ามความสัมพันธ์นี้ไม่ได้ เนื่องจากอุณหภูมิของ

เอกสารสารละลายที่ใช้ปลูกพืชมีบทบาทอย่างมากต่อกิจกรรมของราก

เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) องค์ประกอบของบรรยากาศ พืชต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ในอากาศโดยปกติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากนี้ในบริเวณที่มีพืชหนาแน่นคาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ในเวลากลางวัน เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมาก นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พืชต้องการออกซิเจนใช้ในการหายใจเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้น ส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่ถึงร้อยละ 20 แต่ในส่วนของรากที่อยู่ในสารละลายมักเกิดปัญหา เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงต้องมีการเติมออกซิเจนในสารละลายซึ่งอาจทำได้โดยใช้ปั๊มหรือเครื่องสูบลม หรืออาจใช้ระบบหมุนเวียนสารละลาย โดยปกติควรรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้อยู่ที่ 8 ppm

(5) คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารต่างๆ จากสารละลายธาตุอาหารซึ่งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ โรคจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ ซึ่งอาจใช้คลอรีน หรือโซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ก็ได้ ถ้าน้ำขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอย จะต้องกรองเอาตะกอนออก นอกจากนี้ถ้าน้ำที่ใช้มีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่เหมาะสม เช่น มีจุลธาตุบางตัวในปริมาณมากเกินไป ก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ น้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช ด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์คือ น้ำฝนหรือน้ำจากคลองชลประทาน

(6) ปฏิกริยาน้ำ (pH) pH ของน้ำมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของธาตุอาหาร กล่าวคือ ค่า pH ของสารละลายโดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.5-6.5 หรือให้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 5.8-6.2 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารทุกตัวได้ดี แต่หากค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช ในทางตรงข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ผิดปกติไป ทำให้พืชขาดธาตุอาหารดังกล่าวจนแสดงอาการ ทั้งที่ในระบบมีธาตุอาหารดังกล่าวอยู่ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553)

2.2 ระบบวัสดุปลูก (substrate หรือ substrate system)

วัสดุปลูกหรือเครื่องปลูกมีหน้าที่ให้รากเกาะยึดเพื่อให้ลำต้นตั้งตรง ไม้ออนเอนหรือลัมวัสดุปลูกยังทำหน้าที่สำหรับเก็บความชื้นและธาตุอาหารเพื่อให้รากดูดไปใช้ ขณะเดียวกันวัสดุปลูกก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศรอบ ๆ ระบบราก การพิจารณาเลือกวัสดุปลูก โดยใช้วัสดุปลูกแทนดินนั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของวัสดุปลูก (สุทธาภา เกาตระกุล. 2525)

Criley and Watanabe (1974) รายงานถึงคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุปลูก ดังต่อไปนี้คือ ความจุในการดูดซับน้ำไว้ได้ อัตราการซาดซึม น้ำ ช่องว่างอากาศ และความหนาแน่นรวม ส่วนสมบัติทางเคมีและชีวภาพที่สำคัญได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ ปราศจากสารพิษและศัตรูพืช

ระบบวัสดุปลูก เป็นการใช้วัสดุปลูกที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืชในการยึดตัวรากพืชไว้ วัสดุปลูกมีให้เลือกหลายชนิด เช่น ทราช กรวด สกอเรีย (scoria) หรือ หินภูเขาไฟ เพอร์ไลท์ (perlite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) แกลบดิน ถ่านแกลบ พีท (peat) กาบมะพร้าว และรอกวูล (rock wool) เป็นต้น การให้สารละลายของพืชในระบบนี้จะกระทำในรูปแบบต่างๆ เช่น การดูดซึม (infiltration) การจุ่ม และระบาย (soak and drain) วิธีน้ำหยด (drip irrigation) เป็นต้น นอกจากนี้ substrate culture อาจจะทำในรูปแบบของการปลูกอยู่ในถุง กระบะ หรือแปลงปลูกแบบต่างๆ ก็ได้ การปลูกโดยใช้วัสดุปลูกนี้ สามารถเลือก และปรับปรุงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ และเคมีของวัสดุปลูกให้เป็นไปตามที่ต้องการ และเหมาะสมต่อพืชที่ปลูกได้ ระบบนี้เหมาะกับการปลูกพืชผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ เป็นต้น ซึ่งระบบนี้สามารถปลูกได้ทั้งใน โรงเรือนปลูกพืช และกลางแจ้ง เพราะเป็นเทคนิคที่ง่าย ไม่มีปัญหาเรื่องการขาดออกซิเจน แต่วัสดุปลูกบางชนิดอาจมีปัญหาเรื่องการยุบ หรือ สลายตัวเร็ว (พืชย มณีโชติ และคณะ. 2540)

วัสดุปลูก และสารละลายธาตุอาหารมีความสัมพันธ์กัน โดย Yansong *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาความเป็นประโยชน์ขององค์ประกอบธาตุอาหารในสารละลายที่สกัดได้จาก Organic substrates (peat moss, charred rice husk, chicken, sawdust, turfgrass clipping และ weathered coal) พบว่า องค์ประกอบของสารละลายที่สกัดได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง Organic substrate ดังนั้น การใช้สารละลายธาตุอาหารขึ้นอยู่กับ Organic substrate ที่ใช้ เช่นเดียวกับ Guerin *et al.* (2000) ที่ศึกษาวัสดุปลูกโดยใช้ peat เป็นวัสดุปลูกพื้นฐานในการปลูก *Viburnum tinus* L. ใน การทดลองจะทำการทดลองเปรียบเทียบวัสดุปลูกต่างๆ ในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน คือที่ French oceanic (Oce) และ Spanish Mediterranean (Med) โดยที่ Oce มีวัสดุปลูกดังนี้ peat/yard compost, yard compost/raw coir และ peat/raw coir และที่ Med มีวัสดุปลูกดังนี้ peat/compost manure, forest compost/compost bark และ forest compost/cattle manure compost และทั้งสอง ภูมิอากาศ มีค่าสำหรับการทดลองควบคุม คือ peat/pine compost จากการทดลองพบว่า ที่ Oce การใช้ yard compost หรือ raw coir พืชมีขนาดใกล้เคียงกับค่าสำหรับการทดลองควบคุม ส่วนใน Med การใช้ forest compost/cattle manure มีความสูงใกล้เคียงกับค่าสำหรับการทดลองควบคุม แต่เมื่อวิเคราะห์ผล จากพารามิเตอร์ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างวัสดุปลูก ซึ่งจากการทดลองทั้งสอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กล่าวมานี้ พบว่า วัสดุปลูกมีอิทธิพล เนื่องจากวัสดุต่างชนิดกันจะมีคุณลักษณะ และสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน สารละลายธาตุอาหาร และวัสดุปลูกแต่ละชนิด มีความสัมพันธ์กันจึงทำให้วัสดุปลูกต่างชนิดกันต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกัน และแตกต่างกัน ไปในแต่ละระบบปลูก

ในระหว่างปี 1980 การปลูกพืชไร้ดินและการใช้วัสดุปลูกที่แตกต่างกันเพิ่มขึ้นอย่างมาก พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้จากวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน เพราะตัววัสดุปลูกจะมีลักษณะทางกายภาพและเคมีที่เฉพาะเจาะจง และสามารถทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร (Rijck *et al.* 1998)

2.2.1 หลักการเลือกวัสดุปลูก

ในการพิจารณาเลือกวัสดุปลูกในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จำเป็นจะต้องพิจารณาในแง่ต่างๆ ดังนี้

วัสดุปลูกที่เหมาะสมที่สุดทางทฤษฎีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- (1) เป็นวัสดุปลูกที่เมื่อนำมาใช้จะมีคุณสมบัติรักษาอัตราส่วนของน้ำ และอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก อัตราส่วนของ น้ำ : อากาศ ที่เหมาะสมจะอยู่ประมาณ = 50 : 50
- (2) เป็นวัสดุที่ต้องไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนานๆ
- (3) เป็นวัสดุที่ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ
- (4) เป็นวัสดุที่รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก
- (5) เป็นวัสดุที่ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืชเจือปนอยู่
- (6) เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี คือ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและกับภาชนะที่ใช้บรรจุ
- (7) เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (C.E.C.) ต่ำหรือไม่มีเลย เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก
- (8) เป็นวัสดุที่ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง
- (9) เป็นวัสดุที่สามารถกำจัด โรคและแมลงได้ง่าย ซึ่งทำให้สามารถนำวัสดุปลูกกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย

จากคุณสมบัติเหล่านี้ยังไม่มีวัสดุปลูกชนิดใดที่มีคุณสมบัติครบดังที่กล่าวมา จึงอาจใช้วิธีการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติที่คิดแต่ละอย่างมาผสมกัน เพื่อให้วัสดุปลูกมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึง ราคาของวัสดุปลูกที่นำมาใช้ และค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ เช่น วัสดุปลูกบางชนิดต้องการที่เก็บที่ดีเป็นพิเศษ ต้องรวมถึงค่าโรงเรือนในการเก็บรักษา ต้องพิจารณาถึงอายุการใช้งาน ค่าใช้จ่าย

ในการกำจัดโรค และแมลงเมื่อจะนำวัสดุอื่นๆ มาใช้ใหม่ เช่น วัสดุบางอย่างมีอายุการใช้งานยาวนานมาก เช่น กรวด หินภูเขาไฟ แต่บางอย่างมีอายุการใช้งานเพียง 1-2 ครั้งของการปลูกเท่านั้น ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุปลูกจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังที่กล่าวมานี้ และนำมาพิจารณาร่วมกัน และหาข้อสรุปในการเลือกใช้ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553)

2.2.2 ขุยมะพร้าว

ขุยมะพร้าว เป็นชื่อที่ใช้เรียกทั่วไป ซึ่งหมายถึงเส้นใยมะพร้าวที่มีองค์ประกอบอื่นผสมอยู่ด้วย ได้แก่ กาบมะพร้าวสับ และขุยมะพร้าวสด มีคุณสมบัติในการระบายน้ำ และอากาศดี เก็บความชื้นได้ดี ค่า pH 7-7.5 มีความพรุนรวม 83.2% ความจุน้ำโดยปริมาตรที่ 0.33 และ 15 บาร์ เท่ากับ 56.3% และ 36.6% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูง และมีปริมาณน้ำเป็นประโยชน์ต่อพืชมาก ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นวัสดุปลูก แต่ต้องระวังปริมาณน้ำที่อาจมากเกินไปจนทำให้รากพืชขาดอากาศได้ ในการจำหน่ายมักจะอัดเป็นแท่งหรือก้อน เพื่อสะดวกต่อการใช้งานและขนย้าย (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และคณะ. 2541)

Verhagen (1997) ได้รายงานไว้ว่า ขุยมะพร้าวนั้น เป็นวัสดุปลูกอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ และควรนำมาใช้กับการผลิตไม้กระถางมาก โดยช่วยประหยัดต้นทุน เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกอื่นๆ อีกหลายชนิด และทำให้การเจริญเติบโตของไม้กระถางเป็นที่น่าพึงพอใจ มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูง พิมล เกษสยาม (2531) รายงานว่า แกลบและขุยมะพร้าวมีค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 7.47, 0.89 และ 7.17, 1.36 mS/cm

2.2.3 พีท (Peat)

การใช้พีทในการจัดสวน หรือใช้ในการผลิตนั้น มีมาตั้งแต่ก่อนศตวรรษที่ 18 (Perfect. 1759 and Wooldridge. 1719) และในศตวรรษที่ 19 จึงเริ่มมีการศึกษาเรื่องพีทอย่างละเอียด และ Robinson and Lamb. 1975 ได้นำเสนอเรื่องการใช้พีทในการปลูกพืชสวน ไม้ดอกไม้ประดับ พีทเป็นซากพืชจำพวกตะไคร้มอส และพืชอื่นๆ ที่ยังไม่แข็งตัว สะสมอยู่ในกลุ่มชั้นจึงมีความชื้นสูง เนื่องจากเซลล์โลสของซากพืชถูกแบคทีเรีย และราแปรสภาพเป็นอินทรีย์วัตถุ แต่ยังไม่ปรากฏลักษณะซากพืชต่างๆ ให้เห็นอยู่ภายในเนื้อ โดยมีคาร์บอนและออกซิเจนประมาณ 60 และ 30 % ตามลำดับ แสฟกนัม พีทมอส (*Sphagnum peat moss*) เป็นที่นิยม คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของพีท คือ มี pH 2.5-7 สามารถอุ้มน้ำได้ 4-15 เท่าของน้ำหนัก มีความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 162-333 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีความพรุน 85-95 % (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553)

Caballero *et al.* (2009) รายงานว่าเขปเปีร่าที่ปลูกใน Peat ให้ค่าคลอโรฟิลล์ ที่สูงกว่าวัสดุปลูก Cork, olive husk : cotton gin+rice hulls : peat; (1:1:1), *Sphagnum peat* : spent mushroom;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

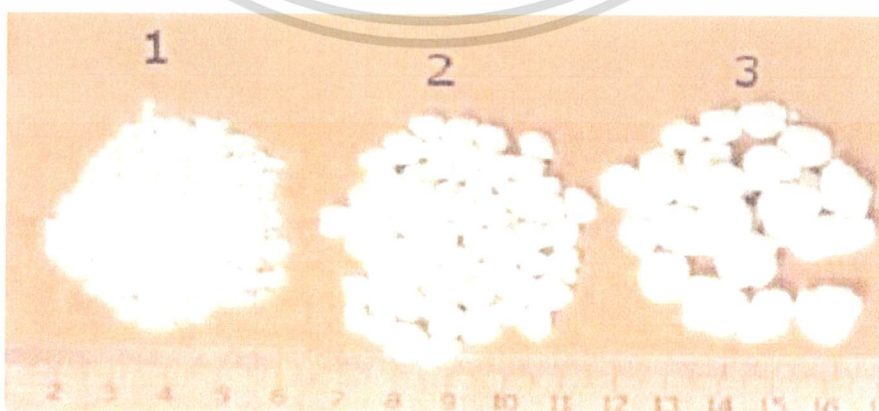
(1:1) และ *Sphagnum peat* + CaCO_3 ยกเว้น Coconut fiber และยังให้จำนวนดอกต่อนต้นสูงกว่าวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ ยกเว้น *Sphagnum peat* : spent mushroom; (1:1)

