

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ระบบปลูกพืชไร้ดินและอัตราส่วนของไนเตรตต่อแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
ของใบพายเขาใหญ่(*Cryptocoryne balansea*)

The optimum of hydroponics system and the ratio of ammonium and nitrate on Crypts
(*Cryptocoryne balansea*) growth



T099349

โดย

นายดำรงศักดิ์ ขอเสริมกลาง รหัสนักศึกษา 43040440

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2546

ร.พ.

๑๒๑๑๘

๒๕๔๖

เลขที่.....
จดลงทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ระบบปลูกพืชไร้ดินและอัตราส่วนของแอมโมเนียต่อไนเตรทที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ
ใบพายเขาใหญ่(*Cryptocoryne balansea*)
The optimum of hydroponics system and the ratio of ammonium and nitrate on Crypts
(*Cryptocoryne balansea*) growth

ชื่อนักศึกษา นายดำรงศักดิ์ ขอเสริมกลาง

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ระบบปลูกพืชไร้ดินและอัตราส่วนของไนเตรตต่อแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
ของใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*)

The optimum of hydroponics system and the ratio of ammonium and nitrate on crypts
(*Cryptocoryne balansae*) growth

การศึกษ้อัตราส่วนไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) ที่อัตราส่วน 100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15 พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอัตราส่วนไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่คือ 90:10 ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.48 ± 0.46 กรัม/ต้น รองลงมาคือ 95: 5, 100: 0 และ 85:15 ซึ่งมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.73 ± 0.90 , 1.42 ± 0.46 และ 0.35 ± 0.47 กรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนการศึกษาระบบการปลูกพืชไร้ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่ ในระบบปลูกพืชไร้ดิน 4 ประเภท ได้แก่ Deep Flow Technique (DFT), sand culture, Nutrient Film Technique (NFT) และ Floating system ซึ่งทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักของพรรณไม้ที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยระบบ DFT มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ซึ่งมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.96 ± 0.018 กรัม/ต้น รองลงมาคือระบบ Sand culture, Floating system และ NFT ซึ่งมีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.62 ± 0.16 , 0.56 ± 0.05 และ 0.19 ± 0.03 กรัม/ต้น ตามลำดับ

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลงได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาการทำปัญหาพิเศษผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงนุช เลหาะวิสุทธิ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและให้ความรู้ในการทำปัญหาพิเศษเป็นอย่างดี รวมทั้งการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง ขอขอบพระคุณอาจารย์อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่กรุณาให้คำแนะนำเรื่องการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินและให้ความสะดวกต่างๆ ในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน ที่ได้อบรมให้ข้าพเจ้าให้มีความรู้ และคอยให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ พี่แสง พี่มอญ พี่ดาว และพี่นิพน ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการทดลอง ช่วยเหลือและให้คำแนะนำตลอดการทดลอง ขอขอบคุณพี่ไต้ (นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาปฐพีวิทยา) ที่ให้คำปรึกษาเรื่องต่างๆ ในการทดลอง เป็นเพื่อนร่วมการทดลองทำให้การทดลองนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่น 7 ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทดลอง ขอขอบคุณมิตรภาพที่ดีที่มีให้มาตั้งแต่เราได้มาอยู่ร่วมกันในรั้วมหาวิทยาลัยแห่งนี้ และขอบใจน้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ ห่วงใยข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ ให้ความอบอุ่นและสนับสนุนทุนทรัพย์บางส่วนในการทดลองนี้ ขอขอบคุณพี่ชายและพี่สาวที่คอยห่วงใย ขอขอบพระคุณทุกๆ คนอีกครั้งที่ทำให้การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายดำรงศักดิ์ ขอเสริมกลาง
เมษายน 2547

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	V
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	16
สรุปและข้อเสนอนแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การสะสมของไนโตรเจนในแต่ละระยะการของการเจริญเติบโต	6
2	ความเป็นกรดเป็นด่างที่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด	8
3	คุณภาพน้ำในการทดลองหาอัตราส่วนของไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการปลูกใบพวยเขาใหญ่	17
4	น้ำหนักของพรรณไม้ น้ำ (กรัม+SE) ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กัน เป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	19
5	คุณภาพน้ำในการศึกษาประเภทของระบบปลูกพืชไร่นาที่เหมาะสมต่อการปลูกใบพวยเขาใหญ่	20
6	น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้ น้ำ(กรัม+SE) ของแต่ละระบบในเวลา 6 สัปดาห์	21
7	ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	23
8	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	24
9	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน(ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	25
10	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	26
11	ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ppm) ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์	29
12	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์	29
13	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์	30
14	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm) ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	38
2	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	40
3	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	42
4	ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน(ppm)ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	44
5	ค่าไนโตรท-ไนโตรเจน(ppm)ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	47
6	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน(ppm)ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	50
7	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ(ppm)ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	53
8	น้ำหนักของพรรณไม้(กรัม) ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างกัน ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	56
9	น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)หลังการทดลอง ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างกัน ในระยะเวลา 3	57
10	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	58

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
11	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	59
12	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	60
13	ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน(ppm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	61
14	ไนไตรท์-ไนโตรเจน(ppm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	62
15	ไนเตรท-ไนโตรเจน(ppm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	63
16	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ(ppm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน	64
17	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในรอบ 1 วันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	65
18	ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(ppm)ในรอบ 1 วันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	66
19	อุณหภูมิน้ำ(องศาเซลเซียส)ในรอบ 1 วันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	67
20	น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)เริ่มต้นในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	68
21	น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)ในสัปดาห์ที่ 2 ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	69
22	น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)ในสัปดาห์ที่ 4 ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	70
23	น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)ในสัปดาห์ที่ 6 ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ	71
24	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการผสมปุ๋ย	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นใบพายเขาใหญ่หรือ บอนน้ำ (Cryptocoryne balansae)	2
2	ที่มาของธาตุอาหารในการปลูกพืชในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินและแบบใช้ดิน	3
3	ระดับความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณของธาตุอาหารในสารละลายปุ๋ย	8
4	น้ำหมักพรวณไม้น้ำในระบบปลูกพืชไร้ดินประเภทต่างๆ เป็นเวลา 6 สัปดาห์	22
5	ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือน	27
6	ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน	27
7	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน	28
8	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือน	28
9	ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของพรวณไม้น้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์	31
10	ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ พรวณไม้น้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์	31
11	ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ พรวณไม้น้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์	32
12	ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของพรวณไม้น้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์	32
ภาพผนวกที่		หน้า
1	ระบบปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT ในการทดลองที่ 1	73
2	ระบบปลูกพืชไร้ดินประเภทต่างๆ	73
3	พรวณไม้น้ำหลังจบการทดลองที่ 2	74

คำนำ

ในปัจจุบันพรรณไม้น้ำได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในธุรกิจปลาสวยงาม หรือปลาสวยงาม โดยนิยมนำมาจัดรวมกับการเลี้ยงปลาสวยงาม หรือจัดเป็นตู้พรรณไม้น้ำเพื่อเพิ่มความเป็นธรรมชาติให้กับตู้ปลา ดังนั้นตลาดจึงมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศและการส่งออกยังต่างประเทศ ไบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) หรือที่นิยมเรียกว่าไบพายน้ำตก หรือบอนน้ำ เป็นพรรณไม้น้ำที่ลักษณะ ใบมีลักษณะเรียวยาวแหลม ขอบของใบย่นและมีสีส้มต่างๆ กันตามความเข้มแสงที่ได้รับ ต้นไบพายเขาใหญ่มีการเจริญเติบโตที่ช้า งอกต้นใหม่ปีละ 2 - 3 ต้นเท่านั้น ในประเทศไทยพบมากบริเวณธารน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ การผลิตไบพายเขาใหญ่เพื่อการค้ายังมีน้อยมากเนื่องจากการศึกษายังมีน้อยและพรรณไม้น้ำจะต้องนำมาจากธรรมชาติ การผลิตส่งขายยังตลาดต่างประเทศจะต้องปลอดเชื้อและต้องการคุณภาพสูง การปลูกไบพายเขาใหญ่ในระบบปลูกพืชไร้น้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้ และมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าในธรรมชาติ แต่ข้อมูลในการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบปลูกพืชไร้น้ำนั้นมีการศึกษาน้อย จึงต้องมีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดนี้ ได้แก่ ระบบปลูกพืชไร้น้ำที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันนี้มีหลายประเภทด้วยกันเช่น Aroponic, Sand culture, Deep Flow Technique (DFT), Nutrient Film Technique (NFT) และ Floating System รวมถึงปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสม โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนในรูป แอมโมเนียมและไนเตรท ซึ่งพรรณไม้น้ำมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 0.5 - 5 ซึ่งไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ สารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของพรรณไม้น้ำ หากได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม พรรณไม้น้ำก็จะมีเจริญเติบโตที่ดี ดังนั้นจะต้องศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของแอมโมเนียต่อไนเตรทต่อการเจริญเติบโตของไบพายเขาใหญ่ การปลูกพรรณไม้น้ำในระบบปลูกพืชไร้น้ำจะผลิตพรรณไม้น้ำได้จำนวนมาก รวดเร็วและได้พรรณไม้น้ำที่ปลอดเชื้อซึ่งส่งผลดีต่อการส่งออก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของแอมโมเนียมต่อไนเตรทในการปลูกไบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) ในระบบปลูกพืชไร้น้ำ
2. เพื่อศึกษาระบบปลูกพืชไร้น้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของใบพายเขาใหญ่

ใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne balansae*) จัดอยู่ในสกุล Araceae จัดเป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นพืชล้มลุกขึ้นในน้ำจืด ตามหนอง บึงที่ชื้นและมีน้ำท่วมขังตื้นๆ หรือบริเวณริมคลองที่มีน้ำไหลเอื่อยๆ และมีปริมาณแคลเซียมที่สูง ความเป็นกรดเป็นด่าง 6-8 อุณหภูมิ 20-28 องศาเซลเซียส (Han, 2001) ลักษณะลำต้นเป็นเหง้าใต้ดิน มีไหลสั้นๆ ใบแตกออกเป็นกระจุกรอบๆ ช่อแทงขึ้นมาจากพื้นดิน เส้นใบเรียงตัวขนานกัน ก้านใบเป็นโพรง ดอกออกเป็นช่อไหลขึ้นมาเหนือน้ำ หุ้มด้วยกาบประดับที่มีลักษณะเป็นหลอดปลายแตกออกคล้ายปากแตร มีส่วนโคนโปร่ง ลำต้นสูงได้ 40 เซนติเมตร จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่ได้รับความนิยมมาก ใบพายเขาใหญ่นิยมเรียกกันอีกชื่อคือ บอนน้ำ หรือใบพายหมวกเหล็ก เป็นพรรณไม้น้ำพื้นเมืองของประเทศไทย พบแพร่กระจายอยู่บนที่สูงบริเวณน้ำตกหรือลำธารน้ำไหล มีใบรูปหอกแคบยาว ปลายใบแหลม แผ่นใบสีเขียวอ่อนถึงชมพูแดงมีรอยย่นเป็นลอนดูเด่นแปลกตา เป็นพรรณไม้น้ำที่ขยายพันธุ์ได้ช้า ในธรรมชาติจะเกิดต้นอ่อนขึ้นปีละ 1-3 ต้นเท่านั้นในปัจจุบันสามารถขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (วันเพ็ญและกาญจนรี, 2543)



ภาพที่ 1 ต้นใบพายเขาใหญ่หรือ บอนน้ำ (*Cryptocoryne balansae*)

ที่มา: วันเพ็ญและกาญจนรี (2543)

ธาตุอาหารของพรรณไม้น้ำ

แหล่งไนโตรเจน

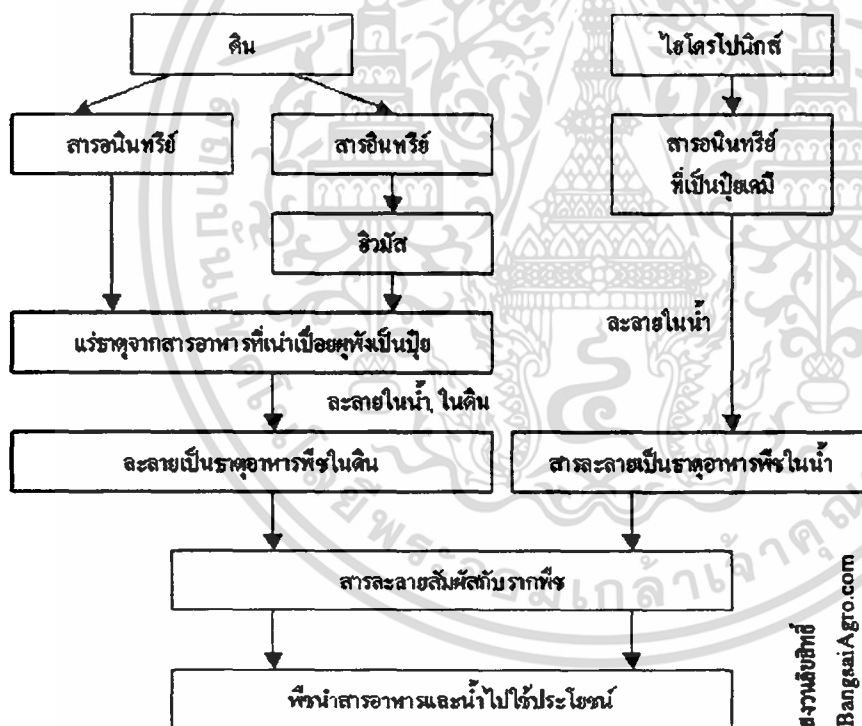
ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารหลัก (สุมิตรา, 2542) ซึ่งพืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (Macronutrient) ร่วมกับธาตุอาหารอื่นๆ คือ โฟสเฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ซึ่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืชจะพบอาการขาดธาตุอาหารเหล่านี้ได้ง่าย แหล่งที่พืชสามารถได้รับไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ที่สำคัญคือ จากการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินหรือในระบบการปลูก และจากสารละลายที่ผสมเป็นสารละลายปุ๋ยซึ่งได้จากการผสมปุ๋ยที่มีความเข้มข้นสูง (อิทธิสุนทร, 2538) กับน้ำ เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด (ภาพที่ 2)

1. แหล่งไนโตรเจนที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ

รูปแบบที่สำคัญของไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียม และไนเตรท (Jones, 1997) พืชสามารถนำไนโตรเจนรูปแบบที่ต่างกันไปใช้ Olsson and Falkengren – Grerup (2000) กล่าวว่า ในสภาพธรรมชาติแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญคือ แอมโมเนียมและไนเตรท รวมถึงไนโตรเจนรูปแบบอื่นเช่น ไนไตรท์ หรือกรดอะมิโน ซึ่งใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนจะขึ้นอยู่กับ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ปริมาณแบคทีเรีย และออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ

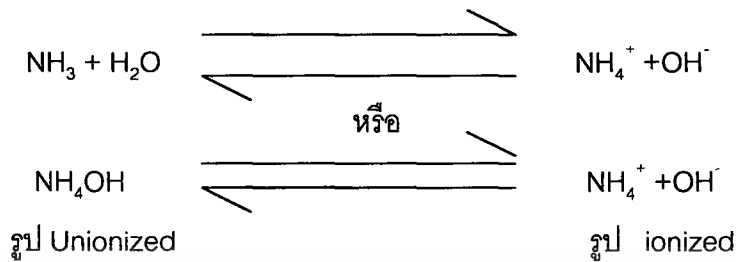


ภาพที่ 2 แหล่งของธาตุอาหารในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินและแบบใช้ดิน

ที่มา: Anon (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้อยู่ในรูปของ ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งจะแตกตัวให้แอมโมเนียซึ่งมีอยู่ 2 รูป คือ ionized (NH_4^+) และ unionized (NH_3) (อิทธิสุนทร, 2538) ดังสมการ



แอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนรูปเมื่อสภาพแวดล้อม มีออกซิเจน และแบคทีเรีย ให้อยู่ในรูปไนไตรท์ซึ่งไม่มีความเสถียรในแหล่งน้ำ และจะถูกเปลี่ยนต่อไปโดยแบคทีเรีย Nitrobacter ซึ่งเป็นพวก Nitrifier ในแหล่งน้ำให้กลายเป็นไนเตรท พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และมีความเสถียรในแหล่งน้ำ (Olsson and Falkengren-Grerup, 2000) กระบวนการเปลี่ยนจากแอมโมเนียเป็นไนเตรท เรียกว่ากระบวนการ Nitrification เมื่อพืช สัตว์ หรือสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำตาย ก็จะปล่อยไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำ และไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนโดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่นจุลินทรีย์ รา หรือแบคทีเรียบางชนิด ให้กลายเป็นแอมโมเนีย เรียกขบวนการนี้ว่า Ammonification ไนโตรเจนในอากาศมีถึงร้อยละ 78 แต่พืชส่วนมากไม่สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีให้กลายเป็นแอมโมเนีย หรือไนเตรทโดยขบวนการตรึงไนโตรเจน (ยงยุทธ, 2545)

2. แหล่งไนโตรเจนที่ได้จากการสังเคราะห์

ไนโตรเจนที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยกระบวนการทางอุตสาหกรรม ได้แก่ แอมโมเนีย ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนแทนไนเตรทใช้ปลูกพืชในพื้นที่ปลูกที่มีบริเวณกว้าง (Tan et al., 2000a) โดยให้ไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนภายใต้อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส และความดัน 200 บรรยากาศ แล้วนำแอมโมเนียมาทำเป็นปุ๋ยอัดเม็ด เช่น ปุ๋ยยูเรียซึ่งเมื่อผสมลงในน้ำจะแตกตัวให้แอมโมเนีย (Tan et al., 2000a) แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไนเตรท (ยงยุทธ, 2545) ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน รูปแบบของไนโตรเจนที่ใช้ควรมีสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนียและไนเตรทซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมคือ 25 ต่อ 75 ตามลำดับ (Jones, 1997) แหล่งไนเตรทในรูปสารประกอบคือ โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) แคลเซียมไนเตรท ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) และกรดไนตริก (HNO_3) รูปแบบของแอมโมเนียคือ แอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) และแอมโมเนียมโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ หรือ แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) (ยงยุทธ, 2545)

องค์ประกอบในพืชและหน้าที่ของไนโตรเจน

ส่วนต่างๆ ของพืชมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก การปลูกพืชถ้ามีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสม ไนโตรเจนก็ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งเสริมการทำงานของธาตุอาหารอื่นๆ ให้ดีขึ้น ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช การเจริญเติบโตของพืชแต่ละระยะ พืชต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เท่ากัน การให้ไนโตรเจนในรูปแบบที่ต่างกัน ก็มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนที่ส่วนต่างๆ ของพืชในปริมาณที่ต่างกันด้วย (Tan et al., 2000a) ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบ จะแปรผันระหว่างร้อยละ 2-5 ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดยเฉพาะระยะต้นอ่อน เพื่อพัฒนาส่วนต่างๆ ที่ยังอ่อน (Jones, 1997) ยงยุทธ (2545) กล่าวว่าอินทรีย์สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบแบ่งได้ 6 กลุ่มคือ โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก สารประกอบไนโตรเจน เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP) และสารประกอบที่พืชสะสมไว้ หรือทำหน้าที่ป้องกัน เช่น แอลคาลอยด์ (alkaloids) ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ ซึ่งการเติม निकิลลงไปจะมีผลสนับสนุนในการสะสมไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของพืช (Tan et al., 2000b)

