ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าและชนิดของเหล็กคีเลต ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT)

EFFECT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND Fe-CHELATE IN NUTRIENT SOLUTION ON GROWTH AND NITRATE CONCENTRATION OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

ญาดา วงศ์พรประทีป

YADA WONGPORNPRATEEP

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปฐพีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

KMITL-2007-AG-M-071-087

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าและชนิดของเหล็กคีเลต ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT)

EFFECT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND Fe – CHELATE IN NUTRIENT SOLUTION ON GROWTH AND NITRATE CONCENTRATION OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

T 076720

ญาดา วงศ์พรประทีป

YADA WONGPORNPRATEEP

วพ.
ญ 2990ผ
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 76720
วัน,เดือน,ปี - 6 S.A. 2550

.b 11819529
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

KMITL-2007-AG-M-071-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND Fe – CHELATE IN NUTRIENT SOLUTION ON GROWTH AND NITRATE CONCENTRATION OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

YADA WONGPORNPRATEEP

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

KMITL-2007-AG-M-071-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าและชนิดของเหล็กคีเลตในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT)
Effect of Electrical Conductivity and Fe-Chelate in Nutrient Solution on Growth and Nitrate Concentration of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Nutrient Film Technique (NFT)

ชื่อนักศึกษา นางสาวญาดา วงศ์พรประทีป

รหัสประจำตัว 48066005

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ปฐพีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น	
รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ	
ผศ.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล	
ดร.นันทรัตน์ ศุภกำเนิด	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 22 ตุลาคม 2550 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม A 408 (ชั้น 4 โซน A)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.จารุวัตร เจริญลุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๓๐ **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** ๒๕๕๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าและชนิดของเหล็กคีเลต ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT)
นักศึกษา	นางสาวญาดา วงศ์พรประทีป
รหัสประจำตัว	48066005
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ปฐพีวิทยา
พ. ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของเหล็กคีเลตในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) โดยปลูกในรางปลูกกว้าง 10 ซม.ยาว 6 เมตร งานทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง งานทดลองแรกเป็นการศึกษาผลของระดับค่าการนำไฟฟ้า 4 ระดับคือ 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของผักสลัดมีผลต่อระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย โดยระดับค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm และปริมาณไนเตรทในผักสลัดมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป (ไม่เกิน 4,500 มก./กก. น้ำหนักสด) ในงานทดลองที่สองเพื่อศึกษาชนิดของเหล็กคีเลตที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร 4 ชนิด คือ Fe-EDTA 13.2%Fe, Fe-EDDHA 5.7%Fe, Fe-DTPA 7%Fe และ Fe-DTPA 11.3%Fe โดยปริมาณเหล็กที่ใส่ในสารละลายปริมาณเท่ากันคือ 40 ppm Fe และควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่ 1.6 mS/cm จากการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของผักสลัดไม่มีความแตกต่างกันเมื่อใช้เหล็กคีเลตต่างกัน ดังนั้นสามารถใช้เหล็กคีเลตทั้งสี่ชนิดในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of Electrical Conductivity and Fe-Chelate in Nutrient Solution on Growth and Nitrate Concentration of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Nutrient Film Technique (NFT)
Student	Miss. Yada Wongpornpratеep
Student ID	48066005
Degree	Master of Science
Program	Soil Science
Year	2007
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Itthisuntorn Nuntagij

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the varying level of nutrient concentrations and type of Fe-Chelates affected on lettuce (*Lactuca sativa* L.) yield and nitrate content in NFT system. Study was carried out by growing lettuce in a 10 cm width and 6 meters long galley and it was divided into 2 experiments. In the first experiment, 4 levels of electrical conductivities of 1.2, 1.6, 2.0 and 2.4 mS/cm in the nutrient solution were investigated. The result showed different in growth of lettuces when they were grown in the nutrient solutions with different in electrical conductivities. The best electrical conductivities suited for growth and producing nitrate not exceeding the standard value set by the European Commission (less than 4,500 mg/kg of fresh weight) were ranged from 1.2 to 2.0 mS/cm. In the second experiment, 4 different kinds of Fe-Chelates: Fe-EDTA 13.2%Fe, Fe-EDDHA 5.7%Fe, Fe-DTPA 7%Fe and Fe-DTPA 11.3%Fe were tested. Similar amount of 40 ppm Fe were dissolved in the solutions and the electrical conductivities of the solutions were set at 1.6 mS/cm. The result revealed that no significant differences in growth of lettuces were observed when they were grown in the 4 types of Fe-Chelate solutions. Therefore, the tested chelates could be used in substitute with each other.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาส คำแนะนำ และความรู้ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ตั้งแต่เริ่มแรกจนสำเร็จการศึกษา

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ซึ่งคอยผลักดันและให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำในการปฏิบัติงานทดลอง ตลอดจนชี้แจงและแนะแนวทางการแก้ปัญหาในการทดลอง

กราบขอบพระคุณ ดร.นันทรัตน์ ศุภกำเนิด ที่ให้ความรู้และแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมเกียรติ สีสนอง ที่คอยช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานทดลอง

กราบขอบพระคุณ ดร.อุมา แสงคร้าม ที่กรุณาให้คำแนะนำการเขียนโครงร่างวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำปรึกษาทั้งในด้านการเรียน และสิ่งที่เป็นประโยชน์ในด้านต่างๆ

ขอบคุณน้าจิตร พี่น้อย พี่นารี ที่คอยให้การช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดมา

ขอบคุณเพื่อนปริญญาโทที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาอย่างดีเสมอมา

ขอบคุณน้องทุกคนที่ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชายที่ให้โอกาส คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนที่สำคัญแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

หากวิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าของผู้ที่สนใจ ผู้เขียนขออุทิศให้บุพการี และผู้มีพระคุณทุกท่าน ส่วนความผิดพลาด และข้อบกพร่องใดๆ ผู้เขียนขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ญาดา วงศ์พรประทีป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)	3
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด	3
2.2.1 สารละลายธาตุอาหารพืช	3
2.2.2 แสง	4
2.2.3 อุณหภูมิ	4
2.2.4 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว	5
2.3 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) ในสารละลายธาตุอาหารพืช	5
2.4 ธาตุเหล็ก	6
2.5 ปริมาณการสะสมไนเตรท	8
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเหล็กกับไนเตรท	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 การทดลองที่1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT	13
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 การวางแผนการทดลอง. 16
3.1.3 วิธีการทดลอง. 16
3.1.4 การเก็บข้อมูล. 17
3.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดของเหล็กคีเลตที่เหมาะสมต่อ การเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูก ในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) 18
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง. 18
3.2.2 การวางแผนการทดลอง. 18
3.2.3 วิธีการทดลอง. 18
3.2.4 การเก็บข้อมูล. 18
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล. 19

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์. . . . . .
4.1 การทดลองที่ 1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรท ในผักสลัดที่ปลูกในระบบNutrient Film Technique (NFT) 20
4.1.1 น้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น). . . 20
4.1.2 น้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น). 23
4.1.3 น้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น). 26
4.1.4 น้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น) 28
4.1.5 เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร). 31
4.1.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) 34
4.1.7 ปริมาณไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค (มก./กก.นน.สด) 36
4.1.8 ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/ราง) 38
4.1.9 การประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน) 40
4.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดของเหล็กคีเลตต่อการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูก ในระบบ Nutrient FilmTechnique(NFT) 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4.2.1	น้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	42
4.2.2	น้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	42
4.2.3	น้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	43
4.2.4	น้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	47
4.2.5	ปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm)	49
4.2.6	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)	50
4.2.7	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)	52
4.2.8	ปริมาณไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค (มก./กก.นน.สด)	54
4.2.9	ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน)	55
4.2.10	การประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง		59
บรรณานุกรม		60
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์ไนเตรท		63
ภาคผนวก ข. การเจริญเติบโตของผักสลัด		65
ภาคผนวก ค. ปริมาณไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค		93
ประวัติผู้เขียน		96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงองค์ประกอบธาตุอาหารในสารละลาย สูตรสารละลาย KMITL 2 ปริมาตรทั้งหมด 40 ลิตร ความเข้มข้น 200 เท่า	16
3.2	แสดงองค์ประกอบธาตุอาหารในสารละลาย สูตรสารละลาย KMITL 2 ปริมาตรทั้งหมด 10 ลิตร ความเข้มข้น 200 เท่า	19
4.1	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	22
4.2	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	25
4.3	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	27
4.4	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	30
4.5	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)	33
4.6	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)	35
4.7	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค (มก./กก.นน.สด)	38
4.8	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้นวัน)	39
4.9	ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย ต่อการประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)	41
4.10	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนต้น เหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	44
4.11	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสด ของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.12	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	46
4.13	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)	48
4.14	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm)	50
4.15	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)	51
4.16	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)	53
4.17	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค (มก./กก.นน.สด)	55
4.18	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน)	56
4.19	ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อการความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงการจับตัวกับไอออนของโลหะต่าง ๆ	6
2.2	แสดงความคงรูปของเหล็กคีเลตที่ช่วง pH ต่าง ๆ	7
2.3	แสดงการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ในปฏิกิริยาการรีดิวซ์ไนไตรต์	11
2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการรีดิวซ์ไนเตรทกับกระบวนการเมทาบอลิซึม	12
3.1	ระบบปลูกพืชแบบ Nutrient Film Technique (NFT) (ก) ตาข่ายพรางแสง 50 % สีเงินและติดระบบพ่นฝอย โดยใช้หัวพ่นฝอยของ Netafilm (ข) โต๊ะอนุบาลผักระบบ Nutrient Film Technique (NFT) (ค) ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร (ง)	14
3.2	ผักสลัด butterhead (ก) ผักสลัด green oak (ข) ผักสลัด red oak (ค) ผักสลัด red coral (ง) ผักสลัด frillice (จ)	15
4.1	ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัดที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย 1.2 1.6 2.0 และ 2.4 mS/cm ในฤดูร้อน	39
4.2	ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัดที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย 1.2 1.6 2.0 และ 2.4 mS/cm ในฤดูหนาว	40
4.3	ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (ลิตร) โดยชนิดของเหล็กคีเลต ในสารละลายต่างกัน	56
4.4	ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (ลิตร) โดยชนิดของเหล็กคีเลต ในสารละลายต่างกัน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นพืชจะได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตทางสารละลายธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ การควบคุมปริมาณธาตุอาหารที่ให้แก่พืชจะกระทำโดยปรับค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity : EC) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในสารละลายธาตุอาหาร ในระดับที่เหมาะสมต่อพืช (ดิเรก ทองอร่าม. 2548) ธาตุเหล็กเป็นธาตุที่มีความสำคัญในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช และแสดงอาการขาดที่ใบอ่อน มีหน้าที่สำคัญช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในขบวนการเพิ่มหรือลดจำนวนออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของพืชและช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่น โดยรูปของเหล็กที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้คือ Fe^{2+} และ Fe^{3+} ซึ่งสารเคมีที่ให้ธาตุเหล็กคือ เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) และเหล็กในรูปคีเลต ซึ่งเฟอร์รัสซัลเฟตมีราคาถูกและละลายน้ำได้ง่ายแต่ตกตะกอนเร็วขึ้นกับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ ส่วนเหล็กคีเลตเป็นสารประกอบอินทรีย์ สามารถคงตัวอยู่ในรูปสารละลายธาตุอาหารพืชโดยไม่ตกตะกอนและพืชสามารถนำไปใช้ได้ แต่เนื่องจากเหล็กคีเลตมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและการคงตัวอยู่ในสารละลายที่ต่างกัน โดยเหล็กทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของรีดิวซ์เฟอร์ริดอกซิน (Fd_{red}) ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548) ถ้าเหล็กตกตะกอนพืชไม่สามารถดูดซับนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ระดับค่าความเข้มข้นของสารละลายจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิดจะต่างกัน

การที่พืชได้รับไนเตรทมากเกินไปก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้เกิดการสะสมไนเตรทของพืช ซึ่งปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารจะถูกวัดร่วมกับธาตุอาหารอื่นในรูปของค่าการนำไฟฟ้า โดยทั่วไปค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมของผักสลัดจะอยู่ในช่วง 0.8 – 2.8 mS/cm (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548)

ดังนั้นการศึกษาถึงผลของระดับค่าการนำไฟฟ้า และชนิดของเหล็กในสารละลาย ที่มีต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT) จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตผักสลัดให้มีคุณภาพและปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาระดับของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดของเหล็กคีเลตในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ทำการทดลองที่ลานกลางแจ้ง ชั้น 5 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยดำเนินการระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2549 – เดือนเมษายน พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) เป็นการปลูกพืชโดยรากของพืชจะแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ หนาประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5 - 35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร โดยความกว้างราง ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช ความยาวของรางตั้งแต่ 5 - 20 เมตร สารละลายจะไหลอย่างต่อเนื่อง อัตราไหลอยู่ในช่วง 1 - 2 ลิตรต่อนาทีต่อราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำ หนา 80 – 200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป หรือทำจากโฟมขึ้นรูปเป็นรางติดกัน 3 – 5 ราง ต่อกันตามแนวยาวและบุภายในด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำรั่ว นอกจากนี้รางปลูกอาจทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม บุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านราง รากพืช และไหลเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538) ซึ่งการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชเป็นวิธีที่นิยมปลูกกันโดยทั่วไปและเหมาะสมในการทดลองศึกษาความต้องการธาตุอาหารได้เป็นอย่างดี เพราะสามารถควบคุมปริมาณธาตุต่างๆที่พืชต้องการและความเข้มข้นของธาตุที่ต้องการศึกษา ตลอดจนความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายได้ (ดิเรก ทองอร่าม. 2548)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด

2.2.1 สารละลายธาตุอาหารพืช

เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว ความสมดุลของธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีผลต่อต้นทุนในเชิงธุรกิจของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ดิเรก ทองอร่าม. 2547; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

สารละลายธาตุอาหารมีปริมาณและชนิดของธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ไม่เป็นพิษต่อพืช โดยสัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจุเดียวกันในพืช และต้องควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน (2547) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอมด้วยสารละลาย 10 สูตร พบว่าที่อุณหภูมิสูง สารละลายธาตุอาหารบางสูตรที่มีสัดส่วนธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสม ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ไม่ดี

2.2.2 แสง

แสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากพืชจำเป็นต้องการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยช่วงความยาวนานของแสง ช่วงคลื่นของแสง และความเข้มของแสงต่างก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Lo pez Cruz, I. L. et al. 2003)

ในประเทศไทยถ้าปลูกผักสลัดในฤดูร้อนที่สภาวะอุณหภูมิสูง ความเข้มแสงสูง ช่วงวันยาว ผักสลัดจะมีอัตราการเจริญเติบโตด้านลำต้นเพิ่มขึ้น ปล้องยาว ใบชะงักการเจริญเติบโตทำให้ใบสั้น นอกจากนี้แสงยังมีผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิในโรงเรือนให้สูงขึ้นอีกด้วย (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538)

2.2.3 อุณหภูมิ

ผักสลัดเป็นผักที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 18 - 26 องศาเซลเซียส ในบริเวณที่มีเขตหนาวสามารถปลูกผักสลัดได้ดี ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิรากให้สูงขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; Van Der Boon, J. et al. (1990) ส่วนในเขตร้อน อุณหภูมิสูงทำให้ออกซิเจนละลายในสารละลายได้ลดลงจนอาจทำให้รากพืชขาดออกซิเจนได้ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญ การละลายของออกซิเจนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในสารละลายลดลงจาก 8.25 ppm เหลือ 7.51 ppm การปลูกพืชในระบบ NFT โดยให้น้ำไหลผ่านรากบางๆ ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะมีประมาณ 40-50 % แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 37 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนจะเหลือเพียง 30 - 40 % ซึ่งเป็นผลให้พืชชะงักการเจริญเติบโต (นิพนธ์ ไชยมงคล. 2550) ธีระศักดิ์ พงษาอุทิน (2547) ทำการเปรียบเทียบปลูกผักกาดหอมในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในโรงเรือนปิดที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่า จะมีการเจริญเติบโต ของจำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมากกว่าที่ปลูกในโรงเรือนเปิดที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่า วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต (2546) พบว่าการปลูกผักกาดหอมในฤดูร้อน การเจริญเติบโตมีการชะลอตัวลงในสัปดาห์ที่ 5 ของการเพาะปลูก แต่ในฤดูหนาวสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและแสงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยถ้าอุณหภูมิสูงและช่วงแสงยาวจะทำให้ช่อดอกเจริญเร็ว ผักมีรสขม ปลายใบไม้ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการขาดแคลเซียม ทำให้ผลผลิตคุณภาพต่ำลง (Jones. 1997 ; Schwarz. 1995) ทางตะวันออกเฉียงเหนือของยุโรปในฤดูหนาว พบว่าผักสลัดที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีการสะสมไนเตรทได้มากกว่า 6,000

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มก./กก.นน.สด (Van der Boon, J. et al. 1990)

2.2.4 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักสลัดขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็นสำคัญ อายุการเก็บเกี่ยวผักสลัดประมาณ 30-50 วันหลังจากเพาะเมล็ด การเก็บควรเลือกเก็บขณะที่ใบยังอ่อน กรอบ ไม่เหนียวกระด้าง ห่อหัวแน่นไม่หลวม รูปร่างค่อนข้างกลมแบน ไม่ควรปล่อยให้แก่เกินไปเพราะหัวจะยืดตัวไปทางตั้งและแทงช่อดอก ทำให้เสียคุณภาพ และมีรสขม วิธีการตัดโดยใช้มีดตัดตรงโคนต้น แล้วตัดแต่งใบเสียทิ้งไป ชุบน้ำเพื่อล้างยางสีขาวออกและสลัดน้ำออกให้หมด เพราะจะเน่าเสียได้ง่าย (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; Schwarz. 1995)

2.3 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) ในสารละลายธาตุอาหารพืช

ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชสำหรับการปลูกพืชชนิดต่างๆนั้น นอกจากชนิดและปริมาณของธาตุอาหารพืชแล้วสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการคือความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งมักวัดในรูปของค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity : EC) มีหน่วยเป็น มิลลิโมต่อเซนติเมตร (mmho/cm) หรือ มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 1.5 – 3.0 mS/cm ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูงหรือต่ำกว่านี้จะส่งผลกระทบในด้านลบกับพืช ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยเจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นน้อยลงเมื่อค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไป และถ้าค่าการนำไฟฟ้าต่ำเกินไปสามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. 2549)

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโต ความแข็งแรงและชนิดของต้นพืช เช่น ในต้นมะเขือเทศค่าการนำไฟฟ้าที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช แต่จะเหมาะกับพืชที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิต (reproductive growth) ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผล (vegetative growth) เมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าให้สูงขึ้น จะมีผลทำให้พืชมีความแข็งแรงมากขึ้น มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น เพิ่มน้ำหนักใบ ผลและดอก ทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น ปริมาณธาตุอาหาร และกรดในผลเพิ่มขึ้น อายุหลังเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตาม การควบคุมให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงจะยุ่งยากและหากค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไปจะทำให้เกิดผลเสียเช่น ในผักสลัด อาจเกิดอาการยอดไหม้ (tip burn) (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548) ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำนั้น (< 1.0 mS/cm) จะทำให้คุณภาพของผลผลิตที่ได้ อ่อนนุ่ม ซึ่งจะดีในการปลูกผักสลัด แต่ในมะเขือเทศ และพืชผักชนิดอื่นที่เก็บผลสดพบว่าคุณภาพของผลจะไม่ดี เนื่องจากผลอ่อนนุ่มเกินไป และรสชาติไม่ดี นอกจากนี้อายุหลังเก็บเกี่ยวทั้งผัก ไม้ดอก และไม้ประดับจะสั้นลง

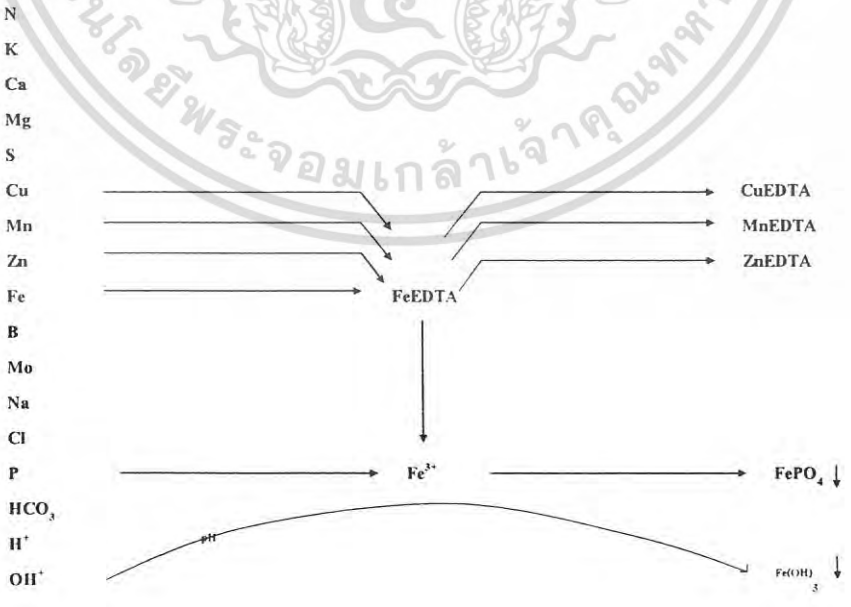
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองของ Samarakoon, U. C. et al. 2006 พบว่าระดับค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับผักสลัดที่ปลูกในประเทศศรีลังกาคือที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.4 dS/m ซึ่งมีจำนวนใบและน้ำหนักแห้งมากกว่าผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 3.0 dS/m ณัฐกร. 2549 ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายธาตุอาหาร สูตรสารละลายธาตุอาหาร ชนิดของผักสลัด และฤดูกาลเพาะปลูก กับปริมาณการสะสมไนเตรท พบว่าปริมาณการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระดับค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจาก 1.0 mS/cm เป็น 1.8 mS/cm Schwarz และ Grosch. 2002 ศึกษามะเขือเทศที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชพบว่ามีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากลดลงเมื่อเพิ่มระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายจาก 1.5 dS/m เป็น 5 dS/m และ 9 dS/m และพบว่าสูตรธาตุอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสามารถสะสมไนเตรทในผักสลัดได้มากเช่นกัน

2.4 ธาตุเหล็ก

ธาตุเหล็กเป็นจุลธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวก ละลายได้ค่อนข้างยากในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อใส่ในรูปเกลืออนินทรีย์ โดยเฉพาะเมื่อสารละลายธาตุอาหารพืชมี pH สูงกว่า 5 เมื่อทำปฏิกิริยาระหว่างประจุบวกของธาตุเหล็กกับประจุลบของ hydroxyl ions จะเกิดการตกตะกอนในรูปของ hydrous metal oxide ได้ตะกอนสีน้ำตาลแดง ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้

$$2Fe^{+3} + 6OH^{-} \text{ -------> } 2Fe(OH)_3 \text{ -------- > } Fe_2O_3.3H_2O \text{ (redish-brown oxide)}$$



ภาพที่ 2.1 แสดงการจับตัวกับไอออนของโลหะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อป้องกันการตกตะกอนของธาตุเหล็กจึงมีการเติมสารอินทรีย์บางชนิดที่เรียกว่า สารคีเลต ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่ให้ไอออนของโลหะหรือจุลธาตุประจุบวกยึดเกาะรวมตัวเป็นโลหะคีเลต หรือสารประกอบคีเลต (ภาพที่ 2.1) ซึ่งมีคุณสมบัติที่จะปลดปล่อยธาตุนั้นๆ ให้กับพืชทีละน้อย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

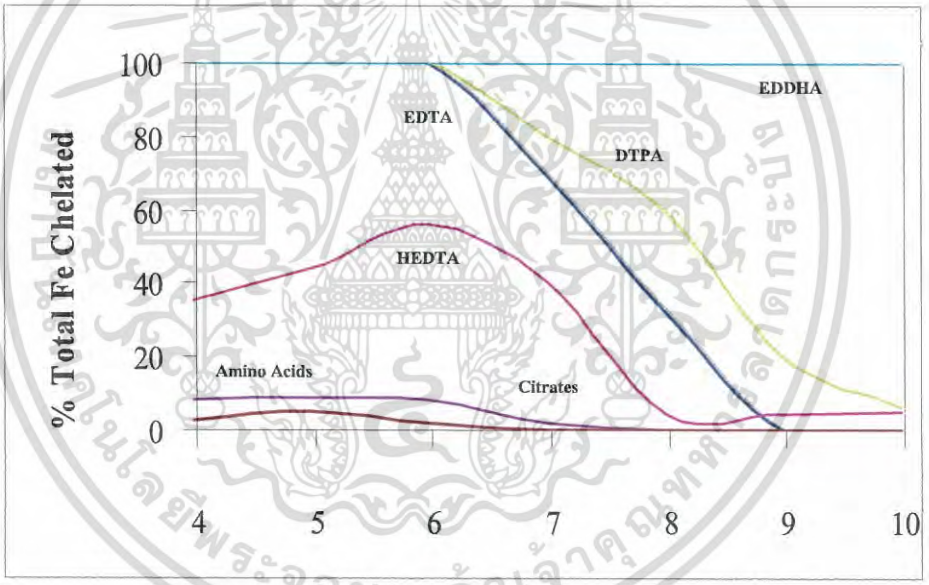
อิทธิสุนทร นันทกิจ (2538) กล่าวว่า เหล็กคีเลตชนิดต่างกันจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังนี้ (ภาพที่ 2.2)

Fe – EDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH เท่ากับ 1 – 6 (แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้)

Fe – DTPA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH เท่ากับ 2 – 7 (แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้) มีความเสถียรกว่า EDTA

Fe – EDDHA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH เท่ากับ 2 – 9 มีความเสถียรกว่า DTPA

Fe – HEDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH เท่ากับ 2 – 9 (เสื่อมสภาพได้ง่าย)



ภาพที่ 2.2 แสดงความคงรูปของเหล็กคีเลตที่ช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่าง ๆ

