อิทธิพลของชนิดเหล็กคีเลต และความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเยอบีร่ากระถาง (*Gerbera jamesonii*) ในระบบปลูก NFT (Nutrient Film Techniques)

Effects of Fe-chelates and nutrient concentrations on pot plant gerbera (*Gerbera jamesonii*) growth and production in NFT (Nutrient Film Techniques)

วิธู ศิริรัตนอำพร[1] และ อิทธิสุนทร นันทกิจ[1]

Vitu Siriratanaamporn[1] and Itthisuntorn Nuntagij[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาอิทธิพลของชนิดเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตเยอบีร่ากระถาง (*Gerbera jamesonii*) ในระบบปลูก NFT โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design มี 2 ปัจจัย คือ 1) เหล็กคีเลต 3 ชนิด คือ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA 2) ระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ คือ EC 2.0 mS/cm, EC 2.5 mS/cm และ EC 3.0 mS/cm ทำการทดลอง 4 ซ้ำ เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร 1 เดือน ทำการเก็บข้อมูลประกอบด้วย น้ำหนักสดต้นรวมรากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง, เส้นผ่านศูนย์กลางดอก, เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก, ความยาวก้านดอก, จำนวนดอก, ค่าความเขียวของใบ โดยวัดด้วยเครื่อง SPAD meter และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ จากการทดลองพบว่าชนิดของเหล็กคีเลตไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก ความยาวก้านดอก และความเขียวของใบ แต่จะมีผลต่อน้ำหนักต้นและจำนวนดอก โดย Fe-EDTA จะให้ผลดีที่สุด ส่วนความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ EC 3.0 mS/cm มีผลให้น้ำหนักต้น จำนวนดอก และค่าความเขียวของใบสูงที่สุด แต่ความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก และความยาวก้านดอก ดังนั้นในการปลูกต้นเยอบีร่าในระบบ NFT ควรปลูกที่ระดับความเข้มข้นธาตุอาหารที่ EC 3.0 mS/cm และใช้ Fe-EDTA เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีราคาถูกและการเจริญเติบโตของต้นเยอบีร่าดีที่สุด

Abstract

Effects of different iron chelates and levels of nutrient solution concentrations on growth of gerbera (*Gerbera jamesonii*)

คำสำคัญ : NFT, เหล็กคีเลต, ค่าการนำไฟฟ้า, เยอบีร่า

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

grown in nutrient film techniques (NFT) were investigated. The 3x3 factorial treatment combinations were arranged in completely randomized design and they were replicated 4 times. The two factors involved in the test were consisted of 1) 3 types of iron chelates as follows: Fe-EDTA, Fe-EDPA, and Fe-EDDHA and 2) 3 different levels of nutrient solution concentrations as follows: EC 2.0 mS/cm, EC 2.5 mS/cm, and EC 3.0 mS/cm. After the plants had received the nutrient solutions for one month, the valuable data such as fresh weights of the whole plants including root portions, flower diameters, pedicel diameters, pedicel lengths, flower numbers, quantifications of leaf greenness measured with SPAD meter, and nutrient element contents in the leaves were recorded. The results were then revealed that different types of chelates did not produced remarkable effects on flower diameters, pedicel diameters, pedicel lengths, and leaf greenness. However, the chelate types did give the dissimilar effects on whole plant weights and number of flowers. Only the Fe-EDTA was given the best results to the two mentioned variables. Moreover, the concentration of nutrient solution of EC 3.0 mS/cm gave the highest values on plant weights, flower numbers, and leaf greenness. In contrast, no differences of flower and pedicel diameters and pedicel lengths in all tested nutrients solutions were observed. Therefore, it was advised to use the concentration of nutrient solution of EC 3.0 mS/cm and Fe-EDTA for growing the gerbera in NFT system. Also, the Fe-EDTA was the cheapest chelate source of iron for plant and best for growth of gerbera.