Motosugi et al. (1995) ทำการทดลองให้ปุ๋ยแอมโมเนียมหรือไนเตรทเพื่อดูการเจริญเติบโตของแอปเปิ้ล 3 สายพันธุ์ พบว่า MM.106, MM.26 เมื่อให้ปุ๋ยไนเตรทจะให้ผลที่มีขนาดใหญ่ สีสวยระดับน้ำตาลมากกว่า แต่ปริมาณไนโตรเจนและแคลเซียมน้อยกว่าจากการให้ปุ๋ยแอมโมเนียม และพันธุ์ *Malus prunifolia* รูปแบบของไนโตรเจนไม่มีผลต่อคุณภาพของแอปเปิ้ล

การเคลื่อนที่ของไนโตรเจน

การเจริญเติบโตของพืชจะต้องมีการนำธาตุอาหารที่อยู่ในดิน หรือสารละลายมาใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งขบวนการที่จะนำธาตุอาหารเข้าไปยังส่วนต่างๆ ของพืชนั้นได้แก่ การซึมผ่าน (Absorption) การขนส่ง (Translocation) และการดูดซึมโดยพืช (Assimilation) จากนั้นสารอาหารจะเข้าไปทำหน้าที่ในส่วนต่างๆ ของพืช ส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของไนโตรเจนคือ รากพืช (Jones, 1997) หน้าที่หลักของรากพืชมี 2 หน้าที่คือ เป็นส่วนที่ยึดลำต้นกับดินหรือวัสดุปลูก และเป็นตัวกลางในการผ่านเข้า ออกของน้ำและอาหาร ซึ่งความหนาแน่นของรากพืชมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหาร (Bar-Tal et al., 1995)

1. การเคลื่อนที่ของน้ำ

ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน Jones (1997) กล่าวว่าน้ำจะผ่านเข้าเซลล์ที่ละน้อยตามอัตราการคายน้ำ และสูญเสียทางขบวนการหายใจ (Transpiration) ซึ่งเกิดบริเวณพื้นที่ผิวใบเป็นส่วนมาก และน้ำจะเคลื่อนที่ผ่านทางไซเลม (Xylem) ของพืช การเคลื่อนที่ของน้ำจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ

ธาตุอาหารซึ่งละลายอยู่ในน้ำ และอัตราการไหลขึ้นอยู่กับ ไอออนในน้ำ พื้นที่ผิวรากและความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย Bar - Tal et al. (2000a) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจของพืช (ต่อพื้นที่ใบ) มีผลต่อการดูดซึมน้ำที่ผิวราก

2. การเคลื่อนที่ของไนโตรเจน

การเคลื่อนที่ของไนโตรเจนจะเคลื่อนที่จากล่างสู่บน (Tan et al., 2000a) เกิดขึ้นโดยขบวนการ passive และ active โดยที่ขบวนการ passive เชื่อว่าเกิดจากปริมาณไนโตรเจนในสารละลายที่มีมาก จึงไหลผ่านเข้าสู่ราก ส่วนขบวนการ active เกิดจากการทำงานของผนังเซลล์ เพื่อรักษาสมดุลของไนโตรเจนและไอออนภายในและภายนอกเซลล์ การจำกัดหรือการตัดรากทำให้การไหลของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Bar-Tal et al., 1995) การเคลื่อนที่ของสารประกอบ Monovalent ได้แก่ NO_3^- , K^+ จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารประกอบ Divalent ได้แก่ HPO_4^{2-} , Ca^{2+} (Jones, 1997) การดูดซึมธาตุอาหารในแต่ละช่วงอายุของพืชจะมีความแตกต่างกัน Tan et al. (2000a) ได้ทดลองเปรียบเทียบการดูดซึม ยูเรียและไนเตรทของมะเขือเทศในระยะต่างๆ กัน พบว่าในระยะต้นอ่อนการซึมผ่านของยูเรียมีเพียงร้อยละ 25 ของไนเตรท ในระยะดอก ผล และระยะการเก็บเกี่ยวการดูดซึมจะเพิ่มเป็นร้อยละ 80 ของไนเตรท การขนส่งยูเรียถูกจำกัดในระยะต้นอ่อน และจะมีค่าเท่ากับการขนส่งไนเตรทในระยะต่อมา ซึ่งปริมาณของไนโตรเจน (^{15}N) จะพบมากในเนื้อเยื่อต่างๆ จากการให้ปุ๋ยยูเรีย (ตารางที่ 1) Tan et al. (2000b) ทำการเติมไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยแอมโมเนียหรือปุ๋ยยูเรีย พบว่าการดูดซึมแคลเซียมและไนโตรเจนรวมจะเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 1 การสะสมของไนโตรเจนในแต่ละระยะการของการเจริญเติบโต

แหล่งไนโตรเจน	การดูดซึมของ ^{15}N (mg/plate) ^a			
	ระยะการเจริญเติบโตของพืช			
	ต้นอ่อน	ระยะดอก	ระยะผล	ระยะการเก็บเกี่ยว
ยูเรีย	0.84(1) ^c	9.84(12) ^c	36.27(43) ^b	53.77(640) ^b
ไนเตรท	3.32(1) ^a	14.90(4) ^a	44.35(13) ^a	63.93(20) ^a
แอมโมเนียม	1.79(1) ^b	13.23(7) ^b	35.55(20) ^b	55.35(31) ^b

ที่มา: Tan et al. (2000 a)

การขาดไนโตรเจนในพืช

การขาดไนโตรเจน จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชไม่เป็นปกติ พืชจะแสดงอาการออกมา ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ และเมื่อภาวะแวดล้อมของพืชมีไนโตรเจนมากเกินไปเกินความต้องการ พืชก็แสดงอาการออกมา ยงยุทธ (2545) กล่าวว่าอาการขาด และความเป็นพิษที่สำคัญมีสองลักษณะคือ ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorosis) เกิดอาการใบด่างหรือค่อมๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีขาวและอาการเนโครซิส (necrosis) คือลักษณะการตายของเซลล์หรือเนื้อเยื่อ รวมถึงการตายทั้งต้น

ส่วนสมิตรา (2542) กล่าวว่าไนโตรเจนสามารถเคลื่อนที่ได้ในพืช ดังนั้นเมื่อส่วนเจริญขาดไนโตรเจน ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในใบแก่จะเคลื่อนที่ไปยังส่วนที่กำลังเจริญ เช่น ยอด ราก ทำให้ใบแก่เหลืองและแห้งเร็วขึ้น พืชจะเติบโตช้าเพราะว่า การสังเคราะห์โปรตีนลดลง

ความเป็นพิษของไนโตรเจนต่อพืช

เมื่อพืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง จะยืดอายุใบแก่ พืชที่ได้รับไนโตรเจนมากตั้งแต่ระยะต้นอ่อน ส่วนเหนือดินจะเจริญเร็วแต่รากเจริญช้า ในข้าวจะเกิดใบยาวและกว้างกว่าปกติ ใบบางลง ลำต้นยืดยาวไม่แข็งแรง คุณภาพของผลผลิตในเชิงโภชนาการต่ำในระหว่างการเก็บเกี่ยว (ยงยุทธ, 2545) ความเป็นพิษของไนโตรเจนส่วนใหญ่เกิดจากรูปแอมโมเนียคือ รอบใบมีสีน้ำตาล ใบเหลือง มีจุดด่างที่ใบ (Tan et al., 2000b) เกิดการตายของเนื้อเยื่อที่ขอบใบ (Tan et al., 2000a) ส่งผลให้พืชโตช้า ทำให้เกิดบาดแผลที่ใบและกิ่งก้านใบมีลักษณะคล้ายถ้วย ใบเหี่ยว พืชของแอมโมเนียจะทำให้พืชตายในที่สุด (Jones, 1997) ความเป็นพิษของแอมโมเนียเกิดขึ้นจากการปล่อยแอมโมเนียระหว่างการดูดซึ่มยูเรีย สามารถลดความเป็นพิษโดยการเติมยูเรียเอส (Tan et al., 2000b)

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร

ในสภาวะเหมาะสมธาตุอาหารจะคงสภาพอยู่ในสารละลายและเป็นตัวแปรสำคัญที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช แต่เมื่อใดที่มีสภาพไม่เหมาะสม จะสูญเสียจากระบบ ทำให้พืชนั้นขาดธาตุอาหาร ก่อให้เกิดความเสียหายหลายด้าน เช่น ผลผลิตไม่มีคุณภาพ สิ้นเปลืองธาตุอาหารที่เติมลงไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลในการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

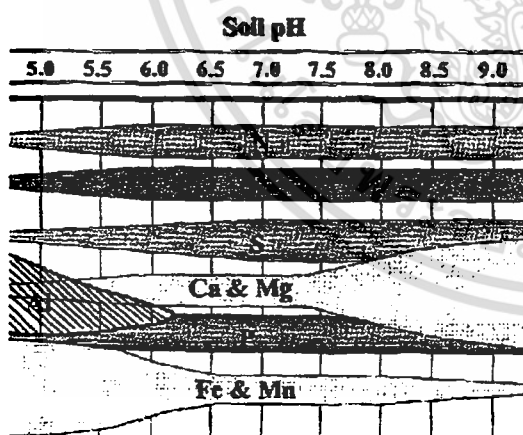
สมิตรา (2544) กล่าวว่า ค่าที่บอกถึงปริมาณของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำซึ่งธาตุอาหารจะคงอยู่ได้ในระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่ต่างๆ กัน (ภาพที่ 3) และจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับธาตุอาหารอื่นทำให้เกิดการเปลี่ยนรูป ซึ่งพืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ เช่นทำให้เหล็กตกตะกอน

Olsson and Falkengren – Grerup (2000) ได้ทำการทดลองกับพืชสมุนไพรมานาน 5 ชนิด พบว่า พืชที่ทนกรดได้น้อย 2 ชนิดคือ *Geum urbanum* และ *aegopodium podagraria* จะมีขบวนการ Nitrification ที่สูงบริเวณผิวรากเมื่อเทียบกับในดิน และชนิดที่ทนกรดได้ *Deschampsia flexuosa* และ *Convallaria majalis* จะมีการนำแอมโมเนียที่สูง ขบวนการ Nitrification ที่รากต่ำกว่าหรือเท่ากัน เมื่อเทียบกับดิน (ตารางที่ 2) ยงยุทธ (2545) กล่าวว่า ในสารละลาย ความเป็นกรดเป็นด่างทำให้ ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปแบบที่ต่างกันคือ ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 6.8 จะอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.8-7.2 จะอยู่ในรูป HPO_4^{2-} และสูงกว่า 7.2 จะอยู่ในรูป PO_4^{3-}

ตารางที่ 2 ความเป็นกรดเป็นด่างที่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด

ชนิดของพืช	ความเป็นกรดเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนเตรท	อัตรา Nitrification	ดัชนีหน้าที่ในพืช
<i>Deschampsia flexuosa</i>	3.8	54	33	36	2
<i>Convallaria majalis</i>	4.5	30	49	65	6
<i>Poa nemoralis</i>	4.8	23	53	72	6
<i>Geum urbanum</i>	5.2	11	60	90	8
<i>Aegopodium podagraria</i>	5.2	9	72	93	8

ที่มา: Olsson and and Falkengren- Grerup , (2000).



ภาพที่ 3 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณของธาตุอาหารในสารละลายน้ำ

ที่มา: Anon (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(Dissolve oxygen)

ปริมาณออกซิเจนในระบบการเพาะปลูกควรจะมีมากโดยเฉพาะในเวลากลางคืน ซึ่งพืชต้องการออกซิเจนและต้องแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในแหล่งน้ำ (Olsson and Falkengren -Grerup, 2000) เพื่อใช้ในการหายใจ และยังมีผลต่อการดูดซับแร่ธาตุด้วย โดยทั่วไปออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร การปลูกมะเขือเทศในระบบ DFT กับความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารต่อน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด พบว่าการเปลี่ยนแปลงไม่มีความแตกต่างกันในการตอบสนองต่อปริมาณออกซิเจนเท่าที่ควรจะเป็น (Zeromi et al., 1983)

3. ปริมาณไออนและธาตุอาหารอื่นในสารละลาย

ปริมาณของไออนในน้ำมีผลต่อรูปของไนโตรเจนคือ จะเข้าไปทำปฏิกิริยา ไนโตรเจนหรือสารอื่นๆ ก็จะเปลี่ยนรูปไป สังกะสีจะจับตัวกับฟอสฟอรัสให้ตกตะกอน (ยงยุทธ, 2545) เพื่อป้องกันการจับตัวกันและตกตะกอน จึงต้องแยกสารละลายปุ๋ยเป็น 2 ส่วน เมื่อต้องการใช้ก็นำมาผสมในน้ำให้เจือจางและเหมาะสมกับความต้องการของพืช (อิทธิสุนทร, 2538) การใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราส่วนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 10 และ 30

4. ปริมาณความเข้มของแสง(Light intensity)

พรรณไม้ไม่จำเป็นต้องใช้ในการเติบโตที่มีความเข้มแสงน้อยเมื่อเทียบกับผัก ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องกำบังแสงให้แก่พรรณไม้ไม่ ซึ่งแสงมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารของพรรณไม้ไม่ โดยพบว่าบริเวณที่มีแสงสว่างมากพรรณไม้ไม่บริเวณนี้จะได้รับแสงอย่างเต็มที่ซึ่งทำให้มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณที่ได้รับแสงน้อยกว่า (วันเพ็ญ และคณะ, 2535) และแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกันย่อมให้ความสว่างและความเข้มแสงต่างกัน ซึ่งแหล่งที่มาของแสงมีดังนี้

4.1 ดวงอาทิตย์ แสงจากดวงอาทิตย์จัดเป็นแหล่งของแสงที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ไม่ เป็นแหล่งของแสงที่หาได้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

4.2 หลอดไฟ หลอดไฟเป็นแหล่งแสงที่สามารถควบคุมปริมาณความเข้มของแสงและระยะเวลาการให้แสงแก่พรรณไม้ไม่ ได้ ซึ่งชนิดของหลอดไฟในปัจจุบันนั้นมีหลายชนิดและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เช่น หลอด Incandescent, Fluorescent, Mercury vapor, Alide และ High-pressure sodium ซึ่งปัจจัยที่คำนึงถึงในการเลือกใช้คือ ช่วงระยะเวลาการให้แสง สีของแสง และความเข้มแสง

5. อุณหภูมิ (Temperature)

พรรณไม้ไม่แต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกันไป บางชนิดชอบอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง บางชนิดสามารถปรับตัวให้อยู่ในน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่กว้าง แต่บางชนิด

เจริญเติบโตในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่แคบ พรรณไม้มีส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส

6. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity)

ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ น้ำ เนื่องจากพรรณไม้บางชนิดมีความต้องการความชื้นที่สูงมาก เช่น ตระกูลใบพายชนิดต่างๆ ต้องมีการหยดน้ำหรือให้ความชื้นเป็นระยะ ขาไก่หรือแอมมาเนีย ควรรดน้ำวันละ 3-4 ครั้ง (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ทั่วไป (นงนุช, 2544)

7. ความเค็ม (Salinity)

การเพิ่มขึ้นของความเค็มจะมีผลเล็กน้อยหรือไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสัมพันธ์กับน้ำและความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในเนื้อเยื่อพืช แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของการขนส่งไอเดียมและคลอไรด์จากการตรวจสอบที่ใบทำให้ใบมีการเจริญเติบโตที่น้อยลง การจัดการความเค็มของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพของผักขึ้นฉ่ายชนิด celery โดยมีผลต่อพืชที่น้อยที่สุด (Pardossi et al., 1999)

8. ปัจจัยอื่นๆ

การเจริญเติบโตของพรรณไม้มีปัจจัยอื่นๆ อีกมาก เช่น Bar-Tal et al. (1995) การตัดหรือจำกัดรากทำให้การเจริญเติบโตของมะเขือเทศ การสะสมของโพแทสเซียมลดลง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับ การสังเคราะห์ฮอร์โมน และกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ราก การเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายในธาตุอาหารไม่สามารถชดเชยได้ และไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของพืช ประสิทธิภาพการใช้น้ำลดลงรวมถึงการลดลงของน้ำหนักแห้ง น้ำหนักเฉลี่ยของผลด้วย (Bar-Tal et al., 1994a; Bar-Tal et al., 1994b) วัสดุปลูกก็มีผลต่อการเจริญของพืช มณีรัตน์และคณะ (2540) ทดลองใช้วัสดุปลูก 4 ชนิด พบว่าปะการังให้การเจริญเติบโตที่ดีที่สุด รองลงมาคือกรวดขนาด 1-2 มิลลิเมตร ทรายหยาบขนาด 0.5-1 มิลลิเมตรและกรวดขนาด 3-5 มิลลิเมตร

ระบบปลูกพืชไร้ดิน

1. ประเภทของระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน อธิติสุนทร (2538) ได้จำแนกได้ดังนี้

1.1 การปลูกแบบรากลอย (aroponic) เป็นการปลูกพืชที่ให้ส่วนของรากพืชลอยอยู่ในอากาศ และฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงระยะๆ โครงสร้างของระบบการปลูกพืชแบบรากลอยมีด้วยกันหลายแบบ เช่น แบบกล่องสี่เหลี่ยม แบบกระโจมสามเหลี่ยม

1.2 การปลูกในวัสดุปลูก เช่น ททรายหยาบ (Coarse sand culture) เป็นการปลูกโดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ซึ่งทรายจะอุ้มน้ำได้น้อย เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ความพรุนมาก อายุการใช้งานยาวนาน โดยจะปลูกพืชในทรายและปล่อยให้สารละลายไหลผ่านรากของพืช ไหลกลับลงสู่ถังสารละลาย นอกจากนี้ยังมีการปลูกด้วยกาบมะพร้าว ปลูกในเม็ดโฟมเล็กๆ การปลูกด้วยปะการัง (มณีรัตน์ และคณะ, 2540) หรือการปลูกด้วยใยหิน (rook wool) ซึ่งมีความอิมิตวสูงค่าความนำไฟฟ้าอยู่ที่ 4 mS/cm ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าต่ำ การเพิ่มขึ้นของความชื้นในใยหินมีผลทำให้ความเข้มข้นแคลเซียม ไนเตรทสูงขึ้นอัตราการไหลผ่านของน้ำที่สูงมีการเพิ่มมากขึ้นของ โฟแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสเฟตและไนเตรทโดยเฉพาะแคลเซียมและซัลเฟตจะถูกเก็บรักษาไว้ในใยหินมากกว่าครึ่ง (Rijck and Schrevens, 1998)

1.3 การปลูกในสารละลาย (Water culture) เป็นการปลูกโดยให้รากสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยไม่มีวัสดุปลูก โดยสารละลายจะถูกดึงจากถังมาสู่รางปลูกให้รากพืชสัมผัสสารละลายธาตุอาหารโดยตรงและไหลกลับลงสู่ถังสารละลายปุ๋ย แบ่งตามลักษณะการปลูกได้ดังนี้

1.3.1 Nutrient Film Technique (NFT) เป็นระบบที่รางปลูกต้นไม้เป็นแผ่นฟิล์มที่หนาประมาณ 0.5 mm. โดยด้านบนของรางจะเจาะรูเพื่อปลูกต้นไม้และมีสารละลายไหลผ่านช่องตรงกลาง Vaillant et al. (2003) ทำการทดลองผ่านระบบ (NFT) พบว่าค่า BOD และ COD ในน้ำเพิ่มขึ้นและค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส รวมถึงค่าแอมโมเนียมีค่าลดลงและการเปลี่ยนแปลงส่วนมากเกิดจากกระบวนการ Nitrification ถึงร้อยละ 95

