



14369

เรื่อง

การเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด ต่อดันแกลดีโอลิสและมะเขือเทศ  
ในการปลูกพืชไร้ดิน

Comparison of two Fe-EDTA Sources on Gladiolus and Tomato grown  
in Soiless Culture



T099832

โดย

นาย สุรชัย รักษาชาติ



*[Signature]*

(ผศ.ดร. อธิวิมล นันทกิจ)  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รฟ.  
๙๔๘๗ก  
๒๕๓๖

*[Signature]*  
.....  
(ศ.ดร. สุวิตร ภูวโรตม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
รับเดือนปี.....

วันที่... 7 เดือน... ๒๕... พ.ศ. ๓๖

รฟ.  
๙๔๘๗ก  
๒๕๓๖



ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วง ได้ก็เนื่องจากความกรุณาและความอนุเคราะห์  
จากท่านอาจารย์ทุกท่าน ที่มีพระคุณประสิทธิ์ประสาทความรู้และอบรมศาสตร์ต่างๆ ให้กับข้าพเจ้า  
โดยเฉพาะ ท่านอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ  
ฉบับนี้ของข้าพเจ้า ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษาทั้ง ในด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ตลอดจนคำแนะนำและคำสั่ง  
สอนต่างๆ อันมีค่ายิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง ที่คอยแนะนำทำปฏิบัติการมาโดยตลอด

คุณสำราญ ช้างน้อย คอยให้ความช่วยเหลือและความสะดวกเรื่อยมา

คุณกวิณ สันติเกษมวงศ์ ที่ให้ความรู้ แนวทางและเทคนิคต่างๆ มากมาย

คุณวิไล ปั้นปิตานุสรณ์ กรุณาแนะนำ และทำการถ่ายภาพให้

เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การดำเนินการเป็นไปอย่างราบรื่น

บรรดาเพื่อนๆ ทุกคน ที่อุทิศทั้งกำลังกายและกำลังใจช่วยเหลือข้าพเจ้า

เหนือสิ่งอื่นใด ข้าพเจ้าขอกราบแทบเท้าพระคุณขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ของข้าพ  
เจ้าที่ให้ข้าพเจ้าล้มตามาดูโลก เลี้ยงดูอบรม ตลอดจนให้การศึกษากับข้าพเจ้า

สรชัย รักษาชาติ

เมษายน 2536

การเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด ต่อดันแกลดีโอลัสและมะเขือเทศ ในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

Comparison of two Fe-EDTA Sources on Gladiolus and Tomato grown  
in Soiless Culture

การทดลองนี้ศึกษาเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด คือ Fe-EDTA ที่เตรียมจาก  $\text{FeSO}_4 + \text{EDTA}$  ที่ใช้ในทางการค้า และ Fe-EDTA ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ที่มีต่อดันแกลดีโอลัส (Gladiolus hytarid) และมะเขือเทศ (Lycopersicon esculentum) ในระบบปลูกพืชไร้ดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง แบบ Least significant difference test ผลการทดลองการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต, น้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง และการดูดใช้ธาตุอาหารของแกลดีโอลัสและมะเขือเทศ พบว่า เป็นไปในลักษณะเดียวกันคือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด แต่จะมีความแตกต่างระหว่างทุกตำรับการทดลองที่มีเหล็กกับตำรับการทดลองที่ไม่มีเหล็ก

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
1) การปลูกพืชไร่ดิน	3
2) คุณสมบัติบางประการของธาตุเหล็ก	10
3) บทบาทของธาตุเหล็กต่อพืช	14
4) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแกลดีโอลด์ส์	15
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
ผลการทดลอง	25
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
ข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	32

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรของธาตุอาหารที่ใช้สำหรับเตรียมน้ำยาเลี้ยงต้นพืช	7
2	สูตรสารละลายจุลธาตุอาหารพืช	8
3	ชื่อย่อ ชื่อทางเคมี และชื่อทางการค้าของคีเลตจุลธาตุบางชนิด	12
4	ความเข้มข้นของจุลธาตุในเนื้อเยื่อพืช	15
5	องค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Leasaint" pH 5.8	20
6	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของลำต้นแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	33
7	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของลำต้นแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	34
8	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	35
9	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	35
10	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุไนโตรเจน ส่วนของลำต้นแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	37
11	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุไนโตรเจน ส่วนของรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	38
12	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุฟอสฟอรัส ส่วนของลำต้นแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	39
13	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุฟอสฟอรัส ส่วนของรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	40
14	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของลำต้นมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	41

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของลำต้นมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	42
16	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของรากมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	43
17	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของรากมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	44
18	แสดงปริมาณการใช้น้ำของต้นแกลดิโอลัส	45
19	แสดงปริมาณการใช้น้ำของต้นมะเขือเทศ	46

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	แสดงประเภทของการปลูกพืชไร้ดิน	5
2	แสดงสูตรโครงสร้างของ Fe-EDDHA และ Fe-EDTA	11
3	แสดงการเตรียม Fe-EDTA	23
4	แสดงการทดลองปลูกพืชในระบบ Hydroponic	24
5	แสดงน้ำหนักสดของส่วนต้นและรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	48
6	แสดงน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	49
7	แสดงร้อยละของธาตุไนโตรเจนของส่วนต้นและรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	50
8	แสดงการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของส่วนต้นและรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	51
9	แสดงร้อยละของธาตุฟอสฟอรัสของส่วนต้นและรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	52
10	แสดงการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสของส่วนต้นและรากแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	53
11	แสดงความสูงของลำต้นแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	54
12	แสดงเส้นรอบวงของช่อดอกแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	55
13	แสดงความยาวของช่อดอกแกลติโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	56

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	๐	หน้า
14	แสดงน้ำหนักของช่อดอกแกลติโอล์ส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	57
15	แสดงจำนวนดอกใน 1 ช่อ ของแกลติโอล์ส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	58
16	แสดงน้ำหนักสดของส่วนของลำต้นและรากมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	59
17	แสดงน้ำหนักแห้งของส่วนของลำต้นและรากมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด	60
18	แสดงใบของแกลติโอล์สที่ขาดธาตุเหล็ก มีอาการ Chlorosis	61
19	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนดอกและลักษณะช่อดอกแกลติโอล์ส ที่ปกติกับที่ขาดธาตุเหล็ก	62
20	แสดงรากแกลติโอล์สปกติ	63
21	แสดงรากแกลติโอล์สที่ขาดธาตุเหล็ก	64

## คำนำ

ในการศึกษาและค้นคว้าระบบการปลูกพืชไร้ดิน ปัจจุบันเป็นไปอย่างกว้างขวาง ได้รับความสนใจจากองค์กรและหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งผู้สนใจมากขึ้นเรื่อยๆ แต่กระนั้นยังอยู่ในวงจำกัด ซึ่งอุปสรรคหนึ่งก็คือ เรื่องของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารนั้นมีราคาสูง เพราะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ การพัฒนาวิชาการแขนงนี้ในประเทศ จึงยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควรจะเป็น

ด้วยเหตุนี้ ถ้าสามารถลดต้นทุนของสารเคมีลงได้โดยการนำสารเคมีที่มีอยู่แล้วในประเทศมาปรับปรุง และใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อระบบการปลูกพืชไร้ดิน ในแง่ของการเตรียมสารละลายธาตุอาหารได้ก็จะเกิดผลคืออย่างมาก รายงานการทดลองฉบับนี้จึงมุ่งศึกษาเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร จากการตระเตรียมขึ้นใช้เองและจากสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่ต้องสั่งซื้อมา โดยการศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่ธาตุเหล็ก เพราะเป็นจุลธาตุที่พืชต้องการมากที่สุด ทั้งยังมีราคาสูงมากด้วย การใช้ธาตุเหล็กให้ได้ประโยชน์สำหรับพืช ธาตุเหล็กต้องอยู่ในรูปสารคีเลต การทดลองจึงเป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของธาตุเหล็ก 2 ชนิดคือชนิดที่เตรียมขึ้นเองจาก  $\text{FeSO}_4 + \text{EDTA}$  และ  $\text{Fe-EDTA}$  ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการทดลองที่ได้คาดว่าจะ เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการลดต้นทุนการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืชไร้ดินได้ต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Fe-EDTA ที่เตรียมขึ้นจาก Fe-SO<sub>4</sub> + EDTA และ Fe-EDTA ที่ใช้ในท้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาความแตกต่างของแกลดีโอลีสและมะเขือเทศที่ได้รับธาตุเหล็กกับที่ขาดธาตุเหล็ก
3. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นแกลดีโอลีสและต้นมะเขือเทศในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

## ตรวจเอกสาร

### 1. การปลูกพืชไร้ดิน (Soiless Culture)

การปลูกพืชไร้ดิน เป็นศิลป์และศาสตร์ของการปลูกพืชในรูปแบบใหม่ ซึ่งกระทำโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชและปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีวัสดุปลูกที่ไม่มีธาตุอาหารพืช (ทศย์และสรสิทธิ์, 2531) เป็นตัวยึดรากและต้นพืช การปลูกพืชชนิดนี้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาต่างๆ ที่เกิดกับดิน เช่น ดินเป็นพิษ ดินมีคุณภาพต่ำ เป็นกรดจัด หรือเค็มจัด การขาดแคลนน้ำ รวมทั้งสามารถควบคุมระยะเวลาและปริมาณของผลผลิต (พรชัย และวิบูลย์, 2531)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการตื่นตัวในการศึกษาระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกันมากในปัจจุบัน แต่ในความเป็นจริงการปลูกพืชระบบนี้ได้มีการศึกษาและปฏิบัติมาแต่โบราณแล้ว เช่น สวนลอยของบาบิโลน (Hanging Gardens) ของชาวบาบิโลน สวนลอยของพวกเอเชเทค ในเม็กซิโก ในตะวันออกไกล (พรชัยและวิบูลย์ 2531) หรือการทดลองของทีโอฟราสทัส (Theophrastus) ก่อนคริสต์ศักราช 327-287 ปี ดีออสโคไรด์ (Dioscorides) อยู่ในช่วงศตวรรษแรกของคริสต์ศักราช ได้เขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ที่ยังมีปรากฏอยู่จนถึงปัจจุบัน จากนั้นวิทยาการด้านนี้ก็ได้รับการศึกษาต่อมาเรื่อยๆ ในปี ค.ศ. 1860-5 Seachs และ Knop นักสรีรวิทยาของพืชชาวเยอรมันได้รับการยกย่องว่า เป็นผู้เริ่มต้นของการปลูกพืชไม่ใช้ดินด้วยวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ปี ค.ศ. 1920-1930 Dr. William F. Gerick ได้ปลูกมะเขือเทศในสารละลายและเรียกวิธีการปลูกพืชชนิดนี้ว่า Hydroponic (ถวัลย์, 2534)

คำว่า "Hydroponic" มาจากคำในภาษากรีกสองคำ คือคำว่า "hydor" หมายถึง น้ำ และ "ponos" หมายถึง งาน ซึ่งเมื่อรวมความหมายก็คือ "Water-working" หรือ "การปฏิบัติงานเกี่ยวกับน้ำ" แต่โดยความหมายจริงๆ นั้น ได้มีความเกี่ยวข้องกับการใช้สารละลายหรือการใช้ปุ๋ยเคมีกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในระบบการปลูกพืชไร้ดินนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ (พรชัย และวิบูลย์, 2531)

#### 1. การปลูกโดยรากลอยอยู่ในอากาศ

ระบบนี้สารละลายธาตุอาหารจะผสมอยู่อีกที่หนึ่งมีการตั้งเวลาที่เหมาะสมที่จะพ่นสารละลายธาตุอาหารเป็นละอองไปที่รากพืช ไม่ให้รากพืชแห้ง มีการควบคุมความชื้น อุณหภูมิ

## 2. ปลูกในวัสดุปลูก

เป็นการอาศัยวัสดุเครื่องปลูกต่างๆ สำหรับให้รากยึดและค้ำจุน วัสดุปลูกที่นิยมใช้มักเป็นกลาง ไม่มีสารอาหารหรือธาตุอาหารพืช

## 3. ปลูกในน้ำสารละลายธาตุอาหารพืช

ในการปลูกด้วยระบบนี้ รากพืชต้องได้รับออกซิเจนให้เพียงพอ มิฉะนั้นจะทำให้รากพืชเน่าได้ ซึ่งสามารถให้ออกซิเจน โดยใช้ปั๊มลมในกรณีที่ปลูกในอ่างน้ำนิ่ง หรือการปลูกในน้ำที่ไหลต่อเนื่องตลอดเวลา

การปลูกในแต่ละแบบอย่างนั้นมีข้อดี-เสีย ต่างกันไปตามความเหมาะสมของการใช้งาน ในแผนภาพ 1 แสดงการสรุปการปลูกพืชไม่ใช้ดินในรูปแบบต่างๆ

วัสดุที่ใช้ในการปลูกพืชระบบนี้ คือวัสดุใดที่ไม่ใช้ดิน ซึ่งผู้ปลูกต้องแสวงหาปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นที่พืชต้องการที่ดินเคยให้อยู่มาแทนได้อย่างเหมาะสม (สรสิทธิ์, 2531) วัสดุปลูกมีมากมายหลายชนิด ส่วนมากจะต้องเป็นของแข็งซึ่งต้องมีการระบายถ่ายเทอากาศดี อุ่นน้ำได้ดี และจะต้องค้ำจุนต้นและรากพืชได้ดี (ทัศนีย์ และสรสิทธิ์, 2531)

วัสดุปลูกที่ใช้กันอยู่อาจจำแนกได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ (มนตรี, 2531)