บทนำ

เยอบีร่า มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gerbera jamesonii* อยู่ในวงศ์ Compositae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแอฟริกาใต้และเอเชีย เป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญในทางการค้า มีการปลูกกระจายอยู่ทั่วโลก (Duong Tan Nhut และคณะ, 2006) ปัจจุบันนิยมปลูกในโรงเรือนเพื่อใช้สำหรับเป็นไม้ตัดดอกและใช้เป็นไม้กระถาง มีอยู่แพร่หลายในประเทศเนเธอร์แลนด์ ยุโรป และกำลังเป็นที่นิยมในแถบเมดิเตอร์เรเนียน แต่ยังมีการศึกษาในเรื่ององค์ประกอบของธาตุอาหารในการปลูกโดยใช้วัสดุปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินไม่มากนัก (Issa *et al.*, 2001) เนื่องจากการปลูกพืชไร้ดินนั้น สารละลายธาตุอาหารถือว่ามีความสำคัญเพราะพืชจะได้รับธาตุอาหารจากสารละลายธาตุอาหารแต่เพียงอย่างเดียว การปลูกพืชไร้ดินในระบบ NFT (Nutrient Film Techniques) นั้น รากพืชจะแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เป็นระบบการให้สารละลายแก่พืชที่ไม่ยุ่งยาก มีการใช้น้ำและสารละลายธาตุอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด (อิทธิสุนทร, 2549) เยอบีร่ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถแตกหน่อเพิ่มขึ้นได้เรื่อยๆ ดังนั้นหากได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารอย่างชัดเจนที่ดอก ใบ

Keywords : Nutrient Film Techniques, Fe-chelates, EC, Gerbera

และก้านใบ โดยเฉพาะธาตุเหล็ก เพราะเมื่อขาดธาตุเหล็กแล้ว คลอโรพลาสต์ของใบพืชจะมีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์น้อยลง การรับพลังงานแสง และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนก็น้อยลงด้วย (ยงยุทธ, 2546) และเหล็กเป็นจุลธาตุที่เคลื่อนที่ในพืชได้น้อย เมื่อแสดงอาการขาดจะพบว่าใบอ่อนเหลือง และหากรุนแรงมากใบจะซีดขาว (Henry และ Boy, 1996) ทำให้ลักษณะของต้นไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะกับไม้กระถาง ทำให้ไม่สามารถขายได้ การให้เหล็กกับพืชในรูปของปุ๋ยอนินทรีย์นั้นเป็นไปได้ยาก เพราะสารละลายเหล็กจะกลับสู่รูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างรวดเร็ว การใช้เหล็กในรูปของคีเลตจึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า (Larry, 1998) ซึ่งเหล็กคีเลตแต่ละชนิดยังมีเสถียรภาพต่างกันเมื่ออยู่ในค่า pH ที่แตกต่างกัน Lindsay และคณะ 1967 กล่าวว่า Fe-EDTA และ Fe-DTPA จะมีเสถียรภาพจนถึง pH 6.5 และ 7.5 ตามลำดับ และ Fe-EDDHA สามารถมีเสถียรภาพใน pH ที่สูงกว่า 7.5 โดยเสถียรภาพของคีเลตในสารละลายธาตุอาหารยังขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไอออนอื่นในสารละลายด้วย (ยงยุทธ, 2547) ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสามารถดูได้จากค่าการนำไฟฟ้า (EC) เนื่องจากค่า EC เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นค่าวัดโดยรวม ไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ (อิทธิสุนทร, 2552) ด้วยเหตุนี้จึงสนใจที่จะศึกษาสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่ากระถาง โดยจะทำการศึกษาชนิดของเหล็กคีเลต 3 ชนิด คือ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 ค่า คือ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร, EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร เพื่อหาความเหมาะสมต่อการปลูกเยอบีร่า

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาชนิดเหล็กที่เหมาะสมกับการปลูกเยอบีร่ากระถางในระบบปลูก NFT

2. เพื่อหาระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับต้นเยอบีร่ากระถางที่ปลูกในระบบ NFT

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร ในเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม ปี 2554 ภายในโรงเรือนแบบเปิด โดยในการทดลองจะนำเมล็ดพันธุ์เยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) สีเหลืองมาเพาะลงในกล่องพลาสติกที่รองด้วยกระดาษทิชชู ฉีดพ่นน้ำเพื่อให้ความชื้น ปิดฝากล่องให้สนิท ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วจึงย้ายต้นที่งอกลงในถ้วยปลูก ซึ่งวัสดุปลูกที่ใช้คือ พีทมอส จากนั้น 1 เดือน นำไปปลูกในระบบปลูก NFT โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design 9 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ในการทดลองมีปัจจัย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วยชนิดของเหล็กคีเลต 3 ชนิด คือ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วยระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (ดูจากค่าการนำไฟฟ้า) 3 ระดับ คือ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร, EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ในแต่ละตำรับการทดลองจะได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Gerbera (Netherland) โดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น ซึ่งสารละลาย A ปริมาตร 10 ลิตร มี 3 ถัง โดยทั้ง 3 ถัง ประกอบด้วย $Ca(NO_3)_2$ และเหล็กที่แตกต่างกันชนิด 3 ชนิด ดังนี้

