ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus mycoides* ในการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของผักกาดหอม ซึ่งปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ แบบ NFT ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง

Efficacy of *Bacillus mycoides* Bioproduct for the Control of Pythium Root Rot Caused by *Pythium aphanidermatum* on NFT- Hydroponic Lettuce (Butter Head) Grown Under High Temperature Condition

จิระเดช แจ่มสว่าง[1*] และ จารุวรรณ บัวสุวรรณ[1]
Chiradej Chamswarng[1*] and Jaruwan Buasuwan[1]

Abstract

Efficacy of the granule bioproduct of *Bacillus mycoides* strain FL17 was evaluated for the control of root rot on the NFT-hydroponic lettuce (Butter Head) caused by *Pythium aphanidermatum*. Lettuce was grown in the net house (32 mesh) under high temperature conditions, 35- 42^{o}C during March-April, 2012. Application of *B. mycoides* FL17 granule bioproduct into nutrient solution at the rate of 40 g/100 L (without incubation) significantly reduced disease incidences by 82.29 % when compared with the *P. aphanidermatum* inoculated control. Granule formulation of *B. mycoides* FL17 also promoted growth of lettuce by increasing plant (without roots) fresh weight at the harvest period by 22.69% and the root fresh weight was also significantly increased by 45.70 % as compared to the control. *B. mycoides* FL17 populations were detected in nutrient solution (8x10^{4} CFU/ml) and on root surfaces (91.11 %) after harvest. During high temperature condition, *B. mycoides* FL17 granule bioproduct (40 g/100 L, without incubation) provided higher efficacy to reduce root rot incidence and increase fresh weight when it was compared to the use of *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01 fresh culture (50 g/100 L) singly or in combination with *B. mycoides* FL17 granule bioproduct (20 g/100 L, without incubation).

Keywords: *Bacillus mycoides, Trichoderma harzianum*, Lettuce, Granule formulation, Bioproduct

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom
รับเรื่อง : มีนาคม 2556
* Corresponding author : agrcdc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus mycoides* สายพันธุ์ FL17 ชนิดเกล็ดในการควบคุมโรครากเน่าของผักกาดหอม ชนิดบัตเตอร์เฮด (Butter Head) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ซึ่งปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique) ในสภาพโรงเรือนมุ้งตาข่าย (32 เมช) ที่มีอุณหภูมิสูง 35-42 องศาเซลเซียส ในระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2555 พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด อัตรา 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อก่อนใช้) สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ได้ถึง 82.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด ยังสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นผักกาดหอม (ไม่รวมราก) 22.69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ขณะที่น้ำหนักสดของรากเพิ่มขึ้น 45.7 เปอร์เซ็นต์ สามารถตรวจพบประชากรแบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ในสารละลายธาตุอาหาร (8×10^4 หน่วยโคโลนี (CFU)/มิลลิลิตร) และบนผิวราก (91.11 เปอร์เซ็นต์) หลังการเก็บเกี่ยวผักกาดหอม ในช่วงที่สภาพอากาศมีอุณหภูมิสูง การใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 อัตรา 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อก่อนใช้) มีประสิทธิภาพในการลดโรครากเน่าและช่วยเพิ่มน้ำหนักสดต้นได้สูงกว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01 ชนิดสด (50 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร) แบบเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด อัตรา 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อก่อนใช้)

