สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ผลของอัตราส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรท ที่มีผลต่อการปรับค่า pH ของสารละลาย ในการปลูกผักระบบ NFT

The Comparison of Ammonium/Nitrate Ratios on Solution pH and Salad Growth of NFT System

โดย

นางสาวนุชนารถ นาคนาวา รหัส 39044048

นายหลักชัย เลิศวิลาศานนท์ รหัส 39044139

.....

(รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

25 / พ.ค. / 43

ปพ.
ป 726 ผ
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36719
วัน, เดือน, ปี 23 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของอัตราส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรท ที่มีผลต่อการปรับค่า pH ของสารละลายในการปลูกผักระบบ NFT

The Comparison of Ammonium/Nitrate Ratios on Solution pH and Salad Growth of NFT System

โดย

นางสาวนุชนารถ	นาคนาวา	รหัส	39044048
นายหลักชัย	เลิศวิลาศานนท์	รหัส	39044139

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของอัตราส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรท ที่มีผลต่อการปรับค่า pH ของสารละลายในการปลูกผักระบบ NFT

The Comparison of Ammonium/Nitrate Ratios on Solution pH and Salad Growth of NFT System

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบสารละลายที่มีอัตราส่วนระหว่างแอมโมเนียมต่อไนเตรท ในระบบ NFT ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH และการเจริญเติบโตของผักสลัด มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างแอมโมเนียมต่อไนเตรท ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ,การเจริญเติบโตของพืช และศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืชและต้นพืช โดยการทดลองแบ่งเป็น 3 treatment คือ treatment 1 (NH_4^+ 0%) ,treatment 2 (NH_4^+ 5%) และ treatment 3 (NH_4^+ 10%) ปลูกในระบบ NFT รางยาว 6 เมตร 6 ราง ทำการทดลองให้ 1 treatment มี 2 ซ้ำ (2 ราง) ทำการวัดค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ทุกวันเว้นวัน วัดค่าคลอโรฟิลล์เมื่อพืชโตเต็มที่ (ก่อนเก็บผลผลิต) และเก็บตัวอย่างสารละลายสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสุ่มต้นพืช เพื่อนำไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารต่าง ๆ โดยทำทั้งหมด 2 crop

จากผลการทดลอง treatment ทั้ง 3 treatment จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากค่าการนำไปใช้จริง จะพบว่าการทดลองนี้ก็สามารถให้ประโยชน์ได้ คือ treatment ที่มี NH_4^+ เป็นองค์ประกอบ สามารถที่จะช่วยควบคุมค่า pH ได้ คือ treatment 95:5 และ 90:10 และต้นพืชก็มีการเจริญเติบโตดีและแข็งแรงกว่าและยังมีส่วนช่วยในการดูดธาตุอาหารต่างๆ ได้ดีกว่า treatment ที่ไม่มี NH_4^+ (100:0) เป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ปรึกษาความรู้ด้านต่าง ๆ ตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยหาอุปกรณ์พิเศษที่จำเป็นในการทดลอง ทำให้การทำปัญหาพิเศษสำเร็จอย่างสมบูรณ์ด้วยดี และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำลังทรัพย์และกำลังใจทำให้ปัญหาพิเศษเสร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง และคุณนารี พันธุ์จินดาวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ให้คำแนะนำในการทำการวิเคราะห์ และขอขอบคุณ คุณทองม้วน สุนทรา และคุณสมจิตร มั่งนาค ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่าง ๆ

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาปฐพีวิทยา รุ่น 12 และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจจนทำให้ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปัญหาพิเศษให้ลุล่วงและเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นุชนารถ นาคนาวา
หลักชัย เลิศวิลาศานนท์
พฤษภาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
คำนิยม	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญกราฟ	ช
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลการทดลอง	16
สรุปผลการทดลอง	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงสูตรสารละลายแต่ละ treatment (millimol/litre)	14
ตารางที่ 2 แสดงสูตรสารละลายแต่ละ treatment (เป็นน้ำหนักปุ๋ย ธาตุอาหารหลัก หน่วยเป็น (Kg),ธาตุอาหารรองหน่วยเป็น (g)) ผสมได้ 200 ลิตร (2 ลิตร 100เท่า)	14

ตารางภาคผนวก	หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 2-8/12/42	24
ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 8-14/12/42	25
ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 14-22/12/42	26
ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 22-28/12/42	27
ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 24-3/1-2/43	28
ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 5-13/2/43	29
ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 2-8/12/42	30
ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 8-14/12/42	31
ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 14-22/12/42	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก **หน้า**

ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 22-28/12/42 33

ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงค่าการวัดคลอโรฟิลล์ของต้นพืช crop 1 34

ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นพืช crop 1 35

ตารางภาคผนวกที่ 15 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N) และไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 36

ตารางภาคผนวกที่ 16 แสดงค่าการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส (P-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 36

ตารางภาคผนวกที่ 17 แสดงค่าการวิเคราะห์หาโพแทสเซียม (K-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 37

ตารางภาคผนวกที่ 18 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแคลเซียม (Ca-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 37

ตารางภาคผนวกที่ 19 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแมกนีเซียม (Mg-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 38

ตารางภาคผนวกที่ 20 แสดงค่าการวิเคราะห์หาโซเดียม (Na-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 38

ตารางภาคผนวกที่ 21 แสดงค่าการวิเคราะห์หาเหล็ก (Fe-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 39

ตารางภาคผนวกที่ 22 แสดงค่าการวิเคราะห์หาซิงค์ (Zn-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 39

ตารางภาคผนวกที่ 23 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแมงกานีส (Mn-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 40

ตารางภาคผนวกที่ 24 แสดงค่าการวิเคราะห์หาคอปเปอร์ (Cu-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 40

ตารางภาคผนวกที่ 25 แสดงค่าการดูดไนโตรเจนไปใช้ของพืช (กรัม/ต้น) ของต้นพืช crop 1 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก **หน้า**

ตารางภาคผนวกที่ 26 แสดงค่าการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของพืช (กรัม/ต้น) ของต้นพืช crop 1 41
ตารางภาคผนวกที่ 27 แสดงค่าการดูดโพแทสเซียมไปใช้ของพืช (กรัม/ต้น) ของต้นพืช crop 1 42
ตารางภาคผนวกที่ 28 แสดงค่าการดูดแคลเซียมไปใช้ของพืช (%)ของต้นพืช crop 1 42
ตารางภาคผนวกที่ 29 แสดงค่าการดูดแมกนีเซียมไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1 43
ตารางภาคผนวกที่ 30 แสดงค่าการดูดโซเดียมไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1 43
ตารางภาคผนวกที่ 31 แสดงค่าการดูดเหล็กไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟภาคผนวก **หน้า**

กราฟภาคผนวกที่ 1 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 2-8/12/42 45

กราฟภาคผนวกที่ 2 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 8-14/12/42 45

กราฟภาคผนวกที่ 3 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 14-22/12/42 46

กราฟภาคผนวกที่ 4 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 22-28/12/42 46

กราฟภาคผนวกที่ 5 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 24-3/1-2/43 47

กราฟภาคผนวกที่ 6 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 5-13/2/43 47

กราฟภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นพืช crop 1 48

กราฟภาคผนวกที่ 8 แสดงค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นพืช crop 1 48

กราฟภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าวิเคราะห์หาแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N)ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 49

กราฟภาคผนวกที่ 10 แสดงค่าวิเคราะห์หาไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 49

กราฟภาคผนวกที่ 11 แสดงค่าวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop1 50

กราฟภาคผนวกที่ 12 แสดงค่าวิเคราะห์หาโพแทสเซียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 50

กราฟภาคผนวกที่ 13 แสดงค่าวิเคราะห์หาแคลเซียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 51

กราฟภาคผนวกที่ 14 แสดงค่าวิเคราะห์หาแมกนีเซียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟภาคผนวก **หน้า**

กราฟภาคผนวกที่ 15 แสดงค่าวิเคราะห์หาโซเดียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 52

กราฟภาคผนวกที่ 16 แสดงค่าวิเคราะห์หาเหล็ก ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 52

กราฟภาคผนวกที่ 17 แสดงค่าวิเคราะห์หาซิงค์ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 53

กราฟภาคผนวกที่ 18 แสดงค่าวิเคราะห์หาแมงกานีส ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 53

กราฟภาคผนวกที่ 19 แสดงค่าวิเคราะห์หาคอปเปอร์ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 54

กราฟภาคผนวกที่ 20 แสดงค่าการดูดไนโตรเจนไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 54

กราฟภาคผนวกที่ 21 แสดงค่าการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 55

กราฟภาคผนวกที่ 22 แสดงค่าการดูดโพแทสเซียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 55

กราฟภาคผนวกที่ 23 แสดงค่าการดูดแคลเซียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 56

กราฟภาคผนวกที่ 24 แสดงค่าการดูดแมกนีเซียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 56

กราฟภาคผนวกที่ 25 แสดงค่าการดูดโซเดียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 57

กราฟภาคผนวกที่ 26 แสดงค่าการดูดเหล็กไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของอัตราส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรท ที่มีผลต่อการปรับค่า pH ของสารละลายในการปลูกผักระบบ NFT

The Comparison of Ammonium/Nitrate Ratios on Solution pH and Salad Growth of NFT System

คำนำ

ในปัจจุบันการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้เป็นที่สนใจอย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการศึกษาวิจัยและในด้านการค้า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยเฉพาะในระบบ NFT เป็นระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เพราะไม่ต้องใช้วัสดุปลูก เป็นระบบที่สามารถนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ และในปัจจุบันอุปกรณ์ในการเตรียมระบบ ก็หาซื้อได้ไม่ยากนักเพราะมีบริษัทหลายที่จัดจำหน่ายอยู่ สารละลายธาตุอาหารพืชก็เช่นกัน มีให้เลือกใช้หลายสูตร แต่เมื่อเรานำมาใช้ในระบบ NFT เราจะพบปัญหาคือ เมื่อปลูกพืชไปสักพักหนึ่ง ค่า pH ของสารละลายจะสูงขึ้น ทำให้ต้องคอยปรับค่า pH อยู่บ่อยๆ ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองกรดที่ใช้

จากการทดลองเป็นการเปรียบเทียบสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีอัตราส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทที่แตกต่างกัน คือ แอมโมเนียม 0%, แอมโมเนียม 5%,แอมโมเนียม 10% เพื่อทดสอบว่าสารละลายสูตรไหนจะช่วยลดค่า pH ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างแอมโมเนียมต่อไนเตรท ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pHในสารละลายธาตุอาหารพืช
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืช ในสารละลายที่มีอัตราส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทที่แตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช, ต้นพืช จากเริ่มปลูกจนกระทั่งถึงการเก็บผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง วิธีการปลูกพืชโดยให้พืชได้รับสารอาหารหรือสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืชที่ปลูกจะอยู่บนวัสดุปลูกหรือไม่มีวัสดุปลูกก็ได้ (จตุรงค์, 2543)

ความหมายของคำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรือบางท่านเรียกว่า ปลูกพืชด้วยสารละลาย (hydroponics มาจากคำในภาษากรีกสองคำ คือคำว่า "hudor" หมายถึง น้ำ และ "ponos" หมายถึง งาน ซึ่งเมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกัน ความหมายก็คือ "Water – Working" หรือ "การปฏิบัติการเกี่ยวกับน้ำ" แต่โดยความหมายจริง ๆ นั้นได้มีความหมายเกี่ยวข้องกับการใช้สารละลาย หรือการใช้ปุ๋ยเคมี กับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เรื่องที่ปรากฏอยู่จึงเป็นสิ่งตรงกันข้ามกับการปลูกพืชในดิน หลักการพื้นฐานในการปลูกพืชตามแบบวิธีนี้ทั้งในการปฏิบัติ และการดูแลก็จะเป็นไปตามลักษณะเหมือนกับพืชที่ปลูกในดิน เพียงแต่ปลูกโดยไม่ต้องการดิน (ถวัลย์, 2534)

ประวัติ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีประวัติความเป็นมาเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชซึ่งงานทดลองครั้งแรกที่เป็นที่รู้จักกันดีเป็นงานทดลองของ VAN HELMONT ในปี 1620 โดยทำการปลูกพืชในน้ำเป็นเวลา 5 ปี และได้สรุปว่า น้ำเป็นผู้ให้ทุก ๆ ส่วนของพืช

งานทดลองคล้าย ๆ กันนี้ได้ทำขึ้นใหม่ในปี 1699 โดย WOODWARD ข้อแตกต่างคือมีการปลูกพืชในน้ำที่มีดินละลายอยู่ด้วย และสรุปว่าพืชจะได้อาหารจากดินและน้ำ

ในศตวรรษที่ 19 มีงานทดลองของชาวฝรั่งเศสชื่อ BOUSSINGAULT โดยทำการปลูกพืชในทรายและให้สารละลายธาตุอาหารพืช ต่อจากนั้นได้มีนักวิทยาศาสตร์ทางสรีระของพืชอีกจำนวนมากทำการศึกษาโดยใช้ระบบการปลูกพืชในทรายนี้ เช่น CANDOLLE, SAUSSURE, LIEBIG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KNOP et SACH สามารถผสมสารละลายธาตุอาหารพืชที่สามารถใช้ปลูกพืชได้

งานทดลองครั้งแรกที่ทำการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นจำนวนมากทำที่สถานีทดลอง Rhode Island เป็นการปลูกโดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูกและให้สารละลายธาตุอาหารพืช ในปี ค.ศ.1928 ที่สถานีทดลอง New – Jersey ได้มีการขายผลผลิตที่เกิดจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นครั้งแรก โดยเป็นพวกไม้ดอก

W.F.GERICKE ค.ศ.1929 เป็นผู้เริ่มเทคนิคการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชเป็นครั้งแรกที่ California และเรียกวิธีปลูกนี้ว่า Hydroponic

