ผลของแอมโมเนียมต่อเชื้อ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากรากผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่แสดงอาการโรครากเน่าในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์

Effect of Ammonium on Root Rot Disease of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Caused by *Pythium* spp. in Hydroponic System

พิชญ์นันท์ กังแฮ

Pitchanan Kanghae

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Soil Resources Management
Prince of Songkla University
2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของแอมโมเนียมต่อเชื้อ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากรากผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่แสดงอาการโรครากเน่าในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์

ผู้เขียน นางสาวพิชญ์นันท์ กังแฮ

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรดิน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เพ็งหนู)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……..
(รองศาสตราจารย์มานะ กาญจนมณีเสถียร)

คณะกรรมการสอบ

……..ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์ นิลนนท์)

……..กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา หอมหวล)

……...……กรรมการ
(ดร.ภวิกา บุณยพิพัฒน์)

……...……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เพ็งหนู)

……...……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์มานะ กาญจนมณีเสถียร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรดิน

……..……
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของแอมโมเนียมต่อเชื้อ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากรากผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่แสดงอาการโรครากเน่าในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์

ผู้เขียน นางสาวพิชญ์นันท์ กังแฮ

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรดิน

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียม ต่อการเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมจากเชื้อรา *Pythium* spp. โดยการเก็บตัวอย่างรากผักกาดหอมที่แสดงอาการโรครากเน่าจากฟาร์มไฮโดรโพนิกส์ในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ สามารถแยกเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ 18 สายพันธุ์ เมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับผักกาดหอม 3 พันธุ์ คือ บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล พบ 4 สายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรครากเน่าได้อย่างรุนแรง คือ *Pythium myriotylum* *Pythium helicoides* *Pythium carolinianum* และ *Pythium dissotocum* และนำ 4 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาทดสอบผลของแอมโมเนียมที่ระดับความเข้มข้น 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเจริญของเชื้อราและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแอมโมเนียมทำให้เชื้อราทั้ง 4 สายพันธุ์ สร้างเส้นใยได้น้อยลงอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับการศึกษาผลของแอมโมเนียมต่อการเกิดโรครากเน่าพบว่า การใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *Pythium myriotylum* น้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักใบและลำต้น น้ำหนักรากและโคนมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *Pythium helicoides* ไม่ลดลงเมื่อใช้แอมโมเนียม แต่เมื่อใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์มีน้ำหนักใบและลำต้น น้ำหนักรากและโคนสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ การใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *Pythium carolinianum* น้อยกว่าตำรับควบคุม และทำให้มีน้ำหนักใบและลำต้น สูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิด

โรครากเน่าจากเชื้อ *Pythium dissotocum* ของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดและเรดคอรัล น้อยกว่าตำรับควบคุม โดยผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยกว่าพันธุ์บัตเตอร์เฮด ในขณะที่การใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมทั้ง 3 ชนิดมีน้ำหนักใบและลำต้นมากที่สุด ถึงแม้ว่าการใช้แอมโมเนียมไม่สามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่การใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรตทำให้ผักกาดหอมที่เป็นโรครากเน่ามีการเจริญเติบโตในส่วนของ ราก โคน ลำต้น และ ใบ มากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ไนเทรตอย่างเดียว

Thesis Title Effect of Ammonium on Root Rot Disease of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Caused by *Pythium* spp. in Hydroponic System.

Author Miss Pitchanan Kanghae

Major Program Soil Resources Management

Academic Year 2009

ABSTRACT

This research aimed to study the effect of various concentrations of ammonium on root rot disease of lettuces (*Lactuca sativa* L.) caused by *Pythium* spp. Eighteen isolates of *Pythium* spp. were found in the root rot symptom plants from all survey sites of hydroponic farms in the central and southern of Thailand. Subsequently pathogenicity showed that 4 isolates were highly aggressive in causing root rot diseases to 3 cultivars of lettuce, such as butterhead, green oak and red coral. They were identified as *Pythium myriotylum*, *Pythium helicoides, Pythium carolinianum* and *Pythium dissotocum* and these pathogens were inoculated to lettuce root system grown in the hydroponics system containing different levels of ammonium nutrients (concentration either at 0, 25, 50, 75 or 100% of total nitrogen).

In vitro investigation showed that ammonium reduced growth rate of *Pythium* spp. mycelium significantly in all concentrations.

In vivo test revealed that different concentrations of ammonium affected root rot disease of lettuces caused by *Pythium* spp. to a varied degree. It was found that an ammonium at 50% concentration reduced root rot disease caused by *Pythium myriotylum* significantly and increased weights of both shoot and root of lettuces when comparing with 0% concentration of ammonium the inoculated control. However, root rot disease caused by *Pythium helicoides* was not reduced, but weights of both shoot and root were significantly increased at 50% when compared with 0% concentratoin of ammonium the inoculated control. However, root rot disease caused by *Pythium carolinianum* was reduced and weights of both shoot and root were significantly

increased at the 25% concentration of ammonium. At this concentration, root rot disease caused by *Pythium dissotocum* was reduced as well, particularly with butterhead and red coral, with disease more severe in butterhead. However, at 50% concentration shoot and root of lettuces were increased significantly. Ammonium had no obvious effect on root rot disease, but the mixture of ammonium and nitrate was found to increase weights of both shoot and root of the lettuces.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา เพ็งหนู ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์มานะ กาญจนมณีเสถียร ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์ นิลนนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา หอมหวล และ ดร.ภวิกา บุณยพิพัฒน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณอา ชลิตตา จำปาและ เวดิน จำปา ผู้ที่ให้การสนับสนุนด้านการเรียนแก่ผู้เขียนเสมอมา ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

พิชญ์นันท์ กังแฮ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการตารางภาคผนวก	(10)
รายการภาพ	(11)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	17
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย	
วัสดุ	18
อุปกรณ์	19
วิธีดำเนินการ	20
3. ผลการทดลอง	25
4. วิจารณ์ผลการทดลอง	57
5. สรุป และข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	72
ประวัติผู้เขียน	75

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานคุณภาพน้ำที่ใช้ปลูกพืช	7
2	ตัวอย่างชนิดปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารต่างๆแก่พืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์	9
3	เชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกได้จากรากผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทย	26
4	ความรุนแรงของการเกิดโรครากเน่าของต้นกล้า 7 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium* spp.	27
5	ผลของแอมโมเนียมต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Pythium* spp.	34
6	น้ำหนักเส้นใยของ *Pythium* spp.ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต	35
7	น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium myriotylum*	41
8	น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium helicoides*	46
9	น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium carolinianum*	51
10	น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium dissotocum*	56

รายการตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สูตรสารละลายมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์	73

รายการภาพ

รูปที่		หน้า
1	(A) ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค (B) ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊ค (C) ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด	5
2	วงจรชีวิตของเชื้อรา *Pythium* spp.	13
3	ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium myriotylum*	29
4	ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium helicoides*	30
5	ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium carolinianum*	31
6	ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium dissotocum*	32
7	ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium myriotylum*	38
8	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium myriotylum*	39
9	ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium helicoides*	43
10	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium helicoides*	44
11	ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium carolinianum*	48
12	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium carolinianum*	49
13	ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium dissotocum*	53
14	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium dissotocum*	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) อยู่ในวงศ์ Compositae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปยุโรปและเอเชีย เป็นพืชฤดูเดียว เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็น พื้นที่ที่นิยมปลูกผักกาดหอมในประเทศไทยส่วนใหญ่จึงอยู่ทางภาคเหนือ ภาคกลางและภาคอีสาน แต่การปลูกผักกาดหอมด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์นั้น ช่วยให้สามารถปลูกผักกาดหอมได้ทุกสภาพอากาศ เนื่องจากรากของผักกาดหอมแช่อยู่ในสารละลายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพแวดล้อม โดยผักกาดหอมแต่ละสายพันธุ์มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตแตกต่างกัน เช่น ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คซึ่งเป็นพันธุ์ใบ มีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 21-26 องศาเซลเซียส และผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดเป็นพันธุ์ห่อหัว มีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 15.5-21 องศาเซลเซียส (เมฆ, 2541) การปลูกผักกาดหอมด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ช่วยให้สามารถปลูกผักกาดหอมได้ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก หรือมีพื้นที่น้อย เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วกว่าการปลูกบนดิน ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม ทำให้ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มีคุณภาพ สะอาด และปลอดภัย ส่งผลให้ความนิยมในการบริโภคผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์เพิ่มสูงขึ้น (ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ, 2548) โดยนิยมบริโภคเป็นผักสด รับประทานใบ และนำไปตกแต่งจานอาหารเพื่อความสวยงามในร้านอาหาร ภัตตาคาร โรงแรม นอกจากนี้ ผักกาดหอมยังมีคุณสมบัติทางเภสัชกรรมในด้านระงับความกระวนกระวาย ขับปัสสาวะ และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หลายชนิดในผักกาดหอม เช่น กรดฟอริก (foric acid) ลูทีน (lutene) เบต้าแครอทีน (beta-carotein) ซึ่งมีหน้าที่จับอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับสารพิษต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมที่อาจก่อให้เกิดความผิดปกติของเซลล์จนกลายเป็นเซลล์มะเร็ง การบริโภคผักกาดหอมจึงช่วยลดโอกาสที่จะเป็นมะเร็งลงได้ (สัมฤทธิ์, 2538)

อย่างไรก็ตามการปลูกผักในระบบไฮโดรโพนิกส์มักประสบปัญหาการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยโรคที่เกิดกับรากมีเชื้อราสาเหตุหลักคือ เชื้อรา *Pythium* spp. (Favrin *et al*., 1988) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการระบาดได้อย่างรุนแรงและกว้างขวางสร้างความเสียหายแก่ราก

ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์อย่างมาก ก่อให้เกิดความเสียหายได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เช่น ระยะก่อนเมล็ดงอกทำให้เมล็ดเน่า (seed rot) ระยะที่เมล็ดเริ่มงอกเป็นต้นกล้าทำให้เกิดโรคเน่าคอดิน (damping off) ต้นกล้าที่เจริญเติบโตในระยะต่อมาก็อาจถูกเชื้อรา *Pythium* spp. เข้าทำลายทำให้เกิดโรครากเน่า (root rot) โคนเน่า (stem rot) และอาการเหี่ยว (wilt) เชื้อรา *Pythium* spp. บางสายพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมบางช่วงอาจไม่ทำให้พืชแสดงอาการเน่าหรือเหี่ยวอย่างชัดเจน แต่จะทำให้พืชเกิดอาการแคระแกร็น ใบซีดเหลือง รากถูกทำลาย ทำให้รากกุดเป็นสาเหตุให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ โดยปริมาณเชื้อมากกว่าระดับปกติประมาณ 10 เท่า ทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูญเสียไปประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ โดย *Pythium aphanidermatum* เป็นเชื้อราสาเหตุหลักของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในประเทศไทย (พรหมมาศ, 2548) โดยจะระบาดมากในฤดูฝนที่มีอากาศร้อนและชื้น ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เชื้อราเจริญได้ดี ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมลดลง และเนื่องจากผักกาดหอมนิยมบริโภคเป็นผักสดปลอดสารพิษ จึงมีข้อจำกัดในการใช้สารเคมีควบคุมและป้องกันเชื้อรา ประกอบกับราคาสารเคมีที่ค่อนข้างสูง และอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ใช้โดยตรง และอาจตกค้างบนผลผลิตเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ วิธีป้องกันที่สามารถลดการเกิดโรคจากเชื้อรา *Pythium* spp. ได้มีหลายวิธี เช่น การใช้น้ำสะอาดที่ผ่านระบบกรอง หรือใช้น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (ultra violet) สามารถควบคุมและป้องกันการเกิดโรคให้ลดลงได้ แต่ไม่สามารถทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการฆ่าเชื้อในสารละลายอาจทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืชตาย (Zhang and Tu, 2000) และทำให้มีต้นทุนในการผลิตมากขึ้น

การใช้ธาตุอาหารเพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับ และมีรายงานว่าธาตุซิลิคอนสามารถลดการเกิดโรครากเน่าของมะระจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ (Heine *et al*., 2004) ส่วนการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ร่วมกับธาตุแคลเซียมและซิลิคอน เพื่อลดความรุนแรงของโรครากเน่าของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* ทำให้มะเขือเทศรอดตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลดีกว่าการใช้สารกำจัดเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญ (วาสนา และคณะ, 2548) และการใช้ธาตุทองแดง 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับปุ๋ยเฟอรัสซัลเฟต ลดการเกิดโรครากเน่าของเยอบีราได้ (Toppe and Thinggaard, 1998)

สำหรับการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์นั้น ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในสารละลายธาตุอาหาร แต่ Huber และ Watson (1974) ได้รายงานว่าการใช้ไนเทรตทำให้เกิดโรครากเน่าจากเชื้อรา *Pythium* spp. เพิ่มสูงขึ้น ส่วนการใช้แอมโมเนียม

ทำให้การเกิดโรครากเน่าลดลง และ Copes และ Hendrix (1996) รายงานว่าสัดส่วนของไนเทรตต่อแอมโมเนียมที่ลดการเกิดโรครากเน่าได้ คือ 1 : 3 2 : 1 และ 1 : 1 ตามลำดับ แต่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสัดส่วนของไนเทรตต่อแอมโมเนียมเท่ากับ 3 : 1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ก่อให้เกิดโรครากเน่าได้สูงกว่าสัดส่วนอื่น ๆ Pegg (1983) อ้างโดย Menge และ Marais (2000) กล่าวว่าการใช้ปุ๋ยที่ให้ธาตุประจุบวก เช่น โพแทสเซียม แอมโมเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก จะมีผลต่อระยะพักตัว (encystment) ของ zoospore และลดการงอก germ tube ของ encysted zoospore ของเชื้อรา *Phytophthora cinnamomi* ซึ่งเป็นเชื้อราในไฟลัม Oomycota เช่นเดียวกับเชื้อรา *Pythium* spp. นอกจากนั้น Mehrotra และ Garg (1977) พบว่าการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเทรตร่วมกับการใส่อินทรียวัตถุช่วยให้การเกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *Fusarium solani* f. sp. *pisi*. ลดลงเหลือ 36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่อินทรียวัตถุเพียงอย่างเดียวเกิดโรครากเน่า 73.7 เปอร์เซ็นต์ นอกจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการควบคุมโรค Elmer และ LaMondia (1999) พบว่าการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ส่งผลให้สตรอเบอรีที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์เจริญเติบโตได้ดีกว่าโดยมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 36 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนเถาเพิ่มขึ้น 41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยแคลเซียมซัลเฟต จะเห็นได้ว่าการเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในสารละลาย สัดส่วนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของไนโตรเจนทำให้การเกิดโรครากเน่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

จุดประสงค์ของการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของสัดส่วนของไนเทรตต่อแอมโมเนียมในสารละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์ ที่มีต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. และผักกาดหอม ข้อมูลที่ได้อาจจะใช้เป็นแนวทางในการควบคุมเชื้อราชนิดนี้ต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ผักกาดหอม

ผักกาดหอมเป็นพืชอยู่ในวงศ์ Compositae คือ กลุ่มพืชที่มีก้านดอกเดี่ยว มีช่อดอกบนก้านดอกจำนวนมาก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* L. เป็นพืชฤดูเดียว มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปยุโรปและเอเชีย เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็น ได้รับความนิยมปลูกและบริโภคมากในประเทศเขตหนาวและในประเทศเขตร้อนและกึ่งร้อน พื้นที่ที่นิยมปลูกผักกาดหอมในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ ภาคกลางและภาคอีสาน ส่วนใหญ่ผักกาดหอมมักใช้รับประทานสดและนำมาประกอบอาหารหลายชนิด แต่เมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ปลูกนั้นต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาแพง ดังนั้นการปลูกผักกาดหอมในประเทศไทยจึงนิยมปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ เนื่องจากสามารถจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ส่งผลให้สามารถปลูกผักกาดหอมได้ทุกสภาพอากาศ โดยนิยมปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) และในระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ได้ผลผลิตที่ดี มีคุณภาพ สะอาด เป็นที่นิยมของผู้บริโภค (อิทธิสุนทร, 2550)

ผักกาดหอมเป็นผักที่อุดมด้วยคุณค่าและสรรพคุณทางยา จากการศึกษาองค์ประกอบสารอาหารของผักกาดหอมต่อน้ำหนัก 100 กรัม พบว่า ปริมาณสารอาหารต่างๆ ประกอบด้วย น้ำ 94.8 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.2 กรัม แคลเซียม 4.0 มิลลิกรัม กรดแอสคอบิก 12 มิลลิกรัม ไทอามีน 0.037 มิลลิกรัม ไรโบพลาวิน 0.5 มิลลิกรัม ไนอะซีน 0.5 มิลลิกรัม วิตามินเอ 210 I.U. พลังงาน 18 แคลลอรี นอกจากนี้ผักกาดหอมยังประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หลายชนิด เช่น กรดฟอริก ลูทีน เบต้าแครอทีน เป็นต้น (เมฆ, 2541)

1.2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ผักกาดหอมมีลำต้นอวบสั้นและช่วงข้อถี่ ใบเจริญจากข้อเป็นกลุ่ม มีลักษณะรูปร่างและสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เช่น ใบกลม ใบเรียบหรือหยัก บางพันธุ์อาจมีใบหนาและบางพันธุ์อาจมีใบอ่อนนิ่ม มีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้ม สีน้ำตาลปนแดง สีแดง สีน้ำตาล เป็นต้น โดยใบสีแดงจะมีวิตามินซีสูงกว่าใบสีเขียวแต่จะสูญเสียหลังเก็บเกี่ยวภายในเวลา 2 - 3 วัน ผักกาดหอมมีระบบรากแก้วที่เจริญหยั่งลึกลงไปในดินอย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสามารถเจริญ เติบโตได้ถึง 2.5 เซนติเมตรต่อวัน และเจริญเติบโตลึกลงไปถึง 1.8 เมตร เมื่อถึงระยะแทงช่อดอก แต่ผักกาดหอมมีระบบรากที่ค่อนข้างอ่อนแอ มีรากแขนงและรากฝอยอยู่อย่าง

หนาแน่นที่ความลึก 30 เซนติเมตร ผักกาดหอมที่นิยมปลูกในปัจจุบันสามารถจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม โดยจำแนกตามลักษณะต้นและใบ (นิพนธ์, 2545) ดังนี้

(1) ผักกาดหอมใบ (loose leaf; *L.sativa* var.*crispa* L.)

สายพันธุ์นี้มีลำต้นสั้นและมีใบมากเจริญเป็นกระจุก ไม่ห่อเป็นหัว ลักษณะรูปร่างและสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เช่น พันธุ์ oak leaf มีลักษณะใบบาง คล้ายใบโอ๊ค ทรงต้นคล้ายดอกกุหลาบ รสหวาน มีทั้งพันธุ์ที่มีใบสีแดงและพันธุ์ที่มีใบสีเขียวอ่อน ทนต่ออากาศร้อนได้ดี ที่ได้รับความนิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 (A) ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค (B) ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊ค (C) ผักกาดหอมพันธุ์-บัตเตอร์เฮด

(2) ผักกาดหอมห่อ (head lettuce; *L.sativa* var.*capitata* L.)

มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในจะม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็ง กรอบกว่าพันธุ์อื่นๆใบนอกมีสีเขียวเข้ม ใบในมีสีเหลืองปนขาว ได้แก่ ผักกาดแก้ว

(3) ผักกาดหอมกึ่งห่อหัว (butterhead; *L.sativa* var.*capitata* Lam.)

