การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสันเพื่อการปลูกผักคะน้า (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) ด้วยวิธีปลูกพืชในน้ำ

นางสาว รื่นฤดี ศรีสุนทร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-002-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015729
I17N15C7X

UTILIZATION OF WASTEWATER FROM MAKASAN RESERVOIR FOR CHINESE KALE (*Brassica oleracea* L.var *alboglabra* Bailey) CULTIVATION BY HYDROPONICS

Miss Ruenrudee Srisoontorn

A Thesis submitted in Partail Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Inter-department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-002-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสันเพื่อการปลูกผักคะน้า (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) ด้วยวิธีปลูกพืชในน้ำ
โดย	นางสาว รื่นฤดี ศรีสุนทร
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์
	อาจารย์ ดร.กระบวน วัฒนปรีชานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์.ดร.สาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์เพลินจิต ทมทิตชงค์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์.ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์.ดร.กระบวน วัฒนปรีชานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รื่นฤดี ศรีสุนทร : การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสันเพื่อการปลูกผักคะน้า (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) ด้วยวิธีปลูกพืชในน้ำ (UTILIZATION OF WASTEWATER FROM MAKASAN RESERVOIR FOR CHINESE KALE (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) CULTIVATION BY HYDROPONICS : อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์, อาจารย์ ดร.กระบวน วัฒนปรีชานนท์, 139 หน้า ,
ISBN 974-577-002-7

การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสันเพื่อการปลูกผักคะน้า (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) ด้วยวิธีปลูกพืชในน้ำนั้นพิจารณาจากความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียมาปลูกพืชในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารรวมทั้งโลหะหนักบางชนิดที่ตกค้างในผักคะน้า

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักคะน้าตำรับการทดลองต่าง ๆ พบว่า พืชมีการดูดซึมธาตุอาหารต่าง ๆ จากน้ำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ แต่ผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในน้ำบึงมักกะสันได้ต่ำกว่า ผักคะน้าที่ปลูกในสารละลาย HOAGLAND ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและรองในผักคะน้า พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลอง

ตะกั่วถูกสะสมไว้ในราก และลำต้นของผักคะน้าได้ใกล้เคียงกัน มีค่าประมาณ 0.58 พีพีเอ็ม ส่วนแมงกานีสนั้นสะสมไว้ที่รากมากกว่าลำต้นซึ่งมีปริมาณสูงสุดประมาณ 5.19 พีพีเอ็ม ซึ่งถือว่ามีค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (500 พีพีเอ็ม) ผักคะน้าสามารถสะสมเหล็กไว้ได้ในปริมาณเล็กน้อย เท่ากับ 5.96 พีพีเอ็ม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและรอง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และแมงกานีส) ในน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (8 สัปดาห์) พบว่าทุกตำรับการทดลอง มีปริมาณธาตุอาหารลดน้อยลง โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน มีค่าลดลงจนตรวจไม่พบ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของผักคะน้าที่ปลูกในน้ำบึงมักกะสันที่เปลี่ยนทุก 2 สัปดาห์ กับน้ำบึงมักกะสันที่เติมปุ๋ยในอัตรา 5 และ 22 มิลลิลิตร/ลิตร ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.05$)

ภาควิชา สหสาขาวิชา
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

RUENRUDEE SRISOONTORN : UTILIZATION OF WASTEWATER FROM MAKASAN RESERVOIR FOR CHINESE KALE (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) CULTIVATION BY HYDROPONICS : THESIS ADVISER : ASSOC.PROF. DR.THAMMANOON ROCHANABURANON, DR.KRABUAN WATTANAPREECHANON, 139 pp, ISBN 974-577-002-7

Possible utilization of wastewater from Makasan Reservoir for Chinese Kale (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) cultivation by means of hydroponics was conducted and analysed in terms of nutrient components and accumulation of some heavy metals in the selected plant.

Measurable growth of the treated samples (Chinese Kale) in all treatments indicated that nutrients absorption was possible inspite of having lesser yield observed in the wastewater than in Hoagland`s solution. The analytical results of macro- and micro elemants in Chinese Kale showed no quantitative difference .

