ผลของระดับความเข้มข้นและองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อผลผลิตและปริมาณไนเตรทของผักสลัด ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

EFFECT OF NUTRIENT CONCENTRATION AND COMPOSITION ON YIELD AND NITRATE CONTENT OF LETTUCE IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

นุชรัตน์ อิษาวชิชัย

NUTTAKORN INTARAVICHA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปฐพีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-15-2709-5

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของระดับความเข้มข้นและองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อผลผลิตและปริมาณไนเตรทของผักสลัด ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

EFFECT OF NUTRIENT CONCENTRATION AND COMPOSITION ON YIELD AND NITRATE CONTENT OF LETTUCE IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

T 067432

ณัฐกร อินทรวิชะ
NUTTAKORN INTARAVICHA

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....67432
วัน,เดือน,ปี.....15 S.A. 2549

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2798-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF NUTRIENT CONCENTRATION AND COMPOSITION ON YIELD AND NITRATE CONTENT OF LETTUCE IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

NUTTAKORN INTARAVICHA

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
2006

ISBN 974-15-2798-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของระดับความเข้มข้นและองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชที่มีต่อผลผลิตและปริมาณไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

EFFECT ON NUTRIENT CONCENTRATION AND COMPOSITION ON YIELD AND NITRATE CONTENT OF LETTUCE IN NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)

ชื่อนักศึกษา นายณัฐกร อินทรวิชะ

รหัสประจำตัว 46062801

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ปฐพีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

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

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 4 กันยายน 2549 เวลา 13.30-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม A408 (ชั้น 4 ตึกเจ้าคุณทหาร)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 25 **เดือน** กันยายน **พ.ศ.** 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของระดับความเข้มข้นและองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อผลผลิตและปริมาณไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
นักศึกษา	นายณัฐกร อินทรวิชะ
รหัสประจำตัว	46062801
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ปฐพีวิทยา
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชต่อปริมาณไนเตรทของผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) 5 ชนิด คือ green oak red oak red coral butterhead และ cos ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) รางยาว 6 เมตร ปลูกผักสลัด จำนวน 20 ต้นต่อ 1 ราง แบ่งเป็น 3 การทดลองคือ 1.การทดลองให้สารละลายธาตุอาหารพืช ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับคือที่ EC 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชที่ 1.8 mS/cm จะมีการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด มากที่สุด และชนิดของผักสลัด red coral มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดแต่มี ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดมากที่สุด 2.การทดลองผลของสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตรคือ สูตรประเทศ เบลเยียม ออสเตรเรีย และ เนเธอร์แลนด์ ที่ ความเข้มข้น 1.4 mS/cm โดยแต่ละสูตรสารละลายจะมีความแตกต่างดังนี้ คือสูตรสารละลายของประเทศเบลเยียม มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด สูตรสารละลายของประเทศออสเตรเรีย มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด และสูตรสารละลายของประเทศ เนเธอร์แลนด์ จะมีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมเป็นองค์ประกอบอยู่ 1.87 % ของไนโตรเจนในสารละลายทั้งหมด ส่วนสูตรเบลเยียม และ ออสเตรเรีย ไม่มีปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมเป็นองค์ประกอบ พบว่า สูตรสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเบลเยียม ผักสลัดมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดมากที่สุด ส่วนสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเนเธอร์แลนด์ มีปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดน้อยที่สุด และน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด ส่วนชนิดของผักสลัดพบว่าผัก butterhead มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนเตรทในผักสลัดสดมากที่สุด ในการทดลองครั้งนี้มีการทดลองงดสารละลายก่อนเก็บผลผลิตพบว่า เมื่อมีการงดสารละลายธาตุอาหารพืชกับผักสลัด พบว่าการงดสารละลาย 2 วัน มีผลให้ปริมาณไนเตรทในผักสลัดลดลงประมาณ 12 % ในสารละลายของประเทศเบลเยียม และ 21 % ในสารละลายของประเทศออสเตรเรีย แต่ในสารละลายของประเทศเนเธอร์แลนด์ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณไนเตรทในผักสลัด ที่เพาะปลูกในฤดูฝนมีปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดมากกว่าในฤดูหนาว โดยผักสลัดทั้งหมดที่ทำการทดลองมีปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดสูงสุดคือผักสลัด butterhead 3,996 mg/kg ของน้ำหนักสดและมีปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดต่ำสุดคือผักสลัด Cos 627 mg/kg ของน้ำหนักสด ซึ่งไม่เกินมาตรฐานของ European Commission ที่กำหนดไว้ที่ 4,500 mg/kg ของน้ำหนักสด จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of Nutrient Concentration and Composition on Yield and Nitrate Content of Lettuce in Nutrient Film Technique (NFT)
Student	Mr. Nuttakorn Intaravicha
Student ID	46062801
Degree	Master of Science
Program	Soil Science
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Itthisuntorn Nuntagij

ABSTRACT

The investigation was aimed to study the effect of varying levels of plant nutrient concentrations and composition on the amounts of nitrate contents in 5 different varieties of lettuces (*Lactuca sativa* L.) as follows: Green oak, Red oak, Red coral, Butterhead and Cos grown in nutrient film technique (NFT) system. Tested plants were then grown in a 6 meters long galley and the study was divided into 3 experiments. In the first experiment, 3 levels of EC of 1.0, 1.4 and 1.8 mS/cm in the nutrient solutions were investigated. It was indicated that at concentration of 1.8 mS/cm EC, the lettuces were gave the highest fresh and dry weights as well as the amount of nitrate contents. It also pointed out that Red coral variety had the lowest fresh and dry weights but in contrary, it had the highest in nitrate content as compared with the other. The second experiment was comprised of 3 different nutrient solutions and obtained the formulas from Belgium, Austria and the Netherlands. All formulas had similar EC of 1.4 mS/cm but had different amount of the elements in the solutions. Like the solutions from Belgium and Austria had the highest amounts of potassium and calcium respectively. In contrast, the solution from the Netherlands had nitrogen in the form of ammonium of 1.87% dissolved in the solution. Besides, the solutions from Belgium and Austria had no nitrogen fertilizer in the form of ammonium at all. The result revealed that the solution from Belgium gave the highest in fresh and dry weights and nitrate content in the samples. However, in opposition, the solution from the Netherlands was given the lowest in weights and amount of the three mentioned variables, respectively. When the varieties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

were brought up for the comparison, it was noted that the highest in fresh and dry weights and nitrate content were obtained from Butterhead variety. In this experiment, supplying of nutrient solutions was ceased prior to the harvest. It was interesting, however, that when stopped supplying the nutrients to the tested plants for 2 days before harvest, the nitrate content were reduced by 12 and 21% as derived from the solutions from Belgium and Austria respectively. In addition, no significant reduction in nitrate content was recorded from the Netherlands solution. However, the trial also revealed that lettuces grown in the rainy season were produced more nitrate contents than the one grown in the cool season. The highest nitrate content as much as 3,996 mg/kg of fresh weight was obtained from the Butterhead variety and lowest content of 627 mg/kg was obtained from the Cos variety. The standard of European Commission has allowed nitrate content not to exceed 4,500 mg/kg of the fresh weight. Therefore, the figures of nitrate contents observed in the study were saved for the consumers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาส คำแนะนำ และความรู้ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ตั้งแต่เริ่มแรกจนสำเร็จการศึกษา

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ซึ่งคอยผลักดันและให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำในการปฏิบัติงานทดลอง ตลอดจนชี้แจงและแนะแนวทางการแก้ปัญหาในการทำการทดลอง

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำในเรื่องแผนการทดลอง

กราบขอบพระคุณ ดร.นันทรัตน์ ศุภกำเนิด ที่ให้ความรู้และแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมเกียรติ สีสนอง ที่คอยช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานทดลอง

กราบขอบพระคุณ ดร.นุกูล ถวิลถึง ที่ให้คำแนะนำในการหาข้อมูลและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณ ดร.อุมา แสงคร้าม ที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะในการเขียนโครงร่างวิทยานิพนธ์และวิทยานิพนธ์

การขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ทั้งในด้านการเรียน และสิ่งที่เป็นประโยชน์ในด้านต่างๆ

ขอบคุณน้าจิตร พี่น้อย พี่นารี ที่คอยให้การช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดมา

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาอย่างดีเสมอมา

ขอบคุณน้องป.โท และน้องๆปฐพีวิทยารุ่นที่ 18 ทุกๆคนที่ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า และพี่สาวที่ให้โอกาส คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนที่สำคัญแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

หากวิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าของผู้ที่สนใจ ผู้เขียนขออุทิศให้บุพการี และผู้มีพระคุณทุกท่าน ส่วนความผิดพลาด และข้อบกพร่องใดๆ ผู้เขียนขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ณัฐกร อินทรวิชะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 นิยามและความหมาย	3
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด	6
2.3 ไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช	7
2.4 การสะสมไนเตรทในผัก	10
2.5 มาตรฐานไนเตรทในผัก	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง	13
3.2 การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยและชนิดของผักสลัดต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบNFT	14
3.3 การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัดต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT	21
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT..... 25

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT..... 33

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 41

บรรณานุกรม..... 43

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. วิธีการวิเคราะห์..... 47

ภาคผนวก ข. ปริมาตรไนเตรทในผักสลัดสด..... 51

ภาคผนวก ค. น้ำหนักสดของผักสลัด..... 56

ภาคผนวก ง. น้ำหนักแห้งของผักสลัด..... 61

ประวัติผู้เขียน..... 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงถึงองค์ประกอบของธาตุอาหารในสูตรของสารละลายธาตุอาหาร KMITL1 (ppm) ที่ใช้ในการปลูกผักสลัด.....	19
3.2	แสดงถึงองค์ประกอบของธาตุอาหารในสูตรของสารละลายที่ใช้ในการปลูกผักสลัด.....	22
4.1.	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm	25
4.2	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm	26
4.3	เปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว	26
4.4	น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด	28
4.5	ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg fresh weight) ที่สารละลายระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm	29
4.6	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว.....	30
4.7	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ตามชนิดของผักสลัด.....	30
4.8	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร	33
4.9	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร	34
4.10	เปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว	35
4.11	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด.....	35
4.12	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร.....	37
4.13	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ตามชนิดของผักสลัด.....	38
4.14	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว.....	38
4.15	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตรโดยทำการงดสารละลายธาตุอาหารพืช 0 วันและ 2 วัน.....	40
ข. 1	ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT).....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข. 2 ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 53

ข. 3 ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 54

ข. 4 ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 55

ค.1 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 57

ค. 2 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 58

ค. 3 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 59

ค. 4 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT) 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ง. 1 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 62

ง. 2 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 63

ง. 3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 64

ง. 4 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	โรงเรือนทดลองแบบเปิด	13
3.2	ระบบปลูกพืชแบบ Nutrient Film Technique (NFT)	14
3.3	ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร	15
3.4	โต๊ะอนุบาลผักระบบ Nutrient Film Technique (NFT)	15
3.5	ผักสลัด green oak	16
3.6	ผักสลัด red oak	16
3.7	ผักสลัด red coral	17
3.8	ผักสลัด butterhead	17
3.9	ผักสลัด cos	18
4.1	เปรียบเทียบน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm	26
4.2	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm	27
4.3	เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด	27
4.4	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด	28
4.5	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่สารละลายระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว	29
4.6	เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ตามชนิดของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว	31
4.7	แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ใน 3 ระดับของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช ที่ปลูกในฤดูฝน	31
4.8	แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ใน 3 ระดับของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช ที่ปลูกในฤดูหนาว	32
4.9	เปรียบเทียบน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร	34
4.10	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร	34
4.11	เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด	36
4.12	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.13 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร..... 37

4.14 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg) ตามชนิดของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว..... 38

4.15 แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ในสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ประเทศที่ปลูกในฤดูฝน..... 39

4.16 แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ในสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ประเทศที่ปลูกในฤดูหนาว..... 39

4.17 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตรโดยทำการงดสารละลายธาตุอาหารพืช 0 วันและ 2 วัน..... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันมากในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เนื่องจากผักสลัดจะดูสะอาด ในขณะที่การปลูกพืชในดินแบบดั้งเดิมมีการใช้ยากำจัดศัตรูพืชมายาวนานทำให้ส่งผลตกค้างอยู่ในดินและพืชที่ปลูก ส่วนการปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินจะมีการควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชได้ง่ายกว่า ทำให้ผลผลิตของผักสลัดแลดูปลอดภัยจากสารกำจัดศัตรูพืชมากกว่าปลูกในดินแบบดั้งเดิม จึงทำให้ผักสลัดได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพ

ในปัจจุบันเริ่มมีการปลูกผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในเชิงการค้ามากขึ้น เนื่องจากสามารถเพาะปลูกได้มากกว่าการเพาะปลูกบนดิน โดยการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในระบบ NFT (Nutrient Film Technique) เป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากระบบหนึ่ง โดยเฉพาะในการปลูกผักสลัดสกุล *Lactuca sativa* L. แต่มีการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชโดยวิธีนี้จะมีการสะสมไนเตรทในผักสลัดสูงกว่าการปลูกพืชในดินภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน (Schonbeck. 1988)

ไนเตรทซึ่งสามารถพบได้ในอาหารต่างๆ เช่น ไส้กรอก แหนม เบคอน อาหารหมักดอง เนื้อสัตว์รมควัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบในผักใบเขียวทั่วไป จากการตรวจสอบในยุโรปพบว่า 90% ของไนเตรทที่ร่างกายได้รับมาจากบริโภคผัก (Pavlovic *et al.* 1998) จึงมีการกำหนดระดับความเข้มข้นของไนเตรทที่สะสมในผัก โดยเปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคผักของประชากรแต่ละประเทศ เนื่องจากไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกรีดิวซ์เป็นไนไทรต์ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงเป็นสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) ซึ่งปริมาณไนเตรทในผักยังผันแปรกับฤดูที่ปลูก เนื่องจากอุณหภูมิและแสงมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผักทำให้มีค่ามาตรฐานที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ทำให้ในสหภาพ ยุโรปมีการกำหนดมาตรฐานของไนเตรทที่มีอยู่ในผักสลัดสดอยู่ในช่วง 2,000 – 4,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Muramoto. 1999 ; Van der Schee and Speek. 2002) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินจะนิยมใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนเตรทเป็นหลัก เนื่องจากการให้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของแอมโมเนียมมากจนเกินไปสามารถทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (Jones. 1997 ; Schwarz. 1995) อย่างไรก็ตาม พืชสามารถนำปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมนำไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนและอไมด์ได้ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ แต่หากพืชได้รับในรูปของไนเตรทจะต้องผ่านกระบวนการรีดิวซ์ให้กลายเป็นแอมโมเนียมก่อน (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545)