ใบอ่อนและนิ่ม ห่อปลีหลวม ใบในมีลักษณะคล้ายน้ำมันหรือเนยจับที่ผิวใบ การปลูกในฤดูหนาวจะได้หัวใหญ่และแน่นกว่าปลูกในฤดูร้อน ได้แก่ บัตเตอร์เฮด

(4) ผักกาดหวาน (cos; *L.sativa* var.*longefolia* Bialey)

ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อ สีเขียวเข้ม เนื้อใบหนา เส้นใบนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบในมีลักษณะปลายโค้งเข้าข้างในทำให้มีหัวกลมยาว

(5) ผักกาดหอมต้น (stem lettuce; *L.sativa* var.*asparagina*)

เป็นผักกาดหอมที่ปลูกเพื่อใช้ลำต้นรับประทานเท่านั้น มีลักษณะลำต้นอวบสูง ใบจะเรียวยาวจะเกิดขึ้นต่อๆกันไปจนถึงยอดหรือช่อดอก ใบเล็ก หนาและสีเข้ม มีทั้งชนิดกลมและยาว ไม่ห่อหัว

1.2.1.2 **สภาพแวดล้อม**

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ, 2548)

(1) แสง

แสงเป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบหรือส่วนที่มีสีเขียวโดยมีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงเพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นกลูโคสและออกซิเจน ดังนั้นการปลูกผักกาดหอมควรได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน แสงธรรมชาติเพียงพอในการผลิตผักกาดหอมที่ประหยัดในพื้นที่เขตร้อนสำหรับประเทศไทยการปลูกผักกาดหอมในช่วงฤดูร้อนซึ่งมีความเข้มสูง ช่วงวันยาว ทำให้ผักกาดหอมมีอัตราการเจริญเติบโตด้านลำต้นเพิ่มขึ้น ช่วงข้อยาว ใบสั้น นอกจากนี้แสงยังส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพิ่มสูงขึ้น (สัมฤทธิ์, 2538)

(2) อากาศ

พืชจำเป็นต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศในการผลิตกลูโคส ส่วนก๊าซออกซิเจนพืชต้องการใช้ในกระบวนการหายใจ (respiration) เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บไว้ในรูปพลังงานเคมี ในรูปของน้ำตาลกลูโคส สำหรับใช้ในกระบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ต่างๆ การหายใจของส่วนเหนือดินของพืชมักไม่มีปัญหา แต่การปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์ที่มีรากแช่อยู่ในสารละลาย รากมักขาดออกซิเจน จำเป็นต้องให้ออกซิเจนแก่รากพืช โดยให้ในรูปของฟองอากาศที่แทรกซึมอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยใช้เครื่องสูบลมหรือการใช้ระบบน้ำหมุนเวียน

(3) น้ำ

น้ำเป็นองค์ประกอบของพืชประมาณ 85-95 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์พืช และเป็นตัวทำละลายธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปไอออนหรือสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งอยู่ในรูปที่รากพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการเมแทบอลิซึม ตลอดทั้งปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆภายในเซลล์ น้ำช่วยให้กิจกรรมต่างๆภายในเซลล์ดำเนินได้ตามปกติ น้ำจึงจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างยิ่ง โดยฉพาะการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์ การใช้น้ำที่มีความสะอาด มีคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพที่เหมาะสม เพราะจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ปริมาณจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชต่างๆ ที่สามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว และปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ด้วยวิธีทางเคมี (Biological Oxygen-

Demand, BOD) เป็นต้น ซึ่งน้ำที่นำมาใช้ต้องได้มาตรฐานคุณภาพน้ำสำหรับเพาะปลูกพืช (ตารางที่ 1) ตัวอย่างแหล่งน้ำที่ใช้ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ได้แก่ น้ำประปาที่ทิ้งให้คลอรีนหมดไป น้ำฝน หรือน้ำจากคลองชลประทาน น้ำใต้ดิน และน้ำท่า

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำที่ใช้ปลูกพืช

รายละเอียดส่วนประกอบที่มีอยู่ในน้ำ	ปริมาณที่ควรจะมีได้
พีเอช	5.0-9.0
อุณหภูมิ	< 40 ^{o}C
สารที่มีอยู่ในน้ำทั้งหมด (Total solid)	< 1,900 mg L^{-1}
คลอไรด์	200-700 mg L^{-1}
ซัลเฟต	< 960 mg L^{-1}
โบรอน	0.2 -3.8 mg L^{-1}
การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)	75 -210 µS m^{-1}
SAR (Sodium Absorption Ratio)	< 4
RSC (Residual Sodium Carbonate)	< 25 cmol L^{-1}
SSP (Soluble Sodium Percentage)	< 600 g L^{-1}
แคดเมียม	ต้องไม่มีเลย
แคลเซียม	20 -40 mg L^{-1}
คาร์บอนไดออกไซด์	20 -40 mg L^{-1}
คาร์บอเนต	< 10 mg L^{-1}
โครเมียม	ต้องไม่มีเลย
ทองแดง	> 20 mg L^{-1}
ไซยาไนด์	ต้องไม่มีเลย
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)	> 20 mg L^{-1}
สารแขวนลอยในน้ำ	ต้องไม่มีเลย
แมกนีเซียม	< 20 mg L^{-1}
น้ำมัน	< 5 mg L^{-1}
ฟีนอล	0.005-0.020 mg L^{-1}
โซเดียม	< 10 mg L^{-1}
สารละลายในน้ำ (Total Dissolved)	< 1,500 mg L^{-1}

ที่มา : ดัดแปลงจากดิเรก (2547)

(4) สารละลายธาตุอาหารพืช

พืชต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการปลูกพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีจึงควรให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการของพืช โดยธาตุอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต มีทั้งหมด 17 ธาตุ ซึ่งธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ อีก 14 ธาตุ ได้จากการเคลื่อนย้ายทางรากพืช ทั้ง 14 ธาตุแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย (ยงยุทธ, 2546)

- ธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrient elements)

คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน

- ธาตุอาหารจุลภาค (micronutrient elements)

คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม สังกะสี และนิกเกิล

การปลูกผักกาดหอมแบบไฮโดรโพนิกส์นั้นรากพืชจะแช่อยู่ในสารละลาย สามารถรับธาตุอาหารที่ต้องการได้ตลอดเวลา ดังนั้นการการเตรียมสารละลายจากปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารตามสัดส่วนที่ต้องการและเหมาะสมแล้ว ย่อมช่วยให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยชนิดปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 นอกจากนั้นจำเป็นต้องควบคุมค่าพีเอช และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยพีเอชที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอม คือ 5.8 - 6.2 และควบคุมให้มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.4 - 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร เพราะพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อรากดูดธาตุอาหารในสารละลายไปใช้ ทำให้สัดส่วนของธาตุอาหารแต่ละชนิดเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่ให้ ซึ่งจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ และองค์ประกอบของสารละลาย ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะ ๆ เช่น ทุก 3 สัปดาห์ (ดิเรก, 2547)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างชนิดปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารต่างๆ แก่พืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ธาตุอาหาร	รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	สูตรปุ๋ย
ไนโตรเจน (N)	NO^-_3	Ammonium nitrate : NH_4NO_3
		Calcium nitrate : $Ca(NO_3)_2$
		Nitric acid : HNO_3
		Potassium nitrate : KNO_3
	NH^+_4	Ammonium nitrate : NH_4NO_3
		Ammonium dihydrogenphosphite : $NH_4H_2PO_3$
		Diammonium phosphate : $(NH_4)_2HPO_4$
		Ammonium sulfate : $(NH_4)_2SO_4$
ฟอสฟอรัส (P)	$H_2PO^-_4$	Monoammonium phosphate : $NH_4H_2PO_4$
		Monopotassium phosphate : KH_2PO_4
	HPO^{2-}_4	Diammonium phosphate : $(NH_4)_2HPO_4$
		Dipotassium phosphate : K_2HPO_4
	$H_3PO^-_4$, HPO^{2-}_4	Phosphoric acid : H_2PO_4
โพแทสเซียม (K)	K^+	Potassium chloride : KCl
		Potassium nitrate : KNO_3
		Potassium sulfate : K_2SO_4
แคลเซียม (Ca)	Ca^{2+}	Calcium chloride : $CaCl_2$
		Calcium nitrate : $Ca(NO_3)_2$
		Calcium sulfate : $CaSO_4$
แมกนีเซียม (Mg)	Mg^{2+}	Magnesium sulfate : $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
กำมะถัน (S)	SO^{2-}_4	Ammonium sulfate : $(NH_4)_2SO_4$
โบรอน (B)	H_3BO_3 หรือ BO_3^{3-}	Boric acid : H_3BO_3 หรือ $B(OH)_3$
ทองแดง (Cu)	Cu^{2+}	Copper sulfate : $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
เหล็ก (Fe)	Fe^{3-}	Iron chelate : FeEDTA
แมงกานีส (Mn)	Mn^{2+}	Manganese sulfate : $MnSO_4 \cdot H_2O$
โมลิบดินัม (Mo)	MoO^{2-}_4	Ammonium molybdate : $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$
สังกะสี (Zn)	Zn^{2+}	Zinc sulfate : $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$

ที่มา : Jones (1997)

1.2.1.3 การปลูกและการดูแลรักษา

การปลูกและการดูแลรักษาผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ซึ่งอิทธิสุนทร (2550) ได้สรุปไว้ดังนี้ คือ

(1) การเพาะกล้า

เลือกเมล็ดพันธุ์ใหม่ มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงเพื่อให้ได้ต้นกล้าที่แข็งแรง โดยนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะในฟองน้ำ หรือในวัสดุปลูก เช่น ขุยมะพร้าว หลังรดน้ำเช้า-เย็น ประมาณ 3 - 4 วัน เมล็ดจะเริ่มงอก เมื่อต้นกล้าอายุ 5 - 7 วัน มีความสูงประมาณ 1- 2 เซนติเมตร พร้อมสำหรับการย้ายปลูก

(2) การปลูก

ย้ายต้นกล้าที่สมบูรณ์มาปลูกลงในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ โดยในช่วงหนึ่งวันแรกให้น้ำเปล่าอย่างเดียว เพื่อให้ต้นกล้าปรับสภาพ วันที่สองหลังย้ายปลูกจึงเริ่มให้สารละลายธาตุอาหาร โดยจะเริ่มให้จากสารละลายเจือจางก่อน เมื่อผักอายุ 10 วันก็จะเพิ่มความเข้มข้นให้อยู่ในช่วง 1.4 - 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร พร้อมทั้งควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 5.8 - 6.0

(3) การดูแลรักษา

สำหรับการปลูกแบบรากแช่อยู่ในสารละลายแบบ DRFT เมื่อผักอายุประมาณ 18 - 20 วัน รากจะมีความยาวเพิ่มขึ้น จึงควรเพิ่มปริมาณออกซิเจนโดยการลดระดับน้ำเพื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างต้นพืชและระดับน้ำ โดยเริ่มลดวันละประมาณ 1 เซนติเมตรทุกวันจนเหลือระดับน้ำประมาณ 2 เซนติเมตร ในช่วงที่มีแสงจัดและมีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมซึ่งอยู่ในช่วง 20 - 28 องศาเซลเซียส จนทำให้ผักเหี่ยวควรใช้วัสดุพรางแสงและการพ่นละอองน้ำเพื่อช่วยลดอุณหภูมิ

1.2.1.4 การเก็บเกี่ยว

ผักกาดหอมมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 38-45 วัน โดยจะเก็บในขณะที่ใบยังอ่อน กรอบ ไม่เหนียวกระด้าง และยังไม่แทงช่อดอก และควรเก็บในช่วงเช้า เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและเหี่ยวจากการอัตราการคายน้ำและการหายใจ หลังเก็บเกี่ยวระวังอย่าให้ผักถูกแสงแดดหรือลมแรง เพราะผักจะเหี่ยวง่ายมาก เนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บเกี่ยวจะมีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง ทำให้สูญเสียน้ำและเหี่ยวเร็ว หลังจากเก็บผลผลิตแล้วควรถ่ายน้ำทิ้ง และทำความสะอาดอุปกรณ์ปลูกทั้งระบบให้สะอาด พร้อมที่จะเริ่มปลูกผักรอบใหม่ต่อไป

1.2.1.5 โรคและการป้องกันการเกิดโรค

โรคของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ พรหมมาศ (2550) ได้รายงานไว้ดังนี้ คือ โรคที่เกิดกับใบ (foliar diseases) โรคในกลุ่มนี้เกิดจากเชื้อสาเหตุที่แพร่ระบาดมาทางอากาศ (air-borne pathogens) ทำให้เกิดการติดเชื้อที่ใบ เช่น โรคใบจุด (leaf spot) และโรคที่เกิดกับราก (root diseases) โรคในกลุ่มนี้เกิดจากเชื้อสาเหตุที่ปนเปื้อนเข้าไปในระบบจ่ายสารละลายธาตุอาหารพืช หรืออาจติดมากับน้ำ วัสดุปลูก เมล็ดพันธุ์ ทำให้เกิดการติดเชื้อที่ราก เช่น โรครากเน่า โรคเหี่ยว

การป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชที่อาจเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ โดยการเลือกใช้วัสดุที่ปราศจากเชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น การนำขุยมะพร้าวมาตากแดด หรืออบด้วยไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อก่อนนำมาใช้ เลือกใช้น้ำที่สะอาด มีคุณภาพ เช่น น้ำฝนที่ขังเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด ควรตรวจสอบควบคุมให้คุณสมบัติของสารละลายอยู่ในช่วงที่เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา ระบบจ่ายสารละลายต้องสะอาดมีฝาปิดมิดชิด ถังจ่ายสารละลายไม่ควรอยู่ติดกับระดับผิวดินมากเกินไป และรักษาความสะอาดบริเวณปลูกผักเป็นประจำสม่ำเสมอ นอกจากนั้นก่อนการปลูกพืชรอบใหม่ควรทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออุปกรณ์ปลูกให้สะอาด

1.2.2 ไฮโดรโพนิกส์

คำว่า hydroponics มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ hydro ซึ่งหมายถึง น้ำ และคำว่า ponos ซึ่งหมายถึง การทำงาน เมื่อนำทั้งสองคำมารวมกัน จึงหมายถึงการทำงานด้วยน้ำ ซึ่งได้แก่การปลูกพืชที่เรียกว่า water culture, solution culture หรือ nutriculture และต่อมามีการพัฒนารูปแบบตลอดจนการดัดแปลงวิธีการปลูกต่างๆ โดยการใช้วัสดุปลูก เช่น ทราย ขี้เลื่อย หรือวัสดุอื่นๆแทนดิน พืชจะได้รับธาตุอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตในรูปสารละลาย จึงทำให้การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีชื่อเรียกต่างๆ มากมาย ตามวัสดุที่ใช้ปลูก รูปแบบในการปลูกตลอดจนวิธีการให้ธาตุอาหารแก่พืช เช่น areoponics, deep flow technique, hydroponics, soilless culture เป็นต้น (ถวิล, 2546) ส่วนสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกพืช ได้มีการพัฒนาสูตรสารละลายและดัดแปลงให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด โดยดัดแปลงจากสูตรมาตรฐาน เช่น Knop's 1865 Sach's 1860 Shive's และ Hoagland's (Hewitt, 1975) ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

1.2.2.1 ไฮโดรโพนิกส์ในประเทศไทย

การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์เชิงการค้าในประเทศไทย นิยมปลูกพืชผักที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพ เป็นที่นิยมของผู้บริโภค เช่น ผักกาดหอม ซึ่งจากการศึกษาของ ธีรินมาศ (2544) พบว่าการปลูกผักแบบไฮโดรโพนิกส์ในเชิงการค้าในประเทศไทยมีความเป็นไปได้ในการลงทุนเชิงธุรกิจ ในปัจจุบันการปลูกผักกาดหอมแบบไฮโดรโพนิกส์ได้พัฒนาเป็นการปลูกเพื่อการค้าอย่างกว้างขวาง ซึ่งประกอบด้วย 2 ระบบ (อิทธิสุนทร, 2550) ดังนี้

(1) Nutrient Film Technique (NFT)

เป็นระบบการให้ธาตุอาหารแก่พืชโดยการให้สารละลายไหลเป็นแผ่นฟิล์ม หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ในรางปลูกที่มีความกว้างตั้งแต่ 5 - 35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของรางตั้งแต่ 5 - 20 เมตร โดยสารละลายจะมีอัตราไหล 1-2 ลิตรต่อนาทีต่อราง อย่างต่อเนื่องด้วยปั๊มที่ดูดสารละลายเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย ในช่วงฤดูร้อนเกิดปัญหาการสะสมอุณหภูมิของสารละลายที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้การละลายตัวของออกซิเจนลดน้อยลง ในขณะที่รากพืชต้องการออกซิเจนที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้รากพืชอ่อนแอง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคโดยเฉพาะเชื้อสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคกับราก เช่น เชื้อรา *Pythium* spp. และ *Phytophthora* spp. เป็นต้น

(2) Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

เป็นระบบการให้ธาตุอาหารแก่พืชที่ปลูกบนแผ่นโฟมเจาะรู รากพืชแช่อยู่ในสารละลายที่ไหลอยู่ในถาดปลูกด้านล่างด้วยปั๊มน้ำขนาดเล็ก โดยปั๊มสารละลายจากถังขึ้นไปในถาดปลูก สารละลายไหลผ่านรากพืชที่ปลูกและไหลกลับสู่ถังสารละลาย แต่เมื่อพืชโตขึ้นจะมีการลดระดับน้ำลงเรื่อยๆ เพื่อให้รากได้รับออกซิเจนมากขึ้น แผ่นโฟมเป็นฉนวนความร้อนช่วยลดปัญหาอุณหภูมิสูงของสารละลายในหน้าร้อนได้ เหมาะกับผักที่เจริญด้านสูง เช่น คะน้า และสามารถปลูกผักกาดหอมได้เมื่อทำการปรับระยะปลูก การจัดการสารละลายเป็นระบบปิดแยกอิสระต่อกัน

1.2.3 โรครากเน่าของผักกาดหอม

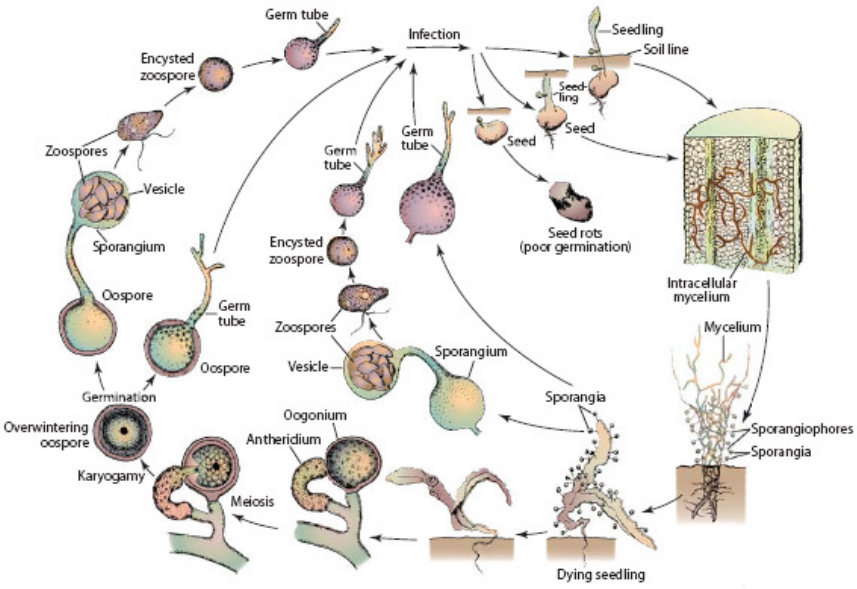
โรครากเน่า โคนเน่า เป็นโรคระบาดที่สำคัญ สามารถสร้างความเสียหายแก่ผักหลายชนิดในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์และเกิดโรคได้ในทุกสภาพภูมิอากาศ เชื้อที่ก่อให้เกิดโรคดังกล่าว ได้แก่ เชื้อรา *Pythium* spp. *Fusarium* spp. *Phytophthora* spp. โดยเชื้อ

สาเหตุจะเข้าทำลายเนื้อเยื่อบริเวณโคนต้นหรือส่วนรากทำให้ เกิดอาการเน่า ส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ในประเทศไทยเชื้อรา *Pythium* spp. เป็นเชื้อสาเหตุสำคัญของการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ (พรหมมาศ, 2548)

1.2.3.1 **เชื้อรา *Pythium* spp.**

เชื้อรา *Pythium* spp.จัดเป็นราชั้นต่ำเส้นใยมีลักษณะเป็นท่อยาวไม่มีผนังกั้น ไม่มีสี แตกกิ่งก้านสาขาเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีอาหารและสิ่งแวดล้อมเหมาะสม เมื่อโตเต็มที่สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ทั้งวิธีที่ใช้เพศ (sexual reproduction) และไม่ใช้เพศ (asexual reproduction) รูปที่ 2