1.3.2 Deep Flow Technique (DFT) เป็นระบบที่รางปลูกเป็นท่อซึ่งจะมีน้ำท่วมอยู่ประมาณครึ่งท่อ และด้านบนจะเจาะรูเพื่อปลูกต้นไม้และจะมีน้ำไหลผ่านท่อตลอดเวลา

1.3.3 Floating system เป็นการปลูกที่รากของพืชแช่อยู่ในสารละลาย ซึ่งจะมีแผ่นโฟม เจาะรูเพื่อปลูกต้นไม้ตามจำนวนที่ต้องการ Nhut et al. (2003) ได้ทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของ taro (ผักชนิดหนึ่ง) กับการปลูกด้วยดินพบว่าให้การเจริญเติบโตที่ดีกว่า

ชนิดของพืชที่ใช้ปลูกในระบบ

พืชที่สามารถปลูกในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินมีหลายกลุ่ม ได้แก่ พืชผัก เช่น ผักกาดขาว ผักชี (Pardossi et al., 1999) ผักบุ้ง ไม้ผล/ผักรับประทานผล เช่น สตรอเบอรี่ แอปเปิ้ล (Motosugi et al., 1995) แคนตาลูป ถั่วฝักยาว แตงกวา มันฝรั่ง (Mckeehen et al., 1996) พริก มะเขือเทศ (Tan et al., 2000a; Bar-Tal et al., 1995; Zeroni et al., 1983) ไม้ดอก เช่น กุหลาบ คาร์เนชั่น พืชสมุนไพร เช่น

ว่านหางจระเข้ พืชสวนครัวต่างๆ พืชอาหารสัตว์ เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พรรณไม้น้ำ เช่น ดาวกระจาย (มณีรัตน์ และคณะ, 2540) ใบพาย อแมซอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. ต้นใบพายเขาใหญ่ การทดลองที่ 1 ใช้ 240 ต้น และการทดลองที่ 2 ใช้ 1,800 ต้น ปลูกในถ้วยปลูกและพันด้วยไยหิน (rockwood)
2. ระบบปลูกแบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งมี 24 รางปลูก แต่ละรางปลูกมีช่องสำหรับปลูก 20 ช่อง ระบบปลูกเป็นแบบหมุนเวียนสารละลายการทดลองที่ 2 ใช้ระบบปลูกพีชไรด์ดิน 4 ชนิดคือ Floating system, Sand culture, Deep Flow Technique (DFT) และ Nutrient Film Technique (NFT)
3. อุปกรณ์รักษาความชื้นภายในโรงเรือน
4. ถังใส่สารละลายปุ๋ยขนาด 12 แกลลอน 12 ใบและขนาด 100 ลิตร 12 ใบ
5. บำน้ำที่ใช้ในการตั้งสารละลายปุ๋ยขึ้นรางปลูก 24 ตัว
6. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) และ เครื่องวัดความนำไฟฟ้า (EC meter) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
7. สารละลายปุ๋ยซึ่งผสมให้มีอัตราส่วนของของไนเตรตต่อแอมโมเนียม 100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15
8. ชุดวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ประกอบด้วยชุดวิเคราะห์แอมโมเนียม ชุดวิเคราะห์ไนเตรท ชุดวิเคราะห์ไนเตรทและชุดวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ
9. อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ บีกเกอร์ เครื่องวัดการดูดกลืนแสง กระจกตวง และอื่นๆ

วิธีการ

แผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไนเตรตต่อแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ อัตราส่วนของไนเตรตต่อแอมโมเนียมที่ 100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15 ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 การศึกษาระบบปลูกพืชไร้ดิน ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของ
ใบพายเขาใหญ่

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ระบบปลูกแบบ
Floating system, Sand culture, Deep Flow Technique (DFT) และ Nutrient Film Technique
(NFT) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไนเตรตต่อแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อการ
เจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่

พรรณไม้ใช้ต้นใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne banlansae*) จำนวน 240 ต้น ซึ่งพันด้วย
ใยหิน (rockwool) ปลูกในถ้วยปลูกนำไปปักพื้นในถังที่คลุมด้วยพลาสติกเพื่อลดการคายน้ำของพรรณ
ไม้ 2 อาทิตย์นำมาซึ่ง เขียนเบอร์ แล้วสุ่มขึ้นปลูกบนรางปลูก รางละ 20 ต้น ทุกๆ 2 สัปดาห์จะสุ่ม
พรรณไม้ไปชั่งน้ำหนัก 2 ต้นเพื่อหาอัตราการเจริญเติบโต และเมื่อสิ้นสุดการทดลองก็ชั่งพรรณไม้
ทั้งหมด เพื่อหาน้ำหนักสุดท้าย ทำการบันทึกน้ำหนักของพรรณไม้ทุกครั้งที่ชั่งได้

ระบบปลูก ใช้ระบบปลูกพืชไร้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) รางปลูก แต่ละราง
ปลูกสามารถปลูกต้นไม้ได้ 20 ต้น ผสมสารละลายปุ๋ยเข้มข้นที่เตรียมไว้ในถังที่มีน้ำประมาณ 20 ลิตร
ให้มีค่าความนำไฟฟ้าประมาณ 1.0 สารละลายปุ๋ยจะถูกดึงจากแต่ละถังขึ้นไปที่หัวรางโดยปั้มน้ำ และ
จะไหลออกทางท้ายรางกลับมาที่ถังสารละลายและเวียนตลอดจนกว่าจะเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็น
เวลา 1 เดือน สารละลายจะถูกรักษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างไว้ที่ 6.5 – 7.0 ทำการฉีดน้ำเพื่อรักษา
ความชื้นประมาณ 60 – 80 % ทุกๆ สัปดาห์จะเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งคุณสมบัติ
ของน้ำที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า ความเป็นกรดเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และ
ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ บันทึกค่าของคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้

การทดลองที่ 2 การศึกษาระบบปลูกพืชไร้ดิน ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของ
ใบพายเขาใหญ่

พรรณไม้ใช้ต้นใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne banlansae*) 1,800 ต้น ซึ่งปลูกในถ้วย
ปลูกนำไปปักพื้นในถัง 2 อาทิตย์สุ่มมาซึ่งชุดการทดลองละ 45 ต้นเพื่อหาน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำไป
ปลูกในระบบที่เตรียมไว้ชุดการทดลองละ 450 ต้น ทุกๆ 2 สัปดาห์จะนำพรรณไม้ 15 ต้นมาซึ่งเพื่อ
หาอัตราการเจริญเติบโต เมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งพรรณไม้ ชุดการทดลองละ 45 ต้น เพื่อหาน้ำหนัก
สุดท้าย ทำการบันทึกน้ำหนักของพรรณไม้ทุกครั้งที่ชั่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปลูก มี 4 ระบบคือ Floating system, Sand culture, Deep Flow Technique (DFT) และ Nutrient Film Technique (NFT) แต่ละระบบใช้ปลูกต้นไม้ 450 ต้น ผลสมมุติฐานที่ได้จากการทดลองที่ 1 คืออัตราส่วนไนโตรเจนต่อแอมโมเนียมเท่ากับ 90:10 ให้มีค่าความนำไฟฟ้าประมาณ 1.0 รักษาความเป็นกรดเป็นด่างไว้ที่ 6.5 – 7.0 เปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกๆ 1 เดือนทำการฉีดน้ำเพื่อรักษาความชื้นประมาณ 60 – 80 % ทุกๆ สัปดาห์จะเก็บน้ำตัวอย่างในแต่เช้ามาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า ความเป็นกรดเป็นด่าง แอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ บันทึกค่าของคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้

การบันทึกข้อมูล

บันทึกน้ำหนักพรรณไม้น้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยการสุ่มพรรณไม้น้ำในแต่ละซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง แอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ทุกๆ สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป spss for window version 10.0

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือน D501 ชั้น 5 และห้อง C120 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาการทดลอง

ระหว่างเดือนตุลาคม 2546 จนถึงเดือนมีนาคม 2547

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองหาอัตราส่วนของไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการปลูกใบพายเขาใหญ่ได้ผลการทดลองดังนี้

1. คุณภาพน้ำในระบบที่ใช้ในการทดลองมีค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าความนำไฟฟ้าในระบบที่มีอัตราส่วนของไนเตรทต่อแอมโมเนียม 100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 ± 0.01 , 0.99 ± 0.01 , 1.03 ± 0.01 และ 1.03 ± 0.01 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ค่าที่เก็บได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นไปตามที่ต้องการคือ ต้องรักษาค่าอยู่ที่ประมาณ 1.00 mS/cm ซึ่งอ้างอิงจากการปลูกผักในระบบปลูกพืชไร้ดินตามอิทธิสุนทร (2538) และพบว่าหลังจากที่ผสมสารละลายแต่ละครั้งค่าจะค่อยๆ ลดลงหรือค่าอาจไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในบางครั้งที่ได้มีการปรับความเป็นกรดเป็นด่างก็มีผลทำให้ค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้จะมีการนำธาตุอาหารไปใช้โดยพรรณไม้ น้ำก็ตาม การเจือจางจากน้ำที่ฉีดเพื่อปรับความชื้นในโรงเรือนที่ลงมาในรางปลูกและเจือจางในสารละลายปุ๋ยก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าลดลงมากกว่าความเป็นจริง จึงต้องมีการจัดการที่ดีมากกว่าการทดลองนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.57 ± 0.06 , 6.54 ± 0.06 , 6.48 ± 0.06 และ 6.43 ± 0.079 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งในช่วงการทดลอง 1 เดือนแรกรักษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างไว้ที่ 5.5-6.0 เพื่อป้องกันการตกตะกอนของเหล็ก แต่พบว่าพรรณไม้ น้ำเกิดอาการรากเน่าเปื่อย และใบใหม่จึงปรับมาอยู่ที่ระดับ 6.5-7.0 และมีการเติมธาตุเหล็กเป็นระยะเพื่อป้องกันการขาดธาตุเหล็ก พบว่าพรรณไม้ น้ำมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นสอดคล้องกับวันเพ็ญ และกาญจณี (2543) และ Hen (2001) ซึ่งกล่าวว่าช่วงที่เหมาะสมอยู่ที่ 6.0-8.0 และค่าอุณหภูมิของสารละลายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.19 ± 0.17 , 28.11 ± 0.16 , 28.02 ± 0.15 และ 28.40 ± 0.17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 3) อุณหภูมิในการทดลอง อยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 25-29 องศาเซลเซียส เป็นไปตามคำกล่าวของนงนุช (2538) ทำให้พรรณไม้ น้ำเจริญเติบโตดี แต่ในบางช่วงของการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงถึง 32 องศาเซลเซียสโดยเฉพาะกลางวันเป็นเวลานาน และระบบการทำความร้อนไม่มีประสิทธิภาพดีพอโดยความชื้นอยู่ที่ประมาณ 50-80% จึงทำให้ในบางช่วงพรรณไม้ น้ำเกิดความเสียหายซึ่งนงนุช (2538) กล่าวว่าความชื้นที่เหมาะสมของพรรณไม้ น้ำอยู่ที่ 80 - 90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำในการทดลองหาอัตราส่วนของไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการปลูกใบพายเขาใหญ่

คุณภาพน้ำ	อัตราส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนีย			
	100 ต่อ 0	95 ต่อ 5	90 ต่อ 10	85 ต่อ 15
ค่าความนำไฟฟ้า	1.02±0.01	0.99±0.01	1.03±0.01	1.03±0.01
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	6.48±0.06	6.43±0.07	6.57±0.06	6.54±0.06
ค่าอุณหภูมิ	28.19±0.17	28.11±0.16	28.02±0.15	28.40±0.17
ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	2.56±0.49	3.61±0.70	4.67±0.91	6.25±1.07
ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน	0.2±0.10	0.11±0.05	0.25±0.11	0.27±0.11
ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน	68.51±2.12	75.18±1.74	66.72±1.31	69.80±1.40
ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ	38.30±0.10	25.74±0.79	40.41±1.27	35.58±0.76

ค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตลอดการทดลองในระบบที่มีอัตราส่วนของไนเตรท-ไนโตรเจนและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15 เป็นเวลา 3 เดือนมีค่าเท่ากับ 2.56±0.49, 3.61±0.70, 4.67±0.91 และ 6.25±1.07 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 7) หลังจากผสมสารละลายปุ๋ย 2 สัปดาห์ค่าของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนให้เป็นรูปอื่นที่เสถียรในน้ำมากกว่าโดยแบคทีเรียบางชนิดสอดคล้องกับการทดลองของ Olsson and Falkengren-Grerup (2000) และการนำไปใช้ของพรวนไม่น้ำซึ่งพรวนไม่น้ำจะนำไปใช้ก่อนโดยการเคลื่อนที่ของสารประกอบ Monovalent จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารประกอบ Divalent ตามการทดลองของ Jones (1997) และต่อมาค่าจะคงที่ซึ่งพบว่าแทบจะไม่มีเหลืออยู่ในระบบเลยจนกว่าจะมีการผสมสารละลายใหม่ (ภาพที่ 5) ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 0.2±0.10, 0.2±0.10, 0.25±0.11 และ 0.27±0.11 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 8) พบว่าหลังการผสมสารละลายปุ๋ยใหม่ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน จะมีค่าสูงสุด อาจเนื่องมาจากอยู่ในช่วงการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียมาเป็นไนเตรทโดยผ่านการเปลี่ยนเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจนแต่ไม่เสถียร และในสัปดาห์ต่อมา ก็ลดลงเกือบไม่เหลือเพราะค่าแอมโมเนียที่จะถูกเปลี่ยนก็ไม่มีแล้วเช่นกัน (ภาพที่ 6) ในการเปลี่ยนสารละลายแต่ละครั้งค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนเริ่มต้นมีค่าไม่เท่ากัน อาจเนื่องมาจากไม่สามารถเปลี่ยนสาร

ละลายได้หมดทั้งระบบยังคงมีอยู่ในรากปลูกอีก จึงทำให้ยังคงมีแบคทีเรียที่เป็นตัวเปลี่ยนรูปไนโตรเจน คงเหลืออยู่การเปลี่ยนจึงรวดเร็วขึ้น

ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.51 ± 2.12 , 75.18 ± 1.74 , 66.72 ± 1.31 และ 69.80 ± 1.40 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 9) หลังจากการผสมสารละลายปุ๋ยไนเตรท-ไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียกลายเป็นไนเตรท ซึ่งมีความเสถียรในสารละลาย จนกระทั่งแอมโมเนียคงที่ ไนเตรทจึงค่อยๆ ลดลงจากการใช้ของพรรณไม้ น้ำ ซึ่งเป็นไปตามคำกล่าวของ Olsson and Falkengren-Grerup (2000) (ภาพที่ 7) ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.30 ± 0.10 , 25.74 ± 0.79 , 40.41 ± 1.27 และ 35.58 ± 0.76 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสมีแนวโน้มลดลงจากการนำไปใช้ของพรรณไม้ น้ำ เพื่อใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม (ภาพที่ 8) ตามคำกล่าวของสุมิตรา (2544) ในการทดลองมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมหลายๆ อย่าง เช่นความเป็นกรดเป็นด่างโดยการเติมกรด (กรดไนตริก) หรือเบสจึงทำให้มีการขึ้น-ลง ของค่าคุณภาพ น้ำที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ผลการทดลองอาจมีการผิดพลาดได้

2. น้ำหนักพรรณไม้ น้ำ (ใบพายเขาใหญ่)

พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของพรรณไม้-น้ำมีความแตกต่างกัน โดยอัตราส่วนของไนเตรท - ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 100:0, 95: 5 และ 90:10 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของพรรณไม้ น้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และ อัตราส่วนของไนเตรท - ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 95:5 และ 90:10 แตกต่างกับอัตราส่วน 85:15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งอัตราส่วนของไนเตรท - ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 90:10 ให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยดีที่สุดคือ 2.48 ± 0.46 กรัม/ต้น ซึ่ง Jones (1997) กล่าวว่าสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนีย คือ 75 ต่อ 25 ส่วนอัตราส่วน 95:5, 100:0 และ 85:15 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยคือ 1.73 ± 0.90 , 1.42 ± 0.46 และ 0.35 ± 0.47 กรัม/ต้น ตามลำดับแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 น้ำหนักของพรรณไม้ น้ำ (กรัม±SE) ที่อัตราส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนียต่างๆ กัน เป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

ระยะเวลา	อัตราส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนีย			
	100 ต่อ 0	95 ต่อ 5	90 ต่อ 10	85 ต่อ 15
เริ่มต้น	4.5±0.74	3.69±1.54	3.35±1.21	3.94±1.02
สิ้นสุดการทดลอง	5.95±0.38	5.41±0.91	5.83±1.40	4.29±1.49
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	1.42±0.46 ^{ab}	1.73±0.90 ^a	2.48±0.46 ^a	0.35±0.47 ^b

* ตัวอักษรเหมือนกันในแนวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%(P>0.05)

การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมบางอย่างแก่พรรณไม้ อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อพรรณไม้ ในการทดลองนี้ เช่น เดือนแรกได้ทำการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ต่ำคือ 5.5 - 6.0 จึงทำให้เกิดอาการรากเน่าและใบไหม้ค่าน้ำหนักของพรรณไม้ น้ำจึงลดลง และต่อมามีการปรับขึ้นให้เหมาะสม การเจริญเติบโตของพรรณไม้ น้ำจึงดีขึ้น

การศึกษาระบบปลูกพืชไร่นาที่เหมาะสมต่อการปลูกพรรณไม้ น้ำ ได้ผลการทดลองดังนี้

1. คุณภาพน้ำในระบบปลูกพืชไร่นา

ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบปลูกแบบ NFT, Sand culture, NFT และ Floating system มีค่าเฉลี่ย 1.00±0.01, 1.01±0.01, 1.00±0.01, และ 1.00±0.01 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ในการทดลองนี้จะมีปัญหาในเรื่องการควบคุมปริมาณของน้ำในระบบโดยเฉพาะในระบบ Sand culture ซึ่งจะได้รับน้ำจากระบบทำความชื้นมากกว่าระบบอื่น และอัตราการไหลของน้ำที่ขึ้นสู่ระบบกับน้ำที่ไหลกลับสู่ถังสารละลายไม่เท่ากันการควบคุมระดับน้ำให้คงที่จึงทำได้ยาก ทำให้การลดลงของค่าการนำไฟฟ้าไม่เป็นไปตามความจริงที่น่าจะเป็น และผลจากการรักษาความเป็นกรดเป็นด่างจากการเติมสารละลายกรดหรือเบสจึงทำให้ค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 6.92±0.06, 7.16±0.04, 7.04±0.04 และ 6.93±0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) เป็นค่าที่พรรณไม้ น้ำเจริญเติบโตได้ดี และในระยะหลังๆ ของการทดลองได้ทำการเปลี่ยนสารประกอบหลักเพื่อให้คงสภาพในสารละลายที่มีความเป็นกรดเป็นด่างสูงๆ ได้โดยไม่ตกตะกอน ซึ่งทนได้ถึงความเป็นกรดเป็นด่างที่ 10 ค่าอุณหภูมิของสารละลายปุ๋ยเฉลี่ยคือ 27.70±0.56, 27.52±0.51, 27.75±0.60 และ 28.52±0.35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 5) การลดลงของอุณหภูมิของสารละลายปุ๋ยทำให้ความสามารถ

ในการละลายน้ำของออกซิเจนเพิ่มขึ้น หากอุณหภูมิสูงน้ำก็ระเหย ดังนั้นก่อนวิเคราะห์น้ำควรเติมน้ำให้ได้ระดับเท่าเดิมก่อนทุกครั้ง

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำในการศึกษาประเภทของระบบปลูกพืชไร้ดินที่เหมาะสมต่อการปลูก
ใบพายเขาใหญ่