คำนำ

การปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์เป็นที่นิยมปลูกกันมากเพราะสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ผักเจริญเติบโตเร็วให้ผลผลิตสูง ไม่มีปัญหาวัชพืช ปลูกได้ในทุกสภาพพื้นที่ โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* เป็นปัญหาที่มักพบเป็นประจำ เชื้อราสาเหตุเจริญสร้างเส้นใยได้อย่างรวดเร็ว สร้างซูโอสปอร์ (zoospore) ที่ว่ายน้ำได้ ทำให้เชื้อโรคสามารถแพร่กระจายไปในระบบสารละลายธาตุอาหารได้อย่างรวดเร็ว โรครากเน่าส่งผลกระทบต่อปริมาณ และคุณภาพของผลิตผลที่จะได้รับ (Paulitz, 1997; Lamul, 2006) การป้องกันและกำจัดโรครากเน่าที่เกิดขึ้นในระบบการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ ส่วนใหญ่จะหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี เนื่องจากเกรงอันตรายจากสารตกค้างในผลิตผล การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ จึงนับเป็นทางเลือกเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี (Chamswarng, 2006) นอกเหนือจากการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมโรครากเน่าของผักกาดหอมชนิดต่างๆ ที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* แล้ว (Lamul, 2006) การคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ ที่มีความสามารถในการเจริญครอบครองรากของผักกาดหอมและลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะเชื้อแบคทีเรียสามารถเพิ่มปริมาณได้รวดเร็ว สร้างสารปฏิชีวนะได้หลายชนิด ส่วนใหญ่มักเป็นสารพวกเปปไทด์และโพลีเปปไทด์ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ของแบคทีเรียปฏิปักษ์ชนิดเกล็ด ในการควบคุมโรครากเน่าของผักกาดหอม (บัตเตอร์เฮด) ที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยปลูกผักกาดหอมด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique) ในโรงเรือนมุ้งตาข่าย (32 เมช) ในช่วงที่มีสภาพ อากาศร้อนระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายน พ.ศ. 2555 ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 35 - 42 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

เตรียมเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยเลี้ยงบนอาหาร pototo dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ตัดอาหาร PDA ที่มีเชื้อเจริญเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ 100 มิลลิลิตร/จาน นำไปบดปั่นด้วยเครื่อง homogenizer เป็นเวลา 15 วินาที เพื่อเตรียมเป็นเส้นใยแขวนลอย (mycelia suspension) สำหรับใช้เป็น inoculum ในการทดลอง (สุขุมวัฒน์)

การเตรียมแบคทีเรียชนิดเกล็ด

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 บนเมล็ดถั่วเหลือง โดยนำเมล็ดถั่วเหลือง 450 กรัม ไปแช่น้ำปริมาตร 1.5 ลิตร ที่เติมนมผง 100 กรัม แช่เป็นเวลา 3-6 ชั่วโมง จากนั้นตักเมล็ดถั่วเหลืองใส่ถุงๆ ละ 100 กรัม นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรีย *B. mycoides* 3 มิลลิลิตร ที่ได้จากการล้างและกวาดเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียที่เจริญบนอาหาร NGA (nutrient glucose agar) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยเติมน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ 20 มิลลิลิตรต่อจาน ใส่ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง ล้างแบคทีเรียที่เจริญบนเมล็ดถั่วเหลืองด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ 300 มิลลิลิตร ผสมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปผสมกับผงแป้งจากพืชหนัก 1 กิโลกรัม คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นเกลี่ยลงบนพลาสติกทิ้งไว้ให้แห้งจนมีความชื้น 35 เปอร์เซ็นต์ เตรียมแบคทีเรีย *Bacillus* sp. RO15 ชนิดเกล็ด ด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นไว้ใช้ในกรรมวิธีเปรียบเทียบประสิทธิภาพควบคุมโรค วิธีการเตรียมเซลล์แขวนลอยก่อนจะนำไปใช้ คือ นำชีวภัณฑ์แบคทีเรียชนิดเกล็ดบรรจุในถุงเยื่อกระดาษน้ำหนัก 20 กรัม/ถุง นำถุงชีวภัณฑ์ใส่ลงไปในขวดพลาสติก ขนาดบรรจุ 1.5 ลิตร จำนวน 1 ถุง ในขวดที่บรรจุน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ 500 มิลลิลิตร และ 2 ถุง ในขวดที่มีน้ำ 1,000 มิลลิลิตร เขย่า กรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียปฏิปักษ์ไปใช้ทดสอบ โดยเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร ทันทีในกรณีที่ไม่ต้องบ่มเชื้อ ส่วนกรณีที่ต้องบ่มเชื้อก่อนใช้ให้ตั้งขวดเซลล์แขวนลอยไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร

การตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. จากชีวภัณฑ์

ตรวจปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี Dilution plate count โดยการดูดเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 และแบคทีเรีย *Bacillus* sp. RO15 เจือจางในระดับความเข้มข้นต่างๆ (10^{-10}-10^{-13}) ดูดเซลล์แขวนลอยมาหยดลงบนผิวหน้าอาหาร NGA ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifampicin 50 ppm จำนวน 0.1 มิลลิลิตรต่อจาน บ่มไว้ 2-3 วัน ตรวจนับโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร บันทึกค่าปริมาณเชื้อเป็นหน่วยโคโลนี (Colony forming unit) ต่อเซลล์แขวนลอย 1 มิลลิลิตร (CFU/ml)

การเตรียมระบบปลูกและต้นพืช

เตรียมชุดรางปลูกระบบไฮโดรโพนิกส์ แบบ Nutrient Film Technique (NFT) ที่พัฒนาโดย Suboonsan (2006) (แม่บัวหลวงไฮโดรโพนิกส์) สำหรับสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ตลอดการทดลอง เป็นสูตรที่ได้รับการดัดแปลงจากสูตรของ Cooper (1979) โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ เจียมไชยศรี ในระหว่างการทดลอง มีการปรับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.8 mS/cm และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.0 ทุกวัน ด้วยการเติมกรดไนตริก (HNO_3) 50 เปอร์เซ็นต์ เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่ทุก 7 วัน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์แบคทีเรียในการควบคุมโรครากเน่า

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 6 ต้น เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลต่างๆ โดยการวิเคราะห์ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กรรมวิธีต่างๆประกอบด้วย กรรมวิธีควบคุมที่ปลูกหรือไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* กรรมวิธีที่ใส่ชีวภัณฑ์ แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 กรัม หรือ 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร ไม่บ่มหรือบ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนเติมลงสารละลายธาตุอาหาร กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* sp. RO15 ชนิดเกล็ด 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร กรรมวิธีที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* 50 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร แบบเดี่ยวๆ หรือใช้ร่วมกับชีวภัณฑ์แบคทีเรีย FL17 ชนิดเกล็ด 20 กรัม (ไม่บ่มเชื้อ) ทุกกรรมวิธีได้นำเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรียเติมลงในสารละลายธาตุอาหารก่อนปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อัตรา 400 มิลลิลิตรต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร เมื่อผักกาดหอมมีอายุได้ 14, 21, 28 และ 35 วัน รวม 4 ครั้ง

การประเมินการเกิดโรครากเน่าของผักกาดหอม

ประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนราก ของผักกาดหอม โดยตรวจสภาพอาการเน่าและสีของรากที่ต่างจากรากปกติ อันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เปรียบเทียบกับระบบรากทั้งหมด โดยประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 6 ต้น

การตรวจปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร

ตรวจปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยการดูดสารละลายธาตุอาหารจากแต่ละกรรมวิธีมาหยดลงบนผิวหน้าอาหาร จำนวน 0.1 มิลลิลิตรต่อจาน บ่มไว้ 2-3 วัน ตรวจนับโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร บันทึกปริมาณเชื้อเป็นหน่วยโคโลนี (Colony forming unit) ต่อสารละลายธาตุอาหาร 1 มิลลิลิตร (CFU/ml) โดยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ตรวจนับบนอาหาร NGA ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifampicin 50 ppm และเชื้อรา *P. aphanidermatum* ตรวจนับบนอาหาร modified BNPRA (Chamswarng *et al.*,1985)