Lead was found to be equally accumulated in both root and stem of the experimental plants (≃ 0.58 ppm) whereas manganese`s maximum accumulation in the root more than stem was only 5.19 ppm which regarded as too low to cause any adverse effects on plants. However, Chinese Kale could accumulate only a small amount of iron, 5.96 ppm approximately.

As subjected to water analysis, the amount of macro- and micro elements (N, P, K, Mg, Fe and Mn) in all treatments after experimental period (8 weeks) were gradually decreased and it was nondetectable for ammonium-nitrogen.

When the growth of Chinese Kale cultivated in two different treatments, waste water having been changed every two weeks and wastewater having been added fertilizers 5 and 22 millilitres/1 litre, was taken into consideration, it appeared that there was no significant difference (P=0.05) in terms of fresh and dry weight.

ภาควิชา สหสาขาวิชา
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสัน เพื่อการปลูกผักคะน้า (Brassica oleracea L.var alboglabra Bailey) ด้วยวิธีปลูกพืชในน้ำ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์ อาจารย์ ดร.กระบวน วัฒนปรีชานนท์ รองศาสตราจารย์เพลินจิต ทนวิทชงค์ รองศาสตราจารย์เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และอาจารย์ ดร.ศิริชัย ธรรมวานิช ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ยังได้กรุณาให้ใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ทางเคมี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์

ขอขอบคุณภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ใช้เรือนกระจกเป็นสถานที่ทำการทดลอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น-ฉวี เวชชานุเคราะห์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือให้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ และอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำทางวิชาการต่างๆ

ที่สุดนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมทั้งพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ จนส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญรูป..... ฌ
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....3
1.2 การแบ่งชนิดของ "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน "ไฮโดรโปนิกส์""....4
1.3 ผลการศึกษาทดลองเกี่ยวกับไฮโดรโปนิกส์.....7
1.4 ข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชแบบ "ไฮโดรโปนิกส์".....9
1.5 องค์ประกอบของสารละลายที่ใช้เป็นธาตุอาหารของพืช.....12
1.6 ข้อมูลพื้นฐาน และชนิดของผักคะน้าที่ใช้ในการทดลอง.....12
1.7 บทบาทของธาตุอาหารหลักต่อการเจริญเติบโตของพืช.....13
1.8 บทบาทของโลหะ : แคดเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และเหล็กในพืช.15
1.9 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....18
1.10 ขอบเขตการศึกษา.....18
1.11 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....18
2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย.....20
2.1 วัสดุอุปกรณ์.....20
2.1.1 สถานที่ทำการทดลอง.....20
2.1.2 แหล่งเก็บน้ำตัวอย่าง.....20
2.1.3 การเก็บตัวอย่าง.....20
2.1.4 พืชทดลอง.....20
2.1.5 ปุ๋ยเคมี.....20
2.1.6 การเตรียมสารละลายอาหารสำหรับพืช.....20
2.1.7 สารเคมีที่ใช้และการวิเคราะห์.....21
2.1.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....22

สารบัญ(ต่อ)

2.2 วิธีการดำเนินการทดลอง.....24
2.2.1 การวางแผนการทดลอง.....24
2.2.2 การเตรียมแปลงทดลอง.....25
2.2.3 การเตรียมการปลูกพืชทดลอง.....25
2.2.4 การดูแลรักษาระหว่างปลูก.....29
2.2.5 การเก็บเกี่ยวผลผลิต.....29
2.2.6 การเก็บตัวอย่าง.....29
2.2.7 การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....29
2.3 วิธีวิเคราะห์.....30
2.3.1 พีเอช (pH).....30
2.3.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity).....30
2.3.3 แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N).....30
2.3.4 ไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3^--N).....31
2.3.5 ฟอสฟอรัส (P).....31
2.3.6 โปตัสเซียม (K).....31
2.3.7 เหล็ก (Fe).....31
2.3.8 แมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb).....32
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....32
3. ผลการทดลอง.....33
3.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสารละลาย HOAGLAND เบอร์ 2 (น้ำควบคุม).....33
3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำบึงมักกะสัน.....33
3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ในน้ำควบคุมและน้ำบึงมักกะสัน.....34
3.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อผักคะน้าส่วนที่กินได้.34
3.5 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักคะน้า.....34
3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารในน้ำกับผลผลิตของ ผักคะน้าแต่ละตำรับการทดลอง.....35