Fe-DTPA, Fe-EDTA, Fe-EDDHA และสารละลาย B จำนวน 1 ถังปริมาตร 10 ลิตร และเมื่อนำมาใช้จะผสมสารละลาย A และ B ปริมาตรเท่าๆ กันในน้ำให้ได้ค่า EC และชนิดเหล็กตามที่ต้องการ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สารละลายธาตุอาหารพืชเข้มข้นที่ใช้ปริมาตร 10 ลิตร มีองค์ประกอบดังนี้

ชนิดของสารละลาย	ปริมาณการใช้	
สารละลาย A ถังที่ 1		
$Ca(NO_3)_2$	1.576	kg
Fe-EDTA 12% Fe	0.0195	kg
สารละลาย A ถังที่ 2		
$Ca(NO_3)_2$	1.576	kg
Fe- DTPA 6% Fe	0.039	kg
สารละลาย A ถังที่ 3		
$Ca(NO_3)_2$	1.576	kg
Fe-EDDHA 6% Fe	0.039	kg
สารละลาย B		
KNO_3	0.964	kg
KH_2PO_4	0.340	kg
$(NH_4)_2SO_4$	0.198	kg
$MgSO_4$	0.540	kg
$ZnSO_4$ 22%	2.378	g
$CuSO_4$	0.381	g
$MnSO_4$	1.774	g
H_3BO_3	3.812	g
$(NH_4)2MoO_4$	0.172	g

หลังจากทำการให้สารละลาย 1 เดือน ทำการเก็บผลการทดลอง ดังนี้ วัดค่าความเขียวใบจากเครื่อง Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter, จำนวนดอกต่อต้น, เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (mm), ความยาวก้านดอก (cm) เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก (mm) และน้ำหนักต้นรวมราก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างใบจากทุกซ้ำของแต่ละตำรับการทดลอง โดยเก็บใบอ่อนใบที่ 5 นำมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร N ด้วยวิธี Kjeldhal method, P ด้วยวิธี colorimetric, K ด้วยวิธี Flame emission spectrophotometer และ Ca, Mg, และ Fe ด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometer (ศรีสม, 2544) นำข้อมูลที่ศึกษามาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อศึกษาผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแต่ละตำรับการทดลองเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเยอบีร่ากระถางสีเหลือง (*Gerbera jamesonii*) ในระบบปลูก NFT ผลการทดลองมีดังนี้ น้ำหนักของต้นเยอบีร่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าชนิดของเหล็กและระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อน้ำหนักต้น โดยที่ Fe-EDTA มีน้ำหนักต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 232.03 กรัม รองลงมาคือ Fe-DTPA มีน้ำหนัก 211.21 กรัม แต่ไม่แตกต่างกับ Fe-EDTA และ Fe-EDDHA มีน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 179.87 กรัม และที่ระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหาร EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีน้ำหนักต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 236.98 กรัม รองลงมาคือ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีน้ำหนัก 201.97 กรัม แต่ไม่แตกต่างกับ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และที่ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีน้ำหนักต้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 184.56 กรัม

(ตารางที่ 2) และพบสหสัมพันธ์ระหว่างชนิดเหล็กและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร โดยที่ตำรับการทดลอง Fe-EDTA ที่ระดับ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ Fe- EDDHA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีน้ำหนักสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 249.71 กรัม และ 244.56 กรัม ตามลำดับ และตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีน้ำหนักน้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ คือ 138.24 กรัม แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักของต้นเยอบีร่า (กรัม)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักต้น
Fe-EDTA	232.03 a
Fe-DTPA	211.20 ab
Fe-EDDHA	179.87 b
F-test	*
EC 2.0 mS/cm	184.56 b
EC 2.5 mS/cm	201.97 ab
EC 3.0 mS/cm	236.98 a
F-test	*
Fe-EDTA EC 2.0 mS/cm	219.36 ab
Fe-EDTA EC 2.5 mS/cm	227.03 ab
Fe-EDTA EC 3.0 mS/cm	249.71 a
Fe-DTPA EC 2.0 mS/cm	196.09 abc
Fe-DTPA EC 2.5 mS/cm	222.07 ab
Fe-DTPA EC 3.0 mS/cm	216.67 abc
FE-EDDHA EC 2.0 mS/cm	138.24 c
Fe-EDDHA EC 2.5 mS/cm	156.83 bc
Fe-EDDHA EC 3.0 mS/cm	244.56 a
A*B	*
CV%	24.21