2.2.4 M-tec

M-Tec หรือ ไบโอบีแอ็คชั่น (Bio Action) คือ วัสดุปลูกปลอดเชื้อนวัตกรรมการเพาะปลูกจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สวทช. ร่วมกับบริษัทสิ่งแวดล้อมและพลังงานเทคโนโลยี จำกัด M-Tec เป็นวัสดุปลูกปลอดเชื้อที่ผลิตจากเถ้าแกลบ 100% ผ่านกระบวนการทางความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 °C จึงปลอดเชื้อ M-tec ดูดซับน้ำได้ 40-70% เก็บความชื้นได้นาน ไม่ต้องรดน้ำบ่อย ขนาดเม็ดมีตั้งแต่ 2 มม. ขึ้นไปสามารถเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชได้ รูปทรงของ M-Tec สามารถดูดซับ และคายสารอาหารจากปุ๋ยเม็ดที่ละลายมากับน้ำได้ดี ลดการสูญเสียปุ๋ยไปกับน้ำที่รดให้ต้นไม้ ทำให้ประหยัดน้ำและปุ๋ย ลงได้มาก

คุณสมบัติโดยทั่วไปของ M-Tec

- (1) มีความแข็งแรง ไม่ยุบตัวตลอดอายุการใช้งาน
- (2) ขนาดเม็ด 3 ช่วง คือ ขนาดเล็ก 1-5 มม. ขนาดกลาง 6-10 มม. และ ขนาดใหญ่ มากกว่า 10 มม. (ภาพที่ 2.1)
- (3) ไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง
- (4) ดูดซับน้ำได้ ไม่ต่ำกว่า 40%
- (5) ความหนาแน่น 0.6-0.8 กก.ต่อลิตร
- (6) มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (CEC <0.4 mS/cm)
- (7) อายุการใช้งานยาวนาน และสามารถนำกลับมาใช้ได้หลายครั้ง (รุ่งรัตน์ ประภาศิริกุล, 2553)



ภาพที่ 2.1 แสดงขนาดเม็ด M-Tec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ธาตุอาหารพืช

ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์นั้น ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชคือน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ผู้ปลูกจัดหาให้แก่พืชโดยตรงโดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิดได้ โดยทั่วไปธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ

(1) ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ (macronutrient elements) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพืชมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

(2) ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient element) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะต้องระมัดระวังการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดมีระยะค่อนข้างแคบ นอกจากนั้นการประเมินอาการขาดทำได้ค่อนข้างยากอีกด้วย การแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุทำได้ง่ายกว่าการแก้ปัญหาคือความเป็นพิษ เมื่อเกิดอาการเป็นพิษขึ้นมักจะต้องปลูกใหม่ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารกลุ่มนี้ขึ้นกับค่า pH ของสารละลายและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH ของสารละลายและความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดีนัม (Mo) และคลอรีน (Cl) (ยงยุทธ โอสดสกา. 2546)

การให้ NPK มีผลกระทบอย่างมากในการเพิ่มจำนวนใบ การแตกกอและการผลิตดอก ขนาดใหญ่ของเขობีร่าที่ได้จำนวนมาก อาการขาด N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu, Zn, และ Mn เกิดจากอาการที่เมื่อธาตุมากเกินไปของ B, Zn, Cu, และ Mn แต่ถ้า N มากเกินไปจะลดผลผลิตและลดอายุการใช้งานของดอก (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538)

2.3.1 สารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหาร เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารแก่พืช สารละลายธาตุอาหารที่มีชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จะไม่เป็นพิษต่อพืช การที่มีสัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจุกเดียวกันในพืช เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังต้องควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (ศิริเรก ทองอร่าม. 2547 และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553)

2.3.2 คีเลต

คีเลต (chelate) เป็นคำที่ได้มาจากภาษากรีกซึ่งมีความหมายว่า “กรงเล็บ” (claw) ดังนั้นถ้าพิจารณาจากรากศัพท์จะเห็นได้ว่าสารคีเลตชนิดต่างๆ น่าจะเป็นสารที่มีแนว โนม์ที่จะยึดแคตไอออนบางอย่างซึ่งโอกาสอยู่ด้วยกันอย่างเหนียวแน่น และไม่ยอมให้พวกแคตไอออนเหล่านั้นไปทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ซึ่งมักทำให้พวกแคตไอออนเหล่านั้นตกตะกอน เช่น การทำปฏิกิริยาของธาตุอาหารที่เป็นบวกกับไฮดรอกซิล หรือฟอสเฟตไอออน กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ พวกจุลธาตุอาหารที่เป็นบวก ซึ่งมักจะตกตะกอนได้ง่ายเมื่อ pH สูงขึ้น และเมื่อมีฟอสเฟต หรือ ซัลไฟด์มากขึ้น แต่จะไม่ตกตะกอนเมื่อไปรวมตัวเป็น โลหะคีเลตที่เหมาะสมบางตัว ภายใต้สภาวะเดียวกันกับที่กล่าวไว้แล้ว ดังนั้น ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารเมื่อเกิดขบวนการคีเลชัน (chelation) จึงมากขึ้นตามไปด้วย

จึงพอจะกล่าวได้ว่า สารคีเลต (chelation agent) ก็คือสารอินทรีย์เคมี ซึ่งสามารถจะรวมและค้ำกันไม่ให้มีการตกตะกอนของพวกแคตไอออนบางชนิด รวมทั้งพวกจุลธาตุอาหารที่เป็นบวกทั้งสิ้น คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ปฏิกิริยาการรวมนี้เรียกว่า chelation และผลที่ได้จากปฏิกิริยา คือ คีเลต (chelate) โดยสารคีเลตจะห้อมล้อมแคตไอออนของธาตุที่เป็นโลหะ (metallic cation) เข้าไว้ จนไม่เปิดโอกาสให้อนุภาคอื่นๆ ยึดมือ (bond) เข้าไปเกาะกับโลหะธาตุที่เป็นประจุบวกนั้นได้ และทำให้โลหะธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคีเลตอยู่ในสารละลายที่มี pH สูงกว่า เมื่อโลหะธาตุเหล่านั้น เป็นแคตไอออนอยู่ในสภาพของสารละลายธรรมดา กล่าวง่าย ๆ ก็คือ โลหะธาตุในโครงสร้างคีเลตได้รับการคุ้มครองจึงเกิดการตกตะกอนเป็นไฮดรอกไซด์ของโลหะได้ยากขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น

สารคีเลตมี 2 ประเภท ดังนี้

(1) สารสังเคราะห์ ได้แก่ EDTA, DTPA, HEDTA, NTA และ EDDHA ซึ่งเป็นคำย่อที่มาจากอักษรตัวแรกของชื่อสารประกอบ ดังนี้

EDTA ย่อมาจาก ethylenediamine tetraacetic acid

CDTA ย่อมาจาก cyclohexanediamine tetraacetic acid

DTPA ย่อมาจาก diethylenetriamine tetraacetic acid

EDDHA ย่อมาจาก ethylenediamine di (o) hydroxyphenylacetic acid

HEDTA ย่อมาจาก hydroxyethylene diaminetetraacetic acid

(2) อินทรีย์สารจากธรรมชาติ เช่น กรดอะมิโน กรดฮิวมิค สารประกอบเชิงซ้อนบางชนิด

และกรดฟีนอลิก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คีเลตแต่ละชนิดมีเสถียรภาพต่างกันเมื่ออยู่ในค่า pH ที่แตกต่างกัน Lindsay et al. 1967 กล่าวว่า Fe-EDTA และ Fe-DTPA จะมีเสถียรภาพจนถึง pH 6.5 และ 7.5 ตามลำดับ และ Fe-EDDHA สามารถมีเสถียรภาพใน pH ที่สูงกว่า 7.5 โดยเสถียรภาพของคีเลตในสารละลายธาตุอาหารยังขึ้นอยู่กับชนิด และความเข้มข้นของไอออนอื่นในสารละลายด้วย (ยงยุทธ โอสภสกา. 2547)

2.3.3 ธาตุเหล็ก

เหล็กในพืชส่วนมากอยู่ภายในคลอโรพลาสต์ผลการวิเคราะห์ใบชุกคาร์บิเดที่กำลังเจริญเติบโตรวดเร็วพบว่า หากแบ่งเหล็กทั้งหมดในใบออกเป็น 5 ส่วน มี 3 ส่วนอยู่ในเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid) หนึ่งส่วนอยู่ในสโตรมา (stroma) ของคลอโรพลาสต์ อีกหนึ่งส่วนอยู่นอกคลอโรพลาสต์ เมื่อหยุดให้ธาตุเหล็กแก่พืชนี้ปริมาณเหล็กในใบจะลดลงอย่างมาก โดยส่วนที่อยู่ในสโตรมาลดลงเกือบหมด สำหรับในเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ และนอกคลอโรพลาสต์ลดลงร้อยละ 51 และ 62 ของที่เคยมีตามลำดับ เหล็กในสโตรมาซึ่งลดลงนี้ คือ ส่วนที่มาจากไฟโตรเฟอริทิน (phytoferritin) อันเป็นเหล็กสำรองอยู่ในรูปสารประกอบเหล็ก-ฟอสโฟโปรตีน (Fe-phosphoprotein) ประมาณว่า 10-30% ของเหล็กในใบพืชอยู่ในไฟโตรเฟอริทิน ปริมาณและสัดส่วนของเหล็กในรูปนี้เป็นดัชนีอาจบ่งชี้ถึง 1) ความเพียงพอของเหล็กในพืชที่จะใช้ในเมแทบอลิซึม และ 2) ระดับความเป็นประโยชน์ของเหล็กในเครื่องปลูกสำหรับการใช้เหล็กที่ดูมาได้เพื่อพัฒนาใบนั้น ใบที่กำลังเจริญจะใช้ธาตุนี้เพื่อสร้างเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์มากและเก็บไว้ในสโตรมาน้อย (ยงยุทธ โอสภสกา. 2546)

เขอบีร่าต้องการธาตุอาหารพืชเช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น นอกจากต้องการธาตุอาหารหลักแล้ว ก็ยังต้องการธาตุอาหารรองในปริมาณที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะธาตุเหล็ก ซึ่งจะพบได้บ่อยเมื่อธาตุอาหารไม่มีความสมดุล (Fisher et al. 2003) ผลของ pH ที่เป็นด่างจะทำให้เหล็กละลายได้ช้าลง ทำให้ดูดซึมได้น้อย (Miller. 1984 and Mengel. 1994)

Lucena et al. (1990) ทำการทดลองปลูกสตอเบอร์รี่ในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ให้เหล็กคีเลตต่างกัน คือ Fe-EDDHA, Fe-EDTA และ Fe-polyflavonoid พบว่า Fe-EDDHA ให้ผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบ สูงที่สุด รองลงมาคือ Fe-EDTA ในระบบไฮโดรโปนิกส์นั้น ส่วนใหญ่จะใช้เหล็กคีเลต อธิบายโดย Halvorson and Lindsay. (1972) ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชในสารละลาย ซึ่งในช่วง pH 6.8-8.0 และเหล็กสามารถถูกย้ายออกจากคีเลต EDTA ได้โดยแคลเซียมไอออน จึงทำให้เหล็กมีประสิทธิภาพลดลง

2.4 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) ในสารละลายธาตุอาหารพืช

ในการเตรียมสารละลายพืชสำหรับการปลูกพืชต่างๆ นั้น นอกจากชนิด และปริมาณของธาตุอาหารพืชแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการ คือ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารนี้ สามารถดูได้จากค่าการนำไฟฟ้า (EC) เนื่องจากค่า EC คือ ค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นค่าวัดโดยรวม ไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านี้มีหน่วยเป็น มิลลิโมต่อเซนติเมตร (mmho/cm) หรือ มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ค่าการนำไฟฟ้าสำหรับพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 1.5-3.0 mS/cm ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูง หรือต่ำกว่าในช่วงนี้ จะส่งผลกระทบต่อพืช ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการเจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นน้อยลงเมื่อค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไป และถ้าค่าการนำไฟฟ้าต่ำเกินไป สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553)

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโต ความแข็งแรงและชนิดของต้นพืช เช่น ในต้นมะเขือเทศค่าการนำไฟฟ้าที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นพืช แต่จะเหมาะสมกับพืชที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิต (reproductive growth) ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำ จะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผล (vegetative growth) เมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าให้สูงขึ้น จะมีผลทำให้พืชมีความแข็งแรงมากขึ้น มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น เพิ่มน้ำหนักใบ ผล และดอก ทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลที่สูงขึ้น ปริมาณธาตุอาหาร และกรดในผลเพิ่มขึ้น อายุการเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตาม การควบคุมให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงจะยุ่งยาก และหากค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไปจะทำให้ผลเสีย เช่น ในผักสลัด อาจเกิดอาการยอดไหม้ (tip burn) (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553) ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำนั้น (<1.0 mS/cm) จะทำให้คุณภาพของผลผลิตที่ได้อ่อนนุ่ม ซึ่งจะดีในการปลูกผักสลัด แต่ในมะเขือเทศ และพืชผักชนิดอื่นที่เก็บผลสด พบว่าคุณภาพของผลจะไม่ดี เนื่องจากผลนุ่มเกินไป และรสชาติไม่ดี นอกจากนี้อายุหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งผัก ไม้ดอก และไม้ประดับจะสั้นลง

2.5 การให้น้ำแบบหยด

การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation) คือ การให้น้ำแก่พืชที่บริเวณตำแหน่งของเขตรากพืช โดยให้หยดซึมลงในดินอย่างช้าๆ ในอัตราต่ำ ชั่วโมงละไม่กี่ลิตร รวมทั้งการให้ปุ๋ยไปกับน้ำด้วย การให้น้ำแก่พืชวิธีนี้เป็นวิธีใหม่วิวัฒนาการมาจากการให้น้ำทางผิวดิน เริ่มมีการใช้งานทางตอนใต้ของประเทศอิสราเอล ในช่วงทศวรรษที่ 1960 โดยเริ่มใช้กับการปลูกผักและแตงในดินทราย อุดมภูมิสูง และน้ำที่ใช้มีความเค็มปรากฏว่าใช้ได้ผลจึงเริ่มแพร่หลายไปประเทศต่างๆ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำเอกสารไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันได้แพร่หลายไปทั่วโลก หัวใจสำคัญของการให้น้ำวิธีนี้คือ เป็นการปรับปรุงผลผลิต เพิ่มผลผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้น้ำให้สูงขึ้น