การขยายพันธุ์แบบใช้เพศ โดยการผสมกันของ oogonium ซึ่งทำหน้าที่เป็นเพศเมียและ antheridium ทำหน้าที่เป็นเพศผู้ และผลจากการผสมกันเกิดเป็นสปอร์กลมที่มีเปลือกหรือผนังห่อหุ้มหนาที่เรียกว่า oospore ซึ่งทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ผิดปกติได้ดีและนาน การขยายพันธุ์โดยวิธีนี้มักเกิดขึ้นในตอนปลายฤดูปลูกหรือเมื่อไม่มีพืชจะให้เกาะกินต่อไป ส่วนการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ เกิดเป็นสปอร์ที่มีหาง (flagella) สองเส้นเคลื่อนไหวได้ที่เรียกว่า zoospores ภายใน sporangium ซึ่งงอกจากเส้นใยโดยตรง หลังจากว่ายน้ำอยู่สักระยะหนึ่งจะผลัดหางออกเข้า cyst แล้วจึงงอก germ tube แทงผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชทำให้เกิดโรค เป็นการขยายพันธุ์แบบปกติที่เกิดซ้ำได้หลายครั้ง (ศักดิ์, 2537)



รูปที่ 2 วงจรชีวิตของเชื้อรา *Pythium* spp

ที่มา : Agrios (2005)

1.2.3.2 การระบาดของโรครากเน่า

เชื้อรา *Pythium* spp. มักไม่มีความเจาะจงกับพืชอาศัย ถ้าหากไม่มีพืชอาศัยเชื้อจะเจริญแบบ saprophyte ที่มีเส้นใยเจริญได้อย่างรวดเร็ว zoospore หรือเส้นใยที่งอกออกมาจะมีโอกาสสัมผัสกับพืชโดยตรงหรือ zoospore เคลื่อนที่เข้าหารากพืชโดยอาศัย chemotaxis และ chemotropism เท่านั้น เชื้อจะแทงผ่าน epidermis และ cortex ของลำต้นโดยตรงเจริญอยู่ภายในจนกระทั่งแผลลุกลามต้นกล้าล้มพับและตายลงในกรณีที่เชื้อเข้าทำลายที่ปลายรากจะทำให้รากเน่าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในระยะเริ่มแรกและเป็นสีดำเมื่อมีอาการรุนแรงขึ้น เมื่อได้รับเชื้อประมาณ 3 วัน เส้นใยจะเจริญเต็มเนื้อเยื่อสีขาวฟูลุกลามสู่บริเวณข้างเคียงและต่อมาเกิด sporangium และ oospore ภายในหรือภายนอกพืชอาศัย ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณและแพร่ระบาดออกไป (ประสาทพร, 2534)

1.2.4 ปัจจัยส่งเสริมการเกิดโรครากเน่าในระบบไฮโดรโพนิกส์

1.2.4.1 อุณหภูมิ

เชื้อรา *P. aphanidermatum* เป็นเชื้อสาเหตุสำคัญ ของโรครากเน่าของผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ของประเทศไทย (พรหมมาศ, 2547) สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35 - 40 องศาเซลเซียส (Gaag and Wever, 2005) โดยให้กำเนิด zoospore ที่ช่วงอุณหภูมิ 10 – 18 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส sporangium และ oospore จะงอกเป็น germ tube (Nyvall, 1999) นอกจากนี้ เชื้อสาเหตุโรครากเน่าที่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส คือ *P. helicoides* และ *P. myriotylum* (Watanabe *et al*., 2007)

พืชจะมีอัตราการดูดธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มอัตราการหายใจของพืช แต่จะลดอัตราการดูดธาตุอาหารลดลงหากอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากไปลดประสิทธิภาพหรือทำลายการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจของราก (สมบุญ, 2548)

ดังนั้นในช่วงฤดูร้อนที่อุณหภูมิในช่วงกลางวันอาจสูงถึง 38-40 องศาเซลเซียส รากพืชอ่อนแอดูดธาตุอาหารและน้ำได้น้อย ส่งเสริมให้เชื้อเข้าทำลายได้ง่าย และแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีอากาศร้อนและชื้นสูง ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เชื้อราสาเหตุเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับรายงานของ Wulff และคณะ (1998) ที่พบว่าเชื้อ *P. aphanidermatum* ทำให้ปลายรากแตงกวาที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ เน่าเปื่อย และสั้นกุดลงในวันที่ 6 หลังปลูกเชื้อ และทำให้แตงกวาตายลงในวันที่ 10 หลังปลูกเชื้อ เนื่องจากเชื้อราสาเหตุสามารถเจริญและเพิ่มปริมาณได้ดี

1.2.4.2 สารละลายธาตุอาหาร

การหมุนเวียนสารละลายกลับมาใช้ใหม่ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ส่งเสริมการเกิดโรครากเน่า เพราะหากเกิดการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุในสารละลายที่มีการใช้หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา การระบาดของโรคจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรงก่อให้เกิดความเสียหายได้มากกว่าการปลูกพืชบนดิน ซึ่งจากการศึกษาของ พรหมมาศ (2548) พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* spp. ที่ตรวจพบได้ในรากพืชที่เป็นโรคมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อที่ตรวจพบในสารละลายธาตุอาหาร แสดงว่ามีการเพิ่มจำนวนจากเชื้อสาเหตุที่มีอยู่ในรากพืชปกติจนพัฒนาเป็นระยะก่อโรค แล้วแพร่กระจายหมุนเวียนไปกับสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งพรหมมาศ (2547) ได้รายงานสายพันธุ์เชื้อ *Pythium* spp. ที่สามารถแพร่ระบาดในสารละลายธาตุอาหาร ได้แก่ *P. aphanidermatum P. debaryanum P. dissotocum P. intermedium* และ *P. myriotyrum* ซึ่ง Stanghellini และ Rasmussen (1994) ได้รายงานว่า zoospore ของเชื้อ *Pythium* spp. สามารถเคลื่อนที่ได้เองในสารละลายธาตุอาหาร โดยสามารถเคลื่อนที่ไปได้เรื่อยๆ เป็นเวลามากกว่า 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะฟักตัว (encystment) ซึ่งเป็นเวลาที่มากพอที่จะพบพืชอาศัย สามารถลอดผ่านแผ่นกรองของระบบปั๊มได้โดยไม่สูญเสียความสามารถในการงอก และมีกลไกที่จะเข้าหารากพืชอาศัยได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยอาศัยสิ่งกระตุ้นทางเคมีที่ปลดปล่อยออกมาจากรากพืช เรียกกลไกนี้ว่า chemotaxis หลังจากเกิดการติดเชื้อที่รากแล้ว zoospore สามารถสร้างส่วนขยายพันธุ์ขึ้นมาใหม่ (secondary zoospore) ได้ภายในเวลา 12 ชั่วโมง และมีจำนวนมากพอที่จะทำให้เกิดการแพร่ระบาดไปยังพืชต้นอื่นอย่างทั่วถึง

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม สารละลายธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไนเทรต ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของ กรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวเข้ม ในพืชผักไนโตรเจนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มคุณภาพ เพราะเป็นตัวทำให้ผักมีลักษณะอวบน้ำ พืชผักรับประทานต้นหรือใบจึงต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อให้ต้นและใบมีความกรอบ มีกากหรือเส้นใยน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ ส่งเสริมให้การปลูกผักในระบบไฮโดรโพนิกส์นั้น ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเทรตในปริมาณสูง ทำให้รากพืชมีไนเทรตสะสมอยู่ในปริมาณสูงกว่าลำต้นและใบ หากมีการใช้แอมโมเนียมร่วมด้วยจะช่วยให้มีการสะสมไนเทรตลดลง (Lasa *et al*., 2001) ซึ่งไนเทรตในเนื้อเยื่อพืชช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุ (Walters and Bingham, 2007) ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของ Huber และ Watson (1974) พบว่าการใช้ปุ๋ยไนเทรตส่งเสริมการเกิด

โรคจากเชื้อ *Pythium* spp. เนื่องจากกระบวนการรีดักชัน แปรสภาพไนเทรตเป็นแอมโมเนียมของพืชส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนในสารละลายลดน้อยลง ทำให้รากพืชขาดออกซิเจน ซึ่งเป็นสภาพที่เชื้อรา *Pythium* spp. สามารถเข้าทำลายรากพืชได้ง่ายขึ้น ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมนั้นช่วยลดการเกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *Pythium* spp. ลงได้ โดยสัดส่วนของไนเทรตต่อแอมโมเนียม (NO_3^- : NH_4^+) ที่ช่วยลดการเกิดโรครากเน่าได้ดี คือ 1:3 2:1 และ 1:1 ตามลำดับ (Copes and Hendrix, 1996) และจากการศึกษาถึงสัดส่วนของ NO_3^- : NH_4^+ ที่เหมาะสมในสารละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมของจีราวรรณ (2546) รายงานว่าการใช้ ไนโตรเจนที่มีสัดส่วน NO_3^- : NH_4^+ เท่ากับ 75: 25 ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สัดส่วนเหนือดินกับรากสูงสุด และยังพบอีกว่าเมื่อแอมโมเนียมไอออนในสารละลายธาตุอาหารมีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด การเจริญเติบโตของผักกาดหอมจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang และคณะ (2007) พบว่าการปลูกกะหล่ำปลีด้วยสารละลายที่มีสัดส่วน NO_3^- : NH_4^+ เท่ากับ 50 : 50 ให้ผลผลิตสูงสุด แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนของแอมโมเนียมในสารละลายที่ช่วยให้ผักเจริญเติบโตได้ดีและมีคุณภาพ และหากได้รับแอมโมเนียมมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตลดลง 87 เปอร์เซ็นต์ซึ่ง Marschner (1990) ได้สรุปผลของการดูดใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมไปใช้มากดังนี้ แอมโมเนียมที่มีมากก่อให้เกิดภาวะปฏิปักษ์ในการดูดแคตไอออนอื่น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้พืชดูดแคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อยลง เมื่อมีแอมโมเนียมในเซลล์มากก็ต้องการสารซึ่งเป็นโครงคาร์บอนมาทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียอาจทำให้คาร์โบไฮเดรตในรากลดลงเร็วเกินไป และเมื่อรากพืชดูดแอมโมเนียมเข้ามามากพีเอชของสารละลายจะลดลงเร็ว ขณะที่พีเอชของสารละลายภายนอกลดลง พีเอชของน้ำเลี้ยงในรากจะลดตามไปด้วยเพื่อต่อต้านกับการลดของพีเอชภายนอกเซลล์

ดังนั้นการศึกษาสัดส่วนของแอมโมเนียมในสารละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมต่อการเจริญของเชื้อ *Pythium* spp. สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรครุนแรง น่าจะเป็นประโยชน์ในการจัดการและควบคุมการเกิดโรครากเน่าของผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ต่อไปได้

1.3 วัตถุประสงค์

1. รวบรวมเชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดร-โพนิกส์ และคัดแยกเชื้อสายพันธุ์ที่มีความรุนแรงต่อการเกิดโรค
2. ศึกษาผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. และประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากเน่าของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักกาดหอม และต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

2.1.1 ตัวอย่างรากผักกาดหอม

สุ่มเก็บตัวอย่างรากผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยเลือกเก็บเฉพาะต้นที่แสดงอาการเหี่ยวและมีรากสีน้ำตาลถึงดำซึ่งเป็นอาการของโรครากเน่า ในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการ นนทบุรี เพชรบุรี กระบี่ ภูเก็ต และสงขลา

2.1.2 วัสดุเกษตรที่ใช้ในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์

2.1.2.1 เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

2.1.2.2 ฟองน้ำสำหรับเพาะต้นกล้าผักกาดหอม

2.1.2.3 แผ่นโฟม

2.1.3 สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช ได้แก่

2.1.3.1 กรดบอริก (Boric acid : H_3BO_3)

2.1.3.2 กรดไนตริก (65% Nitric acid : HNO_3)

2.1.3.3 คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตาไฮเดรต (Coppersulfate-5-hydrate : $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)

2.1.3.4 แคลเซียมซัลเฟต (Calcium sulfate : $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

2.1.3.5 แคลเซียมไนเทรต (Calcium nitrate : $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$)

2.1.3.6 ซิงค์ซัลเฟตเอปตาไฮเดรต (Zinc sulfate heptahydrate : $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)

2.1.3.7 ซูโครส (Sucrose : $C_{12}H_{22}O_{11}$)

2.1.3.8 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate : KH_2PO_4)

2.1.3.9 โพแทสเซียมไนเทรต (Potassium nitrate : KNO_3)

2.1.3.10 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide : KOH)

2.1.3.11 โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate : K_2SO_4)

2.1.3.12 แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate : $MgSO_4 \cdot 7H_2O$)

2.1.3.13 แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต (Maganesesulfatemonohydrate : $MnSO_4 \cdot H_2O$)

2.1.3.14 อีดีทีเอ – เฟอริกโซเดียมซอลท์ (E.D.T.A. ferric sodium salt : $C_{10}H_{12}O_8N_2FeNa \cdot H_2O$)

2.1.3.15 แอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate : $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$)

2.1.3.16 แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate : $(NH_4)_2SO_4$)

2.1.3.17 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (25 % Ammonium hydroxide : NH_4OH)

2.1.4 อาหารเลี้ยงเชื้อเตรียมเองตามสูตร ได้แก่

2.1.4.1 Corn meal agar (CMA)

2.1.4.2 Potato dextrose agar (PDA)

2.1.4.3 Potato dextrose broth (PDB)

2.1.4.5 V-8 juice broth (Vegetable Juice-Broth)

2.1.4.6 Water agar (WA)

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ (Compound Microscope)

2.2.2 เครื่องเขย่าอาหารเลี้ยงเชื้อ (Shaker)

2.2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (Analytical Balance)

2.2.4 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH Meter)

2.2.5 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC Meter)

2.2.6 เครื่องเติมอากาศ (Air Pump)

2.2.7 ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Air Flow Cabinet)

2.2.8 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)

2.2.9 ตู้อบเครื่องแก้ว (Hot Air Oven)

2.2.10 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

2.2.11 ไมโครปิเปตต์ (micropipette) ขนาด 5,000 ไมโครลิตร

2.2.12 เครื่องแก้ว และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น

2.3 วิธีดำเนินการ

2.3.1 การเก็บตัวอย่างรากและการแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากตัวอย่างราก

เก็บตัวอย่างจากฟาร์มที่ปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการ นนทบุรี เพชรบุรี กระบี่ ภูเก็ต และสงขลา โดยทำการเก็บตัวอย่างพืชที่มีอาการของโรครากเน่า คือ ต้นพืชที่มีอาการเหี่ยวแคระแกร็น พร้อมกับมีรากกุด หรือรากเน่า รวมทั้งต้นที่สมบูรณ์แข็งแรงแต่มีปลายรากสีดำ (วรรณวิไล, 2547) แล้วนำชิ้นส่วนรากที่ล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้ว วางบนอาหาร WA และอาหาร PDA เพื่อเพาะเชื้อสำหรับนำไปแยกเชื้อราสาเหตุต่อไป ตัวอย่างทั้งหมดจะเก็บรักษาไว้ในกล่องที่มีความเย็น เพื่อนำมาบ่มเชื้อที่ห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างทั้งหมดมาบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการแยกให้บริสุทธิ์โดยการตัดปลายเส้นใยที่เจริญวางบนอาหาร PDA ทำการตรวจสอบว่าเชื้อดังกล่าวเป็นเชื้อ *Pythium* spp. ด้วยการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างต่างๆ และโดยการตัดชิ้นวุ้นไปวางในจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วเทน้ำกลั่นฆ่าเชื้อลงไปให้ท่วมชิ้นวุ้น พร้อมทั้งใส่ชิ้นใบหญ้าที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วลงในจานอาหารดังกล่าว เพื่อชักนำให้เชื้อสร้าง sporangium และตรวจดูการปลดปล่อย zoospore โดยการนำไปวางที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที (Raftoyannis and Dick, 2006) สังเกตลักษณะสัณฐานวิทยา บางประการ คือ ลักษณะเส้นใย ลักษณะของ sporangium รูปร่างของ oospore ลักษณะการเกาะติดของ antheridium การปลดปล่อย zoospore ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเปรียบเทียบลักษณะต่างๆของเชื้อกับคู่มือการจำแนกชนิดเชื้อรา *Pythium* spp. ของ Plaats-Niterink (1981) และประไพพร (2537) เพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อรา *Pythium* spp. และทำการเก็บเชื้อราสายพันธุ์บริสุทธิ์บนอาหาร PDA slant เพื่อใช้สำหรับการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2.3.2 การคัดเลือกเชื้อรา *Pythium* spp.

2.3.2.1 ทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรครากเน่า

นำเชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกได้มาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค เพื่อยืนยันว่าเป็นสาเหตุของโรครากเน่า โดยการเลี้ยงเชื้อ *Pythium* spp. บนอาหาร PDA ในจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำเชื้อ *Pythium* spp. แต่ละสายพันธุ์วางลงในกระบะขนาด 30 x 25 x 10 เซนติเมตร ทั้งสี่มุม แล้วจึงเติมสารละลายสูตรมาตรฐานสำหรับปลูกผักกาดหอม ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL'S) ที่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.8 – 6.0 และค่าการนำไฟฟ้า 1.9 – 2.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร จำนวน 3 ลิตร ประกอบด้วย N 171, P 37, K 218 , Ca 157, Mg 25, S 34, Mn 1.12, Cu 0.06, Zn 0.27, Fe 4.37, B 0.39, Mo 0.05 mg L^{-1} ลงในกระบะ และเติมอากาศลงในสารละลายผ่านหัวฟู่ด้วยเครื่องเติมอากาศตลอดการทดลอง หลังจากนั้นนำต้นกล้าผักกาดหอมอายุ 7 วัน ที่ผ่านการเพาะกล้าโดยใช้ฟองน้ำขนาด 2.5x2.5x2.5 เซ็นติเมตร ตรงกลางมีรอยบากสำหรับหยอดเมล็ด จำนวน 3 ชนิด คือ บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล ชนิดละ 10 ต้น มาปลูกบนแผ่นโฟมเจาะรูขนาดสำหรับใส่ต้นกล้า แล้วนำแผ่นโฟมวางลงในกระบะให้รากต้นกล้าผักกาดหอมแช่อยู่ในสารละลาย ใช้อาหาร PDA เป็นตำรับควบคุม 7 วันหลังปลูกเชื้อ ทำการประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคตามวิธีของ พรหมมาศ (2548) และทำการแยกเชื้อให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธี tissue transplanting บนอาหาร PDA และทำการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาต่างๆ อีกครั้ง คัดเลือกเชื้อ *Pythium* spp. 4 สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรครุนแรง เพื่อนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

$$\text{ความรุนแรงของการเกิดโรค} = \frac{\text{ผลรวมของ (พืชแต่ละต้น x ค่าระดับของการเกิดโรค)}}{\text{จำนวนต้นพืชทั้งหมด}}$$

โดยที่มีค่าระดับของการเกิดโรค ดังนี้

0 = ต้นพืชปกติไม่เป็นโรครากมีสีขาว
1 = รากพืชมีสีน้ำตาลแดง
2 = รากพืชมีสีน้ำตาลแดงถึงเน่า
3 = รากพืชมีอาการเน่า พืชมีอาการเหี่ยวชั่วคราว
4 = รากพืชมีอาการเน่า หลุดเปื่อยออกมา พืชมีอาการเหี่ยวอย่างถาวร
5 = ต้นพืชตาย

2.3.2.2 การจำแนกชนิดของเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ผ่านการคัดเลือก

นำเชื้อรา *Pythium* spp. 4 สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรครุนแรงมาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการ ได้แก่ ลักษณะเส้นใย ลักษณะและรูปร่างของ sporangium ลักษณะและขนาดของ oospore ลักษณะการเกาะติดของ antheridium การปลดปล่อย zoospore ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อจำแนกและตรวจสอบชนิดของเชื้อรา *Pythium* spp. โดยเปรียบเทียบลักษณะต่างๆของเชื้อกับคู่มือการจำแนกชนิดเชื้อรา *Pythium* spp. ของ Plaats-Niterink (1981) และประไพพร (2537)

2.3.3 การทดสอบผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp.