เหล็กเป็นธาตุที่ไม่ค่อยเคลื่อนย้ายในพืช มีหน้าที่สำคัญช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ช่วยในขบวนการเพิ่มหรือลดจำนวนออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของพืช ช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่นๆ เกี่ยวข้องกับสังเคราะห์โปรตีนในส่วนของคลอโรพลาสต์ เป็นองค์ประกอบของไซโตโครม ซึ่งเป็นสารตัวกลางในการถ่ายทอดอิเลคตรอนทั้งในขบวนการสังเคราะห์แสง และเกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจในไมโตคอนเดรีย โดยเป็นส่วนประกอบของสารเฟอโรดอกซิน ซึ่งทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณของธาตุเหล็กที่พืชได้รับ คือ เมื่อพืชได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ขบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชก็จะเป็นไปตามปกติ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543) แต่ถ้าได้รับไม่เพียงพอใบของพืชก็จะหยุดสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้เกิดอาการผิดปกติในใบ ที่เรียกว่า คลอโรซิส คือใบจะมีสีเหลืองซีดหรือขาวซีด และจะแสดงออกอย่างชัดเจนในบริเวณยอดอ่อนหรือใบอ่อน (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

นอกจากนี้ยังพบว่า การขาดธาตุเหล็กมีผลกระทบโดยตรงต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของ RNA ในคลอโรพลาสต์ของ *Euglena grasilis* โดย chloroplast RNA และ choloplast ribosome ของเซลล์ที่ขาดธาตุเหล็กจะมีอยู่เพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์ปกติเท่านั้น (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543)

2.5 ปริมาณการสะสมไนเตรท

ไนโตรเจนเป็นมหธาตุ (macro element) ที่จำเป็นต่อการเจริญ เติบโตของพืช และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ รูปที่เป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่พืชได้รับส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ไนโตรเจนมีการเปลี่ยนรูปเสมอ โดยไนเตรทที่พืชดูดจะถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียก่อนเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนในเซลล์พืช โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) และไนไตรต์รีดักเทส (nitrite reductase) ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ถ้าพืชขาดธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์จะทำให้ คุณภาพของผลผลิตลดลง ราก และลำต้นไม่แข็งแรง ใบเหลือง เป็นต้น แต่การให้ไนเตรทมากเกินไปจะทำให้คุณภาพทางโภชนาการต่ำลงเนื่องจากไนเตรทสามารถถูกรีดิวซ์กลายเป็นไนไตรต์ ซึ่งอาจถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคในระยะยาวได้ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543 ; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

อย่างไรก็ตามการให้ธาตุอาหารไนโตรเจนในการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินนิยมให้ในรูปไนเตรท เนื่องจากการให้ในรูปของแอมโมเนียมแก่พืช แม้พืชจะนำไปใช้ได้โดยตรงในการสังเคราะห์กรดอะมิโน และเอไมด์ แต่สารละลายแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นสูงจะเป็นพิษต่อพืช ซึ่งทำให้ชะงักการเจริญเติบโต เกิดอาการแผ่นใบเหลือง (chlorosis) เนื้อเยื่อที่ใบเป็นแผล และตายในเวลาต่อมา นอกจากนี้จะทำให้พืชดูดใช้ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้น้อยลง เนื่องจากเป็นธาตุประจุบวกเหมือนกัน ทำให้เกิดการขัดขวางการนำโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมไปใช้ประโยชน์ (ดิเรก ทองอร่าม. 2548) พืชที่ขาดธาตุเหล่านี้ อาจจะแสดงอาการผิดปกติตามมาให้เห็นเช่น อาการยอดไหม้ ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต เกิดอาการแผ่นใบเหลือง (chlorosis) หรือแผ่นใบไหม้ (necrosis) ที่ใบเป็นแผลที่ลำต้น จากเหตุผลของการให้ไนโตรเจนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปของไนเตรทดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้มีการสะสมไนเตรทในผัก

จากการทดลองในประเทศแถบยุโรปและอเมริกาพบว่า แสง พันธุ์พืช และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการสะสมไนเตรท (Schonbeck. 1988 ; Muramoto. 1999) อีกทั้งยังพบว่าในสภาพที่มีแสงแดดน้อยและอุณหภูมิสูงมีผลให้พืชนำปริมาณไนเตรทที่สะสมอยู่ในส่วนของต้นและใบไปใช้ได้ลดลงจึงทำให้เกิดการสะสม (วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546; Maynard and Barker. 1972) ซึ่งในฤดูหนาวที่มีแสงน้อย ผักสลัดจะมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าในฤดูร้อน (Van der Boon, J. et al. 1990) แต่จากการทดลองปลูกผักสลัดในโรงเรือนในประเทศไทย พบว่าผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนจะมีปริมาณการสะสมไนเตรทมากกว่าฤดูหนาวเพราะว่าในประเทศไทยมีปริมาณแสงในฤดูฝนน้อยกว่าฤดูหนาวทำให้กิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ ปริมาณการสะสมไนเตรทในพืชจึงมีมาก (ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549) นอกจากนี้เมื่อเปลี่ยนเวลาเก็บเกี่ยวผักจากเช้าเป็นเที่ยงหรือเย็น พบปริมาณไนเตรทในผักสลัดลดลงเนื่องจากเมื่อพืชได้รับแสงมากขึ้นจะเกิด กระบวนการ reduction และ assimilation มากขึ้น ทำให้ไนเตรทที่สะสมในผักลดน้อยลง (Amr and Hadidi. 2001)

ปริมาณไนเตรทที่สะสมในบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในโรงเรือนมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าในแปลงปลูกทั่วไป และปริมาณไนเตรทจะลดลงเมื่อปริมาณแสงเพิ่มขึ้น (Drew, M. et al. 1996) การพรางแสงในการปลูกผักสลัดในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีผลต่อปริมาณไนเตรท ถ้าพรางแสงมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการสะสมไนเตรทที่ใบมาก ดังนั้นควรมีการพรางแสงที่เหมาะสมเพื่อลดการสะสมไนเตรท เพิ่มความสูง และความกว้างทรงพุ่มของผัก (กิตติ บุญเลิศนิรันดร์. 2547 ; Carrasco and Burrage. 1992) อย่างไรก็ตามพบว่าสภาวะความเข้มแสงต่ำ และค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (0.65 และ 0.90 dS/m) การเจริญเติบโตของผักสลัดจะช้า ที่ความเข้มแสงสูงกว่า 10 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน และระดับค่าการนำไฟฟ้าที่สูง การเจริญเติบโตของผักสลัดจะเติบโต ส่วนที่ความเข้มแสงต่ำกว่า 10 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน และระดับค่าการนำไฟฟ้าที่สูง (1.2 - 2.0 dS/m) ปริมาณการสะสมไนเตรทจะมาก แสดงว่าแสงและค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายมีผลต่อการสะสมไนเตรท และอัตราการเจริญเติบโตของผักสลัด (Gent. 2003)

ผลการสำรวจปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผักสลัดที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งวางจำหน่ายในเขตกทม. พบว่าผักสลัดแต่ละชนิด และผักสลัดชนิดเดียวกันซึ่งปลูกในฤดูเดียวกันแต่ต่างผู้ผลิตจะมีปริมาณการสะสมไนเตรทต่างกัน (ธรรมศักดิ์ และคณะ. 2545) มีรายงานผลการสำรวจปริมาณการสะสมไนเตรทในวอเตอร์เคลส (*Nasturtium offcinate*) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) พบว่ามีค่าเฉลี่ยไนเตรทอยู่ในช่วง 748 - 1,222 มก./กก.นน.สด (มนัชญา รัตนโชติ. 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศบัลแกเรียมีรายงานพบว่าปริมาณไนเตรทในผัก โดยพบปริมาณไนเตรทจำนวนมากที่สุดในจำพวกผักโขม หัวไชเท้า คื่นช่าย หัวบีท และผักสลัด ซึ่งผักเหล่านี้สะสมไนเตรทได้มากกว่า 2,500 มก./กก.นน.สด (Yordanov, N. D. et al. 2001) จากการศึกษาในเมืองนานกิงประเทศจีนพบว่าผักกาดหอมต้น คื่นฉ่าย หัวผักกาด และผักกาดฮ่องเต้ มีปริมาณการสะสมไนเตรทค่อนข้างสูง (Weimin , Z. et al. 2005)

นอกจากนี้พบว่าก้านใบมีปริมาณไนเตรทมากที่สุด รวมถึงในพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์จะมีการสะสมไนเตรทที่ต่างกัน (Peck, N. H. et al. 1971; Barker and Maynard. 1972) เนื่องมาจากเอนไซม์สำคัญบางตัวที่ร่วมในขบวนการเปลี่ยนไนเตรทจนกลายเป็นโปรตีน ไนเตรทรีดักเทสในพืชแต่ละชนิดมีกิจกรรมต่างกัน (Keeney. 1970)

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเหล็กกับไนเตรท

ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พืชจะได้รับธาตุไนโตรเจนในรูปเกลือไนเตรทเป็นส่วนใหญ่ โดยจะส่งไนเตรทไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของพืชผ่านทางท่อน้ำ ก่อนที่ไนเตรทจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์จะถูกรีดิวซ์เป็นไนไตรต์และไนไตรต์จะถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียโดยอาศัยเอนไซม์ไนไตรต์รีดักเทสแต่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (กระบวนการรีดิวซ์ไนเตรทหรือไนเตรทรีดักชัน; nitrate reduction) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์อะมิโน และโปรตีน

การรีดิวซ์ไนเตรทเป็นแอมโมเนียเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกการรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนไตรต์ โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในไซโทซอลหรือไซโทพลาสซึมของเซลล์ โดยมีเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสเป็นตัวเร่ง

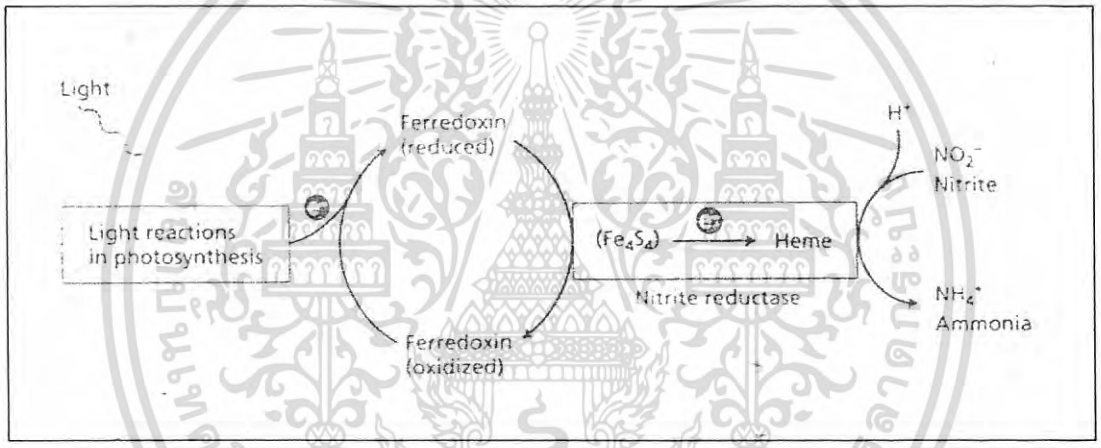
ขั้นตอนที่ 2 การรีดิวซ์ไนไตรต์ให้เป็นแอมโมเนีย(ภาพที่ 2.3) โดยอาศัยเอนไซม์ไนไตรต์รีดักเทส ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในคลอโรพลาสหรือโพรพลาสติดของราก โดยมีเอนไซม์ไนไตรต์รีดักเทสเป็นเป็นตัวเร่ง เนื่องจากไนไตรต์ที่เกิดขึ้นเป็นพิษต่อเซลล์พืช ซึ่งจะขัดขวางการพาออกซิเจนของฮีโมโกลบินในสัตว์กินพืช ไนไตรต์ในพืชจะถูกลำเลียงเข้าสู่คลอโรพลาสต์ ในเซลล์ที่มีการสังเคราะห์แสง เช่นใบ และจะถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียอย่างรวดเร็วโดยอาศัยเอนไซม์ไนไตรต์รีดักเทส (เป็นเอนไซม์พวกเฟลโวโปรตีนเช่นเดียวกับไนเตรทรีดักเทส แต่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ) รีดิวซ์เฟอร์ริดอกซิน (Fd_{red}) (สารพวกนอนฮีมโปรตีน (nonheme-protein)) จากปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง (มีเอนไซม์ไฮโดรจีเนส (hydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา) จะส่งถ่ายอิเล็กตรอนไปยัง Fe_4S_4 และฮีมโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ จะรีดิวซ์ไนไตรต์ไปเป็นแอมโมเนียมไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพบว่าการรีดิวซ์ไนเตรทเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง และการหายใจ (ภาพที่ 2.4) และได้สารให้อิเล็กตรอน NADH หรือ NADPH แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยารวมตัวกับสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจน คือ กรดอะมิโน โปรตีน และสารอินทรีย์อื่นๆ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

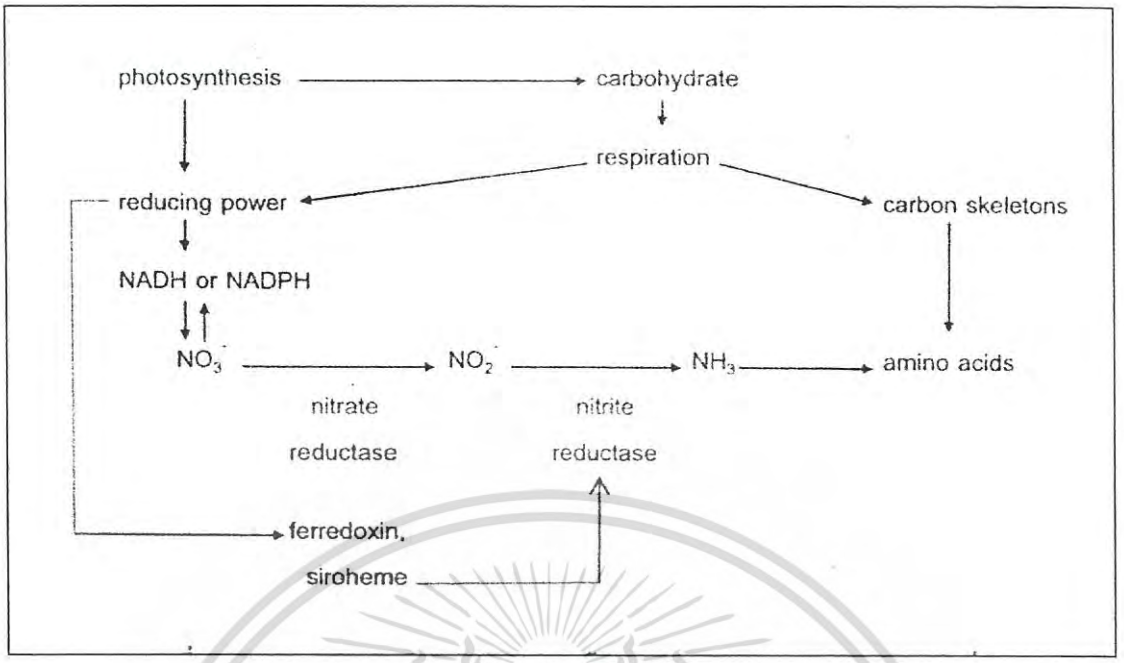
Assimakopoulou (2006) ศึกษาพบว่าการให้ธาตุเหล็ก (20 μM) ร่วมกับอัตราส่วนระหว่างไนเตรทและแอมโมเนียม เท่ากับ 80 : 20 แก่พืช ส่งผลให้ผลผลิตของผักขมมากกว่าการให้ธาตุเหล็กร่วมกับการใส่ไนเตรท 100 เปอร์เซ็นต์

Ana, A. et.al. (2005) ศึกษาต้นพืชที่ปลูกในดินเหนียวปนทราย พบว่าตำรับที่ใส่ EDDHA/Fe3+, EDDHMA/Fe3+ และ EDDHSA/Fe3+ 2 กรัมลงในดินส่งผลให้ต้นพืชมีปริมาณเหล็กในใบ และผลผลิตมากกว่าตำรับควบคุมที่ใส่ 50(10P+K)Fe



ภาพที่ 2.3 แสดงการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ในปฏิกิริยาการรีดิวซ์ไนไตรต์ไปเป็นแอมโมเนียมไอออน โดยอาศัยเอนไซม์ไนไตรต์รีดักเทส ซึ่งมีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการรีดิวซ์ไนเตรทกับกระบวนการเมทาบอลิซึมอื่นๆ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 การทดลองที่1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบปลูกพืชระบบ NFT จำนวน 16 รางปลูก ตัวรางทำจาก PVC ยาว 6 เมตร กว้าง 10 เซนติเมตร เจาะรูปลูกจำนวน 20 ต้นต่อ 1 ราง ด้านบนพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 50 % สีเงิน และติดระบบพ่นฝอย โดยใช้หัวพ่นฝอยของ Netafilm อัตราไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง ระยะห่างระหว่างหัวพ่นฝอย 2.0X2.8 ตารางเมตร แสดงในภาพที่ 3.1 (ก), (ข)

2. โต๊ะอนุบาลผักระบบ NFT มีความยาวรางละ 2 เมตร เจาะรูสำหรับปลูกผักสลัดได้ 35 ต้นต่อ 1 ราง แสดงในภาพที่ 3.1 (ค)

3. ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร จำนวน 16 ใบ แสดงในภาพที่ 3.1 (ง)

4. เมล็ดพันธุ์ผักสลัด 5 ชนิดคือ butterhead, frillice, green oak, red oak และ red coral ซึ่งลักษณะของผักสลัดแต่ละชนิดแสดงในภาพที่ 3.2 (ก – จ)

5. ปั๊มน้ำยี่ห้อ Hailida รุ่น HX – 2000 ขนาด 8 W จำนวน 16 ตัว

6. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter) ยี่ห้อ Truncheon

7. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 9025

8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ CECIL รุ่น CE 2011

9. เครื่องบดตัวอย่างพืช

10. สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL2 (ตารางที่ 3.1)

11. Nitric acid

12. เพอร์ไลท์ ของบริษัทดัทซ์ กรีนเนอรี่ จำกัด

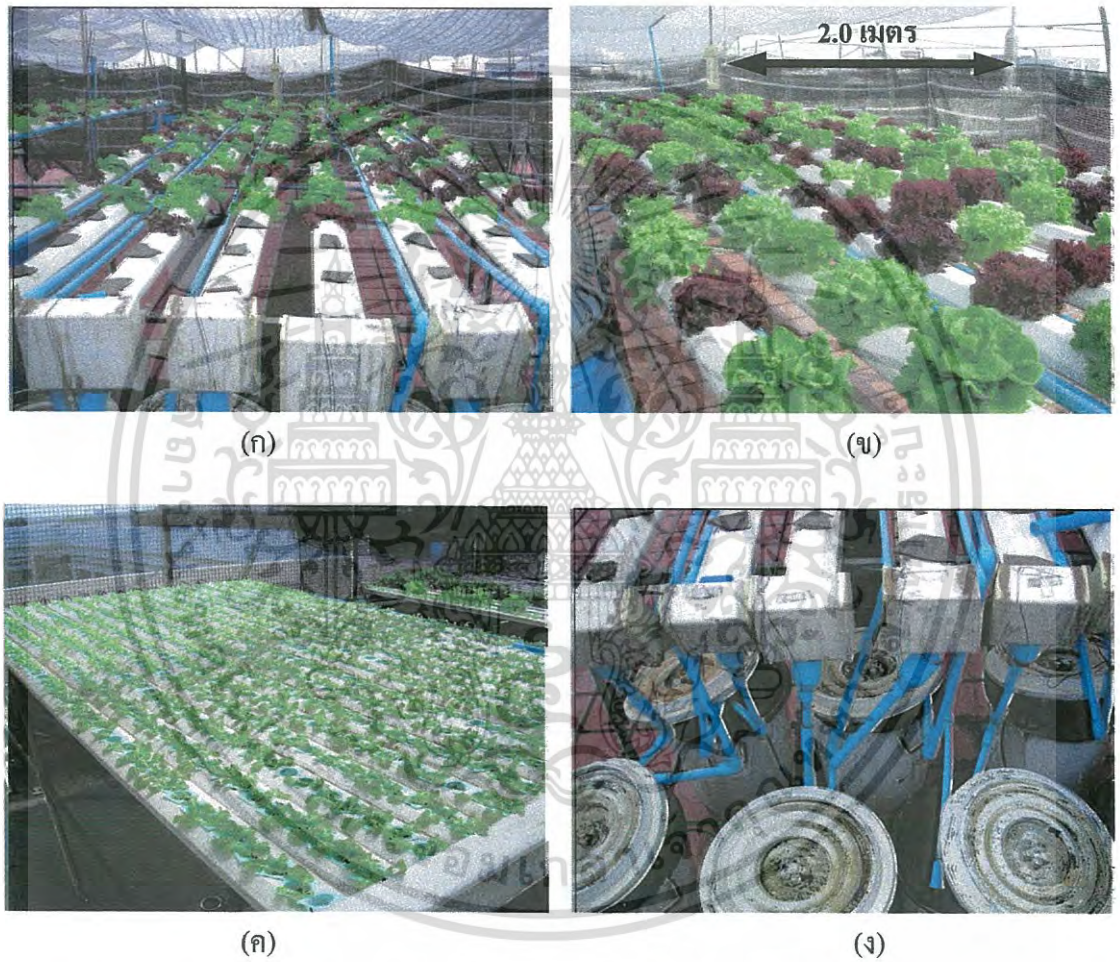
13. ถ้วยปลูก ของบริษัทดัทซ์ กรีนเนอรี่ จำกัด

14. สารละลายสูตร KMITL 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ฤดูการปลูกดังนี้

ฤดูกาล	เดือนที่ปลูก	พันธุ์ที่ปลูก
ฤดูร้อน	เมษายน – พฤษภาคม 2549	บัตเตอร์เฮด, ฟิลเลย์, กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค, เรดคลอรัล ชนิดละ 4 ต้น
ฤดูฝน	มิถุนายน – กรกฎาคม 2549	บัตเตอร์เฮด, ฟิลเลย์, กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค, เรดคลอรัล ชนิดละ 4 ต้น
ฤดูหนาว	มกราคม – กุมภาพันธ์ 2550	กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค ชนิดละ 10 ต้น



ภาพที่ 3.1 ระบบปลูกพืชแบบ Nutrient Film Technique (NFT) (ก) ตาข่ายพรางแสง 50 % สีเงิน และติดระบบพ่นฝอย (ข) โต๊ะอนุบาลผักระบบ Nutrient Film Technique (NFT) (ค) ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

ภาพที่ 3.2 ผักสลัด butterhead (ก) ผักสลัด green oak (ข) ผักสลัด red oak (ค) ผักสลัด red coral (ง) ผักสลัด frillice (จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จำนวน 4 ซ้ำประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง คือ ค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 (1.6 mS/cm ตำรับควบคุม เนื่องจากเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไป), 2.0, 2.4 mS/cm

ตารางที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบธาตุอาหารในสารละลายสูตรสารละลาย KMITL 2 ปริมาตรทั้งหมด 40 ลิตร ความเข้มข้น 200 เท่า

ชนิดของสารละลายธาตุอาหาร	น้ำหนัก (กรัม)
สารละลาย A (ปริมาตร 20 ลิตร)	
$Ca(NO_3)_2$	3,767
Fe-EDTA	94
สารละลาย B (ปริมาตร 20 ลิตร)	
KNO_3	1,796
KH_2PO_4	653
$MgSO_4$	1,048
$ZnSO_4$	4.756
$CuSO_4$	1.016
$MnSO_4$	14.194
H_3BO_3	8.894
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0.343

หมายเหตุ ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 โดยใช้กรด HNO_3

3.1.3 วิธีการทดลอง

3.1.3.1 การเพาะกล้า

(1) ใส่เพอร์ไลท์ในถ้วยปลูก ถ้วยละประมาณ 40 กรัม

(2) หยอดเมล็ดในถ้วยปลูก ถ้วยละ 1 เมล็ด

(3) นำถ้วยปลูกลงรางอนุบาล เดินระบบด้วยน้ำประปา ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 โดยใช้ HNO_3 1:10 รดน้ำ เช้า และเย็นจนกว่าเมล็ดเริ่มงอก

(4) หลังจากเมล็ดเริ่มงอก ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 1.4 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.3.2 การย้ายปลูก

(1) เลือกต้นกล้าที่มีอายุประมาณ 3 สัปดาห์ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันย้ายลงโต๊ะปลูกระบบ NFT ในแต่ละตำรับการทดลอง ให้สารละลายธาตุอาหารพืช ค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 ตลอดการทดลอง

(2) การพ่นน้ำให้กับผักสลัดในวันที่อุณหภูมิเกิน 30°C โดยพ่นน้ำตั้งแต่เวลา 9.00 – 16.00 น. พ่นน้ำ 1 นาที หยุด 10 นาที

(3) เมื่อผักสลัดอายุได้ 42-45 วัน สุ่มเก็บผลผลิตนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1.4 การเก็บข้อมูล

(1) บันทึกค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในถังสารละลายก่อน และหลังปรับสารละลาย โดยทำการบันทึกทุก 2 วัน

(2) บันทึกปริมาตรน้ำที่ผักสลัดใช้ โดยบันทึกจากระดับน้ำที่ลดลงจากระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ ทุก 2 วัน

(3) วัดอุณหภูมิของสารละลาย และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสงประมาณ 30 เซนติเมตร ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ทุก 2 วัน

(4) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักสลัด โดยเครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยวัดที่ใบตำแหน่งกึ่งกลางต้น ก่อนเก็บผักสลัด

(5) ประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค ด้วยสายตาก่อนเก็บผลผลิตโดยมีผู้ประเมิน 6 คน ให้คะแนน 1-5 (1 เจริญเติบโตน้อยที่สุด และ 5 เจริญเติบโตดีที่สุด)

(6) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัดเมื่อเก็บผลผลิต ด้วยไม้บรรทัด

(7) เก็บข้อมูลน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (ไม่รวมถ้วยปลูกและน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก) สุ่มตัวอย่างผักสลัดชนิดละ 1 ต้น ในฤดูร้อน และฤดูฝน ส่วนในฤดูหนาว สุ่มตัวอย่างผักสลัดชนิดละ 2 ต้น เนื่องจากตัวอย่างไม่พอสำหรับการวิเคราะห์ไนเตรท (เก็บข้อมูลเมื่อผักสลัดอายุ 42 – 45 วัน ขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต)

(8) ชั่งน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก เนื่องจากผักสลัดเป็นผักที่กินเฉพาะส่วนของลำต้น และเพื่อง่ายต่อการเก็บข้อมูล