คุณลักษณะที่สำคัญของการให้น้ำแบบหยด

- (1) ให้น้ำแก่พืชอัตราต่ำ ไม่เกิน 20 ลิตร/ชั่วโมง/หัว
- (2) ให้น้ำเป็นเวลานานติดต่อกัน ครั้งละนานกว่า 4 ชั่วโมง
- (3) ให้น้ำถี่ บ่อยครั้ง ไม่เกิน 3 วัน/ครั้ง
- (4) ให้น้ำที่เขตรากพืชโดยตรง
- (5) ให้น้ำด้วยแรงดันต่ำ ที่หัวน้ำหยดแรงดันไม่เกิน 1-2 บาร์

ข้อดีของการให้น้ำแบบหยด

1.เพิ่มผลผลิตพืช การใช้วิธีการให้น้ำแบบหยดจะเพิ่มผลผลิตของไม้ผล พืชผัก การปลูกแตงโม โดยให้น้ำแบบหยด ใช้น้ำ 167 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ได้ผลผลิต 3,801 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าใช้น้ำรดน้ำโดยใช้น้ำเท่ากัน

2.ปลูกพืชในดินเค็มได้ สามารถใช้วิธีให้น้ำแบบหยด ในการปลูกบวบเหลี่ยม ถั่วฝักยาว แตงกวา แตงไทย กะหล่ำปลี ในดินเค็มชายทะเลได้ผลผลิตใกล้เคียงกับดินธรรมดา

3.สามารถใช้น้ำกร่อยที่มีเกลือไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในการปลูกพืชด้วยวิธีการให้น้ำแบบหยด

4.ใช้กับดินที่มีคุณภาพต่ำ ดินเลว โดยเฉพาะดินทราย

5. สามารถควบคุมการให้น้ำได้ดี ใกล้เคียงกับความต้องการของพืช

6.แรงดันต่ำ 1-2 บาร์ ทำให้สามารถนำท่อบาง ราคาถูกมาใช้ได้

7.ประหยัดน้ำและแรงงาน มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงถึงร้อยละ 80-95

8.อัตราการไหลหยดของน้ำน้อยกว่าอัตราการซึมน้ำ จึงลดปัญหาการไหลบ่าของน้ำ

9. ไม่เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินการด้านอื่นภายในพื้นที่เพาะปลูก เช่น การตัดกิ่ง การใส่ปุ๋ย ซึ่งสามารถทำได้ในขณะที่ทำการให้น้ำได้

10. ใช้ปุ๋ยและยากำจัดพืชบางชนิดร่วมกับวิธีการให้น้ำแบบหยดได้

11. ให้แร่ธาตุแก่พืชได้ตามความต้องการ

12. ควบคุมโรคและแมลงได้ดี เพราะใบพืชไม่เปียก และควบคุมวัชพืชได้ดี

13. ไม่ทำให้หน้าดินแน่นเป็นแผ่น และไม่มีปัญหาจากอัตราความเร็วของลม

ข้อเสียของการให้น้ำแบบหยด

1. หัวปล่อยน้ำอุดตันง่าย เนื่องจากการตกตะกอนของสิ่งมีชีวิต(เช่น ตะไคร่น้ำ) สารเคมี(เช่น เมื่อกสนิม เหล็ก แคลเซียม)

2. ไม่สามารถฉีดล้างตะกอนที่อุดตันได้ ต้องใช้กรดเกลือฉีดเข้าไปกัดกร่อนตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการเกษตร หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง ขอแจ้งขอสงวนสิทธิ์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อาจจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืชได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ฝนตกน้อย
4. ระบบท่อที่วางบนดินอาจได้รับความเสียหายจากสัตว์ฟันแทะ หรือการปฏิบัติงาน
5. เกิดความเสียหายที่เกิดจากการสะสมของเกลือที่บริเวณเขตรากพืช ในฤดูฝน
6. ต้องมีระบบกรองน้ำที่ดี เพราะการอุดตันจะเกิดได้ง่ายกว่าวิธีการให้น้ำแบบอื่นๆ
7. การบำรุงรักษาและการลงทุนในครั้งแรกสูงมาก
8. ไม่เหมาะจะใช้กับพืชที่หว่านด้วยเมล็ด จะทำให้การงอกไม่ดี
9. กรณีสภาพแวดล้อมเปลี่ยน เช่น อากาศร้อนจัด หรือมีหิมะ ถ้าให้น้ำระบบพ่นฝอย จะช่วยปรับสภาพให้เย็นลง ช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้น้ำในท่อไม่แข็ง แต่ระบบน้ำหยดไม่สามารถช่วยได้ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553)

การปลูกพืชในระบบน้ำหยดน้ำจะแพร่กระจายเป็นจำนวนมาก เกลือในสารละลายนั้นก็จะไม่ถูกย้ายออกไปจากตัวของวัสดุปลูกกับน้ำที่ระบายออกและจะมีการสะสมอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร (Incrocci *et al.* 2006) ในไม่กี่ปีที่ผ่านมาการให้น้ำแบบ subirrigation แบบหมุนเวียนในโรงเรือนกลายมาเป็นระบบที่เพิ่มมากขึ้น การหมุนเวียนการให้น้ำแบบ subirrigation เป็นการเพาะปลูกพืชที่ต้องการธาตุอาหารต่ำ เป็นการส่งธาตุอาหารอย่างมีรูปแบบ เพื่อหลีกเลี่ยงการเปียกของใบ (ป้องกันโรค) สามารถปรับขนาดกระถาง พื้นที่วาง และลดการปลดปล่อยธาตุอาหารไปยังสิ่งแวดล้อมรอบข้าง นี่คือนโยบายที่จะนำไปสู่การประหยัดถึงวัสดุที่จะใช้และลดต้นทุนการผลิต (Blom. 1991; Biernbaum and Versluys. 1998; Uva *et al.* 1998; Purvis *et al.* 2000)

Rouphael *et al.* 2008 ศึกษาการให้น้ำและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการผลิตเขตร้าเนียมกระถางภายใต้สถานะของแสงและอุณหภูมิที่หลากหลาย พบว่า ระบบการให้น้ำและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารมีอิทธิพลร่วมกันในระหว่างฤดูใบไม้ผลิ ค่า EC ของ subirrigation เพิ่มขึ้นมากกว่า drip-irrigation ค่า EC ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเพาะปลูกของทุกตัวรับการทดลอง ถูกอธิบายโดย Van Iersel. 1999 ถึงการสะสมของเกลือในวัสดุปลูกขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ในสารละลายในระบบการให้น้ำ และการระเหยไปกับสิ่งแวดล้อม (Kang and Van Iersel. 2001)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า

3.1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) 4 ดำรับการทดลอง ดำรับการทดลองละ 13 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้นต่อกระถาง คือ ทดลองปลูกเยอบีร่าสีขาวในวัสดุปลูก 4 ชนิด ได้แก่

- ขุยมะพร้าว
- กาบมะพร้าวสับ
- พีทมอส
- ขุยมะพร้าว+M-tec 1:1 (v/v)

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2.1 พืชทดลอง

- (1) เยอบีร่า (*gerbera jamesonii*) Royal F1 white 51 สีขาว

3.1.2.2 อุปกรณ์

- (1) เมล็ดพันธุ์ *Gerbera jamesonii* Royal F1 จากบริษัท Global-flower ประเทศเดนมาร์ก
- (2) ถาดพลาสติกสำหรับเพาะเมล็ด
- (3) ถาดเพาะกล้าพลาสติกสีดำ
- (4) กระถางพลาสติกสีขาว ขนาด 6 นิ้ว จำนวน 52 กระถาง
- (5) ขุยมะพร้าว
- (6) กาบมะพร้าวสับ
- (7) พีทมอส (peat moss)
- (8) M-tec
- (9) สารละลายสูตร *Gerbera Netherlands* (ภาคผนวก ตารางที่ ก.1)
- (10) อุปกรณ์ระบบน้ำหยด
- (11) ปัมป์หือ Sonic รุ่น AP2500 อัตราไหล 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง
- (12) Chlorophyll meter (SPAD) รุ่น Minolta SPAD 502

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ (13) *Venire caliper digital* เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (14) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- (15) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity Meter : EC meter)
- (16) ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร สำหรับใส่สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น 2 ถัง
- (17) ถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร สำหรับใส่สารละลายธาตุอาหาร 1 ถัง

3.1.3 วิธีการเตรียมการทดลอง

ทำการทดลองภายในโรงเรือน Evaporative cooling ขนาด 9x30 เมตร โดยทำการต่อโต๊ะที่มีขนาดกว้าง 120 ยาว 345 สูง 95 เซนติเมตร เพื่อใช้สำหรับวางกระถางเขอบีร่า หลังจากนั้นทำการติดตั้งระบบน้ำหยดเพื่อให้สารละลายไปสู่รากพืชโดยปั๊มสารละลายจะถูกกำหนดเวลาการให้ด้วยเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ

3.1.4 วิธีการทดลอง

- (1) นำเมล็ดเขอบีร่ามาเพาะลงในถาดพลาสติกที่ด้านล่างมีกระดาษทิชชูรองอยู่ สเปรย์น้ำให้ชื้นพอประมาณ แล้วปิดฝาถาด (ภาพที่ 3.1) เป็นเวลา 5 วัน ในระหว่าง 5 วัน ควรสเปรย์น้ำทุกเช้า เพื่อไม่ให้กระดาษทิชชูที่อยู่ด้านล่างแห้งจนเกินไป
- (2) นำกล้าเขอบีร่าอายุ 5 วัน ย้ายลงสู่ถาดเพาะ โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก (ภาพที่ 3.2)
- (3) เมื่อเขอบีร่ามีอายุได้ 6 สัปดาห์ (ภาพที่ 3.3) เลือกต้นที่สมบูรณ์และมีขนาดใกล้เคียงกัน ย้ายลงปลูกในกระถางพลาสติกสีขาว ขนาด 6 นิ้ว สุ่มวัสดุปลูกทั้ง 4 ชนิด คือ ขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec (1:1) ให้แก่ต้นเขอบีร่า
- (4) ปลูกต้นเขอบีร่า 13 ต้นต่อวัสดุปลูกหนึ่งชนิด รวมทั้งหมด 52 ต้น
- (5) สุ่มวางกระถางที่มีต้นเขอบีร่าบนโต๊ะที่ได้จัดเตรียมไว้โดยแบ่งออกเป็น 4 แถว แถวละ 13 ต้น (ภาพที่ 3.4)
- (6) เตรียมผสมสารละลายธาตุอาหารสูตร Gerbera Netherlands (C.Sonneveld *et al.* 1992) ในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร ควบคุมความเข้มข้นที่ระดับ EC 1.7 mS/cm และ pH 5.5-6.0
- (7) ให้สารละลายธาตุอาหารด้วยระบบน้ำหยด ควบคุมการให้สารละลายโดยอัตโนมัติจากเครื่องตั้งเวลา คือตั้งเวลาการให้สารละลายทุกๆ 3 ชั่วโมง ในเวลากลางวันและทุกๆ 6 ชั่วโมง ในเวลากลางคืน นานครั้งละ 1.30 นาที



ภาพที่ 3.1 เพาะเมล็ดเขยปีร้า



ภาพที่ 3.2 ย้ายกล้าเขยปีร่าลงสู่ถาดเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 กล้าเหอบีร่าอายุ 40 วัน



ภาพที่ 3.4 สุ่มวางเหอบีร่าแต่ละดำรับการทดลอง

3.1.5 การเก็บข้อมูล

บันทึกผลการทดลอง โดยทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต

- (1) จำนวนดอก
- (2) เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (มิลลิเมตร)
- (3) เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก (มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ความยาวก้านดอก (เซนติเมตร)

(5) ค่าความเขียวของใบ วัดจากใบอ่อนที่ห้า (Caballero *et al.* 2009) โดย Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter เมื่อเยอบีร่าเริ่มให้ดอก

(6) วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเยอบีร่า 3 ครั้งคือ เมื่อเยอบีร่าอายุ 30, 37 และ 44 วัน หลังจากการย้ายปลูก

(7) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเยอบีร่า เริ่มทำการบันทึกเช่นเดียวกับค่า EC

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโต (จำนวนดอก, เส้นผ่านศูนย์กลางดอก, เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก, ความยาวก้านดอก, ค่าความเขียวของใบ (SPAD)) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่ไหลออกจากกระถาง มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.2 ผลของชนิดเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่ากระถาง (*Gerbera jamesonii*) ที่ปลูกในขุยมะพร้าว

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design 9 ตำรับ การทดลอง 8 ซ้ำ โดยมีปัจจัยดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของเหล็กคีเลต ประกอบด้วย

$$a_1 = \text{Fe-EDTA}$$

$$a_2 = \text{Fe-DTPA}$$

$$a_3 = \text{Fe-EDDHA}$$

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร Gerbera Netherlands (โดยดูจากค่าการนำไฟฟ้า (EC) หน่วย mS/cm) ประกอบด้วย

$$b_1 = \text{EC } 1.2 \text{ mS/cm}$$

$$b_2 = \text{EC } 2.0 \text{ mS/cm}$$

$$b_3 = \text{EC } 2.8 \text{ mS/cm}$$

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.2.1 พืชทดลอง

- (1) เยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) Royal F1 สีชมพู

3.2.2.2 อุปกรณ์

- (1) เมล็ดพันธุ์ *Gerbera jamesonii* Royal F1 จากบริษัท Global-flower ประเทศเดนมาร์ก