สารบัญ(ต่อ)

4. วิจารณ์ผลการทดลอง.....82
4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ของสารละลาย HOAGLAND เบอร์ 2 (น้ำควบคุม) และ น้ำบึงมักกะสัน.....82
4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำแต่ละตำรับการทดลอง.....87
4.3 การสะสมธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองในเนื้อเยื่อ และ น้ำหนักแห้งของผักคะน้า.....90
4.4 ปริมาณโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของผักคะน้า.....93
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....96
เอกสารอ้างอิง.....99
ภาคผนวก.....104
ประวัติผู้เขียน.....139

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงสูตร HOAGLAND เบอร์ 2	22
2.2	แสดงพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์	23
3.1	สักษณะสมบัติของสารละลาย HOAGLAND เบอร์ 2 (น้ำดาบคุม) ก่อนและหลังการปลูกผักคะน้า	36
3.2	สักษณะสมบัติของน้ำบึงมักกะสันก่อนและหลังการปลูกผักคะน้า	38
3.3	ค่าพีเอชของน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	40
3.4	ค่าแอมโมเนียมในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	42
3.5	ค่าไนเตรตในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	42
3.6	ค่าฟอสฟอรัสในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	45
3.7	ค่าโปตัสเซียมในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	45
3.8	ค่าแมกนีเซียมในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	48
3.9	ค่าเหล็กในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	48
3.10	ค่าแมงกานีสในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ในระหว่าง การปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	51
3.11	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในเนื้อเยื่อผักคะน้าที่ปลูกในตำรับ การทดลองต่างๆหลังจากปลูกได้ 8 สัปดาห์ (ppm)	51
3.12	ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อผักคะน้าที่ปลูกในตำรับ การทดลองต่างๆหลังจากปลูกได้ 8 สัปดาห์	54
3.13	ผลการเจริญเติบโต(น้ำหนักสด)ของผักคะน้าที่ปลูกในตำรับ การทดลองต่างๆที่ใช้ในการทดลองในระยะ 8 สัปดาห์	56
3.14	ผลการเจริญเติบโต(น้ำหนักแห้ง)ของผักคะน้าที่ปลูกในตำรับ การทดลองต่างๆที่ใช้ในการทดลองในระยะ 8 สัปดาห์	58

สารบัญตาราง(ต่อ)

3.15 ผลการเจริญเติบโต(ความยาวของลำต้น)ของผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองต่างๆที่ใช้ในการทดลองในระยะ 8 สัปดาห์.....60

3.16 การเปรียบเทียบการเพิ่มความยาวของลำต้นผักคะน้ากับร้อยละการเพิ่มความยาวของลำต้นผักคะน้าในช่วงระยะ 8 สัปดาห์.....62

3.17 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 0-2.....63

3.18 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 2-4.....65

3.19 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 4-6.....67

3.20 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 6-8.....69

3.21 เปรียบเทียบร้อยละของการดูดซึมธาตุอาหารในน้ำ และร้อยละการเพิ่มความยาวลำต้นของผักคะน้าในตำรับการทดลองต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2.....71

3.22 เปรียบเทียบร้อยละของการดูดซึมธาตุอาหารในน้ำ และร้อยละการเพิ่มความยาวลำต้นของผักคะน้าในตำรับการทดลองต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 4.....72

3.23 เปรียบเทียบร้อยละของการดูดซึมธาตุอาหารในน้ำ และร้อยละการเพิ่มความยาวลำต้นของผักคะน้าในตำรับการทดลองต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 6.....73

3.24 เปรียบเทียบร้อยละของการดูดซึมธาตุอาหารในน้ำ และร้อยละการเพิ่มความยาวลำต้นของผักคะน้าในตำรับการทดลองต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 8.....74

4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำบึงมักกะสันและสารละลาย HOAGLAND ก่อนการปลูกผักคะน้า.....82