คุณภาพน้ำ	ประเภทของระบบปลูก			
	DFT	Sand	NFT	Floating
ค่าความนำไฟฟ้า	1.00±0.01	1.01±0.02	0.98±0.02	0.97±0.02
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	6.92±0.04	7.16±0.05	7.04±0.05	6.92±0.05
ค่าอุณหภูมิ	27.70±0.13	27.52±0.04	27.75±0.07	28.52±0.12
ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน	1.29±0.36	1.20±0.31	1.27±0.40	2.26±0.56
ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน	0.04±0.01	0.03±0.01	0.05±0.02	0.02±0.00
ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน	71.79±1.73	7.41±2.16	68.30±1.51	65.22±1.89
ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ	23.31±0.98	12.44±1.21	24.02±1.35	27.32±1.76

ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียม-ไนโตรเจนตลอดการทดลอง ของระบบปลูกแบบ NFT, Sand culture, NFT และ Floating system มีค่าเท่ากับ 1.29±0.36, 1.20±0.31, 1.27±0.40 และ 2.26±0.56 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ค่าแอมโมเนียมมีแนวโน้มลดลงจากเริ่มผสมปุ๋ยจนในสัปดาห์ที่ 3 ค่าแอมโมเนียมจะมีค่าน้อยที่สุด ระบบ Floating system มีอัตราการลดลงที่ช้ากว่าระบบอื่นๆ เนื่องจากเป็นระบบที่ทำขึ้นใหม่ดังนั้นจำนวนของแบคทีเรีย หรือปัจจัยที่ทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนรูปไปจึงน้อยกว่าระบบอื่นๆ (ภาพที่ 9) ค่าเฉลี่ยไนไตรท์-ไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 0.04±0.01, 0.03±0.01, 0.05±0.02 และ 0.02±0.00 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ค่าเฉลี่ยไนไตรท์-ไนโตรเจนในแต่ละระบบมีค่าค่อนข้างไม่คงที่ (ภาพที่ 10) เนื่องจากสภาพแวดล้อมในแต่ละระบบไม่เหมือนกัน เช่น การละลายน้ำของออกซิเจน แสงสว่าง อุณหภูมิของสารละลาย ศัตรูของพรรณไม้ น้ำ และปริมาณความชื้นที่ได้รับ ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ที่ปลูกในแต่ละระบบด้วย

ค่าเฉลี่ยไนเตรท-ไนโตรเจนตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 71.79±1.73, 71.41±2.16, 68.30±1.51 และ 65.22±1.89 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 13) หลังจากการผสมปุ๋ยใหม่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 3 จึงมีค่าลดลง ซึ่งการเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูป

ของแอมโมเนียมาเป็นไนเตรท (ภาพที่ 11) ค่าที่ลดลงเกิดจากการนำไปใช้ของพรรณไม้น้ำ หรือการสูญเสียในระบบ และค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.31 ± 0.98 , 12.44 ± 1.21 , 24.02 ± 1.35 และ 27.32 ± 1.76 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 14) ในการทดลองหลังจากการผสมสารละลายแต่ละครั้งค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ (ภาพที่ 12) การเปลี่ยนสารละลายแต่ละครั้งไม่สามารถที่จะเปลี่ยนน้ำได้ทั้งหมดระบบดังนั้นการผสมสารละลายใหม่จึงอาจทำให้ค่าคุณภาพน้ำของสารละลายปฏีเริ่มต้นไม่เท่ากันเพราะน้ำที่ค้างในระบบนั้นมีปริมาณไม่เท่ากัน ปัจจัยบางประการไม่สามารถควบคุมให้เท่ากันได้ เนื่องจากโรงเรือนที่ทำการทดลองไม่ได้ปิดสนิท เช่น ความชื้น อุณหภูมิและปริมาณแสงจึงอาจเป็นผลทำให้การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไม่เท่ากันได้

2. น้ำหนักของพรรณไม้น้ำ (ใบพายเขาใหญ่)

พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของพรรณไม้น้ำในการทดสอบระบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบ DFT และ Sand culture แตกต่างกับระบบ NFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระบบ DFT กับ Sand culture, DFT กับ Floating system, Sand culture กับ Floating system และ Floating system กับ NFT ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยระบบ DFT มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 0.96 ± 0.018 กรัม/ต้น รองลงมาคือ ระบบ Sand culture, Floating system และ NFT ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.62 ± 0.16 , 0.56 ± 0.05 และ 0.19 ± 0.03 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยของพรรณไม้น้ำ (กรัม±SE) ของแต่ละระบบตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์

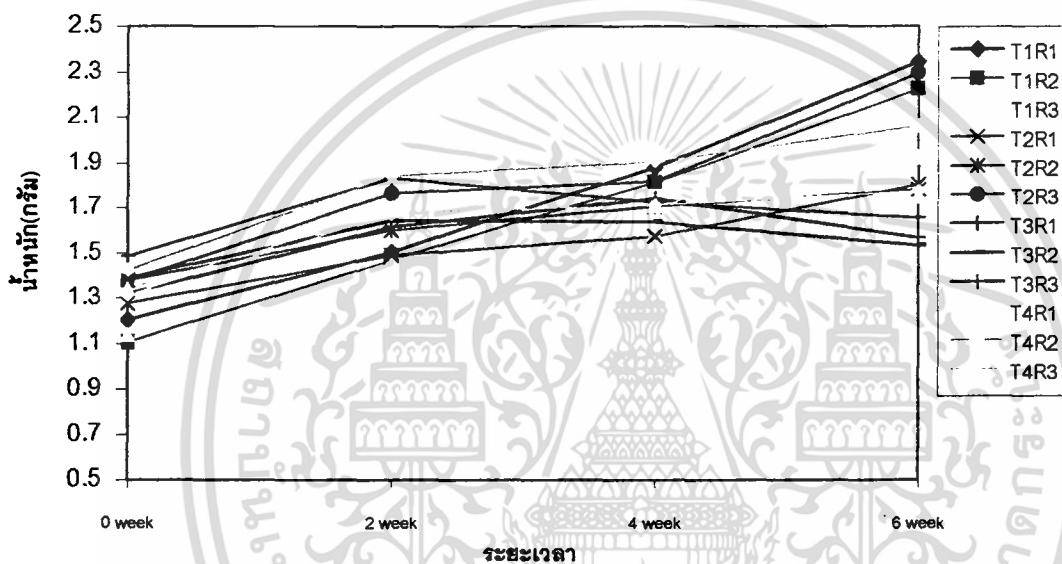
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ระบบปลูก			
	DFT	Sand culture	NFT	Floating
0	1.15 ± 0.03	1.35 ± 0.03	1.40 ± 0.05	1.36 ± 0.03
2	1.48 ± 0.01	1.62 ± 0.08	1.70 ± 0.07	1.73 ± 0.05
4	1.76 ± 0.094	1.70 ± 0.07	1.70 ± 0.03	1.78 ± 0.07
6	2.11 ± 0.18	1.96 ± 0.17	1.59 ± 0.04	1.92 ± 0.08
น้ำหนักเพิ่มขึ้น	0.96 ± 0.018^a	0.62 ± 0.16^a	0.19 ± 0.03^b	0.56 ± 0.05^{ab}

* ตัวอักษรเหมือนกันในแนวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดสภาพแวดล้อมให้กับระบบไม่เท่ากัน อาจเป็นสาเหตุทำให้การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำแตกต่างกันได้ ลักษณะสีของใบก็มีความแตกต่างกัน ซึ่งมีสีเขียว หรือสีแดงตามระดับแสงที่ได้รับสอดคล้องกับวันเพ็ญ และคณะ (2535)

น้ำหนักของพรรณไม้น้ำมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นจากการทดลอง 6 สัปดาห์ (ภาพที่ 4) และพบว่าระบบ NFT ระบบรากของพรรณไม้น้ำมีลักษณะที่เล็กและสั้นกว่าระบบอื่นซึ่งเป็นผลทำให้การดูดซึมแร่ธาตุและอาหารของพรรณไม้น้ำที่รากน้อยกว่าระบบอื่นๆ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจึงน้อยกว่า



ภาพที่ 4 น้ำหนักพรรณไม้น้ำในระบบปลูกพืชไร้ดินประเภทต่างๆ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดย T1=DFT, T2=SAND, T3=NFT, T4=FLOATING และ R=ซ้ำของแต่ละระบบ

ตารางที่ 7 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนียม	เดือนที่	ระยะเวลา (สัปดาห์)					เฉลี่ย±SE
		0	1	2	3	4	
100 ต่อ 0	1	8.77±1.64	3.30±0.20	1.48±0.86	0.97±0.42	2.64±0.60	
	2	8.79±0.59	1.69±0.18	0.45±0.04	0.30±0.00	0.20±0.02	2.56±0.49
	3	8.12±1.16	0.92±0.50	0.28±0.02	0.12±0.03	0.37±0.03	
95 ต่อ 5	1	13.49±1.36	6.63±0.25	3.03±0.41	0.67±0.06	1.99±0.69	
	2	12.07±0.07	1.93±0.05	0.42±0.01	0.34±0.04	0.24±0.04	3.61±0.70
	3	10.99±0.26	1.70±0.28	0.17±0.01	0.12±0.05	0.34±0.00	
90 ต่อ 10	1	16.73±0.66	10.26±0.93	4.14±0.80	0.72±0.03	1.14±0.15	
	2	15.29±0.32	1.60±0.66	0.38±0.03	0.24±0.02	0.11±0.01	4.67±0.91
	3	14.46±0.43	4.01±0.86	0.29±0.04	0.24±0.02	0.44±0.04	
85 ต่อ 15	1	19.12±0.44	13.37±0.08	7.69±0.49	0.75±0.01	1.95±0.50	
	2	16.96±0.11	4.06±0.41	0.43±0.01	0.71±0.39	0.17±0.03	6.25±1.07
	3	18.84±1.23	8.51±0.37	0.25±0.05	0.33±0.06	0.33±0.02	

ตารางที่ 8 ค่าไนโตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนโตรทและแอมโมเนียมต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

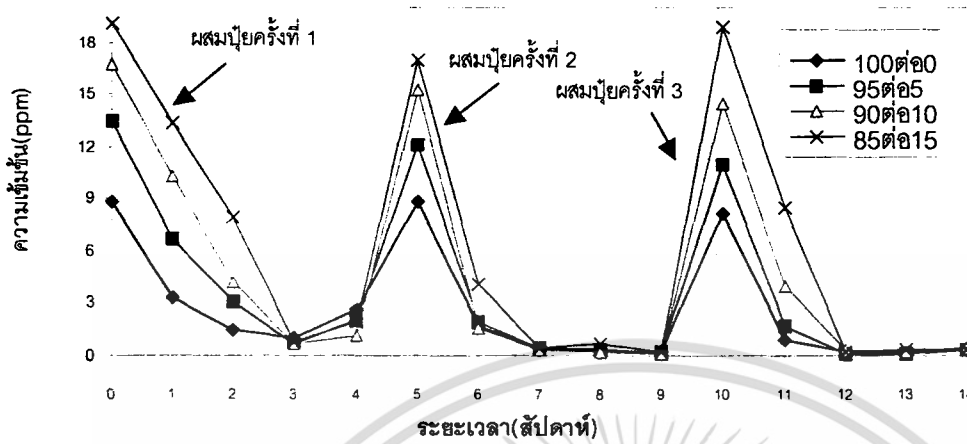
อัตราส่วน ไนโตรทต่อแอมโมเนียม	เดือนที่	ระยะเวลา(สัปดาห์)					เฉลี่ย±SE
		0	1	2	3	4	
100 ต่อ 0	1	0.00±0.00	0.10±0.02	1.51±0.68	0.00±0.00	0.10±0.00	0.2±0.10
	2	0.01±0.00	1.13±1.10	0.03±0.02	0.00±0.00	0.01±0.00	
	3	0.01±0.00	0.10±0.09	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	
95 ต่อ 5	1	0.00±0.00	0.11±0.01	1.16±0.26	0.01±0.00	0.01±0.00	0.11±0.05
	2	0.01±0.00	0.12±0.06	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	
	3	0.01±0.00	0.24±0.06	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	
90 ต่อ 10	1	0.01±0.00	0.11±0.01	2.22±0.63	0.01±0.00	0.01±0.00	0.25±0.11
	2	0.02±0.01	1.00±0.83	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	
	3	0.00±0.00	0.31±0.11	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	
85 ต่อ 15	1	0.00±0.00	0.18±0.01	2.71±0.38	0.01±0.00	0.01±0.00	0.27±0.11
	2	0.01±0.00	0.97±0.07	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	
	3	0.00±0.00	0.16±0.02	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	

ตารางที่ 9 ค่าไนโตรท- ไนโตรเจน(ppm)ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนโตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ย
ทุกๆ เดือน

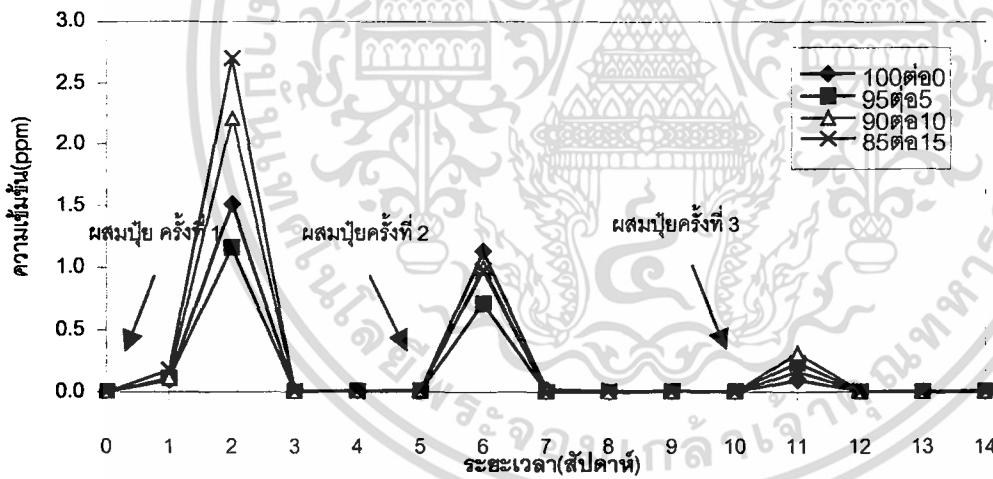
อัตราส่วน ไนโตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่	ระยะเวลา(สัปดาห์)					เฉลี่ย±SE
		0	1	2	3	4	
100 ต่อ 0	1	82.26±0.48	82.00±2.29	84.76±3.94	82.06±0.84	6.661±1.14	
	2	55.40±1.20	71.07±0.97	66.16±1.84	78.18±5.88	74.15±11.18	68.51±2.12
	3	71.08±4.30	65.19±4.51	42.79±4.86	54.76±5.24	50.95±7.45	
95 ต่อ 5	1	80.24±0.55	76.84±2.24	88.05±1.23	82.87±1.55	73.43±1.74	
	2	62.70±1.61	84.33±1.49	79.65±3.20	77.91±4.65	75.88±4.50	75.18±1.74
	3	86.05±1.82	83.06±1.01	44.81±1.68	64.13±2.07	67.62±3.37	
90 ต่อ 10	1	66.01±3.09	63.38±5.11	75.53±4.67	72.19±4.25	65.78±3.75	
	2	48.83±1.81	71.50±5.70	66.46±2.62	75.71±4.97	70.67±2.87	66.72±1.31
	3	69.09±2.03	72.82±3.08	59.29±1.16	61.76±2.82	61.78±5.15	
85 ต่อ 15	1	62.03±2.02	73.09±1.85	76.94±1.60	76.47±1.57	67.85±2.05	
	2	52.75±4.11	76.61±1.49	74.87±4.16	83.60±5.66	81.12±35.57	69.80±1.40
	3	66.00±1.55	70.29±1.92	63.36±1.71	60.94±1.79	61.63±1.70	

ตารางที่ 10 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm) ในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนโตรเจนและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย	เดือนที่	ระยะเวลา(สัปดาห์)					เฉลี่ย±SE
		0	1	2	3	4	
100 ต่อ 0	1	33.42±1.56	36.40±1.16	35.42±2.05	32.00±1.59	29.28±0.91	
	2	38.14±0.34	35.74±0.94	39.58±0.29	33.61±0.76	30.60±1.03	38.30±0.10
	3	48.05±0.48	49.99±2.82	46.92±1.24	43.05±2.19	42.36±1.89	
95 ต่อ 5	1	30.02±0.42	30.08±0.64	29.87±1.02	26.55±0.15	24.42±0.64	
	2	28.75±1.07	23.28±1.28	26.03±1.32	19.15±1.77	16.35±1.27	25.74±0.79
	3	33.39±2.11	28.54±2.51	26.11±3.14	22.14±3.34	21.45±3.36	
90 ต่อ 10	1	36.81±5.90	39.67±6.52	37.42±6.08	35.47±6.30	34.97±6.20	
	2	41.63±1.65	39.77±3.43	43.47±1.82	38.35±0.92	32.77±0.95	40.41±1.27
	3	53.16±3.02	48.50±5.93	43.34±4.08	40.88±5.02	39.92±6.37	
85 ต่อ 15	1	31.88±1.07	34.39±0.93	36.04±1.20	31.26±1.40	28.98±1.46	
	2	36.36±0.58	32.81±1.22	37.53±0.55	30.60±0.73	27.93±1.11	35.58±0.76
	3	41.35±0.77	44.43±0.89	40.20±0.95	37.88±0.97	41.60±1.08	

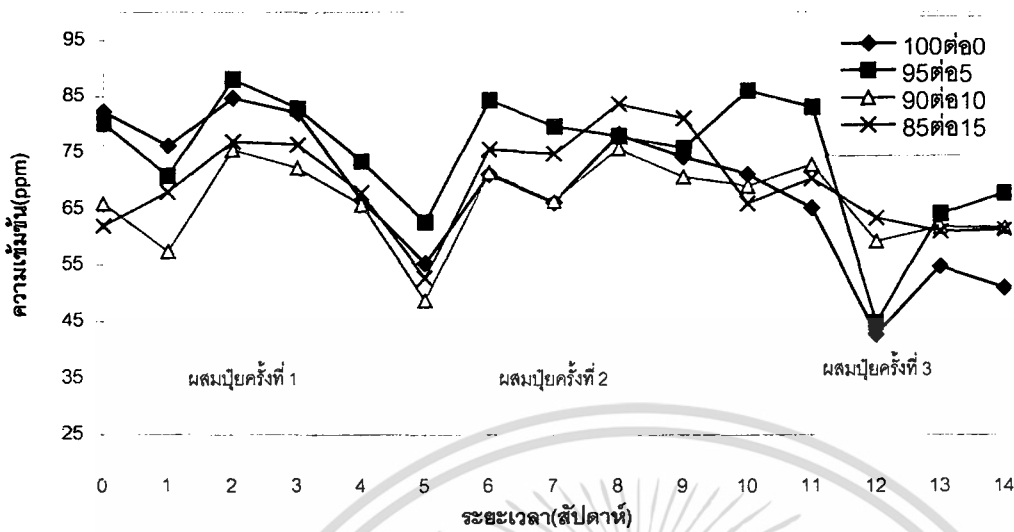


ภาพที่ 5 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือน

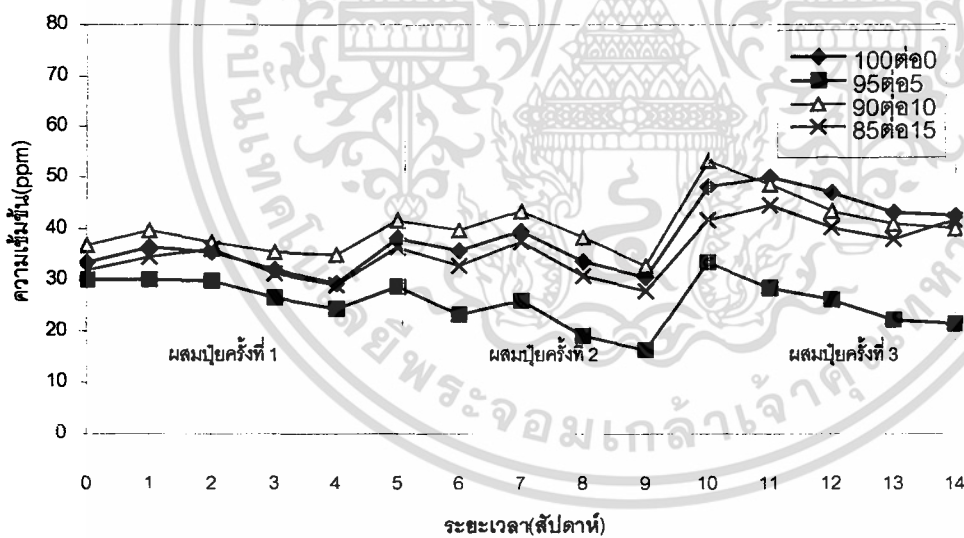


ภาพที่ 6 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือน



ภาพที่ 8 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำสารละลายปุ๋ยที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน(ppm)ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์