2.3.3.1 ผลของสารละลายแอมโมเนียมต่อการสร้าง sporangium

เตรียมสารละลายสำหรับใช้ในการทดสอบ คือ น้ำปราศจากไอออนที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เป็นตำรับควบคุม และสารละลายแอมโมเนียม ความเข้มข้น 43 86 128 และ 171 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นใช้ที่เจาะจุกคอร์กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดโคโลนีของเชื้อ *Pythium* spp. 4 สายพันธุ์ที่เจริญอยู่บนอาหาร CMA อายุ 5 วัน ย้ายลงไปจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่บรรจุอาหาร V8-broth จำนวน 3 มิลลิลิตร จำนวน 3 ซ้ำ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15-20 ชั่วโมงเพื่อให้เชื้อสร้างเส้นใยรอบๆก้อนอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นดูดอาหาร V8-broth ออกแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วจึงใส่สารละลายแอมโมเนียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆที่ได้เตรียมไว้ลงในจานเลี้ยงเชื้อจำนวน 2 มิลลิลิตร บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงทำการตรวจนับ sporangium ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หลังจากใส่สารละลายทดสอบแล้ว เป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยทำการตรวจนับที่กำลังขยาย (100X) ในการตรวจนับแต่ละครั้ง จะทำการสุ่มนับจำนวน 3 ขอบเขตต่อจานเพาะเชื้อ คือ 1) บริเวณขอบของเส้นใยขอบใดขอบหนึ่ง 2)บริเวณขอบตรงข้ามกับจุดแรก 3) บริเวณตรงกลางแพของเส้นใย จากนั้นจึงมาหาค่าเฉลี่ยจำนวน sporangium ต่อหนึ่งขอบเขต

2.3.3.2 ผลของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการสร้างเส้นใย

เตรียมสารละลายสำหรับใช้ในการทดสอบชนิดต่างๆ ได้แก่ สารละลายที่ใช้ปลูกผักกาดหอมสูตรมาตรฐาน (KMITL'S) และซูโครส 10 กรัมต่อลิตร (Koohakan *et al*., 2002) เป็นตำรับควบคุม และที่เพิ่มแอมโมเนียมลงไปในอัตรา 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน สารละลายทั้งหมดปรับพีเอชด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.8 - 6.0 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช จากนั้นใช้ที่เจาะจุกคอร์ก

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดโคโลนีของเชื้อ *Pythium* spp. 4 สายพันธุ์ที่เจริญอยู่บนอาหาร CMA อายุ 5 วัน ย้ายลงในสารละลายความเข้มข้นต่างๆ ที่บรรจุในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน ที่ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีแล้ว ทำ 4 ซ้ำ บ่มเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิห้องพร้อมเขย่าวนด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 9 วัน ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เมื่อครบกำหนด กรองเส้นใยด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 5 พร้อมล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วจึงนำกระดาษกรองพร้อมเส้นใยไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักเส้นใย

2.3.4 ผลของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารพืชในการควบคุมโรครากเน่าและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

เตรียมสารละลายสำหรับใช้ในการทดสอบชนิดต่างๆ ได้แก่ สารละลายที่ใช้ปลูกผักกาดหอมสูตรมาตรฐาน เป็นตำรับควบคุม และเพิ่มแอมโมเนียมลงไปในอัตรา 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน และเตรียมต้นกล้าผักกาดหอม 3 ชนิด คือ บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล โดยใช้ฟองน้ำขนาด 2.5x2.5x2.5 เซ็นติเมตร ตรงกลางมีรอยบากสำหรับหยอดเมล็ด รดน้ำเช้า – เย็น จนต้นกล้ามีอายุ 7 วัน แล้วทำการย้ายต้นกล้ามาปลูกด้วยน้ำเปล่าชนิดละ 4 ต้นในระบบปลูกแบบ deep flow technique ขนาดความจุสารละลาย 20 ลิตร ที่มีระบบหมุนเวียนสารละลายเป็นเวลา 1 วันแล้วจึงเติมสารละลายความเข้มข้นต่างๆลงในระบบปลูก สารละลายทั้งหมดปรับพีเอชด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.8-6.0 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช หลังย้ายปลูก 20 วัน เติมเชื้อ *Pythium* spp. ที่ได้มาจากการตัดปลายเส้นใยเชื้อ *Pythium* spp. อายุ 5 วันที่เจริญบนอาหาร CMA ด้วยที่เจาะจุกคอร์ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวนขวดละ 2 ชิ้น แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 9 วัน จากนั้นกรองเส้นใยด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 5 พร้อมล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อนำไปชั่งให้ได้ปริมาณ 36 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่นผลไม้เป็นเวลา 10 วินาที เพื่อให้เส้นใยกระจายตัวแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ประไพพร (2537) โดยแบ่งใส่ระบบปลูกละ 50 มิลลิลิตร ทำการประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคตามวิธีของ พรหมมาศ (2548) ในวันที่ 3 5 และ 7 หลังปลูกเชื้อ หลังจากการประเมินความรุนแรงของการเกิดโรค ชั่งน้ำหนักลำต้นและราก พร้อมทั้งแยกเชื้อราโดยวิธี tissue transplanting ด้วยการสุ่มตัวอย่างรากผักกาดหอมแต่ละชนิดจำนวน

50 ราก ความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร มาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วซับให้แห้ง วางบนอาหาร CMA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 36 ชั่วโมง นับจำนวนรากที่มีเส้นใยของเชื้อ *Pythium* spp. เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของการเกิดโรคจากเชื้อ *Pythium* spp.

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับทดลองตามวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การเก็บตัวอย่างรากและการแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากตัวอย่างราก

การปลูกผักกาดหอมด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทย นิยมใช้ระบบการปลูกแบบ Nutrient Film Technique (NFT) และ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) สายพันธุ์ของผักกาดหอมที่นิยมปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ ได้แก่ บัตเตอร์เฮด กรีนคอส กรีนโอ๊ค ฟิลเลย์ เรดคอรัล และเรดโอ๊ค จากการสุ่มเก็บตัวอย่างผักกาดหอมที่มีอาการเหี่ยวและรากมีสีดำ เพื่อคัดแยกเชื้อรา *Pythium* spp. ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุที่สำคัญของโรครากเน่า พบว่า สามารถแยกเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ทั้งหมด 18 สายพันธุ์ (ตารางที่ 3)

3.2 การคัดเลือกเชื้อรา *Pythium* spp.

3.2.1 ทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรครากเน่า

เมื่อนำเชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกได้ทั้ง 18 สายพันธุ์มาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับต้นผักกาดหอม 3 พันธุ์ ได้แก่ บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล พบว่า เชื้อรา *Pythium* spp. สายพันธุ์ PR-13 และ PR-17 มีค่าระดับการเกิดโรคเป็น 0 คือ ผักกาดหอมไม่เป็นโรคและรากมีสีขาว ส่วนสายพันธุ์ที่มีค่าระดับของการเกิดโรคสูง และมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือ สายพันธุ์ PR-7 PR-10 PR-12 และ PR-14 ซึ่งมีค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรครากเน่า 4.20 - 4.80 (ตารางที่ 4) โดยพบว่า หลังปลูกเชื้อ 1 วัน เชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ สามารถทำให้รากของผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน หลังปลูกเชื้อ 3 วัน ใบและลำต้นของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีอาการเหี่ยวชั่วคราว และรากเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล ในวันที่ 5 หลังปลูกเชื้อ ปลายรากมีอาการเน่าเปื่อย และมีความยาวน้อยกว่ารากของผักกาดหอมที่ปลูกในตำรับควบคุมอย่างเห็นได้ชัด ในวันที่ 6 หลังปลูกเชื้อ เริ่มสังเกตเห็นเส้นใยของเชื้อราเจริญบริเวณโคนต้นและบริเวณฟองน้ำที่ใช้เป็นวัสดุปลูก ในวันที่ 7 หลังปลูกเชื้อ ผักกาดหอมมีอาการเหี่ยวอย่างถาวร

ตารางที่ 3 เชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกได้จากรากผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทย

แหล่งปลูกผัก	ระบบปลูก	ชนิดพืชปลูก	รหัสสายพันธุ์
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	บัตเตอร์เฮด	PR-1
จ. สมุทรปราการ	Nutrient Film Technique	บัตเตอร์เฮด	PR-2
จ. สมุทรปราการ	Nutrient Film Technique	บัตเตอร์เฮด	PR-3
จ. นนทบุรี	Nutrient Film Technique	บัตเตอร์เฮด	PR-4
จ. สมุทรปราการ	Nutrient Film Technique	บัตเตอร์เฮด	PR-5
จ. กรุงเทพมหานคร	Nutrient Film Technique	กรีนคอส	PR-6
จ. สมุทรปราการ	Nutrient Film Technique	กรีนคอส	PR-7
จ. ภูเก็ต	Nutrient Film Technique	กรีนคอส	PR-8
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	กรีนโอ๊ค	PR-9
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	กรีนโอ๊ค	PR-10
จ. กรุงเทพมหานคร	Nutrient Film Technique	ฟิลเลย์	PR-11
จ. สมุทรปราการ	Dynamic Root Floating Technique	ฟิลเลย์	PR-1 2
จ. ภูเก็ต	Nutrient Film Technique	ฟิลเลย์	PR-13
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	เรดคอรัล	PR-14
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	เรดคอรัล	PR-15
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	เรดคอรัล	PR-16
จ. สมุทรปราการ	Nutrient Film Technique	เรดคอรัล	PR-17
จ. กรุงเทพมหานคร	Dynamic Root Floating Technique	เรดโอ๊ค	PR-18

ตารางที่ 4 ความรุนแรงของการเกิดโรครากเน่าของต้นกล้า 7 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium* spp.

รหัสสายพันธุ์	บัตเตอร์เฮด	กรีนโอ๊ค	เรดคอรัล
Control	0.00g	0.00g	0.00g
PR-1	4.10abc	2.00cde	3.50ab
PR-2	4.10abc	2.60bc	4.10a
PR-3	2.60cde	2.20cd	3.00ab
PR-4	2.60cde	1.00efg	3.00ab
PR-5	3.20abcd	3.50ab	3.50ab
PR-6	1.50def	0.00g	0.50c
PR-7	4.40ab	4.20a	4.40a
PR-8	1.50def	0.50fg	0.50c
PR-9	1.50def	0.00g	0.00c
PR-10	4.80a	4.40a	4.40a
PR-11	1.00ef	0.50fg	0.50c
PR-12	4.40ab	4.50a	4.20a
PR-13	0.00f	0.00g	0.00c
PR-14	4.50ab	4.20a	4.30a
PR-15	1.50def	1.00efg	0.50c
PR-16	3.00bcd	1.40def	2.60b
PR-17	0.00f	0.00g	0.00c
PR-18	3.00bcd	1.80cde	2.20b
F-test	**	**	**
C.V. (%)	1.71	1.12	1.39

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT
ค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรค คือ : 0 = พืชปกติรากมีสีขาว ; 1 = รากมีสีน้ำตาลแดง ; 2 = รากมีสีน้ำตาลแดง-เน่า ; 3 = รากเน่าพืชเหี่ยวชั่วคราว ; 4 = รากเน่าพืชเหี่ยวถาวร ; 5 = ต้นพืชตาย

3.2.2 การจำแนกชนิดของเชื้อรา *Pythium* spp. ที่มีค่าระดับของการเกิดโรคสูง

เมื่อนำเชื้อรา *Pythium* spp. ที่มีค่าระดับของการทำให้เกิดโรครากเน่าสูง จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ PR-7 PR-10 PR-12 และ PR-14 มาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการเพื่อจำแนกสายพันธุ์ที่แท้จริง โดยเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ของเชื้อ กับคู่มือการจำแนกชนิดเชื้อรา *Pythium* spp. ของ Plaats-Niterink (1981) และ ประไพพร (2537) พบว่า

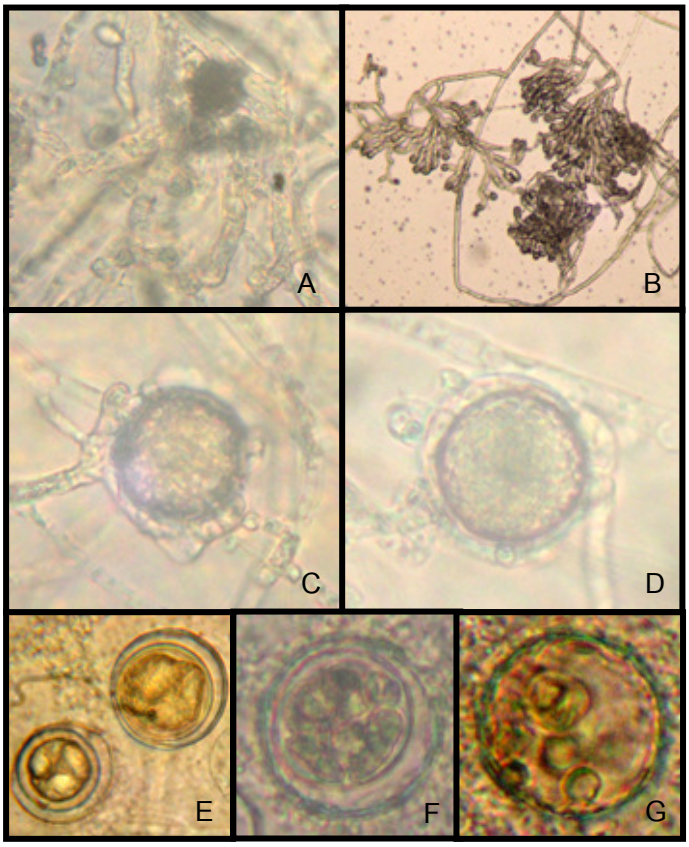
(1) สายพันธุ์ PR-7 (รูปที่ 3) จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการสามารถจำแนกได้เป็นสายพันธุ์ *Pythium myriotylum* Drechsler โดยพบว่า ลักษณะโคโลนีของเชื้อที่เจริญบนอาหาร CMA มีรัศมีเจริญออกทางด้านข้าง และขอบไม่ค่อยเรียบ มีการสร้าง sporangium ที่ปลายหรือระหว่างเส้นใยและมีรูปร่างแบบ inflated ลักษณะของ appressorium เป็นรูปกระบองอย่างเห็นได้ชัดเจน oogonium สร้างที่ปลายหรือระหว่างเส้นใย มีลักษณะรูปร่างแบบ globose และผนังเรียบ มี antheridium 2-4 อัน ต่อ 1 oogonium การเกิดของ antheridium เป็นแบบ diclinous และมี oospore เป็นแบบ aplerotic และมีอัตราการเจริญบนอาหาร CMA 25 มิลลิเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

(2) สายพันธุ์ PR-10 (รูปที่ 4) จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการสามารถจำแนกได้เป็นสายพันธุ์ *Pythium helicoides* Drechsler โดยพบว่า เส้นใยที่เจริญบนอาหาร CMA มีลักษณะเหมือนปุยฝ้าย โคโลนีเจริญเป็นรัศมีออกทางด้านข้างและขอบไม่ค่อยเรียบ มีการสร้าง sporangium รูปวงรีที่ปลายเส้นใย oogonium สร้างที่ปลายเส้นใย มีลักษณะรูปร่างแบบ globose และมีผนังเรียบ มี antheridium 1-3 อัน ต่อ 1 oogonium การเกิดของ antheridium เป็นแบบ diclinous และมี oospore เป็นแบบ aplerotic และมีอัตราการเจริญบนอาหาร CMA 24 มิลลิเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

(3) สายพันธุ์ PR-12 (รูปที่ 5) จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการสามารถจำแนกได้เป็นสายพันธุ์ *Pythium carolinianum* Matthews โดยพบว่า โคโลนีของเชื้อที่เจริญบนอาหาร CMA เจริญเป็นรัศมีออกด้านข้างและขอบเรียบ การสร้าง sporangium ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ปลายเส้นใย แต่บางครั้งสร้างระหว่างเส้นใย มีรูปร่างแบบ globose ไม่มีการสร้าง oogonium มีอัตราการเจริญบนอาหาร CMA 22 มิลลิเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

(4) สายพันธุ์ PR-14 (รูปที่ 6) จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการสามารถจำแนกได้เป็นสายพันธุ์ *Pythium dissotocum* Drechsler โดยพบว่า ลักษณะโคโลนีของเชื้อบนอาหาร CMA เจริญเป็นรัศมีออกด้านข้างและมีขอบเรียบ sporangium สร้างที่ปลายเส้นใย

มีรูปร่างแบบ filamentous ชนิด slightly inflated มี appressorium รูปกระบองหรือทรงกระบอก ส่วน oogonium สร้างที่ปลายเส้นใยมีรูปร่างแบบ globose มีผนังเรียบ มี antheridium 1 อันต่อ 1 oogonium การเกิดของ antheridium เป็นแบบ diclinous หรือบางครั้งอาจพบ monoclinous ที่ปลายหรือระหว่างเส้นใย oospore เป็นแบบ aplerotic และมีอัตราการเจริญบนอาหาร CMA 24 มิลลิเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium myriotylum*

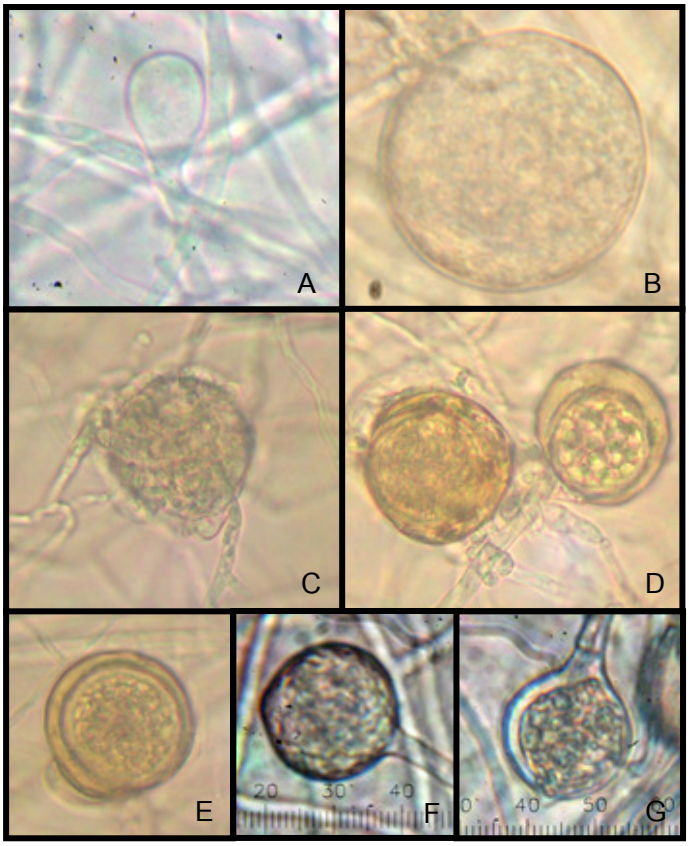
A. sporangium รูปร่างแบบ inflated filamentous

B. appressorium

C-D. oogonium รูปร่างแบบ globose มีผนังเรียบ และการเกิดของ antheridium เป็นแบบ monoclinous และ diclinous ที่ปลายเส้นใย

E-F. oospore เป็นแบบ aplerotic

G. vesicle ภายในมี zoospore



รูปที่ 4 ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium helicoides*

A. sporangium รูปร่างรี

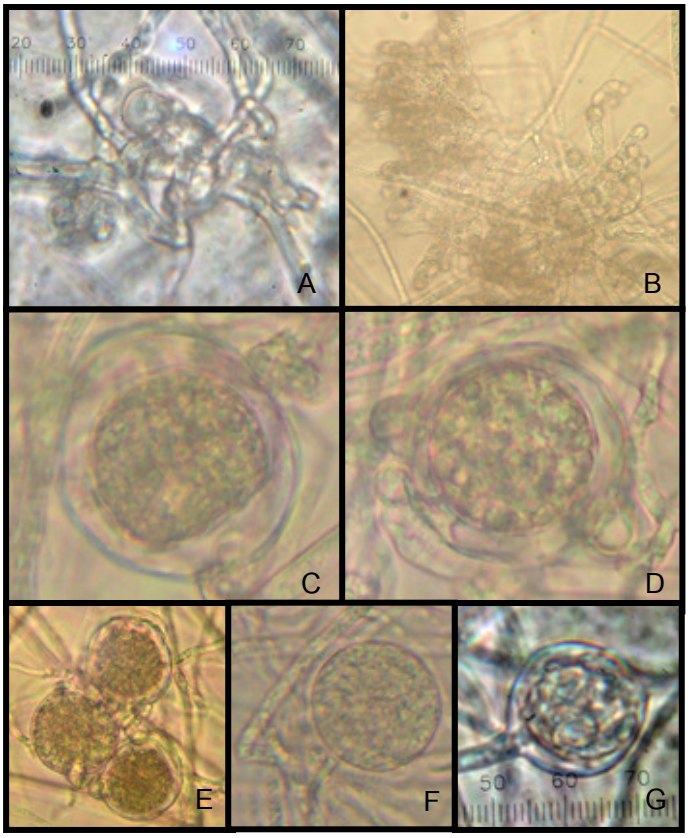
B. vesicle ภายในมี protoplasm

C-D. oogonium รูปร่างแบบ globose มีผนังเรียบ และการเกิดของ antheridium เป็นแบบ monoclinous และ diclinous ที่ปลายเส้นใย