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

ผลผลิตและคุณภาพของเยอบีร่า

จากผลการศึกษาพบว่าชนิดของเหล็กคีเลตและระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอกและความยาวก้านดอก แต่มีผลต่อจำนวนดอก โดยที่ Fe-EDTA และ Fe-DTPA มีจำนวนดอกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 7.64 และ 7.55 ดอก/ต้น ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีจำนวนดอกเยอบีร่าสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 8.22 ดอก รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหาร EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 6.80 และ 6.22 ดอกตามลำดับ และ Fe-EDDHA จะให้จำนวนดอกน้อยที่สุด (ตารางที่ 3)

ค่าความเขียวของใบ

จากการทดลองศึกษาค่าความเขียวของใบโดยใช้เครื่อง Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter (SPAD) พบว่าชนิดของเหล็กคีเลตไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบ แต่ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อค่าความเขียว คือในเดือนที่ 4, 5 และ 6 ระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหาร 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุ 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะแสดงอาการใบเหลืองที่ใบอ่อน ซึ่งเป็นอาการขาดธาตุเหล็กอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4) และพบสหสัมพันธ์ระหว่างชนิดเหล็ก และความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ดังนี้ ค่าความเขียวของใบในเดือนที่ 4 มีความแตกต่างในตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวของใบน้อยที่สุด ส่วนในตำรับการทดลอง

ตารางที่ 3 แสดงผลผลิตและคุณภาพดอกเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) สีเหลือง

ตำรับการทดลอง	เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก (มิลลิเมตร)	ความยาวดอก (เซนติเมตร)	จำนวนดอกต่อต้น
Fe-EDTA	87.90	3.80 a	23.05 a	7.64 a
Fe-DTPA	86.23	3.80 a	22.90 a	7.55 a
Fe-EDDHA	84.65	3.65 a	22.74 a	6.05 b
F-test	ns	ns	ns	*
EC 2.0 mS/cm	85.24	3.66 a	23.25 a	6.22 b
EC 2.5 mS/cm	86.46	3.76 a	22.89 a	6.80 b
EC 3.0 mS/cm	87.09	3.83 a	22.55 a	8.22 a
F-test	ns	ns	ns	*
A*B	ns	ns	ns	ns
CV%	4.92	5.46	5.55	21.02

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

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเขียวของใบโดยใช้เครื่องมือ Minolta SPAD 502 Chlorophyll meter (SPAD)

ตำรับการทดลอง	เดือนที่		
	4	5	6
Fe-EDTA	50.17	51.52	52.23
Fe-DTPA	50.65	51.39	53.03
Fe-EDDHA	49.83	50.28	51.38
F-test	ns	ns	ns
EC 2.0 mS/cm	47.31 b	48.06 b	50.03 b
EC 2.5 mS/cm	51.01 a	52.04 a	52.46 a
EC 3.0 mS/cm	52.33 a	53.09 a	54.24 a
F-test	*	*	*
Fe-EDTA EC 2.0 mS/cm	49.13 a	49.85 ab	50.70 bc
Fe-EDTA EC 2.5 mS/cm	50.50 a	52.73 ab	52.95 ab
Fe-EDTA EC 3.0 mS/cm	50.88 a	51.98 ab	53.33 ab
Fe-DTPA EC 2.0 mS/cm	48.90 a	49.38 ab	51.70 ab
Fe-DTPA EC 2.5 mS/cm	50.95 a	51.58 ab	52.10 ab
Fe-DTPA EC 3.0 mS/cm	51.10 a	53.23 ab	55.28 a
Fe-EDDHA EC 2.0 mS/cm	43.90 b	44.95 c	47.70 c
Fe-EDDHA EC 2.5 mS/cm	51.58 a	51.83 ab	52.33 ab
Fe-EDDHA EC 3.0 mS/cm	54.03 a	54.08 a	54.13 ab
A*B	*	*	*
CV%	6.63	5.43	4.83