- (2) กล่องพลาสติกสำหรับเพาะเมล็ด
- (3) ถาดเพาะกล้าพลาสติกสีดำ
- (4) พีทมอส (peat moss)
- (5) ขุยมะพร้าว
- (6) ภาชนะพลาสติกสีดำขนาด 6 นิ้ว จำนวน 72 ภาชนะ
- (7) อุปกรณ์ระบบน้ำหยด
- (8) สารละลายธาตุอาหารสูตร Gerbera Netherlands (ภาคผนวก ตารางที่ ก.1)
- (9) ถังสารละลายเข้มข้นขนาด 20 ลิตร จำนวน 4 ใบ
- (10) ถังสารละลายขนาด 20 ลิตร จำนวน 9 ใบ
- (11) ป้อน้ำ Sonic รุ่น AP2500 อัตราไหล 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง จำนวน 9 ป้อน้ำ
- (12) Chlorophyll meter (SPAD) รุ่น Minolta SPAD 502
- (13) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- (14) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity Meter : EC meter)
- (15) Venire caliper digital
- (16) ไม้บรรทัด

3.2.3 วิธีการทดลอง

(1) นำเมล็ดเยอบีร่ามาเพาะลงในกล่องพลาสติกที่ด้านล่างมีกระดาษทิชชูรองอยู่ สเปรย์น้ำให้ชื้นพอประมาณ แล้วปิดฝากล่อง เป็นเวลา 5 วัน ในระหว่าง 5 วัน ควรสเปรย์น้ำทุกเช้า เพื่อไม่ให้กระดาษทิชชูที่อยู่ด้านล่างแห้งจนเกินไป

(2) นำกล้าเยอบีร่าอายุ 5 วัน ย้ายลงสู่ถาดเพาะ โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก

(3) เมื่อเยอบีร่ามีอายุได้ 6 สัปดาห์ เลือกต้นที่สมบูรณ์และมีขนาดใกล้เคียงกัน ย้ายลงปลูกในภาชนะพลาสติกสีดำ ขนาด 6 นิ้ว ภาชนะละ 1 ต้น โดยใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก

(4) เตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตร Gerbera Netherlands (C.Sonneveld *et al.* 1992) ที่มีความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร ถึง A ประกอบด้วย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ Fe-chelate ซึ่งมีทั้งหมด 3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถัง โดยในแต่ละถังจะมีเหล็กคีเลตต่างกัน 3 ชนิด คือ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA หลังจากนั้น นำสารละลายจากถัง A และ B มาผสมกันในถังที่มีน้ำอยู่ 20 ลิตร โดยปริมาตรของสารละลายทั้งสองต้องเท่ากัน จนได้ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ คือ 1.2, 2.0 และ 2.8 mS/cm และ pH 5.5-6.0 ดังนั้นจะมีถังสารละลายทั้งหมด 9 ถัง ซึ่งเป็นตัวรับการทดลองที่จะสุ่มให้แก่ต้นเขยปีร่า โดยแต่ละถังจะมีปั๊มแยกแต่ละตัวตามตัวรับการทดลอง ทำการจัดวางถังที่ปลายโต๊ะทั้งสองด้านหนึ่ง 5 ถังและอีกด้าน 4 ถัง (ภาพที่ 3.5)



ภาพที่ 3.5 ถังสารละลายธาตุอาหาร

3.2.4 การเก็บข้อมูล

บันทึกผลการทดลอง โดยทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต

- (1) จำนวนดอก
- (2) เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (มิลลิเมตร)
- (3) เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก (มิลลิเมตร)
- (4) ความยาวก้านดอก (เซนติเมตร)

(5) ค่าความเขียวของใบ วัดจากใบอ่อนที่ห้า (Caballero *et al.* 2009) โดย Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter เมื่อเขยปีร่าเริ่มให้ดอก

(6) ให้คะแนนความพึงพอใจในเดือนสุดท้ายของการทดลอง (เดือนเมษายน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง) โดยประเมินจากผู้ประเมิน 5 คน ให้คะแนน 1 ถึง 5

(7) วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเขยปีร่า เมื่อเขยปีร่าเริ่มให้ดอก เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโต (จำนวนดอก, เส้นผ่านศูนย์กลางดอก, เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก, ความยาวก้านดอก, ค่าความเขียวของใบ (SPAD) และคะแนนความพึงพอใจ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรด-ด่างของ (pH) สารละลายที่ไหลออกจากจากกระถาง มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

โรงเรือน Evaporative cooling คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย

11 เดือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*)

4.1.1 การเจริญเติบโตของเยอบีร่า

จากการศึกษา พบว่า ชนิดของวัสดุปลูกมีผลต่อปริมาณผลผลิตของดอกเยอบีร่า แต่ไม่มีผลต่อความยาวก้านดอก ขนาดดอกและขนาดก้านดอก การปลูกเยอบีร่าในขุยมะพร้าว ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 16 ดอก/ต้น รองลงมาคือการปลูกในขุยมะพร้าวผสมกับ M-tec ซึ่งให้ผลผลิต 12 ดอก/ต้น การปลูกในกาบมะพร้าวสับและการปลูกในพีทมอสให้ผลไม่แตกต่างกันและให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือ 9.69 และ 9.54 ดอก/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1) ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Caballero *et al.* (2009) ที่พบว่าขุยมะพร้าวให้จำนวนดอกเยอบีร่าต่อต้นสูงกว่าวัสดุปลูกอื่น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะขุยมะพร้าวมีการระบายน้ำ-อากาศและเก็บความชื้นได้ดี มีความพรุนรวมสูง จึงนิยมใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับไม้กระถาง (วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และคณะ. 2541) ส่วนพีทมอสที่ให้ผลผลิตต่ำนั้น ในระหว่างการทดลองสังเกตเห็นว่าพีทมอสจะแฉะทำให้ตาดอกที่ออกมาบริเวณโคนต้นได้รับความเสียหายโดยตาดอกจะเน่าแล้วทำให้ไม่สามารถเจริญออกมาเป็นดอกได้ หรือออกมา ดอกที่ได้ก็จะไม่มีความสมบูรณ์ จึงทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าในตำรับการทดลองอื่นๆ สำหรับความเขียวของใบที่วัดด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (SPAD) พบว่าใบของต้นเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าวมีความเขียวเข้มมากกว่าต้นที่ปลูกในวัสดุอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความเขียวอยู่ที่ 39.87 (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณ คุณภาพดอก และความเขียวของใบเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec

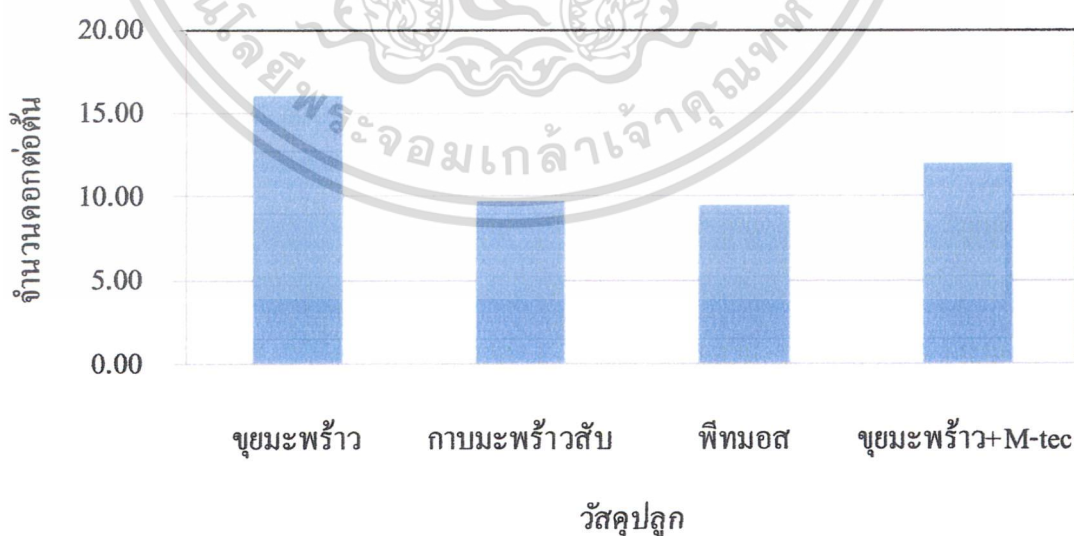
ตำรับการทดลอง	จำนวน ดอกต่อต้น	เส้นผ่าน ศูนย์กลางดอก (มม.)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง ก้านดอก (มม.)	ความยาว ก้านดอก (ซม.)	ความเขียว ของใบ
ขุยมะพร้าว	16.00 a	89.43	5.24	24.90	39.87 a
กาบมะพร้าวสับ	9.69 b	89.17	5.38	24.76	36.91 b
พีทมอส	9.54 bc	87.23	5.16	24.59	38.35 b
ขุยมะพร้าว+M-tec	12.00 ab	88.20	5.36	25.23	37.77 b
F-test	*	ns	ns	ns	*
CV (%)	24.75	7.16	8.04	10.08	4.98

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ :

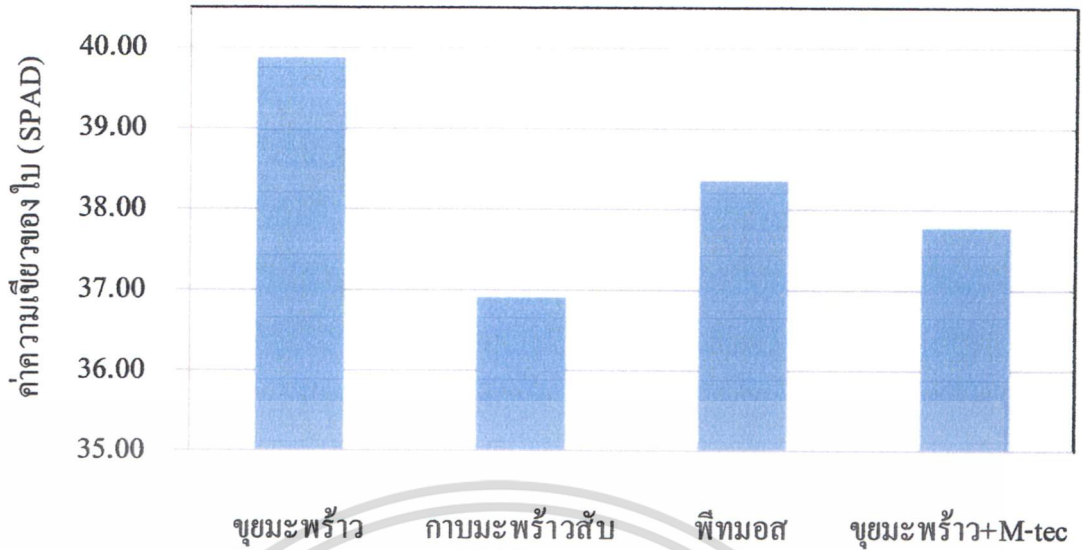
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

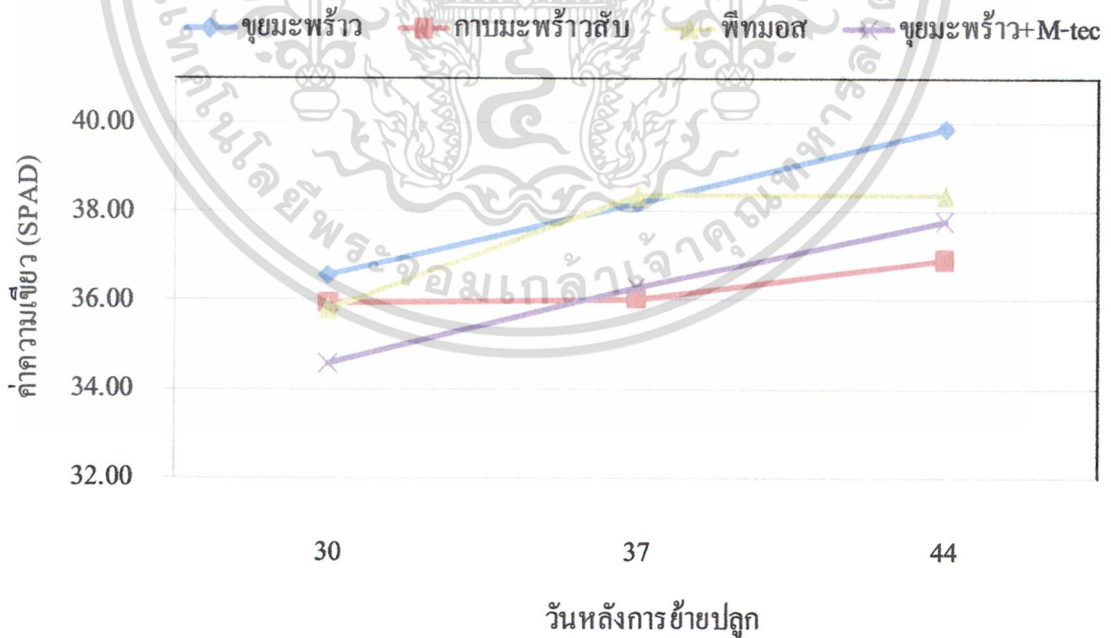


ภาพที่ 4.1 แสดงจำนวนดอกต่อต้นของใบเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วัสดุปลูก
 ภาพที่ 4.2 แสดงค่าความเขียวของใบเขื่อนิร่าเมื่ออายุ 44 วันหลังการย้ายปลูก



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าความเขียวของใบเมื่อเขื่อนิร่าอายุ 30, 37 และ 44 วันหลังการย้ายปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ความเปลี่ยนแปลงของ EC และ pH ของสารละลาย