ระบบปลูก	สัปดาห์ที่							เฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด	
	0	1	2	3	4	5	6			7
DFT	5.56±0.57	0.72±0.20	1.26±0.17	0.13±0.03	0.10±0.01	1.74±0.02	0.41±0.03	0.41±0.08	1.29±0.36	6.42-0.74
Sand	4.92±0.28	0.50±0.17	1.01±0.09	0.11±0.03	0.23±0.09	1.39±0.04	1.09±0.01	0.32±0.03	1.20±0.31	5.43-0.06
NFT	6.13±0.23	0.53±0.13	1.11±0.18	0.05±0.02	0.09±0.05	1.66±0.01	0.31±0.05	0.31±0.07	1.27±0.40	5.43-0.06
Floating	7.35±0.17	5.72±1.10	2.14±0.63	0.09±0.01	0.24±0.08	1.79±0.01	0.51±0.21	0.29±0.03	2.26±0.56	7.92-0.08

ตารางที่ 12 ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน(ppm)ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์

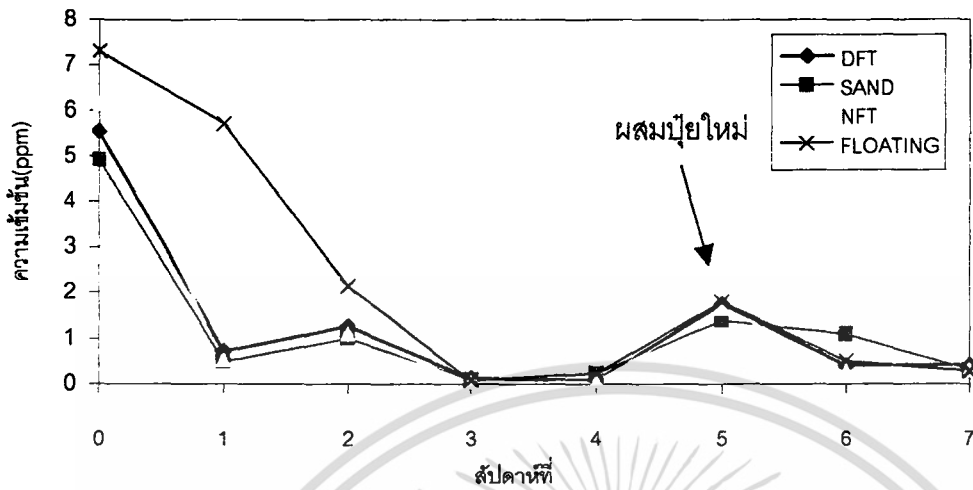
ระบบปลูก	สัปดาห์ที่							เฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด	
	0	1	2	3	4	5	6			7
DFT	0.06±0.03	0.00±0.00	0.03±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.18±0.04	0.01±0.00	0.01±0.00	0.04±0.01	0.23-0.00
Sand	0.06±0.01	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	0.15±0.03	0.01±0.00	0.01±0.00	0.03±0.01	0.20-0.00
NFT	0.05±0.01	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	0.31±0.07	0.01±0.00	0.00±0.00	0.05±0.02	0.43-0.00
Floating	0.03±0.00	0.01±0.00	0.01±0.01	0.02±0.00	0.00±0.00	0.04±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.04-0.00

ตารางที่ 13 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน(ppm)ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์

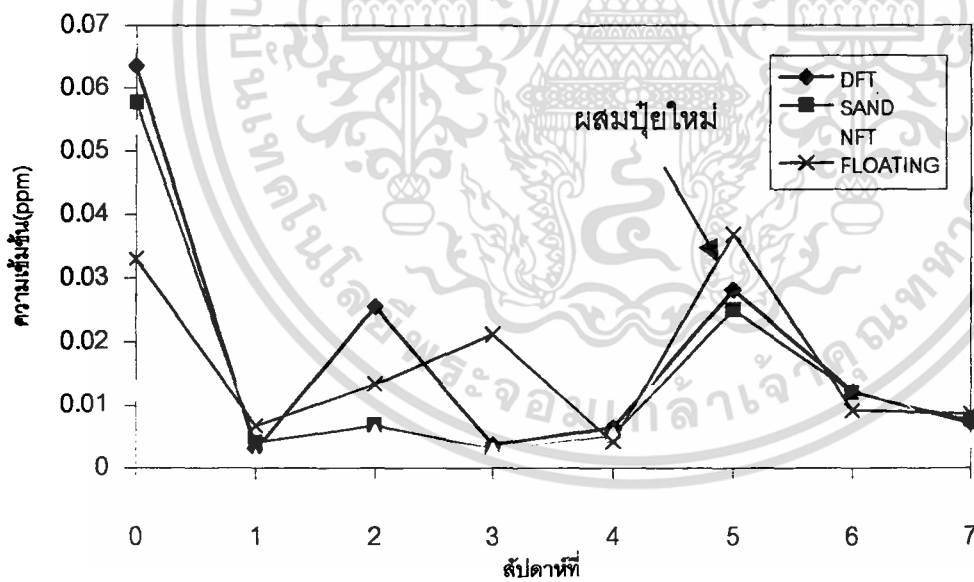
ระบบปลูก	สัปดาห์ที่								เฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	0	1	2	3	4	5	6	7		
DFT	63.79±3.78	74.21±2.15	69.26±3.43	88.26±0.55	77.26±1.15	63.57±2.23	68.91±1.26	69.046±2.74	71.79±1.73	88.87-59.55
Sand	65.19±4.25	68.27±3.20	71.08±2.24	91.66±0.66	75.51±2.49	58.90±0.73	66.54±5.99	74.14±4.70	71.41±2.16	92.93-54.57
NFT	63.13±1.35	62.66±0.24	70.82±0.84	83.50±1.59	67.73±0.83	64.39±1.62	65.92±4.78	68.26±4.55	68.30±1.51	86.51-56.98
Floating	61.50±3.48	54.4±1.92	70.32±1.00	80.61±2.93	71.21±3.08	53.58±1.97	64.39±1.93	65.63±2.10	65.22±1.89	85.07-51.31

ตารางที่ 14 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ(ppm)ในแต่ละระบบปลูกตลอดการทดลอง ผสมปุ๋ยใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์

ระบบปลูก	สัปดาห์ที่								เฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	0	1	2	3	4	5	6	7		
DFT	24.46±1.68	24.84±2.12	28.74±2.66	25.41±0.95	17.76±0.93	27.01±0.61	22.38±1.25	15.88±1.06	23.31±0.98	32.93-13.38
Sand	17.75±0.82	10.67±0.22	18.79±1.15	12.23±3.01	4.82±0.35	19.95±0.19	10.08±0.75	5.25±0.30	12.44±1.21	20.49-4.14
NFT	28.86±0.75	27.19±1.24	30.60±1.47	28.19±2.47	15.34±1.43	26.11±0.93	23.26±1.42	12.57±0.92	24.02±1.35	33.50-11.08
Floating	38.28±0.25	33.38±3.22	33.66±2.34	30.34±2.94	18.80±1.68	28.46±0.90	22.35±1.57	13.27±1.84	27.32±1.76	39.55-9.64

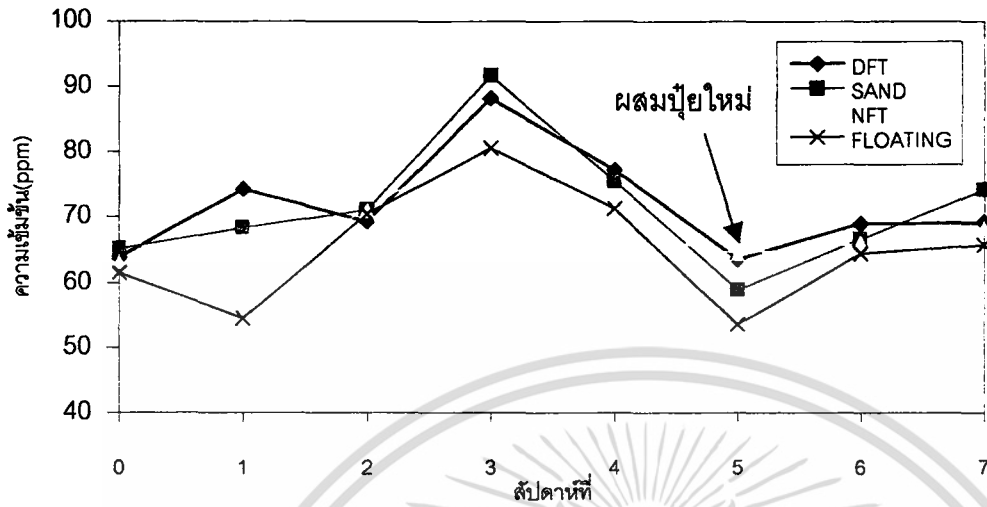


ภาพที่ 9 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ น้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์

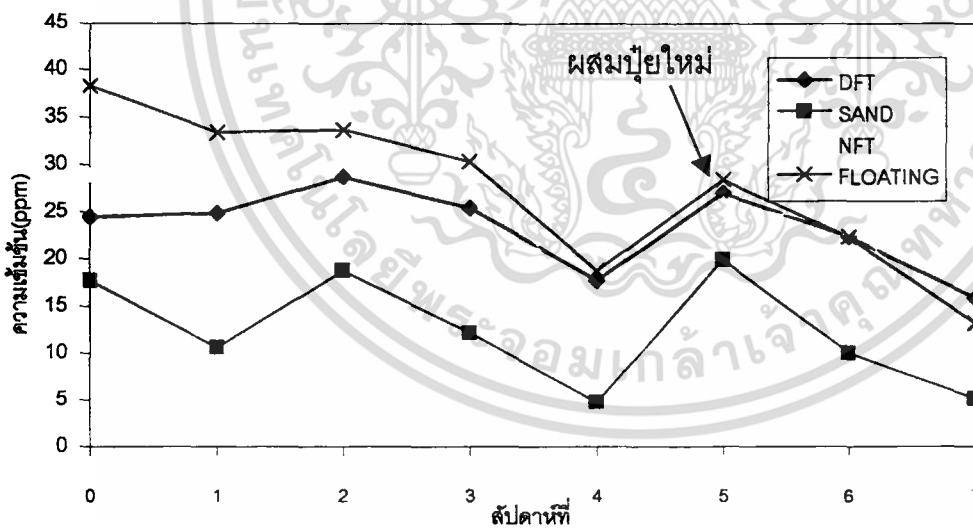


ภาพที่ 10 ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ น้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในน้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพที่ 12 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในการทดสอบหาระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในน้ำระยะเวลา 6 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

1. การทดลองหาอัตราส่วนไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใบพวยเขาใหญ่ที่อัตราส่วน 100: 0, 95:5, 90:10 และ 85:15 เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ซึ่งอัตราส่วนไนเตรท-ไนโตรเจนและแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ที่ทำให้การเจริญเติบโตของพรรณไม้เหมาะสมและดีที่สุดคือ 90:10 และให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.48 ± 0.46 กรัม/ต้น

2. การศึกษาระบบปลูกพืชแบบไร้ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกใบพวยเขาใหญ่ โดยมีระบบปลูกแบบ DFT, Sand culture, NFT และ Floating system ใช้สารละลายปุ๋ยที่มีอัตราส่วนไนเตรท-ไนโตรเจนต่อแอมโมเนียม-ไนโตรเจน 90:10 เป็นเวลา 6 สัปดาห์พบว่าการเจริญเติบโตแตกต่างกัน และพบว่าระบบที่เหมาะสมต่อการปลูกใบพวยเขาใหญ่คือระบบ DFT ซึ่งมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.96 ± 0.018 กรัม/ต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองหาระบบความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมกับใบพวยเขาใหญ่ก่อนทำการทดลองนี้ เพื่อลดความเสียหายและลดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคต่อพรรณไม้ที่ทำการทดลอง
2. ควรมีการทดสอบปริมาณธาตุอาหาร ที่มีการสะสมในส่วนต่างๆ ของพรรณไม้เพื่อดูปริมาณที่พืชนำไปใช้จริงและที่สูญเสียไปกับระบบการทดลอง
3. การปลูกพรรณไม้ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินจะเป็นทางเลือกที่ดีแก่ผู้สนใจ และพรรณไม้มีชนิดที่หลากหลาย ในอนาคตควรมีการทดลองกับพรรณไม้ชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะพรรณไม้ที่มีราคาแพง เพาะพันธุ์ยาก และใกล้สูญพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

- นนุช เลหาะวิสุทธิ. 2538. ระบบการเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับพรรณไม้น้ำแบบไร้น้ำดินในระบบปิด. *วารสารเคหะการเกษตร* 25 (7) : 205 -215.
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และศิริ วัดสว่าง. 2540. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวกระจาย *Hygrophila difformis*. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 24 น.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2545. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์ นนุช เลหาะวิสุทธิและสุภาพ พรหมยศ. 2535. พรรณไม้น้ำประดับตู้ปลา. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 44น.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจน์วี พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 122น.
- สุมิตรา ภูวโรดม. 2544. ธาตุอาหารพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. หน้าที่1-12.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน(Hydroponics). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 146 น.
- Bar – Tal, A., A. Feigin, I. Rylski and E. Pressman. 1994a. Effect of root pruning and N-NO₃ solution concentration on nutrient uptake and transpiration of tomato plants. *Scientia Horticultrae*. 58: 77-79
- Bar – Tal, A., A. Feigin, I. Rylski and E. Pressman. 1994b. Effect of root pruning and N-NO₃ solution concentration on tomato plant growth and fruit yield. *Scientia Horticultrae*. 58: 91- 103.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bar – Tal, A., A. Feigin, S. Sheinfeld, R. Rosenberg, B. ternbaum, I. Rylski and E. Pressman. 1995. Root restriction and N-NO₃ solution concentration effect on nutrient uptake,transpiration and dry metter production of tomato. *Scientia Horticultrae*. 63:195 -208.
- Han, E.T. 2001. *The Aquarium Plant Handbook*. 183pp.
- Jones, J.B. Jr. 1997. *Hydroponics: A Practical Guide for the soilless Grower*. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida. 230 pp.
- Mckeehen, J. D., C. A. Mitchell, R. M. Wheeler, B. Bugbee and S. S. Nielsen. 1996. Exess nutrients in hydroponic solutions alther nutrient content of rice, wheat, and potato. *Space Res.* 18: 73- 83.
- Motosugi, H., Y. P. Gao and A. Sugiura. 1995. Rootstock effects on fruit quality of Fugi apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture. *Scientia Horticultrae*. 61: 205- 214.
- Nhut, D.T., N. T. D. Huong and D. V. Khiem. 2003. Direct microtuber formation and enhanced growth in the acclimatization of in vitro plantlets of taro(*Colocasia esculenta*.) using hydroponics. *Scientia Horticultrae*.
- Olsson, M. O. and U. Falkengren- Grerup. 2000. Potentail Nitrification as an Indicator of preferantail uptake of Ammonium or Nitrate by plants in an Oak Woodland Understorey. *Plant ecology, Lund University, Ecology Building, Sweden. Anal of botany.* 85: 299 -305.
- Pardossi, A., G. Bagnoli, F. Malorgio, C. A. Campiotti and F. Tognoni. 1999. NaCl effects on celery (*Apium graveolers* L.) grown in NFT. *Scientia Horticultrae*. 81: 229- 242.
- Rijck, G. D. and E. Schrevens. 1998. Distribution of nutrients and water in rockwool slabs. *Scientia Horticultrae*. 72: 277 -285.

- Romero, J. A., H. Brix and A. C. Francisco. 1999. Interactive effect of N and P on growth, nutrient allocation and NH₄ uptake kinetic by *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*. 64: 369-380.
- Tan, X. W., H. Ikeda and M. Oda. 2000a. The absorption translocation, and assimilation of urea, nitrate or ammonia in tomato plant at different plant growth stage in hydroponics culture. *Scientia Horticulturae*. 84: 275 -283.
- Tan, X. W., H. Ikeda and M. Oda. 2000b. Effect of nikel concentration in the nutrient solution on the nitrogen assimilation and growth of tomato seeding in hydroponics culture supplied with urea or nitrate as the sole nitrogen source. *Scientia Horticulturae*. 84: 265 -273.
- Vaillant, N., F. Monnet, H. Sallanon, A. Coudret and A. Hitmi. 2003. Treatment of domestic wastewater by an hydroponic NFT system. *Chemosphere*. 50: 121-129.
- Zeroni, M., J. Gale and J. Ben-Asher. 1983. Root aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae*. 19: 213 -220
- Anon. 2003. "Hydroponics system"(2003, August 4). [online] Available: [http://www.bangsa1agro.com/hydroponics system.htm](http://www.bangsa1agro.com/hydroponics%20system.htm)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 1 สัปดาห์ที่					เดือนที่ 2 สัปดาห์ที่					เดือนที่ 3 สัปดาห์ที่					ค่าเฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
100: 0	1.07	1.03	1.04	1.09	1.05	0.96	1.00	1.01	1.04	1.04	1.10	1.14	1.16	1.18	1.14		
	1.04	1.07	1.09	1.11	0.95	1.02	1.00	0.95	1.00	1.00	1.05	1.00	1.02	0.91	0.99		
	1.08	1.00	0.97	0.96	0.98	0.97	0.98	0.96	0.97	0.93	1.03	0.98	0.94	0.94	0.89	1.02±0.01	1.18-0.89
ค่าเฉลี่ย	1.06	1.03	1.03	1.05	0.99	0.98	0.99	0.97	1.00	0.99	1.06	1.04	1.04	1.01	1.01		
SE	0.01	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.06	0.09	0.07		
95: 5	1.01	0.99	0.92	0.92	0.98	1.03	0.96	0.96	0.93	0.91	1.03	1.03	0.97	0.93	0.98		
	1.04	0.97	1.00	0.96	0.87	1.01	0.97	0.97	0.98	0.96	0.99	1.00	0.99	0.92	0.98		
	1.03	1.01	1.03	1.07	1.07	1.05	0.96	1.03	0.91	1.02	1.04	1.04	1.05	1.00	1.06	0.99±0.01	1.07-0.87
ค่าเฉลี่ย	1.03	0.99	0.98	0.98	0.97	1.03	0.96	0.99	0.94	0.96	1.02	1.02	1.00	0.95	1.01		
SE	0.01	0.01	0.03	0.04	0.06	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03		