การศึกษาในเรื่องของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืช และความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ในครั้งนี้จึงทำขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดอันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตและผูบริโภคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายและสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการสะสมไนเตรทและผลผลิตของผักสลัด

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของฤดูปลูก (ฤดูฝนและฤดูหนาว) ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด

1.2.3 เพื่อศึกษาการงดสารละลายก่อนการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ทำการทดลองที่โรงเรือนทดลอง ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วางแผนการทดลอง แบบ 3x5 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ เก็บข้อมูลการใช้น้ำของผักสลัด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัด ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2547 ถึงเดือนตุลาคม 2548 รวมทั้งหมด 15 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามและความหมาย

2.1.1 2.1.1 ผักสลัด (lettuce)

ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล compositae วงศ์ astesaceae สามารถพบได้ทั้งในทวีปเอเชียและยุโรป (Thompson. 1949) ผักสลัดนับเป็นผักที่ได้รับความนิยมบริโภคทั่วไป โดยรับประทานใบสด หรือทำเป็นผักสลัด ผักสลัดเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหาร ทั้งวิตามินและเกลือแร่ เช่นเบต้าคาโรทีน วิตามินซีเป็นต้น นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความต้องการเพื่อใช้ในการบริโภคตลอดทั้งปี ปัจจุบันมีความต้องการสูงในช่วงเทศกาลสำคัญต่างๆ และยังมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณการบริโภคสูงขึ้นในอนาคต (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538 ; อนุรักษ์ พ่วงพล. 2542)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ราก มีระบบรากแก้วที่แข็งแรง เจริญเติบโตได้เร็ว สามารถมีความยาวของรากแก้วได้ถึง 5 ฟุตหรือมากกว่า มีรากแขนงกระจายอยู่ประมาณ 1 – 2 ฟุต โดยรากจะรวมตัวกันอยู่อย่างหนาแน่น

- ลำต้น ตั้งตรง สูงชะลูดขึ้นจนสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ลำต้นมีลักษณะอวบอ้วน แต่ในระยะเริ่มต้นของการปลูกอาจไม่สังเกตเห็นลำต้นได้ และลักษณะลำต้นยังแตกต่างไปตามพันธุ์ของผักสลัดอีกด้วย

- ใบ แตกออกมาจากลำต้นโดยรอบ สีใบมีตั้งแต่เขียวอ่อน เขียวปนเหลือง จนถึงสีเขียวแก่ บางพันธุ์มีสีแดงหรือน้ำตาลปนอยู่ พันธุ์ที่ห่อเป็นหัวจะมีใบหนา เนื้อใบอ่อนนุ่ม ใบจะห่อหัวอัดกันแน่นคล้ายกะหล่ำปลี ใบที่ห่ออยู่ข้างในจะเป็นมัน บางชนิดมีใบม้วนงอเปราะมีเส้นใบเห็นได้ชัด ขอบใบมีลักษณะเป็นหยัก ขนาดและรูปร่างของใบผักกาดหอมจะแตกต่างกันตามชนิด

- ดอกและช่อดอก มีลักษณะเป็นช่อแบบที่เรียกว่า panicle ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่อยู่เป็นกระจุกตรงยอด แต่ละกระจุกประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอกหรือมากกว่า ก้านช่อดอกจะยาวประมาณ 2 ฟุต ช่อดอกอันแรกจะเกิดที่ยอดอ่อน จากนั้นจะเกิดช่อดอกข้างตรงมุมใบขึ้นภายหลัง ช่อดอกที่เกิดจากส่วนยอดโดยตรงจะมีอายุมากที่สุด ส่วนช่อดอกอื่นๆ จะมีอายุรองลงมา ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลือง ตรงโคนเชื่อมติดกัน รังไข่มี 1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉก เกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมล็ด เมล็ดผักสลัดเป็นชนิดเมล็ดเดียว (achene) ซึ่งเจริญมาจากรังไข่อันเดียว เมล็ดจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง เปลือกเมล็ดจะไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้งเมล็ดของผักกาดหอมมีลักษณะแบนยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูปหอก มีเส้นเล็กๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิวเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีมความยาวของเมล็ดประมาณ 4 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร

ผักสลัดที่ปลูกและนิยมบริโภคในปัจจุบัน สามารถแบ่งตามลักษณะต้นและใบ ได้เป็น 5 กลุ่มดังนี้

2.1.1.1 **ผักสลัดใบ** (bunching lettuce ; *Lactuca sativa* L. var. *crispa*)

มีลักษณะลำต้นเตี้ย มีจำนวนใบมากรวมกันเป็นกระจุก ไม่ห่อเป็นหัว ทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ดี ลักษณะและรูปร่าง แตกต่างกันตามพันธุ์ของผัก เช่น

- พันธุ์ grand rapids ลักษณะของผัก มีลักษณะปลายใบหยิก และมีสีเขียวทั้งต้น
- พันธุ์ oak leaf ลักษณะของผัก มีลักษณะปลายใบมนคล้ายใบโอ๊ค รสหวาน แบ่งพันธุ์ของผักออกได้ตามสีของต้น เช่น green oak มีใบเป็นสีเขียว และ red oak มีใบเป็นสีแดง เป็นต้น

2.1.1.2 **ผักสลัดห่อ** (head lettuce ; *Lactuca sativa* L. var. *capitata*)

มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในจะม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็งกรอบกว่าพันธุ์อื่น ใบนอกมีสีเขียวเข้ม ใบในมีสีเหลืองปนขาว ทนทานต่อการขนส่ง

2.1.1.3. **ผักสลัดกึ่งห่อหัว** (butterhead ; *Lactuca sativa* L. var. *capitata*)

ใบอ่อนและนิ่ม ใบมีลักษณะคล้ายน้ำมันจับที่ผิวใบ ในฤดูหนาวหัวของผักจะแน่นและใหญ่กว่าที่ปลูกในฤดูร้อน ไม่ทนทานต่อการขนส่ง

2.1.1.4. **ผักสลัดหวาน** (cos ; *Lactuca sativa* L. var. *longifolia*)

ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อ มีสีเขียวเข้ม เนื้อใบหนา เส้นในนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบในมีลักษณะปลายโค้งเข้าข้างในทำให้มีหัวกลมยาว

2.1.1.5. **ผักสลัดหอมต้น** (stem leetuce ; *Lactuca sativa* L. var. *asparagina*)

เป็นผักสลัดที่ปลูกเพื่อใช้ลำต้นรับประทานเท่านั้น มีลักษณะลำต้นอวบสูง ใบจะเรียวยาวจะเกิดขึ้นต่อๆกันไปจนถึงยอดหรือช่อดอก ใบเล็ก หนาและมีสีเข้ม มีทั้งชนิดกลมและยาว ไม่ห่อหัว ไม่นิยมปลูกในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics)

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า ponos แปลว่าทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่า การทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (Gerrick. 1929) ประวัติความเป็นมาของการปลูกพืชโดยวิธีนี้นั้นเริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในการปลูกพืช ซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ขึ้นและปรากฏอยู่จนทุกวันนี้ แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มขึ้นประมาณ 300 ปีมาแล้ว คือประมาณ ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไร ต่อมาปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้ริเริ่มปลูกพืชด้วยวิธีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลือ อนินทรีย์ต่างๆ เช่น โพแทสเซียมฟอสเฟต โพแทสเซียมไนเตรท ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F.Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกเป็นการค้า และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538)

NFT (Nutrient Film Technique) เป็นระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินชนิดหนึ่ง ซึ่งการปลูกพืชในระบบนี้จะทำการปลูกพืชโดยรากจะแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5 - 35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร ความกว้างราง ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก 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 โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางรากพืช และไหลเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด

2.2.1 สารละลายธาตุอาหารพืช

เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารแก่พืชเพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว ความสมดุลของธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีผลต่อต้นทุนในเชิงธุรกิจของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

สารละลายธาตุอาหารที่มีชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ไม่เป็นพิษต่อพืช สัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจุเดียวกันในพืช และยังต้องควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน (2547) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอมด้วยสารละลาย 10 สูตร พบว่าที่อุณหภูมิสูง สารละลายธาตุอาหารบางสูตรที่มีสัดส่วนธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสม ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตลดลง

Stenier (1980) พบว่าผักกาดหอม และมะเขือเทศมีความสามารถในการหาและดูดใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในสัดส่วนที่ตัวพืชเองต้องการได้เสมอ แม้จะอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร แต่จะต้องอยู่ในเกณฑ์ของสัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืชด้วย

2.2.2 แสง

แสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากพืชจำเป็นต้องการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยช่วงความยาวนานของแสง ช่วงคลื่นของแสง และความเข้มของแสงต่างก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Lo´pez Cruz *et al.* 2003)

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

2.2.3 อุณหภูมิ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธีระศักดิ์ พงษาอุทิน (2547) ทำการเปรียบเทียบปลูกผักกาดหอมในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในโรงเรือนปิดที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่า จะมีการเจริญเติบโต ของจำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ที่ดีกว่าที่ปลูกในโรงเรือนเปิดที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่า

วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต (2546) พบว่าการปลูกผักกาดหอมในฤดูร้อน การเจริญเติบโตมีการชะลอตัวลงในสัปดาห์ที่ 5 ของการเพาะปลูก แต่ในฤดูหนาวสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิและแสงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยถ้าอุณหภูมิสูงและช่วงแสงยาว จะทำให้ช่อดอกเจริญเร็ว ผักมีรสขม ปลายใบไม้ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการขาดแคลเซียม ทำให้ผลผลิตคุณภาพต่ำลง (Jones. 1997 ; Schwarz. 1995)

2.2.4 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว

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

2.3 ไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3.1 หน้าที่ของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชจะสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากดินได้ในรูปไนเตรทและแอมโมเนียม สำหรับยูเรียแม้ว่าพืชจะดูดไปใช้ได้โดยตรง แต่มีอยู่น้อยในธรรมชาติ โดยหน้าที่ของไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของอินทรียสาร โดยแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม (Hewitt. 1984) คือ

2.3.1.1 โปรตีน (protein)

ประกอบด้วยกรดอะมิโน (amino acids) ชนิดต่างๆต่อเรียงกันอย่างมีแบบแผน ตั้งแต่ 50 ถึง 100 หน่วย โดยกรดอะมิโนเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพ็บไทด์ (peptide bond)

2.3.1.2 กรดอะมิโน

มีไนโตรเจนอยู่ที่หมู่อะมิโน (amino group) กรดอะมิโนเป็นหน่วยโครงสร้างของโปรตีนโดยต่อเรียงอย่างมีแบบแผน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3. **ฮอร์โมนพืช**

ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งพืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง คือ ออกซิน กับ ไซโทไคนิน

2.3.1.4 **กรดนิวคลีอิก**

มีอยู่ 2 ชนิดคือ ribo nucleic acid (RNA) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และ deoxyribo nucleic acid (DNA) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลพันธุกรรม

2.3.1.5 **สารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ**

เช่น อะดิโนซีนไตรฟอตเฟต (adenosine triphosphate, ATP) โคเอนไซม์ เป็นต้น

2.3.1.6 **สารประกอบที่พืชสะสมหรือทำหน้าที่ปกป้องพืช**

เช่น แอลคาลอย์

2.3.2 **ความพอใจเลือกแอมโมเนียมหรือไนเตรท** (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545 ; Haynes. 1986)

พืชสามารถปรับตัวเพื่อที่จะดูดใช้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เพื่อให้พืชเจริญเติบโต โดยมีสาเหตุของความพอใจเลือกใช้ระหว่างแอมโมเนียมกับไนเตรทดังนี้

2.3.2.1 **กิจกรรมของไนเตรทรีดักเทส**

พืชทนดินปูนจะเลือกไนเตรทนั้นมีกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสสูงจึงใช้ประโยชน์จากไนเตรทที่ดูดได้อย่างเต็มที่ ส่วนพืชพวกไม่ทนดินปูนซึ่งพอใจเลือกแอมโมเนียมมักมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ หรืออาจมีสูงในรากแต่ในใบต่ำมาก ทำให้ไนเตรทลำเลียงทางไซเล็มไปยังใบไม่ได้ใช้ประโยชน์และสะสมอยู่ที่ใบพืช

2.3.2.2 **การเกิดสภาวะพร่องคลอโรฟิลล์หรือคลอโรซิสเนื่องจากปูน**

พืชไม่ทนปูนและพอใจเลือกแอมโมเนียมนั้นจะมีความผิดปกติทางสรีระอย่างหนึ่งคือปูนเหนี่ยวนำ ให้เกิดสภาวะพร่องคลอโรฟิลล์หรือคลอโรซิส เมื่ออยู่ในเครื่องปลูกที่มีไนเตรทล้วนๆ อันที่จริงอาการนี้เป็นอาการขาดธาตุเหล็กแม้จะพบเหล็กในใบปริมาณมาก

เนื่องจากไนเตรทที่รากดูดได้ต้องผ่านกระบวนการรีดักชัน ผลสืบเนื่องของกระบวนการนี้มี 2 อย่างคือ

- พืชสะสมแคทไอออน เช่น โพแทสเซียม เพื่อสร้างสมดุลทางประจุไฟฟ้าขณะเคลื่อนย้ายไนเตรท

- พืชสังเคราะห์กรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก ขึ้นมาให้สมดุลกับแคตไอออน สำหรับอาการขาดเหล็กเกิดเนื่องจากธาตุนี้ทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ทั้งในรากและใบจึงกีดกันมิให้เหล็กเข้าร่วมในเมแทบอลิซึมอย่างเต็มที่ แม้ธาตุนี้มีอยู่ในพืชมากแต่ดูเหมือนมีไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 **ความเป็นพิษของแอมโมเนียม** (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545)

พืชทนดินปูนที่ชอบดูดใช้ไนเตรทมักมีจุดอ่อน คือเกิดอาการเป็นพิษได้ง่ายเมื่อมีแอมโมเนียมในดินมาก ซึ่งทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต เกิดอาการคลอโรซิสที่ใบ เป็นแผลที่ลำต้น และตายในที่สุด

สำหรับพืชทั่วไปนั้นเมื่อมีแอมโมเนียมในเครื่องปลูกมากและพืชดูดใช้ไปมากจะมีผลข้างเคียงต่อพืช ดังนี้

- แอมโมเนียมที่มีมากก่อให้เกิดภาวะปฏิปักษ์ในการดูดแคตไอออน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้พืชดูดแคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อยลง