จากการวัดค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารที่ไหลออกจากกระถางวัสดุปลูกทั้ง 4 พบว่า ค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกจากขุยมะพร้าว มีค่า EC สูงที่สุด 2.48 mS/cm ส่วนสารละลายที่ไหลออกจากกาบมะพร้าวสับ พีทมอส และขุยมะพร้าว+ M-tec EC มีค่า EC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.40, 2.38 และ 2.32 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.4) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าขุยมะพร้าวนั้นมีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ ซึ่งเป็นเกลือชนิดหนึ่ง เมื่อสารละลายไหลผ่านก็จะละลายออกมาด้วย ทำให้สารละลายที่ไหลออกมาจากกระถางมีค่า EC ที่สูงกว่าในวัสดุปลูกชนิดอื่น ๆ ค่า EC ของสารละลายที่ให้ตอนแรกที่มีค่า EC เพียง 1.7 mS/cm และเมื่อดูจากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารในทุกตำรับการทดลอง มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 1.7 mS/cm อาจเป็นเพราะในตัวของวัสดุปลูกเองนั้นจะมีธาตุอาหารอยู่ในตัวบ้างแล้ว ทำให้สารละลายที่ไหลออกมากระถางจึงมีค่า EC เพิ่มสูงขึ้น ส่วน pH ของสารละลายที่ไหลผ่านวัสดุปลูกทั้ง 4 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและไม่แตกต่างกับ pH ของสารละลายเริ่มต้น (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเข้มข้น (EC) และ pH ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางของเขยิบิร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec (44 วันหลังการย้ายปลูก)

ตำรับการทดลอง	ค่า EC และ pH ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถาง ที่ 44 วันหลังการย้ายปลูก	
	EC (mS/cm)	pH
ขุยมะพร้าว	2.48 a	6.52
กาบมะพร้าวสับ	2.40 b	6.51
พีทมอส	2.38 b	6.46
ขุยมะพร้าว+M-tec	2.32 b	6.45
F-test	*	ns
CV (%)	4.27	2.84

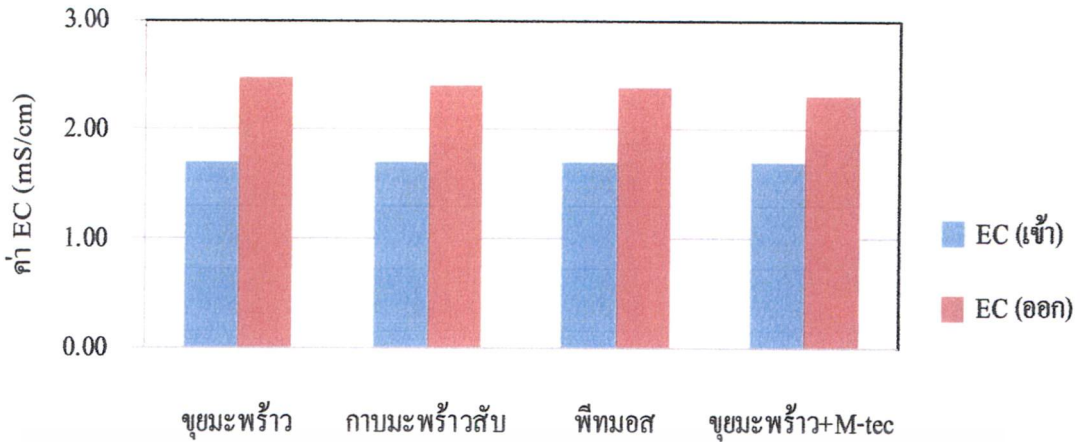
ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

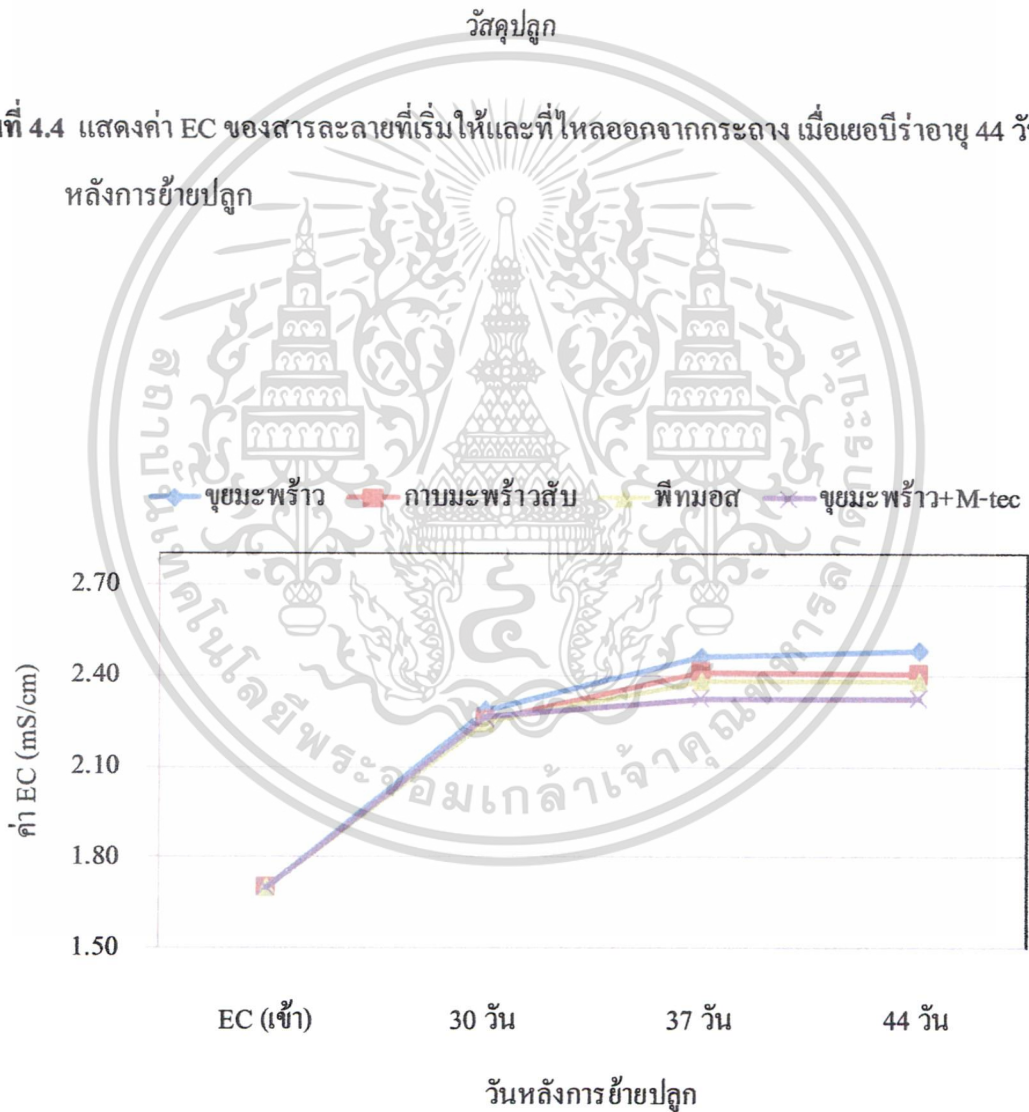
หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงค่า EC ของสารละลายที่เริ่มให้และที่ไหลออกจากกระถาง เมื่อเยอบีร่าอายุ 44 วัน หลังการย้ายปลูก



ภาพที่ 4.5 แสดงค่า EC (mS/cm) ของสารละลายที่เริ่มให้ และที่ไหลออกจากกระถาง เมื่อเยอบีร่า อายุ 30, 37 และ 44 วันหลังการย้ายปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่ากระถาง (*Gerbera jamesonii*)

4.2.1 การเจริญเติบโตของเยอบีร่า

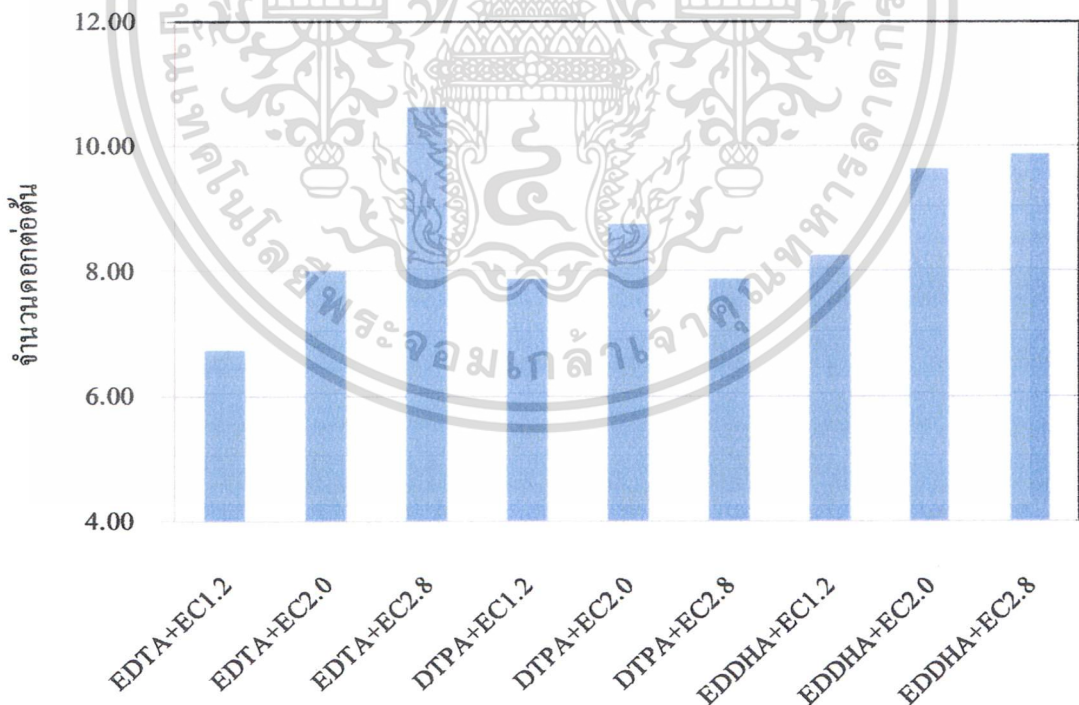
จากการทดลองศึกษาชนิดของเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเหล็กคีเลตกับระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อปริมาณผลผลิตของดอกและความยาวก้านดอกของเยอบีร่า กล่าวคือ การใช้ Fe-EDTA ให้ปริมาณผลผลิตของดอกเยอบีร่ามากขึ้นเมื่อ EC ของสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้นจาก 1.2 เป็น 2.8 mS/cm ขณะที่การใช้ Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ให้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันเมื่อ EC ของสารละลายสูงขึ้น และการใช้เหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิดให้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันเมื่อ EC ของสารละลายสูง 2.0 และ 2.8 mS/cm แต่ที่ระดับ 1.2 mS/cm การใช้ Fe-EDDHA และ Fe-DTPA ให้ปริมาณผลผลิตมากกว่าการใช้ Fe-EDTA (ตารางที่ 4.3) กล่าวคือ Fe-EDDHA สามารถคงรูปที่พืชได้ในช่วง pH 2-9 ซึ่งกว้างกว่า Fe-EDTA และยังมีความเสถียรกว่า Fe-DTPA และ Fe-EDTA นอกจากนั้นแสงแดดยังทำให้เหล็กคีเลตทั้งสองชนิดนี้เสื่อมสภาพได้อีกด้วย (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2553) เมื่อเยอบีร่าได้รับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ EC 1.2 mS/cm ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ร่วมกับเหตุผลในข้างต้นจึงทำให้ Fe-EDTA มีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตน้อยกว่าเหล็กคีเลตชนิดอื่นๆ ในส่วนของความยาวก้านดอกนั้น พบว่า ค่า EC ของสารละลายที่สูงขึ้น ไม่มีผลต่อความยาวของก้านดอกไม่ว่าจะใช้เหล็กคีเลตชนิดใด แต่ การใช้ Fe-EDTA และ Fe-EDDHA ในสารละลายที่มีค่า EC 1.2 mS/cm ทำให้ดอกเยอบีร่ามีก้านยาวกว่าการใช้ Fe-DTPA แต่เมื่อค่า EC ของสารละลายสูงขึ้นเป็น 2.0 mS/cm พบว่าเหล็กคีเลตทุกชนิดให้ดอกที่มีความยาวก้านไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อสารละลายมีค่า EC สูงถึง 2.8 mS/cm การใช้ Fe-DTPA ให้ดอกที่มีความยาวก้านสั้นกว่า Fe-EDTA และ Fe-EDDHA (ตารางที่ 4.5) สำหรับขนาดดอกและก้านดอกเยอบีร่านั้น พบว่า ทั้งชนิดของเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายไม่ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางดอก และก้านดอกแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนดอกเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของเหล็กที่เล็ด และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

ตำรับการทดลอง	EC 1.2 mS/cm	EC 2.0 mS/cm	EC 2.8 mS/cm
Fe-EDTA	6.75b	8.00ab	10.63a
Fe-DTPA	7.88ab	8.75ab	7.88ab
Fe-EDDHA	8.25ab	9.63ab	9.88ab
F-test	*		
CV (%)	24.05		

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.6 แสดงจำนวนดอกเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของเหล็กที่เล็ด และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

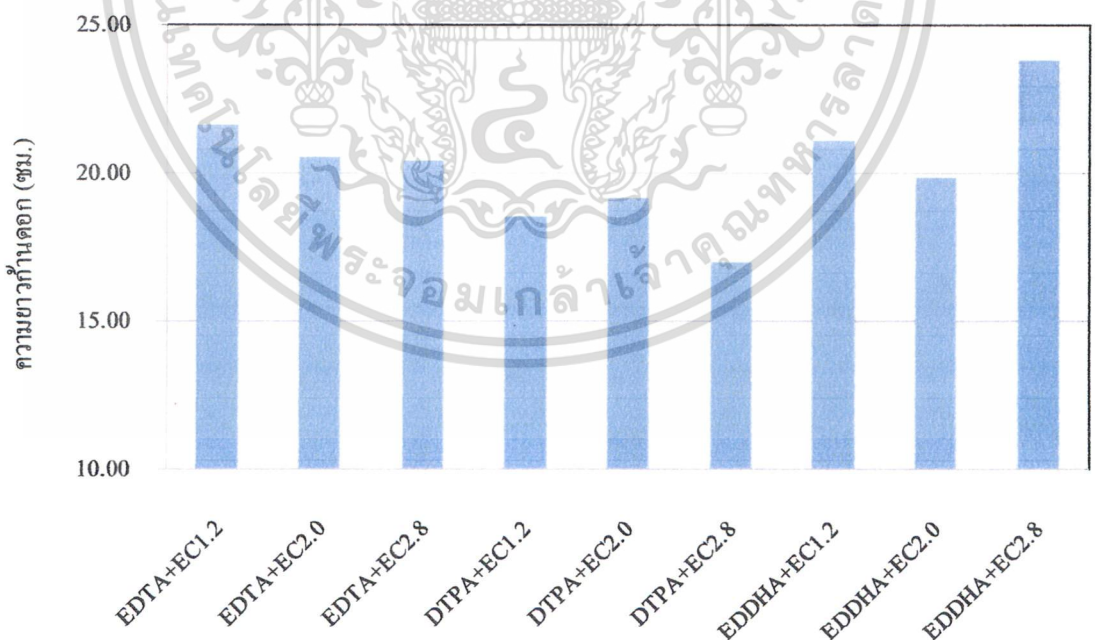
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงความยาวก้านดอกเขปี่ร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

