ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การพัฒนาระบบ Aeroponic เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า

(Improvement of Aeroponic system for Mycorrhiza Culture)

โดย

นางสาวสุธิสา ตั้งสุนทรธรรม

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 28/3/96 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 28 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2539

ปพ.
ส785ก
2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14709

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาระบบ Aeroponic เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า

(Improvement of Aeroponic system for Mycorrhiza Culture)

T099608

โดย

นางสาวสุธิสา ตั้งสุนทรธรรม

เสนอ

ปพ.
สส85ก
2539

เลขทะเบียน 99606
วัน.เดือน.ปี 16 มิ.ย. 2539

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์ (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาระบบ Aeroponic เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า

โดย : นางสาวสุธิสา ตั้งสุนทรธรรม

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ภาควิชา : ปฐพีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา :

..... 28/3/36

ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

การศึกษาแนวทางการเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Aeroponic โดยใช้หญ้าจัมโบ้(หญ้าอาหารสัตว์) ทำการทดลองในเรือนปลูกพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนตุลาคม 2538 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2539 ได้ทำการทดลองโดย ปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระโจมปลูกรูปสามเหลี่ยม ที่มีระบบควบคุมการให้สารละลายแบบอัตโนมัติ และติดพัดลมดูดอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 26-28 องศาเซลเซียส พบว่า เชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า สามารถเจริญอยู่ในรากพืชทดลองจนถึงอายุ 60 วัน แต่ที่อายุ 80 วันไม่พบการติดเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ในกระถางที่มีส่วนผสมของดินและทราย(1:1) ซึ่งพบว่า ปริมาณการติดเชื้อรา VA mycorrhiza ในรากของหญ้าจัมโบ้ในระบบนี้ เมื่อหญ้าจัมโบ้อายุ 60 วัน พบการติดเชื้อราในรากเฉลี่ย 76.20% เมื่อหญ้าจัมโบ้อายุ 90 วัน พบการติดเชื้อราในรากเฉลี่ย 83.80% การติดเชื้อราในรากที่แตกต่างกันเนื่องจาก รากหญ้าจัมโบ้ที่อยู่ในดินไม่ได้รับความกระทบกระเทือน และการรบกวนจากแรงฉีดพ่นของน้ำ ทำให้มีเปอร์เซนต์การติดเชื้อราในรากดีกว่ารากของหญ้าจัมโบ้ในระบบ Aeroponic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ อาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และนางสาวสุภาพร ธรรมสุระกุล นักวิชาการเกษตร 6 กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆจนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จบริบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการไมคอไรซ่า กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโรคพืช ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ คุณเศรษฐพันธ์ วาระโว เพื่อน ๆและน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้กำลังใจ และมีส่วนช่วยเหลือในการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนทุนการศึกษามาโดยตลอด ทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุธิสา ตั้งสุนทรธรรม

มีนาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญตาราง	A
สารบาญภาพ	B
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
การทำการทดลอง	18
อุปกรณ์การทดลอง	19
วิธีการทดลอง	21
ผลการทดลอง	26
วิจารณ์ผลการทดลอง	27
ข้อเสนอแนะ	28
สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลการทดลองปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระโจม Aeroponic ที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติและติดพัดลมดูดอากาศ	26
2	แสดงผลการทดลองปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระถางที่มีวัสดุปลูก ดิน:ทราย (1:1)	26
3	แสดงน้ำหนักสดราก ลำต้น และใบ ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)	35
4	สดงน้ำหนักสดราก ลำต้น และใบ ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุ 60 วัน บนกระโจมปลูก)	36
5	แสดงน้ำหนักแห้ง ราก ลำต้น และใบ ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุบนกระโจมปลูก 60 วัน)	37
6	แสดงความสูงของลำต้นหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)	38
7	แสดงความสูง ลำต้น ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 45 วัน (อายุ 15 วัน บนกระโจมปลูก)	39
8	แสดงความสูง ลำต้น ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 60 วัน (อายุ 30 วัน บนกระโจมปลูก)	40
9	แสดงความสูง ลำต้น ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุ 60 วัน บนกระโจมปลูก)	41
10	แสดงความยาวราก เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)	42
11	แสดงความยาวราก ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออยู่บน Aeroponic	43
12	แสดงความยาวราก ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุ 60 วัน บนกระโจมปลูก)	44
13	แสดงเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา VA mycorrhiza ที่ราก ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)	45
14	แสดงเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา VA mycorrhiza ที่ราก ของหญ้าจัมโบ้ ที่ปลูกในระบบ Aeroponic เมื่ออายุ 45, 60, 80 วัน	46
15	แสดงเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา VA mycorrhiza ที่ราก ของหญ้าจัมโบ้ ในกระถางเปรียบเทียบ เมื่ออายุ 60 วัน และ 90 วัน	47
16	สูตรสารละลายธาตุอาหาร Coic - Lesaint	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงระบบฉีดน้ำเมื่อไฟดับ	22
2	แสดงระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ Aeroponic	49
3	แสดงชุดอุปกรณ์ควบคุมการให้สารละลายอัตโนมัติ	50
4	แสดงระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหาร	50
5	แสดงระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ และกระโจมปลูกพืช Aeroponic	51
6	แสดงโครงของหัว Spray ในกระโจมปลูกพืชในระบบ Aeroponic	51
7	แสดงต้นกล้าของหญ้าจัมโบ้ที่เพาะในกระถางก่อนขึ้นกระโจม	52
8	แสดงลักษณะต้นกล้าเมื่อขึ้นกระโจม	52
9	แสดงต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 45 วัน (ปลูกบนกระโจม 15 วัน)	53
10	แสดงต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 45 วัน (ปลูกในกระถาง)	54
11	แสดงต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 60 วัน (ปลูกบนกระโจม 30 วัน)	55
12	แสดงลักษณะดอกของหญ้าจัมโบ้อายุ 90 วัน(ปลูกบนกระโจม 60 วัน)	56
13	แสดงลักษณะดอกของหญ้าจัมโบ้ที่อยู่ในกระถางเมื่ออายุ 90 วัน	57
14	แสดงลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 7 วัน(หลังจากปลูกบนกระโจม)	58
15	แสดงลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 45 วัน(ปลูกบนกระโจม 15 วัน)	59
16	แสดงลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 90 วัน(ปลูกบนกระโจม 60 วัน)	60
17	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะความสูงของต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 90 วัน (ซ้าย:จากการปลูกในระบบ Aeroponic ขวา:ปลูกในกระถาง	61
18	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 90 วัน (ขวา:จากการปลูกในระบบ Aeroponic ซ้าย:ปลูกในกระถาง	62
19	แสดงลักษณะรูปร่างของเวสสิเคิล(Vescicle) ของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า (100X) ในรากของหญ้าจัมโบ้	63
20	แสดงลักษณะรูปร่างของเวสสิเคิล(Vescicle) 400X	63
21	แสดงลักษณะอาบัสคูล(Abuscule) ของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า (100X) ในรากของหญ้าจัมโบ้	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ระบบการปลูกพืชไร้ดิน เป็นวิธีการปลูกพืชที่สามารถควบคุมปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช ระบบการปลูกพืชไร้ดิน ได้พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านสภาพพื้นที่ทางการเกษตรที่ขาดแคลน หรือมีปัญหาทางด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่ต้องใช้งบประมาณในการปรับปรุงสูง จึงได้มีการศึกษาระบบการปลูกพืชไร้ดินนี้อย่างกว้างขวางมากขึ้นทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย ซึ่งในประเทศไทยมักนิยมใช้ในการศึกษาวิจัย เนื่องจาก การปลูกพืชแบบนี้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในระดับรากพืช และยังเป็นการป้องกันปัญหา แมลงศัตรู และเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับดินได้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้มากหากจะทำการศึกษาเชื้อราที่ชอบอาศัย และเจริญเติบโตอยู่กับรากพืช ที่ได้รับประโยชน์ร่วมกันแบบ Symbiosis เช่น เชื้อราไมคอไรซา

เชื้อราไมคอไรซา เป็นเชื้อราที่ชอบอาศัยอยู่ตามรากพืช ต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน โดยเซลล์รากพืชและเชื้อราสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ จึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในทางเกษตรกรรม โดยเฉพาะเชื้อราชนิด วี-เอ ไมคอไรซา ที่มีความสำคัญกับพืชเศรษฐกิจหลายชนิด ได้มีการทดลอง และพบว่าต้นที่มีไมคอไรซาอยู่ร่วมกับรากพืช จะมีการเจริญเติบโตและให้ผลดีกว่าต้นที่ไม่มีไมคอไรซาอยู่

ปัจจุบันการผลิตเชื้อราชนิดนี้ยังประสบปัญหาหลายด้าน เช่น ระยะเวลาในการผลิตเชื้อราที่นานถึง 3-4 เดือน ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อ และเนื่องจากเชื้อไม่สามารถเจริญบนอาหารวุ้นได้ ต้องอาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช จึงจะสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มสปอร์ได้ การผลิต Inoculum โดยทั่วไปจะใช้วิธีการเพิ่มปริมาณเชื้อใน pot culture โดยใช้สปอร์ที่คัดเลือกมาผสมกับดินและทรายที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ปลูกพืชเพื่อให้เชื้อราเข้าสู่ราก และเพิ่มปริมาณเส้นใยในรากหรือในดินทำให้ประสบปัญหาดังกล่าวจึงนำระบบการปลูกพืชไร้ดินมาใช้เพื่อแก้ปัญหาในการผลิตเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซา พืชที่ปลูกในระบบนี้จะมีอายุสั้นกว่าและเจริญเติบโตดีกว่า ระบบรากสะอาดกว่ารากพืชในดิน ปริมาณรากมีมากและสมบูรณ์กว่า ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองปลูกพืชเพื่อผลิตเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซา ในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Aeroponic และใช้ระบบเตรียมสารละลายแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซา ในระบบ Aeroponic ที่มีการควบคุมแบบอัตโนมัติ

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซาในรากพืชที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในระบบ Aeroponic กับการเพาะเลี้ยงในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture)

ในทศวรรษที่ 19 Knop et Sach สามารถผสมสารละลายธาตุอาหารพืชที่สามารถใช้ปลูกพืชได้ ครั้งแรกได้ทำการทดลองปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่สถานีทดลอง Rhode Island วัสดุปลูกที่ใช้คือทราย และให้สารละลายธาตุอาหารพืช

วิลเลี่ยม เอฟ เกริค (1929) ได้ปลูกไม้ผลและไม้ดอกด้วยระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เป็นผลสำเร็จที่มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย และได้ตั้งชื่อระบบปลูกพืชแบบนี้ว่า Hydroponic มาจากภาษากรีก คือ Hydro แปลว่า น้ำ และ Ponus แปลว่า การทำงาน ซึ่งหมายถึง การทำงานด้วยน้ำ (เอกสารเผยแพร่ : การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (อิทธิสุนทร, 2535))

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบ่งตามลักษณะการให้สารละลายธาตุอาหารพืช ได้ 3 แบบ คือ

1. **แบบปลูกให้รากลอยอยู่ในอากาศ (Aeroponic)** เป็นระบบปลูกที่รากพืชลอยอยู่ในอากาศ และมีการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยให้กับรากพืชโดยตรง

2. **แบบปลูกในวัสดุปลูก (Media)** การปลูกโดยใช้วัสดุปลูกเป็นตัวช่วยให้รากยึดพยุงลำต้นแทนดิน หลักในการเลือกวัสดุปลูกคือ จะต้องให้เหมาะสมกับสภาวะต่าง ๆ ตามที่พืชต้องการ และต้องไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับสารละลายธาตุอาหารพืช การให้สารละลายแบบนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

   2.1 การให้สารละลายแบบท่วมภาชนะปลูก

   2.2 การให้สารละลายโดยการหยด

3. **แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร** เป็นแบบที่นิยมมากในทางการค้าแบ่งออกได้ดังนี้

   3.1 ปลูกในสารละลายแบบไม่หมุนเวียน มีทั้งแบบไม่เติมอากาศ และแบบเติมอากาศ โดยใช้ปั๊มลมช่วยในการให้ออกซิเจนแก่รากพืช ลักษณะเดียวกับการเลี้ยงปลาตู้

   3.2 ปลูกในสารละลายที่มีการหมุนเวียน จะปลูกแบบมีการใช้ปั๊มน้ำช่วยในการผลักดันสารละลายให้มีการไหลเวียน จึงเป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากโดยตรง และการไหลเวียนของสารละลายช่วยให้ไม่เกิดการตกตะกอนของธาตุอาหารต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง(Nutrient Flow Technique) มีลักษณะเหมือนการปลูกต้นพืชแช่ลอยอยู่ในธารน้ำเล็ก ๆ มีน้ำตื้น ๆ ไหลช้า ๆ อย่างสม่ำเสมอ สารละลายมีความลึกมากกว่า 5 เซนติเมตร

3.2.1.การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นสาน้ำยาว ๆ (Nutrient Film Technique) โดยให้สารละลายหมุนเวียนตามทิศทางการไหลของน้ำจากที่สูงลงที่ต่ำกว่า มักจะใช้รางยาว ๆ เป็นภาชนะปลูก ซึ่งติดตั้งให้มีความลาดเท กระแสน้ำตื้น ๆ ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ไหลผ่านรากช้า ๆ โดยสามารถนำสารละลายหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

พรชัย และ วิบูลย์ (2531) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- ปัจจัยด้านพันธุกรรม กำหนดการเจริญเติบโตของพืช ทั้งทางด้านลำต้น ผลผลิต ความสามารถของพืชที่ตอบสนองต่อธาตุอาหาร

- ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ อากาศ แสงแดด ธาตุอาหารและอุณหภูมิ วิเคราะห์ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

หลักบางประการในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้สำเร็จ

อิทธิสุนทร (2535) ได้รายงานว่า ในระบบการปลูกพืชไร้ดินนี้มีหลักใหญ่ ๆ ที่จะช่วยให้เกิดปัญหาในระบบการปลูกน้อยที่สุด ดังนี้

1. ออกซิเจนบริเวณรากพืช

ในระบบที่มีวัสดุปลูกควรให้มีการอุ้มน้ำพอสมควร ควรมีการระบายอากาศ และการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ระบบรากด้วย รากพืชที่ได้รับออกซิเจนเพียงพอย่อมทำให้พืชเจริญเติบโตดีด้วย

2. ความชื้นที่ราก

รากควรมีความชื้นที่สัมพันธ์และเหมาะสมกับลักษณะของระบบการปลูก ทั้งในด้านวัสดุปลูก และระบบการให้สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ธาตุอาหาร

องค์ประกอบของธาตุอาหารจะต้องขึ้นกับ ชนิดของพืชที่ปลูก ช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช และภูมิอากาศภายนอก เช่น แสง อุณหภูมิ หรือ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการของพืช

4. อุณหภูมิที่ราก และส่วนเหนือราก

พืชมีช่วงอุณหภูมิที่จำกัดในการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาล ทั้งในต่างประเทศ และประเทศไทยเอง ทำให้เกิดปัญหาทางด้านอุณหภูมิ นอกจากนี้วัสดุปลูกก็มีส่วนในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของระบบด้วย การแก้ไขทำได้โดย ติดเครื่องทำความร้อนหรือเครื่องทำความเย็นเพิ่มให้กับระบบในจุดที่ผู้ดำเนินการติดตั้งสะดวก และคำนึงถึงหลักความปลอดภัย

วัสดุที่ใช้ในการพยุงโคนต้น และลำต้นของพืชในระบบ Aeroponic

ใยหิน (Rock wool)

เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมโดยการหลอมหินภูเขาไฟ แล้วทำให้เป็นเส้นใยโดยผสมเรซิน 4-5% โดยน้ำหนัก เพื่อทำให้อ่อนตัว และผสมด้วยน้ำมันชนิดพิเศษเพื่อให้มีคุณสมบัติเกาะน้ำได้ ลักษณะของใยหินนี้จะมีลักษณะเหมือนฟองน้ำ คือ เมื่อแห้งจะมีน้ำหนักเบามากแต่เมื่อใส่น้ำเข้าไปจะดูดซับไว้ ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น รากพืชที่ปลูกกับ Rock wool นี้จะแทรกและแพร่กระจายทั่วไป แต่รูปทรงยังคงเป็นแท่งเหมือนเดิม

Rock wool มีแร่ธาตุที่ส่วนประกอบสำคัญคือ Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn ซึ่งสามารถปลดปล่อยออกมาให้กับพืชได้บ้างเล็กน้อย โดยมากจะเป็นธาตุ Ca

Rock wool สามารถอุ้มน้ำได้ 70-80% โดยปริมาตร ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากผิวน้ำ ยิ่งอยู่สูงจากผิวน้ำมากการอุ้มน้ำจะน้อยลง มีความพรุน 95% มีค่า pH = 7-9.5 มีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุปลูก ไม่มีสารพิษเจือปนเป็นอันตรายกับรากพืช ไม่ไวต่อปฏิกิริยาทางเคมี ช่วยเพิ่มการกระจายตัวของราก มีน้ำหนักเบา ง่ายแก่การใช้งาน ระบายน้ำและอากาศดี ต่างประเทศนิยมใช้เป็นวัสดุปลูกกันอย่างกว้างขวาง ในประเทศไทยยังมีปัญหาทางด้านราคา เพราะเป็นวัสดุนำเข้าจากต่างประเทศ

ข้อเสียที่พบของ Rock wool คือ โครงสร้างที่ไม่มีความทนทาน อายุการใช้งานน้อย Rock wool ที่ใช้แล้วจะเป็นขยะที่กำจัดยาก ยังไม่มีวิธีที่จะแปรรูปนำกลับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟองน้ำ

ถ้าไม่มี rock wool สามารถใช้ฟองน้ำในการพยุงโคนต้นพืชกับกระโจมปลูก เพื่อให้พืชทรงตัวอยู่ได้ ฟองน้ำที่ใช้จะต้องไม่มีสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อพืช ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารละลาย

ฟองน้ำที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เนื่องจากโครงสร้างมีความทนทานกว่า rock wool

เชือก หรือลวด

ใช้ในการพยุงลำต้นให้ทรงตัวอยู่ในแนวดิ่งได้ โดยใช้เชือก หรือลวด ผูกลำต้นหลวม ๆ แล้วดึงโยงขึ้นไปในแนวดิ่ง ผูกเชือกไว้กับคาน หรือหลังคาเพื่อเป็นที่ยึด

ปัญหาบางประการที่เกี่ยวกับสารละลายธาตุอาหาร

1. ความเข้มข้นของสารละลาย (Conductivity) และต้นกล้าพืช

ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร มีผลต่อต้นกล้าอ่อนของพืชบางชนิดชะงักการเจริญเติบโต และอาจเป็นอันตรายต่อต้นกล้า ดังนั้นสารละลายที่ให้กับพืชในช่วงกล้าอ่อน (อายุ 1-2 สัปดาห์) ควรมีความเข้มข้นเพียง 1/4-1/2 ของความเข้มข้นที่กำหนดของแต่ละธาตุ แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มส่วนที่เหลือเมื่อพืชโต

โดยปกติความเข้มข้นของสารละลายจะรักษาอยู่ในระดับ 2 ms. สำหรับการปลูกมะเขือเทศและแตงกวา ความเข้มข้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชให้ได้ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ ทำได้โดย การเติมสารละลาย Stock solution ลงไปในถังสารละลายของระบบจนกระทั่งได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

2. pH ของสารละลายธาตุอาหาร

pH มีอิทธิพลต่อการละลายและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ดังนั้น ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจำเป็นต้องมีการควบคุมระดับ pH ของสารละลายให้เหมาะสมต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุต่าง ๆ ปกติจะกำหนดให้อยู่ในช่วง 5-6 ซึ่งต้องคอยตรวจสอบและเติมสารเคมีให้ pH อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดการดำเนินการทดลอง โดยใช้ HNO_3 เมื่อต้องการปรับให้สารละลายมี pH ต่ำลง ใช้ KOH หรือ NaOH เมื่อต้องการปรับให้สารละลายมี pH เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุณหภูมิของสารละลาย

ในระบบปลูกพืชหากมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยทั่วไปและผลผลิตของพืช

Lim (1985) พบว่า ในเขตร้อน มักมีการสะสมความร้อนในรางของระบบ NFT จึงได้มีการใช้โฟม polystyrene แทนในการทำราง เพื่อลดการสะสมความร้อนในราง

สุมิตรา (2537) ทำการทดลองปลูกพืชในระบบ Aeroponic เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อราไมคอไรซ่า ได้มีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพื่อระบายความร้อนภายในกระโจม

การปลูกพืชระบบ Aeroponic

เป็นการปลูกพืชในภาชนะปลูกที่สร้างขึ้นเป็นรูปทรงลักษณะกล่อง หรือกระโจม เพื่อติดตั้งระบบการให้สารละลายแก่รากพืช โดยการฉีดพ่นสารละลายเป็นละอองฝอยให้แก่รากพืชที่ห้อยอยู่ในอากาศโดยตรง ซึ่งส่วนโคนของต้นพืชนี้จะยึดติดด้านใดด้านหนึ่งของภาชนะปลูกแล้วแต่รูปทรงของภาชนะ รากพืชจะได้รับสารอาหารพร้อมกับออกซิเจนอย่างเพียงพอ มักใช้ปั๊มในการส่งสารละลายฉีดพ่นให้กับรากพืช Aeroponic เป็นวิธีที่นำสารละลายหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

ข้อดีข้อเสียของการปลูกพืชในระบบ Aeroponic

ข้อดี

1. การให้น้ำสะดวก สามารถให้ธาตุอาหารสม่ำเสมอ
2. ใส่ธาตุอาหารที่เหมาะสมได้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต
3. ให้ผลผลิตเร็วกว่าปลูกในดิน
4. สามารถผสมสารป้องกันโรคพืช และแมลงลงในสารละลายได้
5. สามารถใช้น้ำและสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ
6. สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมของรากพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์ได้
7. การเพาะปลูกสามารถทำการทดลองได้ตลอดทั้งปี
8. ไม่มีวัชพืชรบกวน

ข้อเสีย

1. ถ้าเป็นโรคระบาดจะติดต่ออย่างรวดเร็ว
2. ผู้ปฏิบัติต้องมีความรู้ความชำนาญทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าต้นพืชสูงต้องมีการทำให้ลำต้นมีการทรงตัวและมีการยึดเกาะดี

4. มีการสะสมความร้อนภายในกระโจมที่ปิดมิดชิด

เชื้อราไมคอไรซ่า (Mycorrhizal fungi)

ไมคอไรซ่าเป็นเชื้อรากลุ่มหนึ่งที่อยู่ในดินอาศัยอยู่ตามรากพืชโดยไม่ทำอันตรายให้กับพืช ไมคอไรซ่า (Mycorrhizal fungi ; พหูพจน์ : Mycorrhizas หรือ Mycorrhizae โดย Mukes = รา และ rhiza = ราก) หมายถึง เชื้อราที่อาศัยอยู่บริเวณราก หรือเข้าไปในรากพืช มีความสัมพันธ์กันแบบพึ่งพาอาศัยกัน ได้รับประโยชน์ร่วมกัน โดยเซลล์ของรากพืชกับเชื้อราสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ สปอร์ของไมคอไรซ่าจะมีอยู่ทั่วไปในดิน เป็น Soil borne fungi (สุมิตรา, 2532) ได้มีรายงานมากมายที่พบเชื้อราไมคอไรซ่าอยู่ร่วมในพืชที่มีประโยชน์ พืชเศรษฐกิจหลายชนิด ทั้งพืชไร่ พืชสวน และพืชผัก (ออมทรัพย์ และคณะ, 2521)

ผู้บุกเบิกเกี่ยวกับงานวิจัยของเชื้อราไมคอไรซ่า ครั้งแรก คือ Frank ในปี ค.ศ. 1885 ได้ตั้งชื่อ ไมคอไรซ่า และจัดแบ่งไมคอไรซ่า ออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก คือ พวก Ectotrophic mycorrhiza และEndotrophic mycorrhiza ต่อมา Harley ได้พบไมคอไรซ่าอีกชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ระหว่าง 2 ชนิดแรก คือ Ectendotrophic mycorrhiza

ในปี ค.ศ. 1969 Peyronel ได้เปลี่ยนชื่อไมคอไรซ่าทั้ง 3 กลุ่มเป็น Ectomycorrhiza, Endomycorrhiza และ Ectendomycorrhiza

ชีววิทยาของเชื้อราไมคอไรซ่า

จากการแบ่งกลุ่มเชื้อราไมคอไรซ่าออกเป็น 3 ชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. **Ectomycorrhiza** จะสร้างเส้นใยสานกันเป็นแผ่น (Compact sheat) หรือเยื่อหุ้มหนา (mantle) รอบรากแขนง โดยอาศัยอาหารจาก root exudate มีเส้นใยบางส่วน เจริญเข้าไปในรากและอยู่ระหว่างเซลล์ (intracllular space) ในชั้น cortex โดยเจริญอยู่รอบ ๆcorticle cell ประสานติดต่อกันเป็นร่างแห (Harting net) Harting net ที่สร้างขึ้นประกอบด้วยสาร pectin ยึดแน่นกับ corticle cell Ectomycorrhiza ทำให้รากพืชมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น (ออมทรัพย์ และคณะ, 2521) จะเกาะอยู่เป็นกระจุก มักพบ Ectomycorrhiza อาศัยอยู่ตามบริเวณรากของไม้ป่า เช่น สน และ oak ในเขตหนาวและเขตอบอุ่น เชื้อราจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดูดซึมธาตุอาหาร และน้ำจากดิน ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ช่วยให้กล้าไม้มีชีวิตอยู่รอดได้ในช่วงวิกฤตการณ์จากความแห้งแล้ง และยังสามารถป้องกันการเข้าทำลายรากพืชของเชื้อสาเหตุบางชนิด

2. Ectendomycorrhiza มีลักษณะอยู่ระหว่างectomycorrhizaและendomycorrhiza บางครั้งเรียกว่า Pseudomycorrhiza โดยทั่งไปจะเกาะอยู่ตามรากไม้มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ เส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมาก จะแทงเข้าไปเจริญในช่องว่างระหว่างเซลล์ในชั้นของ cortex อาจมีบางส่วนเข้าไปอยู่ในเซลล์ของ cortex เส้นใยสานกันเป็นร่างแหหยาบ ๆ พบมากในรากของไม้สน (Conifer) แถบยุโรป

3. Endomycorrhiza มีการสร้างเส้นใยสานกันหลวม ๆภายนอกราก จะแทงเส้นใยผ่านผนังเซลล์ชั้นนอกเข้าไปเจริญเติบโตในเซลล์ชั้น cortex และเจริญอยู่ในเซลล์รากนี้ (วินัย, 2534) เชื้อรากลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 พวกย่อยคือ

3.1 เชื้อราที่มีผนังกั้นเส้นใย เรียกว่า Septate fungi ได้แก่ ราในกลุ่ม Ascomycetes, Bacidiomycetes และ Deoteromycetes

3.2 เชื้อราที่ไม่มีผนังกั้นเส้นใย เรียกว่า Nonseptate fungi ได้แก่ ราในกลุ่ม Phycomycetes ซึ่งเรียกว่า Vescicular Arbuscular Mycorrhiza (สาลี่, 2528; ออมทรัพย์ และคณะ, 2521)