บริษัทแรกที่ทำการค้าขายเกี่ยวกับระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เริ่มก่อตั้งขึ้นในปี 1963 ที่ Ohio และที่มหาสมุทรแปซิฟิกที่เกาะ Wake

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง กองทัพสหรัฐทำการปลูกพืชผักในท่อขนาดใหญ่ที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารพืช โดยปลูกบนเกาะในมหาสมุทรแอตแลนติก เพื่อเป็นแหล่งพืชผักสดและวิตามินแก่กองทหาร ซึ่งนับเป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ใหญ่ที่สุดเป็นครั้งแรก

หลังจากนั้นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินก็มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีการทดลองใช้วัสดุปลูกพืชชนิดต่าง ๆ มีการพัฒนาระบบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการปลูกรวมถึงระบบที่ใช้ควบคุมโดยอัตโนมัติ เช่น การนำคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการปลูก

<u>ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการผลิตพืชโดยไม่ใช้ดิน</u> (จตุรงค์, 2543)

1. สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของราก ความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหาร พืชส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็นอุณหภูมิประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส ปัญหาในประเทศเขตร้อนคืออุณหภูมิสูงเกินไปทำให้รากพืชบางส่วนถูกทำลายเนื่องจากความร้อนและการขาดออกซิเจน เมื่ออุณหภูมิสูงรากพืชต้องการออกซิเจนมากขึ้น แต่การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายตัวของออกซิเจนในสารละลายน้อยลง การเจริญเติบโต การดูดน้ำและธาตุอาหารของรากจึงลดลง นอกจากนี้ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส พืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารบางชนิดไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะ K, Fe และ Mn ดังนั้นควรรักษาอุณหภูมิของรากพืชที่ 25 องศาเซลเซียส และเลือกระบบที่เหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศด้วย

2. รูปแบบโรงเรือน

ควรออกแบบให้มีการถ่ายเทอากาศดี อุณหภูมิไม่สูงเกินไป สามารถป้องกันฝนหนัก มีความเข้มแสงพอเหมาะและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนไม่ควรต่ำกว่า 50% เพื่อให้เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตทั้งทางลำต้นและระบบราก (อุณหภูมิในสารละลาย)

3. ระบบที่ใช้ในการผลิต

การคัดเลือกระบบให้เหมาะสมกับชนิดของพืช เหมาะกับสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งจำเป็น ที่จะทำให้การผลิตประสบความสำเร็จ

4. สูตรอาหาร

ปัจจุบันมีการนำสูตรอาหารที่ใช้ได้ดีในต่างประเทศมาเป็นพื้นฐานทางด้านการผลิต แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ผู้ปลูกควรคัดเลือกและปรับปรุงสูตรปุ๋ยให้เหมาะกับชนิดพืชและสภาพภูมิอากาศในประเทศ นอกจากนี้ควรปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูกด้วย

5. ชนิดและพันธุ์พืช

การตอบสนองของชนิดและพันธุ์พืชที่มีต่อระบบการปลูกและสูตรอาหารในช่วงอายุและฤดูกาลต่าง ๆ มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงต้องมีการคัดเลือกหาชนิดและพันธุ์พืชที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีความแน่นอนในการดำเนินธุรกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตลาด

การตลาดเป็นสิ่งที่สำคัญในการผลิตพืชเพื่อการค้า การศึกษาด้านการตลาดก่อนเริ่มการผลิตจะช่วยให้สามารถคำนวนต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนทั้งระยะสั้นและระยะยาว ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแข่งขันในเชิงธุรกิจทั้งในและต่างประเทศได้

<u>วัสดุปลูกที่ใช้เพาะกล้า</u>

หน้าที่ของวัสดุปลูกคือ เป็นที่อยู่ของราก ซึ่งจะอยู่ร่วมกับสารละลาย ธาตุอาหาร และอากาศ วัสดุปลูกต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

<u>คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลอง</u>

1. ใยหิน (Rock wool)

แหล่งกำเนิด **เป็นวัสดุที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการหลอมหินภูเขาไฟและทำให้เป็นเส้นใยและผสมด้วยสารเลซิน 4-5% โดยน้ำหนัก เพื่อทำให้อ่อนตัวและผสมด้วยน้ำมันชนิดพิเศษ เพื่อให้มีคุณสมบัติเกาะน้ำได้ ใยหินขณะใช้เป็นวัสดุปลูกจะปล่อย Ca ออกมาในสารละลายได้เล็กน้อย**

คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

- pH 7-9.5
- **คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ โดยเฉลี่ย 70-80% โดยปริมาตร ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากผิวน้ำ (94% ที่ระดับผิวน้ำ และ 82% ที่ระดับความสูงจากผิวน้ำ 5 ซม.)**
- **คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุไม่มี**
- **ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 0.08**
- **ความพรุน 95%**
- **ความคงทนของโครงสร้างไม่ดี**
- **ปริมาณอากาศหลังจากทำให้ชุ่มน้ำและปล่อยให้น้ำส่วนเกินไหลออก 6%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการนำไปใช้ แผ่นใยหินที่ขายจะมีหลายขนาดขึ้นกับชนิดพืชที่จะปลูก โดยทั่วไปจะมีขนาด กว้าง*ยาว*สูง 20*100*7.5 ซม. และจะหุ้มด้วยพลาสติกสองหน้า (ดำและขาว โดยหุ้มให้ด้านขาวอยู่ข้างนอก) นอกจากนี้ยังทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาดเล็กเพื่อใช้เพาะกล้า เช่น ขนาด 5*5*5 ซม.

อายุการใช้งาน สามารถปลูกได้เพียง 2-6 ครั้ง

ข้อดี

- เป็นวัสดุที่มีการระบายน้ำและอากาศดีที่สุด
- การใช้งานง่ายน้ำหนักเบา
- ฆ่าเชื้อโรคและแมลงได้ง่าย

ข้อเสีย

- ราคาแพง
- แผ่นใยหินมีราคาแพงและมีปริมาตรน้อย ดังนั้นจึงมีที่สำหรับเก็บกักสารละลายธาตุอาหารและรากพืชมีน้อย

2. เพอไลท์ (Perlite)

แหล่งกำเนิด เป็นวัสดุที่ผ่านขบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการเผาทรายที่มีต้นกำเนิดจากภูเขาไฟที่อุณหภูมิ 1200 °C

คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

- pH 7-7.2
- คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 250-300 ลิตรน้ำต่อเพอไลท์ 1 ลูกบาศก์เมตร
- คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุไม่มี
- ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 0.075-0.08
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 1.5-6 มม.
- ความพรุน 97%
- ปริมาณอากาศหลังจากทำให้ชุ่มน้ำและปล่อยให้น้ำส่วนเกินไหลออก 56.8%
- ความคงทนของโครงสร้างดี

ลักษณะการนำไปใช้ ใช้เป็นวัสดุเพาะชำและวัสดุปลูก

อายุการใช้งาน 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาค่อนข้างแพง

ข้อดี

- น้ำหนักเบา
- ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง
- สามารถอุ้มน้ำได้ดี

ข้อเสีย

- สามารถสลายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กและเกิดการอัดตัวกันแน่น

3. เวอมิคูไลท์ (Vermiculite)

แหล่งกำเนิด เกิดจากการเผาแร่ไมกาที่อุณหภูมิประมาณ 850 °C

คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

- pH 7-7.2
- คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 350-375 ลิตร/ ลูกบาศก์เมตร
- คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ 65-140 me/100 gm
- ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 0.9-0.14 (ความหนาแน่นอนุภาค 2.6)
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 95% ใหญ่กว่า 3 มม. (1-6 มม.)
- ความพรุน 96%
- ปริมาณอากาศหลังจากทำให้ชุ่มน้ำและปล่อยให้น้ำส่วนเกินไหลออก 40%
- ความคงทนของโครงสร้างไม่ดี

ลักษณะการนำไปใช้ ใช้เป็นวัสดุเพาะชำและใช้เป็นวัสดุปลูก

อายุการใช้งาน 1-2 ครั้ง

ราคา ราคาต่างประเทศ ประมาณ 1,200 บาท/1 ลูกบาศก์เมตร

ข้อดี

- น้ำหนักเบา
- ไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง
- มีความสามารถอุ้มน้ำดีมาก

ข้อเสีย

- สลายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กเร็วและเกิดการอัดตัว
- ราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฆ่าเชื้อโรคและแมลงได้ยากเมื่อจะนำกลับมาใช้ใหม่
- มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุได้

การปลูกพืชในระบบ NFT (Nutrient Film Technique)

การปลูกแบบนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้าง ตั้งแต่ 5-35 ซม. สูงประมาณ 5 ซม. ความกว้างรางขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของรางตั้งแต่ 5-20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่องอัตราไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตร/นาที/ราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำหนา 80-200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป, ทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรืออะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย (อิทธิสุนทร, 2543)

การควบคุมค่า pH ของสารละลาย

การเปลี่ยนค่า pH ของสารละลายในระหว่างปลูกพืช

ค่า pH ของสารละลายที่เหมาะสมของพืชทั่ว ๆ ไปควรอยู่ในช่วง 5.5-6.0 เมื่อ pH สารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายแก่รากพืช ในทางกลับกันถ้า pH สูงกว่า 7 เป็นเวลาติดต่อกัน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ไม่เป็นปกติ เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH ของสารละลายจะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป ในการปลูกพืชผัก pH สารละลายจะสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น (vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ NO_3^- เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ Anion มากกว่า Cation) ดังนั้นก็จะปลดปล่อย HCO_3^- ออกมาจำนวนเท่ากันมีผลให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการตรวจสอบค่า pH ต้องทำการวัดค่า pH ของสารละลายอยู่ตลอดเวลาและปรับค่า pH อยู่ที่ 6 ตลอดเวลาโดยใช้กรดไนตริก หรือกรดฟอสฟอริก การใช้กรดทั้งสองชนิดนี้ปรับค่า pH ก็จะเป็นการเติม N และ P ให้สารละลายด้วย โดยเฉพาะเมื่อใช้กรด H_3PO_4 จะเป็นการเติม P ให้สารละลายจนอาจจะมีปริมาณมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อพิจารณาถึงการเพิ่มขึ้นของ pH อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นผลการเจริญเติบโตในช่วง vegetative growth ซึ่ง pH จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากพืชปล่อยอนุมูลไบคาร์โบเนตออกมาทำให้เราไม่สามารถควบคุมค่า pH ให้คงที่ได้เราสามารถปรับค่า pH ได้โดยการเพิ่มปริมาณ NH_4^+ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อมีอนุมูล NH_4^+ อยู่ในสารละลายพืชก็จะมีการดูดใช้ NH_4^+ ซึ่งเป็น Cation รากก็จะปล่อย H^+ ออกมาในสารละลายด้วยทำให้สารละลายมีการเปลี่ยน pH น้อยลง จากการทดลองของ Byoung และ Chiwon (1996) ได้ทำการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ของ *Ageratum houstonianum* (แอมโมเนียม-tolerant) และ *Salvia splendens* (แอมโมเนียม-sensitive) ที่ใช้เวลา 216 ชั่วโมง ในการทดสอบ ค่า pH ของสารละลายไฮโดรโพนิกส์ (เริ่มต้น 6.50) treatment ที่มี NH_4^+ หรือ NH_4^+ + NO_3^- ทำให้ค่า pH ต่ำลงอย่างมาก (3.08) ซึ่งทางตรงกันข้ามในสารละลายเดียวกัน ที่มีแต่ NO_3^- อย่างเดียวจะมีค่า pH 7.74

ผลของการดูดไปใช้ของแอมโมเนียมและไนเตรท ของ Arabica Coffee ในสารละลายธาตุอาหาร อัตราการ uptake ของแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นที่ pH 7.25 ส่วนอัตราการ uptake ของ NO_3^- ไม่มีผลต่อค่า pH ของสารละลาย อัตราการ uptake ของ NO_3^- และ NH_4^+ มีความผันแปรเล็กน้อยที่ค่า pH (4.25-5.75) มีค่าประมาณ 2.31 และ 2.28 *m*molg^{-1}FWh^{-1} ตามลำดับ (Philippe และคณะ, 1998)

แต่อย่างไรก็ตามต้องไม่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของอนุมูล NH_4^+ เกินกว่า 10% ความเข้มข้นของอนุมูล NO_3^- ในสารละลาย เนื่องจาก NH_4^+ ที่ความเข้มข้นสูง ๆ เป็นอันตรายต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืช มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้
- ปั๊มน้ำตู้ปลา จำนวน 3 ตัว
- ถังพลาสติกบรรจุสารละลายธาตุอาหาร ขนาด 100 ลิตร จำนวน 3 ถัง
- ท่อ พีวีซี
- ท่อ พีอี
- สายไฟ
- รางพลาสติกสีขาวเจาะรู จำนวน 6 ราง
- โครงเหล็กสำหรับวางราง
- กาวซิลิโคน
- ฟิวเจอร์บอร์ด
2. วัสดุปลูกที่ใช้เพาะกล้า
- ร็อควูล
- เพอไลท์ + เวอมิคูไลท์
3. pH meter
4. EC meter
5. Oxygen meter
6. เครื่องวัดคลอโรฟิลล์
7. เมล็ดพันธุ์ผักสลัด
8. กระบะเพาะเมล็ด
9. ถ้วยเพาะเมล็ด ขนาด 2 นิ้ว
10. สารเคมีที่ใช้ในสูตรสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

เริ่มทำการทดลอง วันที่ 20 ตุลาคม 2542 ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. การเตรียมระบบ

   1.1 นำโครงเหล็กสำเร็จรูป มาต่อเป็นโต๊ะที่มีความยาว 6 เมตร กว้าง 1.50 เมตร โดยให้มีความลาดเทเท่ากับ 2 %