ผลและวิจารณ์

ชีวภัณฑ์แบคทีเรียชนิดเกล็ด ในการควบคุมโรครากเน่าของผักกาดหอม

จากผลการทดลอง พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) ช่วยให้ผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่า ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีโรครากเน่าลดลง 82.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม รองลงมาคือ แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (บ่มเชื้อ) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนรากของผักกาดหอมลดลง 76.59 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดโรคได้มากกว่าในกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* sp. RO15 ชนิดเกล็ด 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) (ตารางที่ 1) ประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคของชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ อาจมีผลมาจากกลไกในการควบคุมโรค ทั้งการแข่งขันในด้านที่อยู่อาศัย การสร้างสารปฏิชีวนะ สารทุติยภูมิต่างๆ ตลอดจนการชักนำให้พืชสร้างเอนไซม์และกระตุ้นให้พืชเกิดความต้านทานโรค เช่นเดียวกับงานทดลองของ Karen (2009) ที่ตรวจวิเคราะห์รากและดิน บริเวณผิวรากของต้นแตงกวาที่ปลูกเชื้อ *B. subtilis* QST 713 พบว่าแบคทีเรียสามารถสร้างสารพวก surfactin, iturin ภายใต้สภาวะที่มีการแข่งขันกันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นบริเวณรากของแตงกวาโดยตรวจด้วยวิธี chromatography (HPLC) และ mass spectroscopy (MS) การครอบครองพื้นที่บริเวณผิวรากของผักกาดหอม จึงอาจช่วยยับยั้งการเข้าทำลายและลดระดับความรุนแรงของโรคที่เกิดขึ้นหรืออาจช่วยชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรคได้ แบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* มีการสร้างปฏิชีวนะ สาร และเอนไซม์ protease, cellulase,

chitinase, β-1,3 glucanase และ β-1,4 endoglucanase (Marten *et al*., 2000; Wen *et al*., 2003; Andre *et al*., 2005) กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 อัตรา 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร หรือเชื้อรา *T. harzianum* (50 กรัม/100 ลิตร) แบบเดี่ยวๆ ช่วยลดการเกิดโรคได้ดีกว่าในกรรมวิธีที่ใช้เชื้อทั้งสองชนิดร่วมกัน มีความเป็นไปได้ว่าเมื่อใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้งเชื้อราและแบคทีเรียร่วมกันเชื้อทั้งสองชนิดอาจสร้างสารทุติยภูมิออกมา ซึ่งส่งผลให้เกิดการยับยั้งซึ่งกันและกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ TonKla (2008) ที่พบว่าประสิทธิภาพของการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับการใช้ *Bacillus* sp. เพื่อควบคุมโรคใบปื้นเหลืองของกล้วยไม้ในช่วงฤดูร้อน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* หรือการใช้ *Bacillus* sp. แบบเดี่ยวๆ ทั้งนี้การทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สองชนิด หรือมากกว่าสองชนิดขึ้นไป อาจจะต้องการสภาวะที่มีความเหมาะสมหรือส่งเสริมกันและกัน โดยจะต้องมีคุณสมบัติที่ดีต่างกัน และไม่มีการยับยั้งหรือแก่งแย่งกัน ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ไปลดศักยภาพในการควบคุมโรคหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนไปมีผลต่อการสร้างปฏิชีวนะสารเอนไซม์ต่างๆ อีกด้วย แต่ทั้งนี้ถ้ามีการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ต่างกันสองชนิดหรือมากกว่า หรือแม้แต่การใช้ชนิดเดียวกัน แต่หลากหลายสายพันธุ์ ถ้ามีความเหมาะสมกันก็อาจจะช่วยให้มีการส่งเสริมกันในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการเจริญเติบโต การควบคุมโรคได้กว้างขึ้น การทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นแนวทางที่นำไปสู่การควบคุมโรคที่ดีและมีความยั่งยืนในอนาคต เช่นการทดลองของ Domenech *et al*. (2006) ที่มีการนำผลิตภัณฑ์ LS213 ซึ่งมีส่วนผสมของไคโตซานและแบคทีเรีย PGPR 2 ชนิด คือ *B. subtilis* สายพันธุ์ GB03 ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และ *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ IN937a ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นให้เกิดความต้านทานโรคในพืช และนำมาใช้ร่วมกับแบคทีเรียอีกสามสายพันธุ์ คือ *B. licheniformis* CECT 5106, *Pseudomonas fluorescens* CECT 5398 และแบคทีเรีย *Chryseobacterium balustinum* CECT 5399 พบว่าการใช้ LS213 ร่วมกับแบคทีเรียทั้งสามสายพันธุ์ ส่งผลให้มะเขือเทศและพริกมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และสามารถควบคุมโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* และโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia* ได้

เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้เป็นช่วงที่อากาศร้อนทั้งกลางวันและกลางคืน อุณหภูมิของสารละลายเปลี่ยนแปลงระหว่าง 29-31 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง 35-42 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนในช่วงเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 35.8 องศาเซลเซียส และเดือนเมษายนค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 36.7 องศาเซลเซียส (ข้อมูลจากสถานีอุตินิยมวิทยา ซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) โดยเฉพาะช่วง 2 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวมีอุณหภูมิสูงอย่างต่อเนื่องทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม และมีส่วนส่งเสริมให้ผักกาดหอมมีความอ่อนแอต่อโรครากเน่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตกับเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแล้ว พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ชีวภัณฑ์แบคทีเรียยังสามารถให้ผลผลิตได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่ชีวภัณฑ์ โดยน้ำหนักสดของต้นและรากในกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) มีน้ำหนักสดของต้น 114.17 และ 116.67 กรัม/ต้น น้ำหนักราก 7.60 และ 8.95 กรัม/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ซึ่งมีน้ำหนักสดของต้น 90.28 กรัม/ต้น และราก 4.86 กรัม/ต้น น้ำหนักแห้งของต้นและรากในกรรมวิธีดังกล่าวก็ได้ผลในทำนองเดียวกัน (ตารางที่ 2) ถึงแม้กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* sp. RO15 และกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* ชนิดสดจะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด และแห้งต่อต้นของต้นผักกาดหอมต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 20 หรือ 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) แต่ส่วนใหญ่พบว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ขณะที่น้ำหนักสดและแห้งของรากมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus mycoides* FL17 ชนิดเกล็ดเปรียบเทียบกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01ในการลดค่าดัชนีการเกิดโรคของผักกาดหอมชนิด บัตเตอร์เฮด (อายุ 42 วัน) ซึ่งปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT และได้รับการปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (+ Pa)

กรรมวิธี	ดัชนีการเกิดโรค (%)	ดัชนีการเกิดโรคลดลง(%)[1/]
Control (+Pa)[2/]	73.61 a[3/]	-
Control (-Pa)[4/]	0	nd[5/]
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa) [6/]	48.96 b	34.93
FL17 เกล็ด 40 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม)(+Pa)	37.5 c	82.29
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (บ่ม) (+Pa) [7/]	43.75 b	76.59
RO15 เกล็ด 40 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa)	57.29 ab	13.33
T. harzianum CB-Pin-01 50 กรัม/ 100 ลิตร (+Pa)	40.62 bc	67.47
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) + *T. harzianum* 50 กรัม/100 ลิตร (+Pa)	50.0 ab	27.79

[1/] เปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรคที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*

[2/] กรรมวิธีควบคุมที่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (+Pa) ในรูปเส้นใยแขวนลอยอัตรา 400 มิลลิลิตรต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 14 21 28 และ 35 วัน (+Pa)

[3/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (P = 0.05)

[4/] กรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (- Pa)

[5/] nd = non-determined (ไม่ได้ตรวจสอบ)

[6/] กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัม ที่ใส่ในน้ำ 500 และ 1,000 มิลลิลิตร ไม่บ่มเชื้อ เขย่าแล้วเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร

[7/] กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัม ที่ใส่ในน้ำ 500 และ 1,000 มิลลิลิตร บ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร

ตารางที่ 2 อิทธิพลของการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด เปรียบเทียบกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01ต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากผักกาดหอม ชนิดบัตเตอร์เฮด (อายุ 42 วัน) ซึ่งปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT และได้รับการปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (+Pa)

กรรมวิธี	นน. สด (กรัม/ต้น)		นน.แห้ง (กรัม/ต้น)	
	นน.ต้น	นน.ราก	นน.ต้น	นน.ราก
Control (+Pa)[1/]	90.28 b[2/]	4.86 d	2.57 d	0.26 d
Control (-Pa)[3/]	107.92 a	8.29 ab	3.33 a	0.34 bc
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa) [4/]	114.17 a	7.60 bc	3.50 a	0.38 ab
FL17 เกล็ด 40 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa)	116.67 a	8.95 a	3.57 a	0.39 a
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (บ่ม) (+Pa) [5/]	93.33 b	7.16 c	2.76 bc	0.31 c
RO15 เกล็ด 40 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa)	109.44 a	7.56 bc	3.49 a	0.35 abc
***T. harzianum* CB-Pin-01 50 กรัม/ 100 ลิตร (+Pa)**	107.08 a	6.03 d	3.07 ab	0.31 c
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) + *T. harzianum* 50 กรัม/100 ลิตร (+Pa)	93.75 b	6.43 d	3.13 ab	0.36 ab