เชื้อราเวสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ไมคอไรซ่า(Vescicular-Arbuscular Mycorrhiza: VAM)

ลักษณะของ VA mycorrhiza ประกอบด้วยกลุ่มของเส้นใยที่เจริญอยู่ภายนอกรากและส่วนของเส้นใยที่เจริญเข้าไปในราก ซึ่งเส้นใยที่เจริญอยู่ภายนอกรากพืชนี้เจริญรวมกันอยู่อย่างหลวม ๆ อาจยื่นออกมาจากรากสู่ดินยาวประมาณ 1 เซนติเมตร และเส้นใยที่เจริญอยู่ภายนอกรากนี้จะมี 2 ลักษณะคือ เส้นใยไม่มีผนังกั้น มีหลายนิวเคลียส ผนังหนา เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 20-27 ไมโครมิเตอร์ รูปร่างไม่แน่นอน ส่วนอีกลักษณะหนึ่งเป็นเส้นใยที่แตกแขนงออกมา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.5-10 ไมโครมิเตอร์ มีอายุสั้นและมีผนังมากั้นเมื่อส่วนของเส้นใยบางส่วนตาย เส้นใยที่อยู่ในดินนี้จะมีการสร้าง vescicle ซึ่งมีหลายนิวเคลียสเช่นกัน และสร้างสปอร์ที่มีผนังหนาขนาดใหญ่ (Harley,1959 ; Powell, 1976) ส่วนเส้นใยที่อยู่ภายในรากจะแทรกผ่าน epidermal cell เข้าไปอยู่ในระยะที่รากพืชยังอ่อนอยู่โดยจะเข้าทางส่วนที่ต่อจาก meristematic region หลังจากเข้าสู่รากพืชแล้วเส้นใยจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์หรืออาจจะเข้าไปอยู่ในเซลล์พืชเลยก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ขนาดและรูปร่างของเส้นใยไม่แน่นอนอาจขดเป็นวง เส้นใยพวกที่ไม่มีผนังกั้น แต่เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมอาจจะสร้างผนังกั้นขึ้นก็ได้ เชื้อราเจริญอยู่ในบริเวณที่เป็น cortex ของพืช รวมทั้งจะไม่เข้าสู่เซลล์ที่มีคลอโรพลาสต์ด้วย (Gerdemann, 1968; Harley, 1972) เส้นใยที่เข้าสู่ภายใน corticle cell จะสร้างโครงสร้าง 2 ชนิด ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ ดังนี้

1. Arbuscules

เกิดโดยที่ปลายของเส้นใยในเซลล์พืชมีการแตกแขนงแบบ dichotomous branching ไปเรื่อย ๆจนมีลักษณะคล้ายพุ่มไม้เล็ก ๆปลายสุดของแขนงจะแคบและแหลม บางครั้งส่วนปลายสุดจะพองออกเป็นกระเปาะกลม ๆ เรียกว่า sporangioles อาบัสคูลนี้อาจสร้างจนเต็ม lumen ของเซลล์ จากนั้นส่วนปลายของอาบัสคูลก็จะมีการสลายตัว อาจเนื่องมาจากถูกพืชย่อยให้สลายลง จนเหลือแต่ส่วนที่เป็นก้านของเส้นใย การย่อยสลายนี้เชื้อราจะปล่อยสารพวกน้ำมันออกสู่เซลล์พืชด้วย ส่วนของอาบัสคูลจะแตกออกเป็นเม็ดเล็ก ๆรูปร่างไม่แน่นอนและมารวมกันมากขึ้นกลายเป็น “disintegrated srbuscules sporangioles” sporangioles นี้ไม่ใช่ส่วนที่ใช้ในการสืบพันธุ์ (Gerdemann, 1968; Harley, 1972)

ในขณะที่มีการเกิดอาบัสคูลจะมีการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์พืช เป็นต้นว่าตรวจไม่พบแป้ง นิวเคลียสขนาดใหญ่ขึ้น อาจใหญ่กว่าเดิมถึงสองเท่า และอาจจะแยกออกจากกันแต่ภายหลังที่อาบัสคูลถูกทำลายไปนิวเคลียสจะกลับมีขนาดเท่าเดิมและพบแป้งอยู่ในเซลล์เหมือนเดิม

2. Vescicle หลังจากที่ Arbuscules ถูกทำลายไป

ปลายสุดของเส้นใยจะมีถุง (Vescicles) ซึ่งมักจะเกิดในส่วน outer cortex ของรากพืช รูปร่างอาจกลมหรือรี มีหยดน้ำมันสีเหลืองอยู่ภายในเวสสิเคิลอาจอยู่ระหว่างเซลล์หรืออยู่ภายในเซลล์ขึ้นกับชนิดของพืช ขนาดประมาณ 75-150 x 25-60 ไมโครมิเตอร์ผนังหนา และมีผนังกั้นแยกจากเส้นใยที่ฐานของเวสสิเคิล (Harley, 1972) ทำหน้าที่เป็นส่วนที่สะสมอาหารหรืออาจจะเจริญไปเป็นส่วนที่ใช้ในการสืบพันธุ์ บางครั้งอาจมีการสร้างสปอร์ภายในเวสสิเคิลจะกลายเป็น sporangia (Gerdemann, 1968)

การที่เชื้อราพวก VA mycorrhiza เข้าสู่รากพืชจะไม่ทำให้รูปร่างของรากพืชเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ถั่ว ต้นหอม มะเขือเทศ และพืชในตระกูล Solanaceae หลายชนิดพบว่ารากซึ่งมีเชื้อไมคอไรซ่าอยู่จะมีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืองอ่อน ส่วนรากที่ไม่พบไมคอไรซ่าจะมีสีขาว สีเหลืองนี้จะจางหายไปเมื่อถูกแสงสว่าง และยังพบว่าในรากที่มีไมคอไรซ่าอยู่ด้วยจะไม่มีรากขนอ่อน (root hair) หรือมีจำนวนน้อยกว่าในรากที่ไม่มีไมคอไรซ่า (Gerdemann, 1968)

เชื้อรากลุ่มนี้สามารถเจริญและอาศัยอยู่กับพืชหลายชนิดทั้ง ไม้ป่า พืชไร่ พืชสวน ไม้ผล รวมทั้งพืชเศรษฐกิจ เช่น พืชตระกูลหญ้า(Gramineae) และพืชตระกูลถั่ว (Leguminoseae) และสามารถเจริญได้ในทุกสภาพอากาศ (สุมิตรา, 2532)

การจำแนกเชื้อราเวสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอไรซ่า

Class Zygomecetes

Order Endogonales

Family Endogonaceae

Genus *Endogone*

Thaxter เป็นคนแรกที่เริ่มศึกษาเชื้อราในยีนัส *Endogone* โดยแบ่งเป็น 19 สปีชีส์ Peyronel เป็นคนแรกที่เสนอว่าเชื้อรา *Endogone spp.* เป็น endophyte ในต้นพืช พบว่า Chlamydospore ของ *Endogone vesiculifera* และ *E. fuegiane* ซึ่งต่อมา Butler กล่าวว่าเวสสิเคิลของVA mycorrhiza จะคล้ายกับ chlamydosporeของ*Endogone* และสรุปว่าเชื้อรา *Endogone ssp.*นี้เป็นเชื้อราที่เป็นVA mycorrhizaที่สูญเสียคุณสมบัติในการสร้างsporocarp ไป Warcup และJackson รายงานว่า เชื้อราในยีนัส Endogone นี้ทำให้เกิด VA mycorrhiza และเป็นเชื้อราที่อยู่รอบๆรากพืช(rhizophere microflora) (Gerdemann,1968; Dowding, 1959)

การจำแนกเชื้อรา *Endogone* โดยใช้ลักษณะของขนาดรูปร่างโครงสร้างของผนังเซลล์ และลักษณะการเจริญของเส้นใยที่ออกมาจากพืชอาศัย แยกสปอร์ออกเป็น 6 Genera

1. *Acaulospora*
2. *Entrophosphora*
3. *Gigaspore*
4. *Glomus*
5. *Sclerocystis*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. *Scutellospora*

ถ้าเป็น species ที่สร้าง Zygospore จะไม่จัดเป็น VA mycorrhiza พบว่า มีเพียง 4 Genera เท่านั้นที่สามารถทำให้เกิด mycorrhizal infection ได้กับรากพืช ได้แก่ *Acaulospora*, *Gigaspore*, *Glomus* และ*Sclerocystis* (ณัฐวรางคณ์, 2530)

มีการทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดVAmycorrhizaของสปอร์ของ*Endogone ssp*. ครั้งแรกโดยนำสปอร์ที่ติดอยู่กับรากของสตอเบอรี่ที่มี VA mycorrhizaใส่ลงไปในดินที่ฆ่าเชื้อแล้ว และนำมาปลูกพืชปรากฏว่ารากพืชที่ทดสอบมี VA mycorrhiza ได้ (Mosse, 1959)

ความสำคัญของเชื้อรา เวสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอไรซ่า

1. การเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมธาตุอาหาร

ไมคอไรซ่า อาศัยอยู่บริเวณรอบรากสามารถเจริญงอกงามไปยังแหล่งของธาตุอาหารในดินได้ดีกว่าส่วนราก และรากขนอ่อนของพืช เนื่องจากเส้นใยของไมคอไรซ่ามีขนาดเล็ก มีความยาวมากกว่า และมีการเจริญแตกแขนงออกไปได้มากมาย จึงมีประสิทธิภาพในการดูดซึมธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ดีกว่าโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ช้ากว่าการดูดซึมฟอสฟอรัสของรากพืช เส้นใยของ VA mycorrhiza จึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมธาตุอาหารของพืชได้ (สาลี่, 2528; เกรียงไกร, 2533; สุมิตรา, 2537)

2. การเพิ่มธาตุอาหารให้กับรากพืช

พืชที่มี VA mycorrhiza จะมีเส้นใยที่ช่วยในการดูดธาตุอาหารต่างๆเช่น โพแทสเซียม (K), แคลเซียม(Ca), เหล็ก(Fe), คลอรีน(Cl), กำมะถัน(S), แมงกานีส(Mn), ทองแดง (Cu)และธาตุอื่น ๆอีก เป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชด้วย เนื่องจากเชื้อราได้สะสมสารละลายต่าง ๆ ไว้ในแวคคิวโอลของเส้นใย แล้วส่งต่อไปยังอาบัสคูลภายในรากพืช (สาลี่, 2528)

Gerdemann (1964) พืชที่มีไมคอไรซาจะมี K, Ca, Fe และCu สูงกว่าพืชที่ไม่มีไมคอไรซ่าอย่างมีนัยสำคัญ

Ross และHarper (1970) ถั่วเหลืองถ้ามีเชื้อ VA mycorrhiza (*Glomus mosseae*) ต่อการเจริญเติบโต และการดูดธาตุฟอสฟอรัสของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 พบว่าการทดลองใช้ VA mycorrhiza มีน้ำหนักสดของต้น น้ำหนักแห้งของราก ความเข้มข้นของปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในต้นและในรากข้าวโพด อายุ 60 วัน มากกว่าการทดลองที่ไม่ได้ใส่เชื้อราและปุ๋ยฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jackson และคณะ (1972) ข้าวโพดที่มีการปลูกเชื้อรา VA mycorrhiza ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 50% เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดซึ่งไม่มีการปลูกเชื้อรานี้ในแปลงเพาะปลูก ถึงแม้ว่าจะมีการเข้าสู่รากของไมคอไรซ่าในข้าวโพดที่ไม่ปลูกเชื้อรานี้ด้วยก็ตาม (ออมทรัพย์ และคณะ, 2536)

สดุดี (2532) รายงานว่าเชื้อรา VA mycorrhiza ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดแร่ธาตุอาหาร และถั่วเหลืองต้นที่มีเชื้อราไมคอไรซ่าอาศัยอยู่ในราก จะสามารถดูดธาตุฟอสฟอรัสและสารละลายได้เร็วกว่าถั่วเหลืองที่ไม่มีเชื้อรานี้อยู่ในระบบราก

3. การเพิ่มความทนทานต่อความแห้งแล้งให้กับพืช

เชื้อรา VA mycorrhiza ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ในสภาพที่แห้งแล้ง ทำให้พืชสามารถฟื้นตัวภายหลังการขาดน้ำได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อรา VA mycorrhiza เนื่องจากเชื้อรา VA mycorrhiza มีเส้นใยที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมธาตุอาหาร ทำให้ความต้านทานต่อการถ่ายเทน้ำ (Water transport) ในพืชลดลงจึงมีน้ำเคลื่อนเข้าสู่รากมากขึ้น (สุมิตรา, 2535)

George และคณะ (1992) พบว่า พืช Couchgrass (Agropyron repens) ที่มี VA mycorrhiza (*Glomus mosseae*) สามารถดูดน้ำจากดินได้ในปริมาณที่มากกว่าต้นที่ไม่มีเชื้อรา VA mycorrhiza ที่อายุ 76 วันหลังปลูก

Safir, Bayer และGerdemann (1972) รายงานว่า อาการเหี่ยวชั่วคราว (Temporary wilting) ของถั่วเหลืองที่ไม่มี VA mycorrhiza อัตราการดูดน้ำเพื่อฟื้นคืนจะเร็วกว่าถั่วเหลืองที่ไม่มี VA mycorrhiza