   1.2 วางรางพลาสติกซึ่งเจาะรูเป็นหลุมไว้สำหรับใส่ต้นกล้าโดยให้ระยะปลูกเท่ากับ 30*30 เซนติเมตร จำนวนหลุมทั้งหมด 144 หลุม นำมาวางบนโต๊ะที่เตรียมไว้ให้ห่างเท่ากันจำนวน 6 ราง

   1.3 นำท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว ตัดเป็นท่อน ๆ ละ 20 เซนติเมตร เพื่อทำเป็นท่อน้ำทิ้งโดยการเจาะรูด้านข้างโดยสามารถให้ปลายรางสอดเข้าได้และเจาะรูด้านใต้เพื่อนำท่อพีวีซีมาต่อเป็นท่อน้ำทิ้งกลับลงถังสารละลายและทำการปิดด้านข้างด้วยฟิวเจอร์บอร์ดแล้วทากาวซิลิโคนเพื่อกันรั่ว

   1.4 ทำการสุ่มรางแต่ละรางว่าจะคู่กับถังสารละลาย treatment ใด เพราะฉะนั้น 1 ถังหรือ 1 treatment จะมีราง 2 ราง

   1.5 ติดตั้งปั๊มในถังสารละลายแต่ละถังเพื่อปั๊มน้ำจากถังให้ไหลไปตามท่อพีวีซียังต้นรางเจาะรูด้านข้างถังสารละลายเพื่อรับน้ำกลับ

2. การเพาะต้นกล้าและการปลูก

   2.1 ทำกระบะเพาะกล้าขนาด 160*200*20 เซนติเมตร ติดตั้งระบบให้สารละลายตลอดเวลา

   2.2 นำถ้วยพลาสติกขนาด 2 นิ้ว มาบรรจุวัสดุปลูก

crop 1 :

- ร็อควูล 144 ใบ

ชนิดผักที่ปลูก Butterhead

crop 2 :

- เพอไลท์ + เวอมิคูไลท์ 144 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดผักที่ปลูก Butterhead และ Salad cross

2.3 พรมน้ำวัสดุเพาะกล้าให้ชุ่ม (ร็อควูล ฉีกเป็นชิ้นๆ แล้วแช่น้ำ 1 คืน) ใส่เมล็ดพันธุ์ลงในวัสดุเพาะกล้าถ้วยละ 2 เมล็ด นำไปวางในกระบะเพาะกล้าและวางไว้ที่ที่มีแดดรำไรส่องถึง

2.4 เมื่อต้นกล้าอายุได้ 2 สัปดาห์ ถอนต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์ออก 1 ต้น ให้เหลือต้นที่แข็งแรงที่สุดเอาไว้ 1 ต้น ทำการย้ายต้นกล้ามาลงรางให้ครบทุกหลุม

2.5 เตรียมผสมสารละลายธาตุอาหารแต่ละสูตรลงถังสารละลาย และทำการเดินระบบสารละลายธาตุอาหาร

3. การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลระหว่างการปลูก

- วัดค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ในถังสารละลายทุกวันเว้นวัน
- วัดค่า Oxygen และอุณหภูมิ ในรางปลูกพืชทุกวันเว้นวัน
- วัดค่าคลอโรฟิลล์ก่อนเก็บผลทุกต้น
- เก็บตัวอย่างสารละลาย (ก่อนผสมสารละลายใหม่) เพื่อนำไปวิเคราะห์

ข้อมูลหลังการปลูก

- ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง
- วิเคราะห์สารละลายธาตุอาหารเพื่อหา N (NH_4^+และ NO_3^-),P ,K ,Ca ,Mg ,Na ,Zn ,Cu ,Mn และ Fe
- วิเคราะห์ต้นพืชเพื่อหา N ,P ,K ,Ca ,Mg ,Na และ Fe

4. การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

- สูตรสารละลายแต่ละ treatment

สูตรสารละลายแต่ละ treatment จะต่างกันที่ธาตุอาหารหลัก ส่วนธาตุอาหารรองจะเหมือนกัน เพราะฉะนั้นจะนำเสนอแต่ธาตุอาหารหลักเท่านั้น (millimol/litre)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงสูตรสารละลายแต่ละ treatment (millimol/litre)

ธาตุอาหาร	treatment		
	100:0	95:5	90:10
NO_3	19	20	18
H_2PO_4	2	2	2
SO_4	2	2.2	1.8
NH_4	1	0	2
K	11	12.1	9.9
Ca	9	9.9	8.1
Mg	2	2.2	1.8

ตารางที่ 2 แสดงสูตรสารละลายแต่ละ treatment (เป็นน้ำหนักปุ๋ย ธาตุอาหารหลักหน่วยเป็น (Kg), ธาตุอาหารรองหน่วยเป็น (g)) ผสมได้ 200 ลิตร (2 ลิตร 100เท่า)

สาร	ปุ๋ย	treatment		
		100:0	95:5	90:10
A	$Ca(NO_3)_2$	0.1764	0.194	0.1588
	KNO_3	0.101	0.102	0.1
	Fe – EDTA	0.0037	0.0037	0.0037
B	KNO_3	0.101	0.102	0.1
	$NH_4H_2PO_4$	0.023	0	0.046
	KH_2PO_4	0.0272	0.0544	0
	$MgSO_4$	0.0493	0.0542	0.0443
	$ZnSO_4$	0.227	0.227	0.227
	$CuSO_4$	0.038	0.038	0.038
	$MnSO_4$	0.344	0.344	0.344
	H_3BO_3	0.573	0.573	0.573
	$(NH_4)_2MoO_4$	0.024	0.024	0.024

(ที่มา : อิทธิสุนทร , 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำสต็อกสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น

นำสาร A มาชั่งตามที่กำหนด ตามแต่ละ treatment

นำสาร B มาชั่งตามที่กำหนด ตามแต่ละ treatment

นำสาร A และ B ของแต่ละ treatment มาผสมรวมกันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้เท่ากับ 2 ลิตร

- วิธีการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

นำสต็อกสาร A และ B ในอัตราส่วน 1:1 ผสมลงในน้ำ Reverse Osmosis (RO) ให้ได้ค่าEC เท่ากับ 1.2 mS/cm และปรับ pH ด้วยกรดไนตริก (HNO_3) เจือจาง ให้ได้ค่าประมาณ 5.80

5. การวางแผนวิธีการศึกษา

- ทำการทดลองแบบ Complete Random Design (CRD)
- มีตำรับการทดลอง 3 ตำรับ ,ตำรับละ 2 ซ้ำ
  - treatment 1 100:0 (control)
  - treatment 2 95:5
  - treatment 3 90:10

6. สถานที่ทำการทดลอง

ดาดฟ้าชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7. ระยะเวลาทำการทดลอง

20 ตุลาคม 2542 ถึง 25 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหาร

จากผลการทดลองโดยทำการวัดค่า pH และ EC ทุกวันเว้นวันนั้น ค่า pH ของพืช crop 1 ช่วงที่ 1 นั้น ค่า pH จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังไม่สูงมากนักในทุก treatment (ตารางภาคผนวกที่ 3 ,กราฟภาคผนวกที่ 1) ส่วนในช่วงที่ 2 จะพบว่าค่า pH จะเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดใน treatment 95:5 และ 90:10 (ตารางภาคผนวกที่ 4 , กราฟภาคผนวกที่ 2) ในช่วงที่ 3 ค่า pH จะลดลงในช่วงแรกและค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 5 , กราฟภาคผนวกที่ 3) และในช่วงสุดท้ายของ crop 1 นั้น ค่า pH จะลดลงในช่วงแรกเหมือนกันและค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 6 ,กราฟภาคผนวกที่ 4)

ส่วนค่า pH ของ crop 2 ในช่วงแรกค่า pH จะสูงขึ้นในช่วงแรกและจะค่อย ๆ ลดลงมาเรื่อยๆ (ตารางภาคผนวกที่ 7 ,กราฟภาคผนวกที่ 5) และช่วงสุดท้ายค่า pH สูงขึ้นมากอยู่ตลอดทั้งช่วงจะไม่ค่อยลดลง (ตารางภาคผนวกที่ 8 ,กราฟภาคผนวกที่ 6)

ส่วนค่า EC ของ crop 1 และ crop 2 จะไม่ค่อยแตกต่างกันมาก คือ จะเพิ่มมากขึ้นหรือน้อยลงเพียงเล็กน้อย

2. ออกซิเจน และอุณหภูมิในถังสารละลายธาตุอาหาร

จากผลการทดลองโดยทำการวัดค่าออกซิเจนและอุณหภูมิ ทุกวันเว้นวัน ค่าของออกซิเจนของพืช crop 1 นั้นจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันทุก treatment ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ค่าของออกซิเจนจะลดลงช่วงกลาง และต่อมาจะเพิ่มขึ้นจนคงที่ (ตารางภาคผนวกที่ 3,4,5 และ 6) ส่วนใน crop 2 ค่าออกซิเจนที่วัดได้ก็ไม่แตกต่างกันมาก ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ในช่วงกลางจะมีค่ามากที่สุด (ตารางภาคผนวกที่ 7) และในแต่ละวันที่ทำการวัด treatment 95:5 และ 90:10 จะมีค่าออกซิเจนมากกว่า treatment 100:0 (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8)

ส่วนค่าของอุณหภูมิ ในพืช crop 1 นั้น ค่าอุณหภูมิที่วัดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ในช่วงกลางจะมีค่ามากที่สุดและจะค่อยลดลงเรื่อย ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 3,4,5 และ 6) ส่วนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

crop 2 ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ค่าอุณหภูมินั้นจะกระจายอยู่ระหว่าง 27.0 – 31.0 °C (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8)

3. ออกซิเจน และอุณหภูมิ ในรางปลูกพืช

ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ทั้ง crop 1 และ crop 2 ค่าออกซิเจนของทุก treatment ทั้งตำแหน่งหัวราง กลางราง และท้ายราง จะมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่จะกระจายอยู่ในช่วงแคบ ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 9,10,11 และ 12)

ส่วนค่าอุณหภูมิ ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช crop 1 ค่าอุณหภูมิจะมีค่าไม่แตกต่างกันในทุก treatment แต่ในช่วงกลางจะมีค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงต้นและท้าย (ตารางภาคผนวกที่ 9,10,11 และ 12)

เมื่อดูจากผลโดยรวมแล้วทั้งพืช crop 1และ crop 2 จะมีค่าออกซิเจนและอุณหภูมิ ใกล้เคียงกับออกซิเจนและอุณหภูมิ ในถังสารละลายแต่จะต่ำกว่าเล็กน้อย

4. น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง

จากการสุ่มมา treatment ละ 6 ต้น ของพืช crop 1 ทำการชั่งน้ำหนัก พบว่า treatment ที่มี NH_4^+ คือ treatment 95:5 และ 90:10 นั้นมีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากกว่าคือ 134.36 g และ 122.88 g ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า treatment 100:0 ซึ่งมีค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 120.39g (ตารางภาคผนวกที่ 14 ,กราฟภาคผนวกที่ 7)

จากการนำพืช crop 1 ที่ชั่งน้ำหนักสดแล้วไปอบให้แห้ง ได้ทำการชั่งน้ำหนักแห้ง พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของ treatment 95:5 และ 90:10 ก็ยังมีค่ามากกว่าคือ 6.46 g และ 6.43 g ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของ treatment 100:0 เท่ากับ 6.00 g (ตารางภาคผนวกที่ 14 ,กราฟภาคผนวกที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36719

5. คลอโรฟิลล์

จากการวัดค่าคลอโรฟิลล์ของต้นพืชทุกต้นแล้วนำมาเฉลี่ยในแต่ละ treatment พบว่า treatment ที่มีค่าคลอโรฟิลล์สูงสุดคือ treatment 90:10 รองลงมาคือ 95:5 และ 100:0 ตามลำดับ และมีค่าคลอโรฟิลล์เฉลี่ยตามลำดับดังนี้คือ 36.3 ,34.6 และ 31.7 (ตารางภาคผนวกที่ 13)

6. ค่าวิเคราะห์หา N (NH_4^+ และ NO_3^-) ,P และ K ในสารละลาย

จากการนำตัวอย่างสารละลาย มาวิเคราะห์หา NH_4^+ และ NO_3^- ค่าที่ได้ในช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช 14 วัน พบว่าค่าที่ได้ใน treatment 90:10 จะมีมากที่สุด รองลงมาคือ treatment 95:5 และ 100:0 ตามลำดับ มีค่าตามลำดับที่ถูกต้องตามที่ได้กำหนดการทดลองเอาไว้ และจะพบว่าเมื่ออายุของพืชมากขึ้น ค่าของ NH_4^+ จะมีค่าที่ลดลงเรื่อย ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 15 ,กราฟภาคผนวกที่ 9) ส่วนค่าของ NO_3^- ในทุก treatment ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก นอกจากช่วงสุดท้ายของอายุพืช (41 วัน) จะมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ตารางภาคผนวกที่ 15 ,กราฟภาคผนวกที่ 10)

ส่วนค่า P ในสารละลาย จากการวิเคราะห์แล้วพบว่า ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืชในทุก treatment จะมีค่าของ P มากในช่วงแรก และจะลดลงเรื่อย ๆ ไปจนถึงช่วงท้ายคือเมื่อพืชอายุเพิ่มมากขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 16 ,กราฟภาคผนวกที่ 11)

ส่วนค่า K ในสารละลาย พบว่า treatment 100:0 จะมีค่า K ที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นเมื่อพืชมีอายุการเจริญเติบโต 27 และ 41 วัน ส่วน treatment 95:5 จะมีค่าของ K อยู่ในระดับใกล้เคียงกันตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช และ treatment 90:10 จะมีค่า K จากมากและค่อย ๆ ลดลงเมื่อถึงช่วงท้ายของอายุการเจริญเติบโต (ตารางภาคผนวกที่ 17 ,กราฟภาคผนวกที่ 12)