(9) เก็บข้อมูลน้ำหนักแห้ง (ไม่รวมถ้วยปลูกและน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก) ของผักสลัดแต่ละชนิดโดยนำผักสลัดที่ชั่งน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูกจากข้อ 7 มาล้างด้วยน้ำประปา และน้ำกลั่น แล้วซับด้วยกระดาษทิชชู่ ใส่ถุงกระดาษเพื่อนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักแห้งคงที่

(10) วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊ค และ เรดโอ๊ค โดยนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
76720

ผักสลัดที่ชั่งน้ำหนักแห้งจากข้อ 9 มาวิเคราะห์ด้วยวิธี salicylic acid ตามที่อธิบายไว้โดย Cataldo, D.A. et al. (1975) (ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์ไนเตรท)

3.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดของเหล็กคีเลตต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (เหมือนการทดลองที่ 1)

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ฤดูการปลูกดังนี้

ฤดูกาล	เดือนที่ปลูก	พันธุ์ที่ปลูก
ฤดูฝน	สิงหาคม - กันยายน 2549	บัตเตอร์เฮด, ฟิลเลย์, กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค, เรดคลอรัล ชนิดละ 4 ต้น
ฤดูหนาว	กุมภาพันธ์ - มีนาคม 2550	กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค ชนิดละ 10 ต้น
ฤดูร้อน	มีนาคม - เมษายน 2550	กรีนโอ๊ค, เรดโอ๊ค ชนิดละ 10 ต้น

3.2.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD (Completely Randomizes Design : CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง ได้แก่เหล็กคีเลต 4 ชนิดคือ 1) Fe - EDTA 13.2 % (ตำรับควบคุม) (บริษัทซีบ้า สเปเชี่ยลตี้ เคมิคอลส์) 2) Fe - EDDHA 5.7 % (บริษัทซีบ้า สเปเชี่ยลตี้ เคมิคอลส์) 3) Fe - DTPA 7 % (บริษัทซีบ้า สเปเชี่ยลตี้ เคมิคอลส์) และ 4) Fe - DTPA 11.3 % (บริษัทเอคโซ โนเบล ฟังชั่นนอล เคมมิคอล) (โดยใส่เหล็กในปริมาณที่เท่ากัน คือ 40 ppm Fe) ควบคุมค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ในระดับ 1.6 mS/cm ทั้ง 4 ตำรับการทดลอง

3.2.3 วิธีการทดลอง (เหมือนการทดลองที่ 1)

(1) การเก็บข้อมูลน้ำหนักสดรวมราก (น้ำหนักต้นและน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก) น้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (ไม่รวมถ้วยปลูกและน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก) สุ่มตัวอย่างผักสลัดชนิดละ 2 ต้น ในฤดูร้อน ส่วนในฤดูฝน และฤดูหนาว สุ่มตัวอย่างละผักสลัดชนิดละ 1 ต้น (เก็บข้อมูลเมื่อผักสลัดอายุ 42 – 45 วัน ขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโต)

(2) วิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด โดยนำผักสลัดที่ชั่งน้ำหนักแห้ง มาย่อยด้วย mix acid วิเคราะห์โดย atomic absorption spectrophotometer เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (ปรีดา และคณะ. 2536)

3.2.4 การเก็บข้อมูล (เหมือนการทดลองที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลองชนิดของเหล็กคีเลต ปริมาตรทั้งหมด 10 ลิตร ความเข้มข้น 200 เท่า

ชนิดของสารละลายธาตุอาหาร	น้ำหนัก (กรัม)
สารละลาย A (ปริมาตร 5 ลิตร)	
$Ca(NO_3)_2$	942
Fe – chelate (40 ppm Fe)	
ตำรับที่ 1 ใส่ Fe – EDTA13.2 % บ.ซีบ้า สเปเชี่ยลตี้ เคมิคอลส์	17
ตำรับที่ 2 ใส่ Fe – EDDHA 5.7 % บ.ซีบ้า สเปเชี่ยลตี้ เคมิคอลส์	39
ตำรับที่ 3 ใส่ Fe – DTPA 7 % บ.ซีบ้า สเปเชี่ยลตี้ เคมิคอลส์	32
ตำรับที่ 4 ใส่ Fe – DTPA 11.3 % บ.เอคโซโนเบล ฟังชั่นนอล เคมมิคอล	20
สารละลาย B (ปริมาตร 5 ลิตร)	
KNO_3	449
H_2PO_4	163
$MgSO_4$	262
$ZnSO_4$	1.189
$CuSO_4$	0.254
$MnSO_4$	3.548
H_3BO_3	2.224
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0.086

หมายเหตุ ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 โดยใช้กรด HNO_3

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of varience) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละตำรับด้วยวิธี Duncan โดยใช้โปรแกรม SPSS 13.0 สำหรับ Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

4.1.1 น้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลการทดลองในฤดูร้อน butterhead green oak และ red oak มีการเจริญเติบโตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ butterhead ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.4 mS/cm มีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดอยู่ในช่วง 145.54 – 180.09 กรัม butterhead ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนต้นอยู่ในช่วง 142.67 – 149.53 กรัม green oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (164.54 กรัม) ซึ่งพบว่า green oak ที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm มีปริมาณน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเลยทำให้ green oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ตารางที่ 4.4) green oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.4 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างทางสถิติ (125.73 และ 135.86 กรัมตามลำดับ) green oak ที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0 mS/cm มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (125.73 และ 105.48 กรัมตามลำดับ) red oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 - 2.0 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดอยู่ในช่วง 45.04 – 64.39 กรัม red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้าช่วง 1.6 – 2.0 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 38.95 – 55.76 กรัม (ภาคผนวกภาพที่ ข. 1) โดยภาพรวมคือค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับผักสลัดทั้ง 5 ชนิดที่ปลูกในฤดูร้อนคือ 1.2 mS/cm เนื่องจากผักสลัดทั้ง 5 ชนิดมีน้ำหนักสดส่วนต้นที่มากที่สุด

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าผักสลัดทั้ง 5 ชนิด การเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 2) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัด red coral คือ 1.2 mS/cm red oak คือค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm butterhead, frillice และ green oak คือ 2.0 mS/cm

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่า green oak และ red oak มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ green oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 1.6 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดอยู่ในช่วง 191.20 - 216.53 กรัม green oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.0 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างอย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ (167.09 และ 191.20 กรัมตามลำดับ) และ green oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (163.51 และ 167.09 กรัมตามลำดับ) red oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0 mS/cm (118.91 และ 115.95 กรัมตามลำดับ) red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.4 mS/cm มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (93.51 และ 88.36 กรัมตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ข. 3) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัด green oak และ red oak ทั้งปีคือ 1.6 mS/cm

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดมากที่สุด (110.01 กรัม) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ตามลำดับ (103.66, 98.32 และ 94.32 กรัมตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และอุณหภูมิใต้ตาข่ายพรางแสงพบว่า การที่ผักสลัด butter head, frillice และ green oak ที่ปลูกในฤดูฝนมีน้ำหนักสดส่วนต้นน้อยกว่าในฤดูร้อนนื่องจากในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสงที่สูงกว่า (ภาคผนวกภาพที่ ข. 24 – 25) ส่วนในฤดูหนาวอุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสงและอุณหภูมิสารละลาย มีแนวโน้มที่ไม่แตกต่างกันส่งผลให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตดี (ภาคผนวกภาพที่ ข. 21, 26)

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัด 5 ชนิดทั้งปี คือค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัดแต่ละชนิดทั้งปีของ butterhead คือค่าการนำไฟฟ้า ในช่วง 1.2 – 1.6 mS/cm ผักสลัด frillice และ red coral คือค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.2 – 2.4 mS/cm เนื่องจากน้ำหนักสดส่วนต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ควรปลูกที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm เพราะประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของสารละลายธาตุอาหารได้มากขึ้น ผักสลัด green oak คือค่าการนำไฟฟ้า ในช่วง 1.2 mS/cm ผักสลัด red oak คือค่าการนำไฟฟ้า ในช่วง 1.6 – 2.0 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ค่าการนำไฟฟ้า	butterhead		frillice		red coral		green oak			red oak			ค่าเฉลี่ย
ในสารละลาย	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	180.09a	84.95	115.85	92.26	72.29	78.28	164.54a	130.15	191.20ab	64.39a	52.63	93.51b	110.01
1.6 mS/cm	149.53ab	72.18	109.08	75.16	71.71	57.32	125.73bc	135.36	216.53a	55.76ab	56.63	118.91a	103.66
2.0 mS/cm	142.67b	89.72	99.38	107.84	56.89	59.36	105.48c	143.23	167.09bc	45.04ab	47.13	115.95a	98.32
2.4 mS/cm	145.54ab	70.92	90.51	81.46	58.43	65.05	135.86b	140.12	163.51c	38.95b	53.09	88.36b	94.32
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	*	
CV	14.21	28.10	14.83	27.91	19.93	25.52	10.25	22.14	9.18	25.92	22.05	11.84	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

4.1.2 น้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลการทดลองในฤดูร้อน butterhead, frillice, green oak และ red oak มีน้ำหนักสดรวมรากแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ butterhead มีน้ำหนักสดรวมรากมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 1.6 mS/cm (185.95 และ 154.42 กรัมตามลำดับ) butterhead ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.6 – 2.4 mS/cm มีน้ำหนักสดรวมรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 147.69 – 154.42 กรัม frillice มีน้ำหนักสดรวมรากมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 – 2.0 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 102.94 – 119.77 กรัม ซึ่งพบว่าน้ำหนักรากไม่ทำให้น้ำหนักสดส่วนต้นมีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.1) frillice ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.6 – 2.4 mS/cm น้ำหนักสดรวมรากไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 93.75 – 114.12 กรัม green oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (171.22 กรัม) green oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.4 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (131.46 และ 139.84 กรัมตามลำดับ) และมีน้ำหนักสดรวมรากลดลงเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 mS/cm (109.57 กรัม) red oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.6 – 2.4 mS/cm มีน้ำหนักสดรวมรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 46.90 – 65.54 กรัม (ภาคผนวกภาพที่ ข. 4) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักสลัดทั้ง 5 ชนิดในฤดูร้อน คือ 1.2 mS/cm

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าผักสลัดทั้ง 5 ชนิด น้ำหนักสดรวมรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 5) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักสลัดทั้ง 5 ชนิดในฤดูฝน คือ 1.2 – 2.0 mS/cm ควรปลูกที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm เพราะประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของสารละลายธาตุอาหารได้มากขึ้น

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่า green oak และ red oak มีความแตกต่างทางสถิติ กล่าวคือ green oak มีน้ำหนักสดรวมรากมากที่สุดเมื่อค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 1.6 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 204.48 – 230.17 กรัม green oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 2.0 และ 2.4 mS/cm มีน้ำหนักสดรวมรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 176.40 – 204.48 กรัม (ภาคผนวกภาพที่ ข. 6) ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักสลัด green oak และ red oak ในฤดูหนาว คือ 1.6 mS/cm

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากของผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากมากที่สุด (115.68 กรัม) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ตามลำดับ (109.19, 103.25 และ 99.19 กรัมตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัด 5 ชนิดทั้งปี คือค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัดแต่ละชนิดทั้งปีของ butterhead คือค่าการนำไฟฟ้า ในช่วง 1.2 – 1.6 mS/cm ผักสลัด frillice และ red oak คือค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm ผักสลัด red coral คือค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.2 – 2.4 mS/cm ผักสลัด green oak คือค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ค่าการนำไฟฟ้า	butterhead		frillice		red coral		green oak			red oak			ค่าเฉลี่ย
ในสารละลาย	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	185.95a	93.81	119.77a	97.68	75.31	81.43	171.22a	139.33	204.48ab	65.64a	54.86	98.71b	115.68
1.6 mS/cm	154.42ab	80.57	114.12ab	79.45	74.82	60.43	131.46b	143.16	230.71a	58.38ab	59.10	123.71a	109.19
2.0 mS/cm	147.69b	97.79	102.94ab	111.40	58.87	62.84	109.57c	150.57	179.45b	46.90ab	48.75	122.24a	103.25
2.4 mS/cm	149.36b	77.78	93.75b	84.71	61.86	68.48	139.84b	146.83	176.40b	42.23b	54.94	94.11b	99.19
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	*	
CV	13.83	25.67	14.24	26.57	19.55	24.90	9.72	21.05	9.28	24.75	21.52	11.46	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

4.1.3 น้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลการทดลองในฤดูร้อนน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน green oak กล่าวคือผักสลัด green oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดี (ตารางที่ 4.4) และมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด (9.92 กรัม) โดย green oak มีน้ำหนักแห้งลดลงเมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าจาก 1.2 เป็น 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm (8.22, 7.94 และ 8.11 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Samarakoon, U. C. et al. 2006 พบว่าการปลูกผักสลัดในศรีลังกาที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.4 dS/cm ในสารละลายธาตุอาหารพืชมีจำนวนใบและน้ำหนักแห้งของผักสลัดมากกว่าการปลูกผักสลัดที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 3.0 dS/cm ในสารละลายธาตุอาหารพืช ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าผักสลัดทั้ง 5 ชนิดการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 7)

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน butterhead, frillice และ red coral กล่าวคือผักสลัด butterhead และ red coral มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.6 – 2.4 mS/cm โดย butterhead มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 6.56 – 7.68 กรัม และ redcoral มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 3.18 – 3.67 กรัม butterhead ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.4 mS/cm มีน้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (6.29, 6.56 และ 7.28 กรัมตามลำดับ) red coral ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 2.0 มีน้ำหนักแห้งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 2.93 – 3.53 กรัม frillice มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 4.28 – 5.37 กรัม frillice ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.4 mS/cm น้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (4.76, 4.28 และ 3.67 กรัมตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ข. 8)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระดับค่าการนำไฟฟ้ามีผลต่อน้ำหนักสดส่วนต้นของผักสลัด red oak กล่าวคือ red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0 mS/cm มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ตารางที่ 4.1) จึงส่งผลให้น้ำหนักแห้งมากที่สุด (8.03 และ 7.88 กรัมตามลำดับ) เมื่อลดค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายลงจาก 1.6 เป็น 1.2 mS/cm และเมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายจาก 2.0 เป็น 2.4 mS/cm พบว่ามีน้ำหนักแห้งที่ลดลง (ภาคผนวกภาพที่ ข. 9)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งมากที่สุด (6.34 กรัม) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0, 2.0 และ 2.4 mS/cm ตามลำดับ (6.38, 6.19 และ 5.85 กรัมตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ค่าการนำไฟฟ้า	butterhead		frillice		red coral		green oak			red oak			ค่าเฉลี่ย
ในสารละลาย	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	10.18	6.29b	7.30	4.76ab	5.66	2.93b	9.92a	4.09	11.04	4.49	3.07	6.34b	6.34
1.6 mS/cm	10.99	6.56ab	7.98	4.28ab	5.17	3.18ab	8.22b	4.37	10.71	3.98	3.09	8.03a	6.38
2.0 mS/cm	9.62	7.68a	6.97	5.37a	4.36	3.53ab	7.94b	4.61	10.25	3.15	2.90	7.88a	6.19
2.4 mS/cm	9.87	7.28ab	6.71	3.67b	4.22	3.67a	8.11b	3.80	9.89	3.53	3.37	6.05b	5.85
F-test	ns	*	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	
CV	13.51	11.73	18.46	15.22	18.42	12.44	8.06	25.58	14.41	23.48	17.74	11.82	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.1.4 น้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลการทดลองในฤดูร้อนน้ำหนักสดส่วนรากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผักสลัดทั้ง 5 ชนิด กล่าวคือ butterhead มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (5.86 กรัม) ทำให้ butterhead มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (4.89 และ 5.02 กรัมตามลำดับ) และเมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าเป็น 2.4 mS/cm พบว่ามีน้ำหนักสดส่วนรากลดลงเหลือ 3.82 กรัม frillice มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm (5.05 กรัม) frillice ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.0 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (3.92 และ 3.56 กรัมตามลำดับ) frillice ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (3.56 และ 3.24 กรัมตามลำดับ) red coral มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.4 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากอยู่ในช่วง 3.02 – 3.43 กรัม red coral ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้าช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm มีน้ำหนักสดส่วนรากไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากอยู่ในช่วง 1.98 – 3.11 กรัม green oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (6.68 กรัม) ทำให้ green oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และเมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายเป็น 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm พบว่าน้ำหนักสดส่วนรากมีค่าลดลงตามลำดับ (5.73, 4.09 และ 3.98 กรัมตามลำดับ) โดย green oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm มีน้ำหนักสดส่วนรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ red oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm (3.27 กรัม) แต่พบว่ามีน้ำหนักสดส่วนต้นที่ต่ำอันเนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับพืชจะแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโต ความแข็งแรง และชนิดของพืช (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548)

รองลงมาได้แก่ red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.0 และ 1.2 mS/cm ตามลำดับ (2.63, 1.86 และ 1.25 กรัมตามลำดับ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 10)

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าน้ำหนักสดส่วนรากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน butterhead, frillice, green oak และ red oak กล่าวคือ butterhead มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 1.6 mS/cm (8.86 และ 8.39 กรัมตามลำดับ) butterhead ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0 mS/cm มีน้ำหนักสดส่วนรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (8.39 และ 8.07 กรัมตามลำดับ) แต่เมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายเป็น 2.4 mS/cm พบว่าทำให้ผักสลัด butterhead มีน้ำหนักสดส่วนรากลดลง (6.87 กรัม) frillice มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm แต่เมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าเป็น 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทำให้น้ำหนักสดส่วนรากของ frillice ลดลง (4.30, 3.56 และ 3.24 กรัมตามลำดับ) green oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (9.18 กรัม) ที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (7.80 และ 7.34 กรัมตามลำดับ) ที่ค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (7.34 และ 6.71 กรัมตามลำดับ) red oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (2.23 กรัม) ที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.0 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากอยู่ในช่วง 1.85 – 2.47 กรัม red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (1.61 และ 1.85 กรัมตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ข. 11)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าน้ำหนักสดส่วนรากของ red oak มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm (6.29 และ 5.77 กรัมตามลำดับ) red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.4 น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (5.20 และ 5.77 กรัมตามลำดับ) red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 1.6 mS/cm น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (5.20 และ 4.81 กรัมตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ข.12)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากของผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุด (5.86กรัม) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 2.0 และ 2.4 mS/cm ตามลำดับ (5.67, 4.93 และ 4.87 กรัมตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ค่าการนำไฟฟ้า	butterhead		frillice		red coral		green oak			red oak			ค่าเฉลี่ย
ในสารละลาย	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	5.86a	8.86a	3.92b	5.42a	3.02ab	3.16	6.68a	9.18a	13.27	1.25d	2.23ab	5.20bc	5.67
1.6 mS/cm	4.89b	8.39ab	5.05a	4.30b	3.11ab	3.11	5.73b	7.80b	14.17	2.63b	2.47b	4.81c	5.86
2.0 mS/cm	5.02b	8.07b	3.56bc	3.56b	1.98b	3.48	4.09c	7.34bc	12.36	1.86c	1.61c	6.29a	4.93
2.4 mS/cm	3.82c	6.87c	3.24c	3.24b	3.43a	3.43	3.98c	6.71c	12.89	3.27a	1.85bc	5.77ab	4.87
F-test	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	
CV	5.57	4.71	8.14	16.39	27.05	34.69	7.78	6.55	21.46	9.40	16.68	9.92	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.1.5 เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลการทดลองในฤดูร้อน เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน red coral, green oak และ red oak กล่าวคือ red coral และ green oak มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (19.50 และ 22.75 เซนติเมตรตามลำดับ) แต่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ red oak มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 1.6 mS/cm (18.50 และ 17.50 เซนติเมตรตามลำดับ) แต่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6 กับ 2.4 และ 2.0 กับ 2.4 mS/cm เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข.13)

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัดทั้ง 5 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข.14)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน green oak และ red oak กล่าวคือ green oak มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.50 – 26.83 เซนติเมตร แต่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (25.50 และ 23.25 เซนติเมตรตามลำดับ) (ภาพผนวกที่ ข.15)
red oak มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.2 – 2.0 mS/cm โดยมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มอยู่ที่ 24.75 – 26.50 เซนติเมตรตามลำดับ แต่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข.15)

เมื่อพิจารณาผักสลัด butterhead, frillice และ red coral พบว่าในฤดูฝนมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวกว่าในฤดูร้อน green oak และ red oakในฤดูหนาวมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุดรองลงมาคือฤดูฝน และฤดูร้อนตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุด (22.32 เซนติเมตร) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.4 และ 2.0 mS/cm ตามลำดับ (21.49, 20.81 และ 20.45 เซนติเมตรตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดของผักสลัดพบว่าในฤดูร้อนมีเส้นผ่านทรงพุ่มที่น้อย เกิดจากผักสลัดมีการทรงพุ่มที่ห่อตัวมากขึ้น ทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มที่น้อยลงแต่มีน้ำหนักสดใกล้เคียงกัน เมื่อปลูกในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในผักสลัดทั้ง 5 ชนิดพบว่าในฤดูร้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มที่ยาวที่สุดเนื่องจาก เนื่องจากผักสลัดที่ปลูกจะได้รับความเข้มแสงเต็มที่ทำให้ใบแผ่ออกด้านกว้างน้อยกว่าผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาวซึ่งใบของผักสลัดแผ่ออกด้านข้างเผื่อรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)

ค่าการนำไฟฟ้าใน	Butterhead		Frillice		Red coral		Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
สารละลาย	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	19.50	23.00	20.50	22.50	19.50a	23.75	22.75b	25.00	26.33a	18.50a	21.75	24.75a	22.32
1.6 mS/cm	18.75	22.00	19.25	22.25	16.75b	22.25	18.75a	24.00	26.83a	17.50ab	23.00	26.50a	21.49
2.0 mS/cm	19.00	22.75	18.25	23.50	17.00b	22.00	17.00a	24.00	25.50ab	14.25c	21.25	25.25a	20.81
2.4 mS/cm	18.00	22.25	19.75	22.75	16.50b	21.75	18.00a	23.00	23.25b	15.00bc	22.50	22.63b	20.45
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*	*	ns	*	
CV	6.82	5.95	8.82	9.79	8.56	11.09	13.12	9.00	6.33	12.10	7.21	4.69	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.1.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดลองในฤดูร้อนพบว่าค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักสลัด red coral และ green oak มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ red coral มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (61.30 SPAD) แต่ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.4 mS/cm ปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (48.70 และ 48.38 SPAD ตามลำดับ) green oak มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm (26.40 และ 27.83 SPAD ตามลำดับ) และที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0 mS/cm ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm และที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ1.6 mS/cm ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (23.60 และ 24.40 SPAD ตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ข. 16)

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน frillice, red coral และ red oak กล่าวคือ frillice มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 1.6 mS/cm (27.88 และ 31.00 SPAD ตามลำดับ) และที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.4 mS/cm ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ red coral มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.0 mS/cm (48.70 และ 48.38 SPAD ตามลำดับ) และที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.4 mS/cm ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ red oak มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.4 mS/cm และที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0 mS/cm ปริมาณคลอโรพิลล์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข.17)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน green oak และ red oak (ภาคผนวกภาพที่ ข.18)

เมื่อพิจารณาผักสลัด butterhead พบว่าในฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ไม่มีความแตกต่างกับในฤดูร้อน ผักสลัด frillice และ red coral พบว่าในฤดูร้อนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากกว่าในฤดูฝน ส่วน green oak และ red oak พบว่าในฤดูร้อนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) มากกว่าในฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด (36.57 SPAD) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 2.4 และ 2.0 mS/cm ตามลำดับ (34.31, 34.27 และ 32.16 SPAD ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)

ค่าการนำไฟฟ้า	Butterhead		Frillice		Red coral		Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
ในสารละลาย	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	41.57	41.57	34.88	27.88a	48.70b	26.43b	23.60c	23.65	22.15	38.23	44.20a	38.88	34.31
1.6 mS/cm	39.00	39.00	37.67	31.00a	61.30a	41.40a	24.40c	19.00	19.57	44.25	43.35a	38.95	36.57
2.0 mS/cm	38.27	38.27	33.85	16.05b	39.08c	40.00a	26.40ab	21.90	21.30	43.70	28.10b	38.95	32.16
2.4 mS/cm	39.13	39.13	32.95	17.40b	48.38b	38.10a	27.83a	21.27	21.23	46.20	41.53a	38.05	34.27
F-test	ns	ns	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	ns	
CV	6.38	7.73	10.29	11.73	4.25	10.77	5.35	5.69	7.47	11.97	6.33	9.60	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยโดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.1.7 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak และ red oak (มก./กก.นน.สด)

จากตารางที่ 4.7 ผลการทดลองในฤดูร้อนปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน green oak และ red oak กล่าวคือ green oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.0 mS/cm (2126 และ 2272 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) เมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.4 mS/cm ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1831 และ 1943 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) (ภาพผนวกที่ ค. 1) green oak เมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ตารางที่ 4.1) ทำให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารจำนวนมาก ส่งผลให้มีการสะสมไนเตรทในปริมาณมาก red oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 และ 2.4 mS/cm (4531 และ 5031 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 1.6 mS/cm ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2968 และ 3467 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ค. 2) red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm มีน้ำหนักสดส่วนรากมาก (ตารางที่ 4.4) ทำให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้มีไนเตรทในปริมาณที่สูง ส่วน red oak ที่ปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 2.0 mS/cm มีน้ำหนักสดส่วนต้นมาก (ตารางที่ 4.1) ทำให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้มีไนเตรทในปริมาณที่สูง

พบว่าปริมาณไนเตรทใน red oak มีค่าเกินมาตรฐานของ European Commission (เกิน 4500 มก./กก.นน.สด) ควรมีการลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักอันอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น เปลี่ยนเวลาเก็บเกี่ยวผักจากเช้าเป็นเที่ยงหรือเย็น (Amr and Hadidi. 2001) การงดสารละลายธาตุอาหารพืชก่อนเก็บผักสลัด (มนัชญา รัตนโชติ. 2546; ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549) และเมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับการเจริญเติบโตพบว่า green oak และ red oak ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm พบว่ามีการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างต่ำ (น้ำหนักสดน้อย) (ตารางที่ 4.1) แต่กลับพบว่ามีปริมาณไนเตรทที่สูงอาจเป็นเพราะผักสลัด green oak และ red oak ไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่จึงทำให้มีปริมาณการสะสมไนเตรทที่สูง (ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549)

ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน green oak และ red oak กล่าวคือ green oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในค่าการนำไฟฟ้า 1.6 และ 2.4 mS/cm (1017 และ 1245 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm ปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า1.2, 2.0 และ 2.4 mS/cm และที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 และ 2.0 mS/cm ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ค. 1) green oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 ms/cm มีจำนวนรากที่ค่อนข้างมาก แต่เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารมีความเข้มข้นที่น้อยกว่าค่าการนำไฟฟ้า 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทำให้ผักสลัดมีการดูดใช้น้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไนเตรทลดลง ในทางตรงกันข้ามที่ค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm สารละลายธาตุอาหารมีความเข้มข้นสูง ทำให้ผักสลัดมีการดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณไนเตรทที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

green oak ที่ค่าการนำไฟฟ้า1.6 mS/cm เนื่องจากมีน้ำหนักสดส่วนรากมาก (ตารางที่ 4.4) ทำให้มีการดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณไนเตรทสูง red oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (2043 มก./กก.นน.สด) (ภาพผนวกที่ ค. 2) เนื่องจากมีน้ำหนักสดส่วนรากมาก (ตารางที่ 4.4) ทำให้มีการดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณไนเตรทสูง

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน green oak และ red oak กล่าวคือ green oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm (1448 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) เนื่องจากมีน้ำหนักสดส่วนต้นมาก (ตารางที่ 4.1) ทำให้ผักสลัดดูดธาตุอาหารมากขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมไนเตรทสูง red oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0 mS/cm (1901 มก./กก.นน.สด) มีน้ำหนักสดส่วนรากมาก (ตารางที่ 4.4) ทำให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการสะสมไนเตรทมากที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6 และ 2.4 mS/cm ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ค.1, ค.2)

จากการทดลองในฤดูฝนและฤดูหนาวพบว่าปริมาณไนเตรทไม่เกินค่ามาตรฐานของ European Commission จึงปลอดภัยต่อผู้บริโภค

พบว่าในฤดูหนาวและฤดูฝนมีปริมาณการสะสมไนเตรทต่ำโดยมีค่าอยู่ในช่วง 667 – 2043 มก./กก.นน.สด เนื่องจากบางวันไม่มีแสงแดดหรือมีแสงแดดน้อยส่งผลให้พืชยับยั้งหรือมีกิจกรรมไนเตรทรีดักเทสต่ำ ทำให้ไนเตรทสะสมในพืชมากขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545 ; ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549) ส่วนในฤดูร้อนอุณหภูมิสูง ทำให้พืชเจริญเติบโตที่ไม่ดี มีน้ำหนักสดต่ำ ทำให้เกิดการสะสมไนเตรทสูง เนื่องจากเกิด Dilution effect ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Van der Boon, J. et al (1990.) กล่าวว่าในฤดูหนาวที่มีแสงน้อย ผักสลัดจะมีปริมาณการสะสมไนเตรทสูงกว่าในฤดูร้อน เพราะเนื่องจากในยุโรปฤดูหนาวจะมีแสงน้อยกว่าฤดูร้อนในประเทศไทยมาก

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดู พบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 2.4 mS/cm มีปริมาณไนเตรทในผักสลัดมากที่สุด (1970 มก./กก.นน.สด) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.0, 1.6 และ 1.2 mS/cm ตามลำดับ (1921, 1649 และ 1767 มก./กก.นน.สดตามลำดับ)

ในขณะที่ผักสลัด red oak มีปริมาณการสะสมไนเตรทสูงกว่า green oak ในทุกฤดูซึ่งอาจเนื่องมาจากมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่ำกว่า, มีสีเข้มกว่า green oak (จีราวรรณ ศรียาภัย. 2547) หรืออาจเนื่องมาจากพันธุกรรม (Reinink and Eenink. 1988) โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Weimin, Z. et al. (1998) ที่พบว่าชนิดของพืชมีผลต่อปริมาณการสะสมไนเตรทในผัก Peck, N. H. et al. (1971) และ Maynard and Barker (1972) ศึกษาพบว่าพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์จะมีปริมาณการสะสมไนเตรทที่ต่างกัน เนื่องมาจากเอนไซม์สำคัญบางตัวที่ร่วมในขบวนการเปลี่ยนไนเตรทเป็นโปรตีน, ไนเตรทรีดักเทสในพืชแต่ละชนิดมีกิจกรรมต่างกัน (Keeney. 1970)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak และ red oak (มก./กก.นน.สด)

ค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย	Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
1.2 mS/cm	2126a	822c	1448a	2968b	2043a	1194b	1767
1.6 mS/cm	1831b	1017ab	1307b	3467b	1023c	1251b	1649
2.0 mS/cm	2272a	667c	1324b	4531a	829d	1901a	1921
2.4 mS/cm	1943a	1245a	1109c	5031a	1253b	1237b	1970
F-test	*	*	*	*	*	*	
CV	5.76	14.57	4.91	11.43	8.43	9.24	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

4.1.8 ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผลการทดลองในฤดูร้อนปริมาณการใช้น้ำในผักสลัดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนในฤดูหนาวพบว่าที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย 1.2 และ 1.6 mS/cm มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด (247.37 และ 223.75 มิลลิลิตร/ต้น/วันตามลำดับ) เมื่อปลูกผักสลัดในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.6 - 2.4 mS/cm มีปริมาณการใช้น้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้น้ำอยู่ในช่วง 184.64 – 223.75 มิลลิลิตร/ต้น/วัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด (218.49 มิลลิลิตร/ต้น/วัน) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 2.0 และ 2.4 mS/cm ตามลำดับ (207.19, 195.55 และ 182.18 มิลลิลิตร/ต้น/วันตามลำดับ) (ภาคผนวกภาพที่ ข. 19)

จากการทดลองพบว่าในฤดูหนาวมีปริมาณการใช้น้ำในผักสลัดสูงกว่าฤดูร้อนเนื่องจากมีการเจริญเติบโตดีกว่าในฤดูร้อน (ตารางที่ 4.1) นอกจากนี้ปริมาณการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุพืช การเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

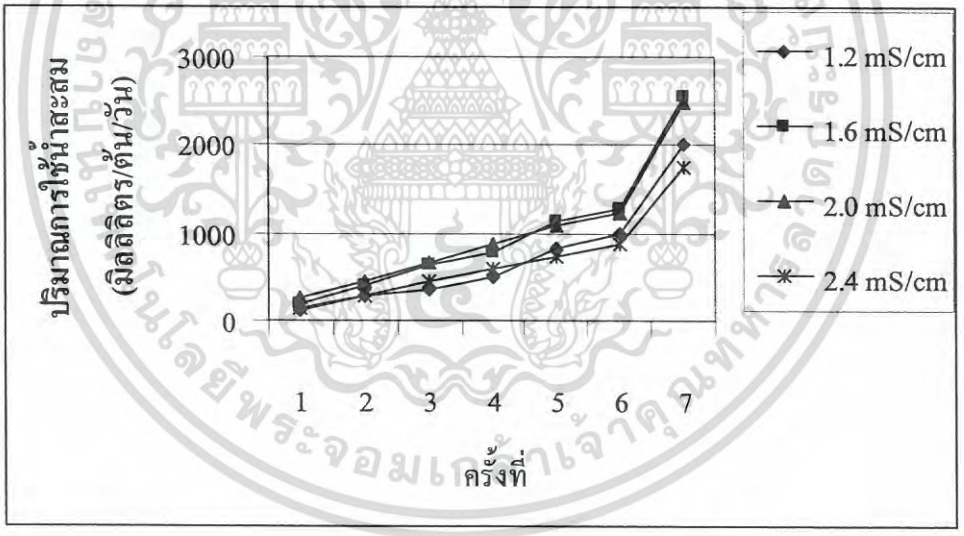
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน)

ค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย	ร้อน	หนาว	ค่าเฉลี่ย
1.2 mS/cm	167.03	247.34a	207.19
1.6 mS/cm	213.24	223.75ab	218.49
2.0 mS/cm	206.46	184.64b	195.55
2.4 mS/cm	146.25	218.10ab	182.18
F-test	ns	*	
CV	26.03	13.27	

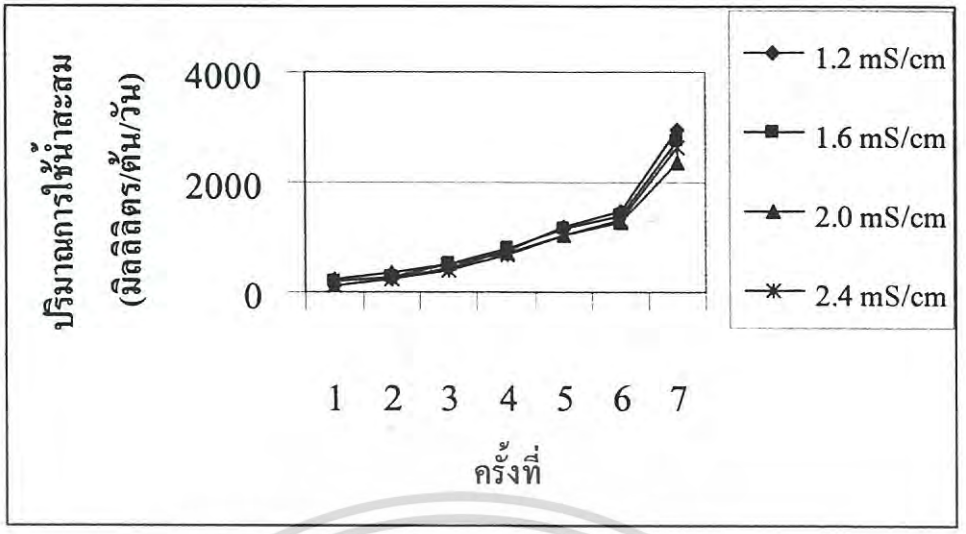
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ฤดูฝนไม่สามารถวัดปริมาณการใช้น้ำได้เนื่องจากทำการทดลองกลางแจ้งทำให้มีน้ำฝนเข้าในระบบ



ภาพที่ 4.1 ปริมาณการใช้น้ำสะสมในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย 1.2 1.6 2.0 และ 2.4 mS/cm ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณการใช้น้ำสะสมในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย 1.2 1.6 2.0 และ 2.4 mS/cm ในฤดูหนาว

4.1.9 การประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)

จากตารางที่ 4.9 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้ง 3 ฤดูไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การประเมินทำได้ยากเนื่องจากการที่มีจำนวนรางปลูกมากถึง 16 ราง ทำให้การเปรียบเทียบแต่ละตำรับการทดลองได้ยากขึ้น อาจทำการแก้ไขโดยเพิ่มระยะระหว่างราง เพื่อให้การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตได้ชัดเจนขึ้น (ภาคผนวกภาพที่ ข. 22)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินการเจริญเติบโตที่ปลูกในระดับค่าการนำไฟฟ้า 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 mS/cm ทั้ง 3 ฤดูพบว่าที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.6 mS/cm มีคะแนนการประเมินการเจริญเติบโตมากที่สุด (4.14 คะแนน) รองลงมาได้แก่ ที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า 2.4, 1.2 และ 2.0 mS/cm ตามลำดับ (4.10, 4.00 และ 3.87 คะแนนตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อการประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)

ค่าการนำไฟฟ้าในสารละลาย	ร้อน	ฝน	หนาว	ค่าเฉลี่ย
1.2 mS/cm	3.47	4.31	4.23	4.00
1.6 mS/cm	3.91	4.25	4.25	4.14
2.0 mS/cm	3.75	4.13	3.73	3.87
2.4 mS/cm	3.96	4.31	4.04	4.10
F-test	ns	ns	ns	
CV	10.75	12.54	8.33	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของชนิดของเหล็กคีเลตในสารละลายต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

4.2.1 น้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผลการทดลองทั้ง 3 ฤดู พบว่าผักสลัดทั้ง 5 ชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งชนิดของเหล็กคีเลตไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด เมื่อใส่ในปริมาณที่เท่ากัน (40 ppm) (ภาคผนวกภาพที่ ข.27 – 29)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าเหล็ก EDDHA 5.7 % มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดมากที่สุด (91.23 กรัม) รองลงมาได้แก่ EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ตามลำดับ (88.22, 83.54 และ 79.00 กรัมตามลำดับ) เนื่องจาก เหล็ก EDDHA 5.7 % มีความเสถียรมากกว่าเหล็ก DTPA และ EDTA ตามลำดับ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538) ทำให้ผักสลัดมีการดูดใช้ธาตุเหล็กได้อย่างเต็มที่

ในฤดูหนาวเกิดไฟฟ้าดับบ่อยครั้งทำให้ผักสลัด green oak และ red oak ระบบการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารและระบบพ่นน้ำหยุดชะงัก ส่งผลให้รากในบางส่วนแห้งและมีอุณหภูมิใต้ตาข่ายพรางแสงเพิ่มขึ้น (ภาคผนวกภาพที่ ข.52, 54) ผักสลัดมีการชะงักการเจริญเติบโต ส่งผลให้มีน้ำหนักสดส่วนต้นที่ต่ำกว่าในฤดูหนาว

ควรใส่เหล็ก EDTA 13.2 % ในสารละลายเนื่องจากมีราคาต่ำกว่าเหล็กชนิดอื่น (ราคาของเหล็กคีเลตที่ใส่ในสารละลายปริมาณ 10 ลิตร พบว่า เหล็ก EDTA 13.2 % มีราคาต่ำที่สุด คือ 5.95 บาท รองลงมาได้แก่ เหล็ก DTPA 7 %, DTPA 11.3 % และ EDDHA 5.7 %) และมีน้ำหนักสดส่วนต้นที่ไม่แตกต่างจากเหล็กคีเลตชนิดอื่น ควรมีการจัดการระบบการปลูกผักสลัดให้ดี ไม่ควรให้สารละลายสัมผัสกับแสงแดดโดยตรง เนื่องจากเหล็ก EDTA มีความเสถียรน้อยที่สุด

4.2.2 น้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผลการทดลองในฤดูฝนพบว่า butterhead มีน้ำหนักสดของผักสลัดรวมรากแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อปลูก butterhead ในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 7 % มีน้ำหนักสดรวมรากมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 175.59 – 213.43 กรัม butterhead ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % มีน้ำหนักสดรวมรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 165.08 – 189.43 กรัม (ภาคผนวกภาพที่ ข. 30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในฤดูร้อนพบว่า green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 7 % มีน้ำหนักสดรวมรากมากที่สุด (ผลผลิตมากที่สุด) โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมรากอยู่ในช่วง 67.93 – 76.96 กรัม green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % มีน้ำหนักสดรวมรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 62.13 – 70.89 กรัม (ภาคผนวกภาพที่ ข. 31)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าน้ำหนักสดรวมรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 32)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % น้ำหนักสดรวมรากมากที่สุด (97.50 กรัม) รองลงมาได้แก่ EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ตามลำดับ (94.14, 88.55 และ 84.54 กรัมตามลำดับ)

4.2.3 น้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.12 ผลการทดลองทั้ง 3 ฤดูน้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผักสลัดทั้ง 5 พบว่าสอดคล้องกับการที่ผักสลัดมีน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (ตารางที่ 4.10) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 33 - 35) เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของผักสลัดควบคู่กับน้ำหนักสดส่วนต้น (ตารางที่ 4.10) พบว่า green oak และ red oak ในฤดูฝนมีลักษณะที่อวบน้ำมากกว่า เนื่องจากมีน้ำหนักสดที่แตกต่างกัน แต่มีน้ำหนักแห้งที่ใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % น้ำหนักแห้งมากที่สุด (5.74 กรัม) ซึ่งพบว่าสามารถใช้เหล็ก EDDHA 5.7 % ปลูกผักสลัดได้น้ำหนักแห้งที่มากกว่าการใช้เหล็กชนิดอื่น รองลงมาได้แก่ EDTA 13.2 %, DTPA 11.3 % และ DTPA 7 % ตามลำดับ (5.34, 5.09 และ 5.01 กรัมตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลของชนิดเหล็กดีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ชนิดของ	Butterhead	Frillice	Red coral	Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
เหล็กดีเลต	ฝน	ฝน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
EDTA 13.2 %	182.79	72.71	88.74	62.31	140.23	90.24	28.00	84.57	44.37	88.22
EDDHA 5.7 %	205.47	74.77	81.46	66.64	140.55	92.40	31.36	84.30	44.14	91.23
DTPA 7 %	169.13	65.29	86.00	61.58	127.66	87.02	30.88	80.75	43.53	83.54
DTPA 11.3 %	159.39	78.24	78.80	55.84	104.44	88.75	28.46	65.29	51.78	79.00
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV	15.56	19.54	21.84	11.21	17.37	19.32	14.61	21.46	15.39	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

ตารางที่ 4.11 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ชนิดของ	Butterhead	Frillice	Red coral	Green oak			Red oak			
เหล็กคีเลต	ฝน	ฝน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	ค่าเฉลี่ย
EDTA 13.2 %	189.43ab	76.16	93.12	70.89ab	148.37	101.54	30.54	88.64	48.56	94.14
EDDHA 5.7 %	213.43a	78.75	84.95	76.96a	147.40	106.20	34.50	87.12	48.22	97.50
DTPA 7 %	175.59ab	68.31	88.90	67.93ab	134.92	97.42	32.81	83.84	47.21	88.55
DTPA 11.3 %	165.08b	81.20	82.11	62.13b	110.97	102.47	31.00	69.20	56.68	84.54
F-test	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	
CV	15.57	20.10	21.57	12.70	17.76	17.78	15.25	21.94	15.91	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.12 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ชนิดของ	Butterhead	Frillice	Red coral	Green oak			Red oak			
เหล็กคีเลต	ฝน	ฝน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	ค่าเฉลี่ย
EDTA 13.2 %	8.20	3.43	3.91	7.08	6.61	6.42	4.48	4.08	3.90	5.34
EDDHA 5.7 %	8.98	3.67	3.73	9.01	6.60	6.67	4.79	4.46	3.74	5.74
DTPA 7 %	7.46	3.15	3.74	8.12	5.22	5.85	4.75	4.05	3.47	5.09
DTPA 11.3 %	7.73	3.60	3.27	7.30	5.44	6.48	3.45	3.57	4.27	5.01
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV	12.72	20.13	18.78	21.20	21.07	11.92	21.46	22.53	13.82	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

4.2.4 น้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

จากตารางที่ 4.13 ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าน้ำหนักสดส่วนรากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผักสลัด butterhead ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 7 % มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากอยู่ในช่วง 6.4 – 7.96 กรัม butterhead ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % น้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.69 – 6.65 กรัม) (ตารางภาคผนวกภาพที่ ข. 36) โดย butterhead และ green oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมาก ทำให้พืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารได้มาก ส่งผลให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดส่วนต้นมาก

ผลการทดลองในฤดูร้อนพบว่าน้ำหนักสดส่วนรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกภาพที่ ข. 37)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าน้ำหนักสดส่วนรากผักสลัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผักสลัด green oak มีน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.30 – 13.73 กรัม เมื่อพิจารณาควบคู่กับน้ำหนักสดส่วนต้นพบว่าปริมาณรากของ butterhead ในฤดูฝน และน้ำหนักสดส่วนต้นของ green oak ในฤดูหนาวที่มีความแตกต่างทางสถิติไม่ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูกที่แตกต่างกัน (ตารางภาคผนวกภาพที่ ข. 38)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดส่วนรากที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนรากมากที่สุด (6.27 กรัม) ซึ่งพบว่าเหล็ก EDTA 13.2 % รองลงมาได้แก่ EDTA 13.2 %, DTPA 11.3 % และ DTPA 7 % ตามลำดับ (5.92, 5.54 และ 5.01 กรัมตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) (ค่าเฉลี่ยต่อ 1 ต้น)

ชนิดของ	Butterhead	Frillice	Red coral	Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
เหล็กคีเลต	ฝน	ฝน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
EDTA 13.2 %	6.65ab	3.46	4.38	8.57	8.14	11.30ab	2.54	4.06	4.19	5.25
EDDHA 5.7 %	7.96a	3.98	3.49	10.32	6.85	13.80a	3.14	2.82	4.08	5.33
DTPA 7 %	6.46ab	3.02	2.90	6.35	7.27	10.41b	1.92	3.08	3.69	4.34
DTPA 11.3 %	5.69b	2.97	3.31	6.29	6.53	13.73a	2.54	3.92	4.90	4.52
F-test	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	
CV	19.89	37.03	26.66	43.25	37.25	13.24	37.40	37.86	27.78	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.5 ปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm)

จากตารางที่ 4.14 ผลการทดลองในฤดูฝนพบว่าผักสลัด green oak ปริมาณธาตุเหล็กมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ green oak มีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % (169.50 และ 228.7 ppm ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % และ DTPA 7 % ปริมาณธาตุเหล็กไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ข. 39)

ผลการทดลองในฤดูร้อนพบว่าผักสลัด red oak ปริมาณธาตุเหล็กมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ red oak มีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % (283.52 และ 289.70 ppm ตามลำดับ) (ภาพผนวกที่ ข. 40)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่าผักสลัด green oak ปริมาณธาตุเหล็กมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ green oak มีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 445.70 – 493.71 ppm ตามลำดับ) ส่วน green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2% และ DTPA 7 % ปริมาณธาตุเหล็กไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ข. 41)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุเหล็กของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % มีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุด (279.72 ppm) ซึ่งพบว่าเหล็ก DTPA 11.3 % ในสารละลายทำให้ผักสลัดมีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุดแต่ไม่ทำให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด (ตารางที่ 4.11) รองลงมาได้แก่ EDDHA 5.7 %, EDTA 13.2 % และ DTPA 7 % ตามลำดับ (260.77, 249.14 และ 248.67 ppm ตามลำดับ)

ในฤดูร้อนมีปริมาณแสงมากกว่าในฤดูฝนและฤดูหนาว ทำให้เหล็กเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายขึ้น ซึ่งเหล็ก EDDHA มีความเสถียรมากกว่าเหล็ก DTPA และ EDTA ตามลำดับ (อิทธิสุนทรนันกิจ. 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm)

ชนิดของเหล็กคีเลต	Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
EDTA 13.2 %	168.38	152.97b	422.34b	261.31b	284.07	205.79	249.14
EDDHA 5.7 %	169.98	169.50a	493.71a	283.52a	275.41	172.50	260.77
DTPA 7 %	164.48	162.40a	445.70ab	255.43b	280.55	183.43	248.67
DTPA 11.3 %	185.78	228.74a	492.77a	289.70a	283.32	198.01	279.72
F-test	ns	*	*	*	ns	ns	
CV	10.33	8.4	7.09	2.31	3.5	9.15	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

4.2.6 เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)

จากตารางที่ 4.15 ผลการทดลองในฤดูฝนและฤดูหนาวพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผักสลัดยกเว้น red oak กล่าวคือ red oak ที่ปลูกในฤดูฝนในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 7 % มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.25 - 21.00 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ ข. 44) ส่วน red oak ที่ปลูกในฤดูหนาวพบว่า red oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มยาวที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มอยู่ในช่วง 15.13 – 17.25 เซนติเมตร (ภาคผนวกภาพที่ ข. 41 - 42) ซึ่งพบว่าปริมาณธาตุเหล็กไม่มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางของผักสลัด red oak

ผลการทดลองในฤดูร้อนพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % มีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มมากที่สุด (19.57 เซนติเมตร) ซึ่งพบว่าเหล็ก EDTA 13.2 % ในสารละลายทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักรากที่มากที่สุดแต่ไม่ทำให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ตารางที่ 4.11) รองลงมาได้แก่ DTPA 7 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % ตามลำดับ (15.39 และ 15.36 เซนติเมตรตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดของผักสลัดพบว่าในฤดูร้อนมีน้ำหนักสดที่ต่ำและพบว่ามีเส้นผ่านทรงพุ่มที่น้อยกว่าในฤดูอื่นเกิดจากผักสลัดมีการทรงพุ่มที่ห่อตัวมากขึ้น ทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร)

ชนิดของ	Butterhead	Frillice	Red coral	Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
เหล็กคีเลต	ฝน	ฝน	ฝน	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
EDTA 13.2 %	20.75	18.75	20.25	21.75	21.50	18.50	18.50	21.00a	15.13ab	19.57
EDDHA 5.7 %	21.75	17.50	19.00	21.50	22.50	18.50	17.50	19.75ab	15.13ab	15.36
DTPA 7 %	20.25	17.75	20.5	20.75	21.25	18.25	19.75	19.25ab	14.50b	15.39
DTPA 11.3 %	20.50	19.50	19.5	20.25	21.25	19.25	18.00	18.25b	17.25a	15.36
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	
CV	5.76	9.09	9.53	6.61	6.19	9.23	8.10	6.64	10.05	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

4.2.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)

จากตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาในฤดูฝนพบว่า butterhead, frillice และ red oak มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % red coral มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก DTPA 11.3% green oak มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % (ภาพผนวกที่ ข. 45)

ผลการทดลองในฤดูหนาวพบว่า green oak มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % (22.70 และ 21.60 SPAD) ส่วน green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % และ DTPA 11.3 % มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ข. 46)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก DTPA 11.3 % มีปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักสลัดมากที่สุด (33.82 SPAD) พบว่าเหล็ก DTPA 11.3 % ทำให้พืชสามารถดูดใช้ปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุด ส่งผลให้ผักสลัดมีค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มากเช่นกัน เนื่องจากเหล็กมีหน้าที่สำคัญในการช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และช่วยในการดูดใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548) ซึ่งส่งผลให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดเหนือถ้วยปลูกที่ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4.10) ปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักสลัดรองลงมาได้แก่ EDDHA 5.7 %, EDTA 13.2 % และ DTPA 7 % ตามลำดับ (32.31, 28.97 และ 27.50 SPAD ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD)

ชนิดของเหล็กคีเลต	Butterhead	Frillice	Red coral	Green oak		Red oak		ค่าเฉลี่ย
	ฝน	ฝน	ฝน	ฝน	หนาว	ฝน	หนาว	
EDTA 13.2 %	34.13ab	24.83b	16.90b	22.47	19.97b	38.83ab	45.65	28.97
EDDHA 5.7 %	38.80a	32.33a	23.33b	19.25	22.70a	41.40a	48.35	32.31
DTPA 7 %	25.20b	28.90ab	19.03b	20.08	15.05c	36.95b	47.30	27.50
DTPA 11.3 %	36.43a	29.48ab	42.80a	21.50	21.60ab	40.60b	44.33	33.82
F-test	*	*	*	ns	*	*	ns	
CV	16.71	10.59	14.99	9.50	6.26	3.46	11.77	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.8 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak และ red oak (มก./กก.นน.สด)