### 1. วัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์ แบ่งออกได้ 3 พวก คือ

1.1 พวกที่เป็นอนุภาค เช่น กรวด ทราย Vermiculite, Perlite

1.2 พวกที่เป็น Foam ซึ่งเป็นวัสดุสังเคราะห์ เช่น PE, PF, VF Culture

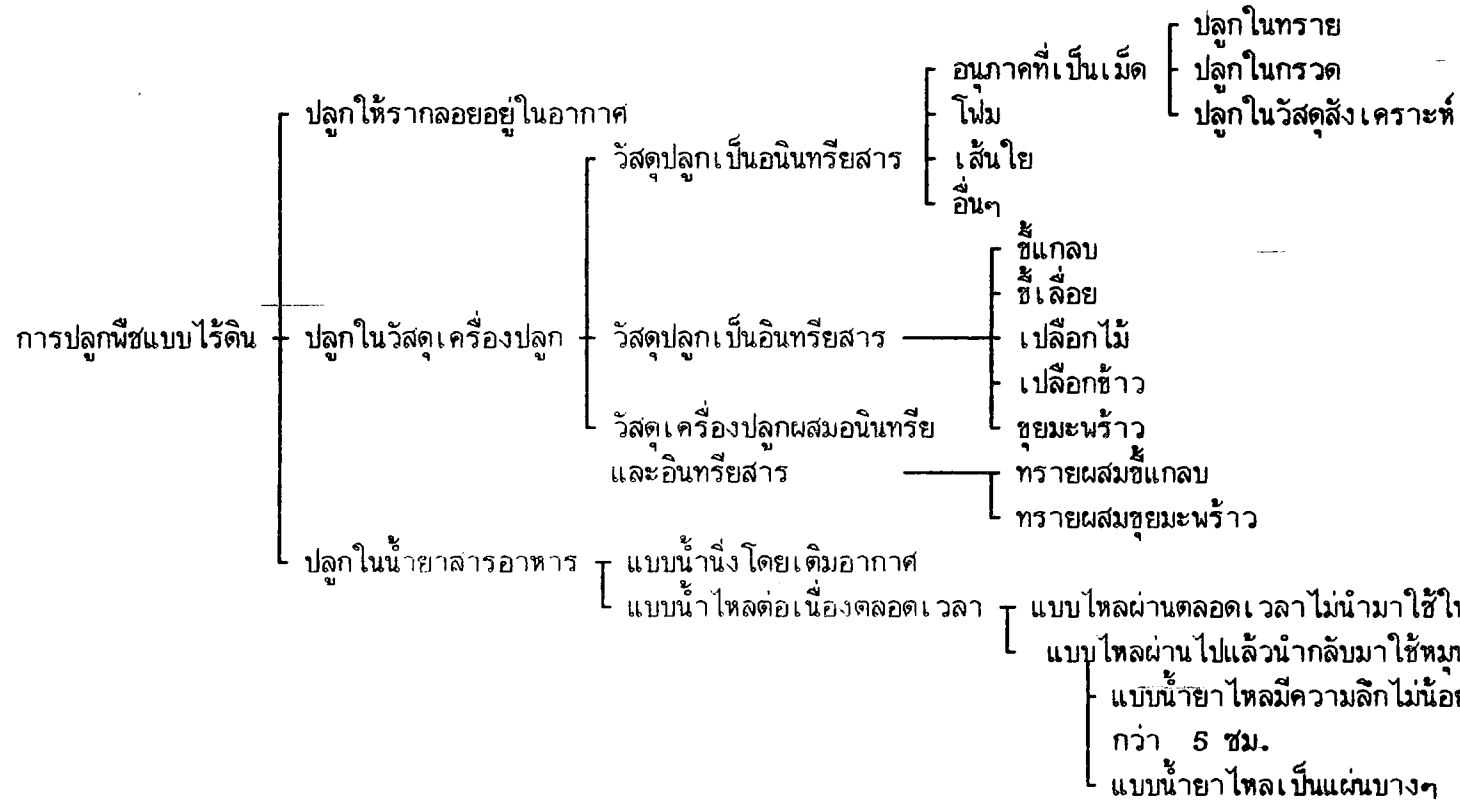
1.3 พวกที่เป็นเส้นใย เช่น Rockwool culture เป็นวัสดุที่มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีความหนาแน่นรวมต่ำ มีรูพรุนมาก อุ่นน้ำได้ดี และมีความสามารถในการถ่ายเทอากาศได้ จึงเป็นวัสดุปลูกที่นิยมใช้มาก

### 2. วัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น Peat moss, ขี้เลื่อย, ขี้เถ้าแกลบ

### 3. วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารผสมกัน เช่น ทรายผสมขี้แกลบ, ทรายผสมขุยมะพร้าว

วัสดุปลูกเหล่านี้ในประเทศไทยหาได้ไม่ยาก เพราะเป็นของเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม ซึ่งบางครั้งมีมากจนเกิดปัญหาในการขนไปทิ้ง

รูปแบบระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน



ภาพที่ 1 แสดงประเภทของการปลูกพืชไร้ดิน

ในการปลูกพืชไร่ดิน สิ่งสำคัญที่ต้องกล่าวถึงประการหนึ่งคือ เรื่องของสารละลายธาตุอาหารพืช การศึกษาและพัฒนาในส่วนของสารละลายธาตุอาหารพืชนี้ ได้กระทำต่อเนื่องเป็นเวลานานแล้ว มีการทดลองและวิจัยการทำสูตรของสารละลาย รวมถึงปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช จากนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น ในปี ค.ศ. 1865 Seachs และ Knop พบว่ามีธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก (macronutrients) ได้แก่ N, P, K, Ca, Mg และ S รวมถึงธาตุที่พืชต้องการปริมาณน้อย (micronutrients) แต่ไม่ทราบว่ามิอะไบบ้าง ในช่วงหลังปี ค.ศ. 1900 การค้นคว้าด้านนี้เป็นไปอย่างกว้างขวาง มีนักวิทยาศาสตร์และนักสรีรวิทยาของพืชหลายท่านสนใจงานด้านนี้ เช่น John Shive, W.R. Robbins, D.R. Hoagland, Daniel Arnon, A.L. Somer, Perry Shout และ E.J. Hewitt สูตรธาตุอาหารต่างๆ ถูกพัฒนาให้มีความสมบูรณ์ และถูกต้องกับความต้องการของพืชมากขึ้น จากตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบของสูตรธาตุอาหารต่างๆ จะเห็นว่าธาตุหลักเพียงตัวเดียวที่เป็นจุลธาตุอาหารที่ต้องใส่ลงในสูตรอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากจุลธาตุอาหารตัวอื่นๆ ส่วนใหญ่จะปนเปื้อนกับน้ำที่ใช้แล้ว อย่างไรก็ตามสามารถเติมจุลธาตุอาหารจากสารละลาย A-Z Solution 1 cc. ต่อสารละลาย 1 ลิตร ลงในสารละลายธาตุอาหารได้ ถ้าพบว่าการขาดจุลธาตุอาหารเกิดขึ้น (มันส์, 2525)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหารมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง ในช่วง pH 5.5-6.5 เป็นช่วงที่พืชทั่วไปเจริญได้ดีที่สุด ถ้า pH ต่ำกว่า 5 การดูดธาตุอาหารพวกประจุบวก เช่น  $K^+$  จะถูกยับยั้งมากกว่าพวกประจุลบ เช่น  $NO_3^-$  และถ้า pH สูงกว่า 7 การดูดประจุลบของรากก็จะถูกยับยั้งมากกว่าประจุบวก รากจะปลดปล่อย  $H^+$  เมื่อมีการดูดประจุบวก สารละลายก็จะมี pH ลดลง หรือมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามรากจะปลดปล่อย  $HCO_3^-$  และ  $OH^-$  เมื่อมีการดูดประจุลบมากกว่าประจุบวก pH ของสารละลายจะมีค่าสูงขึ้น (ทัศนีย์และสรสิทธิ์, 2531)

การปรับ pH ของสารละลายธาตุอาหาร ทำได้โดย ถ้าสารละลายธาตุอาหารเป็นด่าง (pH สูง) จะใช้กรด เช่น กรดกำมะถัน หรือกรดเกลือเจือจางเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร แต่ถ้าเป็นกรด (pH ต่ำ) ก็จะใช้ด่าง เช่น KOH, NaOH หรือปูนขาว ปรับให้ pH ได้ระดับที่ต้องการ

ตารางที่ 1 สูตรธาตุอาหารที่ใช้สำหรับเตรียมน้ำยาเลี้ยงต้นพืช

Knop's 1860		Pfefer's 1900		Crones' 1902	
	g/l		g/l		g/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.8	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.8	$\text{KNO}_3$	1.0
$\text{KNO}_3$	0.2	$\text{KNO}_3$	0.2	$\text{FePO}_4$	0.25
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.2	$\text{MgSO}_4$	0.2	$\text{CaSO}_4$	0.25
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.2	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.2	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.25
$\text{FePO}_4$	Trace	$\text{KCl}$	0.2	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0.25
		$\text{FeCl}_3$	Trace		

Shive's, 1915			One of Duggar's, 1920		Knudson's B, 1922	
	Next					
	Best	best		app.		
	g/l			g/l		g/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.228	1.842	$\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$	1.0	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.0
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	2.45	1.47	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.5	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.25
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	3.70	0.49	"soluble ferric		$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.25
Fe 1 ml of 0.5%			phosphate"	1.0	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.50
"Soluble ferric phosphate"			$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	0.5	$\text{FePO}_4$	0.05
			$\text{KNO}_3$	1.5	(insoluble)	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Hoagland's, 1920		Hoagland's solution 2	
	g/l		g/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.18	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.95
$\text{KNO}_3$	0.51	$\text{KNO}_3$	0.61
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.49	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.49
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.14	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.12
Ferric tritrate	0.005	Ferric tritrate	0.005

ตารางที่ 2 สูตรสารละลายธาตุอาหารพืช

## Hass and Reed's A-Z Solution

	g/l		g/l
$\text{H}_3\text{BO}_3$	0.6	KBr	0.03
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.4	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.05
$\text{ZnSO}_4$	0.05	LiCl	0.03
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.05	$\text{TiO}_2$	0.03
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0.05	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.03
KI	0.03	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.05

ปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH จะได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตาม สามารถหาได้เองจากการค่อยๆ เติมกรดลงในน้ำและวัดค่า pH ที่เปลี่ยน และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดที่ใช้กับการเปลี่ยนค่า pH หลังจากนั้นสามารถคำนวณปริมาณกรดที่ต้องใช้ต่อปริมาณสารละลายที่ต้องการได้ (อิทธิสุนทร, 2533)

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร บอกในรูปของค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ซึ่งมีหน่วยเป็น  $\text{mS/Cm}$  ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพืชทั่วไปอยู่ในช่วง 2-4  $\text{mS/Cm}$  ถ้าสูงกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อพืช (ทัศนีย์และสรสิทธิ์ 2531) การวัดค่าการนำไฟฟ้าควรวัดอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (Schwarz, 1968) ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกพืชในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ความเข้มข้นของสารละลายอาจจะลดลง ซึ่งต้องทำการปรับโดยเติมอาหารจาก Stock solution เพิ่มเข้าไป (Benoit and Clusermans, 1985) แต่ถ้าเกิดมีกรณีที่ค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินกว่าระดับที่ต้องการก็จะทำการปรับโดยเติมน้ำลงไป

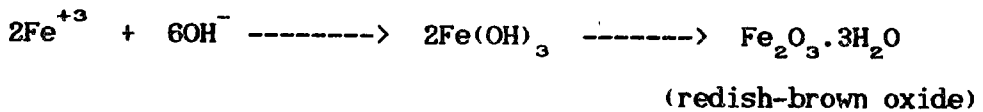
อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อการดูดสารประกอบจำพวกเกลือ โดยจะดูดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น (มันส์, 2525) จากการทดลองปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหารที่มีอุณหภูมิ 15-30 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นการดูดใช้ธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตทางลำต้นและราก แต่กลับมีผลน้อยต่อผลผลิตรวม (Pack Chong and Tadashi Ito, 1982)

F.C. Steward กล่าวว่า การให้ออกซิเจน กับรากพืชเป็นสิ่งสำคัญมาก การพืชต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ดูดแร่ธาตุต่างๆ พืชที่ไม่ได้รับออกซิเจนในระหว่างการปลูกจะไม่เติบโตหรืออาจตายได้ เพราะมี  $\text{CO}_2$  สะสมมากขึ้นอยู่ในรูป bicarbonate ions ทำให้ตัวกลางนั้นเป็นพิษต่อรากพืช ซึ่งไปรบกวนการหายใจและการดูด ions ต่างๆ ของรากพืช (มันส์, 2525)

น้ำที่ใช้สำหรับการเตรียมสารละลายควรเป็นน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ เช่น น้ำฝน น้ำกรอง แต่ถ้าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อการค้าก็อาจจะใช้น้ำบาดาล หรือน้ำจากแม่น้ำ ลำธารที่ผ่านการกรองสารแขวนลอยต่างๆ ออกแล้ว จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำ แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณสารอาหารและกรดที่จะใส่ลงในน้ำเพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหาร (อิทธิสุนทร, 2533) ถ้าหากเป็นงานทดลองก็ควรจะใช้น้ำกลั่นบริสุทธิ์

### คุณสมบัติบางประการของธาตุเหล็ก

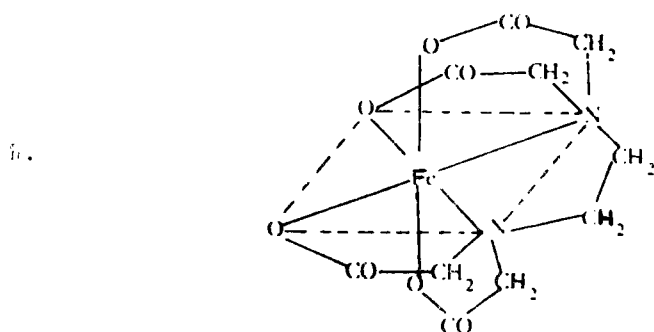
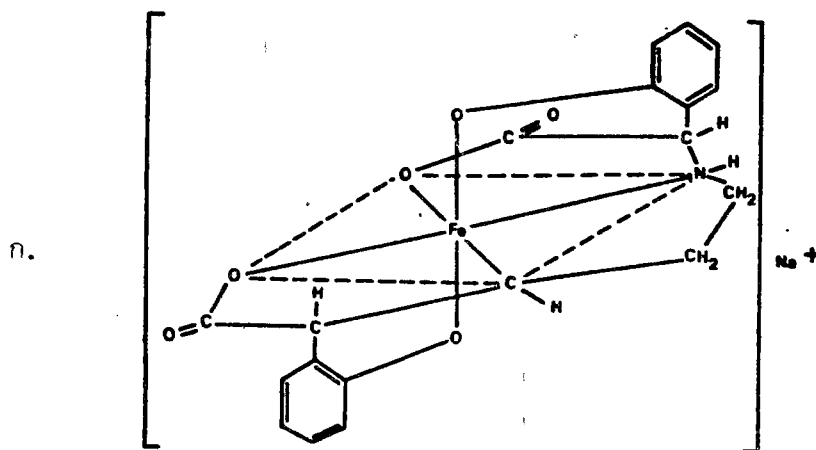
ธาตุเหล็ก เป็นหนึ่งในธาตุอาหารพืชที่ต้องการในจำนวนน้อย (จุลธาตุอาหาร) ซึ่งถ้าพืชได้รับเกินพิกัดบน (maximum limit) พืชก็จะแสดงอาการเป็นพิษ แต่ถ้าได้รับต่ำกว่าพิกัดล่าง (minimum limit) พืชก็จะตอบสนองต่อการใส่ และถ้าหากขาดแคลนมากก็จะแสดงอาการขาด (โพบูลย์, 2523) เหล็กเป็นธาตุที่ละลายได้ค่อนข้างยากในน้ำยาเลี้ยงต้นพืช เมื่อใส่ลงไป ในรูปของเกลือ Inorganic โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสารละลายมี pH > 5 เนื่องจากประจุบวกของธาตุเหล็กจะทำปฏิกิริยากับประจุลบของ Hydroxy ions เสียก่อน และตกตะกอนออกมาในรูปของ Hydrous metal oxides ตัวอย่างเช่น เมื่อเติมธาตุเหล็กลงไป ธาตุเหล็กจะทำปฏิกิริยากับ OH<sup>-</sup> ทำให้เกิดตะกอนสี redish-brown oxide ออกมาดังปฏิกิริยา