E. oospore เป็นแบบ aplerotic

F. hyphal swelling รูปร่างแบบ globose

G. vesicle ภายในมี zoospore



รูปที่ 5 ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium carolinianum*

A. sporangium รูปร่างแบบ inflated filamentous

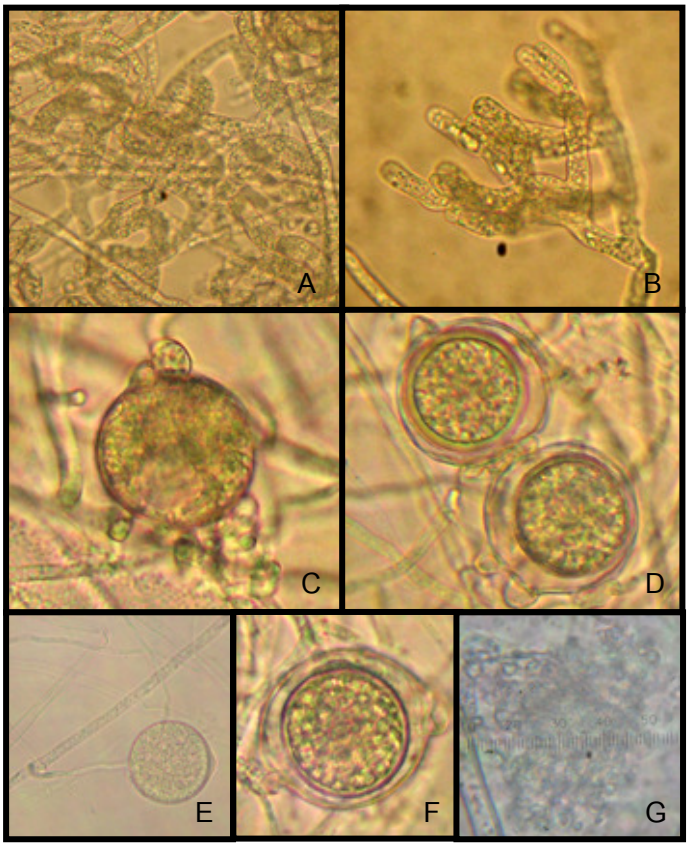
B. appressorium

C-D. oogonium รูปร่างแบบ globose มีผนังเรียบ และการเกิดของ antheridium เป็นแบบ monoclinous และ diclinous ที่ปลายเส้นใย

E. oospore เป็นแบบ aplerotic

F. hyphal swelling รูปร่างแบบ globose

G. vesicle ภายในมี zoospore



รูปที่ 6 ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythium dissotocum*

A. sporangium รูปร่างแบบ inflated filamentous

B. appressorium

C-D. oogonium รูปร่างแบบ globose มีผนังเรียบ และการเกิดของ antheridium เป็นแบบ monoclinous และ diclinous ที่ปลายเส้นใย

E. hyphal swelling รูปร่างแบบ globose

F. oospore เป็นแบบ aplerotic

G. encysted zoospore

3.3 ผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp.

3.3.1 ผลของแอมโมเนียมต่อการสร้าง sporangium

การใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมแทนไนเทรตมีผลต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ จากตารางที่ 5 พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมทำให้ *P. myriotylum* สร้างจำนวน sporangium ได้น้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตำรับควบคุมสร้าง sporangium ได้ 38.50 propagules/field ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 43 86 128 และ 171 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถสร้าง sporangium ได้ 25.83 12.11 12.44 และ 12.00 propagules/field ตามลำดับ

สำหรับการสร้าง sporangium ของ *P. helicoides* พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 43 และ 86 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถสร้างจำนวน sporangium ได้ 4.00 และ 3.33 propagules/field ตามลำดับ น้อยกว่าตำรับควบคุมซึ่งสามารถสร้าง sporangium ได้ 8.33 propagules/field อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 128 และ 171 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สามารถสร้างจำนวน sporangium ได้ 9.33 และ 11.67 propagules/field ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 171 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การสร้าง sporangium ของ *P. carolinianum* ในแต่ละตำรับทดลองมีจำนวนใกล้เคียงกัน ยกเว้น ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 43 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สามารถสร้างจำนวน sporangium ได้ 7.78 propagules/field ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุมที่สร้างได้เพียง 5.11 propagules/field และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สำหรับ *P. dissotocum* พบว่า ตำรับควบคุมมีการสร้างจำนวน sporangium ได้เพียง 3.22 propagules/field ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 43 86 128 และ 171 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถสร้าง sporangium ได้ 5.67 2.67 10.11 และ 4.67 propagules/field ตามลำดับ โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 43 และ 28 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวน sporangium มากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลของแอมโมเนียมต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Pythium* spp.

แอมโมเนียม	จำนวน sporangium (propagules/field)			
(มิลลิกรัม/ลิตร)	*P. myriotylum*	*P. helicoides*	*P. carolinianum*	*P. dissotocum*
0 (ตำรับควบคุม)	38.50a	8.33b	5.11b	3.22c
43	25.83b	4.00c	7.78a	5.67b
86	12.11c	3.33c	5.78b	2.67c
128	12.44c	9.33b	4.67b	10.11a
171	12.00c	11.67a	5.67b	4.67bc
F-test	**	**	*	**
C.V. (%)	16.58	12.69	16.00	20.60

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

3.3.2 ผลของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการสร้างเส้นใย

จากการเลี้ยงเชื้อรา *Pythium* spp. ที่สามารถก่อให้เกิดโรครากเน่าได้อย่างรุนแรง จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ *P. myriotylum P. helicoides P. carolinianum* และ *P. dissotocum* โดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการปลูกผักกาดหอม และใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน เป็นเวลา 9 วัน กรองและชั่งน้ำหนักของเส้นใย พบว่า การใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตทำให้เชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ สร้างเส้นใยได้น้อยลงอย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าตำรับควบคุมของ *P. myriotylum P. helicoides P. carolinianum* และ *P. dissotocum* สามารถสร้างเส้นใยได้ 208.53 111.10 127.70 และ 157.35 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักของเส้นใยลดลงเหลือ 181.23 60.80 53.08 และ 49.70 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 6)

เมื่อพิจารณาตำรับทดลองที่ทำให้เชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีน้ำหนักเส้นใยน้อยที่สุด พบว่า *P. myriotylum* สร้างเส้นใยได้ 37.15 มิลลิกรัม เมื่อใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ *P. helicoides* และ *P. carolinianum* สร้างเส้นใยได้ 55.00 และ 49.87 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ *P. dissotocum* สร้างเส้นใยได้ 45.97 มิลลิกรัม เมื่อใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 น้ำหนักเส้นใยของ *Pythium* spp. ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต

แอมโมเนียม (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเส้นใย (มิลลิกรัม)			
	P. myriotylum	*P. helicoides*	*P. carolinianum*	*P. dissotocum*
0 (ตำรับควบคุม)	208.53a	111.10a	127.70a	157.35a
25	181.23b	60.80bc	53.08b	45.97d
50	199.00a	55.00c	49.87b	58.68c
75	165.90c	76.90b	60.50b	85.02b
100	37.15d	72.90bc	60.43b	50.97cd
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	4.94	14.66	11.42	9.15

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

3.3.4 ผลของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อความรุนแรงของโรครากเน่า และการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

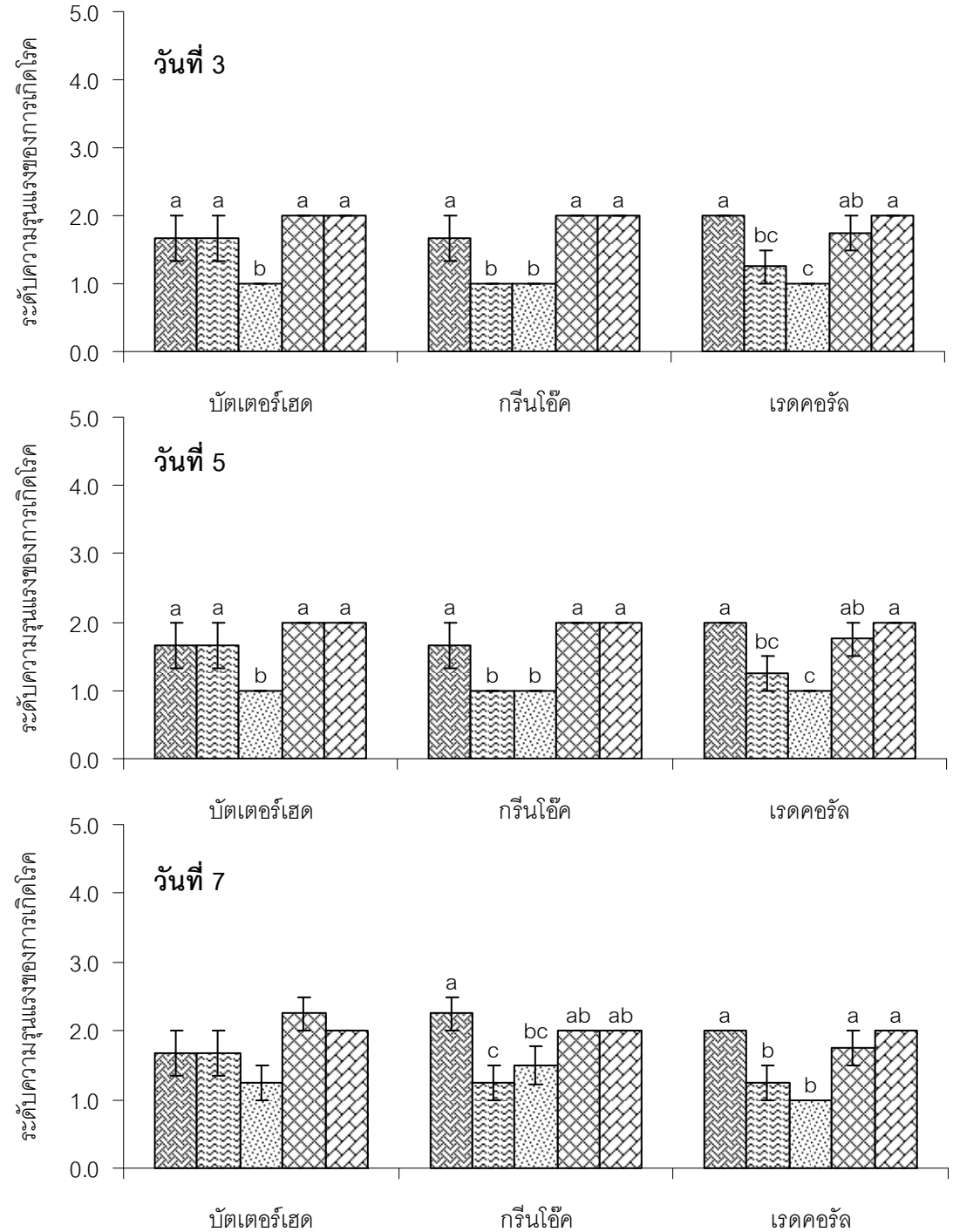
3.3.4.1 โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium myriotylum*

หลังจากปลูกเชื้อ (inoculate) *P. myriotylum* ให้แก่ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับตำรับควบคุม คือ 1.67 แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ความรุนแรงของโรคลดลงเหลือ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นเป็น 2.00 ทั้งสองตำรับทดลอง สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ความรุนแรงของโรครากเน่าลดลงเหลือ 1.00 ทั้งสองตำรับทดลองน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตำรับควบคุมมีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 1.67 แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นเป็น 2.00 ทั้งสองตำรับทดลอง สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความรุนแรงของโรครากเน่าได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยความรุนแรงของโรครากเน่าของผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัลลดลงจาก 2.00 เหลือ 1.25 และ 1.00 ตามลำดับ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นเป็น 1.75 และ 2.00 ตามลำดับ (รูปที่ 7)

เมื่อให้เชื้อ *P. myriotylum* เข้าทำลายผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ระดับความรุนแรงของโรครากเน่าของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าเท่ากับหลังปลูกเชื้อเป็นเวลา 3 วันในทุกตำรับทดลอง (รูปที่ 7)

สำหรับวันที่ 7 หลังจากปลูกเชื้อ พบว่า ระดับความรุนแรงของโรครากเน่าของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีแนวโน้มเช่นเดียวกับวันที่ 3 และ 5 และไม่พบความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ มีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 1.25 ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบคุมที่มีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 1.67 และในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 2.25 และ 2.00 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุม สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับ

ทดลองที่ใช้แอมโมเนียมมีความรุนแรงของโรครากเน่าน้อยกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 1.25 และ 1.50 ตามลำดับ น้อยกว่าตำรับควบคุมที่มีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 2.25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 2.00 ทั้งสองตำรับทดลอง สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ความรุนแรงของโรครากเน่ามีค่าเท่ากับหลังปลูกเชื้อเป็นเวลา 3 และ 5 วัน ทุกตำรับทดลอง (รูปที่ 7)

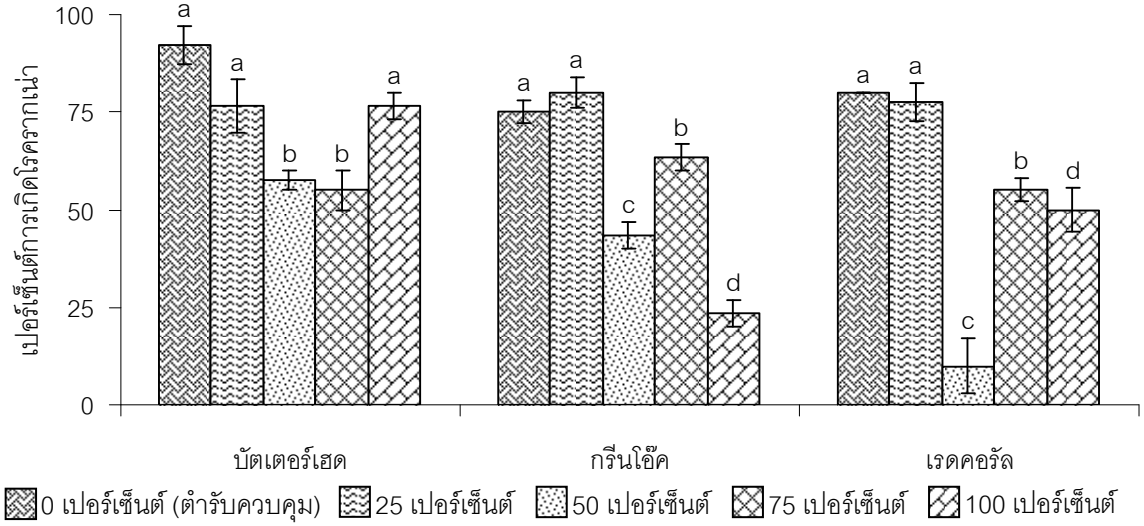


ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

ค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรค คือ : 0 = พืชปกติรากมีสีขาว ; 1 = รากมีสีน้ำตาลแดง ; 2 = รากมีสีน้ำตาลแดง-เน่า ; 3 = รากเน่าพืชเหี่ยวชั่วคราว ; 4 = รากเน่าพืชเหี่ยวถาวร ; 5 = ต้นพืชตาย

รูปที่ 7 ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium myriotylum*

ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกในสารละลายที่ใช้แอมโมเนียมเกิดโรคน้อยกว่าตำรับควบคุม ทุกตำรับทดลอง โดยตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่า 92.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เกิดโรครากเน่า 76.67 57.50 55.00 และ 76.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เกิดโรครากเน่าน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับควบคุมและตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าใกล้เคียงกัน คือ 75.00 และ 80.00 เปอร์เซ็นต์ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เกิดโรครากเน่าน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าแต่ละตำรับทดลองเกิดโรครากเน่า 43.33 63.33 และ 23.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับควบคุมเกิดโรครากเน่า 80.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เกิดโรครากเน่า 77.00 10.00 55.00 และ 50.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่แอมโมเนียม 25 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (รูปที่ 8)



ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

รูปที่ 8 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium myriotylum*

สำหรับการเจริญเติบโตของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบและลำต้นของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีน้ำหนัก 1.96 และ 1.46 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมที่มีน้ำหนัก 1.28 กรัมต่อต้น โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบและลำต้นมีน้ำหนักมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ใบและลำต้นมีน้ำหนัก 1.26 และ 0.21 กรัมต่อต้น ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ใบและลำต้นของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีน้ำหนักน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ใบและลำต้นมีน้ำหนัก 1.22 1.59 และ 1.06 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมซึ่งมีน้ำหนัก 0.85 กรัมต่อต้น โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบและลำต้นมีน้ำหนักมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ใบและลำต้นมีน้ำหนักน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนัก 0.19 กรัมต่อต้น สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีใบและลำต้นมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยแต่ละตำรับทดลองมีใบและลำต้นหนัก 1.13 1.36 1.21 และ 0.58 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ใบและลำต้นมีน้ำหนักน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนัก 0.15 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 7)

สำหรับรากและโคนของผักกาดหอม พบว่า การใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีน้ำหนักของรากและโคนมากกว่าตำรับควบคุม โดยรากและโคนของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดในตำรับควบคุมมีน้ำหนัก 0.62 กรัมต่อต้น ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนัก 1.10 1.22 และ 1.14 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค ตำรับควบคุมมีรากและโคน 0.75 กรัมต่อต้น ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนัก 1.35 0.99 และ 0.83 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับควบคุมมีรากและโคน 0.55 กรัมต่อต้น ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนัก 1.07 0.77 และ 0.77 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium myriotylum*

แอมโมเนียม (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น)					
	ใบและลำต้น			รากและโคน		
	Bh	Go	Rc	Bh	Go	Rc
0 (ตำรับควบคุม)	1.28b	0.85b	0.58b	0.62b	0.75bc	0.55c
25	1.96a	1.22b	1.13a	1.10a	1.35a	1.07a
50	1.46b	1.59a	1.36a	1.22a	0.99b	0.77b
75	1.26b	1.06b	1.21a	1.14a	0.83bc	0.77b
100	0.21c	0.19c	0.15c	0.61b	0.73c	0.61bc
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.04	18.88	21.66	9.26	12.77	10.87