7. ค่าวิเคราะห์หา Ca ,Mg ,Na ,Zn ,Mn ,Fe และ Cu ในสารละลาย

จากการวิเคราะห์หาธาตุอาหารรองและจุลธาตุเหล่านี้ ในแต่ละธาตุจะมีแนวโน้มที่แตกต่างกันบ้าง ในส่วนของค่า Ca ในทุก treatment ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช จะพบว่ามีค่าสูงอยู่ตลอดแต่จะมีต่ำเป็นบางช่วง และเป็นธาตุที่วิเคราะห์ออกมาและมีค่ามากที่สุดในสารละลายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่าของ Mg และ Na ในทุก treatment ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช พบว่ามีค่าขึ้นลงอยู่ตลอด แต่อยู่ในปริมาณที่แคบ ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 18,19 และ 20 ,กราฟภาคผนวกที่ 13,14 และ 15)

ส่วนของธาตุที่เป็นจุลธาตุที่ทำการวิเคราะห์ คือ Zn ,Mn ,Fe และ Cu ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช ในทุก treatment จะพบว่ามีค่าที่ขึ้นลงอยู่ตลอดและกระจายอยู่ในช่วงแคบ ๆ และมีปริมาณที่ต่ำมากจนถึงไม่มีเลย (ตารางภาคผนวกที่ 21,22,23 และ 24 ,กราฟภาคผนวกที่ 16,17,18 และ 19)

8. ค่าวิเคราะห์การดูด N ,P และ K ไปใช้ของพืช

จากการที่สุ่มต้นพืช 6 ต้น และนำไปวิเคราะห์นั้นในส่วนของค่า N จะพบว่าค่า N เฉลี่ยแต่ละ treatment มากที่สุดคือ treatment 95:5 รองลงมาคือ 90:10 และ 100:0 มีค่าตามลำดับดังนี้คือ 0.309 ,0.294 และ 0.289 (กรัม/ต้น) (ตารางภาคผนวกที่ 25 ,กราฟภาคผนวกที่ 20)

ส่วนค่าเฉลี่ยของ P treatment มากที่สุดคือ treatment 95:5 รองลงมาคือ 90:10 และ 100:0 ตามลำดับ มีค่าตามลำดับดังนี้คือ 0.0544 ,0.0466 และ 0.0454 (กรัม/ต้น) (ตารางภาคผนวกที่ 26 ,กราฟภาคผนวกที่ 21)

และส่วนค่าเฉลี่ยของ K treatment มากที่สุดคือ treatment 95:5 รองลงมาคือ 100:0 และ 90:10 ตามลำดับ มีค่าตามลำดับดังนี้คือ 0.4788 ,0.3421 และ 0.3127 (กรัม/ต้น) (ตารางภาคผนวกที่ 27 ,กราฟภาคผนวกที่ 22)

9. ค่าวิเคราะห์การดูด Ca ,Mg ,Na และ Fe ไปใช้ของพืช

ค่าเฉลี่ยของ Ca treatment มากที่สุดคือ treatment 90:10 รองลงมาคือ 100:0 และ 95:5 ตามลำดับ และมีค่าตามลำดับดังนี้ 4.663 ,4.176 และ 4.010 (%) (ตารางภาคผนวกที่ 28 ,กราฟภาคผนวกที่ 23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยของ Mg treatment มากที่สุดคือ treatment 100:0 รองลงมาคือ 90:10 และ 95:5 ตามลำดับ และมีค่าตามลำดับดังนี้ 0.3111 ,0.2767 และ 0.2609 (%) (ตารางภาคผนวกที่ 29 ,กราฟภาคผนวกที่ 24)

ค่าเฉลี่ยของ Na treatment มากที่สุดคือ treatment 90:10 รองลงมาคือ 95:5 และ 100:0 ตามลำดับ และมีค่าตามลำดับดังนี้ 0.0768 ,0.0634 และ 0.0606 (%) (ตารางภาคผนวกที่ 30 ,กราฟภาคผนวกที่ 25)

ค่าเฉลี่ยของ Fe treatment มากที่สุดคือ treatment 100:0 รองลงมาคือ 95:5 และ 90:10 ตามลำดับ และมีค่าตามลำดับดังนี้ 0.7060 ,0.7028 และ 0.5990 (%) (ตารางภาคผนวกที่ 31 ,กราฟภาคผนวกที่ 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการบันทึกข้อมูลของค่า pH และ EC นั้น ของ crop 1 และ crop 2 ในทุกช่วง พบว่าค่า pH และ EC ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการนำไปใช้จริง พบว่า treatment ที่มี NH_4^+ คือ treatment 95:5 และ 90:10 จะมีส่วนช่วยในการควบคุมค่า pH ไม่ให้สูงขึ้นได้บ้างมากกว่า treatment ที่ไม่มี NH_4^+ คือ treatment 100:0 ส่วนค่า EC นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ บางช่วงมีค่าสูง เพราะพืชมีการดูดใช้น้ำมากกว่าสารละลายธาตุอาหารทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้น ออกซิเจนและอุณหภูมิ ทั้งในถังสารละลายและในรางนั้นค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ บางช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำไปบ้างก็เพราะช่วงนั้นอุณหภูมิในอากาศต่ำและเย็น ส่วนในรางที่มีค่าออกซิเจนและอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน เพราะรางที่ใช้ทดลองมีขนาดสั้น (6 เมตร) อาจจะทำให้ไม่มีผล ค่าคลอโรฟิลล์นั้น treatment 100:0 จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ treatment 90:10 และ treatment นี้ ต้นพืชจะมีความเขียวมากที่สุดด้วย ค่าน้ำหนักสด treatment ที่มี NH_4^+ จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ treatment ที่ไม่มี NH_4^+ แต่น้ำหนักแห้งนั้นไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าวิเคราะห์หา NH_4^+ และ NO_3^- ในสารละลาย จากผลการวิเคราะห์พบว่า treatment 100:0 (NH_4^+ 0 %) วิเคราะห์พบ NH_4^+ อาจเป็นเพราะปุ๋ย $Ca(NO_3)_2$ มี NH_4^+ เป็นองค์ประกอบอยู่เล็กน้อย ส่วนค่า NO_3^- ,P และ K ก็จะลดลงหรือเพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงเนื่องจากเพราะพืชดูดธาตุเหล่านี้ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้ง แล้วทำการผสมสารละลายธาตุอาหารใหม่ จึงทำให้ค่าวิเคราะห์มีค่าเพิ่มขึ้นได้ ส่วนธาตุอาหารรองและจุลธาตุก็เหมือนกัน ส่วนค่าวิเคราะห์พืชจะเห็นว่าธาตุ P และ Ca มีค่าสูงมากอาจเป็นเพราะทำการวิเคราะห์ทั้งต้นไม่ได้วิเคราะห์ใบอย่างเดียว อาจทำให้มีค่าสูงได้ ส่วนธาตุอื่นก็เป็นไปตามปกติหรืออาจสูงเพียงเล็กน้อย

สรุปว่าการทดลองนี้ treatment ที่มี NH_4^+ เป็นองค์ประกอบ จะมีส่วนช่วยในการควบคุมค่า pH ,การเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ไปใช้ของพืชมากกว่า treatment ที่ไม่มี NH_4^+ เป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จตุรงค์ จันทร์สี่ทิศ . 2543 . การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน . ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม . (อินเตอร์เน็ต)

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์ . 2534 . ปลูกพืชไม่ใช้ดิน . กองวิเคราะห์ดิน . กรมพัฒนาที่ดิน . 6-70 น.

อิทธิสุนทร นันทกิจ . 2542 . เอกสารประกอบการฝึกอบรม การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 2 . ภาควิชาปฐพีวิทยา . คณะเทคโนโลยีการเกษตร . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

Byoung Ryong Jeong and Chiwon W. Lee . 1996 . Influence of Ammonium, Nitrate, and Chloride on Solution pH and Ion Uptake by Ageratum and Salvia in Hydroponic Culture . Journal of Plant Nutrition . 19(10&11) : 1343-1360.

Philippe Vaast, Robert J. Zasoski, and Caroline S. Bledsoe . 1998 . Effects of Solution pH, Temperature, Nitrate/Ammonium Ratios, and Inhibitors on Ammonium and Nitrate Uptake by Arabica Coffee in Short-Term Solution Culture . Journal of Plant Nutrition . 21(7) : 1551-1564.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 2-8/12/42

วันที่/12/42	Treatment	pH	EC (mS/cm)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
2	100:0	5.85	1.2	6.7	29.3
	95:5	5.85	1.2	6.8	28.8
	90:10	5.85	1.2	6.5	29.5
4	100:0	6.18	1.1	6.9	29.0
	95:5	6.17	1.2	7.0	28.8
	90:10	6.16	1.1	6.9	29.1
6	100:0	6.25	1.1	6.9	28.9
	95:5	6.22	1.1	6.8	29.0
	90:10	6.23	1.2	6.9	29.2
8	100:0	6.20	1.2	7.7	28.2
	95:5	6.09	1.3	7.8	28.3
	90:10	6.10	1.3	7.7	28.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 8-14/12/42

วันที่/12/42	treatment	pH	EC (mS/cm)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
8	100:0	6.25	1.2	7.7	28.2
	95:5	6.15	1.2	7.8	28.3
	90:10	6.14	1.2	7.7	28.0
10	100:0	6.11	1.1	6.7	28.5
	95:5	5.96	1.1	6.7	28.2
	90:10	5.95	1.1	6.6	29.0
12	100:0	5.98	1.2	6.5	28.7
	95:5	5.69	1.2	6.7	28.7
	90:10	5.75	1.2	6.8	28.7
14	100:0	6.21	1.2	5.9	30.9
	95:5	5.56	1.2	5.9	30.2
	90:10	5.60	1.2	5.6	30.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 14-22/12/42

วันที่/12/42	treatment	pH	EC (mS/cm)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
14	100:0	5.85	1.2	5.9	30.9
	95:5	5.74	1.2	5.9	30.2
	90:10	5.80	1.2	5.6	30.6
16	100:0	6.19	1.3	6.9	28.9
	95:5	5.51	1.3	7.2	28.3
	90:10	5.53	1.2	6.8	28.9
18	100:0	6.76	1.3	7.1	27.8
	95:5	6.03	1.3	7.5	28.3
	90:10	5.97	1.3	7.3	27.4
20	100:0	7.15	1.4	7.4	27.8
	95:5	6.72	1.4	7.8	27.4
	90:10	6.50	1.4	7.4	28.0
22	100:0	7.34	1.4	7.1	24.1
	95:5	7.23	1.4	7.5	24.1
	90:10	7.63	1.4	7.0	23.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 22-28/12/42

วันที่/12/42	treatment	pH	EC (mS/cm)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
22	100:0	5.81	1.2	7.1	24.1
	95:5	5.86	1.2	7.5	24.1
	90:10	5.86	1.2	7.0	23.8
24	100:0	6.65	1.3	7.5	22.3
	95:5	5.63	1.2	8.1	21.9
	90:10	5.45	1.2	7.6	22.6
26	100:0	7.77	1.2	7.4	25.1
	95:5	7.38	1.2	7.3	25.2
	90:10	7.18	1.2	7.1	25.1
28	100:0	7.98	1.2	7.9	27.1
	95:5	7.60	1.2	8.1	26.9
	90:10	7.73	1.2	7.8	27.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 24-3/1-2/43

วันที่/1-2/43	treatment	pH	EC (mS/cm)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
24	100:0	5.85	1.2	8.7	29.1
	95:5	5.86	1.2	8.6	29.2
	90:10	5.76	1.2	8.8	30.0
26	100:0	7.00	1.2	8.6	31.9
	95:5	6.93	1.3	9.3	31.0
	90:10	7.02	1.3	8.6	31.6
28	100:0	6.87	1.2	9.8	28.6
	95:5	6.80	1.3	9.4	28.6
	90:10	6.78	1.2	9.5	28.5
30	100:0	6.80	1.3	10.2	27.3
	95:5	6.66	1.4	10.3	27.4
	90:10	6.73	1.3	10.1	27.2
1	100:0	6.78	1.3	8.4	29.8
	95:5	6.48	1.4	9.6	28.6
	90:10	6.55	1.3	8.4	29.8
3	100:0	6.72	1.4	8.0	31.1
	95:5	6.22	1.4	8.7	30.2
	90:10	6.25	1.4	8.4	31.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่า pH ,EC ,Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 5-13/2/43

วันที่/2/43	treatment	pH	EC (mS/cm)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
	100:0	5.85	1.2	9.1	27.8
5	95:5	5.86	1.2	9.5	27.2
	90:10	5.85	1.2	8.5	29.4
	100:0	7.48	1.2	9.2	31.3
7	95:5	6.70	1.3	9.1	30.6
	90:10	6.75	1.2	9.2	31.2
	100:0	7.69	1.2	9.1	30.3
9	95:5	7.02	1.3	9.0	29.8
	90:10	6.91	1.2	9.0	29.8
	100:0	8.00	1.2	9.0	30.1
11	95:5	7.26	1.2	8.9	30.3
	90:10	7.54	1.2	9.1	30.0
	100:0	7.27	1.2	9.0	29.9
13	95:5	6.22	1.2	9.2	29.8
	90:10	6.33	1.2	8.9	30.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 2-8/12/42

วันที่/12/42	ตำแหน่ง	treatment					
		100:0		95:5		90:10	
		Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
2	หัวราง	7.7	27.8	7.5	27.5	7.8	27.5
	กลางราง	7.7	27.7	7.6	27.4	7.5	27.8
	ท้ายราง	7.5	27.6	7.6	27.5	7.5	27.9
4	หัวราง	7.2	29.0	7.5	28.6	7.4	29.1
	กลางราง	7.5	28.7	7.6	28.5	7.5	29.0
	ท้ายราง	7.5	28.8	7.6	28.3	7.2	28.9
6	หัวราง	6.9	26.7	6.3	27.1	6.8	26.6
	กลางราง	6.1	26.9	6.1	26.5	6.2	26.3
	ท้ายราง	6.8	26.9	6.8	27.0	7.2	26.3
8	หัวราง	8.5	26.3	8.7	26.0	8.3	27.2
	กลางราง	8.5	26.1	8.2	26.2	8.2	27.9
	ท้ายราง	8.5	26.4	8.6	27.4	7.7	28.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 8-14/12/42