- เมื่อมีแอมโมเนียมในเซลล์มากก็ต้องการสารซึ่งเป็นโครงคาร์บอนมาทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอาจทำให้คาร์โบไฮเดรตในรากลดลงเร็วเกินไป

- เมื่อรากพืชดูดแอมโมเนียมเข้ามามาก pH ของเครื่องปลูกจะลดลงเร็ว ขณะที่ pHของสารละลายภายนอกลดลงด้วยสาเหตุดังกล่าว pH ของน้ำเลี้ยงในรากก็ลดตามไปด้วย เพื่อต่อต้านกับการลดลงของ pH ในเซลล์ดังกล่าวพืชจึงสังเคราะห์พิวเทรสซีน (putrescine) ซึ่งเป็นสารพอลิอะมีนมีคาร์บอนสี่อะตอมกับอะมิโนสองหมู่ เนื่องจากสภาพกรดที่เกิดขึ้นในเซลล์ได้กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์พิวเทรสซีน ซึ่งช่วยให้ pH ของไซโทพลาซึมอยู่ในระดับปกติ

2.3.4 **แอมโมเนียมและไนเตรทในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน**

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) ถ้าพืชขาดธาตุไนโตรเจน จะทำให้พืชเกิดความผิดปกติ เช่น คุณภาพของผลผลิตลดลง ลำต้นไม่แข็งแรง ใบเหลือง เป็นต้น

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีอยู่ 2 รูป ที่ใช้กันในสารละลายที่ให้กับพืชในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน คือ แอมโมเนียม และไนเตรท โดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้สำหรับการปลูกพืชโดยวิธีนี้จะนิยมใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนเตรทเป็นหลัก เนื่องจากการให้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของแอมโมเนียมมากจนเกินไปสามารถทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (Jones. 1997 ; Schwarz. 1995) อย่างไรก็ตาม พืชสามารถนำปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนและอไมด์ได้ทันที แต่หากพืชได้รับในรูปของไนเตรทจะต้องผ่านกระบวนการรีดิวซ์ให้กลายเป็นแอมโมเนียมก่อน (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545)

ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) พบว่าถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของแอมโมเนียมมากเกินไปก็จะเป็นพิษต่อพืชเช่นเดียวกับการปลูกพืชบนดิน โดยทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้น้อยลงและอาจทำให้พืชขาดธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเหล่านี้ได้ ซึ่งพืชจะแสดงอาการปลายใบอ่อนไหม้ (tip burn) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการขาดแคลเซียม (Jones. 1997)

2.4 การสะสมไนเตรทในผัก

จากงานวิจัยทั่วโลกพบว่ามีการสะสมไนเตรทในผักโดยทั่วไป (มนัชญา รัตนโชติ. 2546 ; วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546 ; Moramoto. 1999 ; Schonbeck. 1988 ; Weimin *et al.* 1998) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาถึงปัจจัยในการสะสมไนเตรทในผักและหาแนวทางในการลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักอันอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

ในทวีปยุโรปและประเทศอเมริกา ได้มีการศึกษาถึงปัจจัยของการสะสมของไนเตรทในผัก พบว่าแสง อุณหภูมิ พันธุ์พืช อายุของพืช และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการสะสมของไนเตรทในผัก โดยอาจจะเกิดจากพืชถูกยับยั้งหรือมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ ทำให้ไนเตรทถูกสะสมตกค้างอยู่ในพืช (วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546 ; Elia *et al.* 1998 ; Lorenz. 1978 ; Muramoto. 1999 ; Schonbeck. 1988 ; Weimin *et al.* 1998)

Van der Schee and Speek (2002) ทำการทดลองในประเทศเนเธอร์แลนด์โดยสุ่มตัวอย่างของผักสลัด Iceberg มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักที่ปลูกในฤดูร้อนและฤดูหนาวพบว่าในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ในฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยของการสะสมไนเตรทของผักสลัด Iceberg สูงกว่าประมาณ 28 %

Amr and Hadidi (2001) พบว่าเมื่อเปลี่ยนเวลาเก็บเกี่ยวผักจากเช้าเป็นเที่ยงหรือเย็น พบปริมาณไนเตรทในผักลดลง โดยเมื่อเพิ่มแสงยาวนานขึ้น พืชจะเพิ่มกระบวนการ reduction และ assimilation ทำให้ไนเตรทที่สะสมในผักลดน้อยลง

Lo´pez Cruz *et al.* (2003) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแสงหลังจากปลูกผักสลัดไปได้ 30 วันสามารถช่วยให้ผักสลัดมีปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดลดลงได้เล็กน้อย

Reinink and Eenink (1988) ศึกษาความแตกต่างของพันธุกรรมและช่วงอายุพืชต่อการสะสมไนเตรทพบว่า ไนเตรทบริเวณรากมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรทของส่วนต้น พันธุกรรมทำให้ผักกาดหอมมีการสะสมไนเตรทของส่วนต้นแตกต่างกัน ส่วนช่วงอายุพืชมีผลต่อปริมาณไนเตรทเล็กน้อย

ในบัลแกเรียพบว่ามีการผันแปรของปริมาณไนเตรทในผักแต่ละชนิดแต่จะพบปริมาณไนเตรทจำนวนมากที่สุดในผักจำพวกป่วยเล้ง หัวไชเท้า ผักสลัดและหัวบีท (Yordanov *et al.* 2001) ในประเทศจีนมีการวิจัยที่เมืองนานกิง พบว่ามีปริมาณไนเตรทค่อนข้างสูงในผักบางชนิดเช่น ผักกาดหอมต้น (Stem lettuce) คื่นฉ่าย หัวผักกาด และ Pak-Choi (Weimin *et al.* 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในมันฝรั่งพบว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณของไนเตรทในพืชมีค่าสูงขึ้น (Kolbe. 1996 ; Voronina. 1997) การมีอินทรียวัตถุในดินสูงจะส่งเสริมการสะสมไนเตรทในพืช แต่การให้ระบบชลประทานแก่พืชพบว่าสามารถลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในพืชได้ (Carter and Bosma. 1974)

มนัชญา รัตนโชติ (2546) ทำการปลูก watercress และ green rose bush ในระบบปลูกพืชแบบ DFT (Deep Flow Technique) โดยทำการงดสารละลายธาตุอาหาร 0 วัน 3 วัน 6วัน และ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณไนเตรทที่งดสารละลายธาตุอาหารพืชที่ 6 วันและ 9 วัน พืชทั้งสอง มีแนวโน้มที่ปริมาณของไนเตรทในน้ำหนักสดมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อระยะการงดสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่า การงดสารละลายธาตุอาหารโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ต้นพืชได้รับธาตุอาหารน้อยลงและมีปริมาณการสะสมไนเตรทน้อยลง

Van Der Boon (1990) ศึกษาฤดูปลูก อัตราส่วนของไนเตรทและแอมโมเนียม และ total nitrogen concentration ต่อการลดการสะสมไนเตรทในผักกาดหอม พบว่าน้ำหนักสดของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับแสงระหว่างการเจริญเติบโต ในฤดูหนาวที่มีแสงน้อย ผักกาดหอมมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าในฤดูร้อนและเมื่ออัตราส่วนของไนเตรทและแอมโมเนียม เท่ากับ 80 : 20 จะทำให้ผักกาดหอมมีปริมาณไนเตรทสะสมน้อยลง และเมื่อเติมแอมโมเนียม 2 – 3 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวจะช่วยลดปริมาณไนเตรทสะสมลงได้โดยไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักสด

Ayadin *et al.* (1996) ศึกษาการลดไนเตรทในต้น winter onion (*Allium cepa* L.)ที่ปลูกในระบบ NFT พบว่าการแทนไนเตรทในสารละลายด้วยยูเรีย glycine หรือ mixed amino acid 20 % ของไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง แต่ปริมาณ total nitrogen สูงขึ้น และสามารถลดปริมาณไนเตรทในผลผลิตลงได้

Gent (2003) ทำการทดลองหาปริมาณไนเตรทในสารละลายที่ให้แก่ผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน พบว่าเมื่อให้ปริมาณไนเตรทในสารละลายเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เกิดการสะสมของไนเตรทในผักสลัดเพิ่มมากขึ้น แต่ก็ยังไม่เกิน 4,500 mg/kg ของน้ำหนักสด (Muramoto. 1999)

2.5 มาตรฐานไนเตรทในผัก

จากการตรวจสอบในยุโรปพบว่า 90% ของไนเตรทที่ร่างกายได้รับมาจากบริโภคผัก (Pavlovic *et al.* 1998) จึงมีการกำหนดระดับความเข้มข้นของไนเตรทที่สะสมในผัก โดยเปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคผักของประชากรแต่ละประเทศ เพื่อไม่ให้ร่างกายได้รับไนเตรทมากจนเกินไป เนื่องจากไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกรีดิวซ์เป็นไนไทรต์ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงเป็นสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) ซึ่งปริมาณไนเตรทในผักยังผันแปรกับฤดูที่ปลูก เนื่องจากอุณหภูมิและแสงมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผักทำให้มีค่ามาตรฐานที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ทำให้ในสหภาพยุโรปมีการกำหนดมาตรฐานของไนเตรทที่มีอยู่ในผักสลัดสดอยู่ในช่วง 2,000 – 4,500 mg/kg (Muramoto. 1999 ; Van der Schee and Speek. 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง

โรงเรือนทดลองแบบเปิด กว้าง 6 เมตร ยาว 12 เมตร สูง 3.5 เมตร หลังคาทำด้วยโพลีคาร์บอเนต ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาพที่ 3.1 โรงเรือนทดลองแบบเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบปลูกพืชแบบ NFT (Nutrient Film Technique) จำนวน 12 รางปลูก ตัวรางทำจาก PVCยาว 6 เมตร กว้าง 10 เซนติเมตร เจาะรูปลูกจำนวน 20 ต้นต่อ 1 ราง (ภาพที่ 3.2)

2. โต๊ะอนุบาลผักระบบ NFT (Nutrient Film Technique) มีความยาวรางละ 2 เมตร เจาะรูสำหรับปลูกผักสลัดได้ 35 ต้นต่อ 1 ราง (ภาพที่ 3.3)

3. ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร จำนวน 12 ใบ (ภาพที่ 3.4)

4. เพาะเมล็ดพันธุ์ผักสลัดเพื่อทำการทดลอง 5 พันธุ์ คือ green oak red oak red coral butterhead และcos อย่างละ 48 ต้น รวม 240 ต้น (ภาพที่ 3.5 – 3.9)

5. ปั๊มน้ำยี่ห้อ Hailida รุ่น HX – 2000 ขนาด 8 W จำนวน 12 ตัว

6. EC meter ของ Hanna รุ่น HI 8733

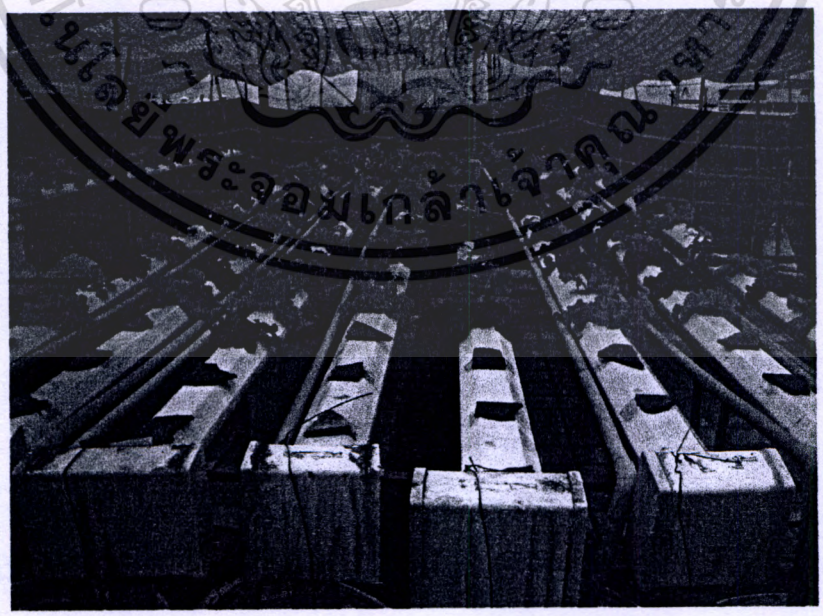
7. pH meter ของ Hanna รุ่น HI 8314

8. เครื่อง spectrophotometer ของ Cecil รุ่น CE 2011

9. เครื่องบดตัวอย่างพืช

10. สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL1 (ตารางที่ 3.1)

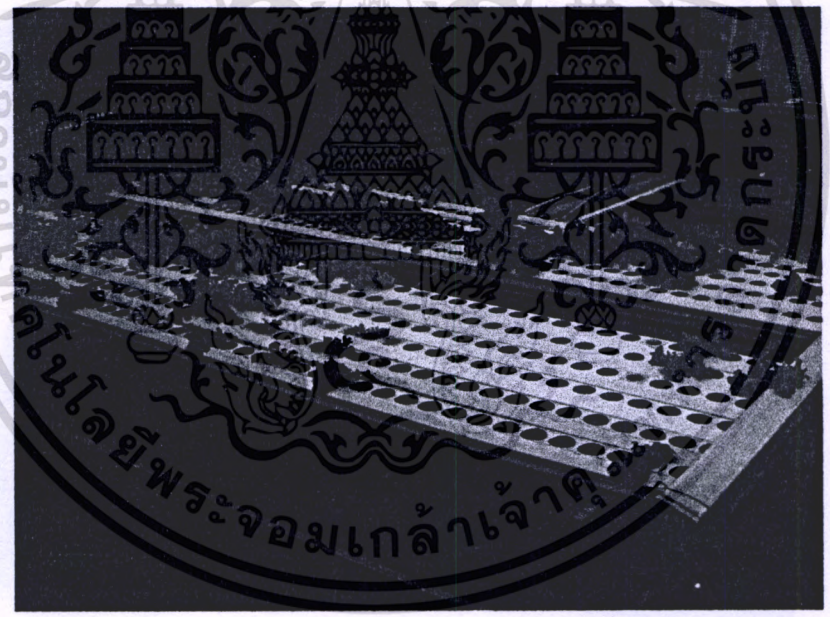
11. nitric acid



ภาพที่ 3.2 ระบบปลูกพืชแบบ Nutrient Film Technique (NFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