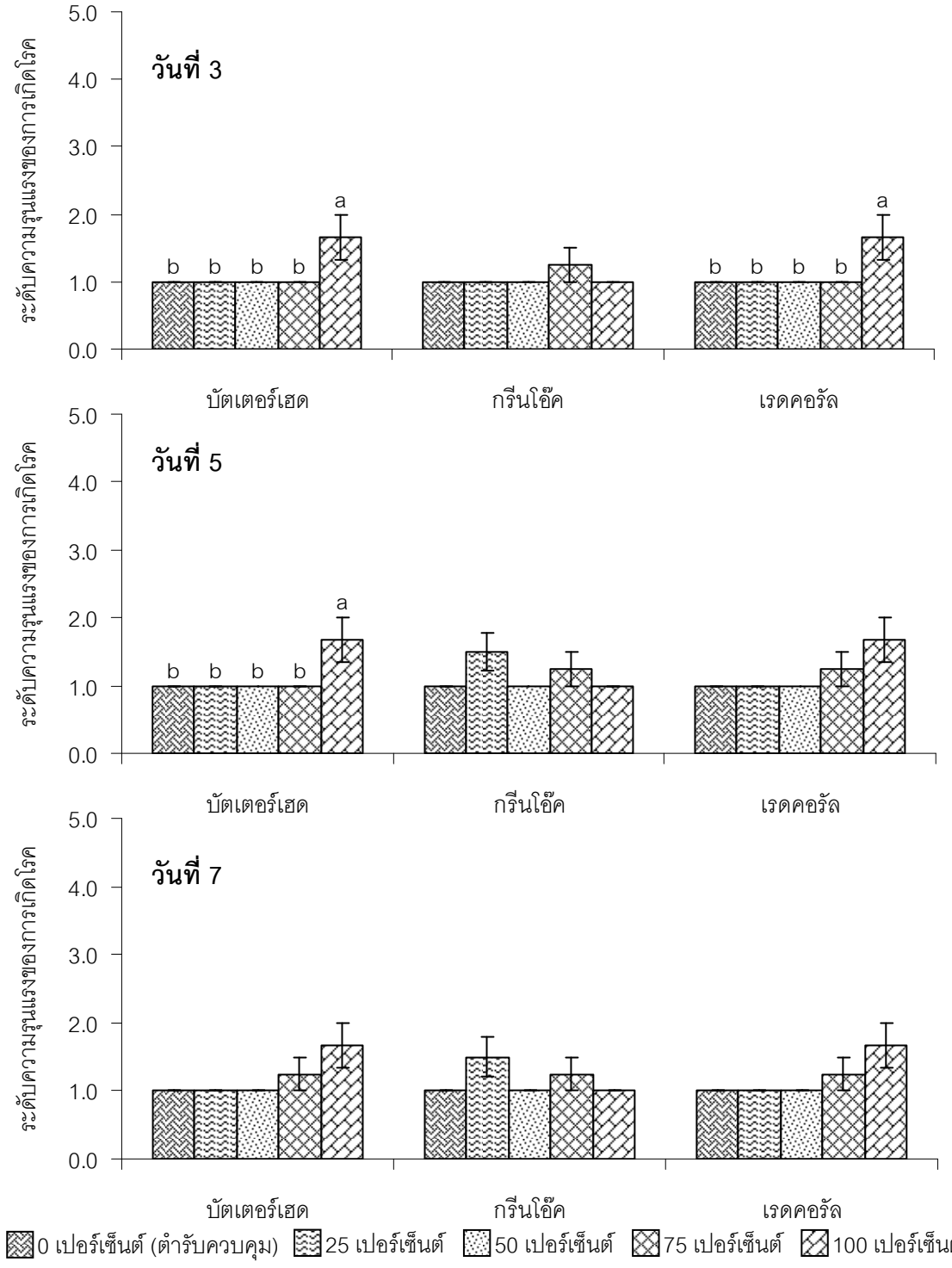
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT
เมื่อ Bh = บัตเตอร์เฮด, Go = กรีนโอ๊ค, Rc = เรดคอรัล

3.3.4.2 **โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา** *Pythium helicoides*

หลังจากปลูกเชื้อ *P. helicoides* ให้แก่ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดและเรดคอรัลที่ปลูกในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน มีระดับความรุนแรงของโรครากเน่า 1.67 มากกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ ซึ่งมีค่าระดับความรุนแรงเท่ากับ 1.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าระดับความรุนแรงเท่ากับ 1.25 มากกว่าตำรับควบคุมและตำรับทดลองอื่น ๆ ซึ่งมีค่าระดับความรุนแรงเท่ากับ 1.00 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 9)

เมื่อปล่อยให้เชื้อเข้าทำลายผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ เป็นเวลา 5 วัน พบว่า โรครากเน่าของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีค่าคงที่ทุกตำรับทดลอง ในขณะที่ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัล มีความรุนแรงมากขึ้น โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คมีระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มจาก 1.00 เป็น 1.50 ในขณะที่ตำรับทดลองอื่น ๆ มีค่าคงที่ ส่วนผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัลมีระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มจาก 1.00 เป็น 1.25 ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคในแต่ละตำรับทดลองของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัล พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 9)

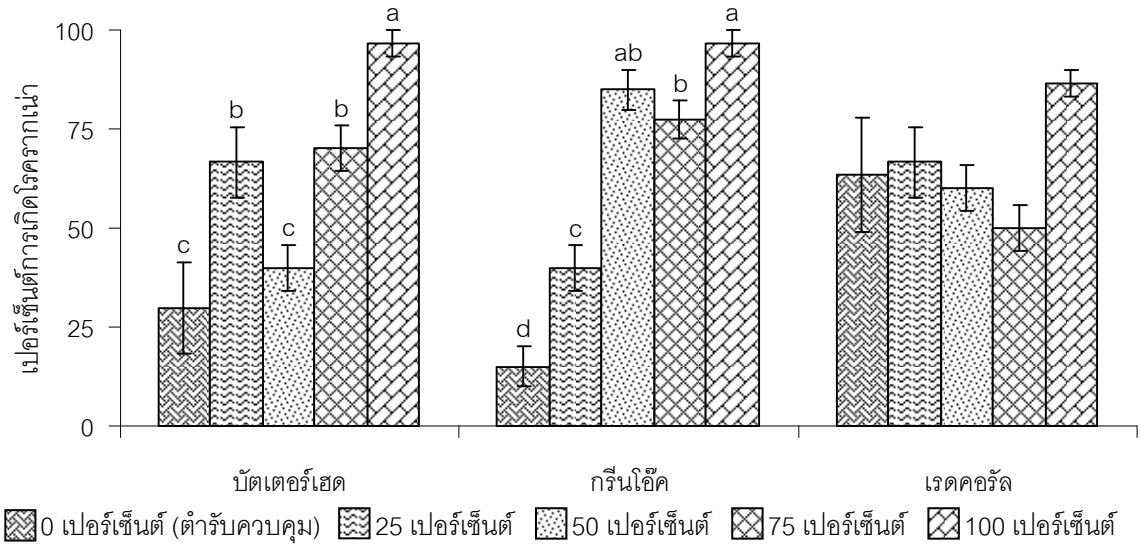
สำหรับระดับความรุนแรงของโรคในวันที่ 7 หลังจากปลูกเชื้อ พบว่า ความรุนแรงของโรครากเน่าของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มจาก 1.00 เป็น 1.25 ในขณะที่ตำรับทดลองอื่น ๆ มีค่าคงที่ สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัล พบว่า ระดับความรุนแรงของโรคมีค่าคงที่ (รูปที่ 9)



ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT
ค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรค คือ : 0 = พืชปกติรากมีสีขาว ; 1 = รากมีสีน้ำตาลแดง ; 2 = รากมีสีน้ำตาลแดง-เน่า ; 3 = รากเน่าพืชเหี่ยวชั่วคราว ; 4 = รากเน่าพืชเหี่ยวถาวร ; 5 = ต้นพืชตาย

รูปที่ 9 ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium helicoides*

สำหรับเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่า พบว่า ตำรับควบคุมของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดเกิดโรครากเน่า 30.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดโรครากเน่า 66.67 70.00 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับควบคุมเกิดโรครากเน่า 15.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมทุกตำรับทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับควบคุมเกิดโรครากเน่ามากกว่าตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยแต่ละตำรับทดลองเกิดโรครากเน่า 63.33 60.00 และ 50.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 10)



ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

รูปที่ 10 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium helicoides*

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโต พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด มีน้ำหนักใบและลำต้นมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนัก 2.03 2.83 2.53 และ 1.61 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีน้ำหนักใบและลำต้น 2.22 กรัมต่อต้น มากกว่าตำรับควบคุมที่มีน้ำหนัก 1.60 กรัมต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด มีน้ำหนักใบและลำต้นมากกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีน้ำหนักใบและลำต้น 2.05 กรัมต่อต้น มากกว่าตำรับควบคุมที่มีน้ำหนัก 1.48 กรัมต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทำให้ใบและลำต้นของผักกาดหอมทุกพันธุ์มีน้ำหนักน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีน้ำหนัก 0.33 0.65 และ 0.43 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

การเจริญของรากและโคนของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด และเรดคอรัลมีการเจริญของรากและโคนมากกว่าตำรับควบคุม โดยพบว่าตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รากและโคนของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด และเรดคอรัลมีรากและโคน 1.02 และ 1.15 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมซึ่งมีน้ำหนัก 0.77 และ 0.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รากและโคนมีน้ำหนัก 1.04 และ 0.99 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่รากและโคนของตำรับควบคุมหนัก 0.84 กรัมต่อต้น น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รากและโคนของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีน้ำหนัก 0.67 0.52 และ 0.47 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium helicoides*

แอมโมเนียม (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น)					
	ใบและลำต้น			รากและโคน		
	Bh	Go	Rc	Bh	Go	Rc
0 (ตำรับควบคุม)	1.61c	1.60b	1.48b	0.77bc	0.84b	0.69c
25	2.03b	1.58b	1.71ab	0.83b	1.04a	0.88b
50	2.83a	2.22a	2.05a	1.02a	0.99a	1.15a
75	2.53a	1.39b	1.63b	0.83b	0.64c	0.93b
100	0.33d	0.65c	0.43c	0.67c	0.52d	0.47d
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	11.94	17.66	12.91	9.61	6.69	9.21

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

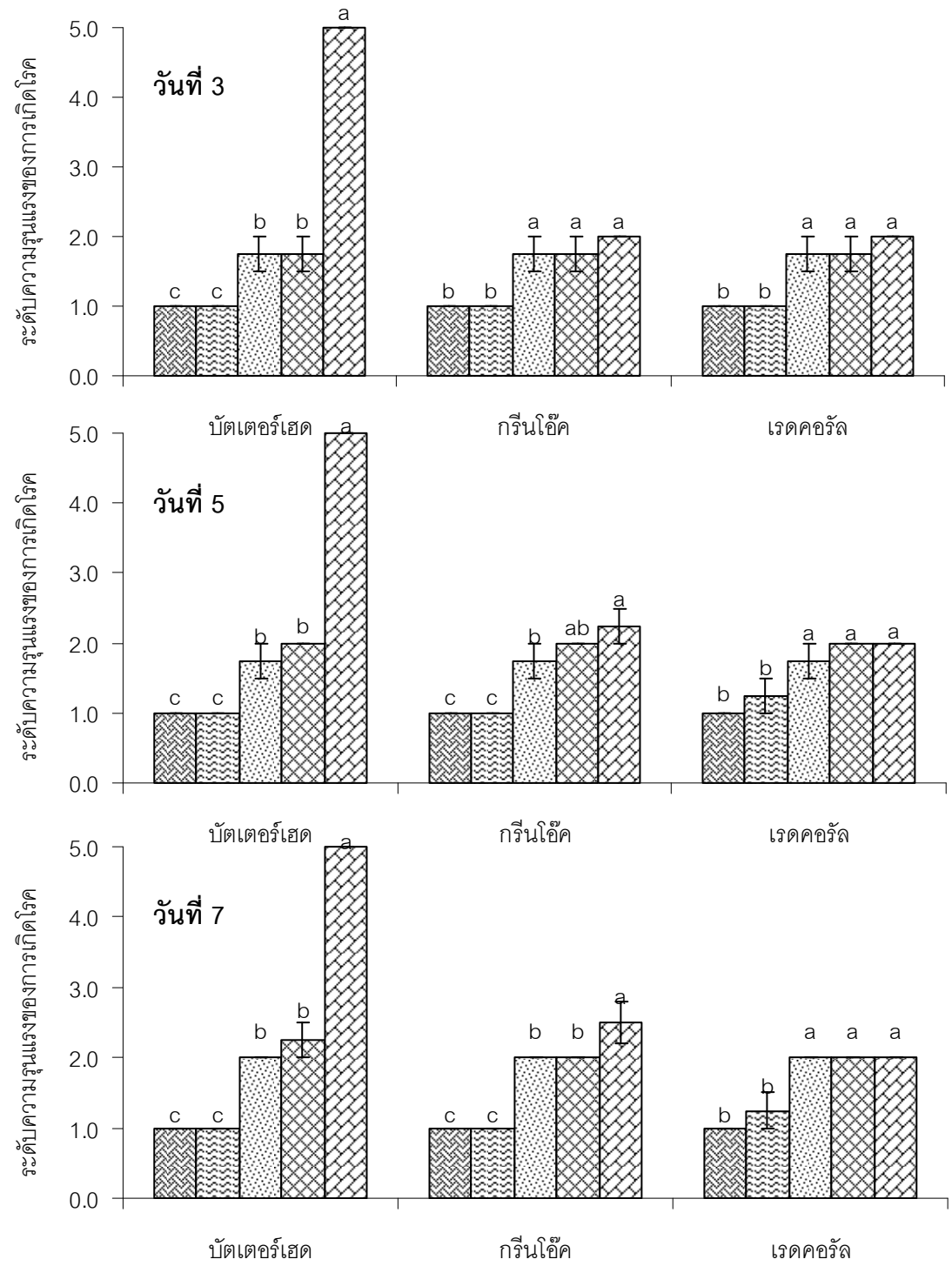
เมื่อ Bh = บัตเตอร์เฮด, Go = กรีนโอ๊ค, Rc = เรดคอรัล

3.3.4.3 **โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา** *Pythium carolinianum*

หลังจากปลูกเชื้อ *P. carolinianum* ให้แก่ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ระดับความรุนแรงของโรครากเน่าในตำรับทดลองที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน มีค่ามากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล มีระดับความรุนแรงของโรครากเน่ามากที่สุด คือ 5.00 2.00 และ 2.00 ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับควบคุมมีค่าความรุนแรงของโรคเท่ากับ 1.00 ทั้ง 3 พันธุ์ สำหรับตำรับทดลองที่ใช้ในรูปแอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าความรุนแรงของโรคเท่ากับ 1.00 ทั้ง 3 พันธุ์ (รูปที่ 11)

เมื่อปล่อยให้เชื้อเข้าทำลายผักกาดหอมเป็นเวลา 5 วัน พบว่า ระดับความรุนแรงของโรครากเน่าของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีความรุนแรงขึ้นเล็กน้อย โดยพบว่าความรุนแรงของโรคในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.75 เป็น 2.00 ทุกพันธุ์ และระดับความรุนแรงของโรคในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ของผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัลมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.00 เป็น 1.25 อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของโรคในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีค่ามากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับวันที่ 3 หลังปลูกเชื้อ (รูปที่ 11)

สำหรับวันที่ 7 หลังปลูกเชื้อ พบว่า ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีระดับความรุนแรงของโรครากเน่าในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นจาก 1.75 เป็น 2.00 นอกจากนี้ยังพบว่าผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีค่าความรุนแรงของโรคในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นจาก 2.00 เป็น 2.25 อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของโรคในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีค่ามากกว่าตำรับควบคุม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (รูปที่ 11)

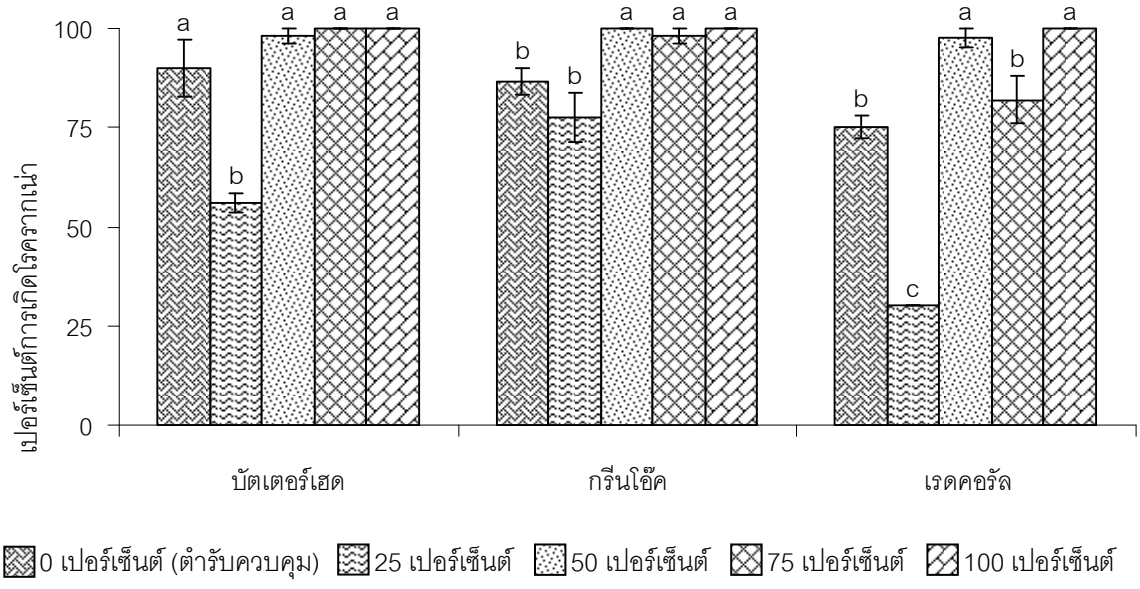


ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

ค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรค คือ : 0 = พืชปกติรากมีสีขาว ; 1 = รากมีสีน้ำตาลแดง ; 2 = รากมีสีน้ำตาลแดง-เน่า ; 3 = รากเน่าพืชเหี่ยวชั่วคราว ; 4 = รากเน่าพืชเหี่ยวถาวร ; 5 = ต้นพืชตาย

รูปที่ 11 ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium carolinianum*

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีการเกิดโรค 100.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุมที่เกิดโรคเพียง 90.00 เปอร์เซ็นต์ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีการเกิดโรค 56.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมเกิดโรครากเน่ามากกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดโรค 100.00 98.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เกิดโรครากเน่า 97.50 82.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าตำรับควบคุมที่เกิดโรค 72.00 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัลเกิดโรค 30.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) (รูปที่ 12)



ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

รูปที่ 12 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium carolinianum*

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของผักกาดหอม พบว่า การปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารพืชใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต ทำให้ใบและลำต้นมีน้ำหนักมากกว่าตำรับควบคุม ยกเว้น ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ โดยผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ใบและลำต้นมีน้ำหนัก 4.82 3.60 และ 3.41 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมซึ่งมีน้ำหนัก 2.79 กรัมต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบและลำต้นมีน้ำหนักมากที่สุด คือ 3.52 และ 3.86 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมซึ่งมีน้ำหนัก 2.65 และ 2.42 กรัมต่อต้น ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม การปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารพืชใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดตาย ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัลมีใบและลำต้น 0.30 และ 0.13 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 9)

สำหรับน้ำหนักรากและโคนของผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารพืชใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีน้ำหนักรากและโคนน้อยกว่าตำรับควบคุม สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า มีเพียงตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ที่สามารถทำให้มีน้ำหนักรากและโคน 1.11 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าตำรับควบคุมที่มี 1.02 กรัมต่อต้น ส่วนสำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รากและโคนของผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัลมีน้ำหนักมากกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีน้ำหนักรากและโคน 1.20 กรัมต่อต้น มากกว่าตำรับควบคุมที่มีรากและโคน 0.95 กรัมต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดตาย ในขณะที่รากและโคนของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัลมีน้ำหนัก 0.70 และ 0.46 กรัมต่อต้น ตามลำดับ น้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium carolinianum*

แอมโมเนียม (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น)					
	ใบและลำต้น			รากและโคน		
	Bh	Go	Rc	Bh	Go	Rc
0 (ตำรับควบคุม)	2.79c	2.65b	2.42b	1.18a	1.02ab	0.95b
25	4.82a	3.52a	3.86a	1.07ab	0.94abc	0.99b
50	3.60b	2.43b	2.32b	1.02b	1.11a	1.20a
75	3.41b	2.29b	2.06b	0.98b	0.82bc	0.85b
100	0.00c	0.30c	0.13c	0.00c	0.70c	0.46c
F-test	**	**	**	**	*	**
C.V. (%)	8.68	12.65	11.80	8.68	12.01	11.32