จากตารางที่ 4.17 พบว่าผลการทดลองในฤดูฝน green oak ปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ green oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1149 – 1564 มก./กก.นน.สด ส่วน green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ค. 3) เนื่องจากเหล็ก EDDHA มีความเสถียรมากกว่าเหล็ก DTPA และ EDTA ตามลำดับ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538) ทำให้มีปริมาณธาตุเหล็กในสารละลายที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งเหล็กเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส ทำหน้าที่รีดิวซ์ไนเตรทเพื่อเปลี่ยนเป็นไนไตรต์และแอมโมเนีย ซึ่งสัมพันธ์กับขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 258) เมื่อปริมาณแสงในฤดูฝนและฤดูหนาวที่น้อยกว่าในฤดูร้อน ทำให้เกิดการรีดิวซ์ไนเตรทที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดการสะสมไนเตรทในผักสลัด

ในฤดูร้อนพบว่า green oak และ red oak ปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ green oak ปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % และ EDDHA 5.7 % (2234 และ 2137 มก./กก.นน.สด) ส่วน green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน red oak ปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 % และ DTPA 11.3 % โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2774 – 2941 มก./กก.นน.สด ส่วน red oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ค. 3 – 4)

ส่วนในฤดูหนาวพบว่า green oak และ red oak ปริมาณไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ green oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2% และ EDDHA 5.7 % (2346 และ 2353 มก./กก.นน.สดตามลำดับ) ส่วน green oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก DTPA 11.3 % และ DTPA 7 % ปริมาณไนเตรทมีค่ารองลงมาตามลำดับ red oak มีปริมาณไนเตรทมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2% (3556 มก./กก.นน.สด) ส่วน red oak ที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ปริมาณไนเตรทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพผนวกที่ ค. 3 - 4)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 % มีปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2301 มก./กก.นน.สด) พบว่าเหล็ก EDTA 13.2 % ทำให้พืชสามารถดูดใช้ปริมาณธาตุเหล็กได้ค่อนข้างต่ำกว่าเหล็กคีเลตชนิดอื่น ส่งผลให้ผักสลัดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ต่ำเช่นกัน เนื่องจากเหล็กมีหน้าที่สำคัญในการช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และช่วยในการดูดใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2543; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548) ซึ่งส่งผลให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดเหนือถ้วยปลูกที่ค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 4.10) ทำให้มีการเจริญเติบโตต่ำ แต่กลับพบว่ามีปริมาณไนเตรทที่สูงอาจเป็นเพราะผักสลัด green oak และ red oak ไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่จึงทำให้มีปริมาณการสะสมไนเตรทที่สูง (ณัฐกร อินทรวิชะ. 2549) แต่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดรองลงมาได้แก่ DTPA 11.3 %, DTPA 7 % และ EDDHA 5.7 % ตามลำดับ (2157, 2037 และ 2007 มก./กก.นน.สดตามลำดับ)

ตารางที่ 4.17 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak และ red oak (มก./กก.นน.สด)

ชนิดของเหล็กคีเลต	Green oak			Red oak			ค่าเฉลี่ย
	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	
EDTA 13.2 %	2234a	1135b	2346a	2774ab	1759	3556a	2301
EDDHA 5.7 %	2137ab	1564a	2353a	2941a	1521	1523c	2007
DTPA 7 %	1834c	1149ab	1872c	2537b	1759	3073b	2037
DTPA 11.3 %	2024b	1252ab	2089b	2790ab	1823	2961b	2157
F-test	*	*	*	*	ns	*	
CV	8.54	13.06	6.42	8.31	7.94	6.13	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

4.2.9 ปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน)

จากตารางที่ 4.18 ผลการทดลองในฤดูร้อน และฤดูหนาวพบว่าปริมาณการใช้น้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวกภาพที่ ข. 47)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดพบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด (278.89 มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % มีปริมาณการใช้น้ำรองลงมาตามลำดับ (273.59, 267.28 และ 257.11 มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ซึ่งปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต เนื่องจากเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทำให้มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 4.10) พบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ EDTA 13.2 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุพืช การเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

จากการทดลองพบว่าในฤดูหนาวมีปริมาณการใช้น้ำในผักสลัดสูงกว่าฤดูร้อนเนื่องจากผักสลัดมีการเจริญเติบโตมากกว่าในฤดูร้อน (สอดคล้องกับปริมาณการใช้น้ำในการทดลองที่ 1) (ภาพที่ 4.3 – 4.4)

ตารางที่ 4.18 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (ลิตร)

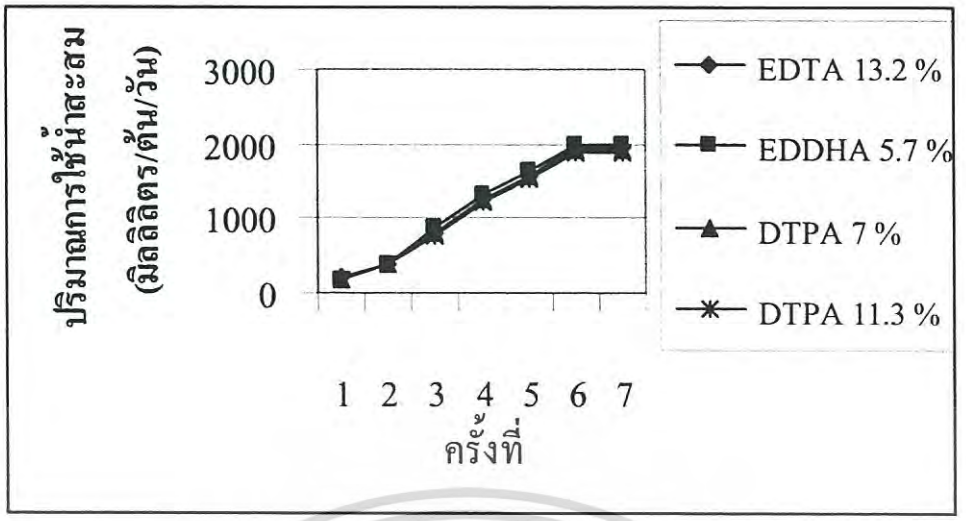
ชนิดของเหล็กคีเลต	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว	ค่าเฉลี่ย
EDTA 13.2 %	224.38	322.81	273.59
EDDHA 5.7 %	223.52	334.27	278.89
DTPA 7 %	212.27	322.29	267.28
DTPA 11.3 %	198.28	315.94	257.11
F-test	ns	ns	
CV	12.57	6.42	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

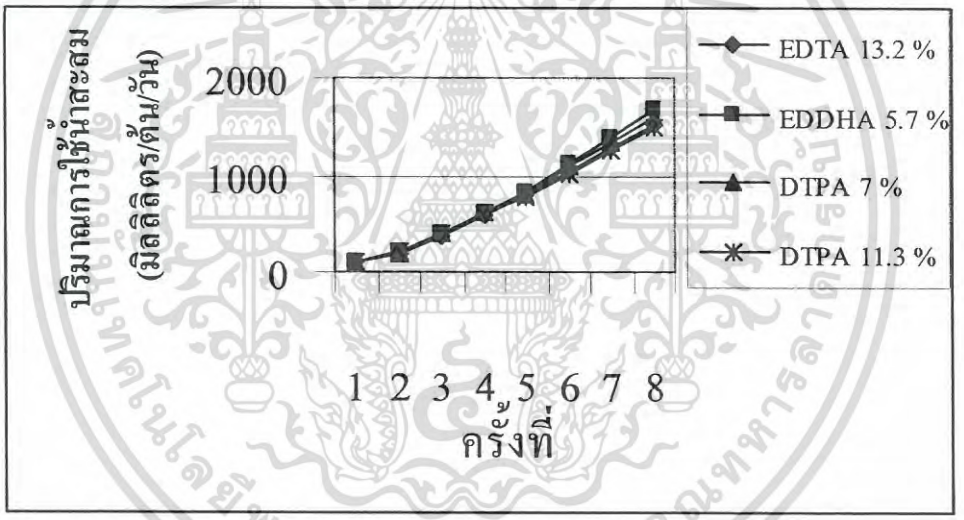
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

ฤดูฝนไม่สามารถวัดปริมาณการใช้น้ำได้เนื่องจากทำการทดลองกลางแจ้งทำให้มีน้ำฝนเข้าในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ปริมาณการใช้น้ำสะสมในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ในฤดูหนาว



ภาพที่ 4.4 ปริมาณการใช้น้ำในสะสมในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ในฤดูร้อน

4.2.10 การประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)

จากตารางที่ 4.19 พบว่าการประเมินการเจริญเติบโตของผักสลัดในฤดูร้อนและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองในฤดูหนาวผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % มีค่าการประเมินการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.83 – 3.93 คะแนน (ภาพผนวกที่ ข. 50)

เมื่อพิจารณาในฤดูร้อนพบว่ามีค่าการประเมินการเจริญเติบโตมากที่สุดเมื่อปลูกผักสลัดที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % ในฤดูฝนพบว่ามีค่าการประเมินการเจริญเติบโตมากที่สุดเมื่อปลูกผักสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใส่เหล็ก DTPA 7 % ส่วนในฤดูหนาวพบว่ามีค่าการประเมินการเจริญเติบโตมากที่สุดเมื่อปลูกผักสลัดที่ใส่เหล็ก DTPA 11.3 %

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการประเมินการเจริญเติบโตของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDTA 13.2 %, EDDHA 5.7 %, DTPA 7 % และ DTPA 11.3 % ทั้ง 3 ฤดูพบว่าผักสลัดที่ปลูกในในสารละลายที่ใส่เหล็ก EDDHA 5.7 % มีการประเมินการเจริญเติบโตของผักสลัดมากที่สุด (3.81 คะแนน)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภคกับน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูกพบว่าเหล็ก EDDHA 5.7 % และ เหล็ก DTPA 11.33 % มีคะแนนการประเมินที่สอดคล้องกับน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูกซึ่งมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนต้นมากที่สุด (ตารางที่ 4.10) (ตารางภาคผนวกภาพที่ ข 48)

ตารางที่ 4.19 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อการความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)

ชนิดของเหล็กคีเลต	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ค่าเฉลี่ย
EDTA 13.2 %	3.33	3.57	2.87[a]	3.59
EDDHA 5.7 %	3.87	3.63	3.93[b]	3.81
DTPA 7 %	3.67	3.83	3.83[b]	3.78
DTPA 11.3 %	3.60	3.77	4.00[b]	3.79
F-test	ns	ns	*	
CV	10.10	13.89	11.35	

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าต่อการเจริญเติบโตพบว่าในฤดูร้อน ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมของผักสลัด butterhead และ red coral อยู่ในช่วง 1.2-1.6 mS/cm ผักสลัด fillice ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.2-2.0 mS/cm ผักสลัด green oak ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมในหน้าร้อนอยู่ที่ 1.2 mS/cm ผักสลัด red oak ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมในหน้าร้อนอยู่ในช่วง 1.2-2.0 mS/cm

ผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายไม่มีผลต่อผลผลิตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด ผักสลัด green oak ที่ปลูกในฤดูหนาวค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.2 – 1.6 mS/cm ส่วนผักสลัด red oak ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.6 – 2.0 mS/cm

โดยภาพรวมการปลูกผักสลัดตลอดทั้งปี ค่าการนำไฟฟ้า 1.2 mS/cm เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด เนื่องจากมีผลผลิตที่สูงและมีปริมาณไนเตรทที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน (4500 มก./กก.นน.สด)

ผลของชนิดของเหล็กคีเลตต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพบว่าเหล็กคีเลตทั้ง 4 ชนิด (Fe – EDTA 13.2 %, Fe – EDDHA 5.7 %, Fe – DTPA 7 % และ Fe – DTPA 11.3 %) สามารถใช้แทนกันได้ เนื่องได้ผลผลิตที่สูงและปริมาณการสะสมไนเตรทที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเหล็กคีเลตแต่ละชนิดจะมีราคาที่แตกต่างกัน โดยเหล็ก EDTA 13.2 % มีราคาถูกที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์ในเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์ไนเตรทในผักสลัดสดด้วยวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.* 1975)

นำตัวอย่างพืชสดที่เก็บมาตัดรากทิ้งและชั่งน้ำหนักสดของต้นพืชจากนั้นใส่ถุงกระดาษแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน หรือจนกว่าตัวอย่างจะแห้ง นำมาชั่งน้ำหนักแห้งแล้วนำตัวอย่างแห้งที่ได้ ไปบดด้วยเครื่องบด ผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างพืชที่ได้ไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น เพื่อรอนำไปวิเคราะห์

เมื่อได้ตัวอย่างพืชแห้งที่ผ่านการบดแล้ว เมื่อจะนำไปวิเคราะห์ ให้นำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อีกครั้งเป็นเวลา 15 – 30 นาทีเพื่อไล่ความชื้น หลังจากนั้น ชั่งตัวอย่างพืชแห้ง 0.1 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนออก แล้วเก็บสารละลายส่วนใสเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย เครื่อง spectrophotometer

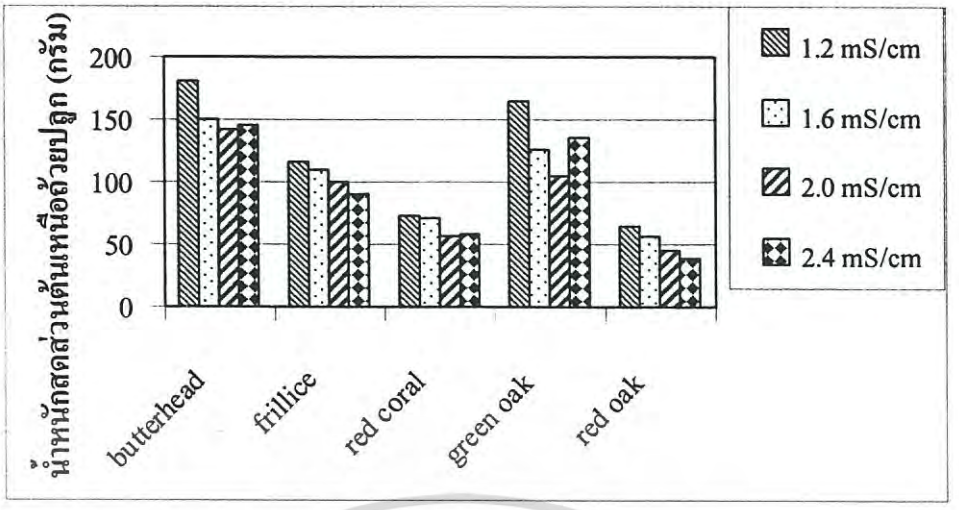
เมื่อได้สารละลายส่วนใสแล้ว นำสารละลาย 0.2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองเติม 5% W/V salicylic acid 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่า ทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้น เติม 4 M NaOH 10 มิลลิลิตร เขย่า แล้วทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวช่วงแสง 410 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารละลายไนเตรทมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

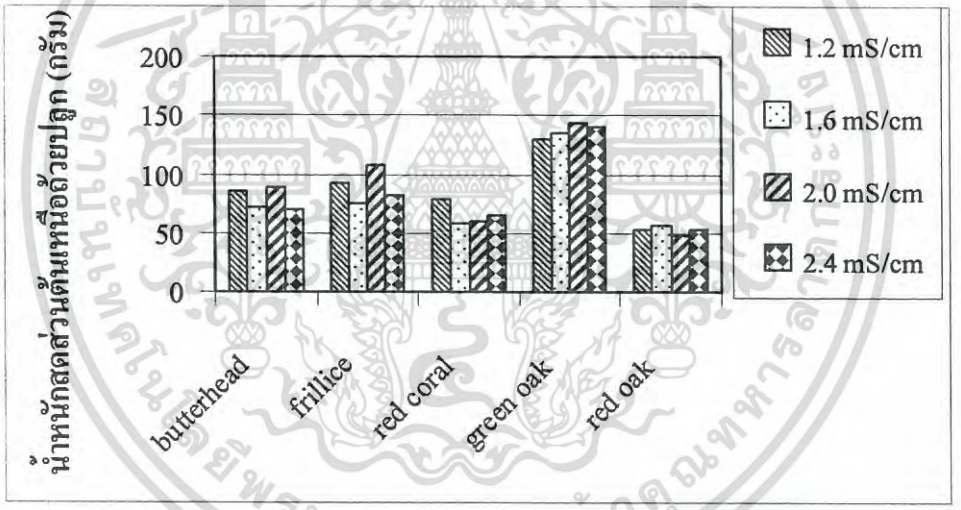
ภาคผนวก ข.

การเจริญเติบโตของผักสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

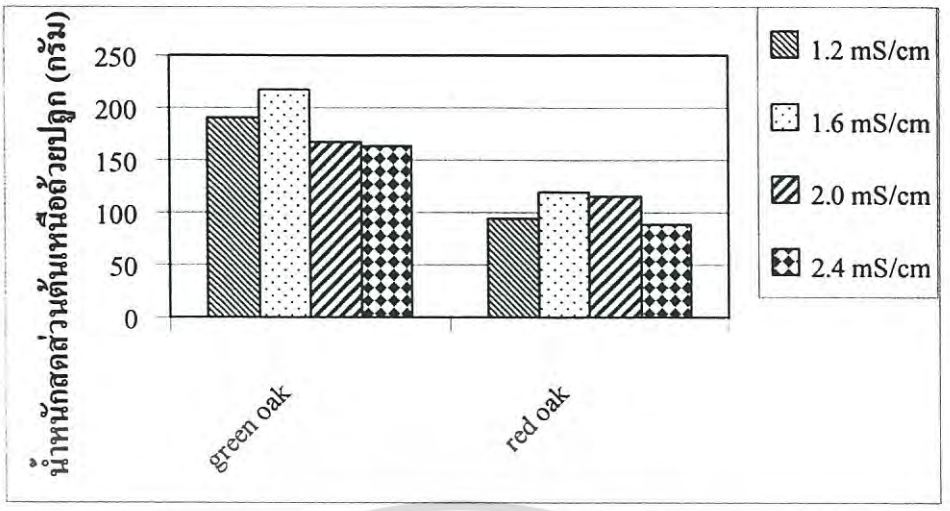


ภาพที่ ข.1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนต้นของผักสลัด (กรัม) ในฤดูร้อน

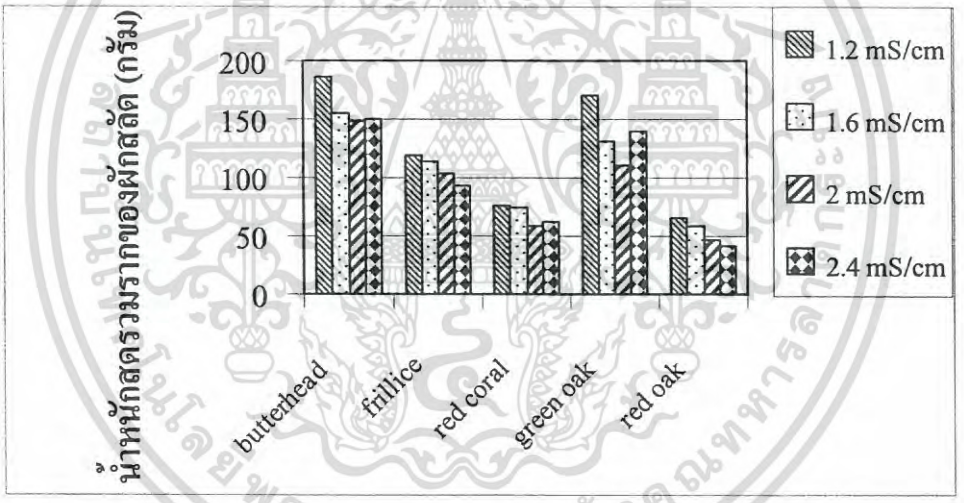


ภาพที่ ข.2 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนต้นของผักสลัด (กรัม) ในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

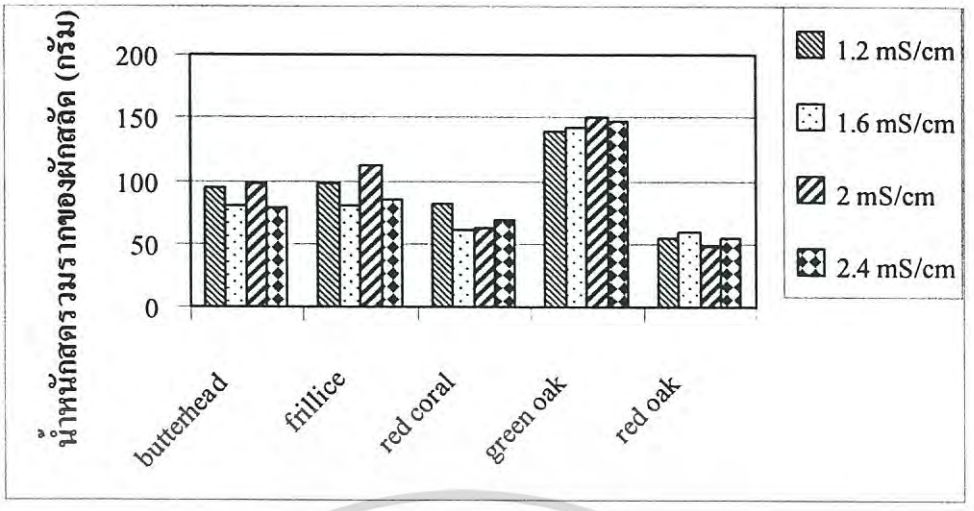


ภาพที่ ข.3 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดของผักสลัด (กรัม) ในฤดูหนาว

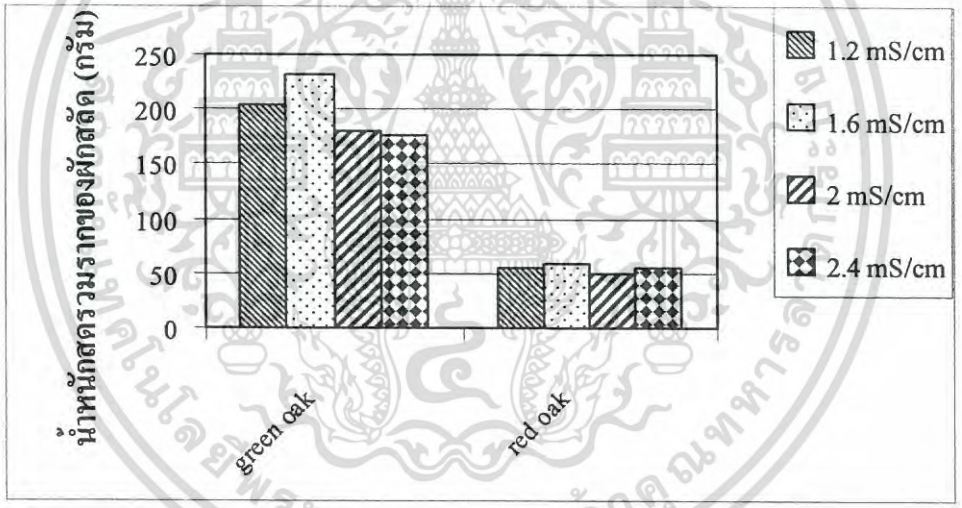


ภาพที่ ข.4 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

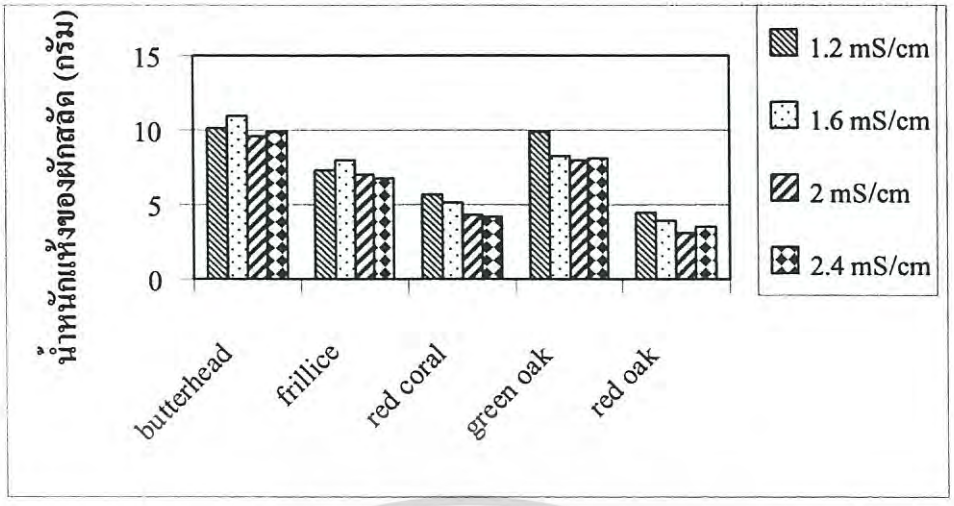


ภาพที่ ข.5 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) ในฤดูฝน

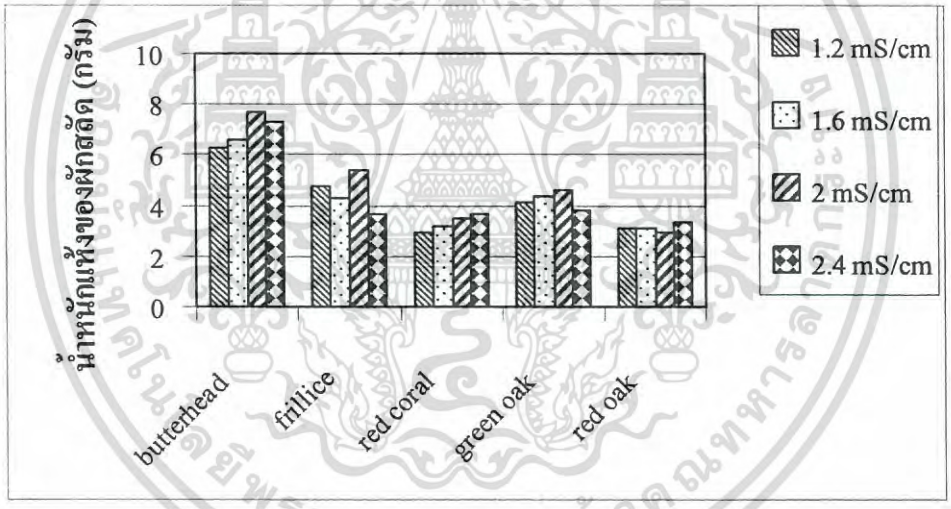


ภาพที่ ข.6 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

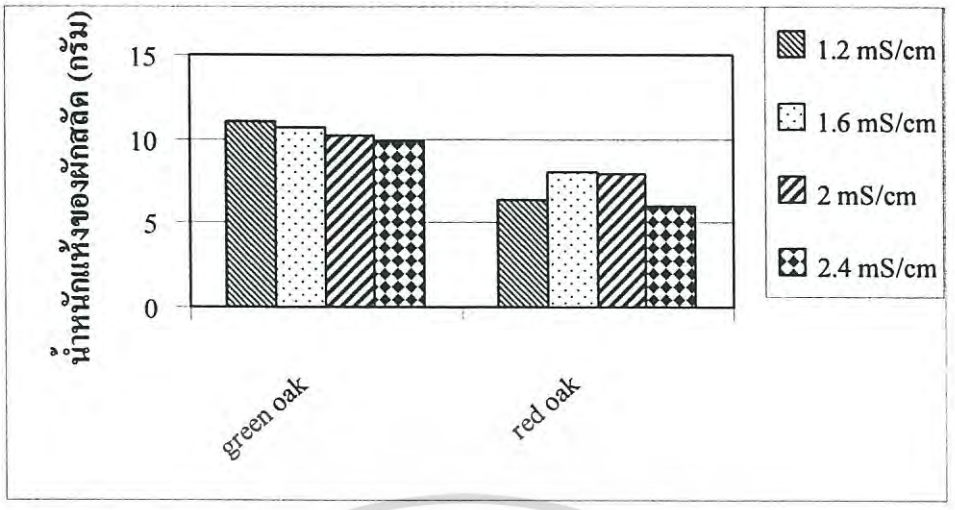


ภาพที่ ข.7 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) ในฤดูร้อน



ภาพที่ ข.8 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) ในฤดูฝน

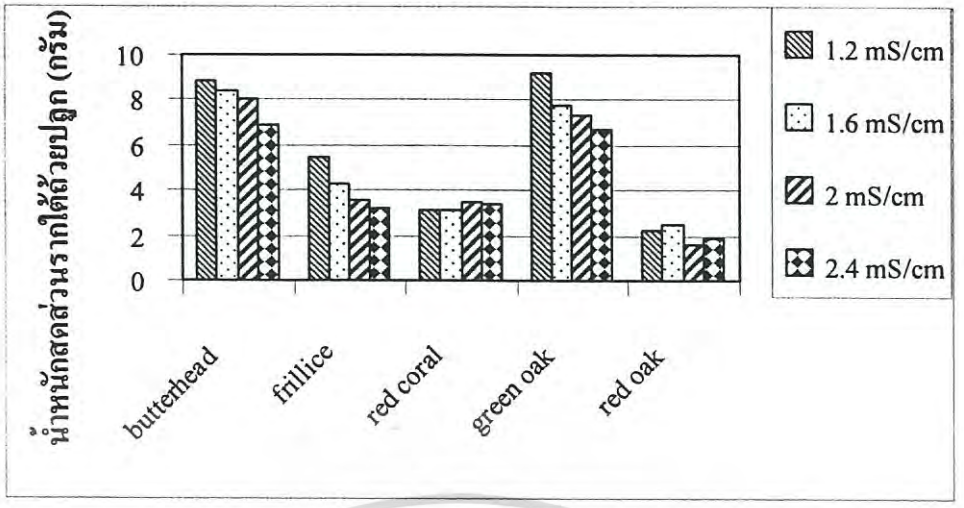
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