เพื่อป้องกันไม่ให้ธาตุเหล็กตกตะกอนเสียก่อนที่พืชนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงเติมธาตุเหล็กไปในรูปของ Chelates (มัลส์, 2525)

Chelates เป็นคำที่มาจากภาษากรีก ซึ่งหมายความว่า เป็น "กรงเล็บ" (Claw) ซึ่งมีคุณสมบัติยึดถือหรืออุ้มอุบลวกไว้อย่างเหนียวแน่น และไม่ยินยอมให้อ่อนบวกล่ามันไปทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ซึ่งมักก่อให้เกิดขบวนการตกตะกอน (สุนทร, 2528) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลธาตุอาหารที่เป็นบวกทั้ง 4 คือ Fe, Mn, Cu และ Zn สารคีเลตจะห้อมล้อมจุลธาตุอาหารเหล่านี้ จนไม่เปิดโอกาสให้อ่อนบวกลื่นๆ ยึดมือ (bond) เข้าไปเกาะกับโลหะธาตุที่เป็นประจุบวก หรือจุลธาตุอาหารได้ (โพบูลย์, 2523) หรือกล่าวอย่างง่ายๆ ก็คือ เกิดแปรรูปเป็นตะกอนไฮดรอกไซด์ของโลหะยากขึ้น ซึ่งในที่สุดจุลธาตุอาหารเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างแท้จริง (Follet et al, 1981)

ดังนั้น คุณสมบัติโดยทั่วไปของสาร Chelates สิ่งเคราะห์ที่สำคัญก็คือลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการคงสภาพสัมพันธ์กับธาตุโลหะต่างๆ ในรูปของโลหะ Chelates เชิงซ้อน (สุนทร, 2528)



ภาพที่ 2 ก. สูตรโครงสร้างของ Fe-EDDHA

ข. สูตรโครงสร้างของ Fe-EDTA

ชื่อย่อ ชื่อทางเคมี และชื่อทางการค้าของคีเลตจุลธาตุบางชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ชื่อย่อ ชื่อทางเคมี และชื่อทางการค้าของคีเลตจุลธาตุบางชนิด

ชื่อย่อ	ชื่อทางเคมี	ชื่อทางการค้า
EDTA *	Ethylenediamine tetraacetic acid	Sequestrene AA
NaFeEDTA	Mono sodium ferric ethylenediamine tetraacetate	Sequestrene NaFe
Na <sub>2</sub> FeEDTA	Disodium ferric ethylenediamine tetraacetate	Versene Iron Chelate
Na <sub>2</sub> ZnEDTA	Disodium zinc and disodium manganese chelates of EDTA	Sequestrene Na <sub>2</sub> Zn
Na <sub>2</sub> MnEDTA		Sequestrene Na <sub>2</sub> Mn
DTPA *	Diethylene triamine pentaacetic acid	Chel 330
NaFeDTPA	Mono sodium ferric diethylenetriamine pentaacetate	Sequestrene 330 Fe
HEEDTA *	Hydroxyethyl ethylene diaminetriacetic acid	Versenol (referred to also as EEDTA, HEDTA, and EDTAOH)
NaFeHEEDTA	Mono sodium ferric hydroxyethylene diaminetriacetate	Versenol Iron Chelate Perma Green Iron 135
CDTA *	Cyclohexane trans 1,2-diamino tetraacetic acid	Chel 660
NaFeCDTA	Mono sodium ferric cyclohexane trans 1,2-diamino tetraacetate	Chel 600 NaFe (Experimental only)

## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชื่อย่อ	ชื่อทางเคมี	ชื่อทางการค้า
EDDHA* or EHPG HFeEDDHA	Ethylenediamine di(o)-hydroxy- phenylacetic acid Ferric chelate of EDDHA	Chel 138 or APCA Chel 138 HFe of Sequestrene 138
RA156Fe	Ferric phenolic polyamino acrboxy- lic acetate; derivative of Chel 138 HFe	Geigy (Experimental only)
DHEEDDA	Dihydroxyethyl ethylenediamine- diacetic acid	Versendiol
NTA	Nitrilotriacetic acid	
BAETA	Bis [(dicarboxymethyl) aminoethyl] -ether	
BASTA	Bis [(dicarboxymethyl) aminoethyl] -sulfide	
PF	A byproduct fraction of paper pulp	Rayplex

\* มีจำหน่ายทั่วไปเป็นกรด และเกลือโซเดียมของกรดนั้น

### บทบาทของธาตุเหล็กที่มีต่อพืช

แม้ว่าธาตุเหล็กเป็นจุลธาตุอาหารพืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับธาตุอาหารหลักแต่กระนั้นก็มีอาจขาดได้

ในบรรดาจุลธาตุอาหารด้วยกัน ธาตุเหล็กเป็นธาตุที่พืชต้องการมากที่สุดดังตารางที่ 4 ธาตุเหล็กมีหน้าที่สำคัญหลายอย่างในขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช แม้ว่าธาตุเหล็กส่วนใหญ่ที่พืชดูดเข้าไปจะอยู่ในรูป ferric ( $Fe^{3+}$ ) แต่เป็นที่ยอมรับว่าธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปของ ferrous ( $Fe^{2+}$ ) มีความสำคัญในกิจกรรมเมตาโบลิซึมเช่นกัน (มันส์, 2525)

ในปี ค.ศ.1962 Mortenson et al. (1962) ค้นพบว่า ธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบของ Ferredoxin ในขบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของโปรตีน (Burris, 1966) มีการค้นพบว่า ธาตุเหล็กมีส่วนในขบวนการลดออกซิเจนของ  $NO_3^-$  และ  $NO_2^-$  ในขบวนการตรึงไนโตรเจน (Losada et al., 1965; Betts and Hewitt, 1966; Joy and Hageman, 1966) ปี ค.ศ.1955 Wallihan พบว่าธาตุเหล็กกับปริมาณของ Chlorophyll มีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี ต่อมา มีการพบว่า ธาตุเหล็กมีความสำคัญในขบวนการสังเคราะห์ Chlorophyll แต่บทบาททางเคมีเกี่ยวกับการสังเคราะห์และการสลายตัวของ Chlorophyll ก็ยังไม่ทราบแน่นอน (Hugh G. Gauch, 1972)

เมื่อพืชขาดธาตุเหล็กจะมีการสีขาหรือเหลืองซีดๆ ที่เรียกว่า Chlorosis โดยเฉพาะที่ใบอ่อน ส่วนใบแก่บางครั้งอาจไม่แสดงอาการ ทั้งนี้เนื่องจากธาตุเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ (Immobile) และการขาดธาตุเหล็กของพืชยังขัดขวางการสร้าง chloroplast ซึ่งมิผลให้การสังเคราะห์โปรตีนถูกขัดขวางไปด้วย จึงเป็นสาเหตุทำให้ใบพืชที่เกิด chlorosis ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ (มันส์, 2525; ไพบูลย์, 2523; Jacobson และ Oertli, 1965) รากพืชที่ขาดธาตุเหล็กจะมีลักษณะสั้น, อ้วน, ปลายรากบวมพอง และมีสีน้ำตาล (Alloush and Sonders, 1990)

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของจุลธาตุในเนื้อเยื่อของพืช (จาก Hausenbuiller, 1978)

ชื่อธาตุอาหาร	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช (% โดยน้ำหนัก)		
	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
เหล็ก (ppm)	10-80	30-150	ปกติไม่มีมากจนเกิดเป็นพิษต่อพืช
แมงกานีส (ppm)	5-20	15-100	ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเหล็กและแมงกานีสในดิน (Fe:Mn ratio) คือ อาจจะเมื่อมีมากกว่า 1,000 ขึ้นไป
ทองแดง (ppm)	3-5	5-15	20 ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเหล็กกับทองแดง (Fe:Cu ration)
สังกะสี (ppm)	15	10-50	200-500
โบรอน (ppm)	2-15	5-50	75-300
โมลิบดีนัม (ppm)	0.1-0.3	1-100	ปกติไม่เป็นพิษต่อพืช
คลอรีน (%)	0.2	0.2-1.0	0.5-2.5

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแกลดีโอลัส

แกลดีโอลัส หรือ ซ่อนกลิ่นฝรั่ง เป็นพืชในตระกูล Iridaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gladiolus hytarid* มีชื่อสามัญว่า "Sword lily" (แสงธรรม, 2516) *Gladiolus* มาจากภาษาลาตินว่า *Gladius* ซึ่งแปลว่า "ดาบ" เพราะมีใบเล็กยาว ปลายแหลม มีลักษณะเหมือนดาบฝรั่ง *Gladiolus* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแอฟริกาใต้และยุโรปตอนใต้ (ปิฎกฐะ, 2529)

*Gladiolus* เป็นพันธุ์ไม้ดอกที่มีก้านดอกยาว มีดอกหลายสี เช่น ขาว ครีม ชมพู ส้มปนแห้ง เหลือง แดงเข้ม ม่วง ทั้งนี้สามารถแยกประเภทตามฤดูที่ออกดอกได้ 2 ประเภท คือ

1. พวก Early flowering ดอกจะบานในตอนปลายฤดูหนาว และต้นฤดูใบไม้ผลิ มีทั้งชนิดพันธุ์เดี่ยวเช่น *Gladiolus eolvilli* และชนิดพันธุ์สูงคือ Herald และ Tubergenii

2. พวก Summer-flowering ดอกบานในฤดูร้อน เป็นพวกลูกผสม ซึ่งแบ่งเป็นพวก *Primulus Hybrids Large-Flowered* และ *Orchid Flower*

นอกจากนี้ยังแบ่งได้เป็นพวก Formal และ Informal โดยพวก Formal จะมีการจัดเรียงของช่อดอกภายในสม่ำเสมอ แต่ละดอกชิดกันและอยู่ตรงข้ามกันเป็นคู่ๆ ส่วนพวก Informal การจัดเรียงตัวของดอกไม้สม่ำเสมอ แต่ละดอกอยู่สลับกันภายในช่อ

อย่างไรก็ตามส่วนประกอบต่างๆ ของ *Gladiolus* สามารถแบ่งได้ดังนี้

**หัว (corm)** คือส่วนที่เจริญขึ้นจากการสะสมอาหารที่ส่วนฐานของใบ ต้นอ่อนจะงอกจากตาที่หัวและเจริญเติบโตขึ้นใบ ในหัว (corm) ขนาดใหญ่และสมบูรณ์เต็มที่ ตาข้างจะเจริญเป็นต้นด้วย ซึ่งแต่ละต้นใหม่ก็จะสร้างหัวใหม่ที่ฐานของต้นและยังมีหัวย่อย (cormel) เป็นจำนวนมากน้อยแล้วแต่พันธุ์ หัวย่อยแต่ละหัวจะเจริญเป็นหัวใหญ่ (corm) ต่อไป

**ราก (root)** มี 2 แบบ คือ รากที่เกิดจากหัวเดิม มีลักษณะเป็นรากย่อย เมื่อเกิดหัวใหม่ซ้อนทับบนหัวเก่า บริเวณรอยต่อของหัวเก่าและหัวใหม่จะมีไหล (Stolon) ออกมา มีลักษณะคล้ายราก ทำหน้าที่ทำอาหารและช่วยยึดลำต้น ที่ปลาย Stolon มีหัวย่อยเกิดอยู่ด้วย (นง เชาไฟ, 2534)

**ลำต้น** เป็นลำต้นเทียม (pseudostem) ค่อนข้างแบน เกิดจากกาบใบและโคนใบอยู่รวมกัน ส่วนลำต้นแท้ๆ นั้นอยู่ภายในหัว

**ใบ** ลักษณะใบยาวเรียวคล้ายดาบ มีเส้นใบขนานไปตามความยาวใบ มีหน้าที่สร้างอาหารและเก็บสะสมไว้ที่โคนใบ (corm)

**ช่อดอก** เป็นแบบ spike แบ่งตามลักษณะการจัดเรียงของดอก บานบนช่อดอกได้ 5 แบบ คือ

- ช่อดอกแบบ Full เวลาบานดอกเรียงแน่นทั้งช่อ
- ช่อดอกแบบ Medium ดอกเรียงกันในระยะห่างพอเหมาะ
- ช่อดอกแบบ Wild species ดอกน้อยและอยู่ห่างกัน เวลาดอกบานก็ไม่ติดกันในช่อดอกมีดอกประมาณ 2-3 ดอก
- ช่อดอกแบบ Spaced ดอกบานห่างกัน แต่ยังแน่นกว่าพวก Wild species
- ช่อดอกแบบ Primulinus ดอกบานเรียงเป็นแถวเดียว

ลักษณะดอก ดอกมีรูปร่างแบบกรวย (funnel shaped) มีเกสรตัวผู้ 3 อัน อยู่ในหลอด (tube) เกสรตัวเมีย 3 อัน ก้านเกสรตัวเมียยาว รังไข่มี 3 ช่อง (locules) สำหรับรูปดอกของแกลดีโอลิสแยกได้ 9 แบบ คือ

- Orchid type ลักษณะคล้ายดอกกล้วยไม้
- Triangular form รูปดอกเป็นรูปสามเหลี่ยม
- Common wide open เป็นดอกที่บานออกกว้าง
- Round petal form กลีบดอกกลมเรียบ
- Recurved or Rosebud type กลีบดอกม้วนออกคล้ายดอกกุหลาบ
- Needle point ปลายกลีบดอกแหลม
- Primulinus type เป็นแบบที่มี hood สำหรับป้องกันเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียไม่ให้ถูกละอองน้ำ
- Laciniated ตามขอบของกลีบดอกชนิดนี้เป็นรอยหยัก
- Ruffled petal ปลายกลีบดอกย่น

ลักษณะอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแกลดีโอลิสพันธุ์ต่างๆ จะออกดอกได้ดีเมื่อได้แสงตามต้องการ อุณหภูมิมีส่วนสัมพันธ์กับการยืตัวของลำต้น อุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องการคือ 40 °F ความเข้มของแสงหากเกินไปจะลดอัตราการเจริญเติบโต (แสงธรรม, 2516; Alexander, 1961)