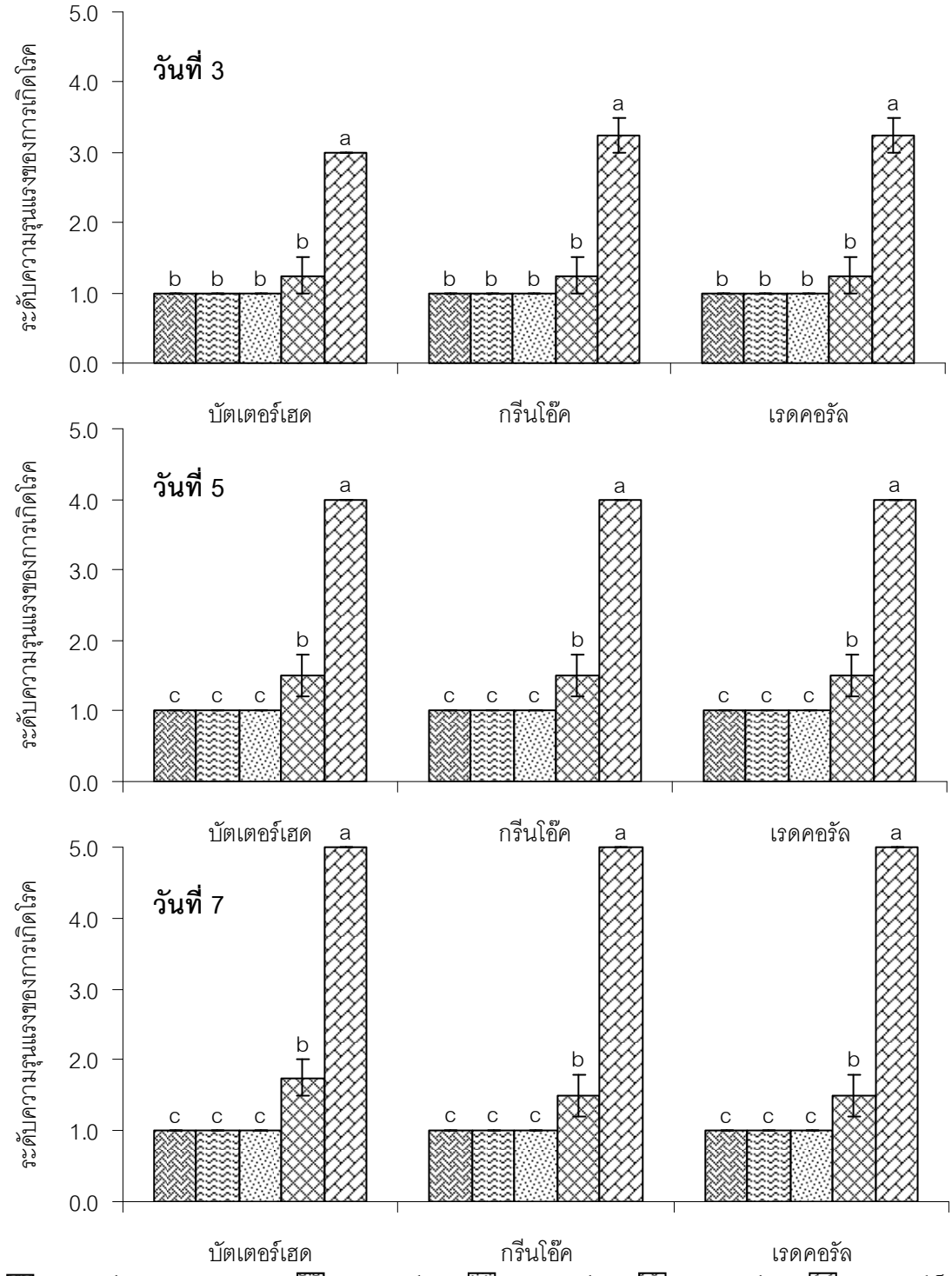
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT
เมื่อ Bh = บัตเตอร์เฮด, Go = กรีนโอ๊ค, Rc = เรดคอรัล

3.3.4.4 **โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา** *Pythium dissotocum*

ความรุนแรงของโรครากเน่าในของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล ที่เกิดจากเชื้อรา *P .dissotocum* หลังจากปลูกเชื้อ 3 วัน พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมมีค่าระดับความรุนแรงของโรคมากกว่าตำรับควบคุม โดยเฉพาะตำรับที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าระดับความรุนแรงของโรคเท่ากับ 3.00 3.25 และ 3.25 ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมที่มีระดับความรุนแรงของโรคเท่ากับ 1.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีระดับความรุนแรงของโรค 1.00 เท่ากับตำรับควบคุม (รูปที่ 13)

หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 5 วัน พบว่า ตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของผักกาดหอมทุกพันธุ์มีระดับความรุนแรงของโรคเท่ากับ 1.00 ซึ่งคงที่ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีความรุนแรงของโรครากเน่ามากขึ้น และมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ ระดับความรุนแรงของโรคของผักกาดหอมทุกพันธุ์มีค่าเท่ากับ 1.50 ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ระดับความรุนแรงของโรคของผักกาดหอมทุกพันธุ์มีค่าเท่ากับ 4.00 (รูปที่ 13)

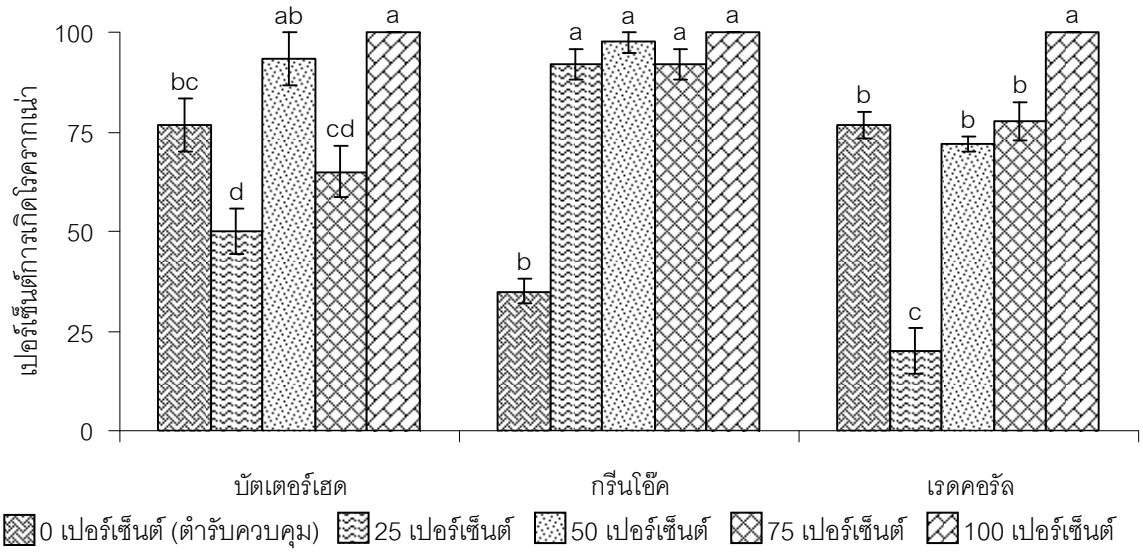
สำหรับวันที่ 7 หลังปลูกเชื้อ พบว่า ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ ระดับความรุนแรงของโรครากเน่าในตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคงที่ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮมีความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นจาก 1.50 เป็น 1.75 ในขณะที่ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัล มีค่าคงที่ แต่ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีระดับความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นจาก 4.00 เป็น 5.00 ซึ่งรุนแรงกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (รูปที่ 13)



ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT
ค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรค คือ : 0 = พืชปกติรากมีสีขาว ; 1 = รากมีสีน้ำตาลแดง ; 2 = รากมีสีน้ำตาลแดง-เน่า ; 3 = รากเน่าพืชเหี่ยวชั่วคราว ; 4 = รากเน่าพืชเหี่ยวถาวร ; 5 = ต้นพืชตาย

รูปที่ 13 ความรุนแรงของโรครากเน่าในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium dissotocum*

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมทุกพันธุ์เกิดโรครากเน่ามากที่สุด คือ 100.00 เปอร์เซนต์ มากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ตำรับทดลองที่ทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดเกิดโรค 50.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตำรับควบคุมที่เกิดโรค 76.67 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมทุกตำรับทดลองมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตำรับควบคุมเกิดโรค 35.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ตำรับทดลองที่ทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เกิดโรค 92.00 97.00 และ 92.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดโรคน้อยที่สุด คือ 20.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าตำรับควบคุมที่เกิดโรค 76.67 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (รูปที่ 14)



ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

รูปที่ 14 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต หลังปลูกเชื้อรา *Pythium dissotocum*

การเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีน้ำหนักใบและลำต้นมากที่สุด คือ 6.53 4.75 และ 4.53 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มากกว่าตำรับควบคุมซึ่งมีใบและลำต้น 5.86 2.69 และ 2.88 กรัมต่อต้น ตามลำดับ โดยเฉพาะผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คและเรดคอรัล ซึ่งพบว่ามีใบและลำต้นมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ผักกาดหอมทุกพันธุ์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10)

สำหรับรากและโคน พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดมีการเจริญของส่วนรากและโคนได้ดีที่สุดในตำรับควบคุม โดยมีน้ำหนัก 1.46 กรัมต่อต้น ในขณะที่ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมมีน้ำหนักรากและโคนน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คสามารถเจริญได้ดีที่สุดในตำรับควบคุมเช่นเดียวกัน โดยมีน้ำหนักรากและโคน 1.39 กรัมต่อต้น สำหรับผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรัล พบว่า รากและโคนสามารถเจริญได้ดีที่สุดในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนัก 1.32 กรัมต่อต้น มากกว่าตำรับควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักรากและโคน 1.06 กรัมต่อต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ รากและโคน ของผักกาดหอมทุกพันธุ์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 น้ำหนักของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตหลังปลูกเชื้อรา *Pythium dissotocum*

แอมโมเนียม (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น)					
	ใบและลำต้น			รากและโคน		
	Bh	Go	Rc	Bh	Go	Rc
0 (ตำรับควบคุม)	5.86a	2.69c	2.88b	1.46a	1.39a	1.06b
25	5.92a	1.98d	2.31c	1.28b	0.86c	1.04b
50	6.53a	4.75a	4.53a	1.26b	1.16b	1.32a
75	5.09b	3.49b	1.06d	0.90c	0.74d	0.70c
100	0.00c	0.00e	0.00e	0.00d	0.00e	0.00d
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9.44	14.10	12.90	11.07	5.62	11.32

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยวิธี DMRT

เมื่อ Bh = บัตเตอร์เฮด, Go = กรีนโอ๊ค, Rc = เรดคอรัล

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 เชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

เชื้อรา *Pythuim* spp. เป็นเชื้อราสาเหตุสำคัญของโรครากเน่า (root rot) ในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ (Favrin *et al*., 1988) ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายให้แก่รากของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ได้อย่างรุนแรง ทำให้รากมีสีน้ำตาลถึงดำ เกิดการเน่า รากที่เกิดใหม่สั้นกุด การยืดยาวและแผ่ขยายได้น้อย ส่งผลให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมลดลง โดยในสภาพที่เชื้อเข้าทำลายและมีการแพร่กระจายมากกว่าปกติประมาณ 10 เท่า ทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของผักกาดหอมลดลงประมาณ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ (พรหมมาศ, 2548) และจากการสุ่มเก็บผักกาดหอมที่มีอาการของโรครากเน่าซึ่งปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการ นนทบุรี เพชรบุรี กระบี่ ภูเก็ต และสงขลา ซึ่งมีการปลูก 2 แบบ คือ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) และ Nutrient Film Technique (NFT) พบว่า สามารถคัดแยกเชื้อรา *Pythuim* spp. ได้ 18 สายพันธุ์ (ตารางที่ 3) เมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรครากเน่ากับผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮด (Butterhead) กรีนโอ๊ค (Green oak) และเรดคอรัล (Red coral) พบว่า เชื้อรา *Pythuim* spp. สายพันธุ์ PR-7 PR-10 PR-12 และ PR-14 ทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมเกิดโรครากเน่าได้อย่างรุนแรง โดยทำให้รากมีอาการเน่าสีดำและต้นพืชเหี่ยวถาวร (ตารางที่ 4) โดยพบว่าเชื้อรา *Pythuim* spp. สายพันธุ์ PR-10 สามารถทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมเกิดโรคได้อย่างรุนแรงที่สุด และเป็นที่น่าสังเกตว่าเชื้อรา *Pythuim* spp. สายพันธุ์ PR-10 PR-12 และ PR-14 เป็นเชื้อราที่คัดแยกได้จากรากของผักกาดหอมที่ปลูกแบบ DRFT ซึ่งเป็นระบบปลูกที่หากทำความสะอาดเฉพาะโต๊ะปลูก เชื้อโรคยังสะสมอยู่ในถังบรรจุสารละลายหรือบนถาดโฟมที่ใช้ปลูกพืช และการแบ่งเก็บผลผลิต พร้อมทยอยปลูกพืชทำให้การระบาดของโรคเกิดขึ้นได้ง่าย นอกจากนั้นการนำสารละลายธาตุอาหารที่มีเชื้อสาเหตุปนเปื้อนนำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอนุบาลต้นกล้าก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งเสริมการระบาดของโรค ในขณะที่เชื้อรา *Pythuim* spp. สายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคต่ำหรือมีค่าความรุนแรงของโรค 0.00 (รากพืชมีสีขาวปกติ) ถึง 1.00 (รากมีสีน้ำตาลแดง) พบว่า มี 3 สายพันธุ์

คือ PR-11 PR-13 และ PR-17 เป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากรากของผักกาดหอมที่ปลูกแบบ NFT (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นระบบการปลูกที่มีระบบการจัดการควบคุมคุณภาพของสารละลายโดยมีระบบเตรียมสารละลายอัตโนมัติ สามารถควบคุมค่าพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดเวลา และยังมีระบบกรองน้ำ จึงช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรครากเน่าลงได้ ดังนั้นนอกจากสายพันธุ์ของเชื้อรา *Pythuim* spp. แล้ว รูปแบบการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความรุนแรงของโรครากเน่า

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการของเชื้อรา *Pythuim* spp. สายพันธุ์ PR-7 PR-10 PR-12 และ PR-14 เพื่อจำแนกสายพันธุ์โดยใช้คู่มือการจำแนกสายพันธุ์เชื้อรา *Pythium* spp. ของ Plaats-Niterink (1981) และประไพพร (2537) พบว่า เชื้อราทั้ง 4 สายพันธุ์สามารถจำแนกได้เป็น P. *myriotylum* (รูปที่ 3) *P. helicoides* (รูปที่ 4) *P. carolinianum* (รูปที่ 5) และ *P. dissotocum* (รูปที่ 6) ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์ของเชื้อรา *Pythuim* spp. ที่มีรายงานว่าเป็นสายพันธุ์ที่สามารถตรวจพบได้เป็นประจำในการปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ ได้แก่ *P. myriotylum* และ *P. dissotocum* (Stanghellini *et al*., 1998) สำหรับประเทศไทย พรหมมาศ และคณะ (2547) ได้รายงานว่าสามารถตรวจพบเชื้อรา *Pythium* spp. ปนเปื้อนอยู่ในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบที่มีวัสดุปลูก สำหรับใช้ปลูกแตงกวายุโรป ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 4 สายพันธุ์ คือ *P. aphanidermatum* *P. carolinianum* *P.* group G และ *P.* group HS โดย *P. carolinianum* เป็นสายพันธุ์ที่ตรวจพบได้ในสารละลายธาตุอาหารปริมาณความถี่มากที่สุดรองลงมาคือ *P. aphanidermatum* นอกจากนี้ พรหมมาศ และคณะ (2548) ยังได้การศึกษาและสำรวจโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. ของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า สามารถคัดแยกเชื้อรา *P. aphanidermatum* *P. myriotylum* และ *P.* group F ได้จากบริเวณรากของผักกาดหอม โดยเชื้อที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าแต่ไม่แสดงอาการโคนเน่าส่วนใหญ่ ได้แก่ *P. myriotylum* ซึ่งสามารถพบเชื้อดังกล่าวได้เป็นประจำถึง 17 ตัวอย่าง โดยเชื้อ *P. myriotylum* จะก่อให้เกิดการระบาดของโรคเมื่อมีสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวย เช่น ในสภาพอากาศร้อนจัดประกอบกับพืชมีอาการอ่อนแอ ในขณะที่เชื้อ *P. aphanidermatum* ซึ่งพบเพียง 1 ตัวอย่าง ทำให้พืชแสดงอาการรากเน่าและโคนเน่า และจะพบได้ในแปลงที่มีการระบาดของโรคเกิดขึ้นอย่างรุนแรงเท่านั้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเชื้อ *P. myriotylum* *P. helicoides* *P. carolinianum* และ *P. dissotocum* ที่ก่อให้เกิดโรครากเน่านั้นเป็นสายพันธุ์ที่สามารถพบได้เป็นประจำในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ ดังนั้นการจัดการเพื่อควบคุมปริมาณเชื้อที่สามารถพบได้เป็นประจำให้อยู่ในระดับปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดโรค จึงน่าจะเป็นอีก

แนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยควบคุมโรครากเน่าและลดความเสียหายของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ได้

4.2 ผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp.

โรครากเน่าของผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์โดยเชื้อรา *Pythium* spp. นั้น เป็นผลมาจาก zoospore ซึ่งเกิดภายใน sporangium สัมผัสกับรากพืช แล้วสร้าง germ tube หรือเส้นใยยืดยาวเข้าไปในรากพืช แล้วปลดปล่อยเอนไซม์บางชนิด เช่น เซลลูโลไลทิค (cellulolytic) (Plaats-Niterink, 1981) ทำให้เนื้อเยื่อของรากถูกทำลาย และเกิดการเน่าเปื่อย การปลดปล่อย zoospore ของเชื้อรา *Pythium* spp. จะเกิดขึ้นในน้ำเท่านั้น นอกจากนี้การปลดปล่อย zoospore ยังสามารถกระตุ้นได้ด้วยแมกนีเซียม โพแทสเซียม และแคลเซียม (Yang and Mitchell, 1965) ธาตุเหล่านี้เป็นส่วนผสมของสารละลายธาตุอาหารซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์เช่นกัน ดังนั้นเชื้อรา *Pythium* spp. จึงสามารถปลดปล่อย zoospore และแพร่กระจายในสารละลายธาตุอาหารได้อย่างรวดเร็ว

เชื้อรา *Pythium* spp. ที่คัดแยกได้ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีการสร้าง sporangium และจากการทดสอบผลของแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อการสร้าง sporangium พบว่า แอมโมเนียมทำให้ *P. myriotylum* และ *P. helicoides* สร้าง sporangium ได้น้อยลง (ตารางที่ 5) สำหรับผลของแอมโมเนียมต่อการสร้างเส้นใย จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ชัดว่า แอมโมเนียมเป็นพิษต่อเชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ เนื่องจากเส้นใยของเชื้อรา *Pythium* spp. มีน้ำหนักลดลงเมื่อใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ (171 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจากการดูดใช้แอมโมเนียมของเชื้อราจะมีไฮโดรเจนไอออนถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลาย ทำให้สารละลายมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Paulitz, 2002) และการดูดใช้แอมโมเนียมจะทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนอย่างรวดเร็ว ในที่สุดจะทำให้เกิดมลภาวะในสารละลายส่งผลให้การเจริญของเชื้อราลดลง (ดวงพร, 2545)

นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า การลดลงของ sporangium และน้ำหนักเส้นใยของเชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ (ตารางที่ 5 และ 6) สอดคล้องกับระดับความรุนแรงของโรค โดยเฉพาะในตำรับทดลองที่มีการใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต ในขณะที่ผักกาดหอมเจริญเติบโตได้มากขึ้น ยกเว้น ตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

4.3 ผลของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเกิดโรครากเน่าและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

4.3.1 การเกิดโรครากเน่า

ระดับความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเน่าของผักกาดหอมที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. จากรูปที่ 7 และ 8 จะเห็นได้ชัดว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรต โดยปริมาณแอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน สามารถลดความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าที่เกิดเชื้อรา *P. myriotylum* โดยการใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรต 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบการเจริญของเชื้อ *P. myriotylum* ที่พบว่าการใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้ได้จำนวน sporangium และน้ำหนักเส้นใยลดลง ทั้งนี้เพราะการใช้แอมโมเนียมสามารถลดความรุนแรงของโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ซึ่ง Huber และ Watson (1974) รายงานว่าการใช้แอมโมเนียมสามารถลดการเกิดโรครากเน่าของข้าวโพดและถั่วพีซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ นอกจากนั้นมีการใช้แอมโมเนียม 2 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อฆ่าเชื้อรา ป้องกันการเข้าทำลายในระหว่างการเพาะเมล็ดข้าวโพดได้ ซึ่งพบว่าไม่มีเมล็ดข้าวโพดเสียหายจากการเข้าทำลายของเชื้อรา (Bothast *et al*., 1972) สำหรับความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. helicoides* (รูปที่ 9 และ 10) นั้นการใช้แอมโมเนียมไม่สามารถลดความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าได้ และเมื่อใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ความรุนแรงของการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบผลของแอมโมเนียมต่อการสร้าง sporangium ที่พบว่าการใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ได้จำนวน sporangium สูงสุด สำหรับเชื้อรา *P. carolinianum* (รูปที่ 11 และ 12) การใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความรุนแรงได้ใกล้เคียงกับตำรับควบคุมซึ่งใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าได้สูงสุด สำหรับ *P. dissotocum* (รูปที่ 13 และ 14) จะเห็นได้ว่าความรุนแรงของโรครากเน่าในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับตำรับควบคุมที่ใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบผลของแอมโมเนียมต่อการสร้างจำนวน sporangium ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าลดลงเมื่อใช้แอมโมเนียม 25 เปอร์เซ็นต์