ตำรับการทดลอง	EC 1.2 mS/cm	EC 2.0 mS/cm	EC 2.8 mS/cm
Fe-EDTA	21.65ab	20.56abc	20.44abc
Fe-DTPA	18.54bc	19.19bc	17.01c
Fe-EDDHA	21.14abc	19.83abc	23.84a
F-test	*		
CV (%)	18.05		

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.7 แสดงความยาวก้านดอกเขปี่ร่าที่ได้รับอิทธิพลร่วมกันของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ชนิดของเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

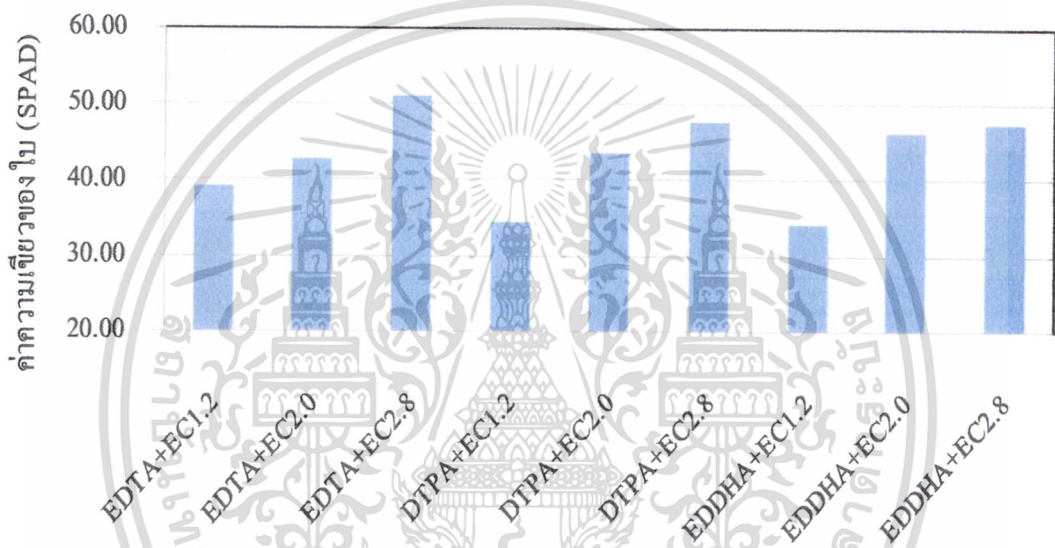
ตารางที่ 4.5 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกและก้านดอกเขอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากเหล็กทั้ง 3 ชนิด และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 3 ระดับ

ตัวรับการทดลอง	เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก (มม.)
Fe-chelate (A)		
Fe-EDTA	84.30	5.17
Fe-DTPA	81.25	5.21
Fe-EDDHA	84.80	4.98
F-test	ns	ns
EC (mS/cm) (B)		
1.2	84.34	5.13
2.0	82.40	5.23
2.8	83.61	4.99
F-test	ns	ns
AxB	ns	ns
CV (%)	10.85	10.23
หมายเหตุ :	ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ค่าความเขียวของใบ

จากการทดลองหลังจากที่ได้วัดค่าความเขียวของใบเหอปีร่าที่อ่านได้จาก Chlorophyll meter (SPAD) จากข้อมูลที่ 156 วันหลังการย้ายปลูก พบว่า เมื่อระดับ EC เพิ่มสูงขึ้นจาก 1.2 ไปเป็น 2.8 mS/cm ค่าความเขียวของใบที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อสารละลายธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น ธาตุอาหารต่างๆก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้ค่าความเขียวของใบเหอปีร่าที่ได้รับ EC 2.8 mS/cm จึงมีค่าสูง และสูงที่สุดคือ 51.01 ในตำรับการทดลอง Fe-EDTA+EC 2.8 mS/cm (ภาพที่ 4.8)

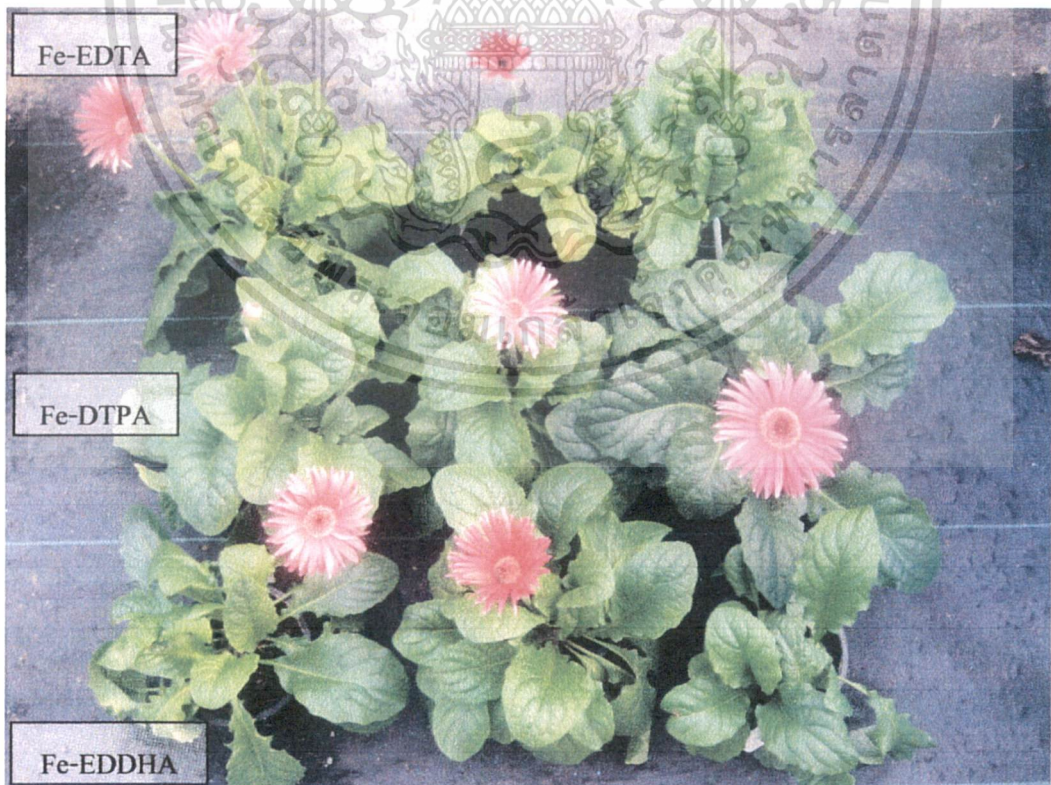


ภาพที่ 4.8 ค่าความเขียวของใบเหอปีร่าที่ 156 วันหลังการย้ายปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 เยอบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 1.2 mS/cm



ภาพที่ 4.10 เยอบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 2.0 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 เซอปีราที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 2.8 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองปลูกเหอปีร่ากระถางภายในโรงเรือน Evaporative cooling วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเหอปีร่ากระถางคือขุยมะพร้าวและให้สารละลายสูตร Gerbera Netherlands ไปพร้อมระบบน้ำหยด ชนิดของเหล็กคีเลตที่ควรเลือกใช้คือ Fe-EDTA โดยปรับระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ EC 2.8 mS/cm เพราะสามารถให้ผลผลิตของเหอปีร่าได้ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองถึงแม้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ EC 2.8 mS/cm จะให้ผลผลิตได้ดีที่สุดก็ตาม แต่เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับ EC 2.0 mS/cm พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจจะลดระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารลงมาได้ เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต แต่ต้องมีการควบคุม pH ของสารละลายธาตุอาหารเป็นประจำเพื่อให้อยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด

บรรณานุกรม

- ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิต
เชิงธุรกิจในประเทศไทย. ครั้งที่พิมพ์ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
หน้า 742
- ฉวีลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : สยามคัลลิสาส์น.
- ฉวีล สุขวงษ์. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : แม็ค.
- พิชัย มณีโชติ และคณะ. 2540. “การพัฒนาการเทคโนโลยีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์.”
กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. เอกสารอัดสำเนา.
- พิมล เกษสยาม. 2531. “อิทธิพลของวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของกล้า และการ
เจริญเติบโตระยะแรกของพริกชี้ฟ้า.” หน้า 12-22. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. นครปฐม วิทยาเขตกำแพงแสน :
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. ครั้งที่พิมพ์ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. การให้ปุ๋ยทางใบ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งรัตน์ ประภาศิริ. 2553. สิ่งแวดล้อมและพลังงานเทคโนโลยี. ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ.
กรุงเทพฯ. 56 หน้า.
- วรรณมา เต้. 2546. ไม้สวนประดับ. กรุงเทพฯ : แม็ค.
- วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และคณะ. 2541. “การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์.”
กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. เอกสารอัดสำเนา.
- เศรษฐมนันต์ กาญจนกุล. 2550. ร้อยพรรณพฤกษา พรรณไม้ดอกไม้ประดับ 2. กรุงเทพฯ :
วี.พรีนซ์.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4 ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะ
วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. แร่ธาตุอาหารพืชสวน. กรุงเทพฯ : ศิริภินธ์.
- สุชาดา เกาตระกุล. 2525. “การตอบสนองของบานชื่นและแพรวเฉียงไฮ้ที่ระดับต่างๆ ของ
ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในวัสดุปลูกที่ผสมขุยมะพร้าว 5 อัตรา.”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรานิธิ์ ยุคตะนันท์. 2540. **ไม้ดอกแสนสวยไม้ดอกไม้ประดับ**. ครั้งที่พิมพ์ 3. กรุงเทพฯ : บ้านและสวน.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics)**. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550. “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน.” ใน เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 8. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 137 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2553. “การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate culture).” หน้า 92. ใน เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 11. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Biernbaum, A.J., and Versluys, N.B., 1998. Water management. *HortTechnology*. 8 : 504-509.

Blom, T., 1991. Subirrigation : watering plants from the bottom up. *Highlights Agric. Food Res. Ont.* 14 : 2-5.

Caballero, R., Pajuelo, P., Ordovas, J., Carmona, E., and Delgado, A., 2009. “Evaluation and correction of nutrient availability to *Gerbera jamesonii* H. bolus in various compost-based growing media.” *Sci Hort.* 122 : 244-250.

Criley, R.A. and R.T. Watanabe. 1974. Response fo chrysanthemum in four soilless media. *Hort Sci.* 9(4) : 385-387.

C.Sonneveld. and N.straver. 1992 **Nutrient Solution for Vegetables and Flowers Grown in Water or Substrates**. Glasshouse Crops Research Station, Littlehampton.

Fisher, P.R., Wik, R.M., Smith, B.R., Pasian, C.C., Kmetz-Gonzalez, M., Argo, W.R., 2003. Correcting iron deficiency in calibrachoa grow at high pH. *Hort Technology*. 13 : 308-313.

Guerin, V., Lemaire, F., Marfa, O., Caceres, R., Giuffrida, F., 2000. Groth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media. *Sci. Hort.* 89 : 129-142.

Halvorson, A.A., and Lindsay W.L., 1972. “Equilibrium relationships of metal-chelators in hydroponic solution.” *Soil Sci. Soc. Am. J.* 36 : 755-761.

Incrocci, L., Malorgio, F., Della Bartola, A., and Paradossi, A., 2006. “The influence of drip irrigation or subirrigation on tomato grown in closet-loop substrate culture with saline water.” *SciHort.* 107 : 365-372.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Issa, M., Ouzounidou, G., Maloupa, and H., Constantinidou, H.I. 2001. "Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrates and heating systems." **Sci. Hort.** 88 : 215-234.
- Jensen, M.H., 1999. "Hydroponic worldwide." **ActaHort.** 481 : 719-729.
- Kang, J.G., and Van Iersel, M.W., 2001. "Interactions between temperature and fertilizer concentration affect growth of subirrigated petunias." **J. PlantNutr.** 24 : 753-765.
- Lucena J. J., Gfirate A., Ramon A.M., and Manzanares M. 1990. "Iron nutrition of a hydroponic strawberry culture (*Fragaria vesca* L.) supplied with different Fe chelates." **Plant and Soil.** 123 : 9-15.
- Maloupa, E., Mitsios, I., Martinez, P.F., Bladenopoulou, S., 1992. "Study of Substrates used in gerbera soilless culture grown in plastic greenhouse." **Acta Hort.** 323 : 139-144.
- Mengel, K., 1994. "Iron availability in plants tissues-iron chlorosis on calcareous soils." **Plant Soil.** 165 : 275-283.
- Miller, G.W., Pushnik, J.C., Welkie, G.W., 1984. "Iron chlorosis, a world wide problem: the relation of chlorophyll biosynthesis to iron." **J. Plant Nutr.** 7 : 1-22.
- Perfect, T. 1759. **The practice of Gardening.** Baldwin : London.
- Purvis, P., Chong, C., and Lumis, G.P., 2000. "Recirculation of nutrients in container nursery production. Can." **J. Plant Sci.** 80 : 39-45.
- Reed, D.W., 1996. Closed production systems for containerized crops. In: Reed, D.W. (Ed.), **Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops.** Ball Publishing, Inc., Batavia III, pp. 221-245.
- Rijck, G.D., Schreven, E., 1998. "Distribution of nutrients and water in rockwool slabs." **Sci Hort.** 72 : 277-285.
- Robinson, D.W., and J.G.D. Lamb, 1975. **Peat in Horticulture.** London : Academic Press.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A., and Colla, G., 2006. "The influence of irrigation system and nutrient solution concentration on potted geranium production under various conditions of radiation and temperature." **Sci Hort. Water Manage.** 82 : 99-112.
- Runia, W.T., 1995. "A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless culture." **Acta Hort.** 382 : 221-229.