วันที่/12/42	ตำแหน่ง	treatment					
		100:0		95:5		90:10	
		Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
8	หัวราง	8.5	26.3	8.7	26.0	8.3	27.2
	กลางราง	8.5	26.1	8.2	26.2	8.2	27.9
	ท้ายราง	8.5	26.4	8.6	27.4	7.7	28.0
10	หัวราง	7.3	27.2	7.2	28.2	7.4	27.2
	กลางราง	7.5	27.4	7.3	27.7	7.5	27.0
	ท้ายราง	7.4	27.6	7.5	27.0	7.5	27.1
12	หัวราง	7.6	27.9	7.4	27.4	7.2	27.8
	กลางราง	7.3	27.3	7.3	27.5	7.4	27.3
	ท้ายราง	7.9	26.6	7.5	26.6	7.9	26.8
14	หัวราง	6.4	29.2	6.9	29.3	6.1	30.7
	กลางราง	6.3	29.5	6.7	29.1	6.3	30.1
	ท้ายราง	6.7	29.4	6.7	28.6	6.4	29.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 14-22/12/42

วันที่/12/42	ตำแหน่ง	treatment					
		100:0		95:5		90:10	
		Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
14	หัวราง	6.4	29.2	6.9	29.3	6.1	30.7
	กลางราง	6.3	29.5	6.7	29.1	6.3	30.1
	ท้ายราง	6.7	29.4	6.7	28.6	6.4	29.9
16	หัวราง	7.4	28.7	7.2	28.9	7.2	29.8
	กลางราง	7.3	28.9	7.5	28.4	7.3	30.1
	ท้ายราง	7.4	28.7	8.0	28.1	7.1	30.0
18	หัวราง	6.4	27.3	6.7	26.5	6.2	27.2
	กลางราง	6.8	26.9	6.8	26.8	6.8	27.1
	ท้ายราง	6.7	27.0	7.1	26.6	7.1	26.3
20	หัวราง	7.5	26.8	8.1	26.6	7.5	27.5
	กลางราง	7.8	26.4	8.2	25.4	7.7	27.6
	ท้ายราง	8.0	27.1	8.3	25.6	7.6	27.5
22	หัวราง	8.1	21.6	8.4	21.7	7.8	23.4
	กลางราง	8.3	22.1	8.2	21.7	8.1	22.1
	ท้ายราง	8.6	22.2	9.0	21.7	8.3	22.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงค่า Oxygen และอุณหภูมิ ของสารละลายในรางปลูกพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 22-28/12/42

วันที่/12/42	ตำแหน่ง	treatment					
		100:0		95:5		90:10	
		Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	Oxygen (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)
22	หัวราง	8.1	21.6	8.4	21.7	7.8	23.4
	กลางราง	8.3	22.1	8.2	21.7	8.1	22.1
	ท้ายราง	8.6	22.2	9.0	21.7	8.3	22.2
24	หัวราง	8.1	20.4	8.4	20.0	20.8	8.1
	กลางราง	7.9	20.8	8.2	20.5	20.7	8.2
	ท้ายราง	8.4	20.7	8.9	20.7	20.8	8.5
26	หัวราง	7.8	23.5	7.1	24.7	7.9	23.2
	กลางราง	7.9	23.4	7.0	24.3	7.9	23.0
	ท้ายราง	7.9	23.5	7.8	24.2	8.2	23.2
28	หัวราง	8.0	25.4	8.0	26.2	8.1	26.1
	กลางราง	8.2	25.6	8.1	25.3	7.8	26.0
	ท้ายราง	8.9	25.8	8.7	26.0	8.5	26.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงค่าการวัดคลอโรฟิลล์ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment					
	100:0		95:5		90:10	
	ราง 1	ราง 2	ราง 1	ราง 2	ราง 1	ราง 2
1	36.4	20.2	32.2	33.7	38.6	33.2
2	20.3	34.0	33.2	33.5	37.7	39.5
3	33.8	36.9	36.8	35.4	40.3	41.2
4	35.0	36.0	34.7	30.0	37.7	38.8
5	30.2	37.3	28.6	31.1	39.2	25.2
6	19.6	32.5	34.8	34.7	37.7	26.2
7	24.5	34.5	33.1	32.6	35.6	20.4
8	36.9	28.2	34.9	34.4	37.4	36.1
9	37.4	34.3	36.6	34.2	37.1	45.3
10	36.9	37.2	30.7	36.7	37.3	37.5
11	36.8	34.1	36.1	34.9	48.1	36.2
12	36.2	36.1	31.8	36.9	36.7	39.4
13	36.5	35.7	36.1	37.5	35.9	39.0
14	25.7	30.9	37.5	37.9	40.8	39.7
15	20.3	34.3	36.0	35.1	32.8	40.6
16	35.8	22.1	36.8	38.8	38.7	26.9
17	31.1	30.7	33.7	34.4	39.2	36.2
18	35.3	26.8	35.1	33.9	41.2	39.4
19	35.0	13.9	28.0	32.7	38.9	39.2
20	38.9	25.4	36.9	31.2	38.5	37.0
21	33.8	14.6	38.9	36.6	37.8	20.9
22	35.7	30.7	34.8	34.9	24.2	38.3
23	35.5	36.2	34.7	38.0	20.3	43.3
24	35.2	36.9	33.1	36.5	39.1	33.4
เฉลี่ย	32.6	30.8	34.4	34.8	37.1	35.5
เฉลี่ย	31.7		34.6		36.3	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment					
	100:0		95:5		90:10	
	สด (g)	แห้ง (g)	สด (g)	แห้ง (g)	สด (g)	แห้ง (g)
1	104.27	5.07	117.42	6.12	132.93	6.67
2	125.33	5.69	120.38	6.23	122.01	6.61
3	129.72	6.74	138.43	6.53	132.75	6.89
4	129.39	6.30	152.13	7.00	118.25	6.32
5	122.27	6.52	137.28	6.44	111.69	6.10
6	111.38	5.69	140.49	6.46	119.67	5.96
เฉลี่ย	120.39	6.00	134.36	6.46	122.88	6.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 15 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N) และไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment					
	100:0		95:5		90:10	
	NH_4^+ (ppm)	NO_3^- (ppm)	NH_4^+ (ppm)	NO_3^- (ppm)	NH_4^+ (ppm)	NO_3^- (ppm)
14	8.18	155.44	16.82	160.89	25.45	164.53
21	3.64	165.44	15.45	175.44	21.82	178.16
27	4.55	159.98	16.36	167.26	12.73	152.71
35	3.64	181.80	3.64	185.44	3.64	161.80
41	3.64	55.45	3.64	66.36	4.55	50.00

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 16 แสดงค่าการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส (P-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	33.00	31.50	34.00
21	46.67	30.83	33.33
27	28.33	30.83	30.83
35	14.50	22.00	40.50
41	10.50	18.00	17.00

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 17 แสดงค่าการวิเคราะห์หาโพแทสเซียม (K-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	Treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	100	102	100.5
21	110	103	97
27	219	121	81
35	88.5	71	38.5
41	238.5	146.75	1.38

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 18 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแคลเซียม (Ca-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	357.75	376.50	326.75
21	403.50	401.25	378.75
27	395	428	376.75
35	511	596.75	711.25
41	313	352.75	373.25

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 19 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแมกนีเซียม (Mg-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	52.5	54.1	46.3
21	54.4	58.2	51.2
27	83.5	53.1	47.8
35	85.3	85.8	87.2
41	57.3	52.2	45.4

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 20 แสดงค่าการวิเคราะห์หาโซเดียม (Na-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	5.5	6.0	5.9
21	5.6	6.5	7.0
27	10.9	8.2	6.0
35	9.8	11.2	10.1
41	7.4	6.8	5.2

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 21 แสดงค่าการวิเคราะห์หาเหล็ก (Fe-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	0.46	0.45	0.61
21	0.43	0.56	0.63
27	0.32	0.47	0.65
35	0.38	0.55	0.92
41	0.43	0.25	0.47

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 22 แสดงค่าการวิเคราะห์หาซิงค์ (Zn-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	0.82	0.89	0.65
21	0.93	1.02	0.85
27	1.05	1.28	1.11
35	1.73	1.44	1.90
41	1.07	1.33	1.51

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 23 แสดงค่าการวิเคราะห์หาแมงกานีส (Mn-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	0.22	0.23	0.25
21	0.22	0.26	0.27
27	0.16	0.25	0.25
35	0	0	0
41	0	0	0

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 24 แสดงค่าการวิเคราะห์หาคอปเปอร์ (Cu-ppm) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

อายุพืช (วัน)	treatment		
	100:0	95:5	90:10
14	0.05	0.05	0.04
21	0.04	0.09	0.04
27	0.06	0.14	0.05
35	0.05	0.29	0.05
41	0.03	0.07	0.02

หมายเหตุ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสารละลายแต่ละครั้งแล้วจะทำการผสมสารละลายใหม่ทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 25 แสดงค่าการดูดไนโตรเจนไปใช้ของพืช (กรัม/ต้น) ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	0.243	0.275	0.328
2	0.260	0.284	0.269
3	0.329	0.320	0.315
4	0.326	0.352	0.299
5	0.310	0.306	0.280
6	0.264	0.318	0.270
เฉลี่ย	0.289	0.309	0.294

ตารางภาคผนวกที่ 26 แสดงค่าการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของพืช (กรัม/ต้น) ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	0.0369	0.0440	0.0560
2	0.0412	0.0460	0.0470
3	0.0440	0.0510	0.0470
4	0.0400	0.0550	0.0450
5	0.0690	0.0740	0.0418
6	0.0412	0.0565	0.0430
เฉลี่ย	0.0454	0.0544	0.0466

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 27 แสดงค่าการดูดโพแทสเซียมไปใช้ของพืช (กรัม/ต้น) ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	0.2361	0.2750	0.5640
2	0.4104	0.3010	0.2770
3	0.3183	0.3120	0.2840
4	0.5260	0.7510	0.2607
5	0.2990	0.5380	0.2402
6	0.2625	0.6957	0.2500
เฉลี่ย	0.3421	0.4788	0.3127

ตารางภาคผนวกที่ 28 แสดงค่าการดูดแคลเซียมไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	3.808	3.640	4.854
2	4.734	3.470	4.884
3	4.240	4.144	5.006
4	4.188	4.195	5.075
5	4.060	4.049	4.095
6	4.025	4.560	4.066
เฉลี่ย	4.176	4.010	4.663

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 29 แสดงค่าการดูดแมกนีเซียมไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	0.2730	0.2409	0.2653
2	0.3428	0.2501	0.2914
3	0.3101	0.2721	0.2850
4	0.2998	0.2647	0.2855
5	0.3280	0.2764	0.2687
6	0.3128	0.2610	0.2645
เฉลี่ย	0.3111	0.2609	0.2767

ตารางภาคผนวกที่ 30 แสดงค่าการดูดโซเดียมไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1

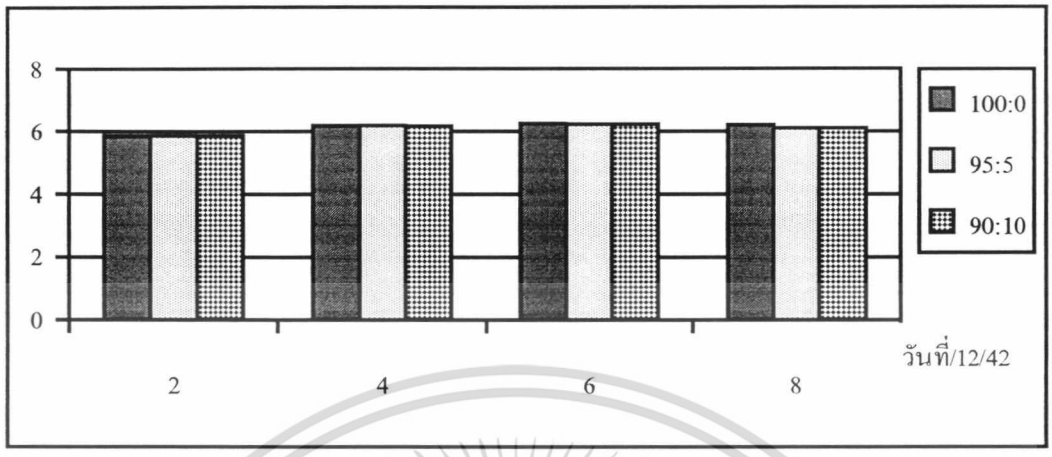
ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	0.0558	0.0599	0.0687
2	0.0604	0.0778	0.0687
3	0.0570	0.0579	0.0894
4	0.0560	0.0564	0.0752
5	0.0554	0.0550	0.0894
6	0.0789	0.0733	0.0692
เฉลี่ย	0.0606	0.0634	0.0768

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

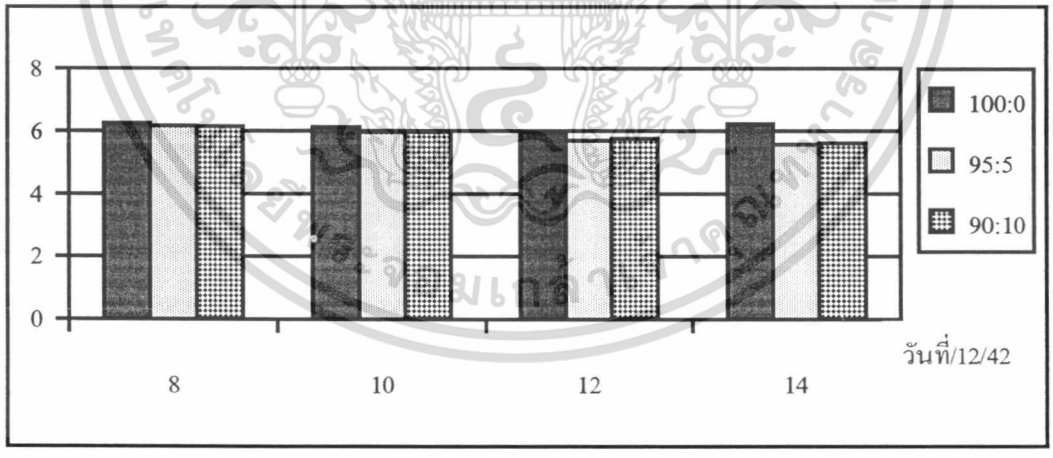
ตารางภาคผนวกที่ 31 แสดงค่าการดูดเหล็กไปใช้ของพืช (%) ของต้นพืช crop 1