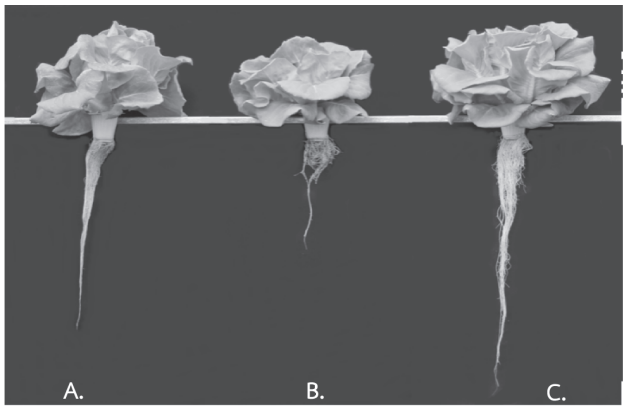
[1/] กรรมวิธีควบคุมที่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (+Pa) ในรูปเส้นใยแขวนลอยอัตรา 400 มิลลิลิตรต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 14 21 28 และ 35 วัน (+Pa)

[2/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (P = 0.05)

[3/] กรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (- Pa)

[4/] กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัม ที่ใส่ในน้ำ 500 และ 1,000 มิลลิลิตร ไม่บ่มเชื้อ เขย่าแล้วเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร

[5/] กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัม ที่ใส่ในน้ำ 500 และ 1,000 มิลลิลิตร บ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร



ภาพ.1 อิทธิพลของการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด ต่อการเจริญของต้นและรากของผักกาดหอม ชนิดบัตเตอร์เฮด (อายุ 42 วัน) ซึ่งปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT

A. กรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (- Pa)

B. กรรมวิธีควบคุมที่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (+Pa) ในรูปเส้นใยแขวนลอยอัตรา 400 มิลลิลิตรต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 14 21 28 และ 35 วัน

C. กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด อัตรา 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (+ Pa)

ปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร และบนรากผักกาดหอม

จากการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในตัวอย่างสารละลายธาตุอาหาร พบปริมาณของเชื้อรา *P. aphanidermatum* จากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีปริมาณเชื้อรา *P. aphanidermatum* ระหว่าง 1.1- 4.2 หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีปริมาณ 8 หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร สำหรับปริมาณแบคทีเรียที่ตรวจพบในกรรมวิธีที่ใช้ ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) มีประชากรของแบคทีเรียอยู่ที่ $8x10^4$ หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าลดลง 82.09 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) และพบปริมาณของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เพียง 1.1 หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 3) ซึ่งมีค่าลดลง 86.59 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในสารละลายธาตุอาหาร ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (บ่มเชื้อ) พบปริมาณของเชื้อรา *P. aphanidermatum* 4.2 หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร และพบประชากรของแบคทีเรียอยู่ที่ 5.5×10^4 หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 3) ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลง 76.59 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ชีวภัณฑ์แบคทีเรียสายพันธุ์ RO15 มีปริมาณประชากรของแบคทีเรียในสารละลายน้อยกว่าสายพันธุ์ FL17 (ตารางที่ 3) ในสภาพที่มีเชื้อโรคอยู่ในระบบของสารละลายธาตุอาหาร พบว่าเชื้อโรคมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมทำให้น้ำหนักสด หรือผลผลิตลดลงได้ สอดคล้องกับงานของ Menzies *et al.* (1996) ที่พบว่าการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ส่งผลให้รากของแตงกวาที่ปลูกในระบบ NFT เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและที่ระดับ 2×10^6 หน่วยโคโลนี (CFU)/100 ลิตร ทำให้ต้นแตงกวาตาย ในระหว่าง 7-28 วัน สำหรับการทดลองในครั้งนี้มีการปลูก เชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในสารละลายธาตุอาหารในปริมาณที่ต่ำ จึงไม่ทำให้ต้นผักกาดหอมตายแต่ก็ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง ในส่วนของการ