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

อื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ในเดือนที่ 5 ตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 54.08 และที่ตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวน้อยที่สุด คือ 44.95 ส่วนในเดือนที่ 6 Fe-DTPA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวของใบสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 55.28 และ Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าความเขียวของใบน้อยที่สุดคือ 47.70 แสดงในตารางที่ 4

จากผลการเจริญเติบโต ผลผลิต และค่าความเขียวของใบ แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่าที่ระดับ EC ต่ำกว่า 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายไม่เพียงพอกับความต้องการของต้นเยอบีร่ากระถาง ซึ่งเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการแตกหน่อและออกดอกอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้มีความต้องการธาตุอาหารเป็นปริมาณมาก ส่วนชนิดของเหล็กพบว่า Fe-EDDHA มีผลให้น้ำหนักของพืช และจำนวนดอกน้อยกว่า โดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของสารละลายต่ำๆ การที่เหล็กไม่แสดงผลต่อการเจริญเติบโตต่อต้นเยอบีร่าอย่างเด่นชัดเหมือนค่า EC เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการปลูกพืชในระบบ NFT ซึ่งจะต้องมีการเปลี่ยนสารละลายอย่างสม่ำเสมอและมีการปรับค่า pH ไม่ให้เกิน 6.5 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะกับคีเลตเกือบทุกชนิด (Lindsay *et al.*, 1967) ดังนั้น ความเป็นประโยชน์ของเหล็กแต่ละชนิดจึงไม่แตกต่างกันมากนัก

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืช

พบว่าชนิดของเหล็กคีเลตไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุ N, P, Ca และ Mg ในใบ แต่มีผลต่อ K และ Fe ดังนี้ Fe-EDDHA ทำให้ความเข้มข้น K สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ Fe-EDTA และ Fe-DTPA ตามลำดับ Fe-EDDHA และ Fe-DTPA ช่วยให้ความเข้มข้นธาตุ Fe สูงที่สุด และ Fe-EDTA มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นธาตุ Fe ต่ำที่สุด ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลต่อธาตุ N และ K แต่มีผลกับธาตุอื่นๆ ดังนี้ ระดับความเข้มข้นของสารละลาย EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีปริมาณความเข้มข้นธาตุ P สูงที่สุด รองลงมาคือ ระดับความเข้มข้นของสารละลาย EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ธาตุ Ca มีปริมาณความเข้มข้นมากที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ ระดับความเข้มข้น EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกับ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และที่ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร พืชมีปริมาณความเข้มข้นธาตุ Ca ต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับ EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ธาตุ Mg มีปริมาณความเข้มข้นมากที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือระดับความเข้มข้นของสารละลาย EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ส่วนธาตุ Fe มีปริมาณความเข้มข้นสูงที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

จากการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารของปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารในใบเยอบีร่า พบว่าธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณความเข้มข้นสูงที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 2.90 กรัมต่อกิโลกรัม และน้อยที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 1.83 กรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมมีปริมาณความเข้มข้นสูงที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อ

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) สีเหลือง

ตำรับการทดลอง	ธาตุอาหาร					
	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	Fe (mg/kg)
Fe-EDTA	26.82	2.48	42.69 b	17.22	4.87	74.43 b
Fe-DTPA	26.05	2.44	41.27 b	16.99	4.57	88.10 a
Fe-EDDHA	26.55	2.21	48.91 a	15.95	4.37	99.33 a
F-test	ns	ns	*	ns	ns	*
EC 2.0 mS/cm	25.55	2.23b	43.45	18.07 a	4.97 a	84.38 b
EC 2.5 mS/cm	26.69	2.30 b	44.10	16.36 ab	4.43 b	98.99 a
EC 3.0 mS/cm	27.19	2.60 a	45.32	15.73 b	4.41 b	78.50
F-test	ns	*	ns	*	*	*
Fe-EDTA EC 2.0 mS/cm	25.20	2.53 ab	38.68 d	19.42 a	5.28 a	67.45 c
Fe-EDTA EC 2.5 mS/cm	28.01	2.38 bc	43.29 bcd	16.36 ab	4.34 ab	84.00 bc
Fe-EDTA EC 3.0 mS/cm	24.94	2.53 ab	46.11 abc	15.89 ab	5.00 a	71.85 c
Fe-DTPA EC 2.0 mS/cm	24.05	2.34 bc	40.52 d	17.67 ab	4.44 ab	84.45 bc
Fe-DTPA EC 2.5 mS/cm	26.46	2.62 ab	41.25 cd	16.14 ab	4.58 a	101.10 ab
Fe-DTPA EC 3.0 mS/cm	29.93	2.36 bc	42.06 cd	17.18 ab	4.68 a	78.75 bc
Fe-EDDHA EC 2.0 mS/cm	27.38	1.83 d	51.17 a	17.12 ab	5.18 a	101.23 ab
Fe-EDDHA EC 2.5 mS/cm	25.57	1.89 cd	47.76 ab	16.59 ab	4.37 ab	111.88 a
Fe-EDDHA EC 3.0 mS/cm	26.69	2.90 a	47.80 ab	14.13 b	3.55 b	84.90 bc
A*B	ns	*	*	*	*	*
CV%	8.48	13.07	7.67	12.72	13.58	17.26