ลำดับ	treatment		
	100:0	95:5	90:10
1	0.6769	0.7389	0.3623
2	0.8015	0.6275	0.6853
3	0.6245	0.7270	0.5845
4	0.6557	0.7222	0.7218
5	0.6610	0.7049	0.5573
6	0.8166	0.6965	0.6826
เฉลี่ย	0.7060	0.7028	0.5990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

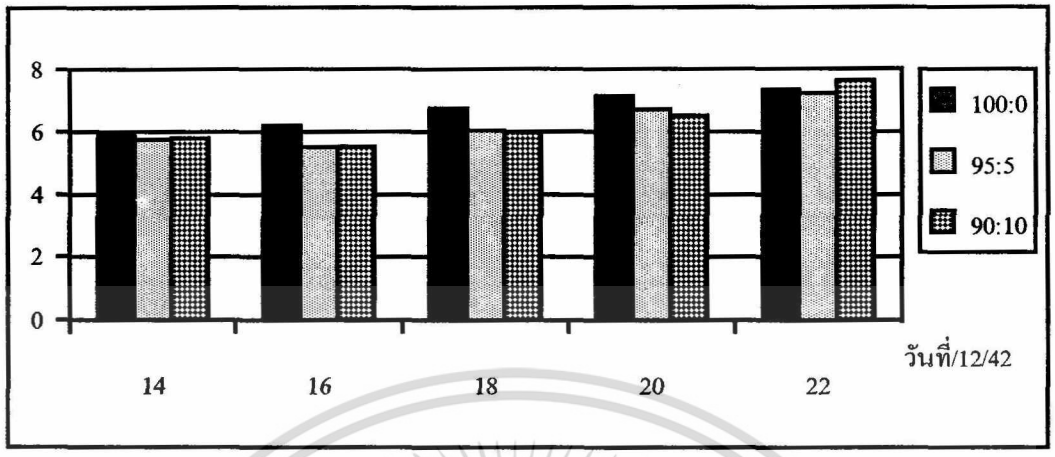


กราฟภาคผนวกที่ 1 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 2-8/12/42

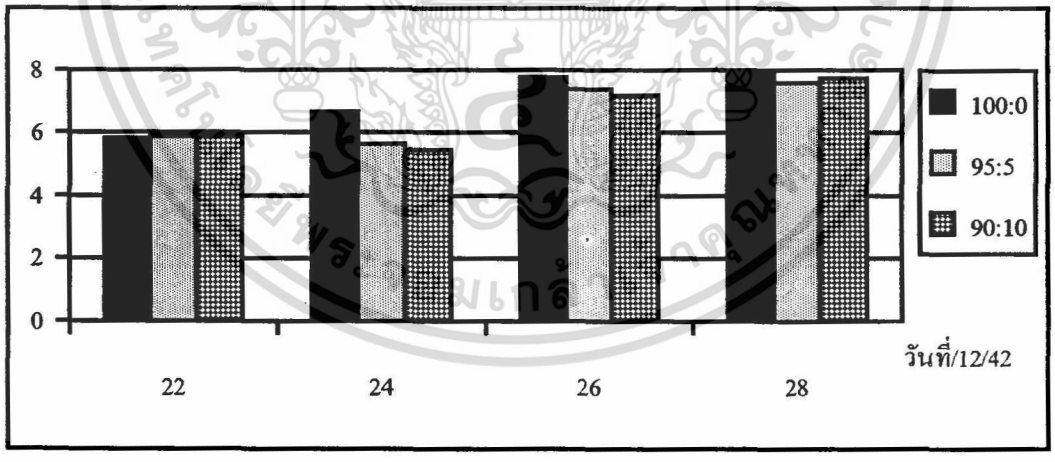


กราฟภาคผนวกที่ 2 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 8-14/12/42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

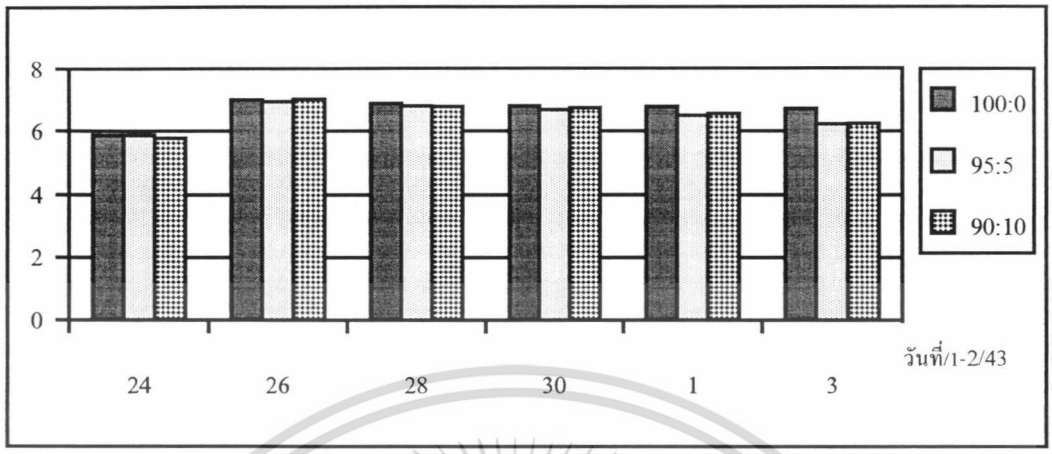


กราฟภาคผนวกที่ 3 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 14-22/12/42

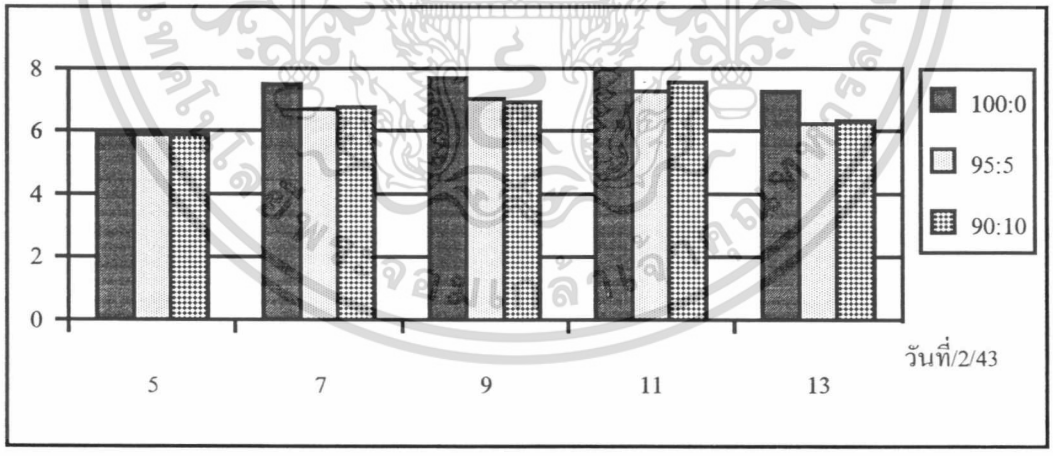


กราฟภาคผนวกที่ 4 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1 ระหว่างวันที่ 22-28/12/42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

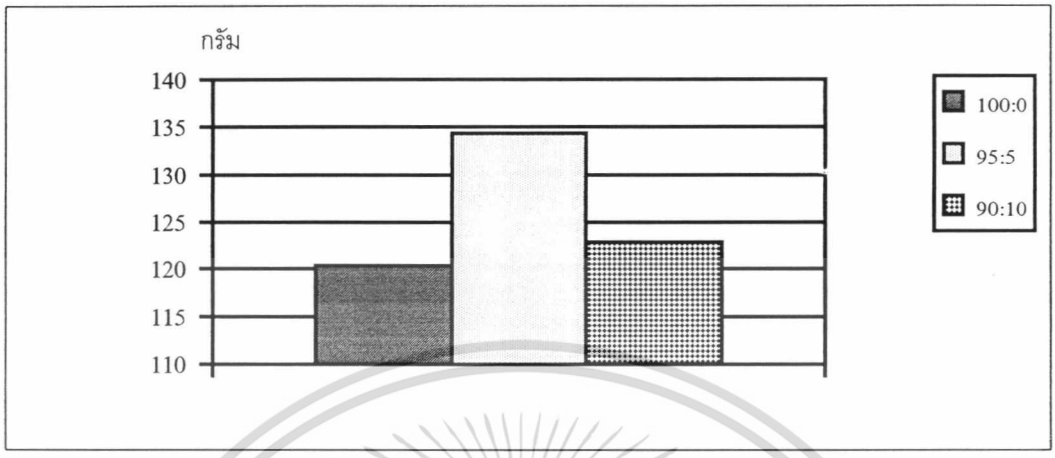


กราฟภาคผนวกที่ 5 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 24-3/1-2/43

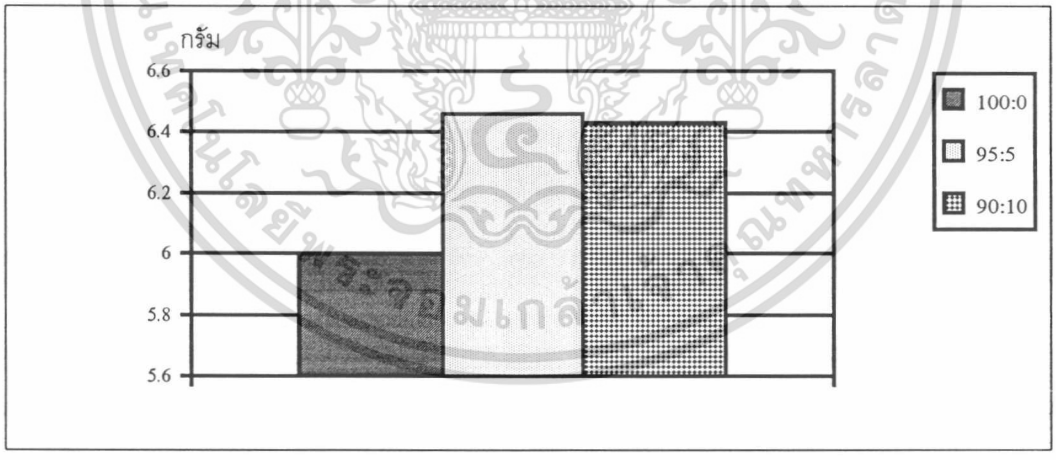


กราฟภาคผนวกที่ 6 แสดงค่า pH ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 2 ระหว่างวันที่ 5-13/2/43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

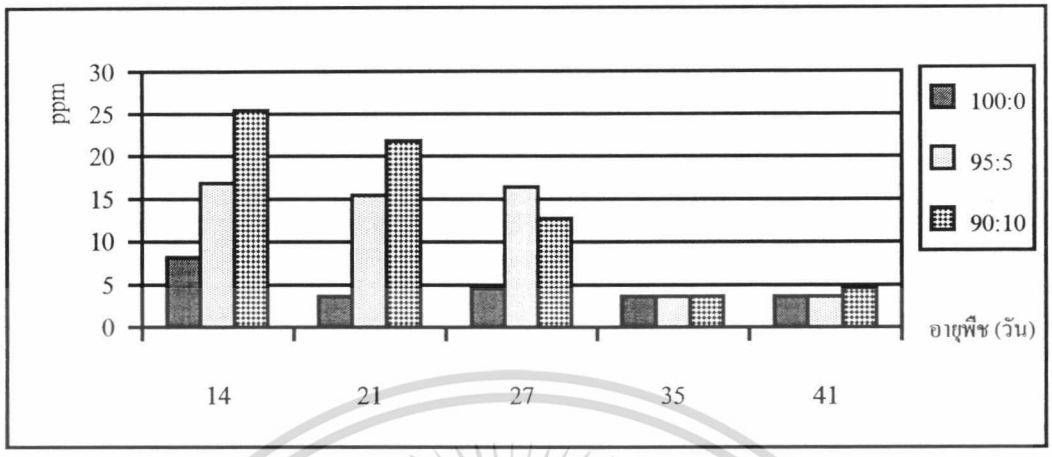


<u>กราฟภาคผนวกที่ 7</u> แสดงค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นพืช crop 1

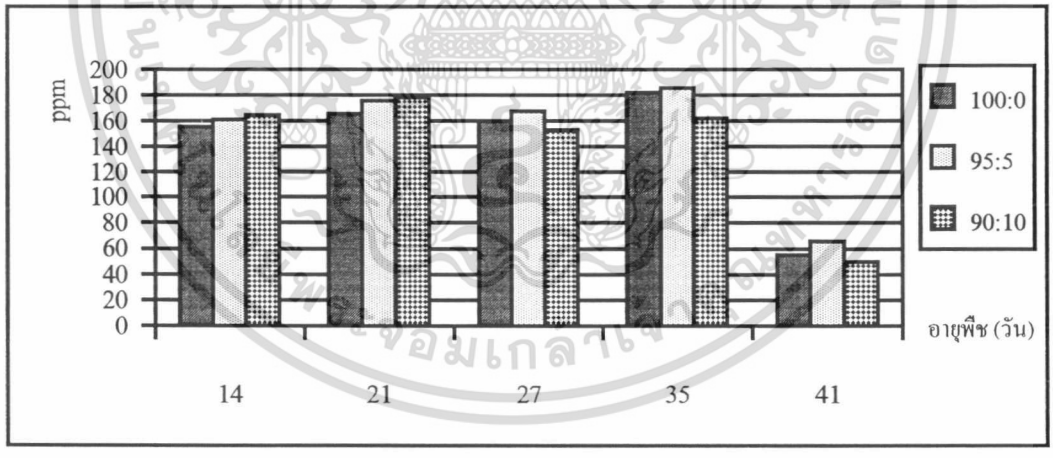


<u>กราฟภาคผนวกที่ 8</u> แสดงค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