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

อัตราส่วน	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2					เดือนที่ 3					ค่าเฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่						
ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
	1.00	0.98	0.97	1.03	1.00	1.03	0.99	1.04	1.04	0.99	1.05	1.13	1.20	1.18	1.07		
90: 10	1.03	0.98	1.03	1.10	1.10	0.99	0.97	0.96	0.97	0.98	1.04	0.94	0.91	0.96	0.96		
	1.04	1.01	1.07	1.09	1.10	1.08	1.07	1.06	1.07	0.95	1.07	1.01	1.01	1.04	1.04	1.03±0.01	1.20-0.91
ค่าเฉลี่ย	1.02	0.99	1.02	1.07	1.07	1.03	1.01	1.02	1.03	0.97	1.05	1.03	1.04	1.06	1.02		
SE	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.06	0.09	0.06	0.03		
	1.02	0.97	1.02	1.07	1.05	1.04	1.02	1.03	1.03	1.01	1.00	1.02	1.08	1.02	1.04		
85: 15	1.01	0.98	0.88	1.06	1.08	0.98	1.00	1.03	1.02	0.94	1.03	0.97	1.09	1.06	1.03		
	1.01	0.93	0.87	1.10	1.10	1.02	1.04	1.08	1.10	1.05	1.06	1.08	1.11	1.13	1.13	1.03±0.01	1.13-0.87
ค่าเฉลี่ย	1.01	0.96	0.92	1.08	1.08	1.01	1.02	1.05	1.05	1.00	1.03	1.02	1.09	1.07	1.07		
SE	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01		

ตารางผนวกที่ 2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไรดิค (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 1 สัปดาห์ที่					เดือนที่ 2 สัปดาห์ที่					เดือนที่ 3 สัปดาห์ที่					ค่าเฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
100 ต่อ 0	5.74	5.79	6.68	6.82	6.89	6.70	6.72	6.72	6.41	6.70	6.45	6.52	6.60	6.93	7.05		
	5.76	5.69	6.55	6.75	6.78	6.62	6.61	6.69	6.50	6.77	6.42	6.41	6.60	6.92	7.06		
	5.68	5.73	6.55	6.85	6.89	6.63	6.83	6.73	6.48	6.79	6.43	6.56	6.64	7.00	7.01	6.57±0.06	7.06-5.68
ค่าเฉลี่ย	5.73	5.74	6.59	6.81	6.85	6.65	6.72	6.71	6.46	6.75	6.43	6.50	6.61	6.95	7.04		
SE	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.06	0.01	0.03	0.03	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02		
95 ต่อ 5	5.90	5.63	6.61	6.89	6.85	6.73	6.42	6.72	6.51	6.81	6.56	6.09	6.74	7.08	6.92		
	5.62	5.69	6.56	6.86	6.75	6.64	6.55	6.74	6.57	6.79	6.50	6.19	6.63	7.12	6.78		
	5.91	5.58	6.62	6.81	6.82	6.63	6.38	6.66	6.48	6.71	6.60	6.04	6.62	7.08	6.93	6.54±0.06	7.12-5.58
ค่าเฉลี่ย	5.81	5.63	6.60	6.85	6.81	6.67	6.45	6.71	6.52	6.77	6.55	6.11	6.66	7.09	6.88		
SE	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.01	0.05		

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

อัตราส่วน	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2					เดือนที่ 3					ค่าเฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่						
ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
	5.92	5.63	6.53	6.85	6.85	6.68	5.82	6.56	6.47	6.64	6.41	5.97	6.55	6.91	6.99		
90 ต่อ 10	5.85	5.75	6.56	6.87	6.84	6.56	6.27	6.65	6.47	6.68	6.52	6.05	6.65	6.94	7.01		
	5.77	5.78	6.52	6.88	6.88	6.62	5.75	6.64	6.49	6.69	6.43	6.02	6.55	6.93	7.02	6.48±0.06	7.02-5.63
ค่าเฉลี่ย	5.85	5.72	6.54	6.87	6.86	6.62	5.95	6.62	6.48	6.67	6.45	6.01	6.58	6.93	7.01		
SE	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.03	0.16	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01		
	5.87	5.66	6.61	6.87	6.89	6.60	5.39	6.62	6.46	6.71	6.49	5.79	6.57	7.00	6.96		
85 ต่อ 15	5.85	5.65	6.65	6.85	6.84	6.61	5.60	6.54	6.56	6.74	6.49	5.57	6.46	6.97	7.00		
	5.77	5.72	6.59	6.85	6.72	6.56	5.53	6.57	6.52	6.61	6.47	6.00	6.56	6.91	6.90	6.43±0.07	7.00-5.39
ค่าเฉลี่ย	5.83	5.68	6.62	6.86	6.82	6.59	5.51	6.58	6.51	6.69	6.48	5.79	6.53	6.96	6.95		
SE	0.03	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	0.06	0.02	0.03	0.04	0.01	0.12	0.04	0.03	0.03		

ตารางผนวกที่ 3 ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 1 สัปดาห์ที่					เดือนที่ 2 สัปดาห์ที่					เดือนที่ 3 สัปดาห์ที่					ค่าเฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
100 ต่อ 0	27.6	27.6	27.6	28.5	29.6	29.5	28.6	29.5	26.8	25.9	29.6	27.8	28.7	27.8	28.9		
	27.5	27.3	27.5	28.4	29.8	29.6	28.6	29.8	26.9	25.6	29.6	27.9	27.5	27.9	28.7		
	27.2	27.1	27.9	28.6	29.8	29.5	28.5	29.6	26.7	25.6	29.5	27.5	27.8	27.8	28.7	28.19±0.17	29.80-25.60
ค่าเฉลี่ย	27.4	27.3	27.7	28.5	29.7	29.5	28.6	29.6	26.8	25.7	29.6	27.7	28.0	27.8	28.8		
SE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.0	0.1		
95 ต่อ 5	27.2	26.9	28.0	28.1	29.5	29.5	28.9	29.1	26.8	26.5	29.9	27.6	27.8	27.9	28.6		
	27.1	26.9	28.3	28.0	29.6	29.5	28.7	29.0	26.7	26.3	29.7	27.3	27.8	27.8	28.6		
	27.3	27.2	28.0	28.3	29.6	28.9	28.9	29.2	26.5	25.9	29.9	27.3	27.6	28.1	28.4	28.11±0.16	29.9-25.90
ค่าเฉลี่ย	27.2	27.0	28.1	28.1	29.6	29.3	28.8	29.1	26.7	26.2	29.8	27.4	27.7	27.9	28.5		
SE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

อัตราส่วน	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2					เดือนที่ 3					ค่าเฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่						
ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
	27.3	28.2	27.9	28.5	28.6	28.6	28.6	28.9	26.4	25.9	29.6	27.2	27.6	28.0	28.7		
90 ต่อ 10	27.1	28.1	28.1	28.6	28.9	28.9	28.6	28.8	26.4	25.8	29.6	27.5	27.5	27.9	28.9		
	26.9	27.9	28.1	28.6	28.8	28.9	28.5	28.7	26.8	25.9	29.5	27.3	27.4	28.1	28.9	28.02±0.15	29.60-25.80
ค่าเฉลี่ย	27.1	28.1	28.0	28.6	28.8	28.8	28.6	28.8	26.5	25.9	29.6	27.3	27.5	28.0	28.8		
SE	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1		
	27.8	28.5	28.2	28.9	29.6	29.7	28.9	29.5	26.8	26.0	29.9	27.5	27.4	28.3	29.6		
85 ต่อ 15	27.9	28.6	28.3	28.7	28.7	28.8	29.0	29.8	26.7	26.1	30.0	27.6	27.4	28.0	29.2		
	27.5	28.4	28.4	28.5	29.5	29.6	29.1	29.6	26.9	25.9	30.1	27.5	27.6	28.5	29.6	28.40±0.17	30.10-25.90
ค่าเฉลี่ย	27.7	28.5	28.3	28.7	29.3	29.4	29.0	29.6	26.8	26.0	30.0	27.5	27.5	28.3	29.5		
SE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1		

ตารางผนวกที่ 4 ค่าแอมโมเนียม- ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียมที่ต่าง ๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไรดิค (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนียม	เดือนที่ 1				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	7.87	3.19	0.12	1.81	3.83
	6.50	3.69	1.26	0.56	2.13
	11.94	3.02	3.07	0.54	1.97
ค่าเฉลี่ย ± SE	8.77±1.64	3.30±0.20	1.48±0.86	0.97±0.42	2.64±0.60
95 ต่อ 5	10.93	6.31	3.84	0.61	3.23
	15.58	6.44	2.61	0.60	1.88
	13.95	7.13	2.64	0.80	0.85
ค่าเฉลี่ย ± SE	13.49±1.36	6.63±0.25	3.03±0.41	0.67±0.06	1.99±0.69
90 ต่อ 10	16.44	8.65	5.74	0.67	1.39
	15.77	10.27	3.37	0.72	0.86
	17.98	11.87	3.32	0.78	1.17
ค่าเฉลี่ย ± SE	16.73±0.66	10.26±0.93	4.14±0.80	0.72±0.03	1.14±0.15
85 ต่อ 15	18.46	13.47	8.67	0.75	1.06
	19.96	13.20	8.20	0.72	2.80
	18.94	13.44	7.01	0.77	1.98
ค่าเฉลี่ย ± SE	19.12±0.44	13.37±0.08	7.69±0.49	0.75±0.01	1.95±0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	9.93	1.98	0.48	0.30	0.20
	8.44	1.37	0.38	0.30	0.23
	8.00	1.72	0.48	0.30	0.15
ค่าเฉลี่ย \pm SE	8.79 \pm 0.59	1.69 \pm 0.18	0.45 \pm 0.04	0.30 \pm 0.00	0.20 \pm 0.02
95 ต่อ 5	12.02	1.87	0.43	0.27	0.27
	11.98	2.02	0.41	0.36	0.27
	12.20	1.91	0.41	0.39	0.16
ค่าเฉลี่ย \pm SE	12.07 \pm 0.07	1.93 \pm 0.05	0.42 \pm 0.01	0.34 \pm 0.04	0.24 \pm 0.04
90 ต่อ 10	14.88	2.91	0.42	0.27	0.09
	15.08	1.00	0.33	0.24	0.10
	15.93	0.88	0.38	0.21	0.13
ค่าเฉลี่ย \pm SE	15.29 \pm 0.32	1.60 \pm 0.66	0.38 \pm 0.03	0.24 \pm 0.02	0.11 \pm 0.01
85 ต่อ 15	17.16	4.07	0.42	1.49	0.16
	16.93	4.76	0.45	0.35	0.24
	16.78	3.34	0.42	0.29	0.12
	16.96 \pm 0.11	4.06 \pm 0.41	0.43 \pm 0.01	0.71 \pm 0.39	0.17 \pm 0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 3				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	7.20	1.93	0.26	0.14	0.43
	6.74	0.37	0.33	0.07	0.34
	10.43	0.47	0.26	0.15	0.33
ค่าเฉลี่ย \pm SE	8.12 \pm 1.16	0.92 \pm 0.50	0.28 \pm 0.02	0.12 \pm 0.03	0.37 \pm 0.03
95 ต่อ 5	10.57	1.73	0.16	0.04	0.33
	11.47	2.16	0.16	0.10	0.34
	10.95	1.20	0.19	0.22	0.34
ค่าเฉลี่ย \pm SE	10.99 \pm 0.26	1.70 \pm 0.28	0.17 \pm 0.01	0.12 \pm 0.05	0.34 \pm 0.00
90 ต่อ 10	15.07	5.59	0.33	0.22	0.51
	14.69	3.83	0.22	0.21	0.40
	13.62	2.61	0.32	0.27	0.41
ค่าเฉลี่ย \pm SE	14.46 \pm 0.43	4.01 \pm 0.86	0.29 \pm 0.04	0.24 \pm 0.02	0.44 \pm 0.04
85 ต่อ 15	21.29	7.85	0.17	0.24	0.29
	17.86	8.56	0.26	0.34	0.34
	17.38	9.11	0.32	0.43	0.35
ค่าเฉลี่ย \pm SE	18.84 \pm 1.23	8.51 \pm 0.37	0.25 \pm 0.05	0.33 \pm 0.06	0.33 \pm 0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนโตรเจนและแอมโมเนียที่ต่างๆ
กันในระบบปลูกพืชแบบไรดิค (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ
เดือน

อัตราส่วน ไนโตรเจนต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 1				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	0.00	0.08	1.09	0.01	0.01
	0.00	0.14	2.85	0.01	0.01
	0.00	0.08	0.60	0.01	0.01
ค่าเฉลี่ย ± SE	0.00±0.00	0.10±0.02	1.51±0.68	0.00±0.00	0.10±0.00
95 ต่อ 5	0.00	0.08	0.71	0.01	0.01
	0.00	0.13	1.16	0.00	0.01
	0.00	0.13	1.62	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย ± SE	0.00±0.00	0.11±0.01	1.16±0.26	0.01±0.00	0.01±0.00
90 ต่อ 10	0.00	0.10	1.58	0.00	0.01
	0.00	0.12	1.61	0.02	0.01
	0.02	0.12	3.47	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย ± SE	0.01±0.00	0.11±0.01	2.22±0.63	0.01±0.00	0.01±0.00
85 ต่อ 15	0.00	0.17	2.67	0.01	0.01
	0.00	0.19	2.07	0.00	0.01
	0.00	0.17	3.38	0.02	0.01
ค่าเฉลี่ย ± SE	0.00±0.00	0.18±0.01	2.71±0.38	0.01±0.00	0.01±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	0.02	0.04	0.07	0.00	0.01
	0.01	3.32	0.01	0.00	0.02
	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.01 \pm 0.00	1.13 \pm 1.10	0.03 \pm 0.02	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
95 ต่อ 5	0.01	0.17	0.01	0.00	0.01
	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
	0.02	0.18	0.00	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.01 \pm 0.00	0.12 \pm 0.06	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
90 ต่อ 10	0.01	2.65	0.00	0.00	0.01
	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01
	0.03	0.32	0.00	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.02 \pm 0.01	1.00 \pm 0.83	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
85 ต่อ 15	0.01	0.92	0.00	0.03	0.01
	0.01	0.89	0.00	0.00	0.01
	0.02	1.11	0.00	0.00	0.01
	0.01 \pm 0.00	0.97 \pm 0.07	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 3				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
	0.01	0.27	0.01	0.01	0.02
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.01 \pm 0.00	0.10 \pm 0.09	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
95 ต่อ 5	0.01	0.18	0.01	0.01	0.01
	0.01	0.35	0.01	0.01	0.01
	0.01	0.18	0.01	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.01 \pm 0.00	0.24 \pm 0.06	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
90 ต่อ 10	0.00	0.34	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.48	0.01	0.01	0.01
	0.01	0.12	0.01	0.00	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.00 \pm 0.00	0.31 \pm 0.11	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
85 ต่อ 15	0.01	0.18	0.01	0.00	0.02
	0.01	0.12	0.01	0.00	0.01
	0.00	0.19	0.01	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.00 \pm 0.00	0.16 \pm 0.02	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (ppm) ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 1				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	82.88	78.78	92.08	83.37	68.09
	81.32	86.54	78.58	82.31	64.38
	82.59	81.37	83.63	80.50	67.35
ค่าเฉลี่ย \pm SD	82.26 \pm 0.48	82.00 \pm 2.29	84.76 \pm 3.94	82.06 \pm 0.84	66.61 \pm 1.14
95 ต่อ 5	79.13	79.13	87.38	80.82	71.38
	80.74	79.01	86.33	81.88	72.02
	80.84	72.36	90.44	85.91	76.90
ค่าเฉลี่ย \pm SE	80.24 \pm 0.55	76.84 \pm 2.24	88.05 \pm 1.23	82.87 \pm 1.55	73.43 \pm 1.74
90 ต่อ 10	72.18	55.89	82.34	78.38	69.68
	63.00	73.13	77.65	74.14	69.37
	62.85	61.13	66.62	64.06	58.28
ค่าเฉลี่ย \pm SE	66.01 \pm 3.09	63.38 \pm 5.11	75.53 \pm 4.67	72.19 \pm 4.25	65.78 \pm 3.75
85 ต่อ 15	65.04	76.54	77.29	75.84	66.29
	62.85	74.89	79.52	79.44	71.91
	58.19	70.36	74.01	74.14	65.34
ค่าเฉลี่ย \pm SE	62.03 \pm 2.02	73.09 \pm 1.85	76.94 \pm 1.60	76.47 \pm 1.57	67.85 \pm 2.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรตต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	54.15	69.83	67.61	89.87	96.04
	54.25	72.97	63.21	73.28	67.05
	57.80	70.41	67.67	71.36	59.36
ค่าเฉลี่ย \pm SE	55.40 \pm 1.20	71.07 \pm 0.97	66.16 \pm 1.84	78.18 \pm 5.88	74.15 \pm 11.18
95 ต่อ 5	61.62	81.46	81.48	71.66	68.50
	65.87	85.06	84.05	75.08	75.14
	60.62	86.46	73.43	87.00	84.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	62.70 \pm 1.61	84.33 \pm 1.49	79.65 \pm 3.20	77.91 \pm 4.65	75.88 \pm 4.50
90 ต่อ 10	52.45	68.96	66.73	75.73	69.48
	46.93	63.15	61.79	67.11	66.39
	47.09	82.39	70.85	84.30	76.12
ค่าเฉลี่ย \pm SE	48.83 \pm 1.81	71.50 \pm 5.70	66.46 \pm 2.62	75.71 \pm 4.97	70.67 \pm 2.87
85 ต่อ 15	60.77	72.86	68.55	72.98	74.02
	50.27	77.97	82.70	85.56	84.08
	47.20	76.00	73.36	92.27	85.26
	52.75 \pm 4.11	76.61 \pm 1.49	74.87 \pm 4.16	83.60 \pm 5.66	81.12 \pm 35.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