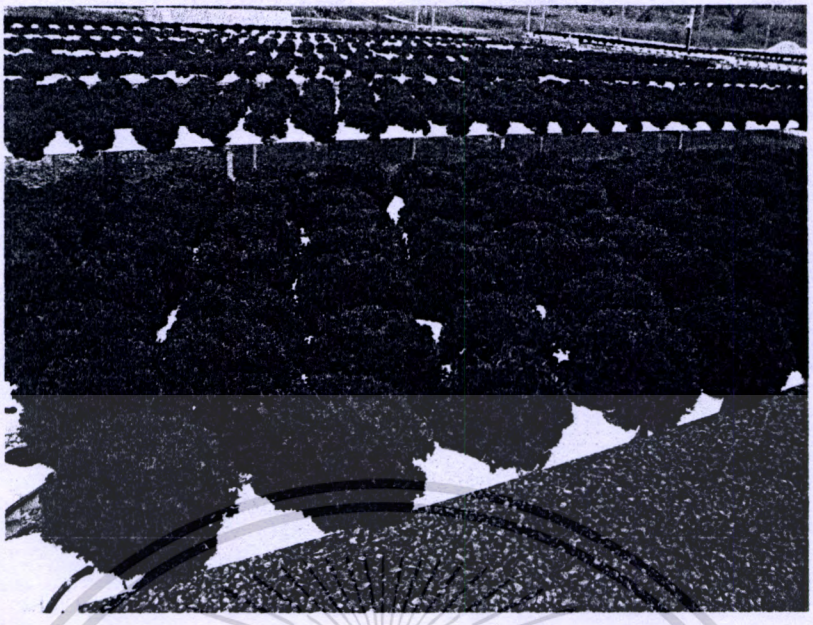
ภาพที่ 3.3 ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร



ภาพที่ 3.4 โต๊ะอนุบาลผักระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

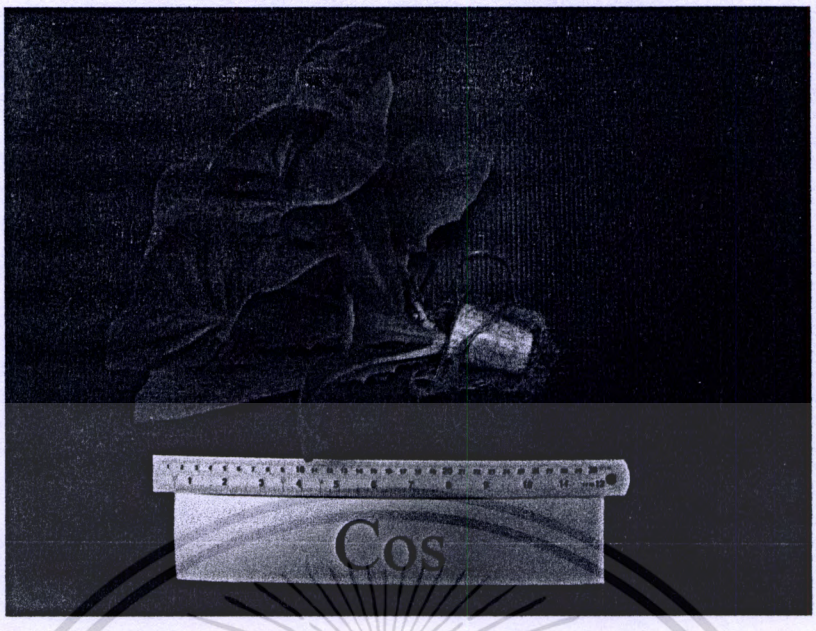
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 3.7 ผักสลัด red coral

ภาพที่ 3.8 ผักสลัด butterhead

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
67432



ภาพที่ 3.9 ผักสลัด cos

3.2.2 **การวางแผนการทดลอง**

วางแผนการทดลอง แบบ 3x5 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยมี ปัจจัยของความเข้มข้นของสารละลาย (EC) 3 ระดับ เป็นปัจจัยที่ 1 และมีชนิดของผักสลัด 5 ชนิดเป็นปัจจัยที่ 2 ของการทดลอง โดยทำการทดลองใน ฤดูฝน (ปลูกในเดือน กรกฎาคม - ตุลาคม) และในฤดูหนาว (ปลูกในเดือน พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ปัจจัยในการทดลองประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ของการทดลอง ได้แก่ระดับของความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ในสูตรสารละลาย KMITL1 3 ระดับคือ

ตำรับการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1.0 mS/cm

ตำรับการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1.4 mS/cm

ตำรับการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1.8 mS/cm)

ปัจจัยที่ 2 ของการทดลอง ได้แก่ ชนิดของผักสลัด 5 ชนิด ได้แก่

ตำรับการทดลองที่ 1 green oak

ตำรับการทดลองที่ 2 red oak

ตำรับการทดลองที่ 3 red coral

ตำรับการทดลองที่ 4 butterhead

ตำรับการทดลองที่ 5 cos

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร KMITL1 ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงถึงองค์ประกอบของธาตุอาหารในสูตรของสารละลายธาตุอาหาร KMITL1 (ppm) ที่ใช้ในการปลูกผักสลัด

ชนิดของธาตุอาหารพืช	ความเข้มข้นของสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL1 (ppm)		
	EC		
	1.0 mS/cm	1.4 mS/cm	1.8 mS/cm
NO_3^-	474.57	664.40	854.22
$H_2PO_4^-$	71.85	100.59	129.33
SO_4^{2-}	59.26	82.96	106.67
NH_4^+	9.11	12.76	16.40
K^+	129.04	180.65	232.27
Ca^{2+}	91.36	127.90	164.44
Mg^{2+}	14.81	20.74	26.67
Zn	2.47	3.46	4.44
Cu	0.62	0.86	1.11
Mn	12.35	17.28	22.22
B	21.60	30.25	38.89
Mo	0.31	0.43	0.56
Fe	33.95	47.53	61.11

3.2.3 วิธีการทดลอง

1. เตรียมระบบปลูก โดยใช้ระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT) ทำจากPVC ยาว 6 เมตร กว้าง 10 เซนติเมตร จำนวน 12 รางปลูก แต่ละรางปลูกผักสลัด 20 ต้น โดยมีระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านราง รากพืช และไหลเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลายด้วย อัตราการไหล 1 – 1.5 ลิตรต่อนาที

2. เพาะเมล็ดผักสลัด 5 ชนิด จำนวนชนิดละ 48 ต้น รวม 240 ต้นด้วยเพอร์ไรท์ (perlite) ปลูกในถ้วยปลูกรดน้ำเช้า - เย็นเป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายขึ้นโต๊ะอนุบาลผักระบบ NFT เป็นเวลาอีก 7 วัน โดยปรับความเข้มข้นของสารลายธาตุอาหารพืช (EC) อยู่ที่1.0 mS/cm และสารละลายมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรดอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 : 10 เมื่ออายุครบ 15 วันทำการย้ายลงรางในระบบปลูก อีก 26 วันจึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ผักอายุครบ 40 วัน

3. เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช KMITL1 เข้มข้น และทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามปัจจัยหลักของการทดลองในตำรับการทดลองที่1 - 3 เมื่อทำการย้ายลงปลูกในระบบปลูก ปรับปริมาตรในถังที่รับน้ำให้ได้ 20 ลิตร ปรับความเข้มข้นของสารลายธาตุอาหารพืช (EC) ตามปัจจัยหลักของการทดลองในตำรับการทดลองที่ 1 - 3 และปรับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของสารละลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 : 10 ให้สารละลายมีความเป็นกรดอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ตลอดช่วงการเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

3.2.4 การเก็บข้อมูล

1. วัดปริมาตรของน้ำที่ใช้ในระบบปลูกพืช นับตั้งแต่ย้ายลงปลูกในระบบปลูก โดยทำเครื่องหมายปริมาตรระดับน้ำ 20 ลิตรไว้ที่ถังที่รับน้ำ เมื่อระดับน้ำลดลงทำการวัดปริมาตรน้ำที่เติมลงในระบบปลูกพืช พร้อมกับปรับค่าความเป็นกรด – ด่างของสารละลาย ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 : 10 ให้สารละลายมีความเป็นกรดอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ตลอดช่วงการเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

2. ชั่งน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวโดยทำการตัดรากและถ้วยปลูกออกแล้วทำการชั่งน้ำหนักสดพืช โดยทำการสุ่มชนิดละ 2 ต้นต่อ 1 ราง

3. ชั่งน้ำหนักแห้งของผักสลัดโดยทำการนำผักสลัดชนิดละ 2 ต้น ต่อราง (จากข้อ 2) ใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จนแห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้งแล้วหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของผักสลัด

4. ทำการวิเคราะห์ไนเตรทที่สะสมในผักสลัดโดยใช้ตัวอย่างพืชที่ได้จากข้อ 4 นำไปบดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในพืชด้วยวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.* 1975) แล้วนำไปวัดในเครื่อง spectrophotometer (ภาคผนวก ก.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบปลูกพืชแบบ NFT (Nutrient Film Technique) จำนวน 12 รางปลูก ตัวรางทำจาก PVCยาว 6 เมตร กว้าง 10 เซนติเมตร เจาะรูปลูกจำนวน 20 ต้นต่อ 1 ราง (ภาพที่ 3.2)

2. โต๊ะอนุบาลผักระบบ NFT (Nutrient Film Technique) มีความยาวรางละ 2 เมตร เจาะรูสำหรับปลูกผักสลัดได้ 35 ต้นต่อ 1 ราง (ภาพที่ 3.3)

3. ถังสำหรับใส่สารละลายเพื่อหมุนเวียนให้แก่พืช ขนาด 48 ลิตร จำนวน 12 ใบ (ภาพที่ 3.4)

4. เพาะเมล็ดพันธุ์ผักสลัดเพื่อทำการทดลอง 5 พันธุ์ คือ green oak red oak red coral butterhead และcos อย่างละ 48 ต้น รวม 240 ต้น (ภาพที่ 3.5 – 3.9)

5. ปั้มน้ำยี่ห้อ Hailida รุ่น HX – 2000 ขนาด 8 W จำนวน 12 ตัว

6. EC meter ของ Hanna รุ่น HI 8733

7. pH meter ของ Hanna รุ่น HI 8314

8. เครื่อง spectrophotometer ของ Cecil รุ่น CE 2011

9. เครื่องบดตัวอย่างพืช

11. nitric acid

10. สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรของประเทศ เบลเยียม ออสเตรเลีย และ เนเธอร์แลนด์ เข้มข้น (ตารางที่ 3.2)

11. nitric acid

3.3.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง แบบ 3x5 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยมี ปัจจัยสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร เป็นปัจจัยที่ 1 และมีชนิดของผักสลัด 5 ชนิดเป็นปัจจัยที่ 2 ของการทดลอง โดยทำการทดลองใน ฤดูฝน (ปลูกในเดือน กรกฎาคม - ตุลาคม) และในฤดูหนาว (ปลูกในเดือน พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ปัจจัยในการทดลองประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ของการทดลอง ได้แก่สูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร ได้แก่

ตำรับการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ เบลเยียม

ตำรับการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ ออสเตรเลีย

ตำรับการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารสูตรของประเทศ เนเธอร์แลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ 2 ของการทดลอง ได้แก่ ชนิดของผักสลัด 5 ชนิด ได้แก่

ตำรับการทดลองที่ 1 green oak

ตำรับการทดลองที่ 2 red oak

ตำรับการทดลองที่ 3 red coral

ตำรับการทดลองที่ 4 butterhead

ตำรับการทดลองที่ 5 cos

องค์ประกอบสารลายธาตุอาหารพืชสูตรของประเทศ เบลเยียม ออสเตรเลีย และ เนเธอร์แลนด์ ที่ความเข้มข้น(EC) 1.4 mS/cm ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงถึงองค์ประกอบของธาตุอาหารในสูตรของสารละลายที่ใช้ในการปลูกผักสลัด

ชนิดของธาตุอาหารพืช	ความเข้มข้นของสาร (ppm) ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm สูตรของสารละลาย		
	เบลเยียม	ออสเตรเลีย	เนเธอร์แลนด์
NO_3^-	651.00	682.69	657.05
$H_2PO_4^-$	110.34	87.30	108.21
SO_4^{2-}	58.80	116.27	60.24
NH_4^+	-	-	12.55
K^+	245.70	108.77	239.28
Ca^{2+}	108.50	166.67	100.40
Mg^{2+}	14.70	28.00	13.39
Zn	3.50	4.22	2.23
Cu	0.70	1.22	0.42
Mn	8.75	39.78	2.79
B	26.25	72.22	16.73
Mo	0.44	0.56	0.28
Fe	35.00	97.78	22.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วิธีการทดลอง

1. เตรียมระบบปลูก โดยใช้ระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique (NFT) ทำจาก PVC ยาว 6 เมตร กว้าง 10 เซนติเมตร จำนวน 12 รางปลูก แต่ละรางปลูกผักสลัด 20 ต้น โดยมีระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านราง ราก พืช และไหลเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลายด้วย อัตราการไหล 1 – 1.5 ลิตรต่อนาที

2. เพาะเมล็ดผักสลัด 5 ชนิด จำนวนชนิดละ 48 ต้น รวม 240 ต้นด้วยเพอร์ไรท์ (perlite) ปลูกในถ้วยปลูกรดน้ำเช้า - เย็นเป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายขึ้นโต๊ะอนุบาลผักระบบ NFT เป็นเวลาอีก 7 วัน โดยปรับความเข้มข้นของสารลายธาตุอาหารพืช (EC) อยู่ที่1.0 mS/cm และสารละลายมีความเป็นกรดอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 : 10 เมื่ออายุครบ 15 วันทำการย้ายลงรางในระบบปลูก อีก 26 วันจึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ผักอายุครบ 40 วัน

3. เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรของประเทศ เบลเยียม ออสเตรเลีย และ เนเธอร์แลนด์ เข้มข้นตามปัจจัยหลักของการทดลองในตำรับการทดลองที่1 - 3 เมื่อทำการย้ายลงปลูกในระบบปลูก ปรับปริมาตรในถังที่รับน้ำให้ได้ 20 ลิตร ปรับความเข้มข้นของสารลายธาตุอาหารพืช (EC) ที่ 1.4 mS/cm และปรับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของสารละลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 : 10 ให้สารละลายมีความเป็นกรดอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ตลอดช่วงการเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

3.2.4 การเก็บข้อมูล

1. วัดปริมาตรของน้ำที่ใช้ในระบบปลูกพืช นับตั้งแต่ย้ายลงปลูกในระบบปลูก โดยทำเครื่องหมายปริมาตรระดับน้ำ 20 ลิตรไว้ที่ถังที่รับน้ำ เมื่อระดับน้ำลดลงทำการวัดปริมาตรน้ำที่เติมลงในระบบปลูกพืช พร้อมกับปรับค่าความเป็นกรด – ด่างของสารละลาย ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 : 10 ให้สารละลายมีความเป็นกรดอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ตลอดช่วงการเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

2. ชั่งน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวโดยทำการตัดรากและถ้วยปลูกออกแล้วทำการชั่งน้ำหนักสดพืช โดยทำการสุ่มชนิดละ 2 ต้นต่อ 1 ราง