## อุปกรณ์และวัสดุทดลอง

### 1. อุปกรณ์

1. ถังพลาสติกทรงสูง สีดำ ขนาด 25 ลิตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. สูง 20 ซม.)
2. ไม้อากาศ
3. แผ่นโฟม
4. วัสดุปลูก (ฟองน้ำ)
5. ขวดน้ำสีชา ขนาด 2.5 ลิตร
6. แผ่นไม้อัดเจาะรูรองขวดน้ำสีชา
7. เทลีสโกปกรองแผ่นไม้อัด
8. สายยาง ไม้อากาศ
9. สายไฟ
10. หัวทรายกระจายอากาศ
11. แผ่นพลาสติกสีขาว
12. ปลั๊กไฟ
13. เชือกฟาง
14. สารละลายธาตุอาหารพืช
15. น้ำกลั่น
16. ต้น Gladiolus
17. pH meter
18. Conductivity meter
19. กรวยน้ำ

## 2. วิธีทดลอง

การทดลองนี้ได้ถูกกระทำขึ้นที่ เรือนเพาะชำทดลอง และห้องปฏิบัติการทดลอง ภาค วิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง การทดลองนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Fe-EDTA 2 ชนิด คือ Fe-EDTA ที่เตรียมขึ้นจาก  $\text{FeSO}_4 + \text{EDTA}$  ชนิดที่ใช้ในทางการค้า กับ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (FLUKA) โดยนำมาทดลองปลูกกับต้นแกลดิโอลัส และต้นมะเขือเทศ

การปลูกแกลดิโอลัสกระทำโดยนำหัว (corm) มาเพาะในภาชนะที่มีน้ำ ให้ส่วนล่าง บริเวณที่จะเกิดรากของหัว (corm) จุ่มอยู่ในน้ำ จากนั้นให้ออกซิเจนโดยจุ่มหัวกระจายอากาศที่ต่อมาจากเครื่องปั๊มอากาศลงในน้ำ ทั้งนี้เพื่อที่จะให้ออกซิเจนกับต้นพืช ต่อมาเมื่อต้นอ่อนของแกลดิโอลัสงอกงามแข็งแรงดีแล้วจึงนำไปทำปฏิบัติการทดลอง โดยนำวัสดุปลูกซึ่งในการทดลองใช้ ฟองน้ำ ตัดเป็นแผ่นขนาดเท่ากับเส้นรอบวงของหัว (corm) พันให้รอบหัว แล้วนำไปใส่ในแผ่นโฟมนี้จะ เป็นแผ่นที่ใช้ปิดลงถึงพลาสติกสีดำซึ่งบรรจุสารละลายธาตุอาหาร (สารละลายธาตุอาหารในแต่ละถังต้องเติมธาตุเหล็กให้ถูกต้องตามความแตกต่างของตำรับการทดลอง (treatment) ด้วย) จากนั้นนำแผ่นโฟมที่มีหัว (corm) เสียอยู่เรียบร้อยแล้วมาวางบนถังพลาสติกสีดำ โดยให้ส่วนรากจุ่มอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ให้ออกซิเจนโดยใช้หัวทรายกระจายอากาศ ที่ต่อออกจากปั๊มอากาศจุ่มในถังสารละลายธาตุอาหาร นำผ้าพลาสติกสีขาวคลุมให้ทั่วถึงพลาสติกสีดำ เพื่อลดการระเหยของน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร นำขวดสีชาขนาด 2.5 ลิตร ที่ทำเครื่องหมายบอกปริมาตรน้ำไว้ที่ข้างขวดแล้ว มาใส่สารละลายธาตุอาหารให้เต็มขวด จากนั้นคว่ำลงบนถังสารละลายธาตุอาหาร โดยมีแผ่นไม้อัดเจาะรูตรงกลางรองรับปากขวดอยู่ เก็บข้อมูลในระหว่างการปลูก โดยบันทึกปริมาณการใช้น้ำและความสูงของแกลดิโอลัส สำหรับการปลูกมะเขือเทศก็กระทำเช่นเดียวกัน

การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ใช้ตามวิธีการเตรียมของ "Coic-Leasent" ที่มีความเข้มข้นของ  $\text{N} = 14.4 \text{ meq/l}$  (milliequivalent/ลิตร),  $\text{pH} = 5.8$  ซึ่งเป็นสารละลายที่เหมาะสมกับพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับทั่วไป น้ำที่ใช้ในการเตรียมการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำกลั่นบริสุทธิ์ไม่มีแร่ธาตุอื่นๆ เจือปน องค์ประกอบของสารละลาย "Coic Leaxent" ดังแสดงในตารางที่ 5 สารละลายธาตุอาหารที่เตรียมขึ้นต้องแยกออกเป็น 2 ส่วน เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมกัน โดยตรงที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Lesaint" pH 5.8

ไอออน	ความเข้มข้น (meq/l)	ธาตุ	ปริมาณธาตุหรือออกไซด์ (mg/l)
$\text{NO}_3^-$	12.2	N	170.8
$\text{NH}_4^+$	2.2	N	30.8
$\text{HPO}_4^{2-}$	2.2	P	34.1 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ 78.1)
$\text{K}^+$	5.2	K	202.8 ( $\text{K}_2\text{O}$ 244.4)
$\text{Ca}^{++}$	6.2	Ca	124.0 (CaO 173.6)
$\text{Mg}^{++}$	1.5-3	Mg	18-36 (MgO 30-60)
$\text{SO}_4^{--}$	1.5	S	24.0

อัตราส่วนของ N :  $\text{P}_2\text{O}_5$  :  $\text{K}_2\text{O}$  = 1 : 0.4 : 1.2

อัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg = 39.6 : 47.6 : 12.8

ปริมาณจุลธาตุอาหารในการเตรียม 10 ลิ.ม. ใช้ปริมาณดังนี้

Ammonium molybdate	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	(49% Mo)	0.5 gm
Boric acid	$\text{H}_3\text{BO}_3$	(17% B)	15 gm
Manganese Sulfate	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	(24% Mn)	20 gm
Zinc sulfate	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		10 gm
Copper sulfate	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		2.5 gm
Fe (EDTA หรือ คีเลตชนิดอื่น)			6-20 gm

ได้ จากนั้นเมื่อนำสารละลายธาตุอาหารนี้ไปใช้จะทำการเจือจางในอัตราส่วน 1:200

การเตรียมสารละลาย Fe-EDTA สารละลาย Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในทางการค้า (KMITL) เตรียมดังนี้ ละลาย  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  24.9 กรัม ในกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N จำนวน 4 มิลลิ ลิตร รวมกับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร อุ่นให้ร้อนประมาณ  $70^\circ\text{C}$  ในขวดที่ 1 ส่วนในขวดที่ 2 ละลาย EDTA 52.4 กรัม ใน NaOH 5 กรัม รวมกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร อุ่นให้ร้อนประมาณ  $70^\circ\text{C}$  เช่นกัน แล้วจึงนำสารละลายในขวดที่ 1 และ 2 มาผสมกัน เก็บไว้ในที่มืดและพ้นอากาศ ลงไปเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จึงนำมาปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชา ซึ่งในสารละลาย Fe-EDTA ที่เตรียมขึ้นนี้จะมีธาตุเหล็กอยู่ 5 กรัม/ลิตร ดังภาพ 3

สารละลาย Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (FLUKA) ซึ่งมีส่วนที่เป็นเนื้อธาตุ เหล็ก เตรียมโดยนำ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จำนวน 33.33 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายนี้จึงมีธาตุเหล็กอยู่ 5 กรัม/ลิตร เช่นกัน

สารละลาย Fe-EDTA ทั้งสองชนิดนี้เมื่อนำไปใช้ก็ต้องทำให้เจือจางตามความ เข้มข้นของ Fe-EDTA ในแต่ละตำรับการทดลอง (treatment) นั้น

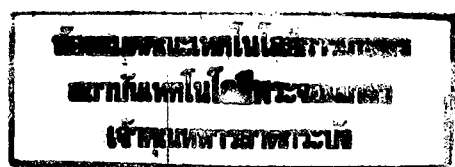
การทดลองกับต้นแกเลดีโอลิส วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ตำรับการทดลอง (treatment) 3 ซ้ำ (replication) ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในทางการค้า (KMITL I)  
ในความเข้มข้น 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตำรับการทดลองที่ 2 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในทางการค้า (KMITL II)  
ในความเข้มข้น 10 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตำรับการทดลองที่ 3 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Fluka I)  
ในความเข้มข้น 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตำรับการทดลองที่ 4 ไม่มีการใส่ธาตุเหล็ก



การทดลองกับต้นมะเขือเทศวางแผนการทดลอง แบบ CRD เช่นกัน มี 5 ดำรับการทดลอง (treatment) 3 ซ้ำ (replication) ดังนี้

ดำรับการทดลองที่ 1 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในทางการค้า (KMITL I)

ในความเข้มข้น 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

ดำรับการทดลองที่ 2 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในทางการค้า (KMITL II)

ในความเข้มข้น 10 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

ดำรับการทดลองที่ 3 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Fluka I)

ในความเข้มข้น 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

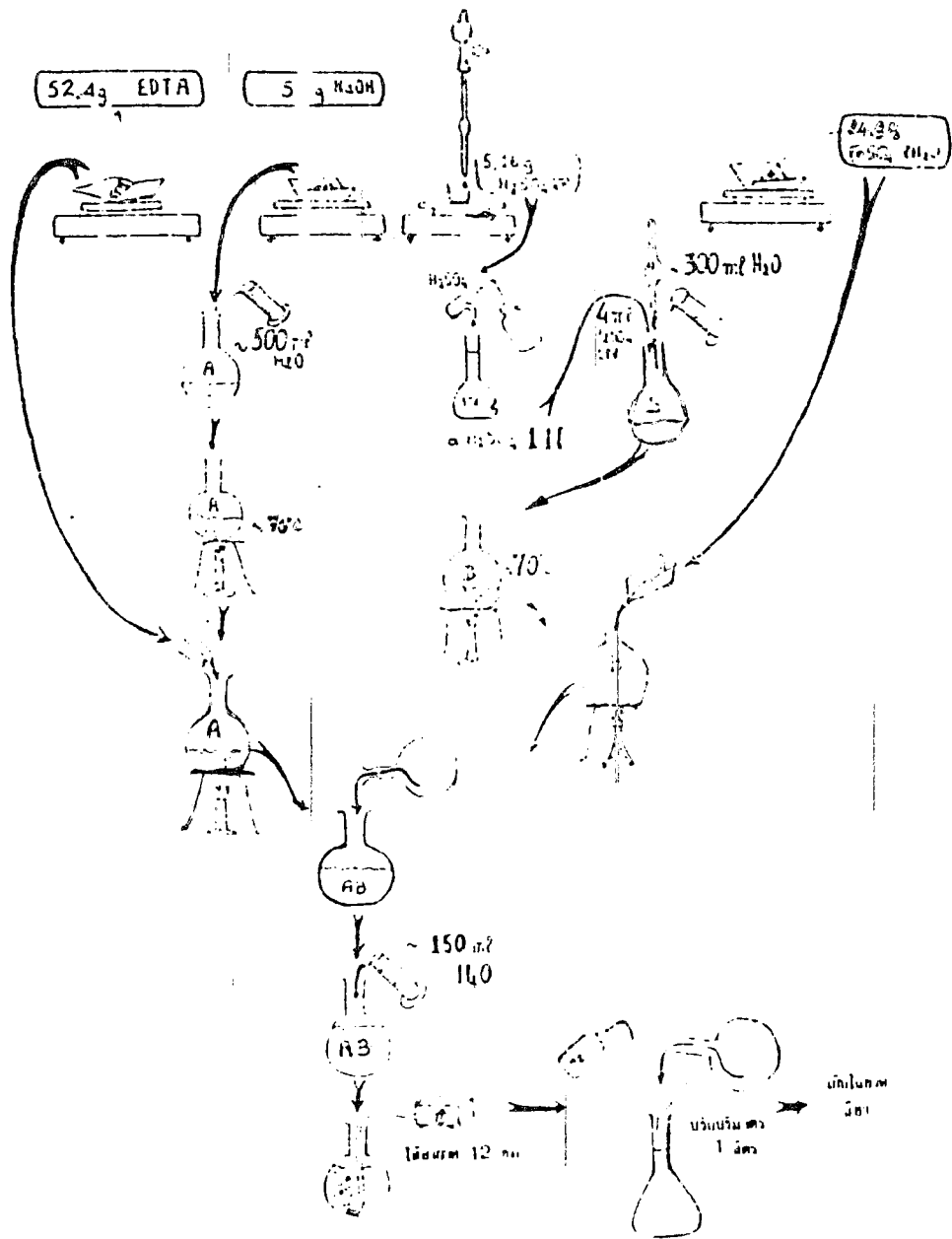
ดำรับการทดลองที่ 4 กำหนดให้ใช้ Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (FLUKA II)

ในความเข้มข้น 10 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

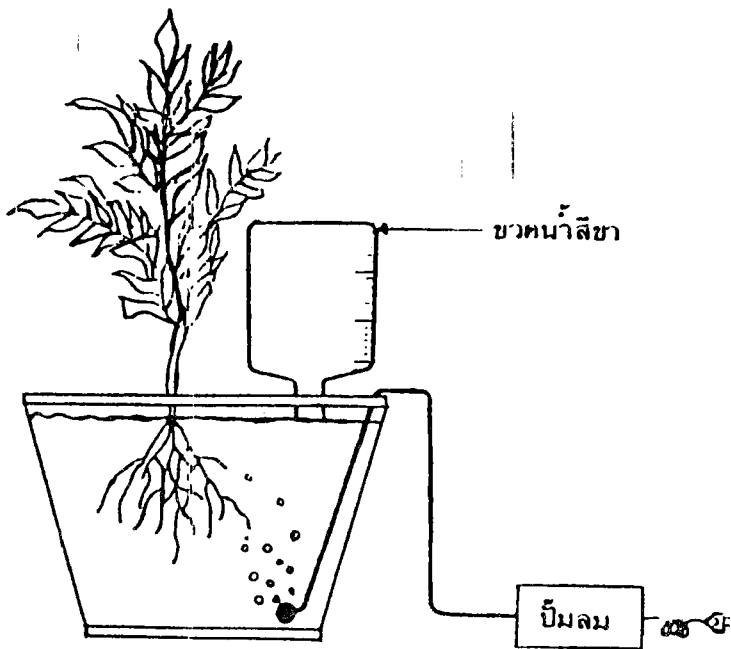
ดำรับการทดลองที่ 5 ไม่มีการใส่ธาตุเหล็ก

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย จะใช้แบบ LSD (Least Significant Difference)

การเก็บข้อมูล ในระหว่างการปลูกจะบันทึกปริมาณการใช้น้ำ ส่วนสูง น้ำหนัก จำนวนดอก และเส้นผ่านศูนย์กลาง + ความยาวของช่อดอก ของแต่ละหน่วยการทดลอง จนกระทั่งเมื่อต้นแก่กลติโอลัสและมะเขือเทศเจริญเติบโตเต็มที่ พร้อมทั้งจะเก็บผลแล้วจึงจะบันทึกน้ำหนักสดแห้งของรากและลำต้น จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจนฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสของส่วนรากและลำต้น การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจนใช้วิธี Kjeldahl ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ใช้วิธี Vanadomolybdate