เจริญครอบครองรากของเชื้อแบคทีเรีย พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 40 และ 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) พบเชื้อแบคทีเรียเข้าครอบครองรากมากที่สุด เท่ากับ 91.11, 77.78 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การครอบครองราก 71.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* ไม่ได้ทำให้ปริมาณเชื้อปฏิปักษ์แต่ละชนิดลดลง และในช่วงที่ทำการทดลองเป็นช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ซึ่งมีอากาศร้อนมากที่สุดของปี แต่แบคทีเรียก็ยังสามารถเจริญภายในระบบได้ เนื่องจากสปอร์ของแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* สามารถทนต่อความร้อนได้ดี โดยอยู่ในรูปเอนโดสปอร์ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีที่จำเป็นต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หรือชีวภัณฑ์ได้ (Marc, 2007) ส่วนการเจริญครอบครองของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บริเวณรากของผักกาดหอม พบว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบเชื้อรา *P. aphanidermatum* ปริมาณสูงที่สุด (82.22 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือกรรมวิธีที่ใช้ ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (บ่มเชื้อ) (51.11 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus mycoides* FL17 ในสารละลายธาตุอาหาร และบนผิวราก (การเจริญครอบครองราก)ซึ่งปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ แบบ NFT เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 42 วัน

กรรมวิธี	สารละลายธาตุอาหาร (โคโลนี/มิลลิลิตร)		การเจริญครอบครองราก %	
	พิเทียม	แบคทีเรีย	พิเทียม	แบคทีเรีย
Control (+Pa)[1/]	8.2 a[2/]	nd[3/]	82.22 a	nd
Control (-Pa)[4/]	nd	nd	nd	nd
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa) [5/]	1.5 bc	5.5×10^4 ab	11.11 d	77.78 b
FL17 เกล็ด 40 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa)	1.1 c	8×10^4 a	4.44 d	91.11 a
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (บ่ม) (+Pa) [6/]	4.2 bc	4×10^3 d	51.11abc	37.77 d
RO15 เกล็ด 40 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) (+Pa)	3.3 bc	4.4×10^3 cd	44.44 bc	54.44 c
T. harzianum CB-Pin-01 50 กรัม/100 ลิตร (+Pa)	2.3 bc	1.6×10^3 cd[7/]	28.89 cd	100 a[7/]
FL17 เกล็ด 20 กรัม/100 ลิตร (ไม่บ่ม) + *T. harzianum* 50 กรัม/100 ลิตร (+Pa)	5.1 b	6.4×10^3 ab	28.89 cd	71.11 b

[1/]กรรมวิธีควบคุมที่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (+Pa) ในรูปเส้นใยแขวนลอยอัตรา 400 มิลลิลิตรต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 14 21 28 และ 35 วัน (+Pa)

[2/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (P = 0.05)

[3/] nd = non-determined (ไม่ได้ตรวจสอบ)

[4/] กรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (- Pa)

[5/] กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัม ที่ใส่ในน้ำ 500 และ 1,000 มิลลิลิตร ไม่บ่มเชื้อ เขย่าแล้วเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร

[6/] กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 20 และ 40 กรัม ที่ใส่ในน้ำ 500 และ 1,000 มิลลิลิตร บ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร

[7/] ปริมาณประชากรของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่เจริญเข้าครอบครองราก