3. ชั่งน้ำหนักแห้งของผักสลัดโดยทำการนำผักสลัดชนิดละ 2 ต้น ต่อราง (จากข้อ 2) ใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จนแห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้งแล้วหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของผักสลัด

4. ทำการวิเคราะห์ไนเตรทที่สะสมในผักสลัดโดยใช้ตัวอย่างพืชที่ได้จากข้อ 4 นำไปบดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในพืชด้วยวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.* 1975) แล้วนำไปวัดในเครื่อง spectrophotometer (ภาคผนวก ก.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลปริมาณที่ใช้ในการปลูกคือ ปริมาณไนเตรทที่สะสม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งในผักสลัด มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดย Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT

4.1.1 การเจริญเติบโตของผักสลัด

จากการทดลองพบว่าในฤดูฝนผลของค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการสะสมไนเตรทในผักสลัดคือที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช (EC) 1.8 mS/cm มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดมากที่สุด แต่ในฤดูหนาวกลับไม่พบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เติบโตในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาวพบว่าการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักสดไม่พบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เติบโตในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันแต่กลับพบความแตกต่างในน้ำหนักแห้งของการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เติบโตในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันคือในฤดูหนาวมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัดมากกว่าในฤดูฝน ดังตารางที่ 4.1 – 4.3

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm

	น้ำหนักสดของผักสลัด (กรัม)			
	1.0 mS/cm	1.4 mS/cm	1.8 mS/cm	
ฤดูฝน	123.6 ab	120.4 b	135.4 a	*
ฤดูหนาว	112.4	121.9	124.3	ns

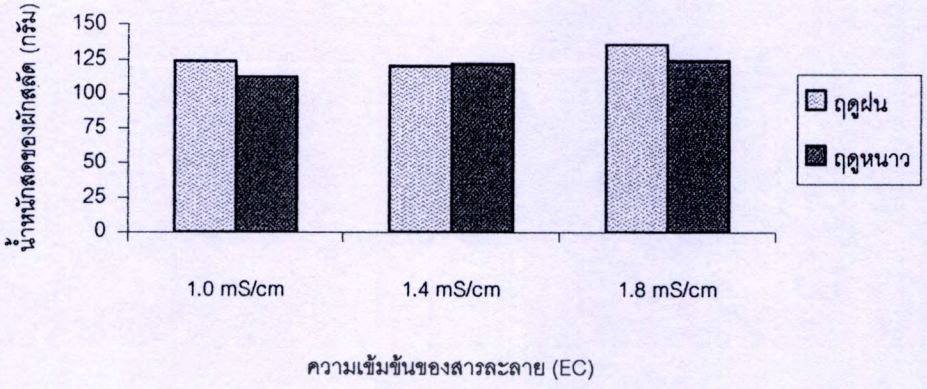
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 17.42 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 15.60 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm

	น้ำหนักแห้งของผักสลัด (กรัม)			
	1.0 mS/cm	1.4 mS/cm	1.8 mS/cm	
ฤดูฝน	5.1 b	5.3 b	5.9 a	*
ฤดูหนาว	4.7	4.7	4.9	ns

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

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 16.77 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 17.42 %

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

	น้ำหนักของผักสลัด (กรัม)	
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ฤดูฝน	126.47	5.41 a
ฤดูหนาว	119.51	4.77 b
	ns	*

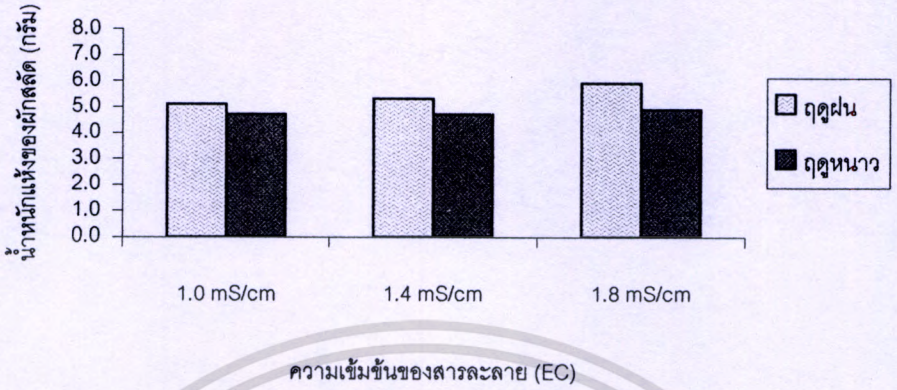
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

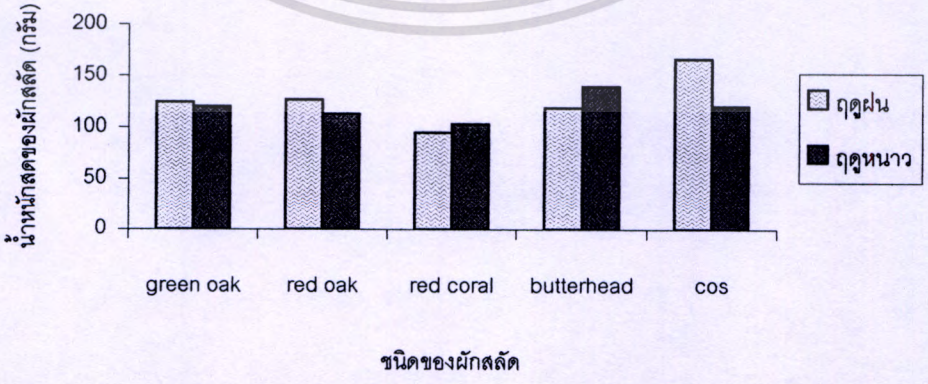
%CV ของน้ำหนักสด = 22.25 %

%CV ของน้ำหนักแห้ง = 21.99 %



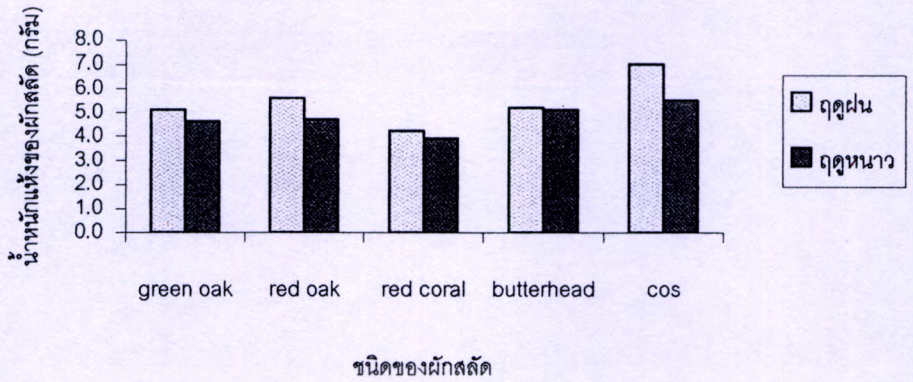
ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ในสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm

จากการทดลองนี้เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของผักสลัดโดยแบ่งแยกออกเป็นชนิดของผักสลัดพบว่าในฤดูฝนชนิดของผักสลัดมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดชนิดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผักสลัด cos มีการเจริญเติบโตทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุดและในฤดูหนาวชนิดของผักสลัดมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดชนิดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผักสลัด butterhead มีการเจริญเติบโตในน้ำหนักสดมากที่สุด แต่ผักสลัด cos มีปริมาณน้ำหนักแห้งมากที่สุด ในการทดลองทั้ง 2 ฤดูพบว่าผักสลัด red coral มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุดทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ผักสลัด red coral มีการสะสมไนเตรทสูง เพราะ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ จึงมีปริมาณไนเตรทที่สะสมไว้ในต้นผักสลัดสูง ดังตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด

	น้ำหนักของผักสลัด (กรัม)			
	ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
green oak	124.5 b	5.1 b	120.5 b	4.6 b
red oak	126.7 b	5.6 b	113.2 bc	4.7 b
red coral	95.1 c	4.2 c	103.4 c	3.9 c
butterhead	119.3 b	5.2 b	139.7 a	5.1 ab
cos	166.7 a	7.0 a	120.8 b	5.5 a
	*	*	*	*

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

%CV ของน้ำหนักสดในฤดูฝน = 17.42 %

%CV ของน้ำหนักสดในฤดูหนาว = 15.60 %

%CV ของน้ำหนักแห้งในฤดูฝน = 16.77 %

%CV ของน้ำหนักแห้งในฤดูหนาว = 17.42 %

4.1.2 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด

หลังจากชั่งน้ำหนักแห้งของพืชแล้วทำการทดลองหาค่าไนเตรทในผักสลัดตามวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.* 1975) แล้วนำไปวัดในเครื่อง spectrophotometer (ภาคผนวก ก.1) พบว่าจากการทดลองความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT พบว่าปริมาณไนเตรทในผักสลัดจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช (EC) 1.8 mS/cm จะมีการสะสมไนเตรทในผักสลัดมากที่สุดทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว และพบว่าฤดูหนาวมีการสะสมของไนเตรทในผักสลัดน้อยกว่าในฤดูฝน เนื่องมากจากปริมาณแสงในฤดูฝนน้อยกว่าในฤดูหนาวมีผลทำให้พืชถูกยับยั้งหรือมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ ทำให้ไนเตรทถูกสะสมตกค้างอยู่ในพืชมากขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา. 2545) ดังตารางที่ 4.5 – 4.6

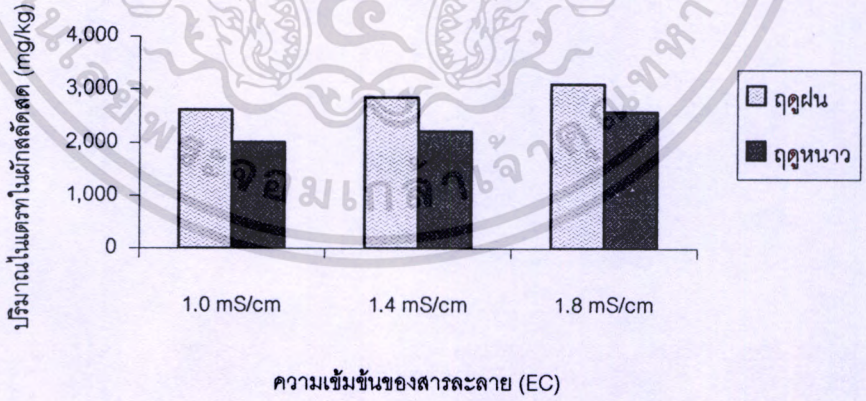
ตารางที่ 4.5 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่สารละลายระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm

	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)			
	1.0 mS/cm	1.4 mS/cm	1.8 mS/cm	
ฤดูฝน	2,615 c	2,853 b	3,102 a	*
ฤดูหนาว	2,012 b	2,224 b	2,585 a	*

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

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 10.62 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 16.95 %



ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่สารละลายระดับความเข้มข้น 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)
ฤดูฝน	2,922 a
ฤดูหนาว	2,273 b
	*

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

%CV ของการทดลอง = 21.40 %

ในการทดลองนี้พบว่าชนิดของผักสลัดต่อการสะสมของไนเตรทในฤดูฝนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัดอีกด้วย คือพบว่าผักสลัด red coral และ butterhead มีการสะสมของไนเตรทในผักสลัดสูงทั้งฤดูฝนและฤดูหนาวซึ่งพบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Reinink and Eenink (1988) และ Weimin *et al.* (1998) ที่พบว่าชนิดของพืชมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ตามชนิดของผักสลัด

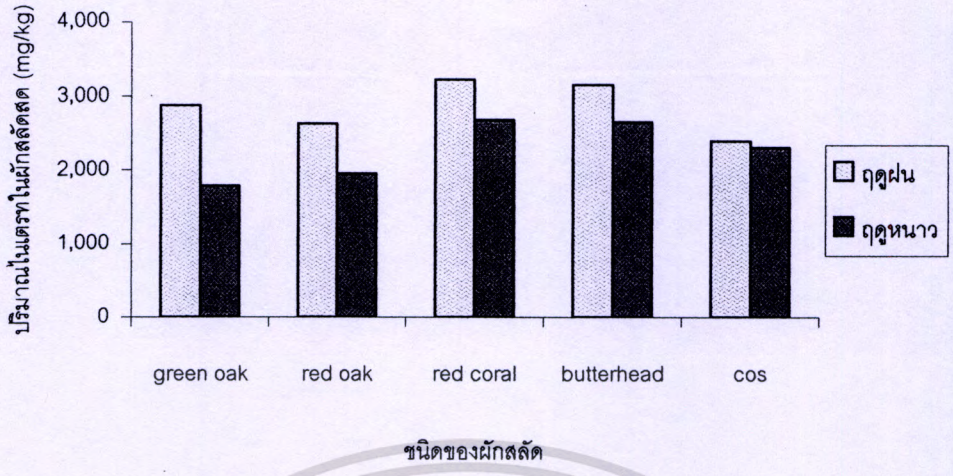
	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)					
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos	
ฤดูฝน	2,878 b	2,628 c	3,229 a	3,155 a	2,393 c	*
ฤดูหนาว	1,785 c	1,953 c	2,677 a	2,649 a	2,304 b	*

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

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 10.62 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 16.95 %

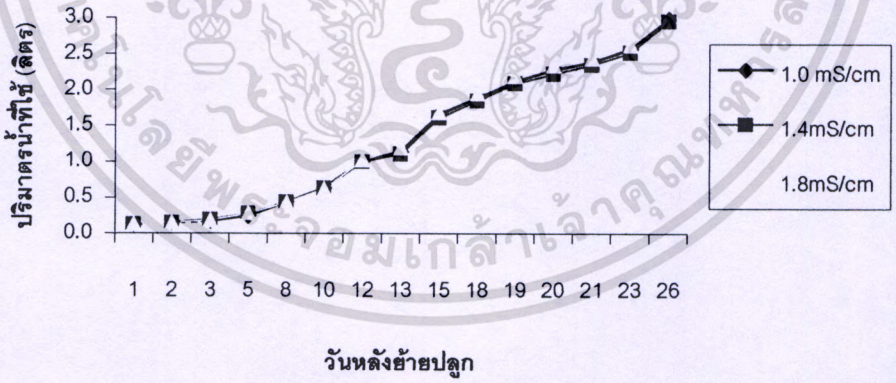
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ตามชนิดของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