ภาพที่ 3 แสดงการเตรียม Fe-EDTA



ภาพที่ 4 แสดงการทดลองปลูกพืชในระบบ Hydroponic

### ผลการทดลอง

จากการทดลอง การศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Fe-EDTA สองชนิด จะพบว่า ในต้นแกเลดีโอลิส

น้ำหนักสดของส่วนของต้น เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้วจะเห็นได้ว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่า มีเพียงตำรับการทดลองที่ 2 (KMITL II) เท่านั้นที่มีความแตกต่างจากตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ธาตุเหล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนตำรับการทดลองที่ 1 และที่ 3 (KMITL I และ FLUKA I) นั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตำรับการทดลองที่ 2 (KMITL II) จะให้ค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 6 (ภาคผนวก)

น้ำหนักแห้งของส่วนของลำต้น เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลองแล้วจะพบว่า มีเพียงตำรับการทดลองที่ 2 (KMITL II) เท่านั้นที่มีความแตกต่างจากตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ธาตุเหล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุดด้วย ดังแสดงในตารางที่ 7 (ภาคผนวก)

น้ำหนักสดของส่วนของราก ในผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแล้ว พบว่า มีตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 (KMITL I และ KMITL II) มีความแตกต่างจากตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ธาตุเหล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ส่วนตำรับการทดลองที่ 3 (FLUKA I) นั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ธาตุเหล็ก และตำรับการทดลองที่ 2 (KMITL II) จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 8 (ภาคผนวก)

น้ำหนักแห้งของส่วนรากให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่า มีตำรับการทดลองที่ 1 (KMITL I) และตำรับการทดลองที่ 2 (KMITL II) ที่ให้ความแตกต่างจากตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ธาตุเหล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ สำหรับตำรับการทดลองที่ 3 (FLUKA I) ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติกับ

ดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ธาตุเหล็ก และดำรับการทดลองที่ 2 (KMITL II) จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังแสดงในตาราง 9 (ภาคผนวก)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในลำต้นและราก ให้ผลเหมือนกัน คือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ดำรับการทดลองที่ 3 (FLUKA I) จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในลำต้น และดำรับการทดลองที่ 1 (KMITL I) จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในราก ดังแสดงในตาราง 10-11 (ภาคผนวก)

ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสในลำต้น ให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน และดำรับการทดลองที่ 1 (KMITL I) จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 12 (ภาคผนวก)

ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสในราก ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละดำรับการทดลอง จะเห็นได้ว่า ทุกดำรับการทดลองมีความแตกต่างจากดำรับการทดลองที่ไม่ใส่เหล็ก ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยดำรับการทดลองที่ 1 (KMITL I) จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 13 (ภาคผนวก)

ความสูงของลำต้น เส้นรอบวงของช่อดอก น้ำหนักของช่อดอก ความยาวของช่อดอก และจำนวนดอกต่อต้นของการทดลองปลูกแกเลติโอลัสจะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน คือ ในดำรับการทดลองที่ไม่มีธาตุเหล็ก แกเลติโอลัสจะตอบสนองต่อสิ่งที่กล่าวไว้ในปริมาณและขนาดที่น้อย ส่วนในดำรับการทดลองที่มีธาตุเหล็กทุกดำรับการทดลองจะตอบสนองในระดับที่ปกติและใกล้เคียงกัน ภาพที่ 11-15 (ภาคผนวก)

ปริมาณการใช้น้ำของต้นแกเลติโอลัสในแต่ละดำรับการทดลอง จะมีลักษณะคงที่ในช่วงเวลาสั้นๆ ของการปลูกช่วงแรก ต่อมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและจะคงที่อีกครั้งในที่สุดจนถึงเวลาของการเก็บผล ดังแสดงในตารางที่ 18 (ภาคผนวก)

อาการใบเหลืองซีด (Chlorosis) อันเนื่องมาจากการขาดธาตุเหล็กของดำรับการทดลองที่ไม่มีธาตุเหล็กในแกเลติโอลัสจะเริ่มแสดงอาการในสัปดาห์ที่ 3-4 ของการปลูก ส่วนของรากของต้นแกเลติโอลัสในดำรับการทดลองที่ไม่มีธาตุเหล็กจะมีลักษณะสั้น, ลีบ และมีสีน้ำตาล ดังภาพที่ 21 (ภาคผนวก)

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ อาจกล่าวได้ว่า แกลดีโอลิสและมะเขือเทศจะตอบสนองต่อ Fe-EDTA ทั้งสองชนิดคือชนิดที่ใช้ในทางการค้า (KMITL I และ II) และชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (FLUKA I) ในระดับที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่า Fe-EDTA ชนิดที่ใช้ในทางการค้าที่เตรียมขึ้นจาก  $\text{FeSO}_4 + \text{EDTA}$  (KMITL I และ II) จะให้การตอบสนองต่อต้นแกลดีโอลิสที่ดีกว่า Fe-EDTA ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ในทุกตำรับการทดลองที่มีธาตุเหล็กต้นแกลดีโอลิสจะตอบสนองถึงผลต่างๆ ที่ใช้ประเมินเป็นไปในทางที่ดีมากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีธาตุเหล็ก แต่ในมะเขือเทศผลที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ไม่มีธาตุเหล็ก

การแสดงอาการ chlorosis ของใบอ่อน แต่ละซ้ำของตำรับการทดลองที่ไม่มีธาตุเหล็ก จากการสังเกตจะแสดงไม่พร้อมกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของธาตุเหล็กสารเคมี, วัสดุปลูก, การเปลี่ยนและการเติมสารละลายธาตุอาหาร และการสะสมธาตุเหล็กอยู่ในเมล็ดและในหัว (corm) ของมะเขือเทศและแกลดีโอลิสเองอยู่ก่อนแล้ว

ปริมาณการใช้น้ำจะผันแปรไปมาก แม้ว่าจะอยู่ตำรับการทดลองเดียวกันก็ตาม ซึ่งอาจเนื่องมาจากตำแหน่งการวางต้นในซ้ำหนึ่งอาจถูกแสงอาทิตย์มาก ทำให้น้ำระเหยมาก แต่อีกซ้ำหนึ่งอาจถูกแสงอาทิตย์น้อยทำให้มีการระเหยน้อย ค่าที่อ่านได้จากการวัดการใช้ปริมาณน้ำจึงมาและน้อยตามไปด้วย หรือความผันแปรนี้อาจเนื่องมาจากความต้องการน้ำมากของต้นแกลดีโอลิสและมะเขือเทศ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตโดยตรงก็เป็นได้

### ข้อเสนอแนะ

1. การปฏิบัติการต้องควบคุมการปนเปื้อนของธาตุเหล็กให้มาก เพราะอาจเกิดขึ้นโดยง่ายจากสารเคมี และอุปกรณ์ต่างๆ ของการทำกรทดลอง

2. หมั่นตรวจปริมาณอากาศ สายยาง และหัวกระจายอากาศ อย่างสม่ำเสมอ

3. ควบคุมโรคและแมลงอย่างรัดกุม

4. ไม่ควรเก็บสารละลายธาตุอาหารไว้เป็นเวลานาน เพราะจะเกิดการตกตะกอน

ของสารบางชนิด

5. อุณหภูมิและความเข้มข้นของแสงในโรงเรือน ควบคุมให้พอเหมาะกับพืชชนิดนั้น

6. ตรวจและควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (EC) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเสมอ

## เอกสารอ้างอิง

- แสงธรรม คมกฤส. 2516. แกลดีโอลิส. รายงานการสัมมนา เรื่องไม้ตัดดอก วันที่ 4 ธันวาคม 2516 สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- นกเขาไฟ. 2534. แกลดีโอลิส. ไม้ดอกไม้ประดับ. พิมพ์ครั้งที่ 4; 82-91.
- ปิฎุระ บุนนาค. 2529. แกลดีโอลิส. ไม้ดอกไม้ประดับ. พิมพ์ครั้งที่ 5; 164-166.
- ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พรวนนาการพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- มันส์ สุจิวพันธ์. 2525. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรชัย จุฑามาศ และวิบูลย์ บุญสงศรี. 2531. การปลูกพืชปราศจากดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 10 (2):92-96.
- สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2531. อนาคตของการปลูกพืชไร้ดิน และบทบาทของสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. วารสารดินและปุ๋ย. 10(2); 92-96.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. วิธีการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 8 เล่ม 1.
- สุรศักดิ์ เสรีพงศ์. 2527. ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และสรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2531. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 10(1);59-66.
- ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2523. จุลธาตุอาหาร. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนตรี คำชู. 2531. อุปกรณ์อย่างง่ายสำหรับการปลูกพืชแบบไม่จ่อดิน. อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน. สัมมนาทางวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 6. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- Hugh G. Ganch. 1972. Roles of Micronutrients in Higher Plants. Plant nutrition. University of Maryland; 239-279 p.
- Zhwarz, M. 1968. Guide to commercial hydroponic Israel University.

- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1985. Basic principles of Nutrient Film Technique (NFT) for Grasshouse Vegetable. 13 p.
- Pack Chong Chong and Tadashi Ito. 1982. Growth Fruit Yield and Nutrient Absorption of Tomato plant as Influenced by Solution Temperature in NFT. J.Japan.Sci. 51(1).
- Follet, R.H., L.S. Murphy and R.L. Donahue. 1981. Fertilizer and Soil Amendment. New Jersey. Prentice - Hall, Inc.
- Alloush, G.A. and F.E. Sanders. 1990. Responses of chickpea (*Cicer arietinum*) to iron stress measured using a computer-controlled continuous-flow hydroponic system. Plant nutrition physiology and applications. 41:197-206.
- Alexander, A.V. 1961. Chemical Control of weeds in Gladiolus crops. An.Inst.Cere.Prof.Plant 5:449-454.
- Joy, K.W. and R.H. Hageman. 1966. The purification and properties of nitrite reductase from higher plants and its dependence on ferredoxin Biochem.J. 100:263-273.
- Hausenbuiller, R.L. Soil Science principles and practices 2 nd ed. Dubuque, Iowa : Wm.O.Brown Co., 1978; pp. 257-332, 332-362.
- Jacobson, L. and J.J. Oertle. 1956. The relation between iron and chlorosis contents in Chlorotic sunflower leaves. Plant physiol. 31:199.
- Burris, R.H. 1966. Biological nitrogen fixation. Annu Rev. plant physiol. 17:155-184.
- Mortenson, L.E., R.C. Volentine, and J.E. Carnation. 1962. An electron transport factor from clostridium, pasteurianum. Biochem. Biophys.Res.Commun. 7:448-452.

Losada, M.J.M. Ranurez, A. Peneque, and F.F. Del Compo. 1965. Light and dark reduction of nitrate in a reconstituted chloroplast system. *BioChem.Biophys.Acta.* 109:86-96.

Betts, G.F. and F.J. Hewitt. 1966. Photosynthetic nitrite reductase and the significance of hydroxylamine in nitrate reduction in plants. *Nature* 210:1327-1329.

ภาคผนวก

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสด ส่วนของลำต้นแกลดิโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	4975.55800	1658.51933	4.95*
ERROR	8	2682.82987	335.35373	
TOTAL	11	7658.38770		

CV = 13.5%

\* = significant at 5% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	127.507	0.513 ns
t 2	170.533	43.540 *
t 3	118.313	-8.680 ns
t 4 (Control)	126.993	-
MEAN	135.837	

\* = significant at 5% level

ns = not significant

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของลำต้นแกลดิโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	409.673667	136.557889	13.03 **
ERROR	8	83.864200	10.483025	
TOTAL	11	493.537870		

CV = 13.6%

\*\* = significant at 1% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	24.573	5.953 ns
t 2	33.077	14.457 **
t 3	18.997	0.377 ns
t 4 (Control)	18.620	-
MEAN	23.817	

\*\* = significant at 1% level

ns = not significant

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของรากแกลดิโอลัส ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	1573.56182	524.52061	8.92**
ERROR	8	470.50487	58.81311	
TOTAL	11	2044.06665		

CV = 25.5%

\*\* = significant at 1% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	39.560	22.630 **
t 2	43.197	26.267 **
t 3	20.610	3.680 ns
t 4 (Control)	16.930	-
MEAN	135.837	

\*\* = significant at 1% level

ns = not significant

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของรากแกลดิโอลัส  
ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	1.33562500	0.44520833	7.61*
ERROR	8	0.46826667	0.05853333	
TOTAL	11	1.80389166		

CV = 24.0%

\* = significant at 5% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	1.173	0.490 *
t 2	1.477	0.793 **
t 3	0.703	0.020 ns
t 4 (Control)	0.683	-
MEAN	1.009	

\*\* = significant at 1% level

\* = significant at 5% level

ns = not significant

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุไนโตรเจน ส่วนของลำต้นแกลดิโอลัส  
ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	0.33009167	0.11003056	3.95 <sup>ns</sup>
ERROR	8	0.22273333	0.02784167	
TOTAL	11	0.55282497		

CV = 4.6%

ns = not significant

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	3.610	0.037 ns
t 2	3.380	-0.193 ns
t 3	3.847	0.273 ns
t 4 (Control)	3.573	-
MEAN	3.603	

ns = not significant

ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุไนโตรเจน ส่วนของรากเมล็ดโกลด์  
ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	1.33582500	0.44527500	1.39 <sup>ns</sup>
ERROR	8	2.56660000	0.32082500	
TOTAL	11	3.90242510		

CV = 10.9%

ns = not significant

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	5.583	0.920 ns
t 2	5.223	0.560 ns
t 3	5.300	0.637 ns
t 4 (Control)	4.663	-
MEAN	5.193	

ns = not significant

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุฟอสฟอรัส ส่วนของลำต้นแกลติโอลัส  
ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	0.01089167	0.00363056	< 1
ERROR	8	0.03900000	0.00487500	
TOTAL	11	0.04989167		
CV =	9.4%			

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	0.790	0.083 ns
t 2	0.733	0.027 ns
t 3	0.747	0.040 ns
t 4 (Control)	0.707	-
MEAN	0.744	

ns = not significant

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของร้อยละธาตุฟอสฟอรัส ส่วนของรากแกลดิโอลัส  
ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	0.91850000	0.30616667	14.95**
ERROR	8	0.16386667	0.02048333	
TOTAL	11	1.08236670		

CV = 16.2%

\*\* = significant at 1% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	1.110	0.693 **
t 2	0.930	0.513 **
t 3	1.070	0.653 **
t 4 (Control)	0.417	-
MEAN	0.882	

\*\* = significant at 1% level

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของลำต้นมะเขือเทศ ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	11640.0000	2910.0000	5.02*
ERROR	8	5800.0000	580.0000	
TOTAL	11	17440.0000		