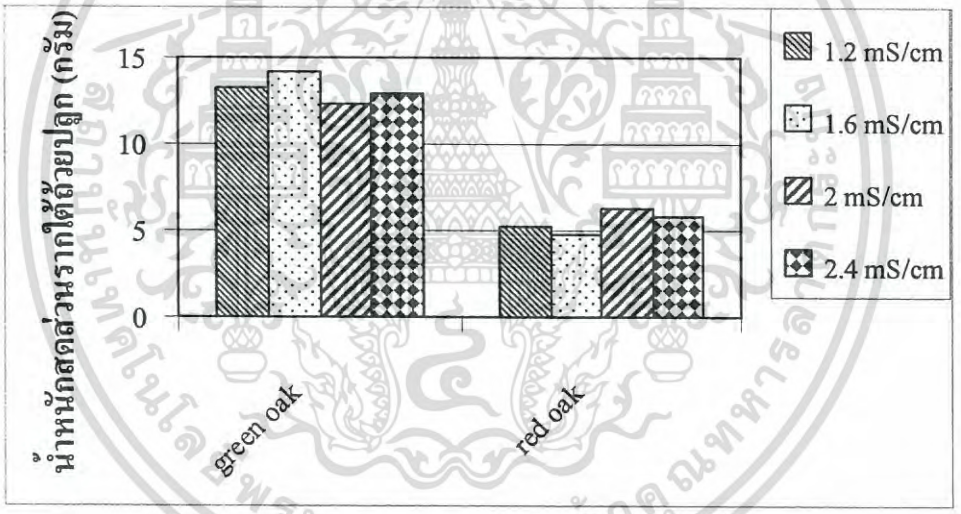
ภาพที่ ข.9 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) ในฤดูหนาว

ภาพที่ ข.10 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

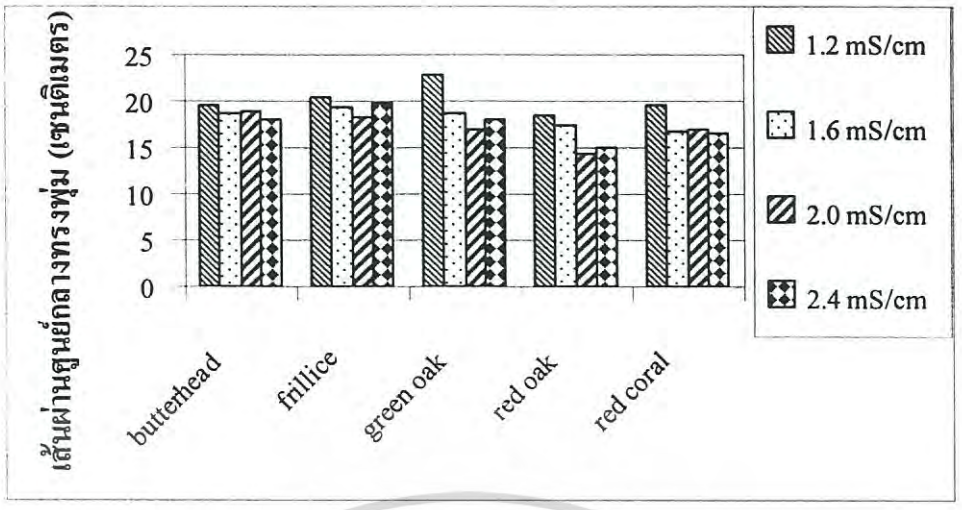


ภาพที่ ข.11 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูฝน

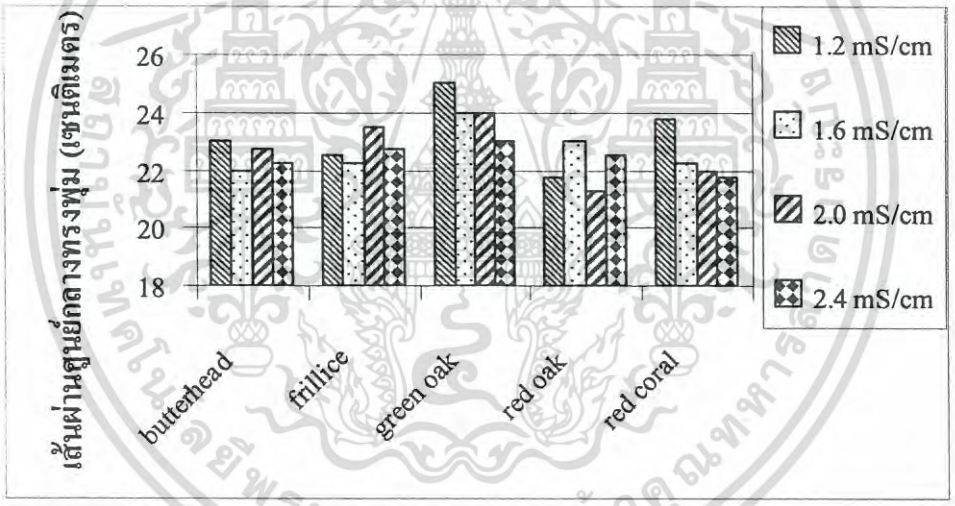


ภาพที่ ข.12 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

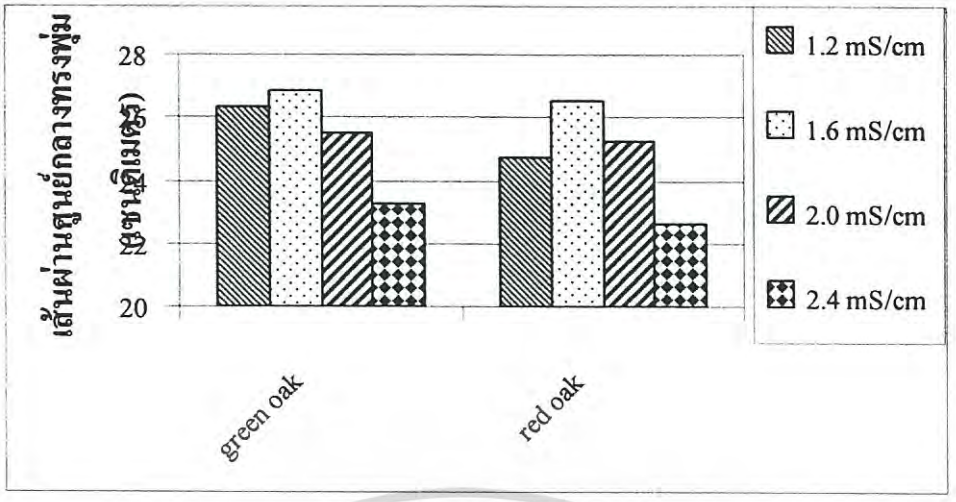


ภาพที่ ข.13 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร) ในฤดูร้อน

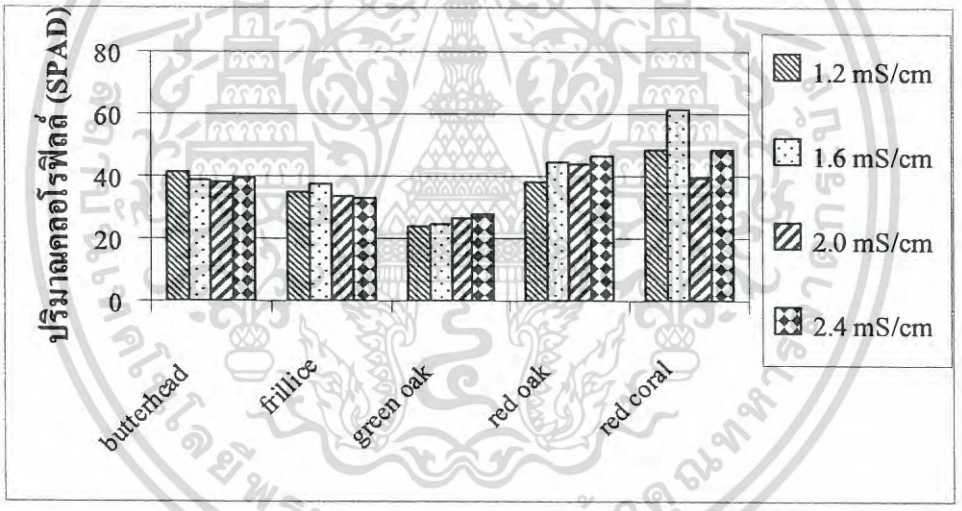


ภาพที่ ข.14 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร) ในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

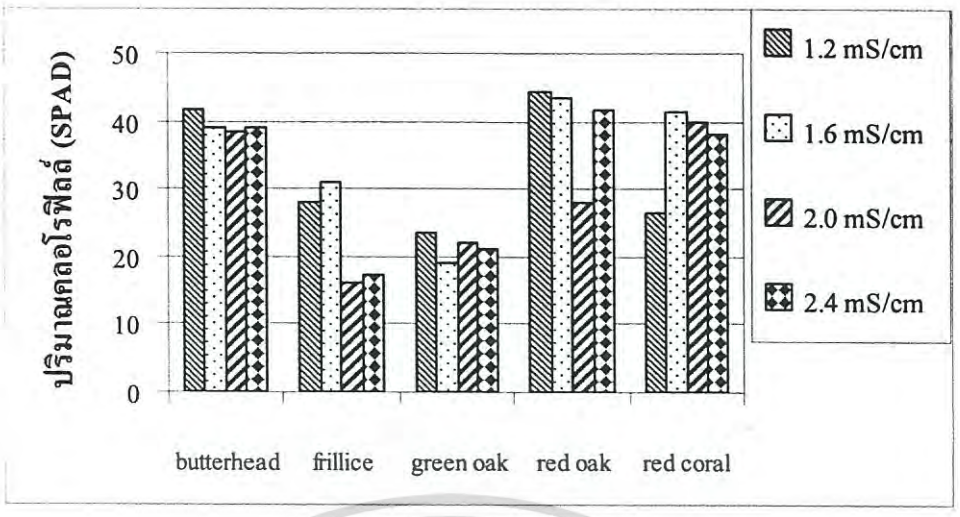


ภาพที่ ข.15 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร) ในฤดูหนาว

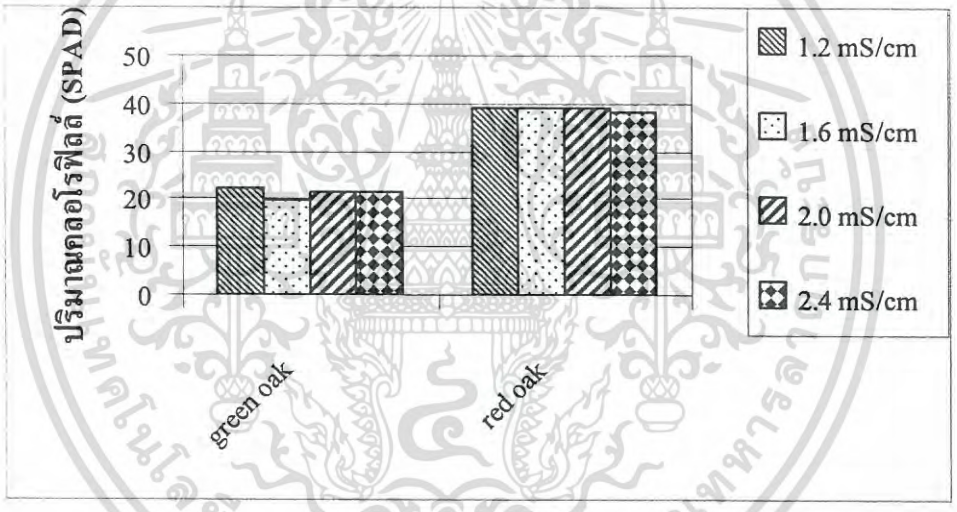


ภาพที่ ข.16 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

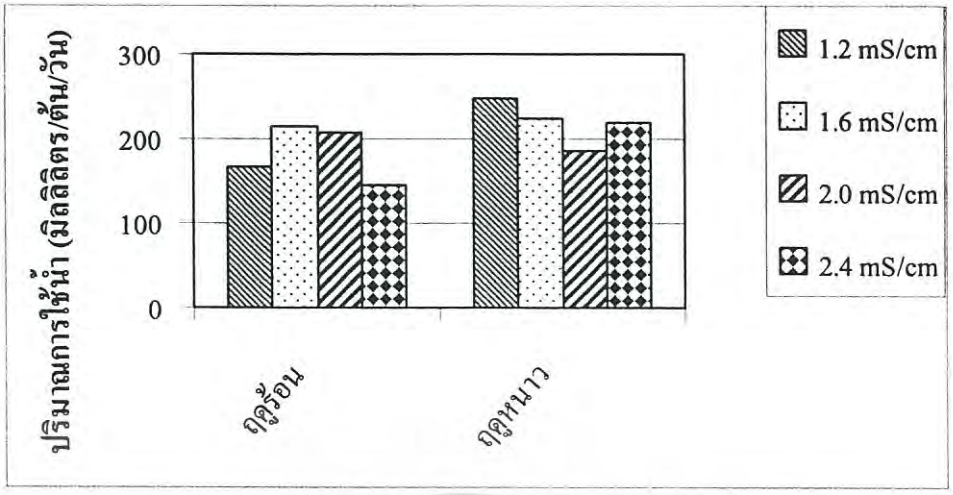


ภาพที่ ข.17 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ในฤดูฝน

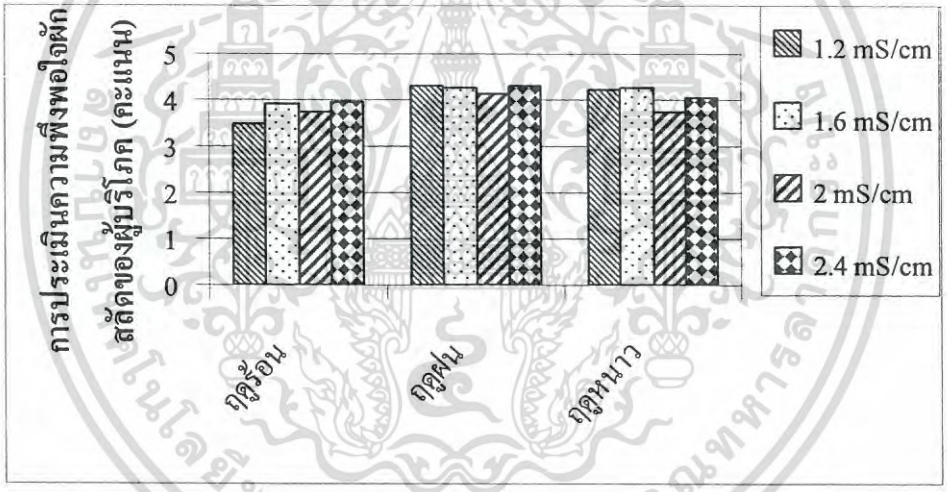


ภาพที่ ข.18 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

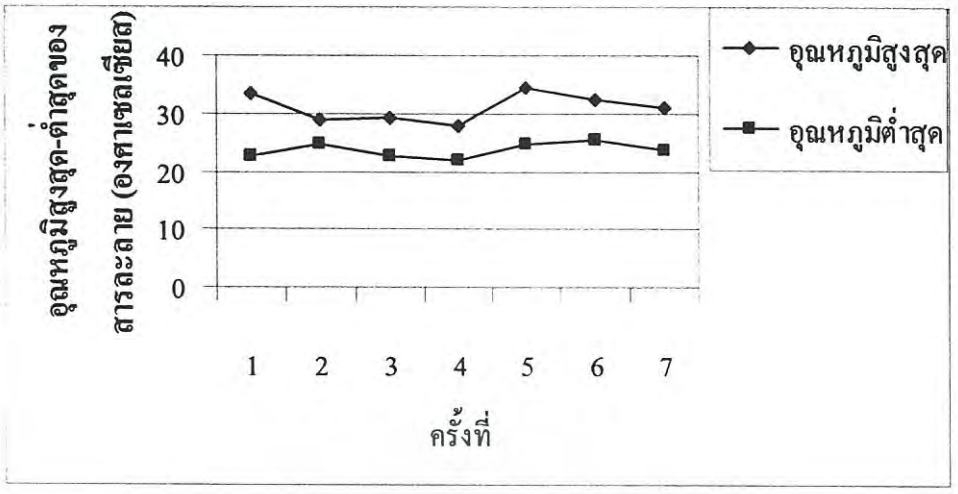


ภาพที่ ข.19 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (มิลลิลิตร/ต้น/วัน) ในฤดูร้อนและฤดูหนาว

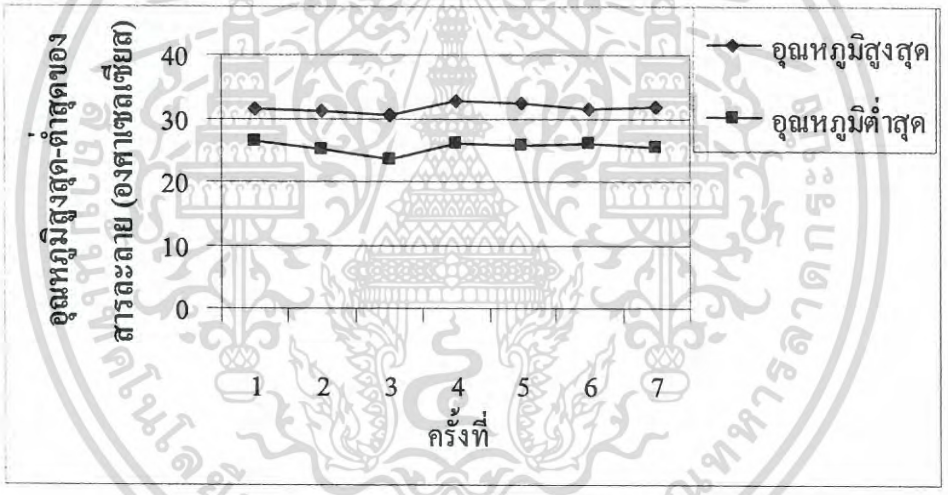


ภาพที่ ข.20 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อการประเมินความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

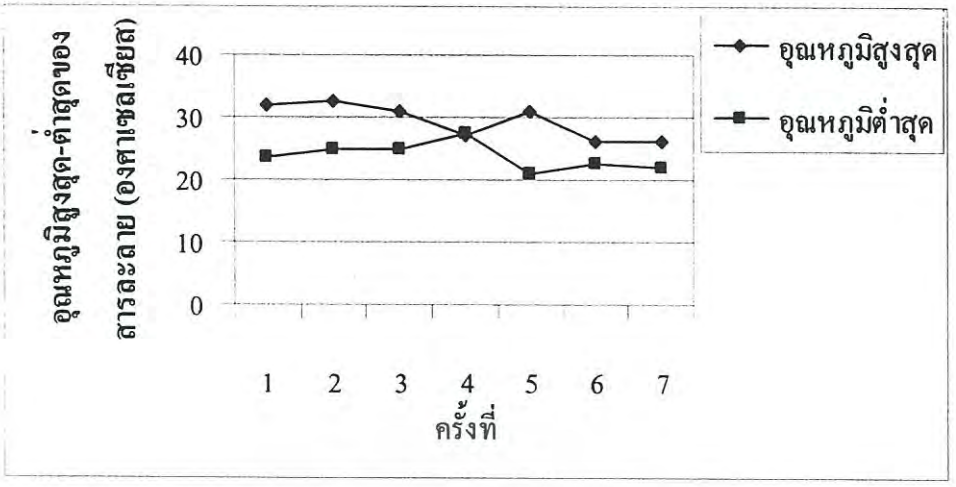


ภาพที่ ข.2 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดของสารละลาย (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในฤดูร้อน

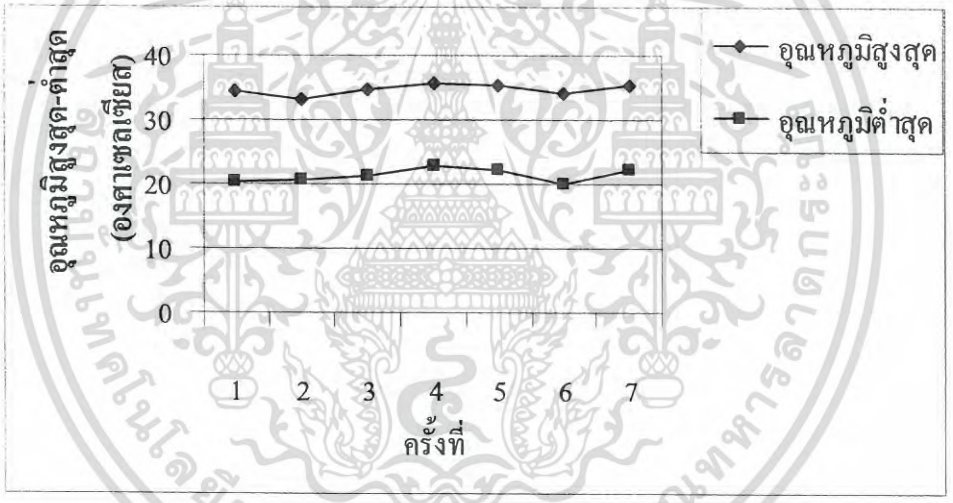


ภาพที่ ข.22 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดของสารละลาย (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

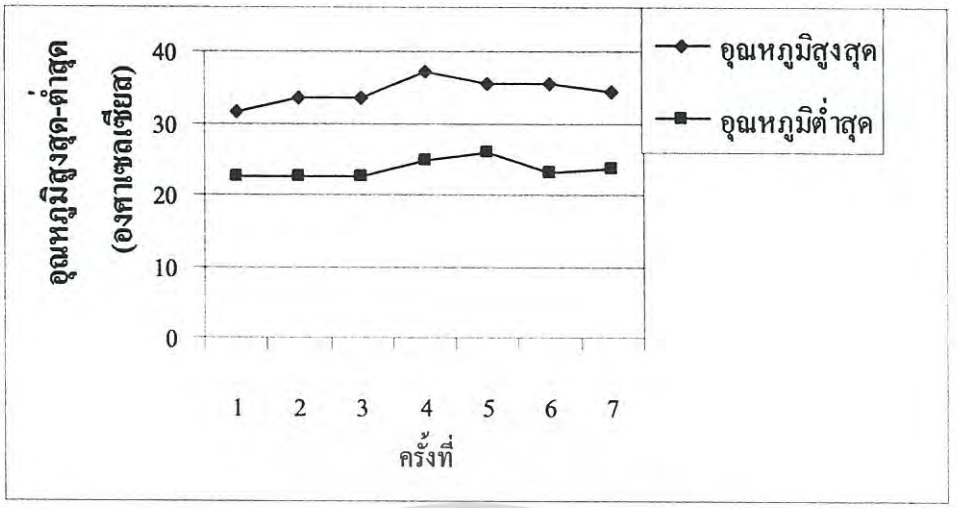


ภาพที่ ข.23 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดของสารละลาย (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในฤดูหนาว

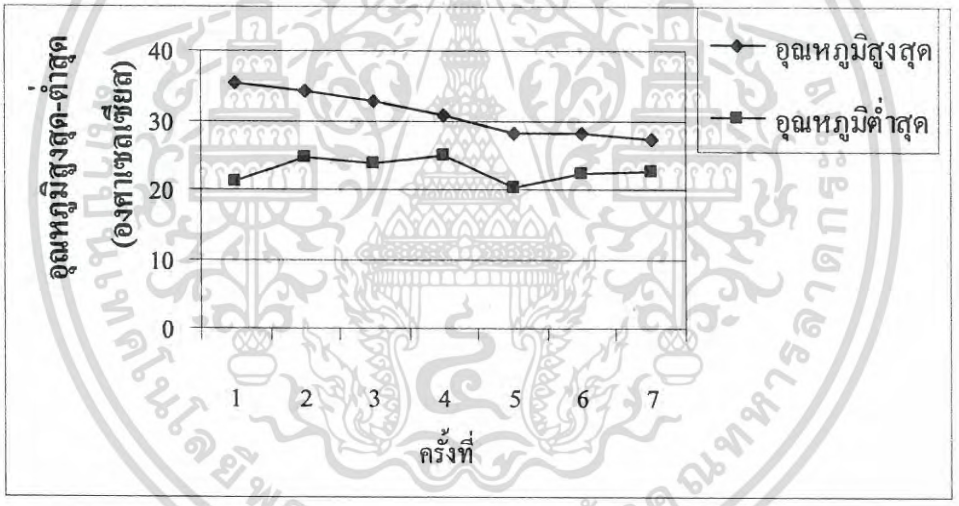


ภาพที่ ข.24 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสง (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

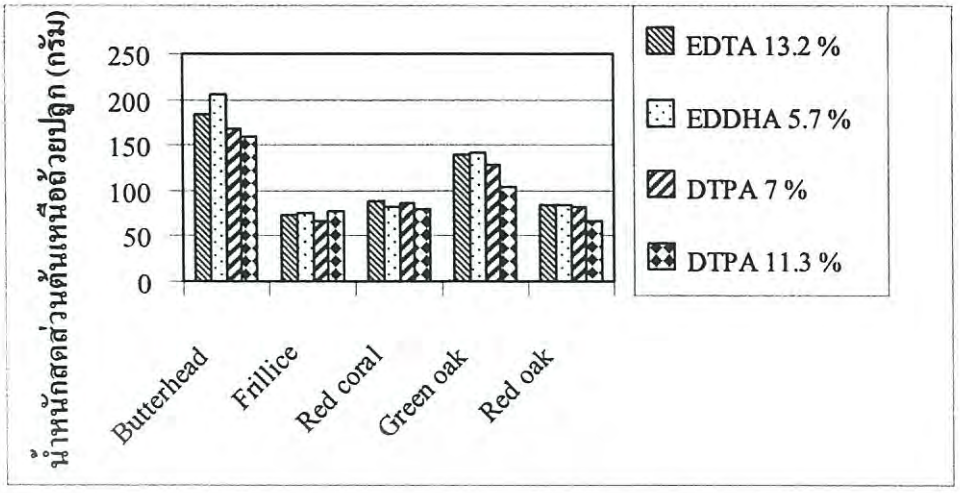


ภาพที่ ข.25 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสง (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในฤดูฝน

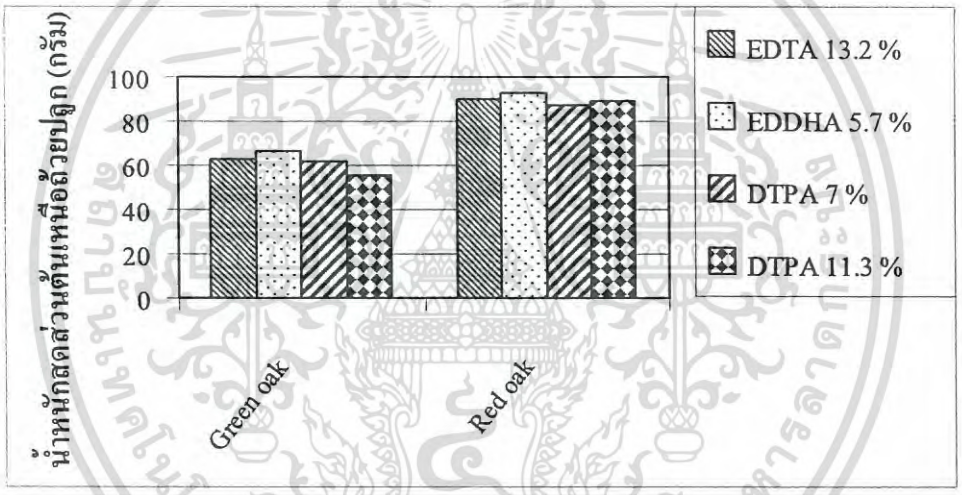


ภาพที่ ข.26 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสง (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องระดับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

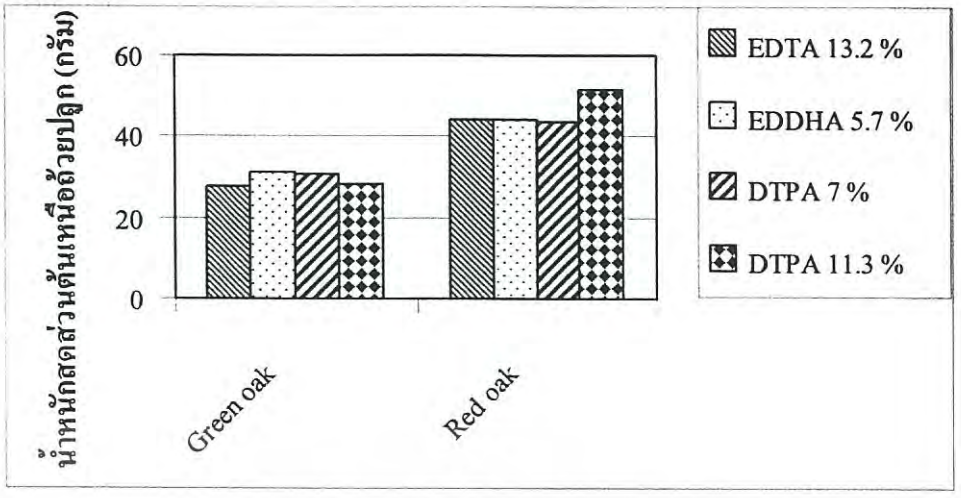


ภาพที่ ข.27 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูฝน

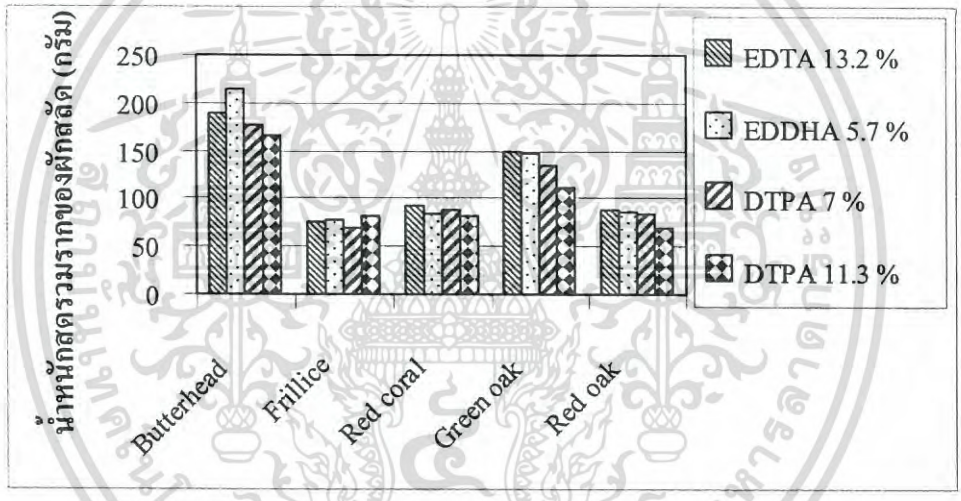


ภาพที่ ข.28 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

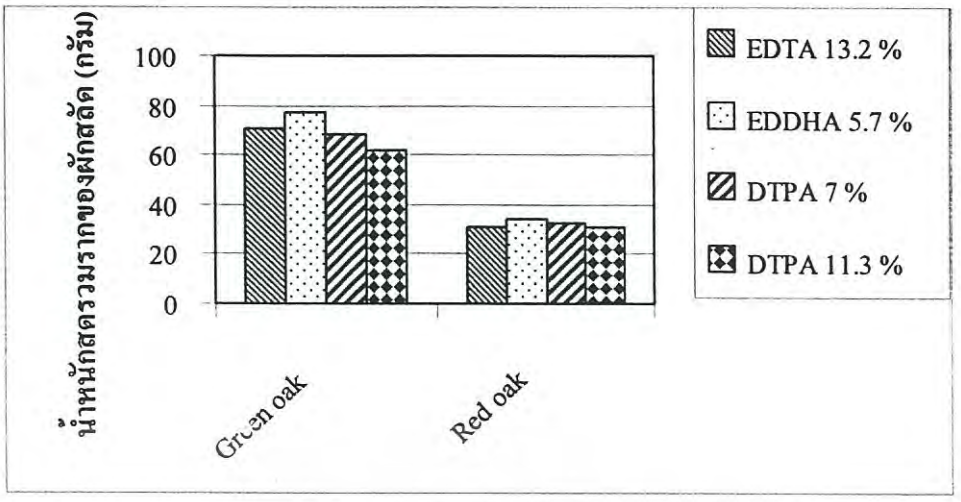


ภาพที่ ข.29 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนต้นเหนือถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูหนาว

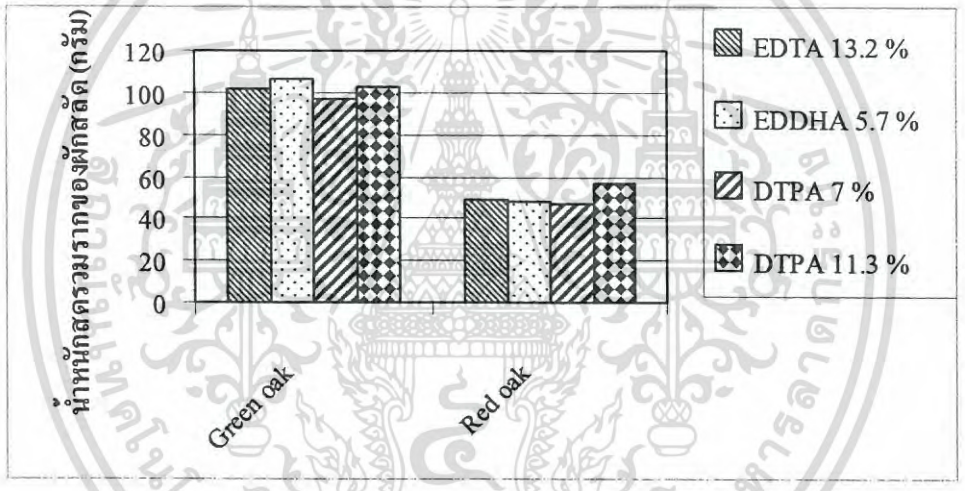


ภาพที่ ข.30 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) ในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

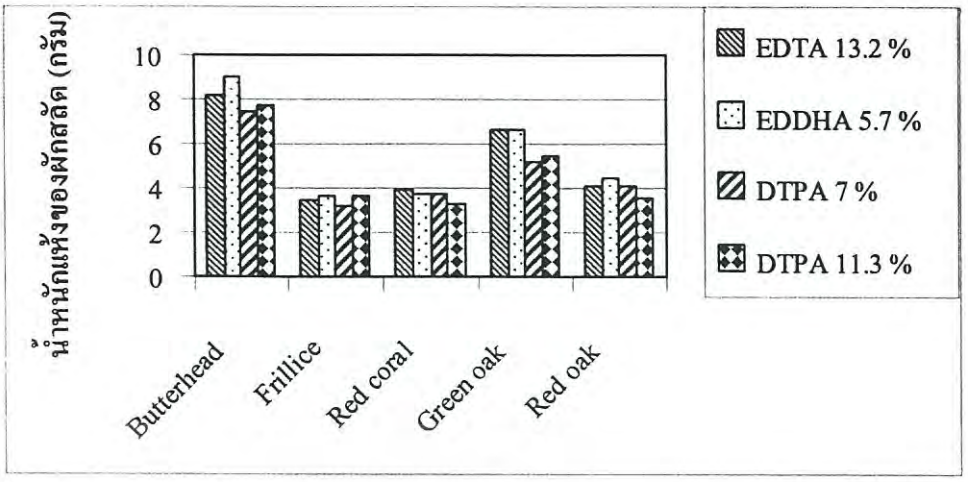


ภาพที่ ข.31 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) ในฤดูร้อน

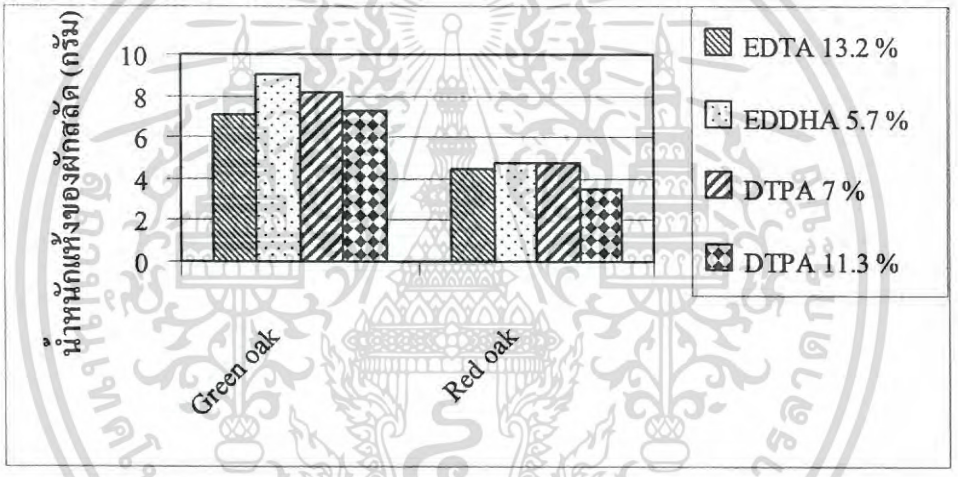


ภาพที่ ข.32 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดของผักสลัดรวมราก (กรัม) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

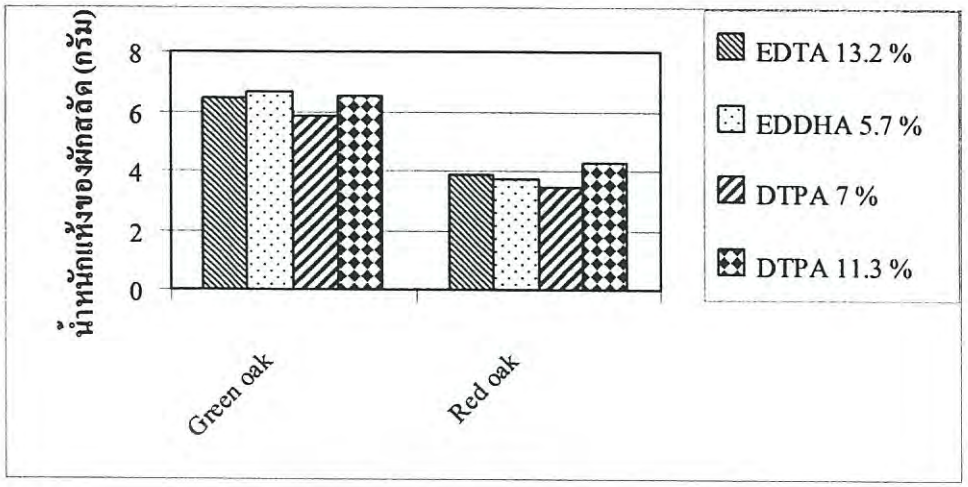


ภาพที่ ข.33 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) ในฤดูฝน

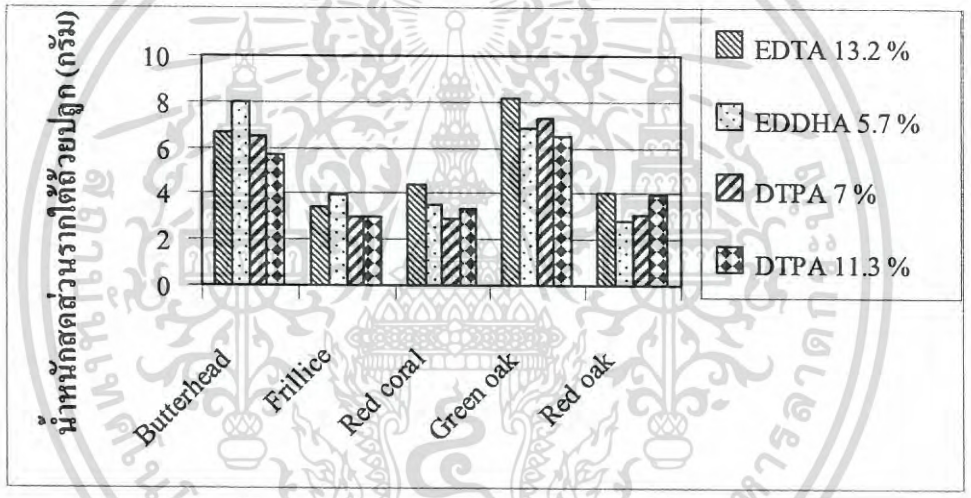


ภาพที่ ข.34 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

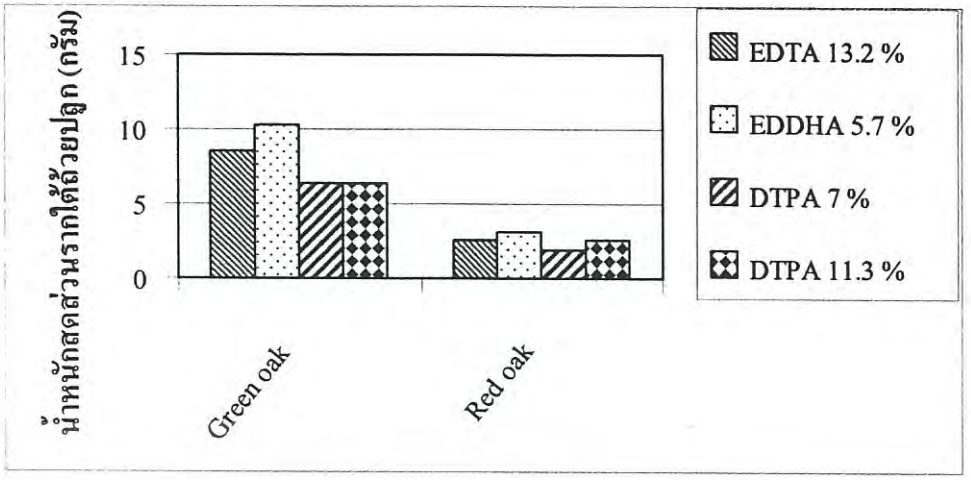


ภาพที่ ข.35 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม) ในฤดูหนาว

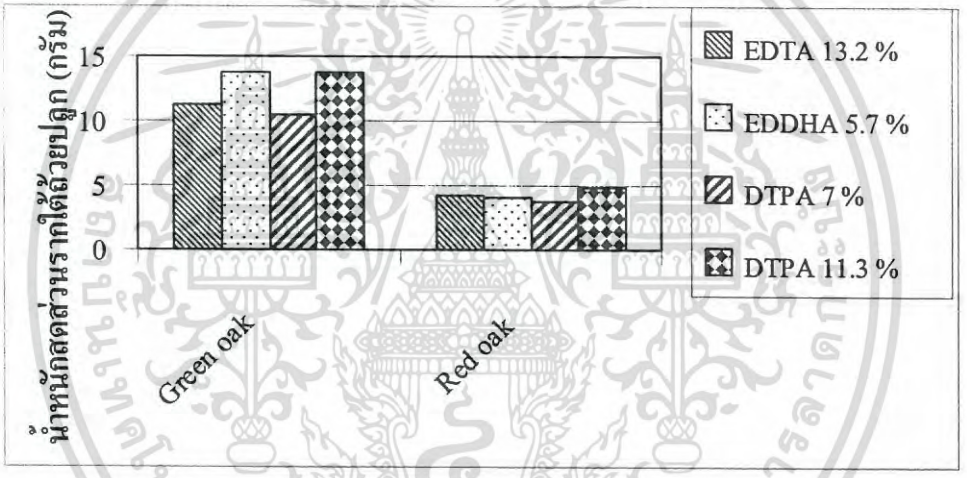


ภาพที่ ข.36 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

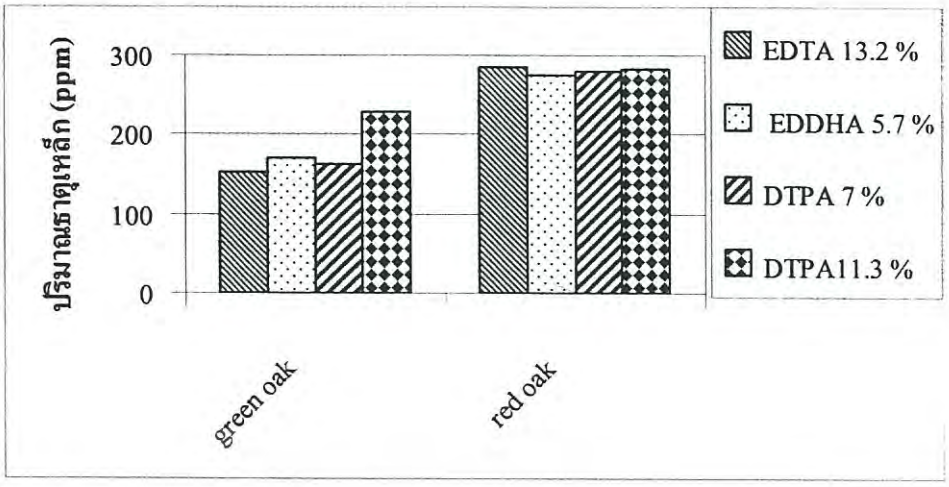


ภาพที่ ข.37 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูร้อน

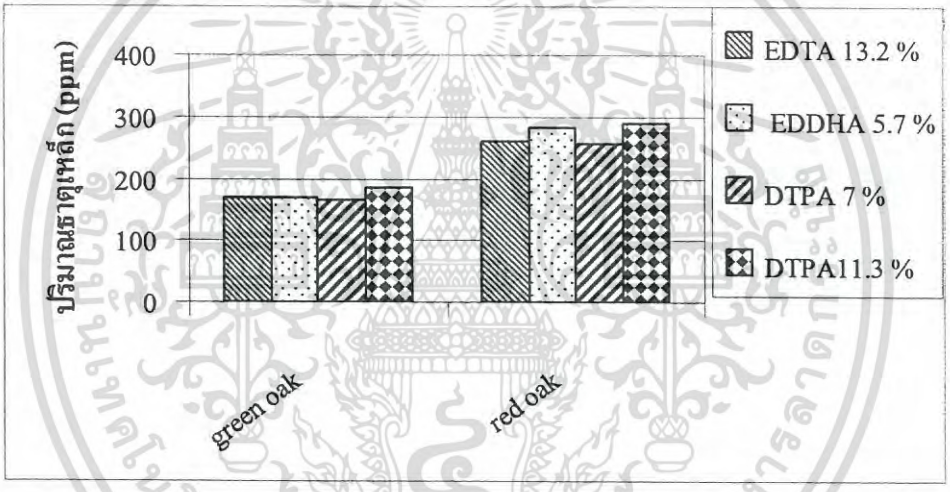


ภาพที่ ข.38 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อน้ำหนักสดส่วนรากใต้ถ้วยปลูก (กรัม) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

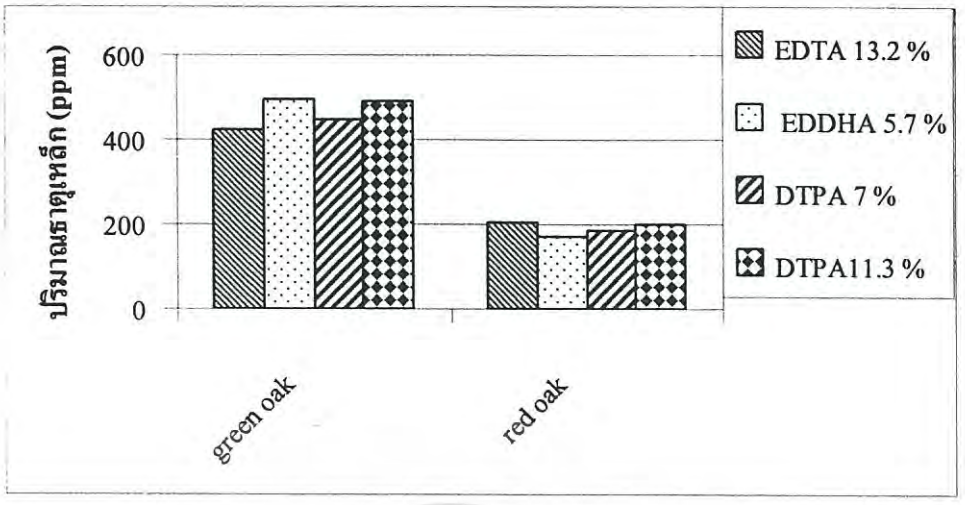


ภาพที่ ข.39 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm) ในฤดูฝน

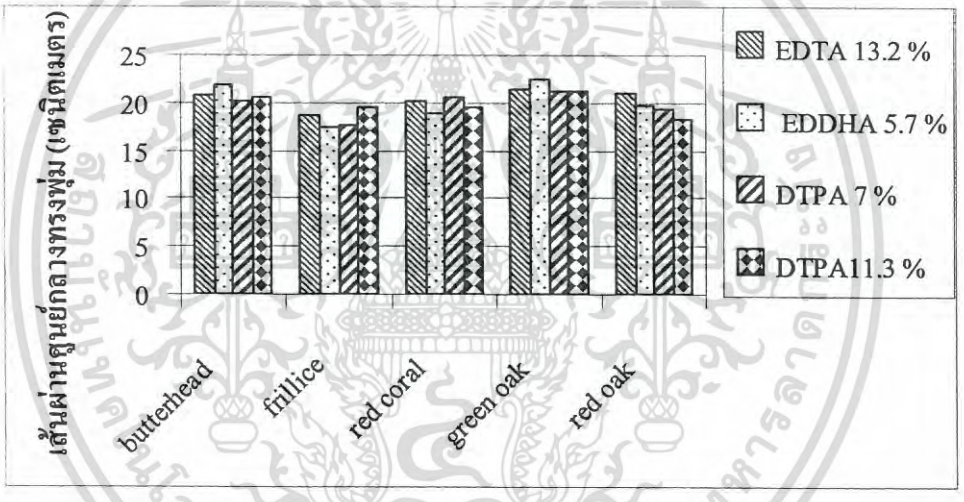


ภาพที่ ข.40 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm) ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