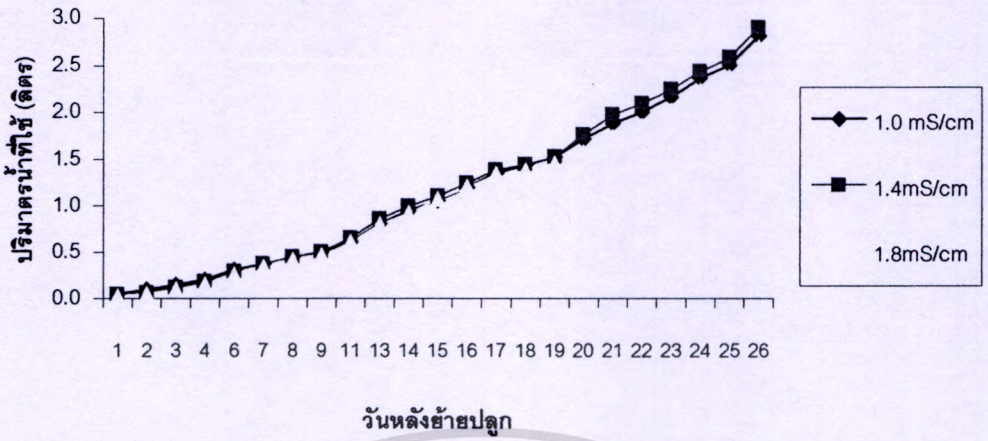
4.1.3 ปริมาณการใช้น้ำของผักสลัด

การใช้น้ำในการเจริญเติบโตหลังจากย้ายขึ้นระบบปลูกพืชแบบ NFT เป็นเวลา 26 วัน พบว่าการใช้น้ำของผักสลัดในฤดูฝนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 2.8 – 3.0 ลิตรต่อต้นแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช ดังภาพที่ 4.7 – 4.8



ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ใน 3 ระดับของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช ที่ปลูกในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ใน 3 ระดับของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช ที่ปลูกในฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT

4.2.1 การเจริญเติบโตของผักสลัด

จากการทดลองพบว่าในฤดูฝนผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการสะสมไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเบลเยียมมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดมากที่สุด แต่ในฤดูหนาวกลับไม่พบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เติบโตในสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกันทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนพบว่าการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักสดพบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เติบโตในสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกันคือในฤดูฝนมีน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัดมากกว่าในฤดูหนาว แต่กลับไม่พบความแตกต่างในน้ำหนักแห้งของการเจริญเติบโตของผักสลัดที่เติบโตในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.8 – 4.10

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร

	น้ำหนักสดของผักสลัด (กรัม)			
	เบลเยียม	ออสเตรเลีย	เนเธอร์แลนด์	
ฤดูฝน	102.0 a	75.8 b	64.4 b	*
ฤดูหนาว	61.2	58.6	64.3	ns

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

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 25.70 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 15.00 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

	น้ำหนักของผักสลัด (กรัม)	
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ฤดูฝน	80.73 a	3.37
ฤดูหนาว	61.24 b	3.19
	*	ns

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

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

%CV ของน้ำหนักสด = 22.25 %

%CV ของน้ำหนักแห้ง = 31.46 %

จากการทดลองนี้เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของผักสลัดโดยแบ่งแยกออกเป็นชนิดของผักสลัดพบว่าทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาวชนิดของผักสลัดมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดชนิดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผักสลัด butterhead มีการเจริญเติบโตทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุด ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด

	น้ำหนักของผักสลัด (กรัม)			
	ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
green oak	78.2 b	3.3 b	61.1 b	3.1 b
red oak	76.3 b	3.2 b	54.6 bc	3.0 b
red coral	73.1 b	3.0 b	58.2 b	2.8 b
butterhead	105.9 a	4.2 a	82.6 a	4.0 a
cos	70.1 b	3.2 b	49.9 c	3.1 b
	*	*	*	*

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

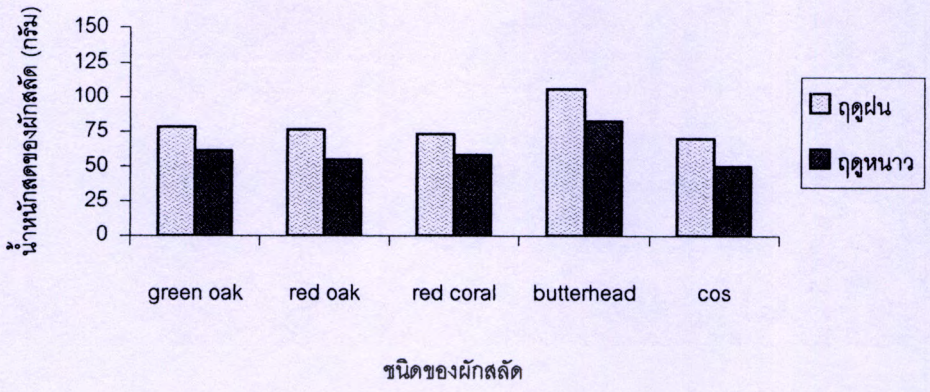
%CV ของน้ำหนักสดในฤดูฝน = 25.70 %

%CV ของน้ำหนักสดในฤดูหนาว = 15.00 %

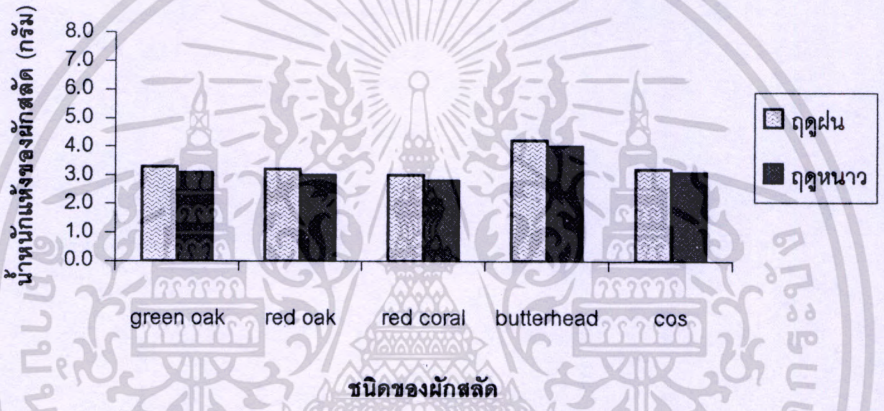
%CV ของน้ำหนักแห้งในฤดูฝน = 19.75 %

%CV ของน้ำหนักแห้งในฤดูหนาว = 14.70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของผักสลัด แยกตามชนิดของผักสลัด

4.2.2 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด

หลังจากชั่งน้ำหนักแห้งของพืชแล้วทำการทดลองหาค่าไนเตรทในผักสลัดตามวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.* 1975) แล้วนำไปวัดในเครื่อง spectrophotometer (ภาคผนวก ก.1) พบว่าจากการทดลองเรื่องของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT แต่ในผักสลัดที่ปลูกในสูตรสาระลายธาตุอาหารพืชพบว่าปริมาณไนเตรทในผักสลัดจะเพิ่มมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสาระลายธาตุอาหารพืชของประเทศเบลเยียมมีปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว มากที่สุดจาก 3 สูตรที่ทำการทดลอง และพบว่าผักสลัดสดที่ปลูกในสาระลายธาตุอาหารพืชของประเทศเนเธอร์แลนด์ มีปริมาณไนเตรทในผักสลัดสดทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาวน้อยที่สุด เป็นเพราะมีองค์ประกอบของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมอยู่ในสารละลายประมาณ 1.9 % ซึ่งพืชสามารถนำปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมนำไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนและอไมด์ได้ทันที แต่หากพืชได้รับในรูปของไนเตรทจะต้องผ่านกระบวนการรีดิวซ์ให้กลายเป็นแอมโมเนียมก่อน (ยงยุทธ โอสถสภา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2545) จึงทำให้พืชมีการสะสมไนเตรทน้อยกว่าสาระลายธาตุอาหารพืชของประเทศเบลเยียมและประเทศออสเตรเลีย ดังตารางที่ 4.12

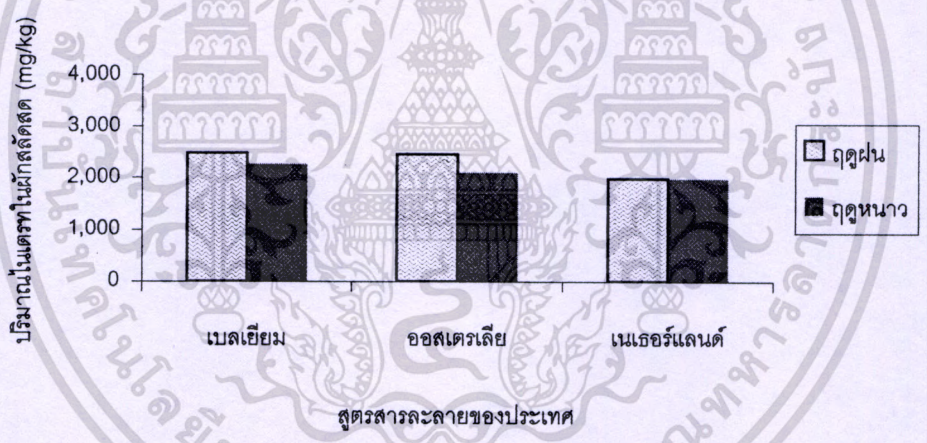
ตารางที่ 4.12 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร

	ปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg)			
	เบลเยียม	ออสเตรเลีย	เนเธอร์แลนด์	
ฤดูฝน	2,477 a	2,459 a	1,982 b	*
ฤดูหนาว	2,279 a	2,110 b	1,987 c	*

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

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 19.50 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 5.94 %



ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตร

ในการทดลองนี้ยังพบอีกว่าชนิดของผักสลัดฤดูฝนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อปริมาณไนเตรทในผักสลัดอีกด้วย คือพบว่าผักสลัด butterhead มีการสะสมของไนเตรทในผักสลัดสูงทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาวโดยพบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Reinink and Eenink (1988) และ Weimin *et al.* (1998) ที่พบว่าชนิดของพืชมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผัก ดังตารางที่ 4.13 – 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

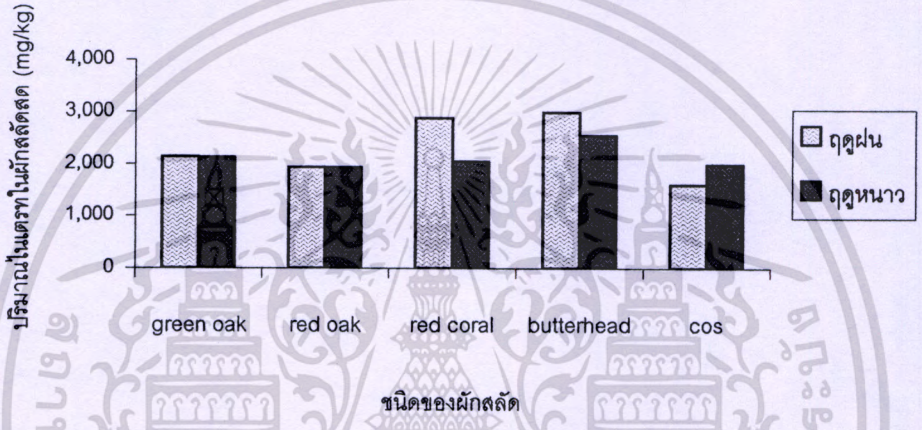
ตารางที่ 4.13 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)ตามชนิดของผักสลัด

	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)					
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos	
ฤดูฝน	2,129 b	1,929 bc	2,877 a	2,990 a	1,602 c	*
ฤดูหนาว	2,128 b	1,936 d	2,041 bc	2,547 a	1,978 cd	*

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05)

%CV ของการทดลองในฤดูฝน = 19.50 %

%CV ของการทดลองในฤดูหนาว = 5.94 %



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัดสด (mg/kg) ตามชนิดของผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว

	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)	
ฤดูฝน	2,322 a	
ฤดูหนาว	2,126 b	
	*	

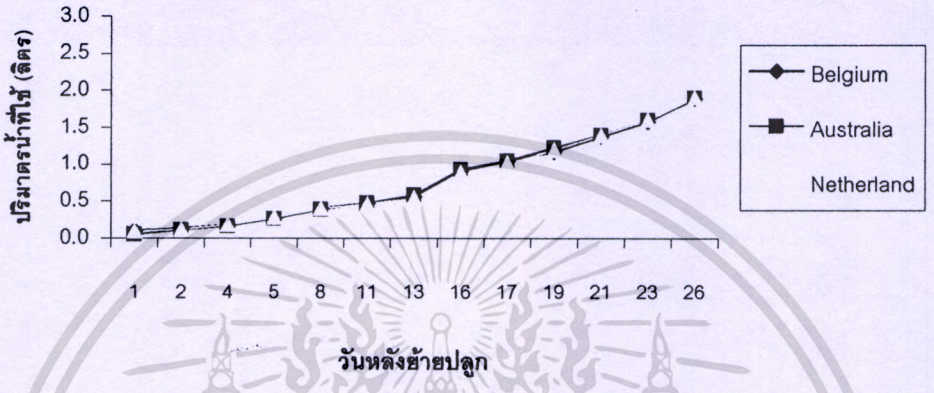
หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05)

%CV ของการทดลอง = 25.15 %

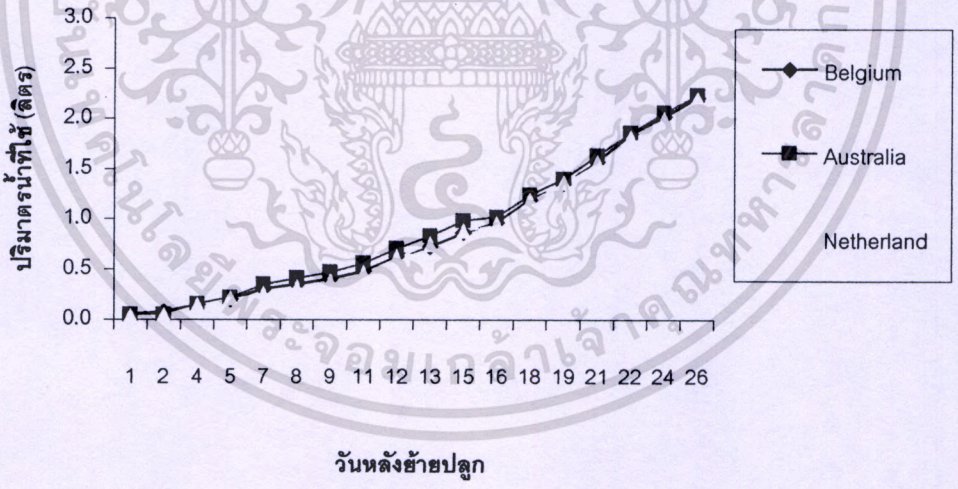
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ปริมาณการใช้น้ำของผักสลัด