CV = 4.3%

\* = significant at 5% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	550.00	-10.00 ns
t 2	580.00	20.00 ns
t 3	510.00	-50.00 *
t 4 (Control)	560.00	-
MEAN	558.00	

\* = significant at 5% level

ns = not significant

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของลำต้นมะเขือเทศ  
ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	750.00000	187.50000	1.97 <sup>ns</sup>
ERROR	8	950.00000	95.00000	
TOTAL	11	1700.00000		

CV = 12.2%

ns = not significant

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	75.00	-5.00 ns
t 2	85.00	5.00 ns
t 3	70.00	-10.00 ns
t 4 (Control)	80.00	-
MEAN	80.00	

ns = not significant

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักสดส่วนของรากมะเขือเทศ ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	5700.00000	1425.00000	3.96*
ERROR	8	3600.00000	360.00000	
TOTAL	11	9300.00000		

CV = 7.7%

\* = significant at 5% level

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	260.00	35.00 *
t 2	250.00	25.00 ns
t 3	220.00	-5.00 ns
t 4	270.00	45.00 **
t 5 (Control)	225.00	-
MEAN	245.00	

\*\* = significant at 1% level

\* = significant at 5% level

ns = not significant

ตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของน้ำหนักแห้งส่วนของรากมะเขือเทศ ใน  
การทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด

## ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT (T)	3	423.60000	105.90000	1.21 <sup>ns</sup>
ERROR	8	874.00000	87.40000	
TOTAL	11	1297.59998		

CV = 16.5%

ns = not significant

TREATMENT	MEANS	DIFFERENCE
t 1	60.00	10.00 ns
t 2	55.00	5.00 ns
t 3	53.00	3.00 ns
t 4	65.00	15.00 ns
t 5 (Control)	50.00	-
MEAN	56.60	

ns = not significant

ตารางที่ 18 แสดงปริมาณการใช้น้ำของต้นแกลดิโอลัส (หน่วย ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อต้น)

จำนวนวัน	ตำรับการทดลอง			
	T <sub>1</sub> (KMITL I)	T <sub>2</sub> (KMITL II)	T <sub>3</sub> (FLUKA I)	T <sub>4</sub> (Non-Fe)
0	-	-	-	-
3	-	-	-	5
6	5	10	10	10
9	15	15	20	15
12	20	20	20	20
15	30	25	25	30
18	30	35	30	30
21	35	40	40	35
24	50	45	50	50
27	60	55	65	60
30	75	75	75	70
33	90	95	90	90
36	95	100	105	100
39	110	120	115	115
42	130	140	130	140
45	150	160	145	155
48	165	155	155	165
51	160	155	165	175
54	165	160	165	170
57	160	160	165	165
60	160	155	160	170

ตารางที่ 18 (ต่อ)

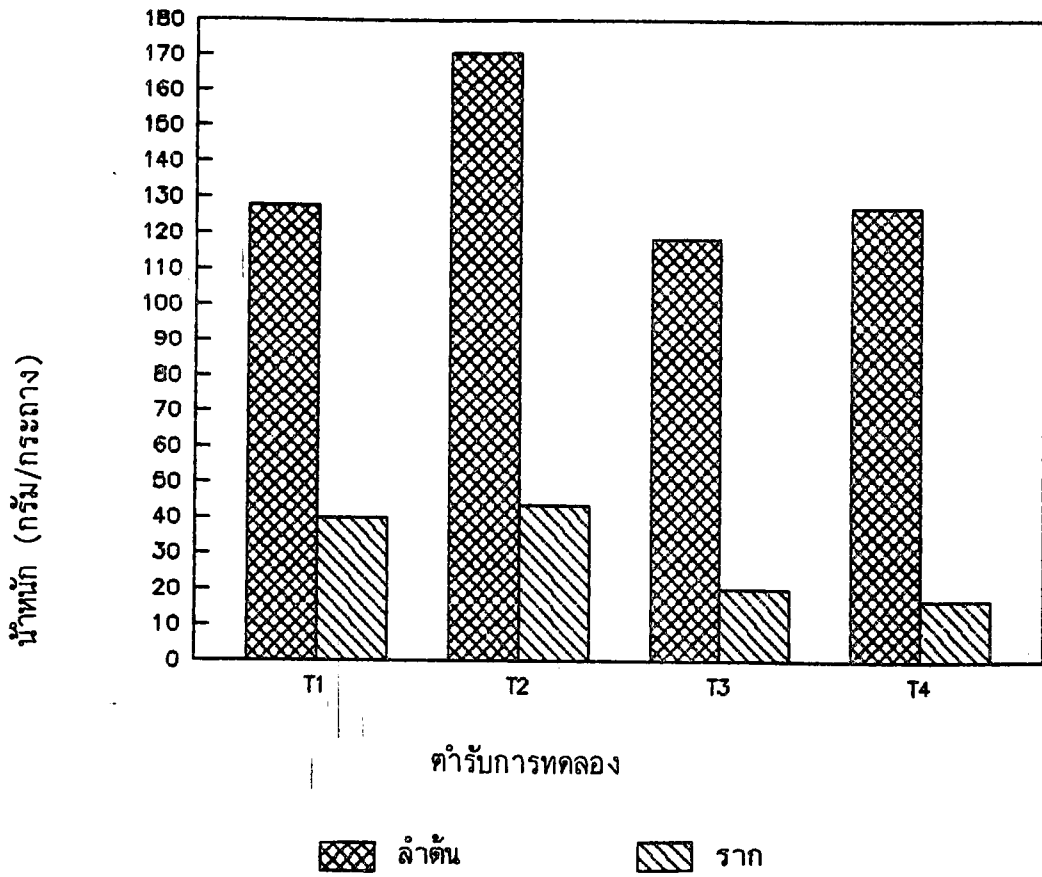
จำนวนวัน	ดำรับการทดลอง			
	T <sub>1</sub> (KMITL I)	T <sub>2</sub> (KMITL II)	T <sub>3</sub> (FLUKA I)	T <sub>4</sub> (Non-Fe)
63	165	160	160	175
66	165	165	165	170
69	160	165	175	175
72	160	160	170	170
75	160	155	165	170

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณการใช้น้ำของต้นมะเขือเทศ (หน่วย ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อต้น)

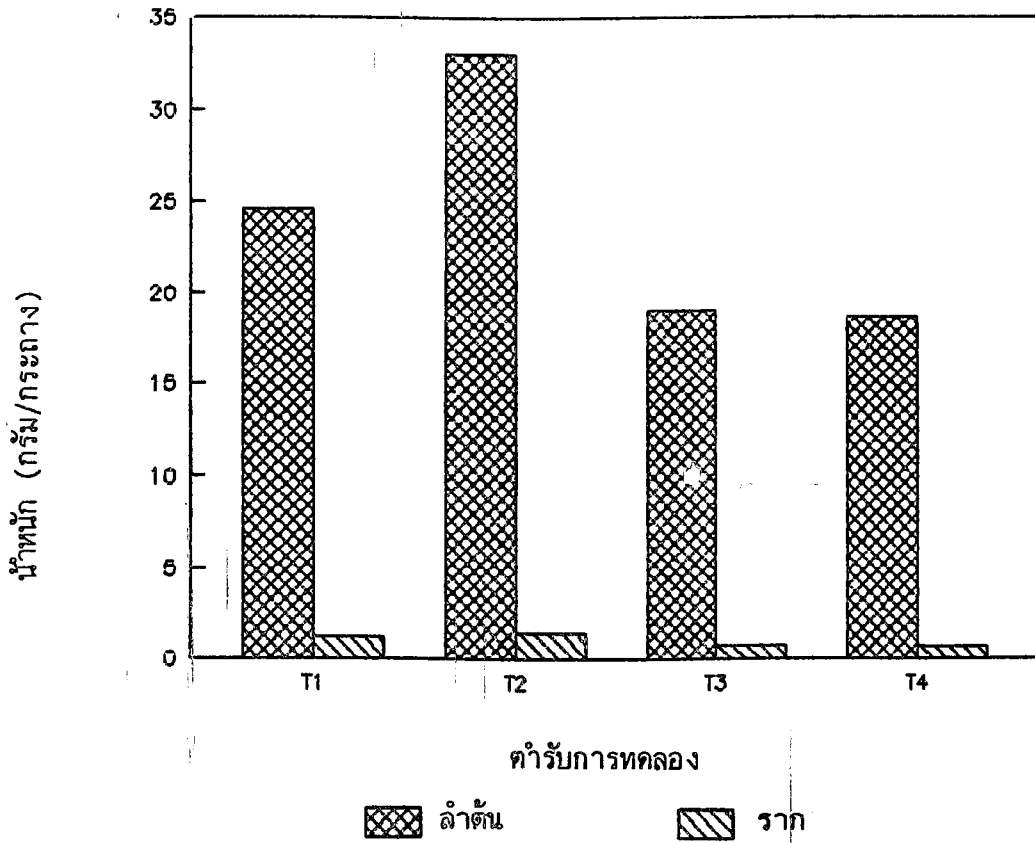
จำนวนวัน	ดำรับการทดลอง				
	T <sub>1</sub> (KMITL I)	T <sub>2</sub> (KMITL II)	T <sub>3</sub> (FLUKA I)	T <sub>4</sub> (FLUKA II)	T <sub>5</sub> (Non-Fe)
0	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
6	10	10	10	10	-
9	20	30	20	15	30
12	20	20	30	50	40
15	30	50	45	100	60
18	70	100	60	175	250

ตารางที่ 19 (ต่อ)

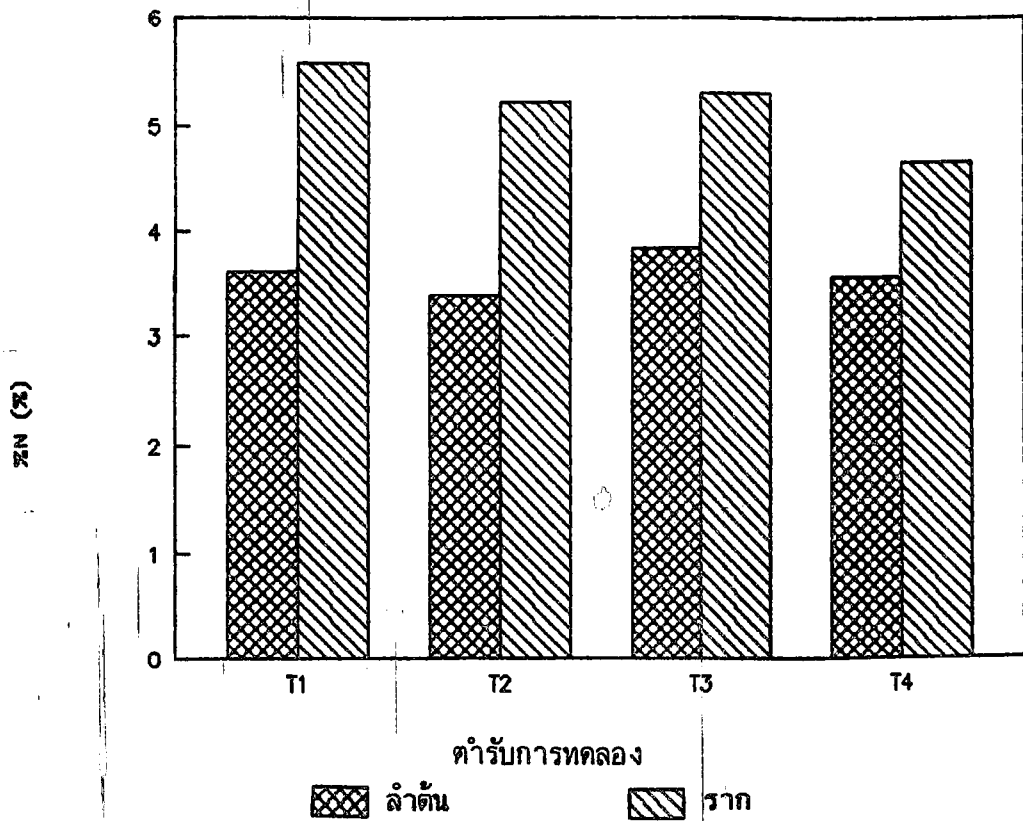
จำนวนวัน	ดำรับการทดลอง				
	T <sub>1</sub> (KMITL I)	T <sub>2</sub> (KMITL II)	T <sub>3</sub> (FLUKA I)	T <sub>4</sub> (FLUKA II)	T <sub>5</sub> (Non-Fe)
21	120	150	110	200	350
24	140	200	100	210	380
27	170	270	170	220	400
30	250	330	170	200	430
33	270	430	180	430	430
36	290	550	230	450	550
39	550	1100	700	1000	900
42	1250	1450	1350	1800	2000
45	1850	1600	1700	1850	2500
48	2050	1800	1800	2050	2600
51	2150	2150	1900	2100	2550
54	2500	2250	2000	2100	2550
57	2550	2300	2000	2150	2650



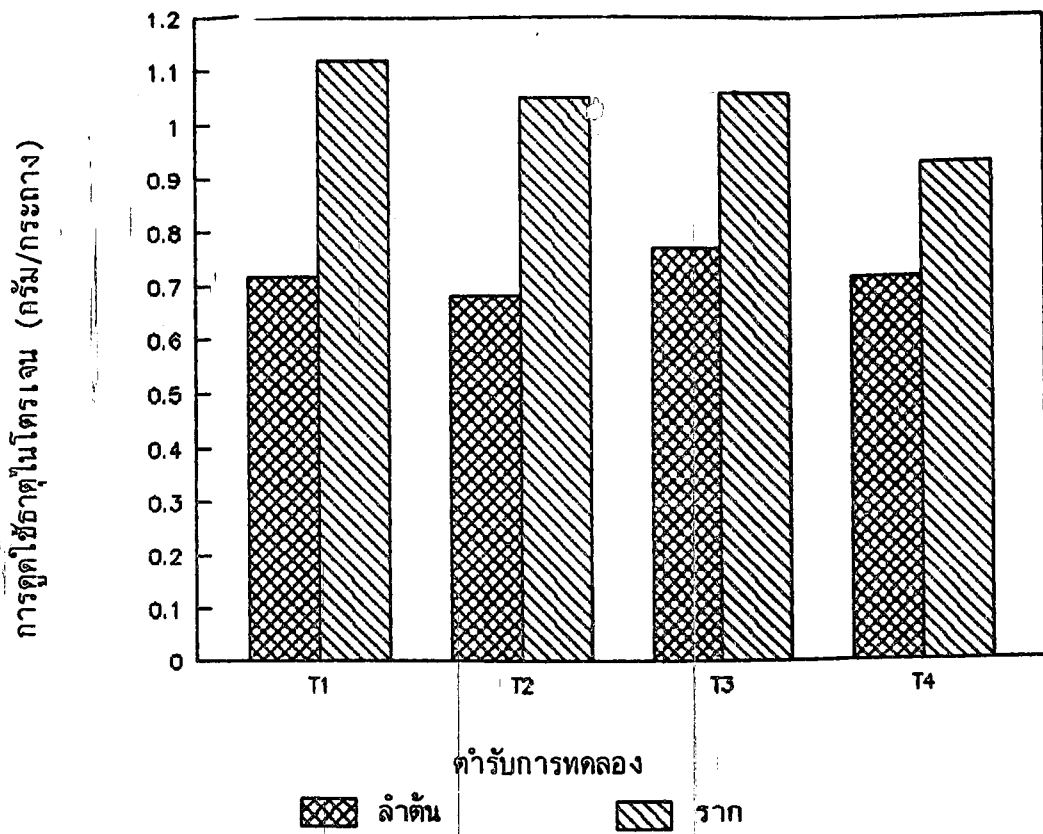
ภาพที่ 5 แสดงน้ำหนักสดของส่วนต้นและรากแกลติโวลีส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