4. การป้องกันโรคพืช

กลไกการป้องกันโรคพืชของพืชที่มีเชื้อรา VA mycorrhiza อาศัยอยู่ก่อนรากพืชจะถูกโรคพืชเข้าทำลายได้ยาก เนื่องจาก เมื่อเชื้อรา VA mycorrhiza เข้าสู่รากพืช รากจะสร้างสาร lignin, vascular และpolysaccharides เพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มปริมาณธาตุอาหารและการไหลผ่านของน้ำในเซลล์มากขึ้นและทำให้มีปริมาณ pyhtoalexin เพิ่มมากขึ้น ขณะที่ปริมาณน้ำตาล และไคติเนส(kitinase) ลดลง ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตและการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุของโรคพืชได้ (ออมทรัพย์, 2535)

5. การเจริญเติบโตของพืช

เชื้อราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสให้กับพืช เพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบตลอดจนผลผลิตทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในพืชบางชนิดพบว่า การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา VA mycorrhiza เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง โดยเฉพาะพืชที่มีรากอวบ และปริมาณรากขนอ่อนน้อย เช่น ไม้ยืนต้น ไม้ประดับ ส้ม องุ่น ปาล์ม มันสำปะหลัง และหอมหัวใหญ่ เป็นต้น (สุมิตรา, 2532) มักพบว่าพืชส่วนใหญ่ที่มี VA mycorrhiza จะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีกว่าพืชที่ไม่มี VA mycorrhiza

ปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า

1. อุณหภูมิ

Schenck และคณะ (1975) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการงอกของสปอร์พบว่าสปอร์ของเชื้อ *Glomus mosseae* งอกได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในอาหาร Soil ectract agar และ Green (1976) พบว่า *Glomus mosseae* งอกได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง

Schenck และSchroeder (1974) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเข้าสู่รากของต้นถั่วเหลืองของ *Endogone* พบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เชื้อราจะเข้าสู่รากพืชและสร้างอาบัสคูล สูงที่สุด และรากพืชเจริญเติบโตดีที่สุด

สุมิตรา (2537) พบว่าการลดอุณหภูมิในระบบปลูกพืชไร้ดินแบบ Aeroponic (จาก 35.3 องศาเซลเซียส เหลือ 26.2 องศาเซลเซียส) โดยการติดพัดลมดูดอากาศ ทำให้มีการติดเชื้อราในรากพืชทดลอง

รุ่งโรจน์ (2537) พบว่า มีการสะสมความร้อนในรางของระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ NFT ทำให้ตรวจไม่พบการติดเชื้อรา VA mycorrhiza ในรากพืชทดลอง

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการงอกของสปอร์ โดยมีผลต่อการละลายของสารอาหาร หรือสารพิษในดิน ซึ่งสารเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการเจริญของเชื้อราไมคอไรซ่า

Green และคณะ (1976) ศึกษาเกี่ยวกับ pH ที่เหมาะสมต่อการงอกของสปอร์ของเชื้อรา VA mycorrhiza พบว่า *Glomus mosseae* ที่เลี้ยงในอาหาร 2 ชนิดคือ Soil extract agar และ Water agar ซึ่งปรับ pH ในช่วงต่าง ๆ พบว่าสปอร์งอกได้ดีที่สุดที่ pH = 7 และงอกได้ดีใน pHที่เป็นด่าง (pH 7-9) สปอร์จะไม่งอกที่ pH = 4

3. แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา VA mycorrhiza ได้อาหารจากการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่ง VA mycorrhiza ต้องการคาร์โบไฮเดรท 1-17% เพื่อการเจริญเติบโต และการสร้างสปอร์ (ออมทรัพย์, 2535) ถ้าพืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้เต็มที่ เชื้อราจะก่อผลเสียโดยการแย่งคาร์โบไฮเดรทจากพืช ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตได้ เช่นที่ความเข้มของแสงต่ำกว่า 20% ของแสงอาทิตย์ (ออมทรัพย์, 2537; สุมิตรา, 2532)

4. ธาตุอาหาร

Mosse และPhillips (1971) ศึกษาเกี่ยวกับ อิทธิพลของฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา VA mycorrhiza ในต้นถั่ว พบว่าฟอสฟอรัสในรูปของ $CaHPO_4$ และ K_2HPO_4 ในปริมาณ 265 มิลลิกรัม/ลิตร และ KNO_3 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา แหล่งของธาตุฟอสฟอรัสที่เพียงพอสำหรับพืช และเชื้อราจะอยู่ในรูปของ $CaHPO_4$, Ca phytate, Naphytate, Fephytate, Phytin, Leccithin และ DNA ซึ่ง DNA จะมีผลในการกระตุ้นการสร้างสปอร์ของเชื้อรามากกว่าฟอสเฟตชนิดอื่น และพบว่าธาตุ Na ทำให้การเจริญและการเข้าสู่รากของเชื้อรา VA mycorrhiza ลดลง

การเข้าสู่รากของเชื้อรา VA mycorrhiza พบมากในดินที่ขาดธาตุอาหารมากกว่าในดินที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ คือในดินที่มีธาตุ N, P, Mn และ Zn ต่ำ พบว่ารากพืชที่ยาว 1 มิลลิเมตร จะมีจุดที่เส้นใยแทงเข้าไปถึง 20 จุด ซึ่งในดินที่มีความเข้มข้นของธาตุเหล่านี้มากจะมีจุดที่เส้นใยของเชื้อราแทงเข้าไปเพียง 1 จุดเท่านั้น (Russell, 1973)

5. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ออมทรัพย์ และคณะ (2527) ศึกษาอิทธิพลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่า Azodrin, benlate, captan, furadan, maneb, ridoril และ terrachlor ใช้คลุกเมล็ด ถั่วเหลือง และการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา VA mycorrhiza *Glomus mosseae*

การผลิตและการเพิ่มปริมาณ เชื้อรา VA mycorrhiza

เชื้อรา VA mycorrhiza เป็น obligate symbionet เนื่องจากไม่สามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ จะเจริญและเพิ่มปริมาณได้เมื่ออยู่ในรากพืชอาศัย หรือในดินที่ปลูกพืช พืชที่นิยมใช้ในการผลิต incculum ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว ข้าวโพด ไม้อายุสั้น ไม้โตเร็ว เป็นต้น (พรพิมล, 2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีการผลิตเชื้อรา VA mycorrhiza

1. การใช้ดินเป็นหัวเชื้อ (Soil inoculum) โดยนำดินที่มีเชื้อรา VA mycorrhiza ในปริมาณมาก มาผสมกับดินในแปลงเพาะให้ทั่วก่อนเพาะเมล็ดพืช หรือนำดินที่เป็นหัวเชื้อใส่ลงในดินรอบ ๆต้นกล้าพืชที่เริ่มงอก ปัญหาในการปฏิบัติวิธีนี้คือ การปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุของโรคพืชในดิน และเสียค่าใช้จ่ายในการขนย้ายสูง (พูนพิไล และโกวิทย์, 2528; สุมิตรา, 2537; รุ่งโรจน์, 2537)

2. การใช้รากของพืชอาศัย (Infected rooted) โดยการเพาะเชื้อรา VA mycorrhiza ในรากพืชอาศัยหลังจากเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว นำมาตัดรากออกเป็นชิ้น ๆฆ่าเชื้อที่ผิวนอกของรากก่อนนำมาเป็นหัวเชื้อ วิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยาก และมักพบเชื้อราอื่นที่เป็น parasit ปนอยู่ในราก และต้องใช้รากนั้นทันทีเมื่อนำออกจากดินแล้ว (พูนพิไล และโกวิทย์, 2528)

3. การใช้สปอร์ที่อยู่ในดิน (pure spore) โดยการร่อนสปอร์จากดิน ด้วยวิธีการร่อนแบบเปียก แล้วนำมาฆ่าเชื้อที่ผิวของสปอร์ก่อนใช้ซึ่งได้ผลดีมาก แต่มักพบปัญหา คือ ไม่สามารถเก็บสปอร์ไว้ในปริมาณมาก ๆ ให้เพียงพอในการทดลองแปลงใหญ่ ๆได้ วิธีนี้เหมาะแก่การศึกษาวิจัย แต่ยังไม่สามารถผลิตในปริมาณมาก ๆได้ (พรพิมล, 2531)

4. การเพิ่มปริมาณหัวเชื้อในกระถาง (port culture) เป็นวิธีที่นิยมใช้มากในการเพิ่มปริมาณเชื้อรา VA mycorrhiza ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลอง จะได้ทั้งปริมาณรากที่ติดเชื้อและปริมาณสปอร์เพิ่มขึ้น โดยการนำมาเพิ่มจำนวนในรากพืชอาศัย (host plant) ในดินที่มีธาตุอาหารต่ำและปราศจากเชื้ออื่นปนเปื้อน ปัญหาคือระยะเวลาในการผลิตเชื้อนานประมาณ 3 เดือน และมักพบการปนเปื้อนของเชื้อโรคและแมลง

5. การเพาะเลี้ยงในเนื้อเยื่อรากในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเพาะเลี้ยงรากในอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วนำเชื้อรา VA mycorrhiza มาเพาะบนเนื้อเยื่อรากนั้น จะได้เชื้อบริสุทธิ์ แต่มีสปอร์น้อย และค่าใช้จ่ายสูงมาก (พรพิมล, 2531)

6. การผลิต inoculum ในระบบปลูกพืชไร้ดินเป็นวิธีการเพิ่มเชื้อรา VA mycorrhiza แบบใหม่ที่ไม่ประสบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อโรคพืชและแมลงในดิน

Mosse และ Thompson (1984) ศึกษาการผลิตเชื้อรา VA mycorrhiza โดยใช้ถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris*) เป็นพืชอาศัยในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) โดยเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร และศึกษาชนิดและระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัสในการผลิต เมื่อนำ infected root ที่ได้มาตรวจสอบประสิทธิภาพในการเข้าสู่พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(infectivity) ในต้นกล้าของข้าวโพดและถั่วเหลือง พบว่ามีการติดเชื้อในรากดี และสามารถเจริญต่อไปได้ในดิน

Elmes และคณะ (1984) ประสบความสำเร็จในการใช้ infected root ของเชื้อรา VA mycorrhiza ในรากถั่วที่ได้จากระบบ NFT เป็น inoculum ของ res clover ในดินที่ไม่มีการฆ่าเชื้อที่สภาพไร่นา

Elmes และ Mosse (1984) ทดลองผลิต inoculum เพิ่มปริมาณเชื้อรา *Glomus mosseae* ในรากข้าวโพด (*Zea mays*) และพืชอาศัยอื่น ๆในระบบNFT พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายธาตุอาหาร 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีการติดเชื้อในราก 50% ถ้าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร หรือต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้การติดเชื้อลดลง ในขณะที่ถั่วแขก(*Phaseolus vulgaris*) ที่มีเชื้อ *Glomus fasciculatum* สามารถใช้ ฟอสฟอรัสที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตรได้ ส่วน Ca ที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดคือ 15 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ในถั่วอาจสูงกว่านี้

Thompson (1985) ศึกษาชนิดพืชอาศัยที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณ เชื้อรา VA mycorrhiza และชนิดของไนโตรเจน (N) ในการผลิต infected root ในรากข้าวโพดที่ปลูกในระบบ NFT พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเจือจาง 1/10 เท่า โดยใช้ ไนเตรท-ไนโตรเจน และ rock phosphate ที่ pH 7.0-7.4 มีการติดเชื้อในรากสูงถึง 30%

รุ่งโรจน์ (2537) ศึกษาชนิดพืชอาศัย และวัสดุเพาะกล้าที่มีผลต่อการติดเชื้อรา VA mycorrhiza ในระบบ NFT พบว่า ที่อายุ 14 วัน(ก่อนย้ายลงรางNFT) ข้าวโพดที่ปลูกใน ดิน: ทราย(1:1) มีเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา ไมคอไรซ่ามากที่สุดคือ 42.11% รากข้าวโพดที่ปลูกในก้อน rockwool มีเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา 8.90% และรากข้าวโพดที่ปลูกในแท่งขุยมะพร้าวไม่พบเปอร์เซนต์การติดเชื้อ ที่อายุ 28 วัน (อยู่บนราง NFT 14 วัน) รากข้าวโพดที่ปลูกในสารละลายโดยตรง มีเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา 8.73% รากข้าวโพดที่ปลูกในก้อน rockwool มีเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา 19.52% ทั้งสองตำรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าเปอร์เซนต์การติดเชื้อลดลงเมื่อระยะเวลาในการอยู่บนราง NFT นานขึ้น เนื่องจากมีการสะสมความร้อนในรางปลูก แบบ NFT

สุมิตรา (2537) ศึกษาการเลี้ยง วี-เอ ไมคอไรซ่า ในระบบ Aeroponic พบว่า ภายในกระโจมปลูกมีการสะสมความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงมากในช่วงกลางวันทำให้ตรวจไม่พบเปอร์เซนต์การติดเชื้อที่อายุพืช 80 วัน ของพืชทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99608

การทำการทดลอง

ทำการทดลอง โดยปลูกหญ้าจัมโบ้ (นิวตริฟีด: ชื่อทางการค้า) เพียงชนิดเดียว บนกระโจม Aeroponic โดยมีการ inoculate เชื้อรา VA mycorrhiza ก่อนย้ายขึ้นปลูกบนกระโจมรูปสามเหลี่ยม ที่ติดพัดลมดูดอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 26-28 องศาเซลเซียส และใช้ระบบควบคุมความเข้มข้นของสารละลาย และ pH แบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปลูกพืชแบบ Aeroponic และอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ประกอบด้วย