การใช้น้ำในการเจริญเติบโตหลังจากย้ายขึ้นระบบปลูกพืชแบบ NFT เป็นเวลา 26 วัน พบว่าการใช้น้ำของผักสลัดในฤดูฝนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 1.9 – 2.2 ลิตรต่อต้นแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช ดังภาพที่ 4.13 – 4.14



ภาพที่ 4.15 แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ในสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ประเทศที่ปลูกในฤดูฝน



ภาพที่ 4.16 แสดงปริมาณการใช้น้ำของผักสลัดในระยะเวลา 26 วัน ในสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ประเทศที่ปลูกในฤดูหนาว

4.2.4 การงดสารละลายก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ในการทดลองนี้มีการนำตัวอย่างการทดลองที่เหลือในฤดูฝน ทำการงดสารละลายธาตุอาหารพืชเป็นเวลา 2 วัน (เก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ 42) พบว่า เมื่อทำการงดสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

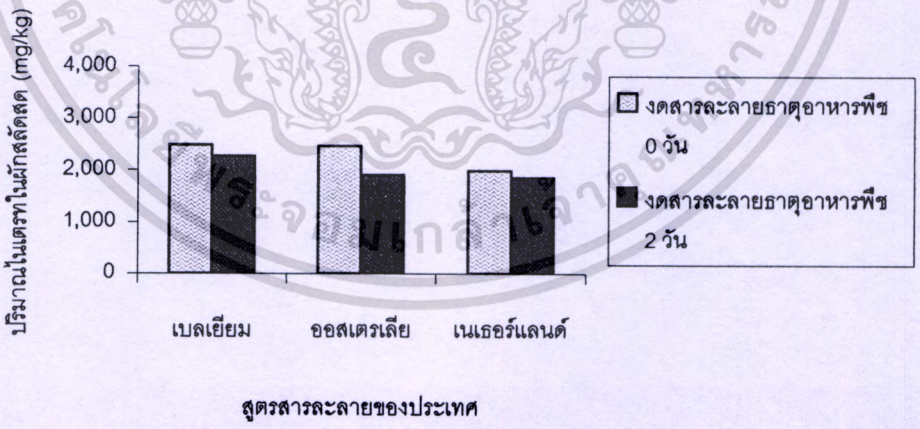
พืชเป็นเวลา 2 วันพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผักสลัดที่ปลูกสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเบลเยียมและประเทศออสเตรเลียมีปริมาณไนเตรทในผักสลัดลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ มนัชญา รัตนโชติ (2546) แต่ในการทดลองนี้กลับพบว่าสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเนเธอร์แลนด์ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มที่ปริมาณไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเนเธอร์แลนด์จะลดลง ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตรโดยทำการงดสารละลายธาตุอาหารพืช 0 วันและ 2 วัน

	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)		
	เบลเยียม	ออสเตรเลีย	เนเธอร์แลนด์
งดสารละลายธาตุอาหารพืช 0 วัน	2,477 a	2,459 a	1,982
งดสารละลายธาตุอาหารพืช 2 วัน	2,258 b	1,899 b	1,850
	*	*	ns

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

%CV ของการทดลอง = 18.40 %



ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 สูตรโดยทำการงดสารละลายธาตุอาหารพืช 0 วันและ 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเราพบว่าปริมาณไนเตรทในผักสลัดนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย (EC) สูตรของสารละลายธาตุอาหารพืช ชนิดของผักสลัด และฤดูการเพาะปลูก โดยปริมาณไนเตรทจะสะสมอยู่ในผักสลัดมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกบการทดลองของ Kolbe. (1996) ที่พบว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่มันฝรั่งเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณของไนเตรทในพืชมีค่าสูงขึ้น โดยในการทดลองเราพบว่าทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว พบว่าปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดในสูตรสารละลายธาตุอาหารพืช KMITL1 ที่ความเข้มข้นของสารละลาย (EC) 1.8 mS/cm สูงที่สุด ในส่วนของการเจริญเติบโตก็พบเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มถึง (EC) 1.8 mS/cm ก็จะทำให้ผักสลัดที่ปลูกในฤดูฝนเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุดแต่ในฤดูหนาวพบว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ในส่วนของสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืชพบว่าสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเบลเยียม มีปริมาณไนเตรทสะสมในผักสลัดมากที่สุดทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว ในฤดูฝนน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมากที่สุด แต่ในฤดูหนาวไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เมื่อศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารพืชของประเทศเนเธอร์แลนด์ปริมาณไนเตรทสะสมในผักสลัดน้อยที่สุด ในฤดูฝนน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดแต่ในฤดูหนาวไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เมื่อศึกษาชนิดของผักสลัดทั้ง 5 ชนิดพบว่า ผักสลัด butterhead มีการสะสมของไนเตรทมากที่สุด ทั้ง 2 การทดลอง และยังพบว่าพบว่าผักสลัด red coral ก็มีปริมาณไนเตรทสะสมอยู่ในปริมาณมากด้วย เมื่อดูจากการทดลองทั้งหมดเราก็พบว่าปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 996 - 3,996 mg/kg fresh weight ซึ่งยังอยู่ในช่วง 2,000 – 4,500 mg/kg fresh weight ซึ่งไม่เกินมาตรฐานของ European Commission ในการทดลองที่ทำระหว่างฤดูฝนและฤดูหนาวพบว่าเมื่อปลูกผักสลัดในฤดูฝนจะมีปริมาณไนเตรทสะสมในผักสลัดมากกว่าในฤดูหนาว เพราะว่าในประเทศไทยปริมาณแสงในฤดูฝนมีน้อยกว่าในฤดูหนาวทำให้มีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ ปริมาณไนเตรทถูกสะสมตกค้างอยู่ในพืชจึงมีมากขึ้น

จากการทดลองทั้ง 2 การทดลองเราพบว่าการเจริญเติบโตของผักสลัดในการทดลองที่ 2 เรื่องผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT มีปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ที่น้อยกว่าการทดลองที่1 มาก คาดว่าผักสลัดชะงักเจริญเติบโต เนื่องจากสภาพแวดล้อมในช่วงที่ทำการทดลองไม่เหมาะสม โดยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่มีปริมาณแสงมากพบว่าในโรงเรือนเปิดที่ทำการทดลองมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนถึง 3 องศาเซลเซียส ทำให้ผักสลัดชะงักการเจริญเติบโต โดยสามารถสังเกตได้จากปริมาณการใช้น้ำของพืชที่น้อยกว่าการทดลองที่ 1 มาก ดังนั้นจึงควรมีระบบในการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมของโรงเรือนให้คงที่เพื่อให้ผักสลัดเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549 **ผักกาดหอม**. [Online]. Available : www.doae.go.th/library/html/veget_all.html.

ดิเรก ทองอร่าม. 2547. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 724 น.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ และวุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2545. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูกาลต่างๆ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2547. การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 70 น.

มนัชญา รัตนโชติ. 2546. การงดสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณการสะสมไนเตรทใน Watercress (*Nasturtium officinale*) และ Green Rose bush (*Alternanthera lehmannii* 'E green') ที่ปลูกโดยระบบ Deep Flow Technique (DFT). ปัตตานี : สาขาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 39 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2545. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 416 น.

วิจิตร ตันมาละ. 2535. การตอบสนองของแตงเทศต่อความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสโพแทสเซียม และวิธีการจัดการในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 132 น.

วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546. การเจริญเติบโต การสะสมไนเตรทและการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. **แร่ธาตุอาหารพืชสวน**. ขอนแก่น : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท.

อนุรักษ์ พ่วงผล. 2542. **เกษตรเศรษฐกิจในครัวเรือน ผักสวนครัวเสริมรายได้**. : หจก. โรงพิมพ์อักษรไทย.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชไม่ใช้ดิน** Hydroponics. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 146 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Amr,A. and Hadidi, N., 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO_3) and (NO_2) content of selected vegetables grown under open filed and greenhouse condition in Jordan. **Journal of Food Composition and Analysis.** 14 : 59-67.

Aydin, H., 1996. Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plant (*Allium cepa* L.) by patial replacement of NO_3 with amino acid in nutrient solution. **Scientia Horticulturae.** 65(2-3) : 203-208.

Carter, J. and Bosma, S. 1974. Effect of fertilizer and irrigation on nitrate – nitrogen and total nitrogen in potato tubers. **Agronom. J.** 66 : 263-266.

Cassens, R. 1997. Residual nitrite in cured meats. **Food Technol.** 51(2) : 53-55.

Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commun. Soil Science and Plant Analysis.** 6(1) : 71-80.

Elia, A., Santamaria, P. and F. Serio. 1998. Nitrogen nutrition yield and quality of spinash. **J. Sci. Food Agr.** 76 : 341-346

Gent, M.P.N. 2003. Solution electrical conductivity and ratio of nitrate to other nutrients affect accumulation of nitrate in hydroponic lettuce. **HortScience.** 38(2) : 222-227.

Gerick, W.F. 1929. **The complete guide to soilless gardening.** New York : Prentice – Hall Inc. 285 pp.

Jones, B.J. Jr. 1997. **Hydroponics a pratical guide for the soilless grower.** Boca Raton. Florida : St. Lucie Press. 230pp.

Kolbe, H. 1996. Factors influencing the composition of potatoes. part 4. nitrate. **Kartofelbau.** 47 : 259-264.

Lo´pez Cruz I.L., van Willigenburg L.G. and G. van Straten. 2003. Optimal control of nitrate in lettuce by a hybrid approach differential evolution and adjustable control weight gradient algorithms. **Computers and Electronics in Agriculture.** 40 : 179-197.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lorenz, O. 1978. Potential nitrate levels in edible plant. **Nitrogen in the Environment. Vol. 2. Soil-Plant-Nitrogen Relationship.** (D.Neilson and J. MacDonald, Eds.). 201-219. New York : Academic Press.

Muramoto, J. 1999. Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in California. Santa Cruz. USA. : center for agroecology and sustainable food systems university of California.

Pavlovic, R., Petrovic, S. and D. Stevanvid. 1998. The influence of cultivar and fertilization on yield and NO_3 – N accumulation in spinach leaf. **Acta Horticulturae.** 456 : 269-273.

Reinink, K. and A. H. Eenink. 1988. Genototypical differences in nitrate accumulation in shoot and root of lettuce. **Scientia Horticulturae.** 37 : 13-24.

SAS. 1989. **SAS/STAT user's guide ver.6 vols. 1&2.** 4th ed. Cary. NC. : SAS Inst., Inc.

Schonbeck, M. 1988. Nitrate in winter greenhouse leafy vegetables. Article No. 33, MA : New Alchemy Quarterly Institute Inc.

Schwarz, M. 1995. **Soilless culture management.** Germany : Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

Steiner, A.A. 1980. The selective capacity of plant for ions and its improve for the composition and treatment of the nutrient solution. **Acta Hort.** 98 : 87-97.

Thompson, H.C. 1949. **Salad crop : Vegetable crop.** New York : Macgrew – Hill Book Co., Inc.

Van der Boon, J., Steenhuizen, J. W. and E. G. Steingrover. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4 / NO_3 ratio and temperatiure of the recirculating nutrient solution. **Journal of Horticultural Science.** 65(3) : 309-321.

Van der Schee H.A. and A.K. Speek. 2002 Report of nitrate monitoring results concerning regulation EU 194/97. region northwest. Netherlands : Dutch food and non-food authority (VWA). Inspectorate for health protection and veterinary public hezlth(KVW).

Voronina, L.P. 1997. Nitrate in vegetable produce. **Kartofiel I Owoszczi.** 28-29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Weimin, Z, L. Shijun, G. Lihong, C. Laibing, Z. Suping, H. Zhongyang and Z. Dabiao. 1998. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crop. **Acta Hort.** (ISHS) 467 : 199-126. http:www.actahort.org/books/467/467_12.htm,Acc. May 2002.

World Health Organization (WHO). 1995. 44-Report of the joint FAO-WHO expert committee on food additives (JECFA). 29-35. **WHO Technical Report No. 159.** Geneva : WHO.

Yordanov, N.D., E. Novakuva and S. Lubenova. 2001. Consecutive estimation of nitrate and nitrite ions in vegetables and fruits by electron paramagnetic resonance spectrometry. Bulgaria : Institute of catalysis bulgarian academy of science.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 วิธีการวิเคราะห์ไนเตรทในผักสลัดสดด้วยวิธี salicylic acid (Cataldo *et al.* 1975)

นำตัวอย่างพืชสดที่เก็บมาตัดรากทิ้งและชั่งน้ำหนักสดของต้นพืชจากนั้นใส่ถุงกระดาษ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 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 95% 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

ก.2 สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช ความเข้มข้น 140 เท่า 4 สูตร คือ สูตร KMITL1 สูตรของประเทศ Belgium Australia และ Netherlands

สูตรของสารละลายสูตร KMITL1 ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

สารละลายธาตุอาหาร A

Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$)	1.258	กิโลกรัม
Iron Cheleate	0.033	กิโลกรัม

สารละลายธาตุอาหาร B

Potassium Nitrate (KNO_3)	0.708	กิโลกรัม
Potassium Phosphate (KH_2PO_4)	0.073	กิโลกรัม
Ammonium Phosphate ($NH_4H_2PO_4$)	0.133	กิโลกรัม
Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.350	กิโลกรัม
Zinc Sulphate ($ZnSO_4$ 40%)	1.665	กรัม
Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	0.356	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$)	4.968	กรัม
Boric Acid (H_3BO_3)	3.113	กรัม
Ammonium Molybdate $(NH_4)_2MoO_4$	0.120	กรัม

สูตรของสารละลายสูตร ของประเทศ Belgium ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

สารละลายธาตุอาหาร A

Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$)	1.041	กิโลกรัม
Iron Cheleate	0.024	กิโลกรัม

สารละลายธาตุอาหาร B

Potassium Nitrate (KNO_3)	0.835	กิโลกรัม
Potassium Phosphate (KH_2PO_4)	0.248	กิโลกรัม
Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.245	กิโลกรัม
Zinc Sulphate ($ZnSO_4$ 40%)	1.665	กรัม
Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	0.284	กรัม
Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$)	2.484	กรัม
Boric Acid (H_3BO_3)	2.668	กรัม
Ammonium Molybdate $(NH_4)_2MoO_4$	0.120	กรัม

สูตรของสารละลายสูตร ของประเทศ Australia ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

สารละลายธาตุอาหาร A

Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$)	1.357	กิโลกรัม
Iron Cheleate	0.053	กิโลกรัม

สารละลายธาตุอาหาร B

Potassium Nitrate (KNO_3)	0.269	กิโลกรัม
Potassium Phosphate (KH_2PO_4)	0.248	กิโลกรัม
Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.395	กิโลกรัม
Zinc Sulphate ($ZnSO_4$ 40%)	1.581	กรัม
Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	0.391	กรัม
Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$)	8.892	กรัม
Boric Acid (H_3BO_3)	5.781	กรัม
Ammonium Molybdate $(NH_4)_2MoO_4$	0.120	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรของสารละลายสูตร ของประเทศ Netherlands ปริมาตร 10 ลิตร เข้มข้น 140 เท่า