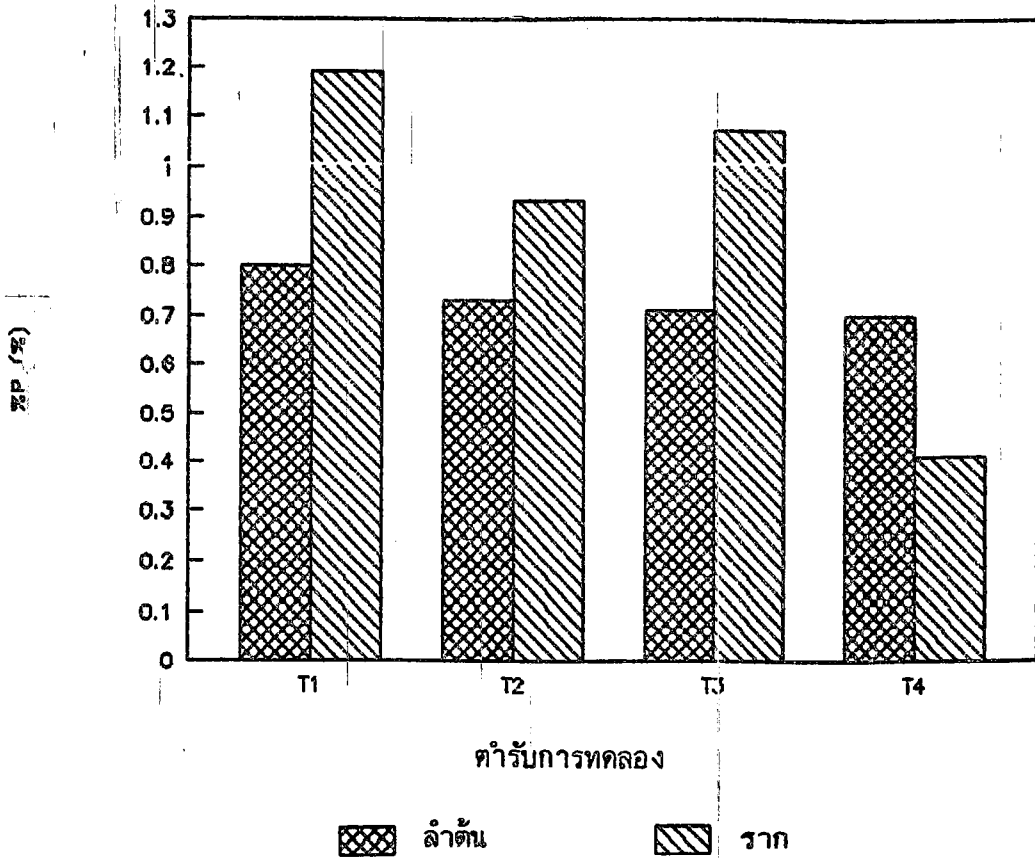
ภาพที่ 6 แสดงน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและรากแกลดิโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



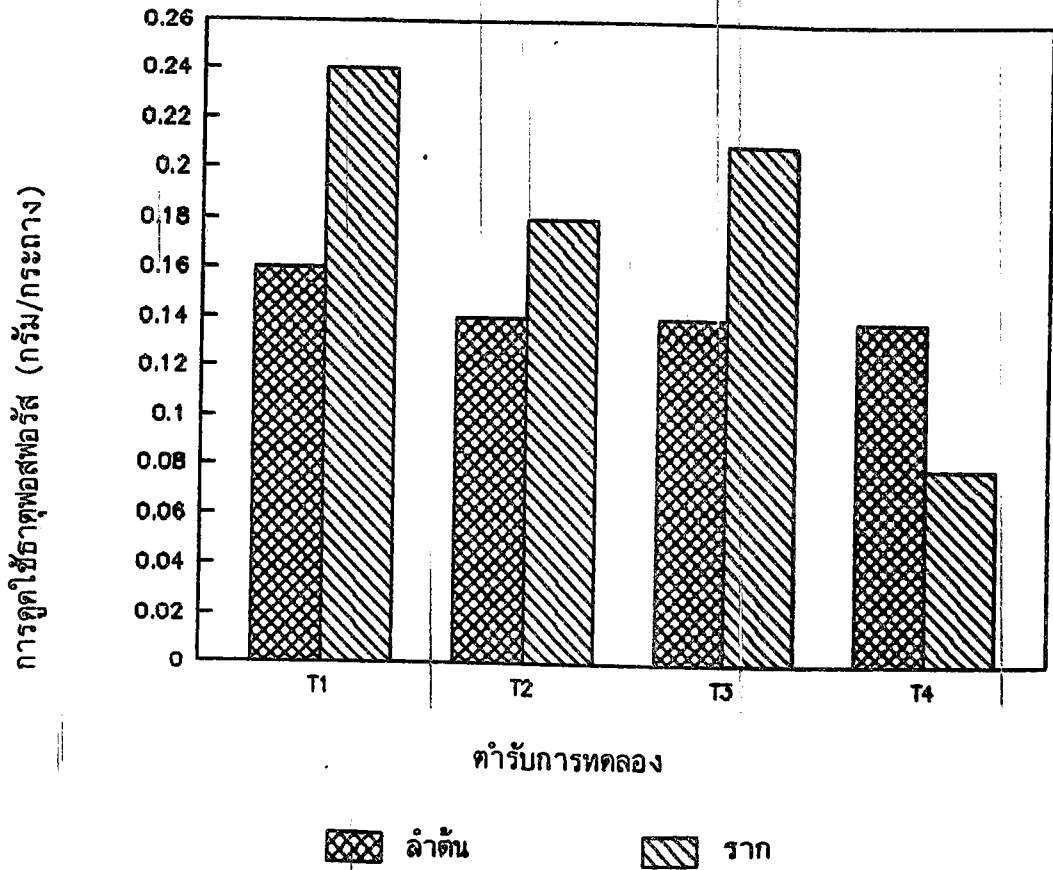
ภาพที่ 7 แสดงร้อยละของธาตุไนโตรเจนของส่วนต้นและรากแกลติโอล์ส ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



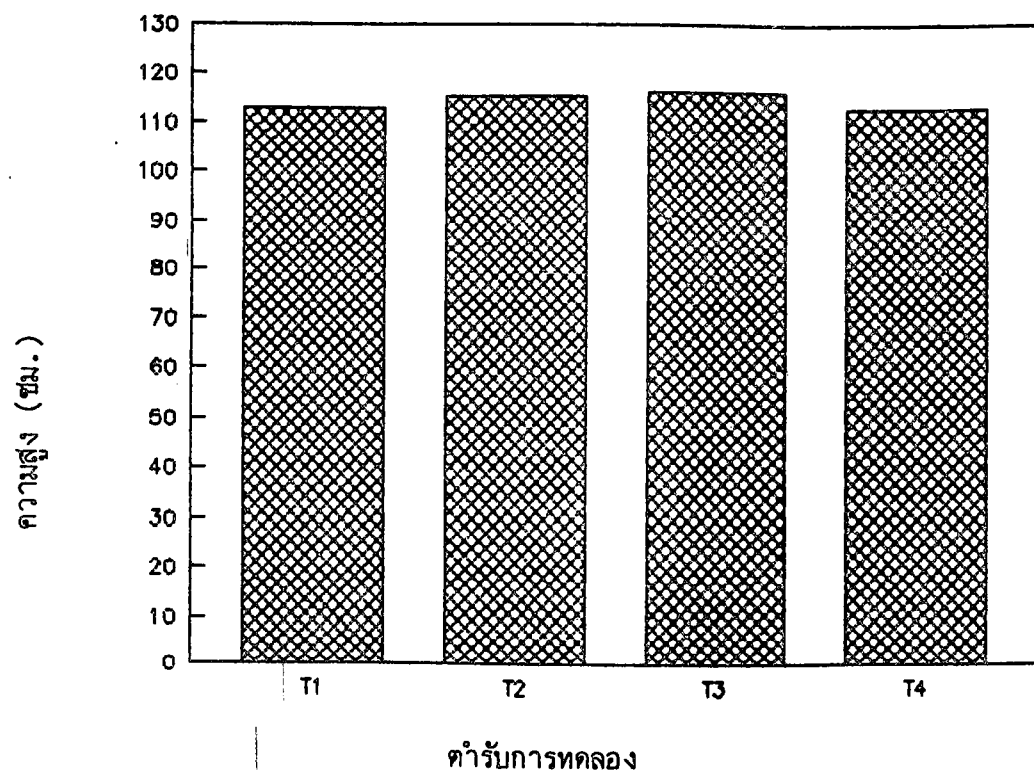
ภาพที่ 8 แสดงการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของส่วนต้นและรากแกลดีโอลีส ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



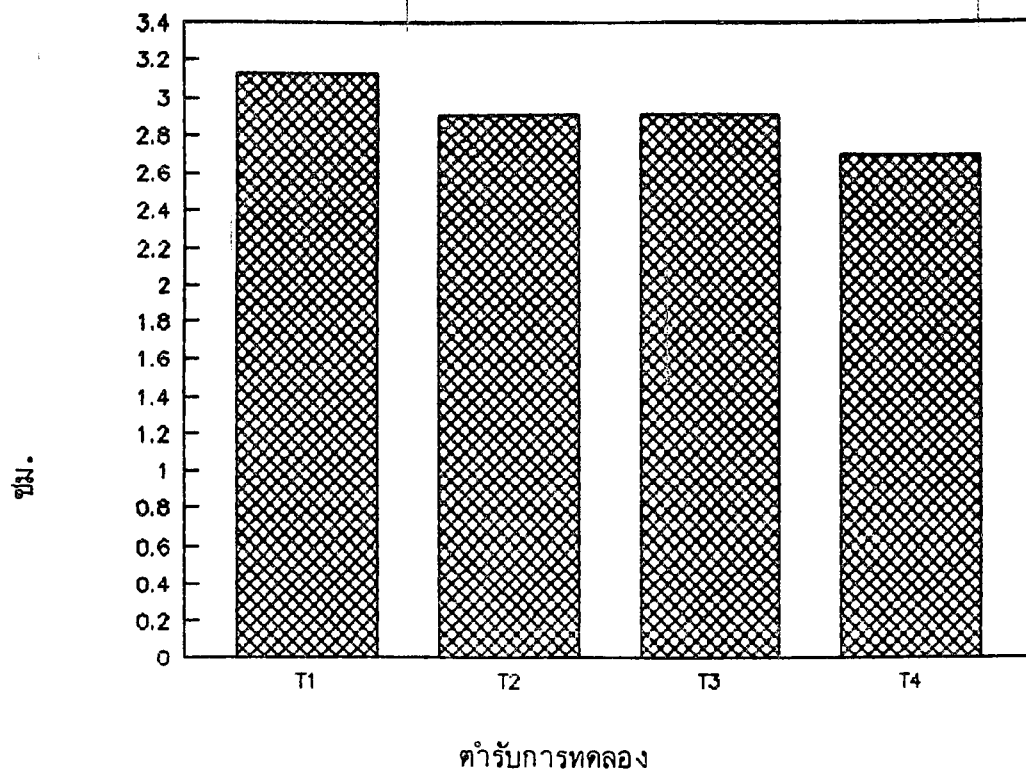
ภาพที่ 9 แสดงร้อยละของธาตุฟอสฟอรัสของส่วนต้นและรากแกลติโกลัส ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



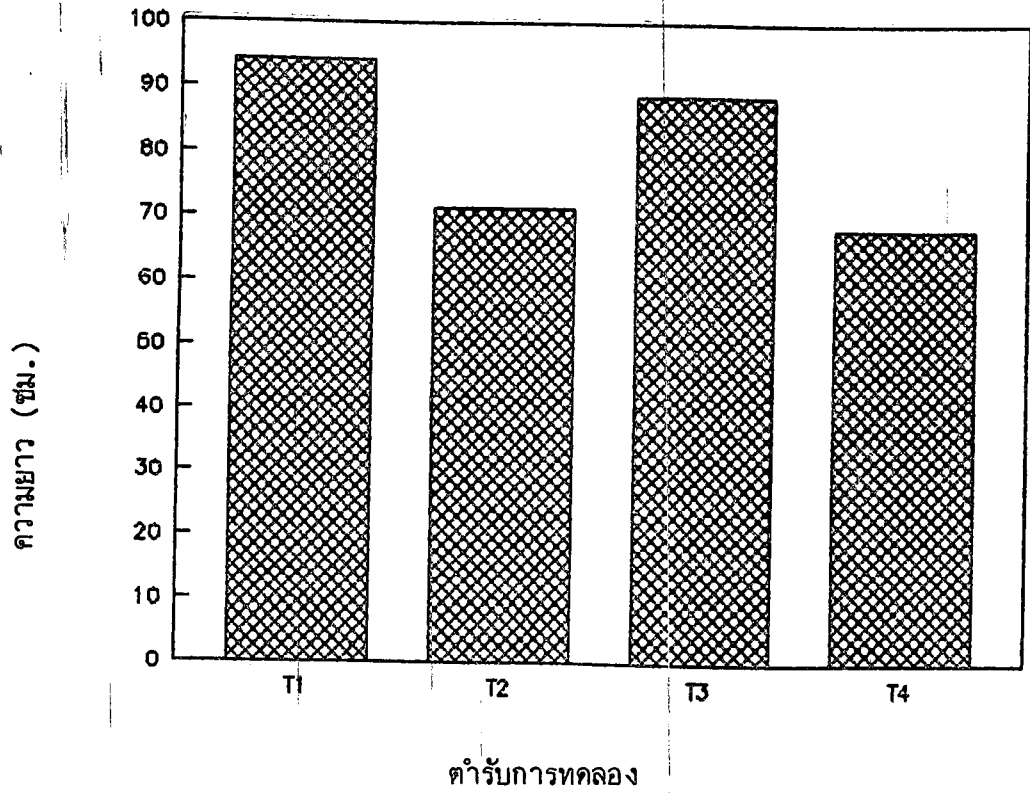
ภาพที่ 10 แสดงการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสของส่วนต้นและรากแกเลดีโอลีส ในการทดลอง  
เปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