1. ชุดทำกระโจมสามเหลี่ยมสำหรับปลูก
    - 1.1. เหล็กฉาก
    - 1.2. น๊อตยึดเหล็กฉาก
    - 1.3. แผ่นโฟมขนาด (กXย) 60 X 120 เซนติเมตร
    - 1.4. พลาสติกสีดำและสีขาว
    - 1.5. เทปกาว
2. ชุดควบคุมการให้สารละลาย
    - 2.1. ปั๊มน้ำสำหรับดูดสารละลายเข้าสู่ระบบ
    - 2.1. โซลีนอยด์วาวล์แบบใช้ไฟฟ้า (AC)
    - 2.3. โซลีนอยด์วาวล์แบบใช้ถ่าน (DC) และมีเครื่องตั้งเวลาในตัว
    - 2.4. เครื่องตั้งเวลา (timer)
    - 2.5. Electricalconductivity meter (EC meter) และปั๊มสำหรับดูด Stock solution
    - 2.6. pH meter และปั๊มสำหรับดูดกรด HNO_3
    - 2.7. หม้อกรองสารละลาย (filter)
    - 2.8. ถังสารละลายธาตุอาหาร, ถังกรด HNO_3 และถัง stock solution
    - 2.9. วาวล์ควบคุมระดับน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร
3. ระบบทางเดินสารละลาย
    - 3.1. ท่อ PVC
    - 3.2. ท่อ PE
    - 3.3 หัว spray
4. ระบบควบคุมการระบายความร้อนภายในกระโจม
    - 4.1. Thermocoulple และ Thermostat
    - 4.2. ชุดควบคุมการทำงานของพัดลมดูดอากาศ
    - 4.3. พัดลมดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สารเคมีที่ใช้

5.1. สารเคมีตามสูตรสารละลายธาตุอาหารของ Coic-Lersaint

5.2. สารละลายกรด HNO_3

5.3. lacto glycerol trypan blue ซึ่งมีสี trypan blue 0.05% (w/v)

5.4. KOH 10%

6. เครื่องมือวิทยาศาสตร์

6.1. เครื่องชั่งหยาบ และละเอียด

6.2. เตาความร้อน (hot plate)

6.3. กระจกสไลด์

6.4. กล้องจุลทรรศน์ และ stereo microscope

6.5. ตู้อบ (hot air oven)

6.6. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

6.7. ปากคีบ

6.8. มีด

7. พืชทดลอง และเชื้อรา วี-เอไมคอไรซ่า

7.1. หญ้าจัมโบ้

7.2. เชื้อรา วี-เอไมคอไรซ่า *Glomus mosseae*

8. อุปกรณ์อื่น ๆ

8.1. เทปพันท่อประปา

8.2. กาวผนึกท่อ PVC

8.3. ตลับเมตร

8.4. กรรไกร

8.5. มาตรวัดน้ำ

8.6. ลิ้นปิดกันน้ำไหลกลับ

8.7. rockwool และฟองน้ำ

8.8. ลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14704

วิธีการทดลอง

1. เตรียมกระโจมปลูกรูปสามเหลี่ยม

นำเหล็กฉากมาประกอบกัน เป็นรูปฐานสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 75 เซนติเมตร ในส่วนของกระโจมสร้างโดย นำโฟมมาประกอบเป็นกระโจมที่มีส่วนฐานกว้าง 120 เซนติเมตร สูง 120 เซนติเมตร โดยใช้ระยะปลูก (ระหว่างแถว x ระหว่างต้น) 25 x 30 เซนติเมตร เจาะช่องปลูกใส่ต้นไม้ทั้งหมด 32 ช่อง ตามขนาดของระยะปลูกทั้ง 2 ด้านของกระโจม กระโจมชั้นในปูด้วยพลาสติกสีดำ แล้วหุ้มทับชั้นนอกด้วยพลาสติกสีขาว เหลือด้านหน้าของกระโจมไว้ด้านหนึ่ง ไม่ต้องใช้โฟมประกอบ แต่ใช้เป็นผ้าพลาสติก 2 ชั้นเหมือนกับที่หุ้มโฟม ปิดแทนไว้ เพื่อสะดวกในการเปิด-ปิดกระโจม ส่วนหัวของ spray จะติดห่างกัน 37 เซนติเมตร โดยมีท่อ PVC เป็นโครงเพื่อติดท่อเดินสารละลาย ที่ใช้ส่งสารละลายไปยังหัว spray ซึ่งมีทั้งหมด 14 หัว โดยโครงของระบบให้น้ำจะวางไว้ด้านในของกระโจมปลูกรูปสามเหลี่ยม

2. การติดตั้งและเตรียมระบบควบคุมการให้สารละลายธาตุอาหาร แบบอัตโนมัติ

เดินท่อ PVC ต่อจากถังเก็บสารละลายเข้ากับเครื่องปั๊มสารละลาย และเดินท่อสารละลาย(PVC) แยกเป็น 3 ทาง โดยทางหนึ่งต่อเข้ากับหม้อกรองก่อนที่จะเข้าสู่กระโจมปลูก และต่อท่อนำสารละลายเข้ากับโครงของหัวฉีดสารละลายให้แก่รากพืชในกระโจม สารละลายธาตุอาหารที่ไหลออกจากกระโจมจะไหลลงสู่ถังเก็บสารละลายที่มีตัววัดระดับสารละลายในถังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารพืช

อีกทางหนึ่ง เดินท่อ PVC ต่อกับท่อ PE ให้เป็นทางผ่านสารละลายเข้าสู่ระบบควบคุมความเข้มข้นสารละลายแบบอัตโนมัติ ด้วยแรงดึงน้ำจากเครื่องปั๊มน้ำ สารละลายจะผ่านเข้าเครื่อง pH meter และ EC meter ค่าที่วัดได้จากสารละลายขณะนั้น ๆ จะแสดงให้เห็นที่เครื่อง หากสารละลายมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า(EC) ไม่ตรงกับที่ตั้งไว้ ระบบอัตโนมัติจะทำการปั๊มสารละลาย A สารละลาย B และกรด HNO_3 ลงในถังสารละลายจนได้ค่า EC และpH ตามที่ตั้งไว้

และท่อนำสารละลายอีกทางหนึ่งนั้น เป็นสารละลายที่วนกลับไปในถังสารละลายโดยทำหน้าที่คล้ายกับการกวนสารละลาย และที่ทางแยกของท่อสารละลายนี้จะมีประตูน้ำ เพื่อใช้ปรับความมากน้อยของสารละลายที่วนกลับถัง ซึ่งมีผลต่อแรงดันของสารละลายที่หัว Spray

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คือ ถ้าสารละลายไหลหลับมากในท่อนี้ แรงดันที่หัว spray ก็จะน้อย ทำให้รากพืชได้รับสารละลายไม่ทั่วถึง รากพืชอาจจะเหี่ยว มีผลให้พืชชะงักการเจริญเติบโต หรืออาจตายได้ ดังนั้นควรเปิดประตูน้ำไหลกลับให้พอเหมาะ เพื่อให้แรงดันของสารละลายที่หัว spray ไม่มากหรือน้อยเกินไป จนเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก

ระบบอัตโนมัติจะฉีดพ่นสารละลายให้กับรากพืชโดยตรงทางหัว spray ควบคุมระยะเวลาการฉีดพ่นด้วยเครื่องตั้งเวลา(timer) โดยให้ฉีดสารละลาย 15 วินาที หยุด 30 วินาที

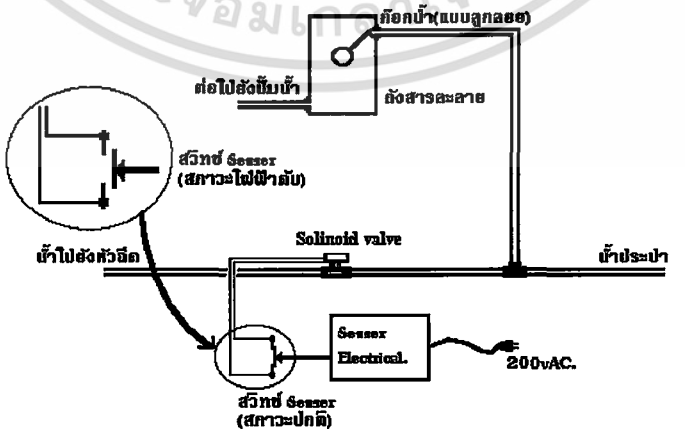
3. การติดตั้งพัดลมดูดอากาศ และชุดควบคุมอุณหภูมิ

นำกระป๋องพลาสติกที่มีปากขนาดเท่าพัดลม มาตัดก้นออก แล้วติดพัดลมดูดอากาศเข้ากับกระป๋อง นำไปสวมตรงกลางด้านบนของกระโจมที่ตัดเป็นช่องขนาดเท่ากับกระป๋อง ตั้งทิศทางการดูดอากาศของพัดลม โดยใช้เครื่องตั้งเวลาและเครื่องวัดอุณหภูมิควบคุมให้มีการดูดอากาศออกเมื่ออุณหภูมิภายในกระโจมสูงว่าที่ตั้งไว้ ในจังหวะที่การดูดอากาศออกจะต้องอยู่ในช่วงที่ระบบหยุดฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหาร

อุณหภูมิในกระโจมที่ควบคุมอยู่ในช่วง 26-28 องศาเซลเซียส

4. การติดตั้งระบบฉีดสารละลายเมื่อไฟดับ

ระบบฉีดสารละลายเมื่อไฟดับ มีการติดอุปกรณ์เพิ่มเติมในระบบอัตโนมัติ คือ ตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้า (AC) ต่อเข้ากับโซลีนอยด์วาวล์ ทำงานโดย Batteery 9 V. ขณะกระแสไฟฟ้าดับ ทำให้ไม่มีกระแสเหนี่ยวนำ สวิทช์จึงเปิด เมื่อสวิทช์เปิด โซลีนอยด์วาวล์จะทำงาน ดังรูป



รูปที่ 1 ระบบฉีดน้ำเมื่อไฟดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

การเตรียมสารละลายจากสูตรต่าง ๆน้ำที่ใช้เตรียมจะต้องเป็นน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ มีสารต่าง ๆเจือปนอยู่น้อย เช่น น้ำฝน น้ำกรอง หรือจากแหล่งน้ำในท้องที่นั้น ๆ (ต้องผ่านการกรองเอาสารแขวนลอยต่าง ๆออกไปก่อน) น้ำที่นำมาเตรียมสารละลายนี้จะนำมาโดยตรง โดยคำนวณปริมาณสารละลาย และกรดที่จะใช้ เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารและปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ตามสูตรสารละลายธาตุอาหาร เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช

การทดลองนี้ใช้น้ำกรองเตรียมสารละลาย สารละลายธาตุอาหารที่เตรียมนี้ได้ใช้วิธีการเตรียมตามสูตรของ Coic-Lesaint โดยมีข้อมูลพื้นฐานดังนี้

1. ค่า pH และค่าความเข้มข้นของสารละลาย(EC)

2. ค่า pH และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำที่เราใช้เตรียม

3. ชนิดของกรดและธาตุอาหารที่ใช้เตรียม (คำนึงถึงราคา ความยากง่ายในการเตรียมและการเก็บรักษา)

การเตรียมสารละลายใช้สูตรสารละลาย stock solution เมื่อนำไปใช้จะทำให้เจือจางในอัตราส่วน 1:200 เช่นถ้าต้องการ สารละลาย 200 ลิตร จะใช้ stock solution A และB อย่างละ 1/200 X 200 = 1.0 ลิตร โดยทำการปรับค่า Conductivity ให้ได้ค่า EC ประมาณ 1.80-2.0 ms. และปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.2 หาก pH สูงหรือต่ำเกินไป ก็ใช้สารละลาย HNO_3 และ KOH ปรับค่า pH ให้ได้ตามต้องการ

6. การเตรียมเพาะต้นกล้าพืช และการ inoculate เชื้อรา VA mycorrhiza

การเตรียมวัสดุในการ inoculate

นำวัสดุปลูก 2 ชนิดคือ ทราย และดิน ผสมเข้ากันในอัตราส่วน 1:1 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ทิ้งไว้ให้เย็น นำวัสดุปลูกใส่กระถาง ผสมเชื้อรา VA mycorrhiza *Glomus mosseae* แล้วหว่านเมล็ดหญ้าจัมโบ้ (นิวตริฟีด) ลงในกระถาง

หมายเหตุ การเตรียมเพาะต้นกล้าพืช และการ inoculate เชื้อรา VA mycorrhiza ได้ทำการปฏิบัติที่ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน(ตึกไรโซเบียม) ซึ่งทางกลุ่มงานวิจัย จุลินทรีย์ดินได้อนุเคราะห์ให้ต้นกล้าพืช ที่ได้มีการ inoculate เชื้อรา VA mycorrhiza แล้วแก่ผู้ทดลอง เพื่อนำมาศึกษา เป็นจำนวน 2 กระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การย้ายต้นพืชลงในกระโจมปลูก Aeroponic

นำต้นกล้าพืชออกจากกระถางอย่างระมัดระวัง นำ rockwool ที่แช่น้ำไว้แล้ว 1 คืน (รูปลูกบาศก์ผ่าครึ่ง) หุ้มที่บริเวณโคนต้นพืชแล้วใส่เข้าไปในช่องปลูกที่เจาะไว้แล้ว โดยให้รากพืชลอยอยู่ในกระโจมปลูกอย่างอิสระ rockwool ที่หุ้มไม่ควรหลวม หรือแน่นช่องปลูกเกินไป ในการปฏิบัตินำต้นกล้าพืชขึ้นกระโจมปลูกนี้ พยายามให้รากพืชกระทบกระเทือนน้อยที่สุด เพื่อรักษาปริมาณเชื้อรา VA mycorrhiza ที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช

8. การดูแลรักษา ระหว่างทำการทดลอง

การดูแลรักษาพืชขณะที่อยู่ในกระโจมปลูกควรดูแล และตรวจเช็คสิ่งต่าง ๆดังนี้

1. ตรวจดูว่ามีสารละลายไหลรั่วซึมออกจากระบบปลูกหรือไม่
2. เช็คดูว่าหัว spray อุดตันหรือไม่
3. ถอดเครื่องกรองล้างทุก ๆ 1 สัปดาห์
4. ดูแรงดันน้ำที่หัวฉีดว่าพอเหมาะกับรากพืชหรือไม่
5. ตรวจดูการทำงานในเครื่องให้สารละลายอัตโนมัติว่าทำงานปกติหรือเปล่า
6. ตรวจดูระบบระบายความร้อนว่าทำงานปกติหรือไม่ ระดับอุณหภูมิในกระโจมอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่
7. ดูว่าค่า EC และpH ที่ปรากฏที่เครื่องอยู่ในระดับที่ต้องการหรือไม่
8. ตรวจดูพืชว่า มีความผิดปกติหรือไม่
9. ตรวจดูว่ามีโรคและแมลงรบกวนหรือเปล่า
10. ตรวจดูว่าระบบสำรองเมื่อไฟดับสามารถทำงานได้ปกติอยู่หรือเปล่า

9. การบันทึกผลการทดลอง

9.1. วัดความสูงของต้นพืช

9.2. วัดความยาวของราก

9.3. ชั่งน้ำหนักสดของต้นและราก

9.4. ตรวจหาเปอร์เซนต์การติดเชื้อ โดยนำรากของพืชมาล้างน้ำสะอาด แล้วต้มด้วย KOH 10% ที่ 70-80 ^{o}C ประมาณ 5-10 นาที(ขึ้นกับชนิดของรากพืช) แล้วล้างรากด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดอีกครั้ง นำมาทำการย้อมสีด้วย lacto glycerol trypan blue 0.05 % ทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วนำรากไปวางบนสไลด์ ตรวจหา เส้นใยเวสสิเคิล และอาบัสคูลด้วยกล้อง สเตอริโอ เพื่อนำไปคำนวณเปอร์เซนต์การติดเชื้อ

10. การแสดงข้อมูลจากการทดลอง

นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผลมาแสดงค่าออกทางตาราง

11. สถานที่ทำการทดลอง

การทดลองนี้ใช้เรือนเพาะชำ บริเวณหลังตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้านหน้าที่จอดรถ ติดกับเรือนเพาะชำของภาควิชา การจัดการศัตรูพืช

12. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

วันเริ่มทำการทดลอง 24 ตุลาคม 2538

วันสิ้นสุดการทดลอง 24 กุมภาพันธ์ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลอง

ปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระโจม Aeroponic ที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติและติดพัดลมดูดอากาศ

การบันทึกผล	อายุ 30 วัน (จากเริ่มปลูกในดิน)	อายุ 90 วัน (60 วันบนกระโจม)
1. น้ำหนักสด ของลำต้น ใบ และราก เฉลี่ย ของหญ้าจัมโบ้ (กรัม)	1.24	145.76
2. ความสูงของลำต้น เฉลี่ย ของหญ้าจัมโบ้ (เซนติเมตร)	30.18	146.00
3. ความยาวราก เฉลี่ย ของหญ้าจัมโบ้ (เซนติเมตร)	20.28	125.00
4. การติดเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ที่ตรวจพบ เฉลี่ย (เปอร์เซนต์)	61.86	0

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลอง

ปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระถางที่มีวัสดุปลูก ดิน:ทราย (1:1)

การบันทึกผล	อายุ 30 วัน	อายุ 90 วัน
1. น้ำหนักสด ของลำต้น ใบ และราก เฉลี่ย ของหญ้าจัมโบ้ (กรัม)	1.23	47.14
2. ความสูงของลำต้น เฉลี่ย ของหญ้าจัมโบ้ (เซนติเมตร)	30.32	70.54
3. ความยาวราก เฉลี่ย ของหญ้าจัมโบ้ (เซนติเมตร)	19.82	36.10
4. การติดเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ที่ตรวจพบ เฉลี่ย (เปอร์เซนต์)	63.10	83.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระโจมปลูก Aeroponic ที่มีระบบการให้สารละลายอัตโนมัติ และมีการติดพัดลมดูดอากาศ ผลปรากฏว่า ลำต้น ใบ และรากของหญ้าจัมโบ้ มีการเจริญเติบโตดี ลำต้นสูง ช่อดอกยาว และเมล็ดมีขนาดใหญ่ ใบมีสีเหลืองเขียว ซีด ๆ เล็กน้อย อาจเนื่องจากแสงภายในเรือนเพาะชำที่ไม่เพียงพอ เพราะกระเบื้องมุงหลังคามีสีขุ่นไม่โปร่งใส ทำให้ความเข้มของแสงลดลง

การทดลองปลูกหญ้าจัมโบ้ในกระถางที่มีส่วนผสมของ ดิน:ทราย 1:1 ผลปรากฏว่าลำต้นและใบ ของหญ้าจัมโบ้ในกระถางปลูกมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าในกระโจมปลูกระบบ Aeroponic ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ขนาดแถบใบ มีขนาดเล็กกว่า และมีความสูงของลำต้นน้อยกว่า

จากการวัดผลการติดเชื้อราวี-เอ ไมคอไรซ่า ของหญ้าจัมโบ้ ในระบบปลูกพืชแบบ Aeroponic อายุ 90 วัน ไม่พบการติดเชื้อ ส่วนการทดลองในกระถางเปรียบเทียบ ที่อายุ 90 วัน พบการติดเชื้อ 83.80%

ผลการติดเชื้อที่แตกต่างกันนี้น่าจะเนื่องมาจาก

1. การได้รับความกระทบกระเทือนของรากพืชที่ย้ายปลูกบนกระโจม ในขั้นตอนที่นำพืชออกจากกระถางเพาะ รากพืชอาจกระทบกระเทือนมีรอยช้ำ หรือขาด ซึ่งมีผลต่อปริมาณของเชื้อราวี-เอ ไมคอไรซ่า ที่อาศัยอยู่ในรากพืช มีปริมาณน้อยลง

2. ในระบบ Aeroponic มีการให้สารละลายธาตุอาหารโดยการฉีดพ่นโดยตรงให้กับรากพืช ความแรงของการฉีดพ่นอาจทำให้รากช้ำ หรือเส้นใยของเชื้อราที่เจริญออกมานอกรากถูกสารละลายชะขาดไหลไปตามน้ำ ทำให้โอกาสติดเชื้อในรากใหม่ได้ยาก มีผลให้ไม่สามารถเจริญและเพิ่มปริมาณการติดเชื้อของรากพืชได้

3. หญ้าจัมโบ้ ที่ปลูกในกระถาง ไม่ได้รับความกระทบกระเทือนจากการย้ายปลูก การฉีดพ่นสารละลาย เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญภายนอกรากและ infect เข้าในรากข้างเคียงได้ จึงสามารถเพิ่มปริมาณการติดเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะจากการทำการทดลอง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ควรมีการปรับปรุงวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ร่วมกับการปลูกพืชระบบ Aeroponic ดังต่อไปนี้

- การ inoculate เชื้อราก่อนย้ายปลูก ควรตรวจสอบว่ามีการติดเชื้อที่รากในปริมาณที่มากเพียงพอ

- ควรระวังเวลาย้ายปลูก ควรให้รากพืชกระทบกระเทือนน้อยที่สุด เพื่อรักษาปริมาณเชื้อในราก

- ควรปรับความแรงในการฉีดพ่นสารละลายของหัว spray ให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะไม่ทำอันตรายแก่รากพืช

- ควรปรับระยะเวลาการฉีดพ่นสารละลายให้มีช่วงการหยุดพักนานขึ้น เพื่อให้เส้นใยของเชื้อราที่เจริญนอกรากพืชเจริญได้

- ควรระวังการยึดเกาะทรงตัวของพืช เนื่องจากรูปทรงกระโจมทำให้พืชทรงตัวได้ยาก จึงต้องคอยระวัง โคนต้นของพืชอาจหัก จะทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต

- อาจทำการทดลองในระบบปลูกในวัสดุปลูก ที่รากพืชเจริญได้ดี เช่น ใน rock wool หรือในอินทรีย์วัตถุอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า

การเพาะเลี้ยงเชื้อราวี-เอ ไมคอไรซ่าในกระถางที่มี ดิน:ทราย (1:1)มีเปอร์เซนต์การติดเชื้อราในรากเฉลี่ย 83.80 เปอร์เซนต์ ที่อายุ 90 วัน ซึ่งมากกว่า การเพาะเลี้ยงเชื้อราวี-เอ ไมคอไรซ่าในรากพืชในระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Aeroponic ที่ตรวจไม่พบเปอร์เซนต์การติดเชื้อเลยที่อายุ 90 วัน

ระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบ Aeroponic มีการฉีดพ่นสารละลายให้กับพืชโดยตรง มีผลต่อการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ภายนอกรากพืช โดยแรงของการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหาร ทำให้เส้นใยไม่สามารถเจริญ และinfect เข้าในรากอื่นเพื่อเพิ่มปริมาณได้ และระยะเวลาการฉีดพ่นสารละลายที่ให้กับรากพืชอาจถี่เกินไป ฉะนั้นถ้าจะมีการศึกษาการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ในระบบการปลูกพืชไร้ดินต่อไป น่าจะมีการศึกษากับระบบการปลูกพืชที่มีวัสดุปลูก หรือมีการลดความเข้มข้นของสารละลายลงในบางระยะของการเจริญเติบโต เพื่อให้เกิดภาวะการขาดธาตุอาหารและเพิ่มปริมาณการ infect เข้าสู่รากพืชของเชื้อรามากขึ้น

การทดลองครั้งนี้เป็นเพียงแนวทางการศึกษาขั้นพื้นฐานเท่านั้น ซึ่งน่าจะมีการปรับปรุงพัฒนาวิธีการศึกษาการเพาะเลี้ยงเชื้อราวี-เอ ไมคอไรซ่าให้ดีขึ้น ในโอกาสต่อ ๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร อิ่มสมโภช.2533. **อิทธิพลของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า(*Glomus mosseae*) ต่อการเจริญเติบโตและการดูดธาตุฟอสฟอรัสของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ1**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ณัฐวรางคณ์ สงวนราชทรัพย์.2530. **ชนิดและผลของเชื้อรา เวสิคูลาร์ อาบัสคูลลาร์ ไมคอไรซ่า ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรชัย จุฑามาศ และวิบูลย์ บุณส่งศรี. 2531. **การปลูกพืชปราศจากดิน**.วารสารดินและปุ๋ย, 10(2):92-96.

พรพิมล อธิปัญญาคม.2531. **ชนิดและการเพิ่มปริมาณเชื้อรา เวสิคูลาร์ อาบัสคูลาร์ ไมคอไรซ่าต่อการเจริญเติบโตของส้ม**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งโรจน์ พิทักษ์ด่านธรรม.2537. **การศึกษาชนิดพืชอาศัยและวัสดุเพาะกล้า ที่มีผลต่อเชื้อรา VA mycorrhiza ในระบบ NFT**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วินัย จิรฤกษ์มงคล.2534. **อิทธิพลของเชื้อรา เวสิคูลาร์ อาบัสคูลาร์ ไมคอไรซ่าต่อการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในดินชุดสัตหีบ**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สาลี่ ชินสถิต.2528. **อิทธิพลของระดับฟอสฟอรัสในดินที่มีต่อบทบาทของเชื้อรา Vesicular Arbuscula กับไรโซเบียมในถั่วเขียว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุเทพ พูนสวัสดิ์.2531. **การจำแนกชนิดของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาบัสคูลาร์ ไมคอไรซ่าของถั่วลิสง และผลของเชื้อราต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงในเรือนทดลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมิตรา ภู่วโรดม.2532. **ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร**. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุมิตรา วัฒนา.2537. **การเลี้ยง วี-เอ ไมคอไรซ่า ในระบบ Aeroponic**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อภิญญา ผลิโกมล.2523. **การศึกษาผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาบัสคูลาร์ ไมคอไรซ่าร่วมกับไรโซเบียมต่อต้นถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สุภาพร ธรรมสุระกุล และพวงพกา บุตรเนียน.2524. **การศึกษาอิทธิพลของเชื้อราเอ็นโดไมคอไรซ่าต่อการดูดธาตุฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในข้าวโพด**. รายงานผลการวิจัยปี 2524 สาขาบักเตรี และจุลินทรีย์ดิน.กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สุภาพร ธรรมสุระกุล พวงพกา บุตรเนียน และเย็นใจ วัสุวัต.2525. **การศึกษาหาพืชอาศัยที่ดีของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่าเพื่อผลิตเชื้อเป็น inoculum**. รายงานผลการวิจัยปี 2525 สาขาจุลินทรีย์ดิน. กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี.2527. **การใช้ไมคอไรซ่าในระบบปลูกพืช**. รายงานการสัมนาทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพ:ปัจจุบันและอนาคต 15-16 พฤศจิกายน 2527 ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สุภาพร ธรรมสุระกุล และเย็นใจ วัสุวัต.2528. **ศึกษาการงอกและการเจริญเติบโตของเชื้อราวี-เอ ไมคอไรซ่า *Glomus mosseae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ**. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี.2535. **บทบาทเชื้อวีเอ ไมคอไรซ่า**. วารสารดินและปุ๋ย.14(1):36-39.

อิทธิสุนทร นันทกิจ.2535. **การปลูกพืชไม่ใช้ดิน** (โรเนียว). ภาคปฐพีวิทยา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

Daniels,B.A. and S.O.Graham.1976. "**Effects of nutrition and soil extracts on germination of *Glomus mosseae* spore**". Mycologia. 68:108-116.