- Uva, W.L., Weiler, T.C., and Milligan, R.A., 1998. "A survey on the planning and adoption of zero runoff subirrigation systems in greenhouse operations." **HortScience**. 33 : 193-196.
- Van Iersel, M.W., 1999. "Fertilizer concentration affects growth and nutrient composition of subirrigated pansies." **HortScience**. 34 : 660-663.
- Verhagen, J.B., G. M., 1997. "Characterisation of growing media or components for growing media to determine suitability for horticulture." **Acta Hort**. 450 : 363-373.
- Wooldridge, J. 1719. **Systema Horti-Culturae or The Art of Gardening**. London : Freeman.
- Yansong Ao, Min Sun and Yuqi Li. 2007. Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. **Bioresource Technology**. 99 : 5006-5010.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.1 องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Gerbera Netherlands
สำหรับการทดลองที่ 1**

เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร

ชนิดของสารละลาย	น้ำหนัก (กรัม)
ถังสารละลาย A ประกอบด้วย	
Ca(NO ₃) ₂	2837
Fe- chelate (50 ppm Fe)	
Fe-EDTA 13.2%	60
ถังสารละลาย B ประกอบด้วย	
KNO ₃	2195
NH ₄ H ₂ PO ₄	581
Mg ₂ SO ₄	972
ZnSO ₄	4.756
CuSO ₄	0.762
MnSO ₄	3.548
H ₃ BO ₃	7.624
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0.343

หมายเหตุ ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 โดยใช้กรด HNO₃

ที่มา : อิทธิสุนทร นันทกิจ (2538)

ตารางที่ ก.2 องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Gerbera Netherlands
สำหรับการทดลองที่ 2

เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 ลิตร

ชนิดของสารละลาย	น้ำหนัก (กรัม)
ถังสารละลาย A ประกอบด้วย	
Ca(NO ₃) ₂	2837
Fe- chelate (50 ppm Fe)	
Fe-EDTA 13.2%	60
Fe-DTPA 7%	112
Fe-EDDHA 7%	112
ถังสารละลาย B ประกอบด้วย	
KNO ₃	2195
NH ₄ H ₂ PO ₄	581
Mg ₂ SO ₄	972
ZnSO ₄	4.756
CuSO ₄	0.762
MnSO ₄	3.548
H ₃ BO ₃	7.624
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0.343

หมายเหตุ ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 โดยใช้กรด HNO₃

ที่มา : อธิวิสุนทร นันทกิจ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ที่ไหลออกจากกระถางของเขอบีร่าที่ปลูก
ในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec

คำรับการทดลอง	ค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) mS/cm (วันหลังการย้ายปลูก)		
	30 วัน	37 วัน	44 วัน
ขุยมะพร้าว	2.28	2.46 a	2.48 a
กาบมะพร้าวสับ	2.25	2.41ab	2.40 b
พีทมอส	2.24	2.38 ab	2.38 b
ขุยมะพร้าว+M-tec (v/v)	2.26	2.32 b	2.32 b
F-test	ns	*	*
CV (%)	5.49	4.95	4.27

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ตารางที่ ข.2 แสดงค่า pH ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเขอบีร่าที่ปลูกในขุยมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุยมะพร้าว+M-tec

คำรับการทดลอง	ค่า pH ของสารละลาย (วันหลังการย้ายปลูก)		
	30 วัน	37 วัน	44 วัน
ขุยมะพร้าว	6.68	6.52	6.52
กาบมะพร้าวสับ	6.53	6.51	6.51
พีทมอส	6.46	6.51	6.46
ขุยมะพร้าว+M-tec	6.45	6.45	6.45
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	3.45	2.54	2.84

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความเขียวของใบเหอบีร่าที่ปลูกในขุมมะพร้าว, กาบมะพร้าวสับ, พีทมอส และขุมมะพร้าว+M-tec ที่วัดจาก Chlorophyll meter (SPAD)

คำรับการทดลอง	ค่าความเขียวของใบเหอบีร่า (วันหลังการย้ายปลูก)		
	30 วัน	37 วัน	44 วัน
ขุมมะพร้าว	36.58 a	38.21 a	39.87 a
กาบมะพร้าวสับ	35.93 ab	36.02 b	36.91 b
พีทมอส	35.78 ab	38.35 a	38.35 b
ขุมมะพร้าว+M-tec	34.55 b	36.28 b	37.77 b
F-test	*	*	*
CV (%)	6.39	5.37	4.98

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ตารางที่ ข.4 แสดงจำนวนดอกของเยอบีร่าที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากเหล็กทั้ง 3 ชนิด และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 3 ระดับ

ตัวรับการทดลอง	จำนวนดอกต่อต้น
Fe-chelate (A)	
Fe-EDTA	8.46
Fe-DTPA	8.17
Fe-EDDHA	9.25
F-test	
	ns
EC (mS/cm) (B)	
1.2	7.58b
2.0	8.79a
2.8	9.46a
F-test	
	*
AxB	
	*
CV (%)	
	24.05

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ตารางที่ ข.5 แสดงความยาวก้านดอกของเขมปีร่าที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากเหล็กทั้ง 3 ชนิด และ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 3 ระดับ

ตำรับการทดลอง	ความยาวก้านดอก (ซม.)
<i>Fe-chelate (A)</i>	
Fe-EDTA	20.88a
Fe-DTPA	18.25b
Fe-EDDHA	21.60a
F-test	*
<i>EC (mS/cm) (B)</i>	
1.2	20.44
2.0	19.86
2.8	20.43
F-test	ns
AxB	*
CV (%)	18.05

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าความเขียวของใบยอดบีร่าที่อ่านได้จากเครื่อง Chlorophyll meter ทั้ง 7 สัปดาห์

คำรับการทดลอง	ค่าความเขียวของใบยอดบีร่า (SPAD)						
	1	2	3	4	5	6	7
Fe-chelate (A)							
Fe-EDTA	27.01	35.06	44.60	44.77	42.26	43.52	44.28
Fe-DTPA	27.17	36.07	43.52	44.46	41.34	41.42	41.78
Fe-EDDHA	27.71	36.09	43.31	44.59	42.41	41.90	42.59
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EC (mS/cm) (B)							
1.2	26.53	33.18b	42.75b	41.76c	37.76b	40.62	35.81c
2.0	27.28	37.02a	42.99b	44.67b	43.24a	42.85	44.11b
2.8	27.99	37.03a	45.69a	47.39a	45.02a	43.38	48.73a
F-test	ns	*	*	*	*	ns	*
EDTA+EC1.2	25.99	33.24	42.48b	42.03cd	39.29bc	43.24	39.03cd
EDTA+EC2.0	27.75	35.60	43.91ab	44.55abcd	41.96abc	43.95	42.79bc
EDTA+EC2.8	27.28	36.35	47.41a	47.73ab	45.54a	43.38	51.01a
DTPA+EC1.2	25.20	32.68	41.63b	40.56d	35.33d	38.48	34.26d
DTPA+EC2.0	27.68	37.48	43.98ab	44.75abcd	45.08a	42.85	43.38bc
DTPA+EC2.8	28.64	38.05	44.96ab	48.08a	43.61ab	42.93	47.69ab
EDDHA+EC1.2	28.40	33.61	44.13ab	42.70bcd	38.66cd	40.13	34.13d
EDDHA+EC2.0	26.7	37.98	41.09b	44.71abcd	42.68abc	41.74	46.15ab
EDDHA+EC2.8	28.04	36.68	44.71ab	46.35abc	45.90a	43.83	47.48ab
AxB	ns	ns	*	*	*	ns	*
CV%	13.32	12.87	9.14	10.32	10.18	10.83	14.25

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 แสดงคะแนนความพึงพอใจของเยอบีร่าในเดือนสุดท้ายของการทดลอง
(เดือนเมษายน สัปดาห์ละ 1 ครั้ง) จากการประเมิน ทั้ง 4 สัปดาห์

ตัวรับการทดลอง	คะแนนความพึงพอใจ (สัปดาห์)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
Fe-chelate (A)				
Fe-EDTA	2.67	2.88b	3.67ab	4.17
Fe-DTPA	2.83	3.21ab	3.25b	4.08
Fe-EDDHA	2.98	3.50a	3.84a	3.92
F-test	ns	*	*	ns
EC (mS/cm) (B)				
1.2	1.79c	1.92c	2.88c	3.54c
2.0	2.77b	3.42b	3.59b	4.09b
2.8	3.92a	4.25a	4.29a	4.54a
F-test	*	*	*	*
EDTA+EC1.2	1.75e	1.88b	3.00de	3.88abc
EDTA+EC2.0	2.25de	2.50b	3.38cde	4.13ab
EDTA+EC2.8	4.00a	2.00b	4.63a	4.50a
DTPA+EC1.2	1.75e	1.88b	2.75e	3.50bc
DTPA+EC2.0	2.75cd	3.63a	3.25de	4.25ab
DTPA+EC2.8	4.00a	4.13a	3.75bcd	4.50a
EDDHA+EC1.2	1.88e	2.00b	2.88de	3.25bc
EDDHA+EC2.0	3.31bc	4.13a	4.13abc	3.88abc
EDDHA+EC2.8	3.75ab	4.38a	4.50ab	4.63a
AxB	*	*	*	*
CV (%)	24.29	23.91	22.24	17.44

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC mS/cm) ที่ไหลออกจากกระถาง
เยอบีร่า (วัดเมื่อเยอบีร่าเริ่มให้ดอก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์)

ตัวรับการทดลอง	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารละลาย (EC) mS/cm			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
Fe-chelate (A)				
Fe-EDTA	2.14	2.01b	2.15	2.09
Fe-DTPA	2.06	2.10a	2.13	2.06
Fe-EDDHA	2.03	2.12a	2.07	2.03
F-test	ns	*	ns	ns
EC (mS/cm) (B)				
1.2	1.30c	1.30c	1.30c	1.24c
2.0	2.13b	2.11b	2.23b	2.11b
2.8	2.80a	2.82a	2.83a	2.82a
F-test	*	*	*	*
EDTA+EC1.2	1.37c	1.27d	1.30c	1.27c
EDTA+EC2.0	2.20b	2.00c	2.23b	2.13b
EDTA+EC2.8	2.89a	2.77a	2.90a	2.89a
DTPA+EC1.2	1.30c	1.30d	1.30c	1.23c
DTPA+EC2.0	2.1b	2.17b	2.27b	2.17b
DTPA+EC2.8	2.77a	2.83a	2.83a	2.77a
EDDHA+EC1.2	1.23c	1.33d	1.27c	1.23c
EDDHA+EC2.0	2.10b	2.17b	2.20b	2.03b
EDDHA+EC2.8	2.77a	2.87a	2.77a	2.83a
AxB	*	*	*	*
CV%	6.34	4.04	3.85	3.62

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร * = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05) ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

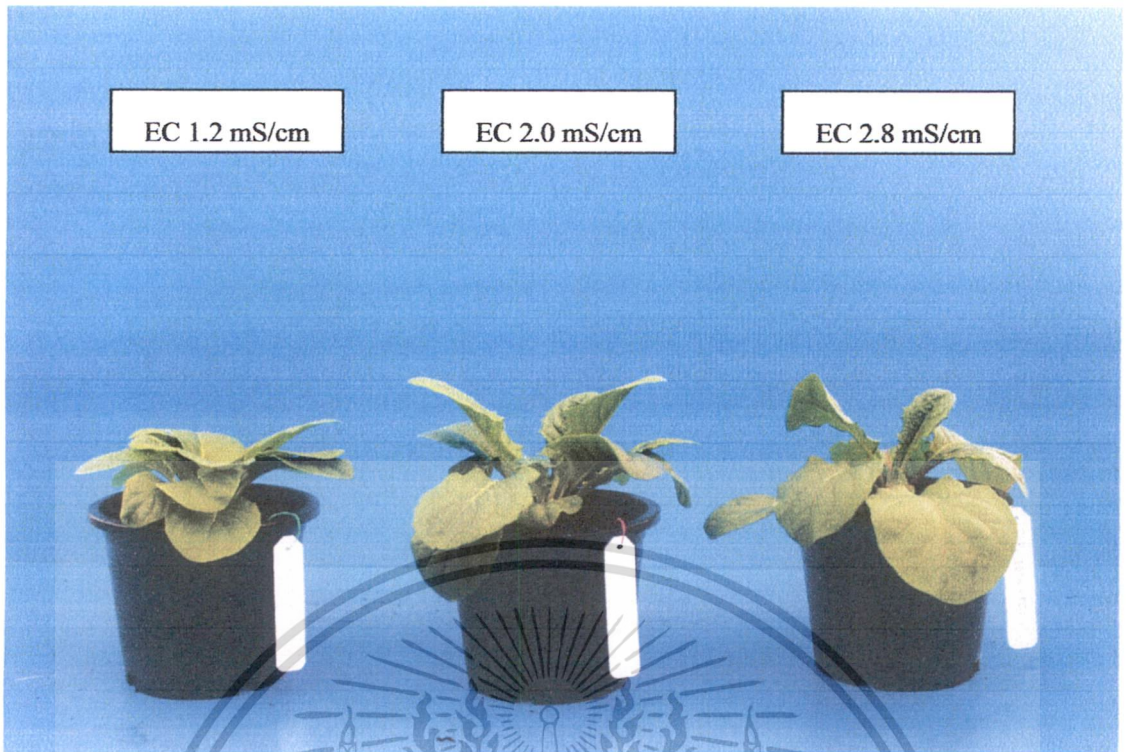
ตารางที่ ข.9 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายที่ไหลออกจากกระถางเขยปีร่า
(วัดเมื่อเขยปีร่าเริ่มให้ดอก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์)

ตัวรับการทดลอง	ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
Fe-chelate (A)				
Fe-EDTA	6.60	6.54	6.63	6.56
Fe-DTPA	6.71	6.63	6.60	6.59
Fe-EDDHA	6.66	6.52	6.61	6.57
F-test	ns	ns	ns	ns
EC (mS/cm) (B)				
1.2	6.61	6.59	6.64	6.53
2.0	6.65	6.54	6.57	6.58
2.8	6.70	6.57	6.63	6.60
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.44	1.82	2.08	2.02