สรุป

จากการทดลองเห็นได้ว่าการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* สายพันธุ์ FL17 ชนิดเกล็ด 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) ในการปลูกผักกาดหอมช่วงฤดูร้อนได้ผลดีที่สุดในการควบคุมโรครากเน่า ที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยพบว่าผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าลดลง 82.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และยังส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมในด้านน้ำหนักต้นและน้ำหนักรากได้ดีที่สุดทั้งน้ำหนักสดและแห้ง โดยมีน้ำหนักสดของต้นและรากเท่ากับ 116.67 กรัม/ต้น 8.95 กรัม/ต้น โดยยังพบประชากรของเชื้อแบคทีเรียในสารละลายธาตุอาหารและการเจริญครอบครองรากจากกรรมวิธี ที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ด 40 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) อยู่มากที่สุด คือ $8x10^4$ หน่วยโคโลนี (CFU) ต่อมิลลิลิตร และ 91.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้การเกิดโรครากเน่าลดลง 82.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อโรค เมื่อใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* สายพันธุ์ FL17 ชนิดเกล็ดแป้ง 20 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร (ไม่บ่มเชื้อ) ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* (เชื้อสด 50 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 100 ลิตร) พบว่าไม่ได้ช่วยให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเพิ่มขึ้น แต่กลับทำให้น้ำหนักสดของต้นผักกาดหอมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียหรือเชื้อรา *T. harzianum* แบบเดี่ยว อย่างไรก็ตามปริมาณประชากรของแบคทีเรียและเชื้อรา *T. harzianum* ทั้งในสารละลายธาตุอาหาร และบริเวณรากเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จากผลการทดลอง พบว่าการบ่มชีวภัณฑ์แบคทีเรียก่อนใช้มีประสิทธิภาพน้อยกว่าการไม่บ่มเชื้อ ซึ่งการเติมชีวภัณฑ์ลงในสารละลายธาตุอาหารทันที จะมีการเพิ่มปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในสารละลายสามารถได้มากกว่าและรวดเร็ว ส่งผลให้มีปริมาณแบคทีเรียมากกว่า จึงสามารถลดปริมาณเชื้อโรค และเจริญครอบครองรากของผักกาดหอมได้ดีกว่า

เอกสารอ้างอิง

Bargabus, R.L., N.K. Zidack, J.E. Sherwood, and B.J. Jacobsen. 2002. Characterization of systemic resistance in sugar beet elicited by a nonpathogenic, phyllosphere – colonizing *Bacillus mycoides*, biological control agent. Physiol. Molec. Plant Pathol. 61: 289-298.

Chamswarng, C. 2006. Biological Control of Plant Disease. Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom. 323 p.

Chamswarng, C., P. Leeprasert, and S. Chantanatan. 1985. Population assessments of soilborne plant pathogens, *Sclerotium rolfsii*, *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. in soil and their correlation to disease incidence on intercropping system. P.97. *In* Cropping Programmes KU-ACNARP. Fact. of Agri., Kasetsart Univ., Bangkok, Thailand.

Chang, W.T., C.H. Hsieh, H.S. Hsieh, and C. Chen. 2009. Conversion of crude chitosan to anti-fungal protease by *Bacillus cereus*. World J. Microbiol. Biotechnol. 25: 375–382.

Cooper, A.J. 1979. The ABC of NFT: Nutrient Film Technique. GrowerBooks, London,UK. 170 P.

Domenech, J.M., S.J. Reddy, W. Kloepper, B. Ramos, and J. Gutierrez-manero. 2006.Combined application of the biological product LS213 with *Bacillus, Pseudomonas* or *Chryseobacterium* for growth promotion and biological control of soil-borne diseases in pepper and tomato. Biol. Control 51: 245–258.

Lamul, P. 2006. Application of *Trichoderma harzianum* for the Control of Pythium Root Rot on NFT- Hydroponic Lettuce Caused by *Pythium aphanidermatum* M.S. thesis, Kasetsart University, Bangkok. (Abstract in English).

Menzies, J.G., D.L. Ehret, and S. Stan. 1996. Effect of inoculum density of *Pythium aphanidermatum* on the growth and yield of cucumber plants grown in recirculating nutrient film culture. Can. J. Plant Pathol. 18: 50-54.

Paulitz, T. 1997. Biological control of root pathogens in soilless and hydroponic systems. Hort. Sci. 32:193-196.

Suboonsan, A. 2006. Control of root rot in hydroponic lettuce by using various pH levels for different season. Home. (in Thai).

Sukhumwat Pherapan. 1988. Root and stem rot of Mung bean caused by *Pythium aphanidermatum* (edson) fitzp and *P. deliens* and control. M.S. thesis, Kasetsart University, Bangkok. (Abstract in Thai).

Tonkla, K. 2008. Application of Antagonistic Microorganisms for the Control of Yellow Patch Dendrobium Orchids Caused by *Pseudocercospora dendrobii*. M.S. thesis, Kasetsart University, Bangkok. (Abstract in English).

Zhou, Y., Y.L. Choi, M. Sun, and Y. Ziniu. 2008. Novel roles of *Bacillus thuringiensis* to control plant diseases. Appl. Microbiol. Biotechnol. 80: 563–572.