Dowding,E.S.1959. "**Ecology of *Endogone***". Trans.Brit.Mycol.Soc. 42:449-457.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Elmes, R.P.,C.M.Hepper, D.S.Hayman and J.O'shea.1984. "The use of vesicular abuscular mycorrhizal roots grown by the nutrient film technique as inoculum for field sites". Anals of Applied Biology 104(3):437-441.

George,E.,K.-U.Haussler,d.Vetterlein,E.Gogus and H.Marschner.1992. "Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*". Can.J.Bot. 70:2130-2137.

Gerdemann,J.W.1965. "Vesicular Abuscular mycorrhizae formed on maize and Tuliptress by *Endogone Fesciculata*". Mycologia. 57:563-575.

Gerdemann,J.W.1968. "Vesicular Abuscular mycorrhiza and plant growth". Ann.Rew. phytopathol. 6:397-418.

Gerdemann,J.W. and J.M.Trappe.1974. "The Endogonaceae in the Pacific North West". Mycologia Menoir (New York Botanical Gerden) 5:1-76.

Green,N.E.,S.O.Graham. and N.C.Schenck.1976. "The influence of pH on the germination of VA mycorrhiza spore". Mycologia. 73:71-80.

Haley.J.L.1972. "The Biology of Mycorrhiza". Leonard Hill London.

Haymann,D.S.1970. "Endogone spore number in soil and VA mycorrhiza in wheat as influenced by season and sil treatment. Tras.Brit.Mycol.Soc. 54:53-63.

Hayman,D.S.1974. "Plant growth response to vesicular abuscular mycorrhiza". VI. Effect of light and temperature.New Phytol. 73:71-80.

Mosse,B.1959. "The regular germination of resting spore and some observations on the growth requirements of an *Endogone sp.* Causing vesicular abuscular mycorrhiza". Trans.Brit.Mycol>soc. 42:449-457.

Mosse,B., and J.M.Philips.1971. "The influence of phosphorus and other nutrients on the development of VA mycorrhiza in culture". J.Can.Microbiol. 69:157-166.

Moss,B,and J.P.Thompson.1984. "Vesicular-Abuscular endomycorrhizal inoculum production".I.Exploratory experiments with beans(*Phaseolus vulgalis*) in nutrient flow culture. Can.J.Bot. 62:1523-1532.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Resh,H.M.1981. "Hydroponic food production". Woodbridge Press Publishing Company, California.2th ed. 355 p.

Shenck,N.C., and V.N.Schroder.1974. "Temperature response of *Endogone mycorrhiza* on soybean roota". Mycologia. 66:600-605.

Thompson,J.P.1985. "Soiless culture of vesicular-abuscular mycorrhizae of cereals: effect of nutrient concentration and nitrogen source". Can.J.Bot. 64:2282-2294.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักสดราก ลำต้น และใบ ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	น้ำหนักสด (กรัม)	
	Aeroponic	ดิน
1	1.10	1.13
2	2.01	1.50
3	1.07	1.09
4	0.8	1.20
5	1.2	1.23
เฉลี่ย	1.24	1.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงน้ำหนักสดราก ลำต้น และใบ ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุ 60 วัน บนกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	น้ำหนักสด (กรัม)	
	Aeroponic	ดิน
1	141.02	41.43
2	120.28	45.46
3	159.48	48.82
4	189.23	50.07
5	118.80	49.91
เฉลี่ย	145.76	47.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงน้ำหนักแห้ง ราก ลำต้น และใบ ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุบนกระโจมปลูก 60 วัน)

ต้นลำดับที่	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	Aeroponic	ดิน
1	21.03	6.74
2	19.85	10.64
3	22.18	9.52
4	37.12	7.83
5	20.30	8.35
เฉลี่ย	24.82	8.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงความสูงของลำต้นหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	ความสูง (เซนติเมตร)	
	Aeroponic	ดิน
1	28.00	31.00
2	29.70	31.00
3	32.00	31.20
4	31.20	29.90
5	30.00	28.50
เฉลี่ย	30.18	30.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงความสูง ลำต้น ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 45 วัน (อายุ 15 วัน บนกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	ความสูง (เซนติเมตร)	
	Aeroponic	ดิน
1	70.30	43.50
2	76.50	56.00
3	71.00	50.50
4	75.80	53.70
5	67.70	49.00
เฉลี่ย	72.26	50.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงความสูง ลำต้น ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 60 วัน (อายุ 30 วัน บนกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	ความสูง (เซนติเมตร)	
	Aeroponic	ดิน
1	125.00	49.00
2	113.70	51.20
3	115.30	53.50
4	127.00	49.70
5	121.80	68.10
เฉลี่ย	120.56	54.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงความสูง ลำต้น ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน (อายุ 60 วัน บนกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	ความสูง (เซนติเมตร)	
	Aeroponic	ดิน
1	139.50	72.70
2	140.70	85.30
3	142.00	75.60
4	157.00	50.90
5	150.80	68.20
เฉลี่ย	146.00	70.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงความยาวราก เมื่ออายุ 30 วัน
(ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	ความยาวราก (เซนติเมตร)	
	Aeroponic	ดิน
1	17.50	19.70
2	20.40	21.00
3	23.00	19.50
4	19.50	20.70
5	21.00	18.20
เฉลี่ย	20.28	19.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงความยาวราก ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออยู่บน Aeroponic

ต้นลำดับที่	ความยาวราก (เซนติเมตร)	
	อายุ 45 วัน(15 วัน Aero)	อายุ 60 วัน(30 วัน Aero)
1	59.70	69.50
2	50.90	68.00
3	43.50	53.50
4	65.30	70.70
5	55.70	68.70
เฉลี่ย	55.02	66.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงความยาวราก ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 90 วัน
(อายุ 60 วัน บนกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	ความยาวราก (เซนติเมตร)	
	Aeroponic	ดิน
1	137.00	38.00
2	120.50	41.20
3	99.80	37.50
4	140.70	33.00
5	130.00	30.80
เฉลี่ย	125.60	36.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา VA mycorrhiza ที่ราก ของหญ้าจัมโบ้ เมื่ออายุ 30 วัน (ก่อนขึ้นกระโจมปลูก)

ต้นลำดับที่	เปอร์เซนต์การติดเชื้อรา	
	Aeroponic	ดิน
1	76.08	75.7
2	49.52	70.3
3	53.38	47.14
4	63.15	60.3
5	67.16	62.06
เฉลี่ย	61.86	63.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา VA mycorrhiza ที่ราก ของหญ้าจัมโบ้ ที่ปลูกในระบบ Aeroponic เมื่ออายุ 45, 60, 80 วัน

ต้นลำดับที่	เปอร์เซนต์การติดเชื้อรา		
	อายุ 45 วัน	อายุ 60 วัน	อายุ 80 วัน
1	25.20	2.83	0.00
2	20.10	8.10	0.00
3	34.80	4.25	0.00
4	17.12	1.50	0.00
5	27.52	3.12	0.00
เฉลี่ย	24.99	3.96	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงเปอร์เซนต์การติดเชื้อรา VA mycorrhiza ที่ราก ของหญ้าจัมโบ้ ในกระถางเปรียบเทียบ เมื่ออายุ 60 วัน และ 90 วัน

ต้นลำดับที่	เปอร์เซนต์การติดเชื้อรา	
	อายุ 60 วัน	อายุ 90
1	90.78	95.83
2	79.32	88.90
3	52.15	75.00
4	64.57	85019
5	94.17	74.07
เฉลี่ย	76.20	83.80

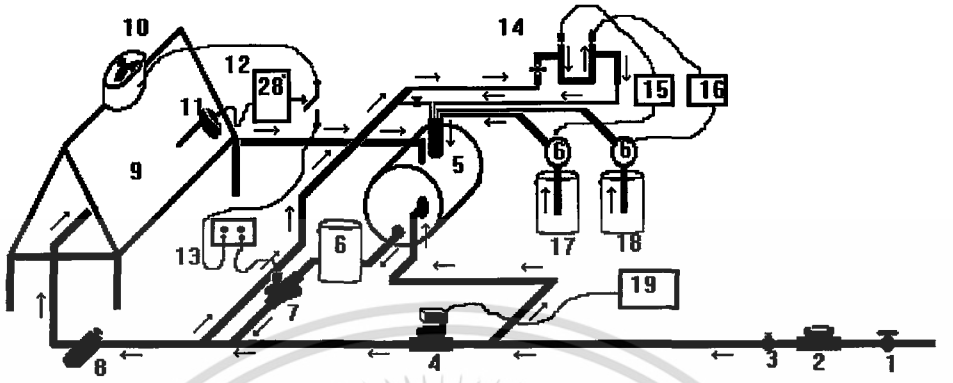
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 สูตรสารละลายธาตุอาหาร Coic - Lesaint

Stock Solution เตรียมสารละลาย 25 ลิตร		
Solution A ใส่ตามลำดับดังนี้		
1. ใส่น้ำ	10	ลิตร
2. ใส่กรด HNO_3	866.5	ซม.^{3}
3. ใส่กรด H_3PO_4	456.5	ซม.^{3}
4. ใส่ KNO_3 (ละลายในน้ำ 10 ลิตร ก่อน)	2333	กรัม
5. ใส่ $MgSO_4$	471.9	กรัม
6. ใส่ Amonium molybdate $(NH_4)MoO_4$ (45% Mo)	0.25	กรัม
7. ใส่ Boric acid H_3BO_3 (17% B)	7.5	กรัม
8. ใส่ Manganess sulfate $MnSO_4.4H_2O$ (24% Mn)	17	กรัม
9. ใส่ Zinc sulfate $ZnSO_4.7H_2O$ (22% Zn)	5	กรัม
10. ใส่Copper sulfate $CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	1.25	กรัม
11. ใส่น้ำให้ครบ	25	ลิตร
รายการที่ 5-9 ให้ละลายในน้ำก่อน 5 ลิตร คนให้ละลาย		
pH ใน Solution A ต้อง < 2		
Solution B ใส่ตามลำดับต่อไปนี้		
1. ใส่น้ำ	10	ลิตร
2. ใส่ กรด HNO_3	8.7	ซม.^{3}
3. ใส่ $Ca(NO_3)_2$	2146	กรัม
5. ใส่ Fe-EDTA (6% Fe) โดยละลายในน้ำ 6 ลิตร ก่อน	100	กรัม
หรือ Fe-EDTA (4.5% Fe) โดยละลายในน้ำ 3 ลิตร ก่อน	133	กรัม
6. ใส่น้ำให้ครบ	25	ลิตร

เมื่อจะนำไปใช้ จะทำให้เจือจางในอัตราส่วน 1:200

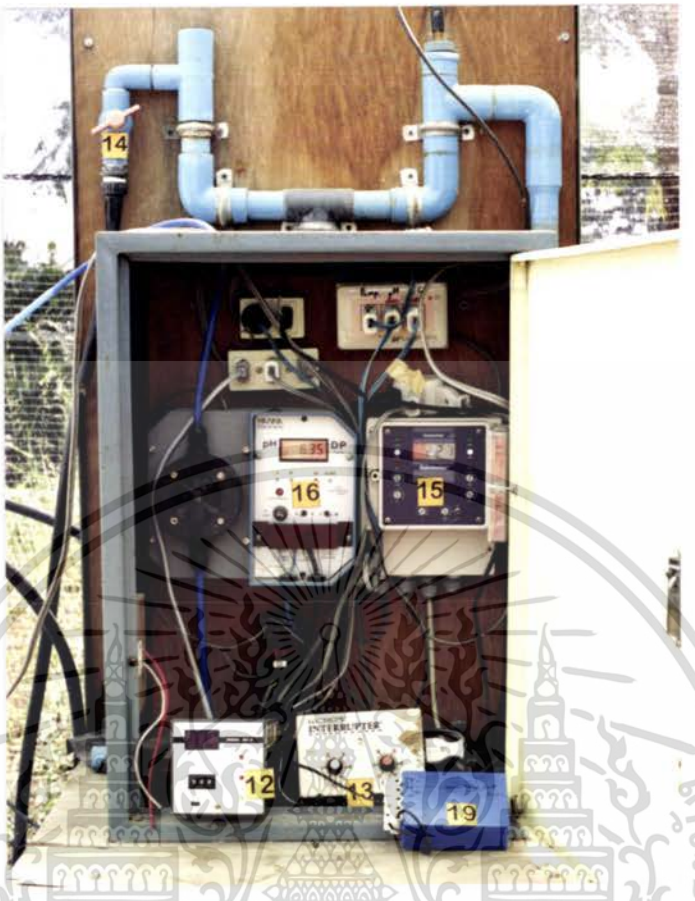
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ Aeroponic

1. วาล์วเปิด-ปิดน้ำ	2. มาตรวัดน้ำ	3. ลิ้นกันน้ำไหลกลับ
4. โซลีนอยด์วาล์ว(ใช้ถ่าน)	5. ถังสารละลาย	6. Pump
7. โซลีนอยด์วาล์ว	8. หม้อกรองน้ำ	9. กระโจมปลูก
10.พัดลมดูดอากาศ	11.Thermocouple	12. Thermostat
13.Interupter	14.วาล์วเปิดสารละลาย	15. EC meter
16.pH meter	17.ถังสารละลาย (1:50)	18.ถังกรด HNO_3
19.Electrical sensor		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