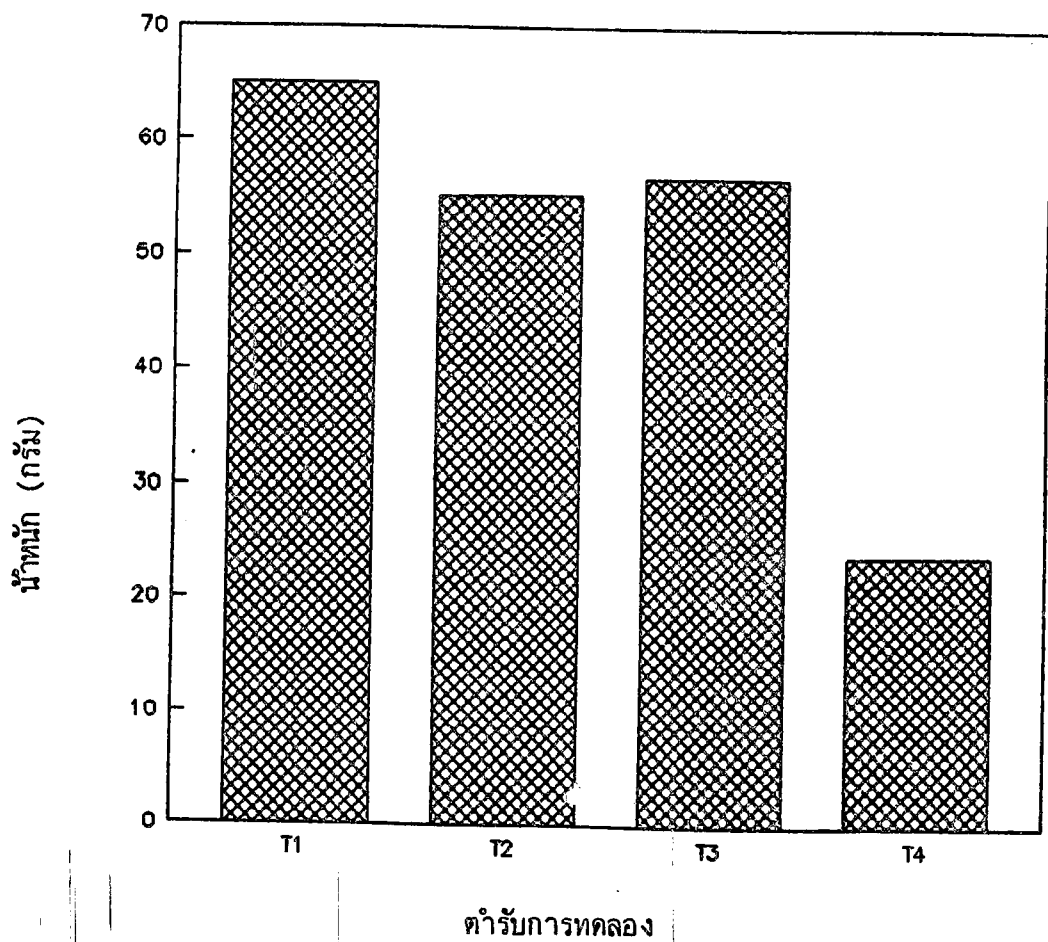
ภาพที่ 11 แสดงความสูงของลำต้นแกลดิโอลัส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



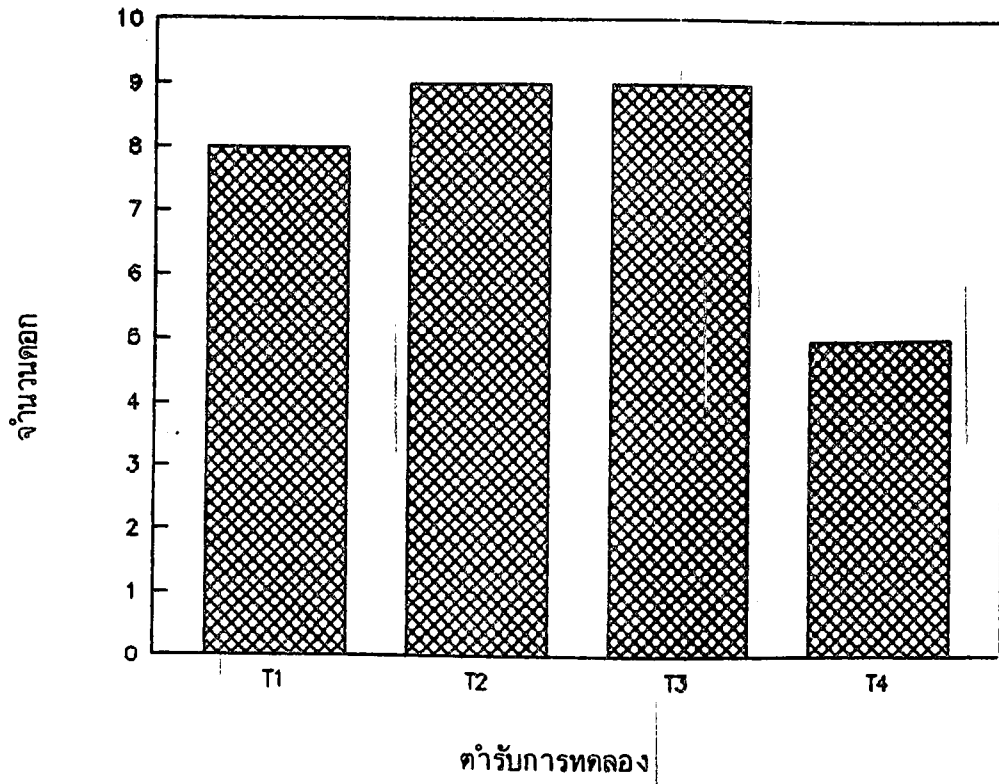
ภาพที่ 12 แสดงเส้นรอบวงของข้อดอกแกลดีโอล์ส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



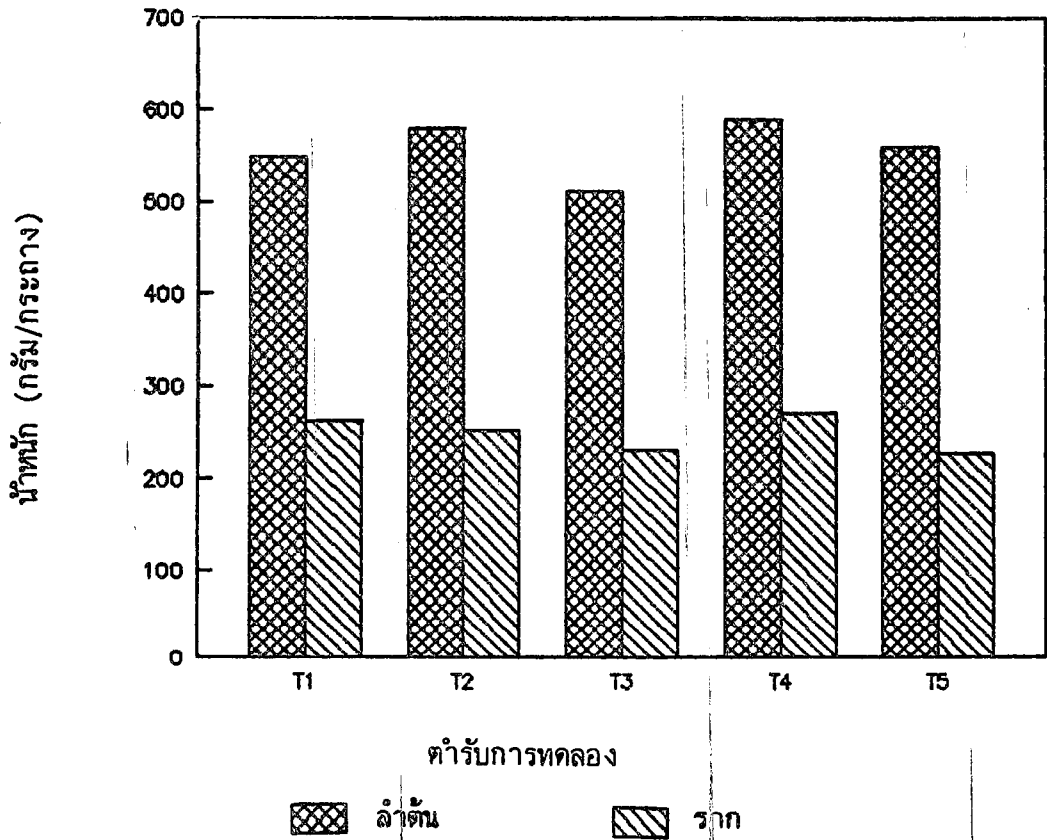
ภาพที่ 13 แสดงความยาวของช่อดอกแกลดีโอลีส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



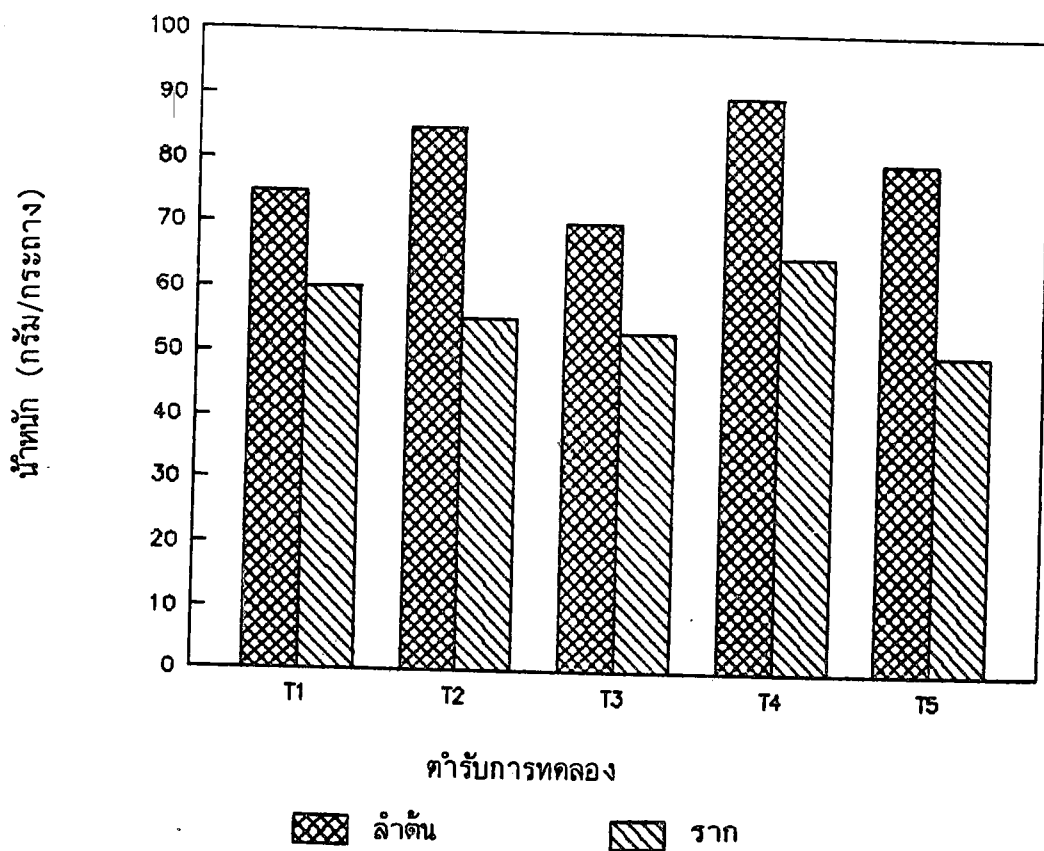
ภาพที่ 14 แสดงน้ำหนักของช่อดอกแกลดีโอลิส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



ภาพที่ 15 แสดงจำนวนดอกใน 1 ช่อ ของแกลดีโอลีส ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



ภาพที่ 16 แสดงน้ำหนักสดของส่วนของลำต้นและรากมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ Fe-EDTA 2 ชนิด



ภาพที่ 17 แสดงน้ำหนักแห้งของส่วนของลำต้นและรากมะเขือเทศ ในการทดลองเปรียบเทียบ

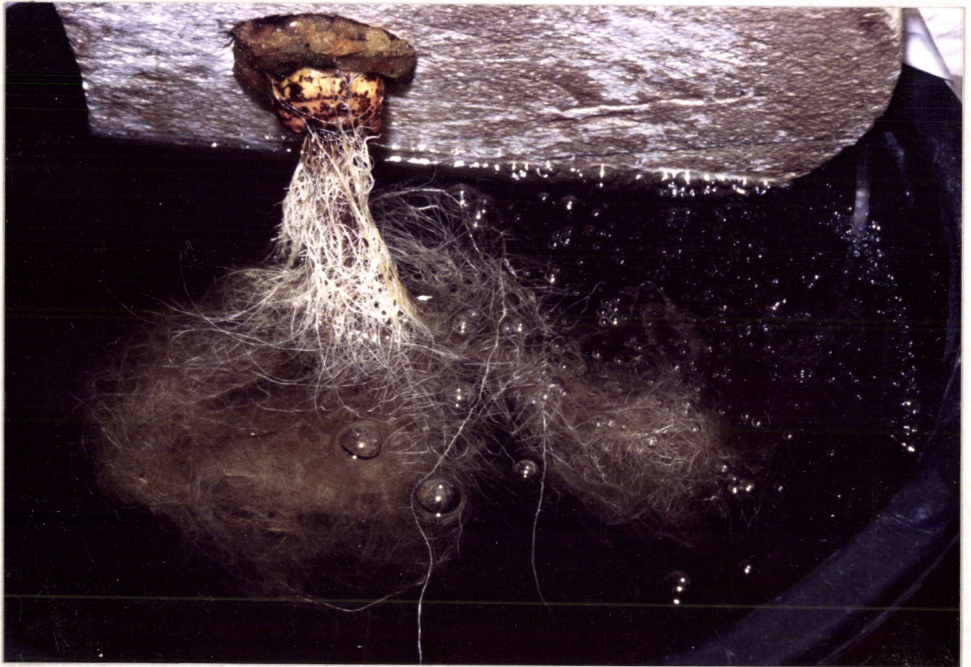
Fe-EDTA 2 ชนิด



ภาพที่ 18 แสดงใบของแกลดีโอลส์ที่ขาดธาตุเหล็ก มีอาการ Chlorosis



ภาพที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนดอกและลักษณะช่อดอกแกลดีโอลีส  
ที่ปกติกับที่ขาดธาตุเหล็ก



ภาพที่ 20 แสดงรากแกลติโอล์สปกติ



ภาพที่ 21 แสดงรากแกลดีโอลีสที่ขาดธาตุเหล็ก