สอดคล้องกับข้อมูลความเข้มข้นของแอมโมเนียม ซึ่งพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวเชื้อ *P. dissotocum* สร้างน้ำหนักเส้นใยได้น้อยที่สุด

นอกจากนี้ เมื่อพิจาณาความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเน่าของผักกาดหอมที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ ในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ชัดว่า ผักกาดหอมเกิดโรครากเน่ารุนแรงและมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากขึ้น โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกเชื้อ *P. carolinianum* และ *P. dissotocum* นั้นแสดงอาการโรครากเน่า 100 เปอร์เซ็นต์ สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากความเป็นพิษของแอมโมเนียม เนื่องจากในสภาพที่มีแอมโมเนียมความเข้มข้นสูงจะทำลายเนื้อเยื่อของรากผักกาดหอม (Bloom *et al*., 1992) โดยแอมโมเนียมที่อยู่บริเวณรากจะทำให้เกิดสภาพที่เป็นกรดยับยั้งการหายใจของราก (Vines and Wedding, 1960) ทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมภายในเซลล์เกิดช้าหรือหยุดชะงัก อัตราการเจริญเติบโตลดลง (ยงยุทธ, 2546) ส่งผลให้เชื้อสาเหตุที่มีอยู่ในสารละลายสามารถก่อให้เกิดการระบาดของของโรคเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย คือ อากาศร้อนจัดทำให้พืชมีอาการอ่อนแอ

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการใช้แอมโมเนียมจะไม่สามารถทำให้ความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผักกาดหอมลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าผักกาดหอมในตำรับทดลองที่ใช้ของแอมโมเนียมร่วมกับไนเทรตมีการเจริญเติบโตในส่วนของราก โคน ลำต้น และใบ มากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ไนเทรตเพียงอย่างเดียว

4.3.2 การเจริญเติบโตของผักกาดหอม

พืชสามารถดูดใช้ไนโตรเจนทั้งที่อยู่ในรูปของไนเทรต และแอมโมเนียม ดังนั้นการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยการใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบไนเทรตเพียงอย่างเดียว หรือใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบไนเทรตร่วมกับไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบแอมโมเนียม โดยกำหนดให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากัน พืชก็ย่อมจะได้รับไนโตรเจนเท่ากันด้วย แต่จากการทดลอง พบว่า ถึงแม้สารละลายธาตุอาหารพืชของทุกตำรับทดลองจะมีไนโตรเจนทั้งหมด 171 มิลลิกรัมต่อลิตร การเจริญเติบของผักกาดหอมกลับแตกต่างกัน และมีบางตำรับทดลองที่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายที่ใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรตมีน้ำหนักใบและลำต้นมากกว่าการปลูกในสาระลายที่ใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากพืชสามารถดูดใช้และนำ

แอมโมเนียมไปเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการใช้ไนเทรต (Bloom *et al*., 1992) เห็นได้อย่างชัดเจนในตำรับทดลองที่ปลูกผักกาดหอมในสารละลายที่ใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรต 50 : 50 เปอร์เซ็นต์ (86 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งพบว่าสามารถทำให้ผักกาดหอมที่แสดงอาการโรครากเน่าจากเชื้อ *P. myriotylum P. helicoides P. carolinianum* และ *P. dissotocum* มีน้ำหนักใบและลำต้นมากที่สุด (ตารางที่ 7 8 9 และ 10) สอดคล้องกับ Zhang และคณะ (2007) ซึ่งรายงานว่า การใช้สารละลายที่ใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรต 50 : 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้กะหล่ำปลี (*Brassica campestris* L.) แต่ละต้นมีน้ำหนักมากกว่าการปลูกในสารละลายที่ใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าไนโตรเจนรูปแอมโมเนียมส่งเสริมการสะสมน้ำหนักได้ดีกว่าการใช้ไนเทรตเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักของผักกาดหอมซึ่งมีอายุได้ 27 วันจึงทำการปลูกเชื้อ *P. myriotylum P. helicoides P. carolinianum* และ *P. dissotocum* มีค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรครากเน่าในตำรับทดลองที่ใช้แอมโมเนียม 0 25 50 75 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 1.00 (รากมีสีน้ำตาลแดง) ถึง 2.25 (รากมีสีน้ำตาลแดง-เน่า) ซึ่งหากผักกาดหอมไม่เกิดโรครากเน่าเมื่อมีอายุได้ 28 และ 30 วัน จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (จีราวรรณ, 2546) แต่การเกิดโรครากเน่าส่งผลทำให้ผักกาดหอมชะงักการเจริญเติบโต เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแม้ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 10.00 เปอร์เซ็นต์ จากเชื้อ *P. myriotylum* ก็ส่งผลทำให้ผักกาดหอมชะงักการเจริญเติบโต

ถึงแม้ว่าการใช้แอมโมเนียมจะช่วยให้ผักกาดหอมสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น แต่การใช้แอมโมเนียมมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดของสารละลายสูตรมาตรฐาน พบว่า ผักกาดหอมทุกสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตได้น้อย โดยเฉพาะการใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชแสดงอาการเป็นพิษ โดยแอมโมเนียมอาจยับยั้งการสร้าง ATP ในคลอโรพลาสต์และไมโทคอนเดรีย ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์เกิดช้าหรือหยุดชะงักมีผลให้การสะสมน้ำหนักลดลง และแอมโมเนียมที่มีมากก่อให้เกิดภาวะปฏิปักษ์ในการดูดแคตไอออนอื่นส่งผลให้ดูดแคลเซียมได้น้อยลง (ยงยุทธ, 2546) โดย Huett (1994) ได้รายงานว่าแคลเซียมมีบทบาทช่วยในการยืดตัวของปลายราก ซึ่งหากรากพืชไม่ได้รับแคลเซียมจากสารละลายธาตุอาหารจะหยุดยืดตัวภายใน 2-3 ชั่วโมง สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าผักกาดหอมมีน้ำหนักใบและลำต้น รวมทั้งรากและโคนน้อยกว่าตำรับควบคุมที่ใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างเห็นได้ชัดทุกตำรับทดลอง ในขณะที่ Tian และ Li (2005) ได้รายงานว่าผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L. cv. Angustana Iris) มีน้ำหนักสดรวม 303.6 กรัมต่อกระถาง

เมื่อปลูกในสารละลายที่ใช้แอมโมเนียม 168 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในกระถางที่ใช้ไนเทรต 168 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดรวม 351.6 กรัมต่อกระถาง ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Lasa และคณะ (2001) ได้รายงานว่าการปลูกปวยเล้ง (*Spinacea oleracea* L.) ในวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดิน และให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีไนโตรเจนทั้งหมด 140 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้แอมโมเนียมและไนเทรต พบว่า การใช้ไนเทรตทำให้ปวยเล้งมีพื้นที่ใบ 583 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่การใช้แอมโมเนียมทำให้ ปวยเล้งมีพื้นที่ใบ 47 ตารางเซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และส่งผลให้น้ำหนักแห้งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

สำหรับการเจริญในส่วนของรากและโคน จากตารางที่ 7 8 9 และ 10 จะเห็นได้ว่า การใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรต ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักของรากและโคนมากกว่าการใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ แต่การใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรตในอัตราที่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า รากและโคนจะมีน้ำหนักน้อยกว่าการใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Elmer และ LaMondia (1999) ได้รายงานว่า การใช้ปุ๋ยไนเทรตกับสตรอเบอรีที่เกิดโรครากเน่าดำ (black root rot) รากมีน้ำหนักสด 32 กรัม ในขณะที่การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมรากมีน้ำหนักสด 30 กรัม สาเหตุที่ทำให้รากและโคนจะมีน้ำหนักน้อยคาดว่าเกิดจากการที่แอมโมเนียมได้เข้าทำลายราก ทำให้การหายใจ การดูดน้ำและธาตุอาหารลดลง ประกอบกับการเกิดโรครากเน่า ซึ่งสอดคล้องกับระดับความรุนแรงของโรครากเน่า (รูปที่ 7 9 11 และ 13) พบว่าการใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่เกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *P. carolinianum* และ *P. dissotocum* และผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค และเรดคอรัล ที่เกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *P. dissotocum* มีค่าระดับความรุนแรงของการเกิดโรครากเน่า 5.00 (ต้นผักตาย) และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่า (รูปที่ 8 10 12 และ 14) พบว่า การใช้แอมโมเนียมร่วมกับไนเทรตในอัตราที่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้แอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจะมากกว่าการใช้ไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมร่วมกับไนเทรต 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างเห็นได้ชัด

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุป

1.1 การเก็บตัวอย่างรากและการแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากตัวอย่างราก

การสุ่มเก็บผักกาดหอมที่มีอาการโรครากเน่าในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ สามารถคัดแยกเชื้อรา *Pythium* spp. สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรคได้อย่างรุนแรง 4 สายพันธุ์ คือ *Pythium myriotylum* Drechsler *Pythium helicoides* Drechsler *Pythium carolinianum* Matthews และ *Pythium dissotocum* Drechsler

1.2 ผลของแอมโมเนียมต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp

แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ทำให้เชื้อรา *P. myriotylum* *P. helicoides* และ *P. dissotocum* สร้างจำนวน sporangium ได้น้อยลง ส่วนแอมโมเนียมที่ระดับความเข้มข้น 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายธาตุอาหารพืชเป็นพิษต่อเชื้อรา *Pythium myriotylum* *Pythium helicoides* *Pythium carolinianum* และ *Pythium dissotocum* โดยทำให้มีน้ำหนักลดลง โดยเฉพาะการใช้แอมโมเนียมแทนไนเทรต 100 เปอร์เซ็นต์

1.3 ผลของแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเกิดโรครากเน่าและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีการใช้แอมโมเนียม 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสามารถลดความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าที่เกิดเชื้อรา *P. myriotylum* ได้ และทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักใบและลำต้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไนเทรตเพียงอย่างเดียว

2. ข้อเสนอแนะ

เชื้อรา *Pythium* spp. ที่ก่อให้เกิดโรครากเน่าแก่ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์เป็นสายพันธุ์ที่สามารถพบได้เป็นประจำในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีไนเทรตเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน แต่การใช้แอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารในสัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสามารถลดความรุนแรงและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าจากเชื้อ *P. myriotylum* ได้ ดังนั้นการใช้แอมโมเนียมในสารละลายจึงน่าจะเป็นอีกแนวทางในการช่วยควบคุมปริมาณเชื้อให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดโรครากเน่าในระบบไฮโดรโพนิกส์ได้

การใช้แอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโรครากเน่าโดยชีววิธี (biological control) ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการควบคุมโรครากเน่าในระบบไฮโดรโพนิกส์ได้แก่ เชื้อ *Trichoderma harzeanum* *Pythium oligandrum* และ *Bacillus subtilis* โดยเฉพาะ *Trichoderma harzeanum* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *Pythium* spp. จะช่วยส่งเสริมให้สามารถควบคุมปริมาณเชื้อสาเหตุให้อยู่ในระดับไม่ก่อให้เกิดโรครากเน่าในระบบไฮโดรโพนิกส์ได้

เอกสารอ้างอิง

จีราวรรณ ศรียาภัย. 2546. การพัฒนาสูตรสารละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิค. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงพร คันธโชติ. 2545. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ถวิล สุขวงษ์. 2546. การปลูกพืชไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์แม็ค จำกัด.

ธีรินมาศ บางชวด. 2544. การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจของการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2545. ผักกาดหอม [online]. Available from http://www.doae.go.th/ library /html/detail/ lettuce/lettuce o1.htm [2009, July].

ประไพพร ศิริคติธรรม. 2537. อนุกรมวิธานและความสามารถในการทำให้เกิดโรคพืชของเชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกได้จากดินเพาะปลูกในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประสาทพร สมิตะมาน. 2534. โรคพืชวิทยา. เชียงใหม่ : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ. 2548. เทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2547. Zoosporic pathogens บทบาทสำคัญในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ว.วิทยาศาสตร์ประยุกต์ 1 : 49-53.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ Pythium ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2550. โรคและการป้องกันกำจัดโรคในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เมฆ จันทน์ประยูร. 2541. ผักสวนครัว. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไททรรศน์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณวิไล อินทนู. 2547. การวินิจฉัยโรคพืชและการจัดการโรค. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาสนา ฤทธิ์ไธสง, วรรณวิไล อินทนู, จิระเดช แจ่มสว่าง และ ชวลิต ฮงประยูร. 2548. การควบคุมโรคเน่าระดับดินและโรครากเน่าของมะเขือเทศสาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ด้วยการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ร่วมกับธาตุแคลเซียมและซิลิกอน. ว.วิทยาสารกำแพงแสน 3 : 8-17.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ศักดิ์ สุนทรสิงห์. 2537. โรคของผักและการป้องกันกำจัด. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2550. ระบบปลูกและความเหมาะสม. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Amsterdam : Elsevier Academic Press.

Bloom, A.J., Sukrapanna, S.S. and Warner, R.L. 1992. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. Plant Physiol., 99 : 1294-1301.

Bothast, R.J., Lancaster, E. B. and Hesseltine, C. W. 1972. Ammonia kills spoilage molds in corn. J. Dairy Sci., 56 : 241-245.

Copes, W.E., and Hendrix, F.F. 1996. Influence of NO^-3/NH^+_4 ratio, N, K, and pH on root rot of *Viola x wittrockiana* caused by *Thielaviopsis basicola*. Plant Dis., 80 : 869-884.

Elmer, W.H., and LaMondia, J.A. 1999. Influence of ammonium sulfate and rotation crops on strawberry black root rot. Plant Dis., 83 : 119-123.

Favrin, R.J., Rahe, J.E. and Mauza, B. 1988. *Pythium* spp. associated with crown rot of cucumbers in British Columbia greenhouses. Plant Dis., 72 : 683-687.

Gaag, D. J. and Wever, G. 2005. Conductiveness of different soiless growing media to *Pythium* root and crown rot of cucumber under near-commercial conditions. Plant Pathol., 112 : 31-41.

Heine, G., Tikum, G. and Horst, W.J. 2004. The effect of silicon on the infection by and spread of *Pythium aphanidermatum* in single roots of tomato and bitter gourd. J. Exp. Bot., 58 : 569-577.

Hewitt, E.S. 1975. Plant Mineral Nutrition. London : English University Press.

Huber, D.M. and Watson, R.D. 1974. Nitrogen form and plant disease. Annu. Rev. Phytopathol., 12 : 139-165.

Huett, D. O. 1994. Growth nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K : Ca ratio in solution. Aust. J. Agric. Res., 45 : 251-267.

Jones, J. B. 1997. Hydroponics : A practical guide for the soilless grower. Florida : st Lucie Press.

Koohakan, P., Ikeda H., Jaenaksorn, T., Tojo, M. and Kusakari, S. 2002. Effects of inorganic elements on the *in-vitro* growth of *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. J. Microbes Envi., 17 : 91-97.

Lasa, B., Frechilla, S., Lamsfus, C. and Aparicio-Tejo, P.M. 2001. The sensitivity to ammonium nutrition is related to nitrogen accumulation. Scientia Hort., 91 : 143-152.

Marschner, H. 1990. Mineral Nutrition of Higher Plants. London : Academic Press.

Mehrotra, R.S. and Garg, D.K. 1977. Effect of organic amendments and fungicides on root rot and wilt of pea (*Pisum sativum* L.). Plant Soil., 46 : 691-694.

Menge, J.A. and Marais, L.J. 2000. Soil environmental factors and their relationship to avocado root rot. Subtrop. Fr. N., 8 : 11-14.

Nyvall, F.R. 1999. Field Crop Diseases. Iowa : Iowa State University.

Paulitz, T. C. 2002. Impacts and management of soil acidity under direct seed systems-effects on soilborne crop pathogens. Proceeding of the Northwest Direct Seed Cropping Systems Conference[online], Available. http://pnwsteep.wsu.edu/directseed/conf2k2/dscpaulitz.htm[2008, July].

Plaats-Niterink, A.J.V. 1981. Monograph of the Genus *Pythium*. Centraalbureau Voor Schimmelculture, Baarn. Inst. Roy. Neth. Acad. Sci. Lets. Mycol. No.21.

Raftoyannis, Y. and Dick, M.W. 2006. Zoospore encystment and pathogenicity of *Phytophthora* and *Pythium* species on plant roots. Microbiol. Res., 161 : 1-8.

Stanghellini, M.E. and Rasmussen, S.L. 1994. Hydroponics: A solution for zoosporic pathogens. Plant Dis., 78 : 1129-1138.

Stanghellini, M.E., Kim, D.H., Rakocy. J., Gloger, K. and Klinton, H. 1998. First report of root rot of hydroponically grown lettuce caused by *Pythium myriotylum* in a commercial production facility. Plant Dis., 82 : 831.

Tian, X.H. and Li, S.H. 2005. Effects of high ammonium concentration on growth and nutrient uptake of lettuce plants with solution culture. Agricultural Sciences in China., 4 : 833-838.

Toppe, B. and Thinggaard, K. 1998. Prevention of Phytophthora root rot in gerbera by increasing copper ion concentration in the nutrient solution. Plant Pathol., 104 : 359-366.

Vines, H.M. and Wedding, R.T. 1960. Some effects of ammonia on plant metabolism and possible mechanism for ammonia toxicity. Plant Physiol., 35 : 820-825.

Watanabe, H., Taguchi, Y., Hyakumachi, M. and Kageyama, K. 2007. *Pythium* and *Phytophthora* species associated with root and stem rots of kalanchoe. J Gen Plant Pathol., 73 : 81-88.

Walters, D.R. and Bingham, I.J. 2007. Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. Ann. Appl. Biol., 151 : 307-324.

Wulff, E.G., Pham, A.T.H., Cherif, M., Rey, P., Tirilly, Y. and Hockenhull, J. 1998. Inoculation of cucumber roots with zoospores of mycoparasitic and plant pathogenic *Pythium* species: Differential zoospore accumulation, colonization ability and plant growth response. Plant Pathol., 104 : 69-76.

Yang, C.Y., and Mitchell, J.E. 1965. Cation effect on reproduction of. *Pythium* spp. Phytopathol., 55 : 1127-1131.

Zhang, C.F., Kang, Z.S., Li, F.S. and Zang, H.J. 2007. Growth and major nutrient concentrations in *Brassica campestris* supplied with different NO_3^- : NH_4^+ ratios. J. Integr. Plant Biol., 49 : 455-462.

Zhang, W. and Tu, J.C. 2000. Effect of ultraviolet disinfection of hydroponic solutions on Pythium root rot and non-target. Eur. J. Plant Pathol., 106 : 415-421.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สูตรสารละลายมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์

ชนิดสารเคมี	รูปของธาตุที่พืชได้รับ	ปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)			
		Knop's1865	Sach's1860	Shive's	Hoagland's
KNO_3	K^+, NO^-_3	0.2	1.0	-	0.51
KH_2PO_4	K^+, PO^{-2}_4	0.2	-	0.31	0.14
$Ca_3(PO_4)_2$	Ca^{2+} , HPO^{2-}_4	-	0.5	-	-
$Ca_3(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	Ca^{2+}, NO^-_3	0.8	-	1.06	1.18
$CaSO_4$	Ca^{2+}, SO^{-2}_4	-	0.5	-	-
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Mg^{2+}, SO^{-2}_4	0.2	0.5	0.55	0.49
$(NH_4)_2SO_4$	NH^-_4 , SO^{-2}_4	-	-	0.09	-
NaCl	Na^+, Cl^-	-	0.25	-	-
$FeSO_4$	Fe^{2-}, SO^{-2}_4	-	Trace	0.005	-
$FePO_4$	Fe^{2-}, PO^{-2}_4	Trace	-	-	-
FeEDTA	Fe^{3-}	-	-	-	0.005

ที่มา : Hewitt (1975)

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. **สูตรอาหาร** corn meal agar (CMA)

corn meal	40	g
agar	17	g
distilled water	1,000	ml

2. **สูตรอาหาร** potato dextrose agar (PDA)

potato	200	g
dextrose	20	g
agar	17	g
distilled water	1,000	ml

3. **สูตรอาหาร** V-8 juice

V-8 juice	200	ml
$CaCO_3$	3	g
distilled water	800	ml

4. **สูตรอาหาร** water agar (WA)

agar	15	g
distilled water	1,000	ml

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวพิชญ์นันท์ กังแฮ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910620097

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2544