สารละลายธาตุอาหาร A

Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$)	1.522	กิโลกรัม
Iron Cheleate	0.024	กิโลกรัม

สารละลายธาตุอาหาร B

Potassium Nitrate (KNO_3)	1.428	กิโลกรัม
Potassium Phosphate (KH_2PO_4)	0.190	กิโลกรัม
Ammonium Phosphate ($NH_4H_2PO_4$)	0.163	กิโลกรัม
Ammonium Sulphate ($(NH_4)_2SO_4$)	0.023	กิโลกรัม
Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.352	กิโลกรัม
Zinc Sulphate ($ZnSO_4$ 40%)	1.665	กรัม
Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	0.267	กรัม
Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$)	1.242	กรัม
Boric Acid (H_3BO_3)	2.668	กรัม
Ammonium Molybdate $(NH_4)_2MoO_4$	0.120	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ปริมาตรไนเตรทในผักสลัดสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

ความเข้มข้นของสารละลาย	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)				
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
1.0 mS/cm	2,699	2,621	3,397	3,254	2,886
	2,639	2,323	3,019	2,722	2,406
	2,721	2,205	2,929	2,886	2,199
	2,428	2,167	2,396	2,210	2,399
เฉลี่ย	2,622	2,329	2,935	2,768	2,473
SD	134	206	413	434	292
1.4 mS/cm	2,570	2,104	3,298	2,885	2,535
	2,638	3,106	3,406	3,288	2,897
	2,996	2,502	3,261	3,009	2,154
	2,450	3,251	3,211	3,145	2,334
เฉลี่ย	2,664	2,741	3,294	3,082	2,480
SD	235	535	83	174	319
1.8 mS/cm	2,737	3,126	3,426	3,346	3,174
	3,352	2,475	3,456	3,966	2,230
	3,639	2,882	3,414	3,698	2,252
	3,672	2,768	3,529	3,456	2,436
เฉลี่ย	3,350	2,813	3,456	3,624	2,523
SD	433	270	52	288	443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

ความเข้มข้นของสารละลาย	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)				
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
1.0 mS/cm	1,772	2,138	2,644	2,915	2,351
	1,464	1,549	2,312	2,391	1,805
	912	1,649	2,439	2,464	1,937
	1,106	1,811	2,280	2,373	1,926
เฉลี่ย	1,314	1,787	2,419	2,536	2,005
SD	382	258	165	256	238
1.4 mS/cm	1,940	1,600	1,947	2,088	2,448
	1,930	2,014	2,168	1,867	2,143
	2,387	2,073	3,126	3,364	1,575
	1,643	1,972	2,690	2,756	2,746
เฉลี่ย	1,975	1,915	2,483	2,519	2,228
SD	307	214	530	679	500
1.8 mS/cm	2,238	2,248	2,699	2,756	2,391
	2,619	2,144	3,674	2,820	3,384
	1,668	2,212	3,183	3,404	2,375
	1,739	2,023	2,957	2,593	2,566
เฉลี่ย	2,066	2,157	3,128	2,893	2,679
SD	447	99	414	354	478

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

สูตรของสาระลาย	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)				
ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
Belgium	2,724	2,386	3,110	3,307	1,321
	2,343	2,109	3,516	3,538	2,600
	2,383	2,584	2,966	3,436	1,216
	2,221	1,831	3,064	2,877	997
เฉลี่ย	2,417	2,228	3,164	3,290	1,533
SD	215	328	242	291	723
Australia	2,426	2,166	3,541	3,232	1,553
	1,596	1,780	3,071	2,798	928
	2,568	2,432	3,758	3,476	2,379
	2,387	1,525	3,055	2,755	1,747
เฉลี่ย	2,244	1,976	3,356	3,065	1,652
SD	439	403	350	349	598
Netherlands	1,406	866	2,404	2,417	1,226
	2,069	2,247	1,911	2,531	2,160
	1,455	1,290	2,813	2,667	1,298
	1,974	1,931	2,318	2,854	1,796
เฉลี่ย	1,726	1,584	2,361	2,617	1,620
SD	344	622	370	188	440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

สูตรของสาระลาย	ปริมาณไนเตรทในผักสลัด (mg/kg fresh weight)				
ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
Belgium	2,391	2,198	2,306	2,750	2,158
	2,367	1,874	2,357	2,798	2,059
	2,232	2,028	2,100	2,869	2,150
	2,013	1,905	2,008	2,993	2,037
เฉลี่ย	2,250	2,001	2,193	2,853	2,101
SD	173	147	166	106	62
Australia	2,125	1,989	1,992	2,546	1,979
	2,080	1,990	1,910	2,698	1,922
	2,020	1,744	1,957	2,589	1,944
	2,025	2,080	1,971	2,802	1,852
เฉลี่ย	2,063	1,951	1,957	2,659	1,924
SD	50	145	35	115	54
Netherlands	2,312	1,782	2,099	2,474	1,790
	2,039	1,881	1,987	2,030	1,940
	1,973	1,788	1,876	2,008	1,963
	1,956	1,977	1,934	2,001	1,947
เฉลี่ย	2,070	1,857	1,974	2,128	1,910
SD	165	92	95	231	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

น้ำหนักสดของผักสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

ความเข้มข้นของสารละลาย	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
1.0 mS/cm	122.88	122.66	94.11	121.43	203.27
	128.04	134.54	86.17	115.78	165.67
	105.93	137.13	92.61	75.21	151.28
	123.54	112.36	74.04	117.03	189.13
เฉลี่ย	120.09	126.67	86.73	107.36	177.34
SD	9.72	11.43	9.13	21.57	23.28
1.4 mS/cm	161.76	150.90	80.09	103.18	147.27
	89.98	76.12	60.70	82.14	102.46
	142.91	122.85	99.29	159.78	177.55
	134.98	127.34	120.29	125.90	142.25
เฉลี่ย	132.41	119.30	90.09	117.75	142.38
SD	30.43	31.31	25.57	33.23	30.85
1.8 mS/cm	135.62	138.51	113.55	142.18	160.52
	115.93	125.06	95.30	115.33	159.46
	121.84	134.20	123.45	143.97	179.25
	111.12	138.98	101.87	129.60	222.18
เฉลี่ย	121.13	134.19	108.54	132.77	180.35
SD	10.61	6.45	12.48	13.27	29.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

ความเข้มข้นของ	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
สารละลาย	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
1.0 mS/cm	92.85	101.01	85.24	98.96	140.84
	121.71	90.83	98.74	147.39	102.08
	116.21	123.27	96.31	121.07	116.61
	120.29	112.85	83.86	127.16	150.15
เฉลี่ย	112.76	106.99	91.04	123.64	127.42
SD	13.48	14.10	7.58	19.93	22.03
1.4 mS/cm	138.91	122.98	141.81	162.55	84.04
	141.39	122.01	130.20	141.37	146.37
	93.33	112.26	90.05	130.63	109.01
	117.56	118.77	80.68	146.60	107.15
เฉลี่ย	122.80	119.00	110.69	145.28	111.64
SD	22.37	4.85	29.86	13.29	25.79
1.8 mS/cm	124.84	99.67	93.08	130.64	133.82
	130.48	124.60	127.50	146.79	111.97
	103.49	97.46	80.98	158.88	135.75
	144.66	132.53	131.94	164.65	112.05
เฉลี่ย	125.87	113.56	108.37	150.24	123.39
SD	17.09	17.65	25.20	15.04	13.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

สูตรของสาระลาย	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
	106.46	69.83	73.37	98.64	106.46
Belgium	88.08	94.24	81.71	119.89	88.08
	126.00	97.50	93.84	125.52	126.00
	92.93	122.41	103.87	131.92	92.93
เฉลี่ย	103.36	95.99	88.20	118.99	103.36
SD	16.98	21.51	13.41	14.43	16.98
	51.39	118.13	81.18	113.97	66.24
Australia	96.76	118.51	66.51	115.70	47.30
	34.55	37.56	47.82	84.26	46.32
	96.75	47.51	75.25	111.70	58.12
เฉลี่ย	69.86	80.43	67.69	106.41	54.49
SD	31.80	43.94	14.55	14.85	9.48
	70.82	56.24	87.88	125.16	63.24
Netherlands	45.91	37.84	46.32	66.97	27.38
	62.74	59.60	55.72	72.82	61.65
	66.47	56.36	64.16	104.19	57.06
เฉลี่ย	61.48	52.51	63.52	92.28	52.33
SD	10.89	9.90	17.80	27.34	16.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

สูตรของสาระลาย	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
Belgium	52.71	57.87	50.93	69.91	50.49
	81.21	61.64	71.63	91.66	66.46
	48.17	45.49	60.21	84.79	41.45
	59.58	52.49	48.52	76.71	50.68
เฉลี่ย	60.42	54.37	57.82	80.77	52.27
SD	14.63	7.01	10.49	9.47	10.40
Australia	64.39	50.63	54.74	59.93	47.44
	64.98	57.07	64.06	82.50	57.49
	51.72	51.46	52.00	70.70	35.14
	54.32	49.91	56.52	85.28	56.97
เฉลี่ย	58.85	52.27	56.83	74.60	49.26
SD	6.82	3.26	5.16	11.65	10.49
Netherlands	54.87	51.29	62.66	95.15	32.51
	63.37	67.22	63.77	93.84	58.19
	58.15	57.91	60.83	84.97	46.62
	79.46	51.72	52.15	95.11	55.19
เฉลี่ย	63.96	57.03	59.85	92.27	48.12
SD	10.91	7.43	5.28	4.90	11.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
น้ำหนักแห้งของผักสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

ความเข้มข้นของสารละลาย	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
1.0 mS/cm	5.63	5.65	4.52	5.76	9.08
	4.73	5.36	3.55	4.73	6.31
	3.85	5.44	3.90	3.38	5.64
	4.72	4.78	2.95	4.30	7.44
เฉลี่ย	4.73	5.31	3.73	4.54	7.11
SD	0.73	0.37	0.66	0.99	1.50
1.4 mS/cm	6.38	5.93	3.47	4.41	6.16
	4.36	3.80	3.03	4.13	4.97
	5.83	5.62	4.40	6.74	7.29
	5.37	6.04	5.66	5.27	6.11
เฉลี่ย	5.48	5.35	4.14	5.14	6.13
SD	0.86	1.05	1.16	1.17	0.95
1.8 mS/cm	5.46	6.10	5.00	5.89	6.99
	4.86	5.40	4.23	5.36	6.57
	5.23	6.28	5.11	6.42	7.24
	5.04	6.42	4.39	6.29	9.61
เฉลี่ย	5.15	6.05	4.68	5.99	7.60
SD	0.26	0.45	0.44	0.48	1.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลาย KMITL1 ที่ 1.0 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

ความเข้มข้นของสารละลาย	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
1.0 mS/cm	3.83	4.29	3.32	4.04	6.32
	5.06	4.08	3.96	5.51	5.27
	3.91	5.11	3.73	5.39	5.45
	4.60	4.88	3.31	5.09	7.52
เฉลี่ย	4.35	4.59	3.58	5.00	6.14
SD	0.59	0.49	0.32	0.67	1.03
1.4 mS/cm	5.01	4.95	4.89	5.47	3.72
	5.50	5.62	4.83	4.61	6.59
	3.55	4.46	3.09	4.93	4.83
	4.73	4.63	2.86	5.22	4.69
เฉลี่ย	4.70	4.91	3.92	5.06	4.95
SD	0.83	0.51	1.09	0.37	1.20
1.8 mS/cm	5.05	4.21	3.71	5.61	5.87
	4.53	4.98	4.46	4.08	4.69
	4.29	3.99	2.96	5.97	6.28
	5.08	5.71	5.05	5.57	5.30
เฉลี่ย	4.74	4.72	4.04	5.30	5.53
SD	0.39	0.78	0.91	0.84	0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าฝน (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืช และชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

สูตรของสาระลาย	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
Belgium	4.11	3.03	2.79	4.25	3.26
	3.40	3.86	3.57	4.52	5.66
	4.26	3.90	3.37	4.61	3.72
	3.60	4.42	3.93	4.67	3.55
เฉลี่ย	3.84	3.80	3.41	4.51	4.05
SD	0.41	0.58	0.47	0.19	1.09
Australia	2.66	4.29	3.26	4.34	3.20
	3.73	4.09	3.16	4.29	2.66
	1.98	2.10	2.40	3.71	2.39
	4.25	2.43	3.37	4.57	3.41
เฉลี่ย	3.15	3.23	3.05	4.23	2.92
SD	1.02	1.12	0.44	0.37	0.47
Netherlands	3.05	2.87	3.26	4.54	3.21
	2.38	2.08	1.91	3.27	1.33
	3.40	2.67	2.77	3.21	3.26
	2.77	2.55	2.35	3.97	2.79
เฉลี่ย	2.90	2.54	2.57	3.75	2.65
SD	0.43	0.34	0.58	0.63	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม) ที่ปลูกในสารละลายที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm 3 สูตร ที่ปลูกในหน้าหนาว (การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชและชนิดของผักสลัด ต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัด ในระบบปลูกพืชแบบ NFT)

สูตรของสาระลาย	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักสลัด (กรัม)				
ที่ความเข้มข้น 1.4 mS/cm	green oak	red oak	red coral	butterhead	cos
	2.63	3.05	2.43	3.33	3.20
Belgium	3.65	3.19	3.22	4.49	3.88
	2.75	2.85	2.74	3.95	2.43
	2.98	2.82	2.31	3.59	2.95
เฉลี่ย	3.00	2.98	2.67	3.84	3.11
SD	0.46	0.17	0.41	0.50	0.60
	3.58	2.90	2.57	3.22	3.12
Australia	3.57	3.16	3.37	4.30	3.83
	2.48	2.79	2.13	3.34	2.25
	2.79	2.51	2.81	3.95	3.19
เฉลี่ย	3.10	2.84	2.72	3.70	3.09
SD	0.56	0.27	0.52	0.51	0.65
	2.71	2.95	2.79	4.31	1.97
Netherlands	2.78	3.44	3.01	4.47	3.30
	3.09	3.30	3.22	4.52	3.03
	4.06	3.04	2.93	4.66	3.48
เฉลี่ย	3.16	3.18	2.99	4.49	2.94
SD	0.62	0.23	0.18	0.14	0.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายณัฐกร อินทรวิชะ
วัน เดือน ปีเกิด	23 มิถุนายน พ.ศ.2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	23 ซอยองค์รักษ์ 5 ถนนสามเสน 28 แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10300
ประวัติการศึกษา	2545 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้