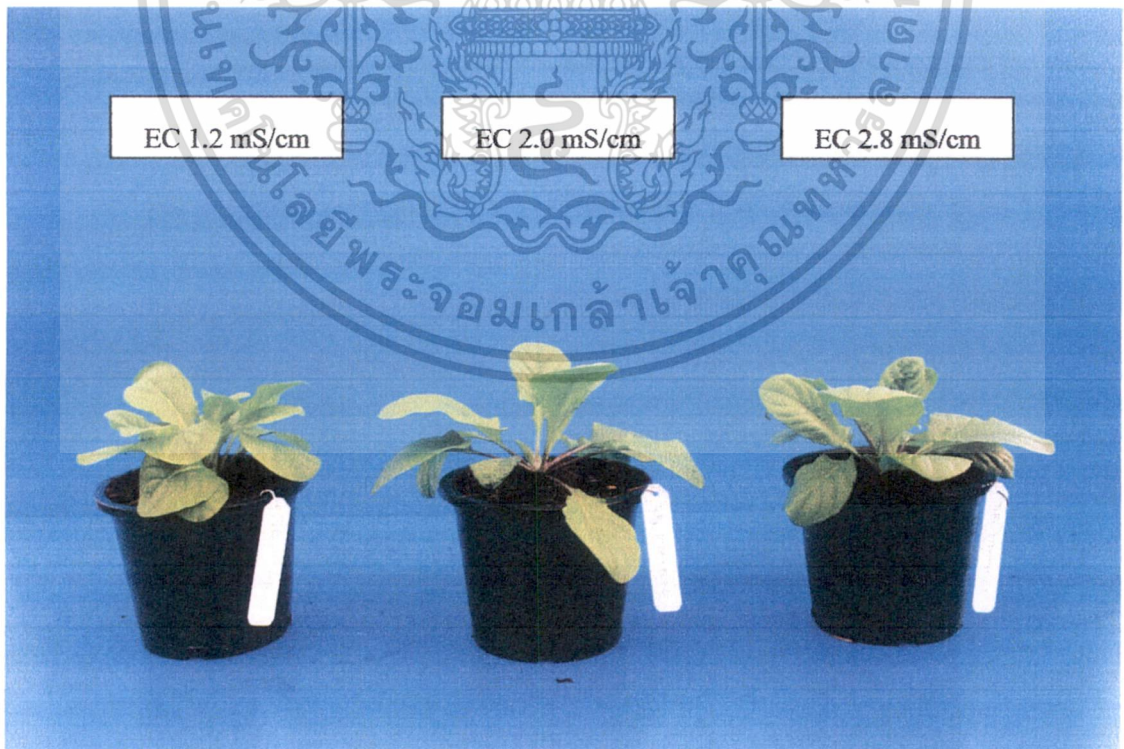
หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

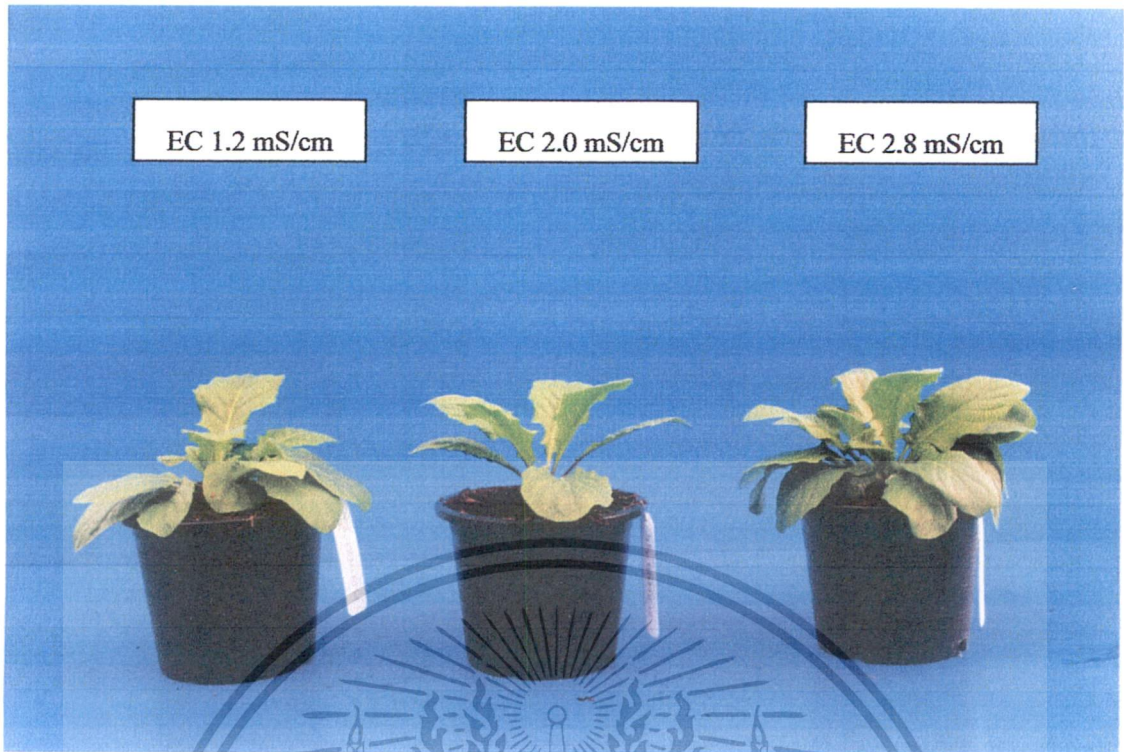


ภาพที่ ค.1 เหยบี่ร่าอายุ 30 วันหลังการย้ายปลูก ที่ได้รับ Fe-EDTA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ

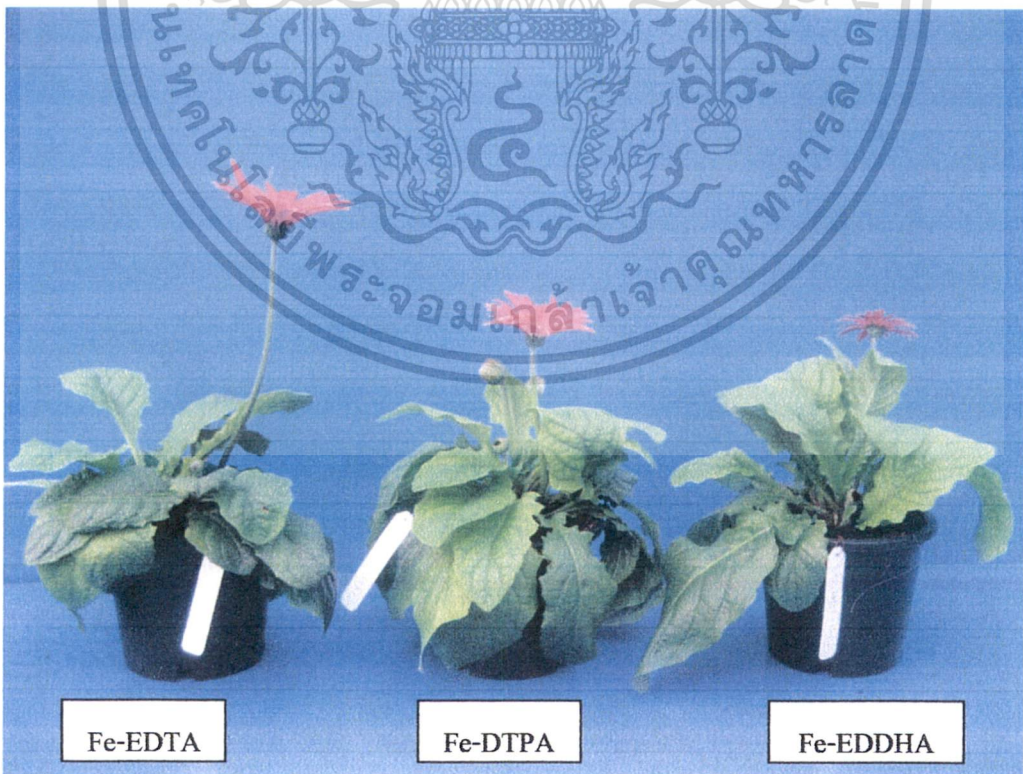


ภาพที่ ค.2 เหยบี่ร่าอายุ 30 วันหลังการย้ายปลูก ที่ได้รับ Fe-DTPA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

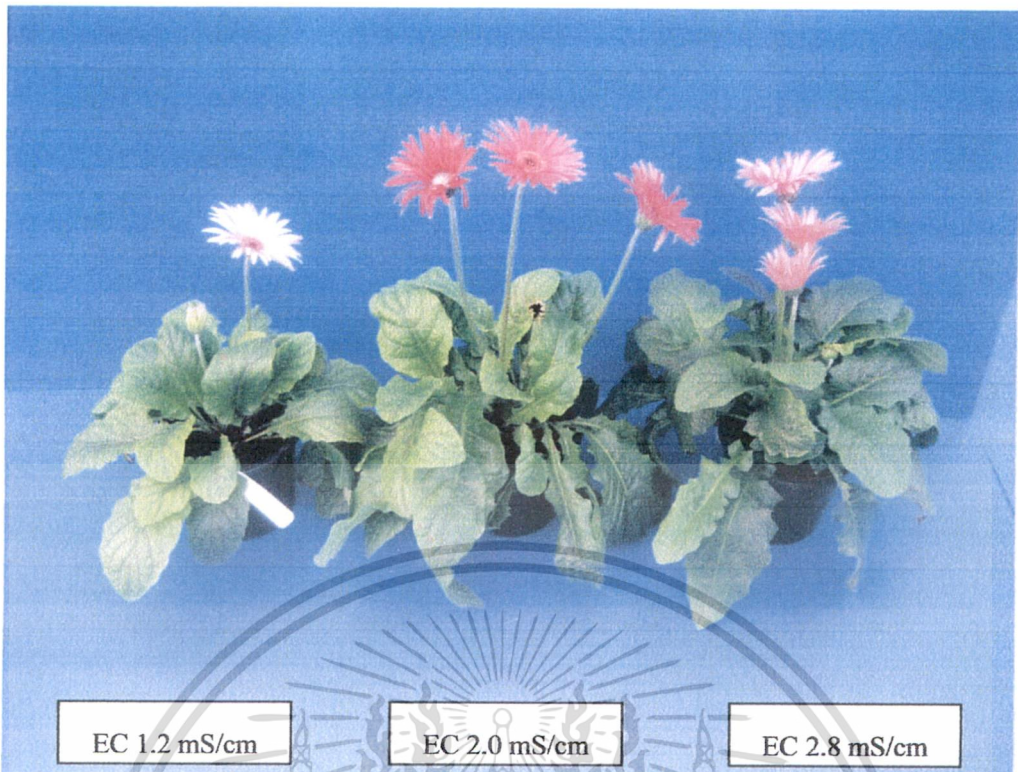


ภาพที่ ค.3 เขอบีร่าอายุ 30 วันหลังการย้ายปลูก ที่ได้รับ Fe-EDDHA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ



ภาพที่ ค.4 เขอบีร่าที่ได้รับเหล็กคีเลตทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ EC 1.2 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

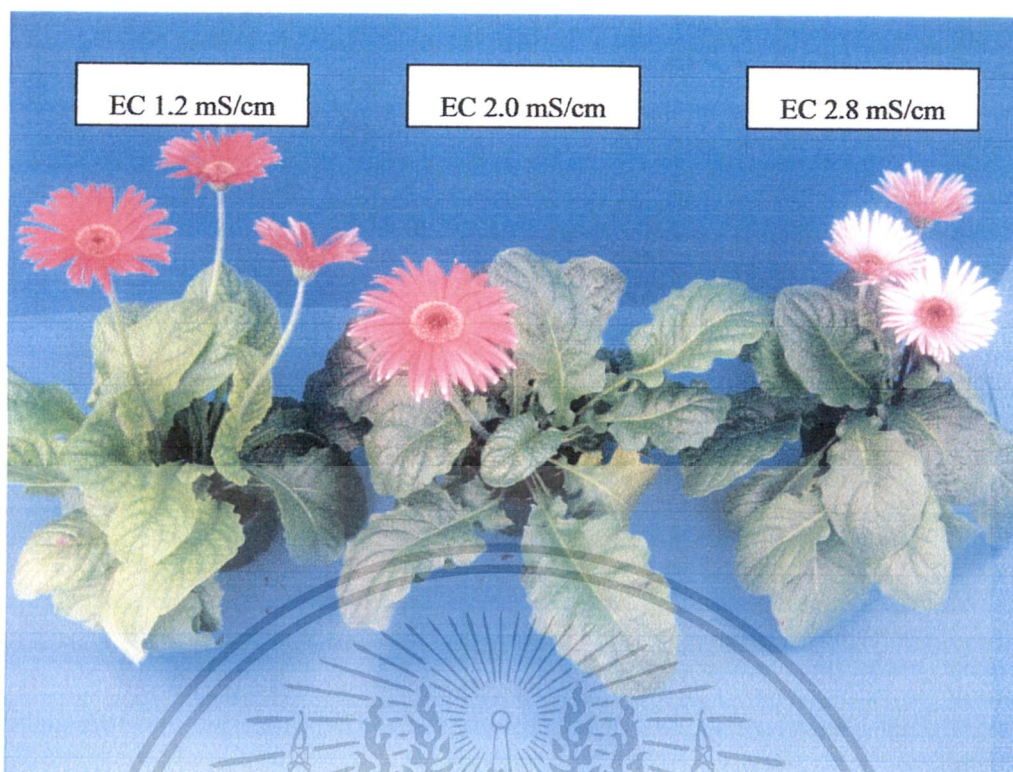


ภาพที่ ค.5 เยอบีร่าที่ได้รับ Fe-EDTA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ



ภาพที่ ค.6 เยอบีร่าที่ได้รับ Fe-DTPA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.7 เขอปีร่าที่ได้รับ Fe-EDDHA ที่ EC ทั้ง 3 ระดับ



ภาพที่ ค.8 การเก็บสารละลายเพื่อไปวัดค่า EC และ pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.9 ขุยมะพร้าว



ภาพที่ ค.10 กาบมะพร้าวสับ



ภาพที่ ค.11 พีทมอส



ภาพที่ ค.12 เม็ด M-tec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