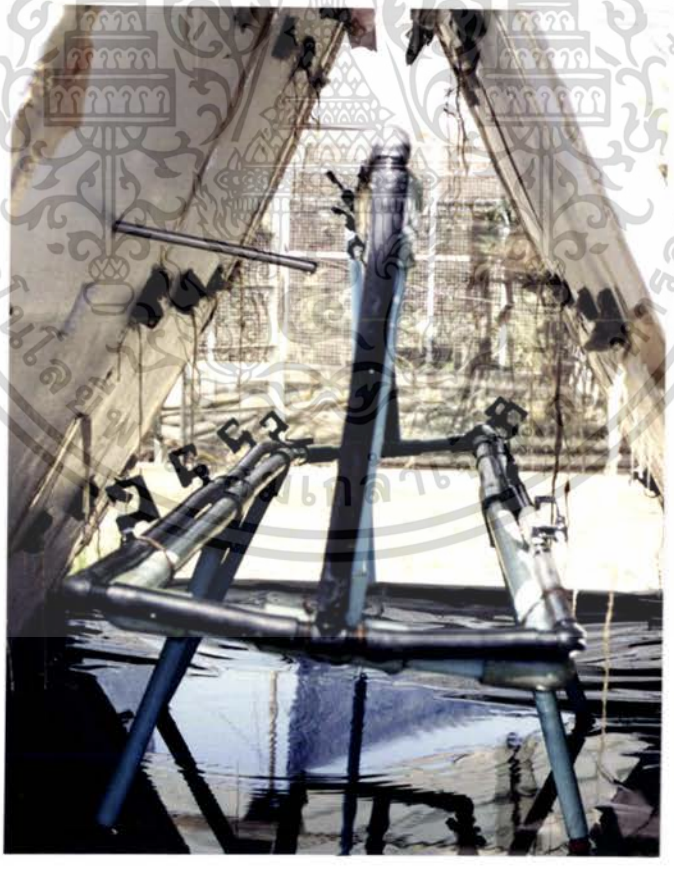


ภาพที่ 3 แสดงชุดอุปกรณ์ควบคุมการให้สารละลายอัตโนมัติ

ภาพที่ 4 แสดงระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แสดงระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ และกระโจมปลูกพืช Aeroponic



ภาพที่ 6 แสดงโครงของหัว Spray ในกระโจมปลูกพืชในระบบ Aeroponic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แสดงต้นกล้าของหญ้าจัมโบ้ที่เพาะในกระถางก่อนขึ้นกระโจม

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะต้นกล้าเมื่อขึ้นกระโจม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แสดงต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 45 วัน
(ปลูกบนกระโจม 15 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 แสดงต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 45 วัน
(ปลูกในกระถาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 แสดงต้นหญ้าจัมโบ้อายุ 60 วัน
(ปลูกบนกระโจม 30 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะดอกของหญ้าจัมโบ้อายุ 90 วัน
(ปลูกบนกระโจม 60 วัน)

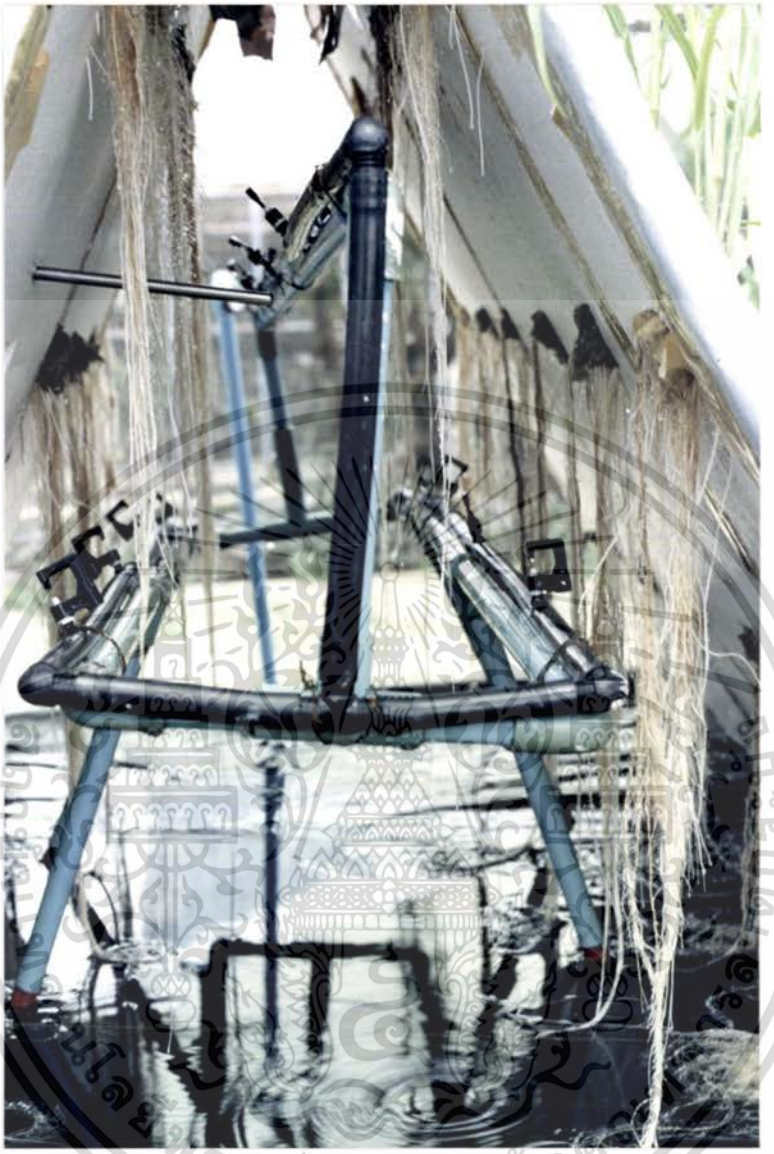
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะดอกของหญ้าจัมโบ้ที่อยู่ในกระถางเมื่ออายุ 90 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

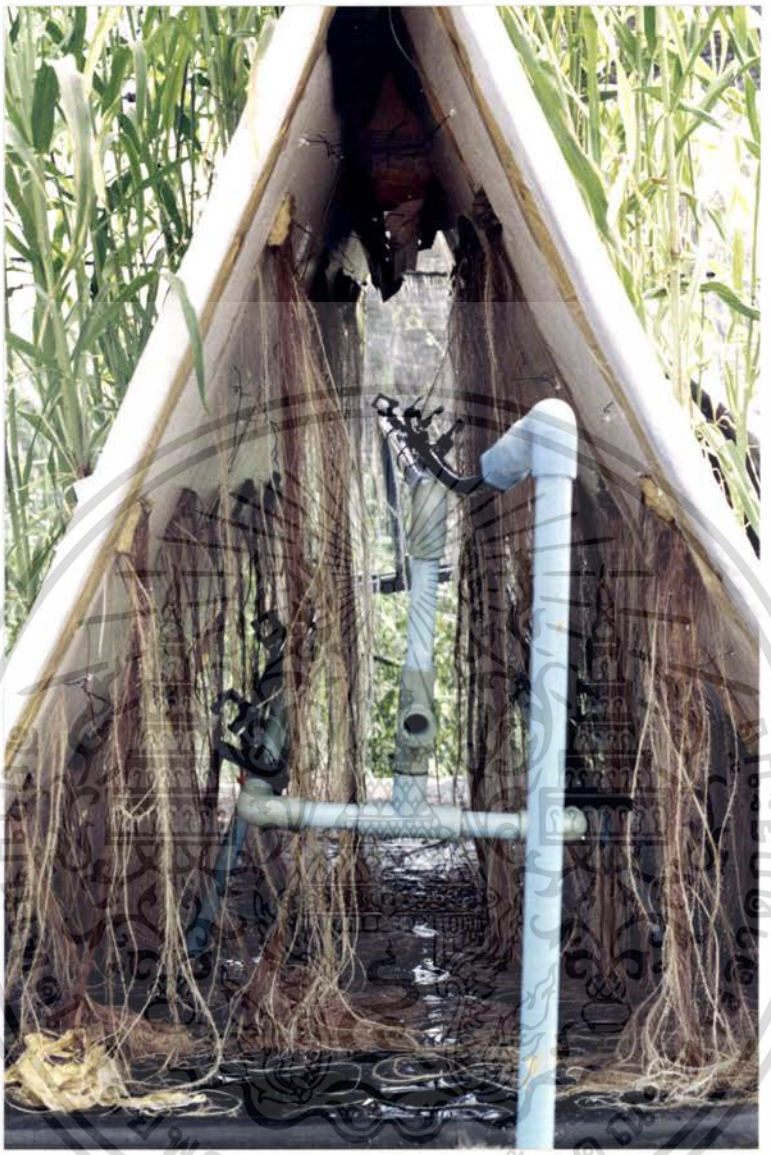
ภาพที่ 14 แสดงลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 7 วัน
(หลังจากปลูกบนกระโจม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 แสดงลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 45 วัน
(ปลูกบนกระโจม 15 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะรากหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 90 วัน
(ปลูกบนกระโจม 60 วัน)

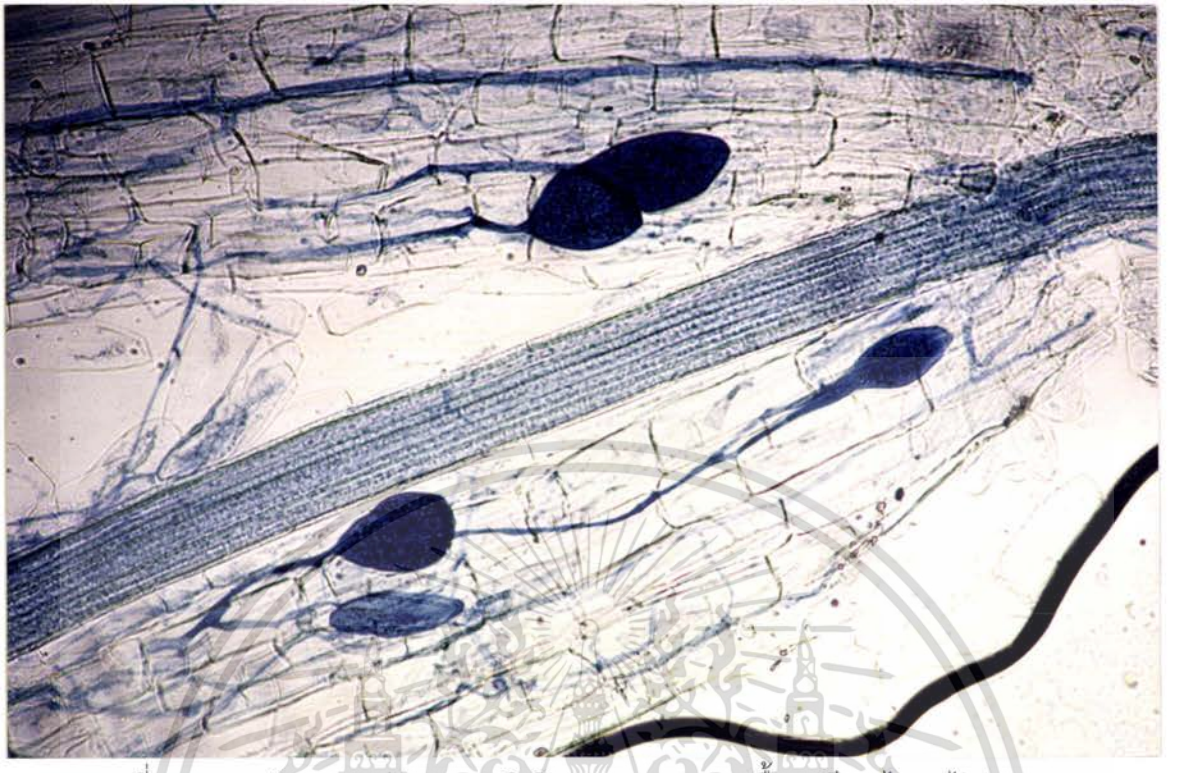
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะและความสูงของต้นหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 90 วัน
(ซ้าย:จากการปลูกในระบบ Aeroponic ขวา:ปลูกในกระถาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะรากของหญ้าจัมโบ้เมื่ออายุ 90 วัน
(ขวา:จากการปลูกในระบบ Aeroponic ซ้าย:ปลูกในกระถาง)

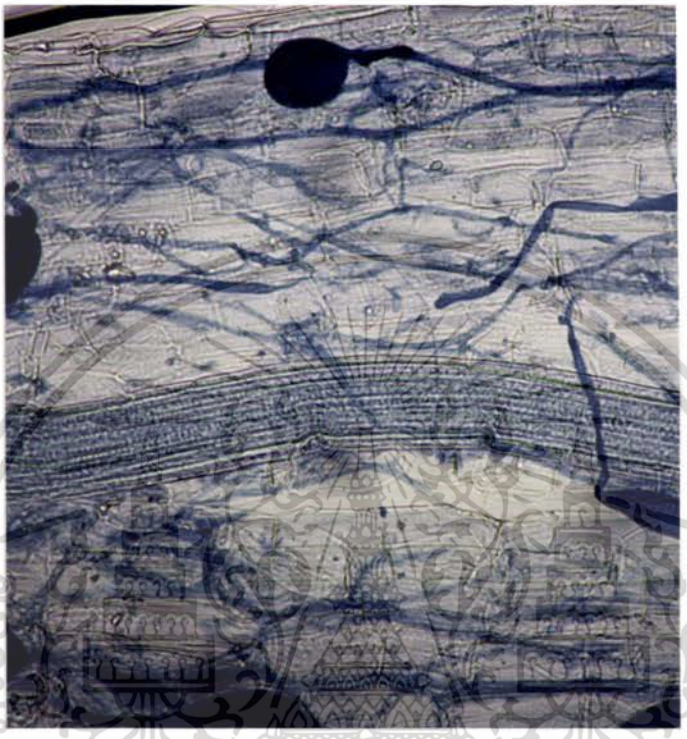
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 แสดงลักษณะรูปร่างของเวสิเคิล(Vescicle) ของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า (100X) ในรากของหญ้าจัมโบ้

ภาพที่ 20 แสดงลักษณะของเวสิเคิล(Vescicle) 400X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 21 แสดงลักษณะของอาบัสคูล(Abuscule) ของเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า(100X) ในรากหญ้าจัมโบ้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้