4.2 การประเมินระดับธาตุอาหารพืชและค่าวิเคราะห์ต่าง ๆ ในดินทั่วไป.....83

4.3 การเปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักบางชนิดในพืช ระหว่างค่าปกติกับค่าที่สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้.....85

4.4 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชซึ่งถือว่าเป็นระดับเพียงพอ.....86

4.5 เปรียบเทียบผลผลิตและปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อผักคะน้าที่ปลูกในวัสดุชนิดต่างๆ.....92

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงแผนที่ตั้งบึงมักกะสัน	2
1.2	การปลูกพืชในสารละลายโดยบรรจุในภาชนะที่เป็นขวดแก้ว	6
1.3	อัตราการดูดซึมน้ำ ไนโตรเจนและโปตัสเซียม เปรียบเทียบกับความเข้มของแสง ตลอดวันในกลางเดือนมิถุนายน	8
1.4	ระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินโดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก	10
1.5	การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยนำน้ำทิ้งมาปลูกต้นหญ้า	11
1.6	บึงมักกะสัน	19
1.7	สภาพทั่วไปของบึงมักกะสัน	19
2.1	แสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างของบึงมักกะสัน	21
2.2	แผนผังการจัดแปลงทดลอง แสดงตำแหน่งของตำรับการทดลอง แท่งทราย และปั๊มอากาศ	26
2.3	แผนผังการจัดแปลงทดลองที่มีกระบะ พร้อมทั้งมีโฟมบิด และลงต้นกล้าของผักคะน้าแล้ว	27
2.4	วิธีการย้ายกล้าทีละต้น ลงไปในช่องโฟมที่เตรียมไว้	28
3.1	ปริมาณสารต่างๆในสารละลาย HOAGLAND เบอร์ 2 (น้ำควบคุม) ก่อนและหลังการปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	37
3.2	ปริมาณสารต่างๆในน้ำบึงมักกะสัน ก่อนและหลังการปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	39
3.3	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	41
3.4	การเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	43
3.5	การเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	44
3.6	การเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	46
3.7	การเปลี่ยนแปลงค่าโปตัสเซียมในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	47
3.8	การเปลี่ยนแปลงค่าแมกนีเซียมในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์	49

3.9 การเปลี่ยนแปลงค่าเหล็กในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์.....50
3.10 การเปลี่ยนแปลงค่าแมงกานิสในน้ำตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์.....52
3.11 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในเนื้อเยื่อผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์.....53
3.12 ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองต่างๆ ระหว่างการทดลองปลูกผักคะน้า 8 สัปดาห์.....55
3.13 ผลการเจริญเติบโต(น้ำหนักสด)ของผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองต่างๆ ในระยะ 8 สัปดาห์.....57
3.14 ผลการเจริญเติบโต(น้ำหนักแห้ง)ของผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองต่างๆ ในระยะ 8 สัปดาห์.....59
3.15 ผลการเจริญเติบโต(ความยาวของลำต้น)ของผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองต่างๆในระยะ 8 สัปดาห์.....61
3.16 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 0 - 2.....64
3.17 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 2 - 4.....66
3.18 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 4 - 6.....68
3.19 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่ลดลงภายหลังการปลูกพืชในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 6 - 8.....70
3.20 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมไนโตรเจนของพืชในน้ำในระยะเวลา 8 สัปดาห์....75
3.21 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมฟอสฟอรัสของพืชในน้ำในระยะเวลา 8 สัปดาห์.....76
3.22 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมโปตัสเซียมของพืชในน้ำในระยะเวลา 8 สัปดาห์....77
3.23 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมแมกนีเซียมของพืชในน้ำในระยะเวลา 8 สัปดาห์....78
3.24 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมเหล็กของพืชในน้ำในระยะเวลา 8 สัปดาห์.....79
3.25 เปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมแมงกานีสของพืชในน้ำในระยะเวลา 8 สัปดาห์.....80
3.26 เปรียบเทียบการเจริญของผักคะน้าตำรับการทดลอง T3 T4 T5 T6.....81