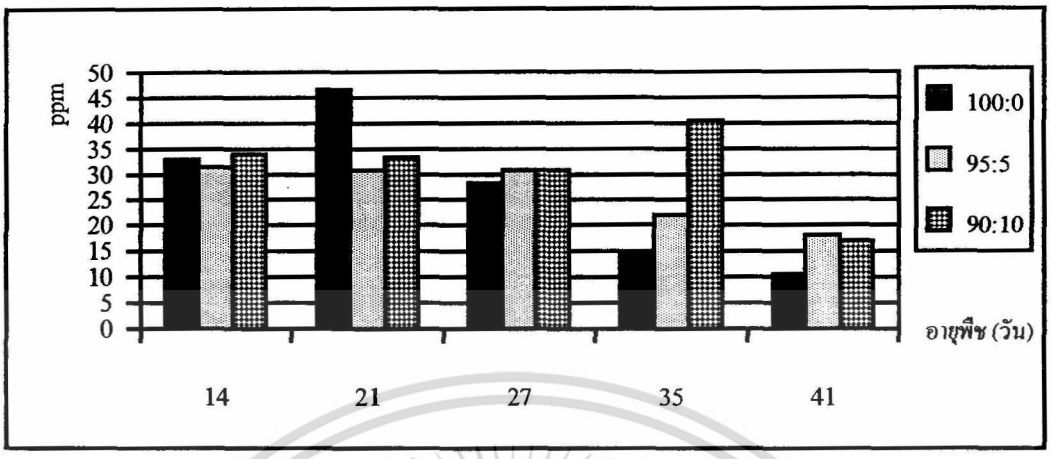


กราฟภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าวิเคราะห์หาแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N)ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

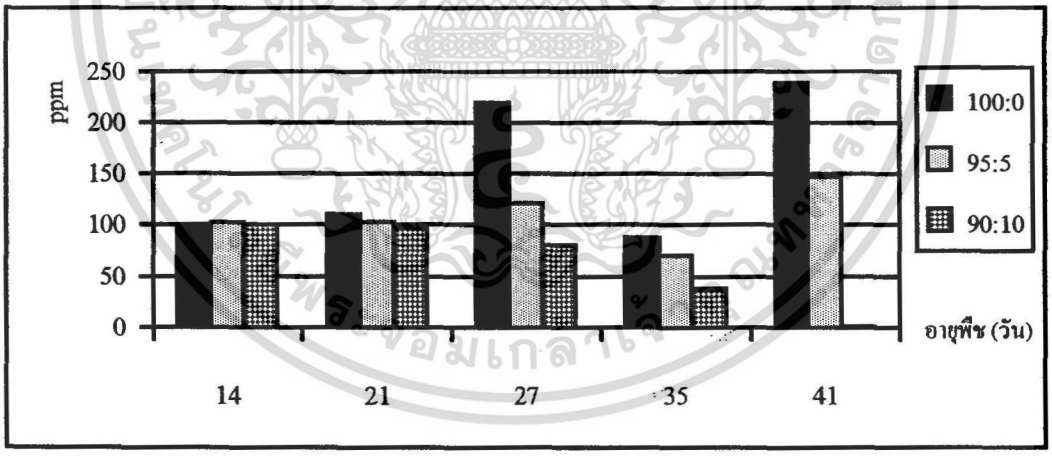


กราฟภาคผนวกที่ 10 แสดงค่าวิเคราะห์หาไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N) ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

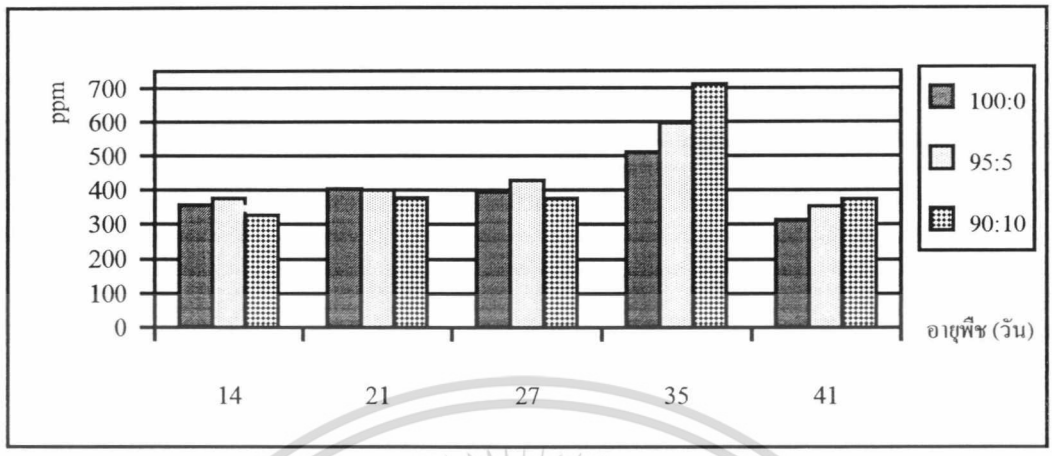


กราฟภาคผนวกที่ 11 แสดงค่าวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสของสารละลายในถังสารละลายของพืชcrop1

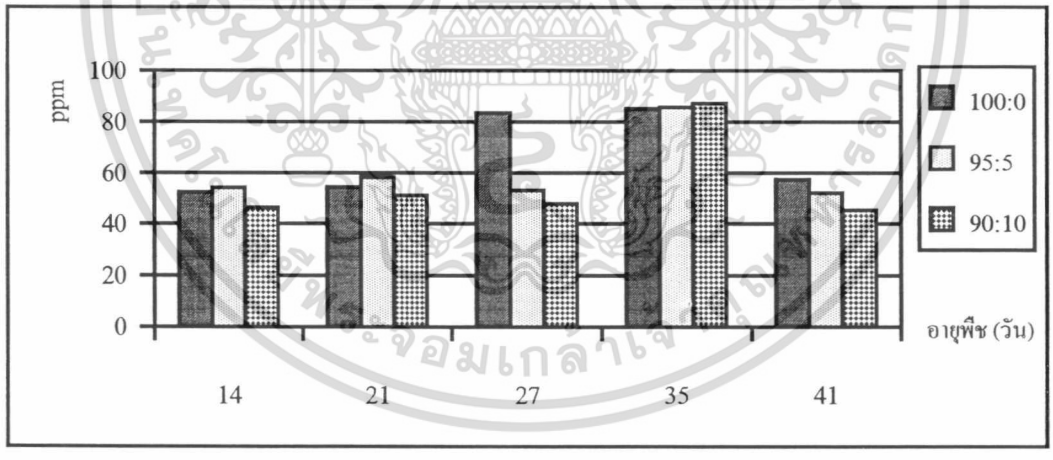


กราฟภาคผนวกที่ 12 แสดงค่าวิเคราะห์หาโพแทสเซียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

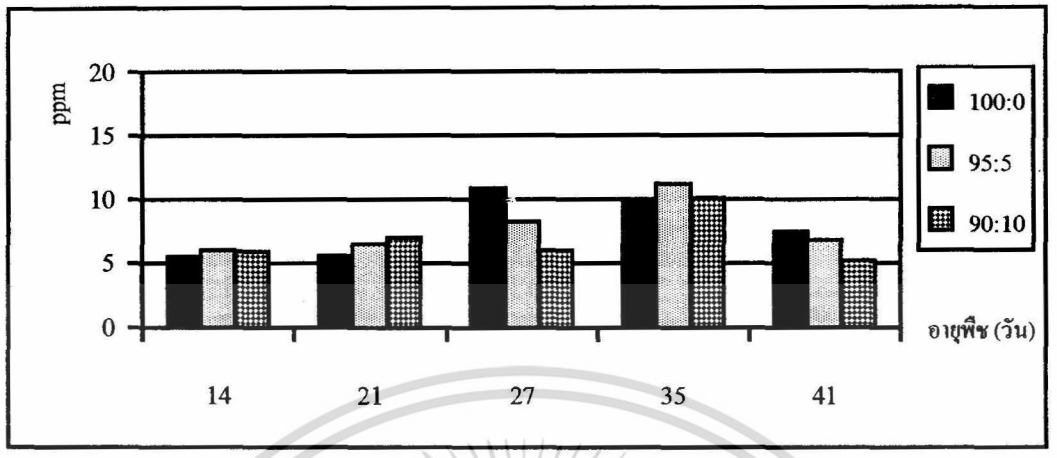


กราฟภาคผนวกที่ 13 แสดงค่าวิเคราะห์หาแคลเซียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืชcrop 1

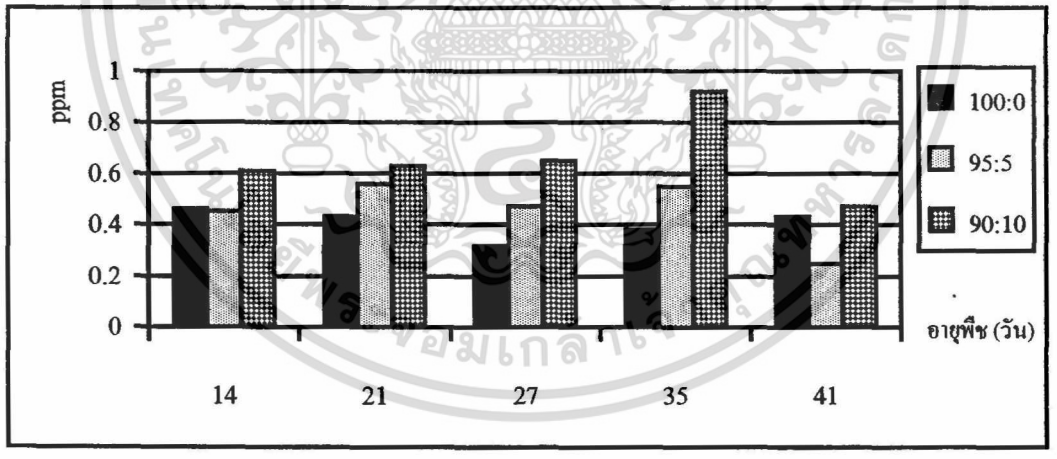


กราฟภาคผนวกที่ 14 แสดงค่าวิเคราะห์หาแมกนีเซียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

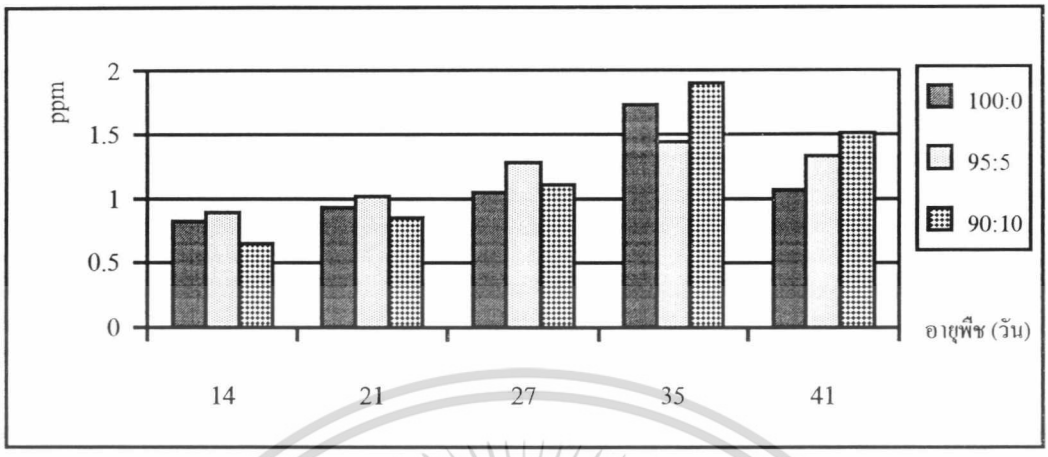


กราฟภาคผนวกที่ 15 แสดงค่าวิเคราะห์หาโซเดียม ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

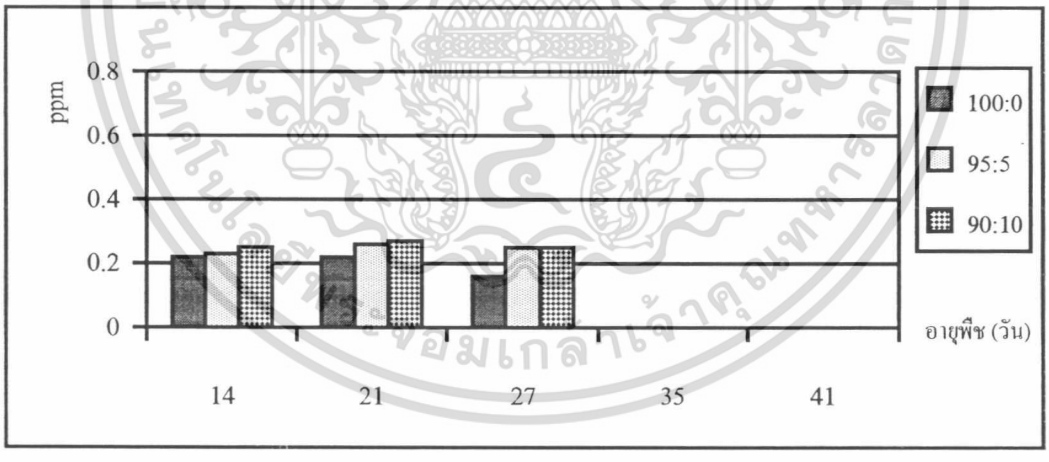


กราฟภาคผนวกที่ 16 แสดงค่าวิเคราะห์หาเหล็ก ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