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

เซนติเมตร คือ 51.17 กรัมต่อกิโลกรัม และน้อยที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDTA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ Fe-DTPA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 38.68 และ 40.52 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แคลเซียมสูงที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDTA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 19.42 กรัมต่อกิโลกรัม และน้อยที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 14.13 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมพบมากในตำรับการทดลอง Fe-EDTA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร, Fe-EDTA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร, Fe-DTPA EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร, Fe-DTPA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ Fe-EDDHA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 5.28, 5.00, 4.58, 4.68 และ 5.18 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตำรับการทดลองที่แมกนีเซียมน้อยที่สุดคือ Fe-EDDHA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มี 3.55 กรัมต่อกิโลกรัม เหล็กพบมากที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDDHA EC 2.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 111.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้อยที่สุดในตำรับการทดลอง Fe-EDTA EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และ Fe-EDTA EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร คือ 67.45 และ 71.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าชนิดของเหล็กคีเลตไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก ความยาวก้านดอก และความเขียวของใบ แต่จะมีผลต่อน้ำหนักต้นรวมรากหลังการทดลอง และจำนวนดอก โดย Fe-EDTA จะให้ผลดีที่สุด ส่วนความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีผลให้น้ำหนักต้น จำนวนดอก และค่าความเขียวของใบสูงที่สุด และเมื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างชนิดเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร พบว่ามีสหสัมพันธ์ต่อน้ำหนักและค่าความเขียว โดยพบว่าในทุกตำรับการทดลองเหล็กคีเลตทุกชนิดที่ร่วมกับการให้ระดับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหาร EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร จะส่งผลให้น้ำหนักและค่าความเขียวของใบ สูงกว่าในตำรับการทดลองอื่นๆ ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากใบเยอบีร่าในการศึกษาพบว่าชนิดของเหล็กคีเลตไม่มีผลต่อปริมาณธาตุ N, P, Ca และ Mg แต่มีผลต่อ K และ Fe ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลต่อธาตุ N และ K แต่มีผลกับธาตุ P, Ca, Mg และ Fe ดังนั้นการปลูกต้นเยอบีร่ากระถางในระบบ NFT ควรปลูกที่ระดับความเข้มข้นธาตุอาหาร EC 3.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และใช้ Fe-EDTA เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีราคาถูกและการเจริญเติบโตของต้นเยอบีร่าดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. **การให้ปุ๋ยทางใบ.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. **การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549. การปลูกพืชในระบบ NFT (Nutrient Film Technique). น. 1-33. *ใน* **เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 7.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. 25-27 มกราคม 2549.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2552. "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 10.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Duong Tan Nhut, Truong Thi Thuy An, Nguyen Thi Dieu Huong, Nguyen Trinh Don, Nguyen Thanh Hai, Nguyen Quoc Thien, Nguyen Hong Vu. 2007. Effect of genotype, explant size, position, and culture medium on shoot generation of *Gerbera jamesonii* by receptacle transverse thin cell layer culture. **Scientia Horticulturae.** 111:146-151.

Foth, H. D. and B. G. Ellis. 1996. **Soil Fertility.** Michigan State University.

Issa, M., G. Ouzounidou, H. Maloupa, H.I. Constantinidou. 2001. Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrates and heating systems. **Scientia Horticulturae.** 88:215-234.

Larry, M. 1998. Micronutrient Fertilizers. **Crop Production.** 1:165-195.

Lindsay, W. L., J. F. Hodgson and W. A. Norvell. 1967. The physico-chemical equilibrium of metal chelates in soils and their influence on the availability of micro nutrient cations. **Intern. Soc. Soil Sci. (Scotland 1966) Trans.** Comm. II and IV, 305-316.