อัตราส่วน	เดือนที่ 3				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	79.54	73.94	51.62	64.94	61.78
100 ต่อ 0	68.10	62.69	41.88	51.81	54.39
	65.60	58.96	34.88	47.52	36.69
ค่าเฉลี่ย \pm SE	71.08 \pm 4.30	65.19 \pm 4.51	42.79 \pm 4.86	54.76 \pm 5.24	50.95 \pm 7.45
	89.54	83.18	43.41	64.02	66.97
95 ต่อ 5	85.20	84.75	42.88	60.60	62.31
	83.42	81.24	48.15	67.76	73.89
ค่าเฉลี่ย \pm SE	86.05 \pm 1.82	83.06 \pm 1.01	44.81 \pm 1.68	64.13 \pm 2.07	67.62 \pm 3.37
	72.44	77.74	60.68	66.35	71.23
90 ต่อ 10	69.55	73.57	60.20	62.28	60.58
	65.27	67.16	56.99	56.64	53.52
ค่าเฉลี่ย \pm SE	69.09 \pm 2.03	72.82 \pm 3.08	59.29 \pm 1.16	61.76 \pm 2.82	61.78 \pm 5.15
	63.17	73.72	60.10	57.78	57.92
85 ต่อ 15	66.33	67.08	65.89	61.09	63.11
	68.50	70.06	64.10	63.96	62.91
ค่าเฉลี่ย \pm SE	66.00 \pm 1.55	70.29 \pm 1.92	63.36 \pm 1.71	60.94 \pm 1.79	61.63 \pm 1.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (ppm) ในสารละลายที่มีอัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่าง ๆ กันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน (DFT) ในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 1				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	34.39	35.57	34.49	32.83	28.51
	35.50	38.68	39.34	34.24	31.09
	30.37	34.94	32.44	28.93	28.23
ค่าเฉลี่ย \pm SE	33.42 \pm 1.56	36.40 \pm 1.16	35.42 \pm 2.05	32.00 \pm 1.59	29.28 \pm 0.91
95 ต่อ 5	30.59	31.36	28.54	26.30	25.65
	30.28	29.54	31.87	26.54	24.06
	29.20	29.35	29.21	26.82	23.54
ค่าเฉลี่ย \pm SE	30.02 \pm 0.42	30.08 \pm 0.64	29.87 \pm 1.02	26.55 \pm 0.15	24.42 \pm 0.64
90 ต่อ 10	28.00	29.63	27.73	26.68	25.70
	34.43	37.48	35.91	32.08	32.50
	48.01	51.88	48.61	47.66	46.71
ค่าเฉลี่ย \pm SE	36.81 \pm 5.90	39.67 \pm 6.52	37.42 \pm 6.08	35.47 \pm 6.30	34.97 \pm 6.20
85 ต่อ 15	32.38	35.04	37.91	30.39	28.51
	29.83	32.55	33.82	29.40	26.73
	33.45	35.57	36.39	34.00	31.70
ค่าเฉลี่ย \pm SE	31.88 \pm 1.07	34.39 \pm 0.93	36.04 \pm 1.20	31.26 \pm 1.40	28.98 \pm 1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
	37.47	34.21	40.17	33.91	32.50
100 ต่อ 0	38.59	37.45	39.34	32.18	29.90
	38.36	35.56	39.24	34.75	29.10
ค่าเฉลี่ย \pm SE	38.14 \pm 0.34	35.74 \pm 0.94	39.58 \pm 0.29	33.61 \pm 0.76	30.60 \pm 1.03
	27.43	20.75	23.74	16.33	14.46
95 ต่อ 5	27.95	24.22	26.01	18.71	15.85
	30.86	24.87	28.32	22.41	18.76
ค่าเฉลี่ย \pm SE	28.75 \pm 1.07	23.28 \pm 1.28	26.03 \pm 1.32	19.15 \pm 1.77	16.35 \pm 1.27
	44.78	46.62	46.92	40.17	34.65
90 ต่อ 10	40.85	36.48	42.71	37.69	31.65
	39.25	36.20	40.77	37.18	32.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	41.63 \pm 1.65	39.77 \pm 3.43	43.47 \pm 1.82	38.35 \pm 0.92	32.77 \pm 0.95
	37.14	34.45	38.60	30.03	27.93
85 ต่อ 15	35.22	30.42	36.74	30.12	26.01
	36.72	33.57	37.25	32.27	29.86
ค่าเฉลี่ย \pm SE	36.36 \pm 0.58	32.81 \pm 1.22	37.53 \pm 0.55	30.60 \pm 0.73	27.93 \pm 1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

อัตราส่วน ไนเตรทต่อแอมโมเนีย	เดือนที่ 3				
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
100 ต่อ 0	46.46	55.61	49.40	47.42	45.38
	49.33	47.60	45.72	40.76	42.79
	48.34	46.76	45.63	40.98	38.90
ค่าเฉลี่ย \pm SE	48.05 \pm 0.48	49.99 \pm 2.82	46.92 \pm 1.24	43.05 \pm 2.19	42.36 \pm 1.89
95 ต่อ 5	29.23	23.65	20.34	16.44	15.51
	35.99	29.57	26.87	21.96	21.71
	34.96	32.13	31.12	28.01	27.13
ค่าเฉลี่ย \pm SE	33.39 \pm 2.11	28.54 \pm 2.51	26.11 \pm 3.14	22.14 \pm 3.34	21.45 \pm 3.36
90 ต่อ 10	59.13	56.17	51.20	47.59	49.83
	50.90	36.84	37.52	31.08	28.06
	49.46	52.49	41.29	43.96	41.86
ค่าเฉลี่ย \pm SE	53.16 \pm 3.02	48.50 \pm 5.93	43.34 \pm 4.08	40.88 \pm 5.02	39.92 \pm 6.37
85 ต่อ 15	42.84	46.20	38.75	38.35	40.15
	40.20	43.45	41.99	36.03	40.94
	41.81	43.64	39.85	39.27	43.72
ค่าเฉลี่ย \pm SE	41.35 \pm 0.77	44.43 \pm 0.89	40.20 \pm 0.95	37.88 \pm 0.97	41.60 \pm 1.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักของพรรณไม้ น้ำ (กรัม) ที่อัตราส่วนไนโตรเจนและแอมโมเนียที่ต่างกันในระยะเวลา 3 เดือนโดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

อัตราส่วนไนโตรเจน ต่อแอมโมเนีย	ก่อน		สิ้นสุด		เพิ่มขึ้น		เฉลี่ย
	1	2	1	2	1	2	
100 ต่อ 0	6.05	3.51	8.16	4.7	2.11	1.19	1.65
	5.84	5.52	6.23	6.19	0.39	0.67	0.53
	2.16	4.12	4.33	6.08	2.17	1.96	2.07
95 ต่อ 5	2.14	4.56	2.65	6.77	0.51	2.21	1.36
	2.26	2.43	4.3	5.88	2.04	3.45	2.75
	6.65	4.09	8.35	4.53	1.70	0.44	1.07
90 ต่อ 10	1.65	3.84	2.78	6.63	1.13	2.79	1.96
	3.22	6.27	5.22	9.59	2.00	3.32	2.66
	1.98	3.15	4.88	5.9	2.90	2.75	2.83
85 ต่อ 15	3.1	3.01	3.2	2.82	0.10	-0.19	-0.04
	4.18	3.23	4.83	3.05	0.65	-0.18	0.24
	5.34	4.77	7.22	4.62	1.88	-0.15	0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 น้ำหนักพรณไม้ น้ำ(กรัม)หลังการทดลอง ที่อัตราส่วนไนเตรทและแอมโมเนียที่ต่างกันใน
ระยะเวลา 3

อัตราส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนีย				
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	%น้ำหนัก.แห้ง	%ความชื้น
100 ต่อ 0	91.76	11.25	12.26	87.74
	115.87	15.48	13.36	86.64
	102.08	12.62	12.36	87.64
ค่าเฉลี่ย	103.24	13.12	12.66	87.34
95 ต่อ 5	109.21	14.67	13.43	86.57
	105.22	13.29	12.63	87.37
	100.95	11.88	11.77	88.23
ค่าเฉลี่ย	105.13	13.28	12.61	87.39
90 ต่อ 10	88.64	10.45	11.79	88.21
	99.81	11.46	11.48	88.52
	96.36	11.27	11.70	88.30
ค่าเฉลี่ย	94.94	11.06	11.66	88.34
85 ต่อ 15	81.51	10.32	12.66	87.34
	79.95	9.80	12.26	87.74
	74.57	9.48	12.71	87.29
ค่าเฉลี่ย	78.68	9.87	12.54	87.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 10 ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายทุกๆ เดือน

ระบบ	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่				
	0	1	2	3	4	0	1	2	สูงสุด	ต่ำสุด
NFT	1.03	1.04	0.97	1.03	1.05	0.97	0.94	0.94		
	1.01	0.95	1.00	1.04	1.03	0.98	0.96	0.95		
	1.02	1.05	1.00	1.03	1.04	1.00	0.98	0.97	1.05	0.94
ค่าเฉลี่ย	1.02	1.01	0.99	1.03	1.04	0.98	0.96	0.95		
SE	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01		
Sand culture	1.01	1.08	1.00	1.04	1.08	0.99	1.01	1.07		
	1.01	0.98	1.02	1.05	1.03	0.97	0.98	1.03		
	1.04	1.00	1.01	1.02	1.01	0.98	0.89	0.90	1.08	0.89
ค่าเฉลี่ย	1.02	1.02	1.01	1.04	1.04	0.98	0.96	1.00		
SE	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.05		
NFT	1.03	1.05	1.05	1.01	1.02	1.01	1.01	1.00		
	1.01	0.95	1.00	1.02	0.99	0.99	0.87	0.85		
	1.04	0.96	1.03	1.02	0.97	1.01	0.91	0.82	1.05	0.82
ค่าเฉลี่ย	1.03	0.99	1.03	1.02	0.99	1.00	0.93	0.89		
SE	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.06		
Floating system	1.03	0.95	0.99	1.04	0.99	0.97	0.88	0.82		
	1.03	0.91	0.99	1.05	1.00	0.97	0.90	0.88		
	1.02	0.96	1.02	1.05	1.03	0.99	0.92	0.93	1.05	0.82
ค่าเฉลี่ย	1.03	0.94	1.00	1.05	1.01	0.98	0.90	0.88		
SE	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบปลูกพืชแบบไร้นดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายทุกๆ เดือน

ระบบ	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่				
	0	1	2	3	4	0	1	2	สูงสุด	ต่ำสุด
NFT	7.18	6.44	6.53	6.94	6.86	7.12	6.96	7.22		
	7.15	6.68	6.59	6.98	6.90	7.07	6.99	7.23		
	7.19	6.13	6.68	7.04	6.89	7.14	6.97	7.19	7.23	6.13
ค่าเฉลี่ย	7.17	6.42	6.60	6.99	6.88	7.11	6.97	7.21		
SE	0.01	0.16	0.04	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01		
Sand culture	7.30	6.85	6.90	7.19	7.24	7.06	7.14	7.39		
	7.18	6.97	6.88	7.14	7.27	7.16	7.13	7.36		
	6.99	7.00	6.87	7.16	7.38	7.20	7.44	7.59	7.59	6.85
ค่าเฉลี่ย	7.16	6.94	6.88	7.16	7.30	7.14	7.24	7.45		
SE	0.09	0.05	0.01	0.01	0.04	0.04	0.10	0.07		
NFT	7.16	6.70	6.78	7.14	7.06	7.18	6.98	7.23		
	7.00	6.84	6.70	7.00	7.03	7.14	7.26	7.38		
	7.04	6.72	6.75	7.15	7.09	7.11	7.15	7.46	7.46	6.70
ค่าเฉลี่ย	7.07	6.75	6.74	7.10	7.06	7.14	7.13	7.36		
SE	0.05	0.04	0.02	0.05	0.02	0.02	0.08	0.07		
Floating system	7.23	6.84	6.39	6.98	6.80	7.15	6.97	7.33		
	7.20	6.84	6.28	6.95	6.92	7.03	6.96	7.21		
	6.92	6.70	6.59	6.92	6.91	7.00	6.94	7.20	7.33	6.28
ค่าเฉลี่ย	7.12	6.79	6.42	6.95	6.88	7.06	6.96	7.25		
SE	0.10	0.05	0.09	0.02	0.04	0.05	0.01	0.04		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 12 อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายทุกๆ เดือน

ระบบ	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2				
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่				
	0	1	2	3	4	0	1	2	สูงสุด	ต่ำสุด
NFT	30.0	26.6	22.5	27.1	27.5	32.2	29.0	28.6		
	30.1	26.3	22.0	26.7	27.2	32.0	28.2	28.0		
	29.8	26.3	22.3	26.7	27.2	32.0	28.6	28.0	32.20	22.00
ค่าเฉลี่ย	30.0	26.4	22.3	26.8	27.3	32.1	28.6	28.2		
SE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2		
Sand culture	29.1	27.3	22.2	26.9	26.8	31.0	28.7	28.1		
	29.4	27.2	22.1	26.8	26.8	31.0	28.7	28.1		
	29.6	27.3	22.0	26.8	26.7	31.0	28.7	28.2	31.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	29.4	27.3	22.1	26.8	26.8	31.0	28.7	28.1		
SE	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
NFT	30.4	26.9	21.7	26.9	27.3	32.3	28.9	27.9		
	30.6	26.6	21.7	27.0	27.2	32.2	28.4	27.9		
	30.3	26.7	21.8	27.2	27.2	32.3	28.5	28.0	32.30	21.70
ค่าเฉลี่ย	30.4	26.7	21.7	27.0	27.2	32.3	28.6	27.9		
SE	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0		
Floating system	28.70	29.10	24.60	28.40	28.70	30.00	29.90	29.50		
	28.60	29.30	24.60	28.50	28.70	29.90	30.20	29.50		
	28.40	28.80	24.20	28.00	28.20	29.50	30.10	29.30	30.20	24.20
ค่าเฉลี่ย	28.57	29.07	24.47	28.30	28.53	29.80	30.07	29.43		
SE	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 13 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (ppm) ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

ระบบปลูก	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2		
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่		
	0	1	2	3	4	0	1	2
DFT	4.48	0.61	1.54	0.14	0.11	1.76	0.34	0.45
	6.42	1.12	1.29	0.07	0.09	1.78	0.43	0.52
	5.77	0.42	0.94	0.19	0.09	1.70	0.44	0.25
ค่าเฉลี่ย \pm SE	5.56 \pm 0.57	0.72 \pm 0.20	1.26 \pm 0.17	0.13 \pm 0.03	0.10 \pm 0.01	1.74 \pm 0.02	0.41 \pm 0.03	0.41 \pm 0.08
SAND	5.43	0.71	1.10	0.06	0.25	1.36	1.07	0.38
	4.87	0.64	0.82	0.15	0.38	1.46	1.08	0.28
	4.48	0.16	1.10	0.11	0.07	1.34	1.11	0.31
ค่าเฉลี่ย \pm SE	4.92 \pm 0.28	0.50 \pm 0.17	1.01 \pm 0.09	0.11 \pm 0.03	0.23 \pm 0.09	1.39 \pm 0.04	1.09 \pm 0.01	0.32 \pm 0.03
NFT	5.90	0.29	1.45	0.04	0.04	1.65	0.34	0.30
	5.90	0.74	1.07	0.03	0.04	1.69	0.22	0.19
	6.59	0.58	0.82	0.08	0.18	1.64	0.36	0.45
ค่าเฉลี่ย \pm SE	6.13 \pm 0.23	0.53 \pm 0.13	1.11 \pm 0.18	0.05 \pm 0.02	0.09 \pm 0.05	1.66 \pm 0.01	0.31 \pm 0.05	0.31 \pm 0.07
Floatibg	7.41	4.71	1.89	0.09	0.09	1.81	0.93	0.22
	7.54	4.52	1.20	0.08	0.34	1.77	0.35	0.29
	6.98	7.92	3.34	0.11	0.28	1.79	0.27	0.34
ค่าเฉลี่ย \pm SE	7.35 \pm 0.17	5.72 \pm 1.10	2.14 \pm 0.63	0.09 \pm 0.01	0.24 \pm 0.08	1.79 \pm 0.01	0.51 \pm 0.21	0.29 \pm 0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 14 ไนโตรท์-ไนโตรเจน(ppm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

ระบบปลูก	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2		
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่		
	0	1	2	3	4	0	1	2
DFT	0.04	0.00	0.02	0.00	0.01	0.10	0.01	0.01
	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01	0.22	0.01	0.01
	0.12	0.00	0.02	0.00	0.01	0.23	0.01	0.02
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.06 \pm 0.03	0.00 \pm 0.00	0.03 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.18 \pm 0.04	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
SAND	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01	0.09	0.01	0.01
	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.16	0.01	0.00
	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	0.20	0.01	0.00
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.06 \pm 0.01	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.15 \pm 0.03	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00
NFT	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.18	0.01	0.00
	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.43	0.01	0.00
	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.30	0.02	0.00
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.05 \pm 0.01	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.31 \pm 0.07	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
Floatibg	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01	0.01
	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.01
	0.03	0.01	0.03	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01
ค่าเฉลี่ย \pm SE	0.03 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.01	0.02 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 15 ไนเตรท-ไนโตรเจน(ppm)ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยทุกๆ เดือน

ระบบปลูก	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2		
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่		
	0	1	2	3	4	0	1	2
DFT	71.34	75.75	62.52	88.87	75.20	59.55	66.50	66.13
	59.67	69.97	73.67	87.16	77.35	63.95	70.77	66.50
	60.37	76.90	71.58	88.74	79.19	67.22	69.46	74.51
ค่าเฉลี่ย \pm SE	63.79 \pm 3.8	74.21 \pm 2.2	69.26 \pm 3.4	88.26 \pm 0.6	77.26 \pm 1.2	63.57 \pm 2.2	68.91 \pm 1.3	69.046 \pm 2.7
SAND	56.87	74.59	66.60	90.70	75.10	59.24	72.31	75.25
	67.85	65.93	73.17	92.93	71.41	57.50	72.74	81.67
	70.84	64.30	73.47	91.36	80.01	59.96	54.57	65.51
ค่าเฉลี่ย \pm SE	65.19 \pm 4.3	68.27 \pm 3.2	71.08 \pm 2.2	91.66 \pm 0.7	75.51 \pm 2.5	58.90 \pm 0.7	66.54 \pm 5.9	74.14 \pm 4.7
NFT	65.75	62.47	71.98	82.84	68.75	65.17	73.29	77.35
	62.36	62.37	69.19	81.13	66.10	61.29	56.98	64.03
	61.26	63.14	71.28	86.51	68.35	66.71	67.49	63.41
ค่าเฉลี่ย \pm SE	63.13 \pm 1.4	62.66 \pm 0.2	70.82 \pm 0.8	83.50 \pm 1.6	67.73 \pm 0.8	64.39 \pm 1.6	65.92 \pm 4.8	68.26 \pm 4.6
Floatibg	67.85	54.20	72.28	81.66	65.17	57.50	61.80	62.43
	60.76	57.95	69.69	85.07	75.30	51.36	63.22	69.58
	55.88	51.31	68.99	75.11	73.15	51.88	68.15	64.89
ค่าเฉลี่ย \pm SE	61.50 \pm 3.5	54.4 \pm 1.9	70.32 \pm 1.0	80.61 \pm 2.9	71.21 \pm 3.1	53.58 \pm 1.9	64.39 \pm 1.9	65.63 \pm 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 16 ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (ppm) ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายทุกๆ เดือน

ระบบปลูก	เดือนที่ 1					เดือนที่ 2		
	สัปดาห์ที่					สัปดาห์ที่		
	0	1	2	3	4	0	1	2
	21.19	22.52	23.81	24.15	17.41	26.58	20.41	13.83
DFT	26.71	22.94	32.93	27.27	19.52	28.21	24.69	17.37
	25.47	29.06	29.47	24.80	16.35	26.23	22.03	16.43
ค่าเฉลี่ย \pm SE	24.46 \pm 1.7	24.84 \pm 2.1	28.74 \pm 2.7	25.41 \pm 0.9	17.76 \pm 0.9	27.01 \pm 0.6	22.38 \pm 1.3	15.88 \pm 1.1
	19.23	11.05	16.60	7.83	4.14	19.60	11.04	4.65
SAND	17.63	10.28	20.49	10.88	5.06	20.23	10.59	5.59
	16.39	10.70	19.29	17.98	5.27	20.02	8.60	5.51
ค่าเฉลี่ย \pm SE	17.75 \pm 0.8	10.67 \pm 0.2	18.79 \pm 1.2	12.23 \pm 3.0	4.82 \pm 0.4	19.95 \pm 0.2	10.08 \pm 0.8	5.25 \pm 0.3
	27.73	29.06	29.54	25.17	13.17	24.39	26.09	14.26
NFT	30.27	24.84	28.76	33.07	18.04	27.57	21.74	12.38
	28.60	27.66	33.50	26.33	14.80	26.37	21.96	11.08
ค่าเฉลี่ย \pm SE	28.86 \pm 0.8	27.19 \pm 1.2	30.60 \pm 1.5	28.19 \pm 2.5	15.34 \pm 1.4	26.11 \pm 0.9	23.26 \pm 1.4	12.57 \pm 0.9
	38.11	31.88	30.03	27.78	15.78	26.72	19.23	9.64
Floatibg	37.97	28.71	32.93	27.05	19.03	28.98	24.18	14.62
	38.77	39.55	38.02	36.19	21.57	29.69	23.66	15.56
ค่าเฉลี่ย \pm SE	38.28 \pm 0.3	33.38 \pm 3.2	33.66 \pm 2.3	30.34 \pm 2.9	18.80 \pm 1.7	28.46 \pm 0.9	22.35 \pm 1.6	13.27 \pm 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 17 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในรอบ 1 วันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ

ระบบ	เวลา								สูงสุด-ต่ำสุด	ผลต่าง
	09.00น	12.00น	15.00น	18.00น	21.00น	24.00น	03.00น	06.00น		
	7.23	7.24	7.25	7.26	7.25	7.24	7.18	7.15		
DFT	7.21	7.22	7.23	7.25	7.24	7.23	7.19	7.14		
	7.23	7.25	7.3	7.34	7.25	7.24	7.18	7.15	7.34-7.14	0.20
ค่าเฉลี่ย	7.22	7.24	7.26	7.28	7.25	7.24	7.18	7.15		
SE	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00		
	7.51	7.63	7.69	7.65	7.54	7.5	7.46	7.44		
SAND	7.46	7.59	7.68	7.61	7.53	7.49	7.46	7.39		
	7.67	7.91	8.05	7.9	7.84	7.71	7.65	7.52	8.05-7.39	0.66
ค่าเฉลี่ย	7.55	7.71	7.81	7.72	7.64	7.57	7.52	7.45		
SE	0.06	0.10	0.12	0.09	0.10	0.07	0.06	0.04		
	7.31	7.35	7.42	7.42	7.32	7.11	7.2	7.17		
NFT	7.5	7.55	7.64	7.61	7.41	7.25	7.2	7.16		
	7.54	7.6	7.7	7.62	7.42	7.27	7.25	7.22	7.7-7.11	0.59
ค่าเฉลี่ย	7.45	7.50	7.59	7.55	7.38	7.21	7.22	7.18		
SE	0.07	0.08	0.09	0.07	0.03	0.05	0.02	0.02		
	7.77	7.76	7.86	7.85	7.76	7.71	7.76	7.61		
Floating	7.58	7.54	7.64	7.61	7.59	7.56	7.51	7.49		
	7.46	7.45	7.51	7.51	7.45	7.35	7.3	7.27	7.86-7.21	0.59
ค่าเฉลี่ย	7.60	7.58	7.67	7.66	7.60	7.54	7.52	7.46		
SE	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.13	0.10		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 18 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ppm) ในรอบ 1 วันในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน
ประเภทต่างๆ

ระบบ	เวลา								สูงสุด-ต่ำสุด	ผลต่าง
	09.00 น	12.00 น	15.00 น	18.00 น	21.00 น	24.00 น	03.00 น	06.00 น		
	7.09	6.17	5.18	6.38	6.92	7.55	7.57	7.46		
DFT	7.15	6.28	5.54	5.69	6.05	7.67	7.69	7.55		
	7.05	6.16	5.26	5.47	6.12	7.54	7.58	7.42	7.69-5.18	2.51
ค่าเฉลี่ย	7.10	6.20	5.33	5.85	6.36	7.59	7.61	7.48		
SE	0.03	0.04	0.11	0.27	0.28	0.04	0.04	0.04		
	6.24	5.74	6.09	6.33	6.52	6.84	6.91	6.82		
SAND	6.20	5.33	5.54	5.86	6.89	7.50	7.55	6.95		
	6.18	5.65	5.33	5.53	6.52	6.79	6.80	6.64	7.55-5.33	2.22
ค่าเฉลี่ย	6.21	5.57	5.65	5.91	6.64	7.04	7.09	6.80		
SE	0.02	0.12	0.23	0.23	0.12	0.23	0.23	0.09		
	6.81	6.70	5.93	6.32	7.49	7.56	7.59	7.50		
NFT	6.41	5.74	5.82	5.93	7.51	7.60	7.69	7.46		
	6.86	6.02	5.96	6.67	6.70	7.71	7.75	7.23	7.75-5.74	2.01
ค่าเฉลี่ย	6.69	6.15	5.90	6.31	7.23	7.62	7.68	7.40		
SE	0.14	0.29	0.04	0.21	0.27	0.04	0.05	0.08		
	5.96	5.59	4.88	4.89	5.72	6.77	6.80	6.18		
Floating	5.91	5.53	4.24	4.66	5.75	6.84	6.91	6.52		
	6.15	5.82	4.90	5.48	5.56	6.71	6.78	6.51	6.91-4.24	2.67
ค่าเฉลี่ย	6.01	5.65	4.67	5.01	5.68	6.77	6.83	6.40		
SE	0.07	0.09	0.22	0.24	0.06	0.04	0.04	0.11		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 19 คุณหมอน้ำ(องศาเซลเซียส)ในรอบ 1 วันในระบบปลูกพืชแบบไรดิโนประเภทต่างๆ

ระบบ	เวลา								สูงสุด-ต่ำสุด	ผลต่าง
	09.00 น	12.00 น	15.00 น	18.00 น	21.00 น	24.00 น	03.00 น	06.00 น		
	26.7	29.5	30.9	30.4	29.5	28.2	27.0	26.5		
DFT	26.4	29.3	30.7	29.9	29.2	27.6	26.9	26.3		
	26.4	29.1	31.4	30.0	29.5	27.7	27.1	26.5	31.4-26.3	5.1
ค่าเฉลี่ย	26.50	29.30	31.00	30.10	29.40	27.83	27.00	26.43		
SE	0.04	0.04	0.07	0.05	0.04	0.07	0.02	0.02		
	27.0	29.6	31.3	30.0	29.1	28.1	27.5	26.8		
SAND	27.0	29.6	31.3	29.9	29.2	27.8	27.1	26.7		
	26.9	29.7	31.3	29.7	28.2	27.6	27.9	26.4	31.3-26.4	4.9
ค่าเฉลี่ย	26.97	29.63	31.30	29.87	28.83	27.83	27.50	26.63		
SE	0.01	0.01	0.00	0.03	0.11	0.05	0.08	0.04		
	26.7	27.4	30.6	29.3	28.5	27.9	26.5	26.3		
NFT	26.4	29.6	30.6	28.6	27.5	27.1	26.2	26.1		
	26.5	29.2	30.7	28.5	27.8	27.0	26.5	26.3	30.7-26.1	4.6
ค่าเฉลี่ย	26.53	28.73	30.63	28.80	27.93	27.33	26.40	26.23		
SE	0.03	0.24	0.01	0.09	0.10	0.10	0.04	0.02		
	29.5	29.6	30.7	30.5	30.3	30.2	29.9	29.4		
Floating	29.5	29.9	30.8	30.8	30.5	30.3	29.6	29.4		
	29.5	29.8	30.6	30.3	30.1	29.9	29.5	29.4	30.8-29.4	1.4
ค่าเฉลี่ย	29.50	29.77	30.70	30.53	30.30	30.13	29.67	29.40		
SE	0.00	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.04	0.00		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 20 น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)เริ่มต้นในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ

ระบบ	ต้นที่															ค่าเฉลี่ย \pm SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
DFT	1.01	1.29	1.38	1.07	1.34	1.12	1.75	1.39	1.82	1.08	0.77	0.84	1.17	1.07	0.95	1.51 \pm 0.04
	0.64	1.14	1.59	0.85	1.21	1.05	0.71	0.93	1.20	1.15	1.61	0.93	0.83	0.92	1.85	
	1.10	0.74	0.93	1.24	0.89	1.44	1.09	1.08	1.22	1.32	1.53	0.91	1.49	1.12	1.04	
Sand	1.01	0.94	0.95	1.63	1.08	1.32	1.76	1.27	1.34	1.34	1.25	1.48	1.21	1.29	1.28	1.35 \pm 0.05
	1.64	1.20	1.74	2.50	1.62	1.49	0.86	0.79	1.07	1.14	1.58	1.00	1.58	1.11	1.39	
	1.65	1.02	1.80	0.89	1.22	1.69	1.00	1.13	1.45	1.89	0.99	1.00	1.58	1.35	2.01	
NFT	1.08	2.28	1.23	1.13	1.63	1.32	1.28	1.43	1.00	2.52	2.25	1.31	1.36	1.51	1.01	1.40 \pm 0.06
	2.15	0.96	0.94	1.22	1.25	1.39	0.91	1.74	1.32	1.40	1.22	1.75	2.26	1.05	1.29	
	1.34	1.35	1.88	1.04	1.14	1.25	1.36	0.85	1.28	1.27	1.31	1.89	1.41	1.15	1.29	
Floating	1.61	0.84	1.21	1.27	1.41	0.89	1.19	1.01	1.36	1.36	2.16	1.85	0.81	1.50	1.28	1.36 \pm 0.05
	1.57	1.07	1.22	1.78	1.67	1.08	1.42	1.41	1.67	1.68	1.14	1.50	1.37	1.66	1.16	
	1.00	1.17	1.33	1.98	1.88	1.47	1.35	1.80	1.45	1.02	0.90	1.16	1.35	1.22	1.09	

ตารางผนวกที่ 21 น้ำหนักพรอนไม้(กรัม)ในสัปดาห์ที่ 2 ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ

ระบบ	ต้นที่															ค่าเฉลี่ย \pm SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
DFT	1.74	1.84	1.68	1.37	1.76	1.25	1.32	1.88	1.97	1.52	1.04	1.33	1.24	1.38	1.29	
	1.03	1.22	2.25	1.07	1.84	1.18	0.99	1.43	1.64	1.47	1.97	1.05	1.18	1.28	2.47	1.48 \pm 0.05
	1.56	0.90	1.26	1.71	1.07	2.11	1.45	1.46	1.22	1.82	1.76	1.30	2.02	1.44	1.05	
Sand	1.04	1.22	1.26	1.86	1.22	1.45	2.02	1.59	1.46	1.75	1.73	1.72	1.24	1.51	1.31	
	1.83	1.40	1.86	2.63	1.74	1.52	1.36	1.02	1.09	0.98	1.92	1.38	2.03	1.31	1.98	1.62 \pm 0.06
	2.08	1.92	2.40	0.84	1.60	2.24	1.53	1.53	1.69	2.16	1.32	0.89	1.95	1.90	2.45	
NFT	1.81	2.82	1.48	1.94	1.99	1.29	2.05	1.79	1.01	2.15	2.15	1.65	1.64	2.33	1.42	
	2.62	1.11	1.08	1.49	1.48	1.83	1.19	2.12	1.46	1.57	1.57	2.14	2.64	1.14	1.27	1.67 \pm 0.07
	1.59	1.74	2.31	1.21	1.17	1.49	1.71	0.62	1.65	1.68	1.73	2.51	1.83	1.26	1.74	
Floating	2.13	1.16	1.61	1.85	1.97	1.24	1.36	1.29	1.84	1.63	2.93	1.97	0.97	1.80	1.37	
	2.03	1.52	1.27	2.23	2.05	2.38	1.11	1.69	2.28	2.20	1.46	1.95	1.78	2.12	1.59	1.73 \pm 0.07
	1.12	1.59	1.90	2.53	2.53	1.62	1.62	2.10	1.90	1.08	0.93	1.60	1.43	1.76	1.58	

ตารางผนวกที่ 22 น้ำหนักพรอนไม้(กรัม)ในสัปดาห์ที่ 4 ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดินประเภทต่างๆ

ระบบ	ต้นที่															ค่าเฉลี่ย ± SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
DFT	2.55	1.91	2.22	1.46	2.03	1.62	2.27	2.81	1.43	2.29	1.31	1.58	1.33	1.75	1.68	1.76±0.08
	1.31	1.77	1.26	2.97	2.31	1.26	1.26	1.83	2.18	2.07	2.47	0.73	1.50	1.58	2.76	
	1.29	1.20	1.59	1.94	1.22	2.27	1.31	1.49	1.35	2.11	1.83	1.57	2.33	1.41	0.99	
Sand	1.06	1.27	1.69	2.02	1.29	1.61	2.09	1.73	1.48	1.82	1.81	1.75	1.13	1.39	1.49	1.70±0.07
	1.52	1.23	2.14	2.65	1.68	1.61	1.39	1.15	1.79	1.02	2.39	1.34	2.30	1.24	2.13	
	2.16	2.05	2.73	0.93	1.63	2.43	1.54	1.84	0.78	2.10	1.33	1.04	2.12	1.92	2.73	
NFT	1.62	1.87	1.93	2.32	2.08	1.65	1.67	1.07	1.51	1.82	1.47	1.08	1.64	2.56	1.63	1.70±0.09
	2.89	1.29	1.11	1.47	1.12	2.24	0.67	1.51	0.68	1.71	1.86	2.26	3.20	1.36	1.23	
	1.74	1.66	2.94	1.17	1.04	1.62	1.64	0.71	1.39	1.85	1.99	2.71	2.04	1.56	2.10	
Floating	2.16	1.30	1.81	2.08	1.83	1.39	1.51	1.59	1.52	1.62	3.03	2.18	0.83	1.48	1.36	1.78±0.07
	1.51	1.93	1.38	2.29	1.93	2.48	1.17	2.00	2.27	2.76	1.54	1.77	1.92	1.96	1.73	
	1.21	1.60	1.97	2.67	2.91	1.08	1.69	1.76	1.95	1.03	0.95	1.71	1.58	2.00	1.54	

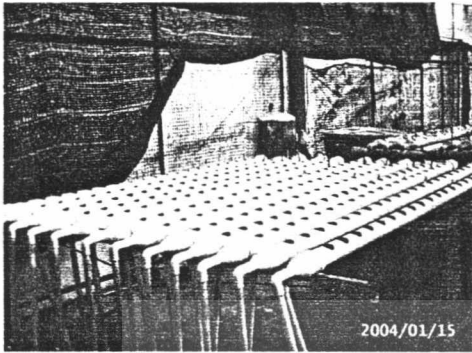
ตารางผนวกที่ 23 น้ำหนักพรรณไม้(กรัม)ในสัปดาห์ที่ 6 ในระบบปลูกพืชแบบไรดินประเภทต่างๆ

ระบบ	ต้นที่															ค่าเฉลี่ย \pm SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
DFT	3.38	2.33	2.97	1.69	2.74	2.13	2.01	3.79	1.84	2.63	1.76	1.79	1.78	2.14	2.20	2.11 \pm 0.10
	1.76	1.19	1.96	3.59	2.58	1.29	1.80	2.69	3.16	2.83	3.14	0.88	2.06	1.85	2.63	
	1.42	1.36	1.59	2.11	1.26	2.45	1.39	1.60	1.78	2.15	1.93	1.53	2.72	1.65	1.26	
Sand	1.15	1.45	1.58	2.75	1.57	1.55	2.21	2.03	1.82	2.15	2.06	2.20	1.40	1.62	1.55	1.97 \pm 0.09
	0.96	1.25	2.19	2.58	2.20	1.60	1.85	1.56	1.98	1.15	2.11	1.43	2.39	1.15	2.32	
	2.84	2.51	3.41	1.07	2.12	3.16	1.89	2.37	1.86	2.11	1.36	1.38	2.79	2.42	3.19	
NFT	1.79	1.85	1.77	1.89	0.82	1.58	1.79	1.54	0.57	0.99	2.18	1.95	2.28	1.95	1.88	1.59 \pm 0.10
	1.51	1.06	0.73	1.86	1.18	1.41	0.42	1.08	0.88	2.07	2.44	1.91	3.41	1.55	1.49	
	0.87	1.21	3.58	0.67	1.14	1.83	1.27	0.84	1.01	1.09	2.16	1.34	2.41	1.96	2.15	
Floating	1.87	1.39	1.92	1.85	1.84	1.42	1.55	1.64	1.87	1.81	2.93	2.44	1.05	1.63	1.43	1.92 \pm 0.07
	1.83	2.11	1.53	2.40	1.98	2.85	1.29	2.37	2.41	2.97	1.36	1.68	1.88	2.45	1.84	
	1.46	1.70	2.06	2.47	2.76	1.16	1.92	1.83	2.02	1.19	2.72	2.01	1.77	2.02	1.79	

ตารางผนวกที่ 24 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการผสมปุ๋ย (กรัม) เป็นสารละลายเข้มข้น 5 ลิตร

สารเคมีที่ใช้ (กรัม)	อัตราส่วนของแอมโมเนียม			
	NH ₄ ⁺ 0%	NH ₄ ⁺ 5%	NH ₄ ⁺ 10%	NH ₄ ⁺ 15%
สารละลาย A				
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O / 12	1.199	1.15	1.102	1.052
KNO ₃	0.024	0.018	0.012	0.006
Fe-EDTA	0.082	0.082	0.082	0.082
สารละลาย B				
KNO ₃	0.024	0.018	0.012	0.006
KH ₂ PO ₄	0.335	0.335	0.335	0.335
(NH ₄) ₂ SO ₄	0	0.035	0.069	0.104
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.579	0.555	0.533	0.509

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

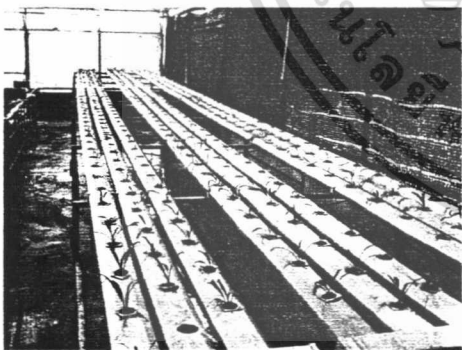
ภาพผนวกที่ 1 ระบบปลูกพืชไร้ดินแบบ DFT ในการทดลองที่ 1 รางปลูก (a) ถึงสารละลายปุ๋ย (b)



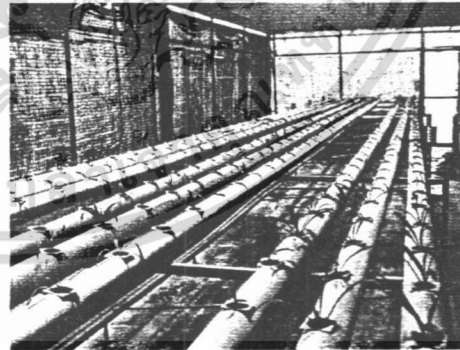
(a)



(b)



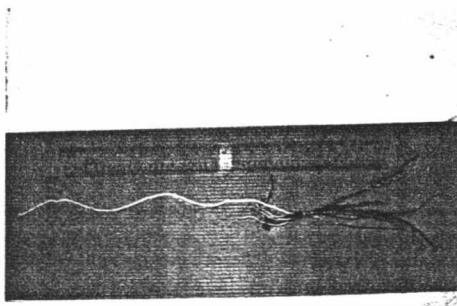
(c)



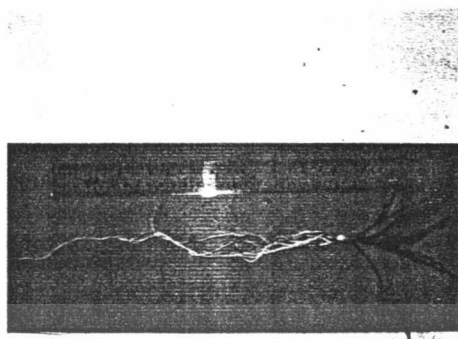
(d)

ภาพผนวกที่ 2 ระบบปลูกพืชไร้ดินประเภทต่างๆ Sand culture (a) Floating system (b) NFT (c) และ DFT (d)

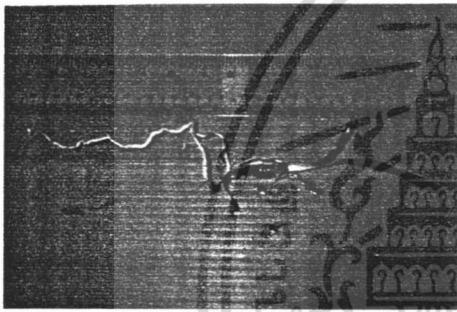
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพผนวกที่ 3 พรอนไม้่น้ำหลังจบการทดลอง Sand culture (a) Floating system (b) NFT (c) และ DFT (d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้