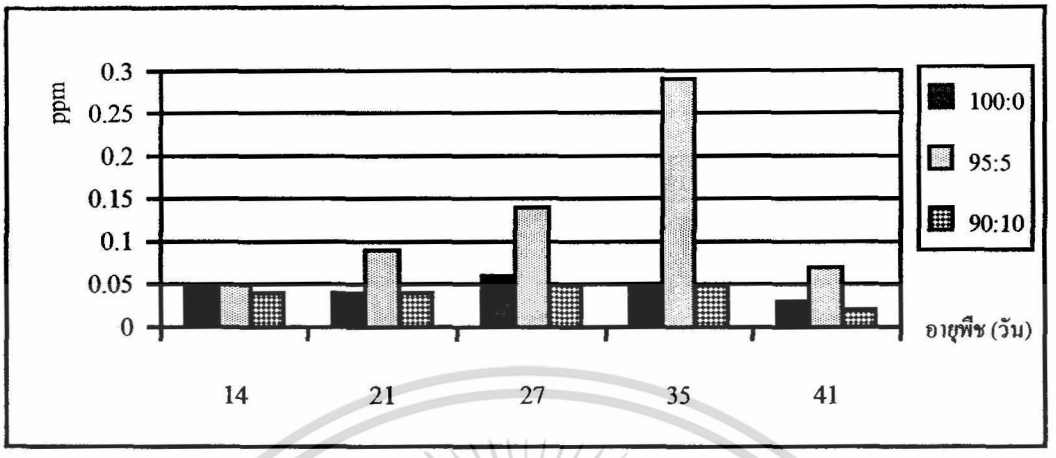


กราฟภาคผนวกที่ 17 แสดงค่าวิเคราะห์หาซิงค์ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

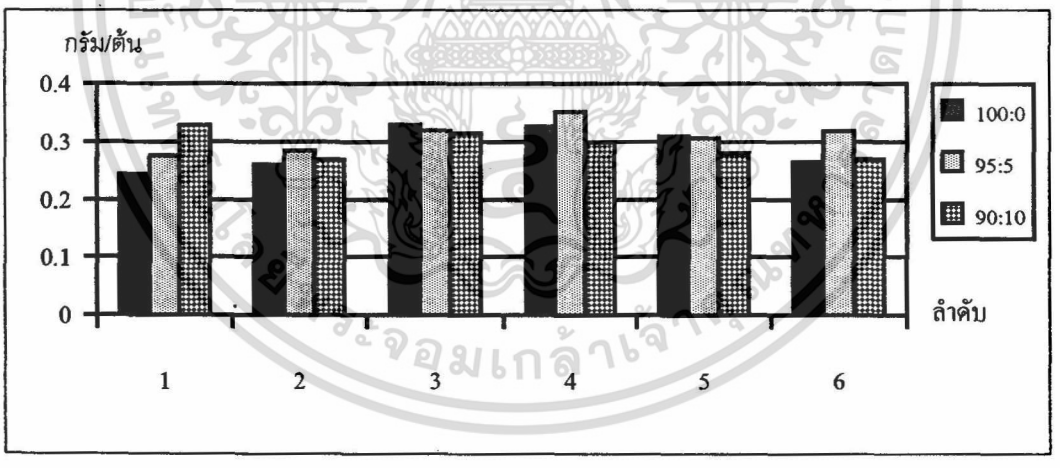


กราฟภาคผนวกที่ 18 แสดงค่าวิเคราะห์หาแมงกานีส ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

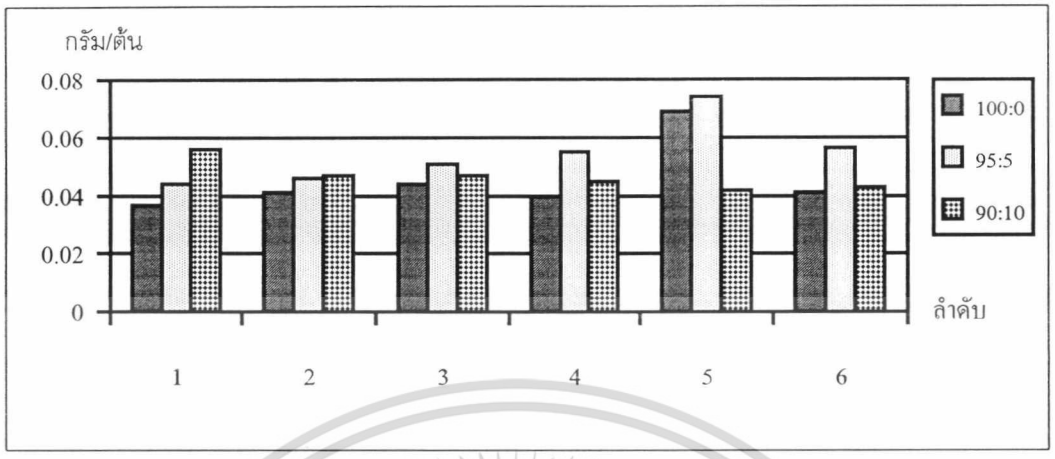


กราฟภาคผนวกที่ 19 แสดงค่าวิเคราะห์หาคอปเปอร์ ของสารละลายในถังสารละลายของพืช crop 1

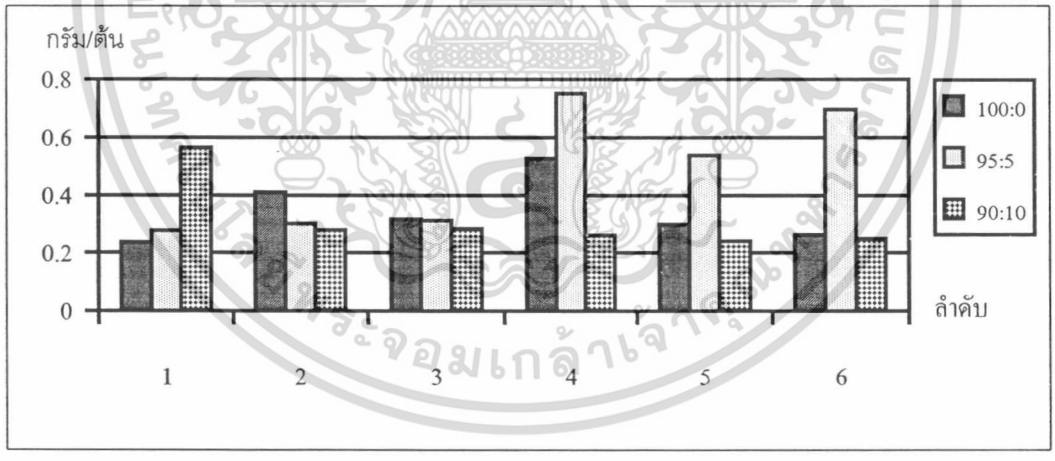


กราฟภาคผนวกที่ 20 แสดงค่าการดูดไนโตรเจนไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

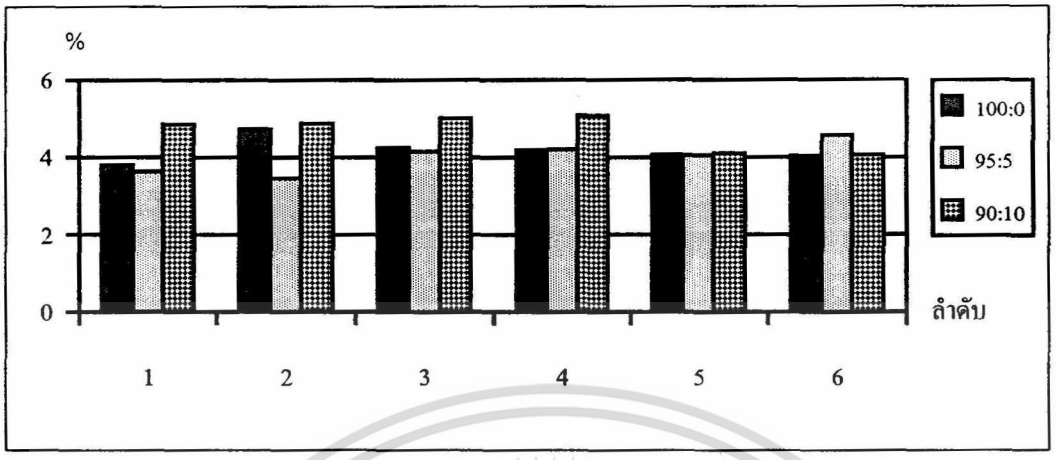


กราฟภาคผนวกที่ 21 แสดงค่าการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1

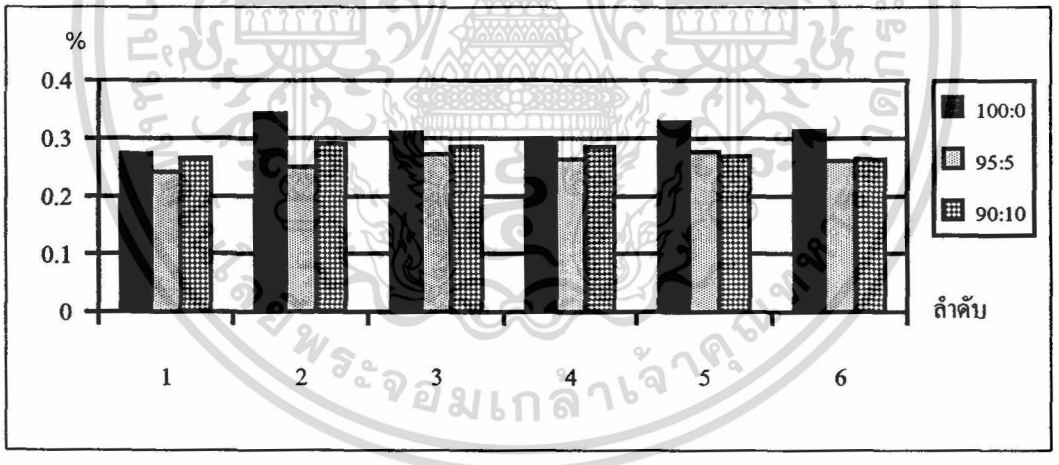


กราฟภาคผนวกที่ 22 แสดงค่าการดูดโพแทสเซียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

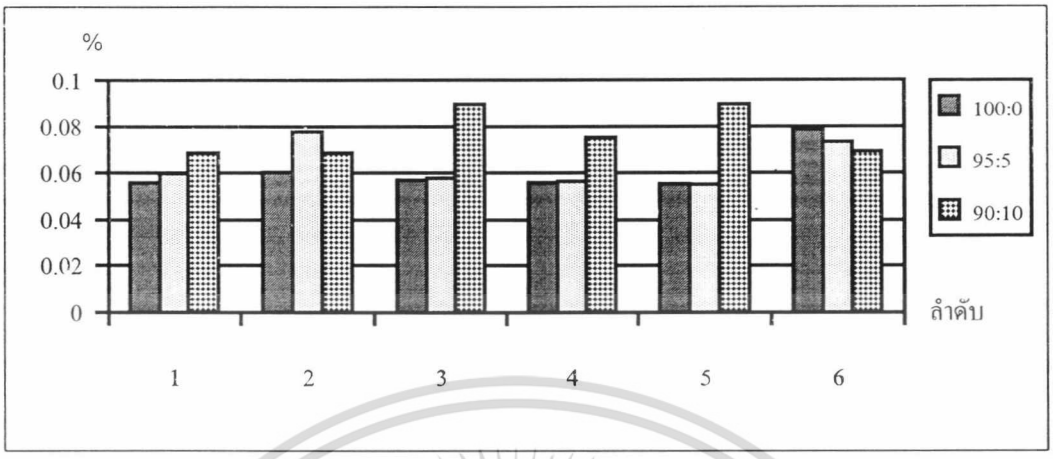


<u>กราฟภาคผนวกที่ 23</u> แสดงค่าการดูดแคลเซียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1

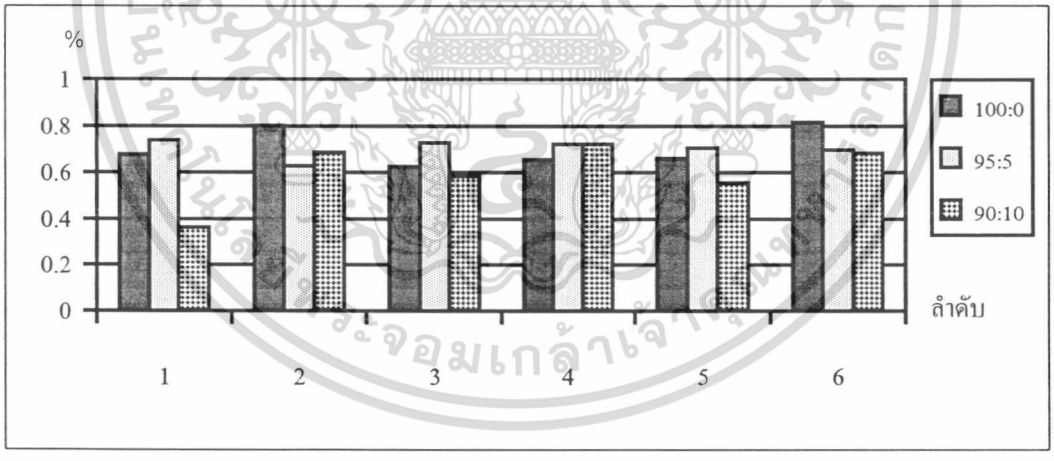


<u>กราฟภาคผนวกที่ 24</u> แสดงค่าการดูดแมกนีเซียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟภาคผนวกที่ 25 แสดงค่าการดูดโซเดียมไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1



กราฟภาคผนวกที่ 26 แสดงค่าการดูดเหล็กไปใช้ของพืช ของต้นพืช crop 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้