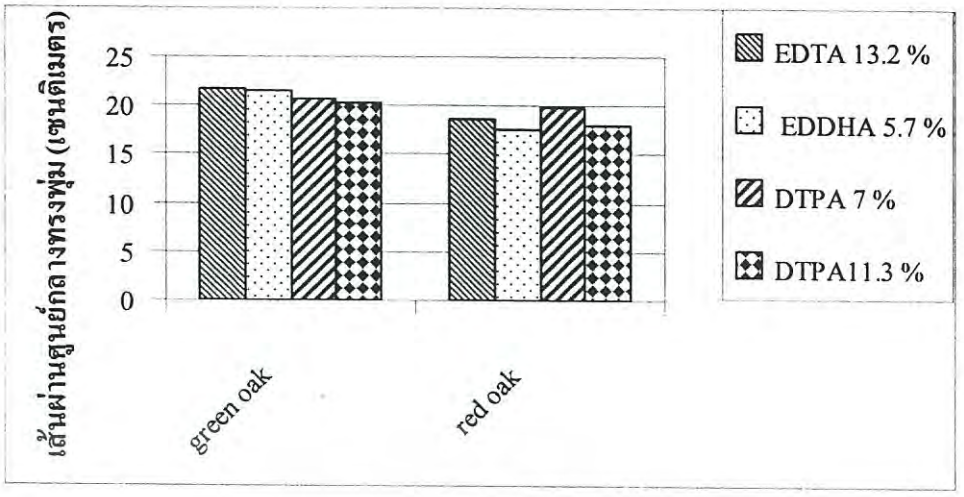


ภาพที่ ข.41 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณธาตุเหล็กในผักสลัด (ppm) ในฤดูหนาว

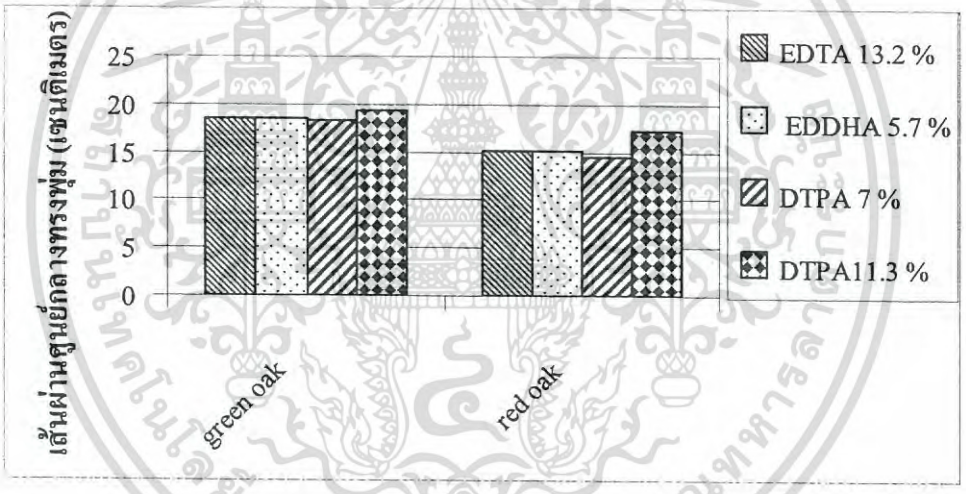


ภาพที่ ข.42 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร) ในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

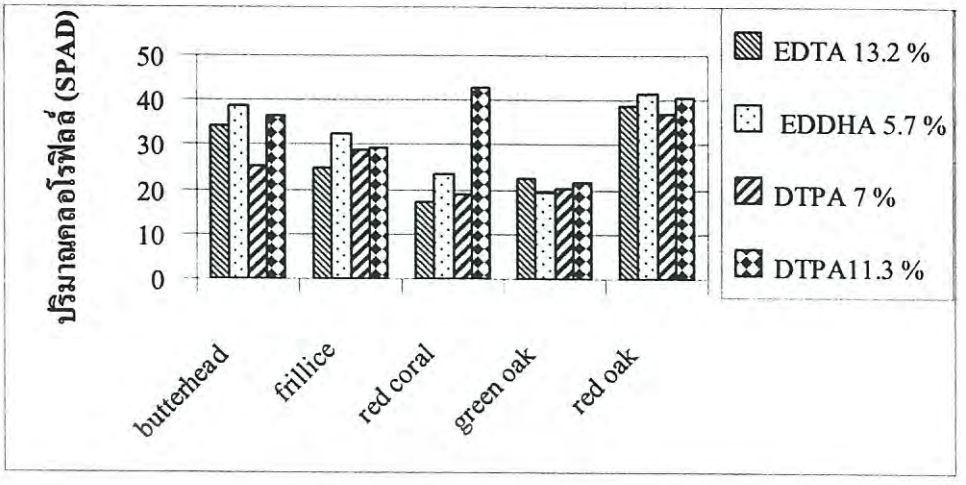


ภาพที่ ข.43 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร) ในฤดูร้อน

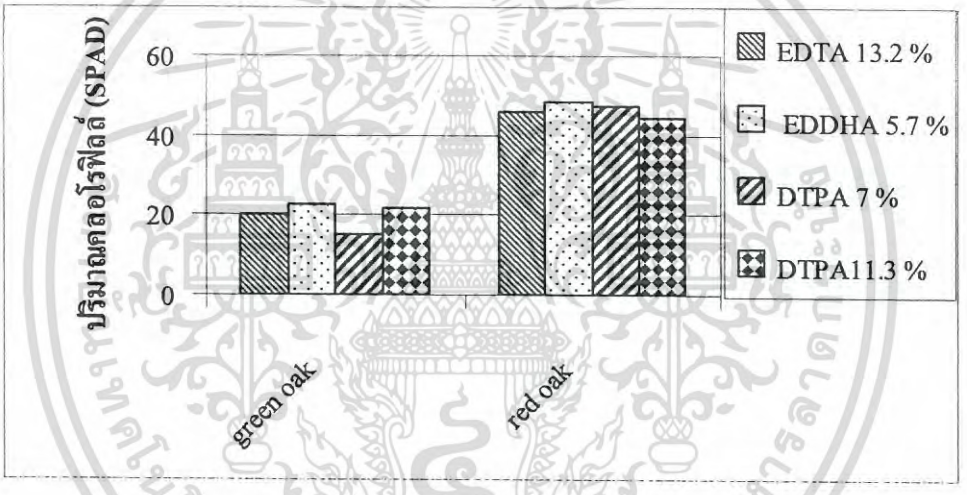


ภาพที่ ข.44 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของผักสลัด (เซนติเมตร) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

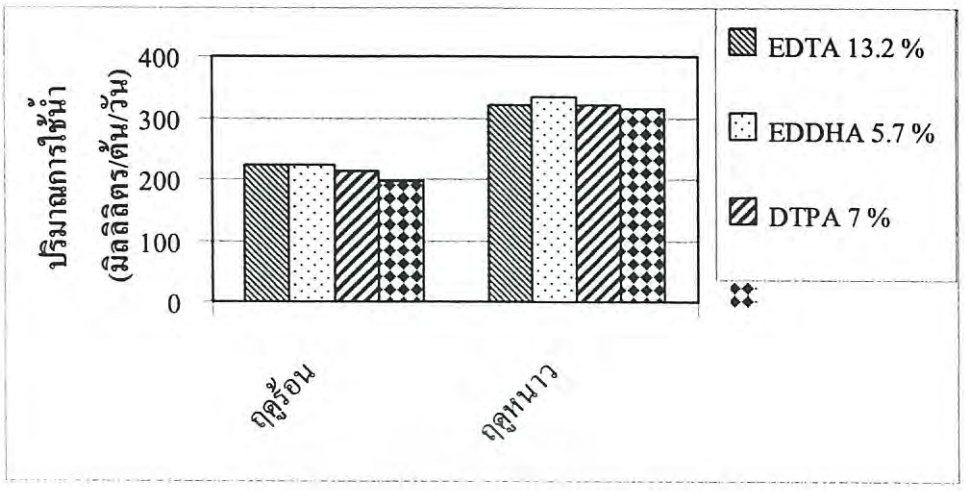


ภาพที่ ข.45 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ในฤดูฝน

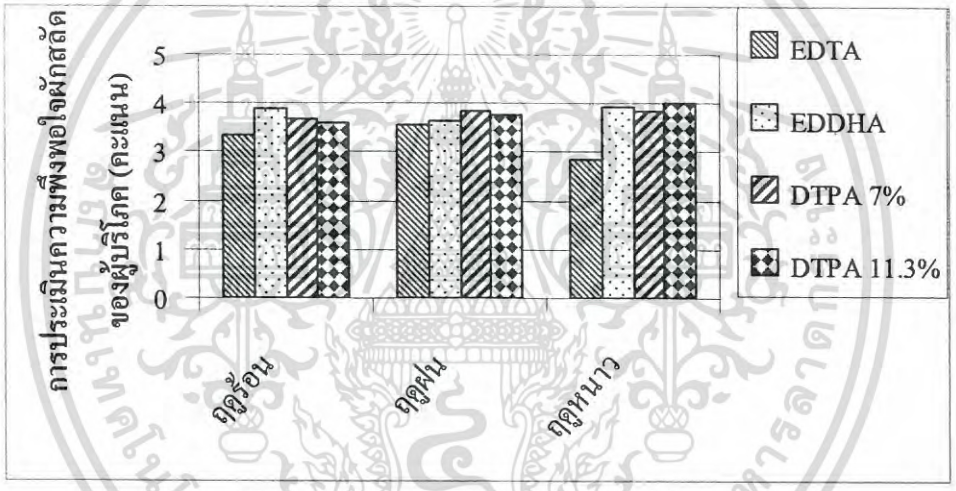


ภาพที่ ข.46 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

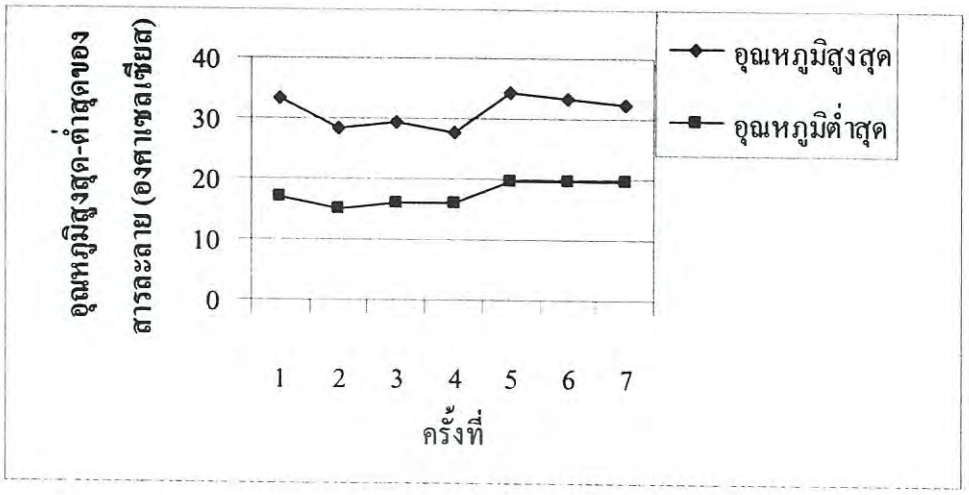


ภาพที่ ข.47 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณการใช้น้ำในผักสลัด (ลิตร)

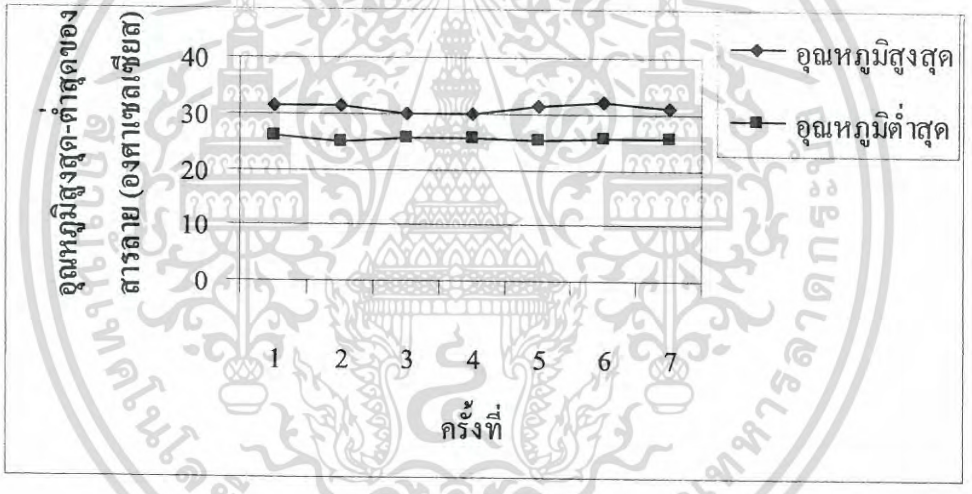


ภาพที่ ข.48 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อการความพึงพอใจผักสลัดของผู้บริโภค (คะแนน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

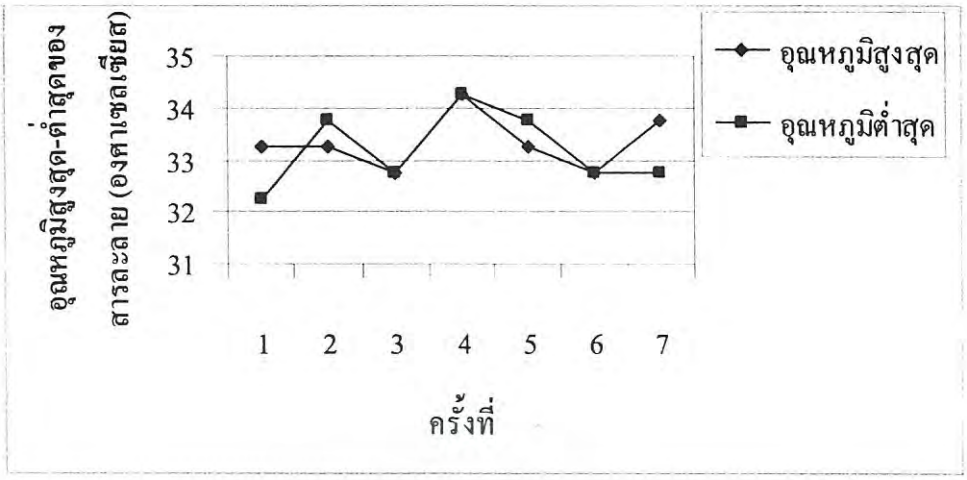


ภาพที่ ข.49 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดของสารละลายที่ปลูกในฤดูฝน (องศาเซลเซียส) ของการทดลองเรื่องชนิดของเหล็กคีเลต

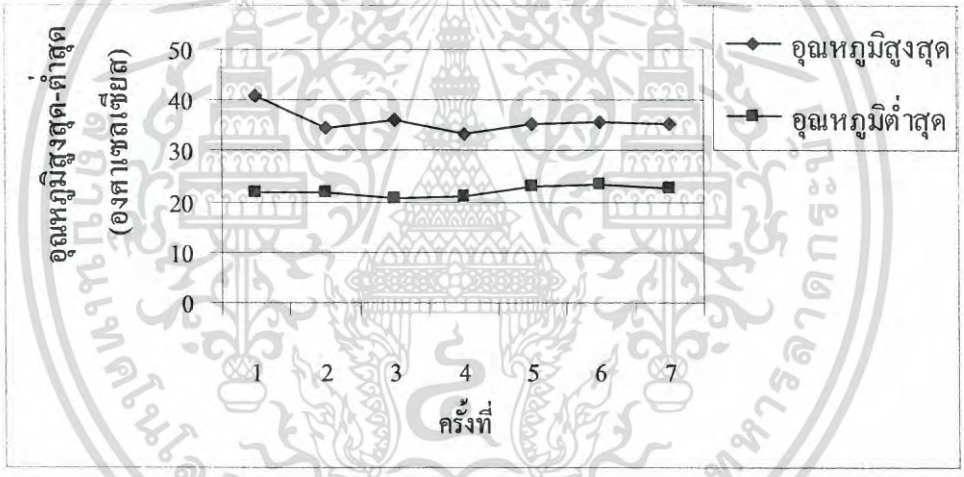


ภาพที่ ข.50 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดของสารละลายที่ปลูกในฤดูหนาวของการทดลองเรื่องชนิดของเหล็กคีเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

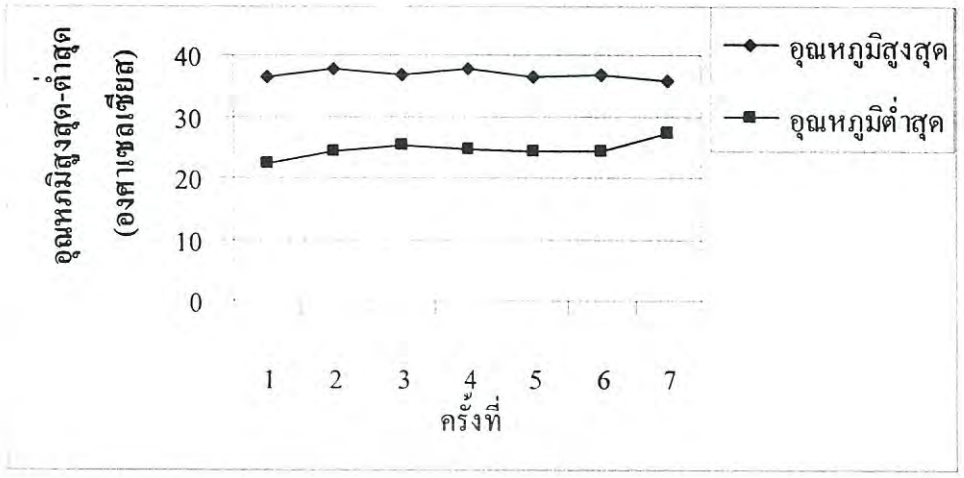


ภาพที่ ข.51 อุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุดของสารละลายที่ปลูกในฤดูร้อนของการทดลองเรื่องชนิดของเหล็กคีเลต

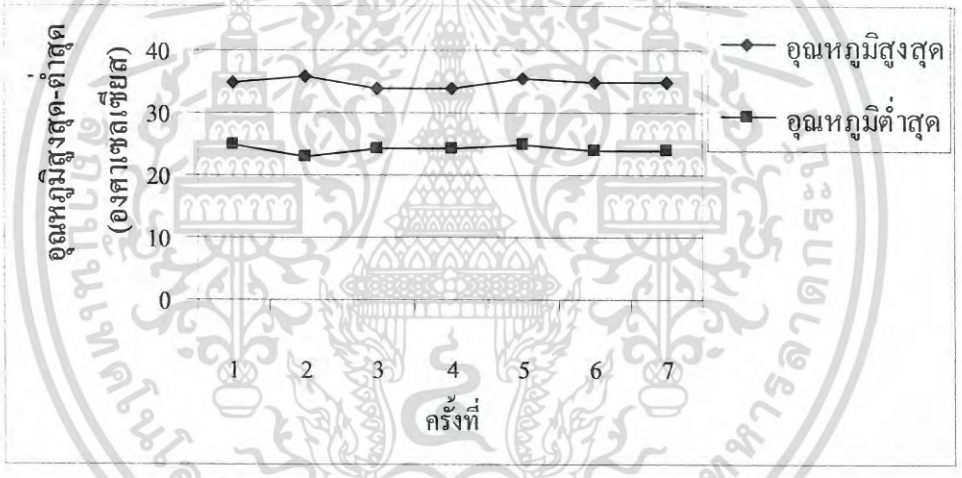


ภาพที่ ข.52 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสง (องศาเซลเซียส) ที่ปลูกในฤดูฝนของการทดลองเรื่องชนิดของเหล็กคีเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.53 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสง (องศาเซลเซียส) ที่ปลูกในฤดูร้อนของการทดลองเรื่องชนิดของเหล็กดีเลต



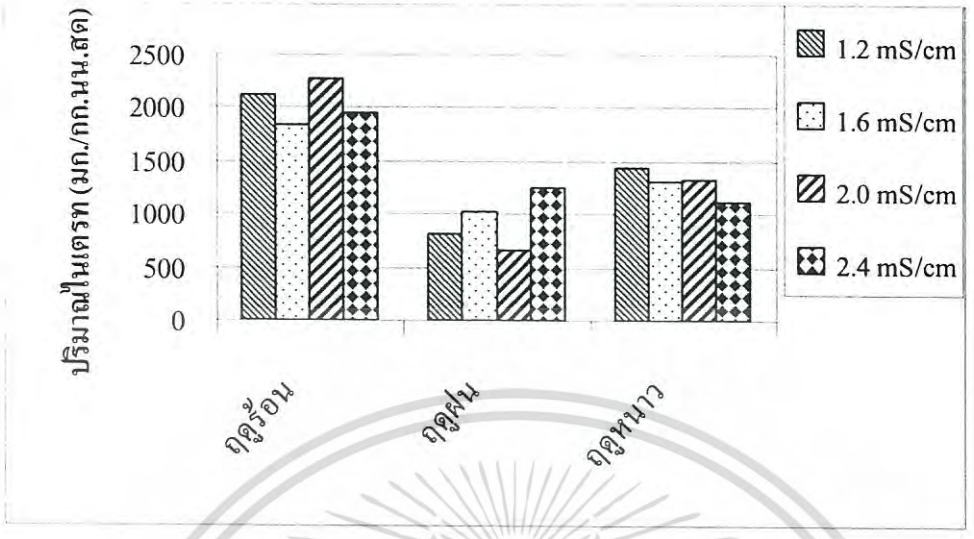
ภาพที่ ข.54 อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดใต้ตาข่ายพรางแสง (องศาเซลเซียส) ที่ปลูกในฤดูหนาวของการทดลองเรื่องชนิดของเหล็กดีเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

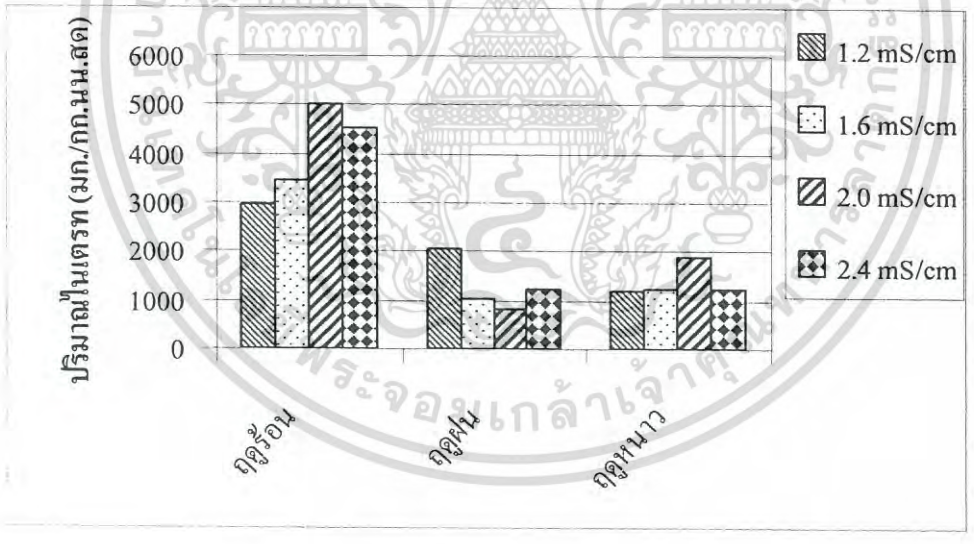
ภาคผนวก ค.

ปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak และ red oak

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

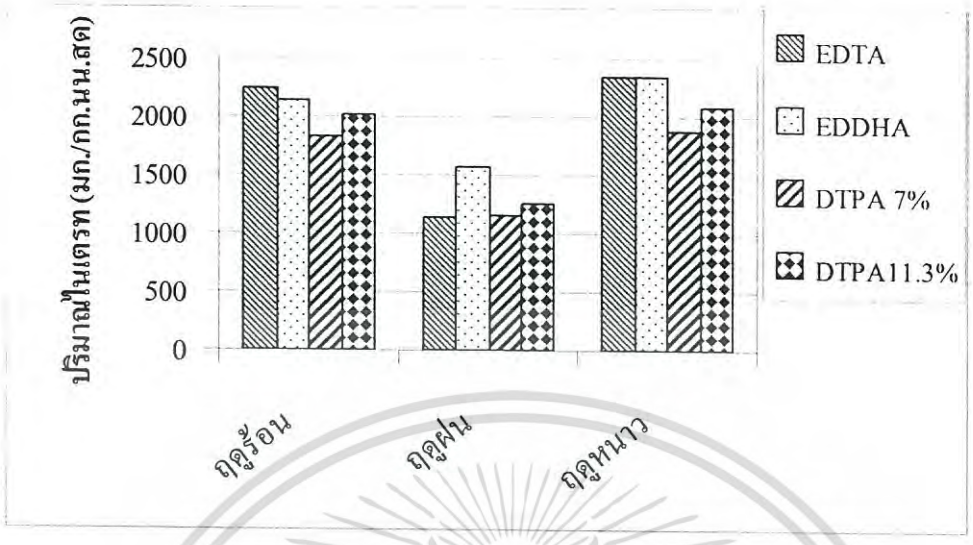


ภาพที่ ค.1 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak (มก./กก.นน.สด)



ภาพที่ ค.2 ผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัด red oak (มก./กก.นน.สด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.3 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัด green oak (มก./กก.นน.สด)

ภาพที่ ค.4 ผลของชนิดเหล็กคีเลตต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัด red oak (มก./กก.นน.สด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวญาดา วงศ์พรประทีป
วัน เดือน ปีเกิด	25 มกราคม พ.ศ.2526 ที่กรุงเทพมหานครฯ
ที่อยู่	60 ถนนพหลโยธิน ตำบลประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130
ประวัติการศึกษา	2547 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้