สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

อิทธิพลของจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและการเกิดโรครากเน่าของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Influences of microorganisms in nutrient solution on growth performance and root rot disease incidence of hydroponics crop

RCH
SB
126.5
พ293อ
ฉ.1
สขหปี.....
เลขทะเบียน 116101
วัน,เดือน,ปี -2 พ.ค. 2554
b.....
i.....

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

อิทธิพลของจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและการเกิดโรครากเน่าของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Influences of microorganisms in nutrient solution on growth performance and root rot disease incidence of hydroponics crop

ผู้ดำเนินการวิจัย

ผศ.ดร.พรหมมาศ คูหากาญจน์

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ปีงบประมาณ 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b. 12313608
i.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเกิดโรครากเน่า และผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทำการศึกษาในกลุ่มของแบคทีเรียเขตรากพืชที่มีประโยชน์ (beneficial rhizobacteria) และจุลินทรีย์ที่เป็นชีวผลิตภัณฑ์ (biocontrol product) บางชนิด สำหรับแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้แก่ แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 สายพันธุ์ท้องถิ่นที่แยกจากบริเวณเขตรากพืช (rhizosphere) ของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกแล้วว่ามีคุณสมบัติในการลดความรุนแรงของโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* และมีแนวโน้มว่าจะสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชด้วย อย่างไรก็ตามได้นำมาทดสอบประสิทธิภาพซ้ำอีกครั้งในงานวิจัยนี้ พบว่ายังคงมีคุณสมบัติที่ดีเหมือนเดิม ส่วนจุลินทรีย์ที่เป็นชีวผลิตภัณฑ์ (biocontrol product) ได้เลือกเอาแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์การค้าโดยแยกเชื้อบริสุทธิ์จากชีวผลิตภันฑ์ยี่ห้อหนึ่งที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาใน lab scale hydroponics ทดลองในผักสลัด 2 ชนิด คือ ผักสลัดบัตเตอร์เฮต และผักสลัดเรดโครอล ในสภาพที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าในปริมาณที่แตกต่างกัน เหตุที่เลือกผักสลัดสองชนิดข้างต้นก็เนื่องจากผักสลัดบัตเตอร์เฮต และผักสลัดเรดโครอล จะมีความอ่อนแอต่อโรครากเน่าแตกต่างกัน โดยที่ผักสลัดบัตเตอร์เฮตจะมีความทนทานมากกว่าผักสลัดเรดโครอล จึงถูกเลือกเพื่อให้เป็นตัวแทนของชนิดพืชที่มีความทนทาน ส่วนผักสลัดเรดโครอลถูกเลือกเพื่อให้เป็นตัวแทนของชนิดพืชที่มีความอ่อนแอ การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ 4x3 factorials in CRD ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัยได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) ประกอบด้วย พืชทดสอบที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในอัตรา 10^6 cfu/ml (A1), พืชทดสอบที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วใส่ *Bacillus subtilis* ลงไปในอัตรา 10^6 cfu/ml (A2), พืชทดสอบที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (A3), และพืชทดสอบที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (A4) สำหรับปัจจัยที่สองได้แก่ ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรค (ปัจจัย B) ประกอบด้วย ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุ (B1), ปลูกเชื้อสาเหตุในปริมาณ 10^6 propagules/ml (B2), และปลูกเชื้อสาเหตุในปริมาณ 10^3 propagules/ml (B3) ผลการทดลองพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้งสองชนิดไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์ที่มีความทนทาน หรืออ่อนแอ ส่วนปริมาณเชื้อก่อโรคนั้นพบว่าจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอลมาก กว่าผักสลัดบัตเตอร์เฮต ในเรื่องของปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น พบว่าการเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ลงในสารละลายธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร สามารถทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากลุ่มทดลองที่ไม่มีการเพิ่มแบคทีเรีย ทั้งนี้ การใส่ *Pseudomonas* ECO008 หรือ *Bacilus subtilis* เพิ่มลงไปในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ในอัตรา 10^6 cfu/ml จะทำให้กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต และเรดโครอล มีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยดีที่สุด รองลงมาได้แก่ กล้าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแต่ไม่เพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไป และพืชทดสอบจะมีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดในสารละลายธาตุอาหารปกติที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในเรื่องของปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเกิดโรครากเน่าพบว่า การเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ลงไปในสารละลายธาตุอาหารมีแนวโน้มที่ช่วยลดการเกิดโรคได้ โดยพบว่าการใส่ *Pseudomonas* ECO008 เพิ่มลงไปในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จะสามารถลดความรุนแรงของโรครากเน่าได้มากที่สุดทั้งการทดลองในผักสลัดบัตเตอร์เฮต และเรดโครอล นอกจากนี้ในกลุ่มทดลองที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค ก็มีแนวโน้มว่าจะช่วยลดการเกิดโรคที่อาจจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติได้ด้วย ส่วนในกรณีของ *B. subtilis* นั้นพบว่าสามารถช่วยลดการเกิดโรคได้ในระดับหนึ่ง โดยพบเฉพาะในการทดลองกับผักสลัดบัตเตอร์เฮตกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* ในปริมาณที่น้อย และกลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคเท่านั้น จากการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮตและเรดโครอลพบว่า มีอยู่ในระดับประมาณ 4-6 log cfu/g สำหรับกลุ่มทดลองที่มีการเพิ่มแบคทีเรียที่มีประโยชน์ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร มีแนวโน้มทำให้ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าเป็นผลมาจากแบคทีเรียที่ใส่เพิ่มลงไปในสารละลายธาตุอาหารนั้นสามารถที่จะเข้าครอบครองรากพืชได้ ทั้งนี้จากการตรวจสอบปริมาณของ *Pseudomonas* ECO008 ในรากพืชของกลุ่มทดลองที่เพิ่มสายพันธุ์นี้ลงไป พบว่าสามารถตรวจพบได้ในรากพืชของกลุ่มทดลองดังกล่าวในปริมาณโดยเฉลี่ย 5.5 log cfu/g ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต และ 4.5 log cfu/g ในรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล และจากการตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรค ในรากพืชของกลุ่มทดลองนี้จะพบว่ามีปริมาณเชื้อโรคเริ่มต้นที่น้อยกว่า และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณเชื้อดังกล่าวจะลดลงเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น จึงทำให้กล้าผักสลัดที่ปลูกในกลุ่มทดลองนี้ มีระดับความรุนแรงของโรคต่ำกว่า กลุ่มทดลองอื่นๆ และส่งผลให้มีค่าการเจริญเติบโตที่ดีกว่าตามมาด้วย

การศึกษาในขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาในระบบ nutrient film technique (NFT) ทดสอบในผักสลัด 3 ชนิด คือ ผักสลัดบัตเตอร์เฮต ผักสลัดกรีนโอ๊ก และสลัดคอส ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดหัว (head lettuce) กลุ่มสลัดใบ (leaf lettuce) และกลุ่มสลัดต้น (romaine lettuce) ตามลำดับ ทำการทดลองในสภาพที่ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค ทั้งนี้เพื่อดูผลของการเพิ่มจุลินทรีย์ลงในสารละลายธาตุอาหารในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 สายพันธุ์ท้องถิ่น โดยให้กับพืชทดสอบในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน ในอัตรา 10^6 cfu/ml ดังนี้คือ 1) ให้แบคทีเรีย 1 ครั้งในตอนเพาะเมล็ด 2) ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียลงในสารละลายธาตุอาหาร 1 ครั้งในระยะอนุบาล 3) ใส่แบคทีเรียลงในสารละลายธาตุอาหาร 1 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT 4) ใส่แบคทีเรียลงในสารละลายธาตุอาหาร 2 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT 5) ให้แบคทีเรีย 4 ครั้งคือ ตอนเพาะกล้า ตอนอนุบาล และ อีก 2 ครั้งตอนย้ายลงราง NFT 6) ไม่ใส่แบคทีเรีย (control) ผลการทดลองพบว่า การให้แบคทีเรียแก่พืชทดสอบไม่ว่าจะวิธีการใดก็ตาม จะทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ดีกว่ากลุ่มทดลองชุดควบคุม (control) โดยพบว่ามีปริมาณมวลลำต้นเพิ่มขึ้น 20-99%, 24-64% และ 14-92% ในผักสลัดบัตเตอร์เฮต ผักสลัดกรีนโอ๊ก และผักสลัดคอสตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ที่พืชได้รับนั้นเอง อย่างไรก็ตามพบว่าการให้แบคทีเรียในช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลในการสนับสนุนการเจริญของพืชได้ต่างกัน ซึ่งในการทดลองนี้พบว่า การให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 4 ครั้ง (คือตั้งแต่เพาะกล้า ระยะอนุบาล และย้ายปลูกลงราง 2 ครั้ง) และการให้แบคทีเรียในระยะอนุบาลเป็นจำนวน 1 ครั้ง จะทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ อยู่ในกลุ่มดีที่สุด กล่าวคือในสลัดบัตเตอร์เฮตที่ได้รับแบคทีเรีย 4 ครั้งจะมีมวลลำต้นเพิ่มขึ้น 99% ที่ได้รับแบคทีเรีย 1 ครั้งในระยะอนุบาล จะมีมวลเพิ่มขึ้น 61% สลัดกรีนโอ๊กที่ได้รับแบคทีเรีย 4 ครั้งจะมีมวลลำต้นเพิ่มขึ้น 64% ที่ได้รับแบคทีเรีย 1 ครั้งในระยะอนุบาล จะมีมวลเพิ่มขึ้น 64% และในสลัดคอสที่ได้รับแบคทีเรีย 4 ครั้งจะมีมวลลำต้นเพิ่มขึ้น 92% ที่ได้รับแบคทีเรีย 1 ครั้งในระยะอนุบาล จะมีมวลเพิ่มขึ้น 82% จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านปริมาณของ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจพบในรากพืชของกลุ่มทดลองต่างๆ สามารถประมวลได้ว่า การสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชโดยแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์นั้นจะมีประสิทธิภาพดีเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยร่วมอย่างน้อย 3 ประการด้วยกันคือ 1) ปริมาณแบคทีเรียที่เข้าครอบครองรากพืช 2) ระยะเวลาที่เข้าครอบครองรากพืช และ 3) การคงรักษาระดับปริมาณที่ครอบครองรากพืช ซึ่งจากการตรวจสอบปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ในรากพืชของกลุ่มทดลองทั้งสองที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่าเข้าอยู่ในเกณฑ์ทั้ง 3 ประการ ซึ่งได้วิจารณ์ไว้แล้วในรายงานฉบับนี้ ทั้งนี้ในส่วนของการคงรักษาระดับปริมาณที่ครอบครองรากพืช พบว่าการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 4 ครั้ง (คือตั้งแต่เพาะกล้า ระยะอนุบาล และย้ายปลูกลงราง 2 ครั้ง) และการให้แบคทีเรียในระยะอนุบาลเป็นจำนวน 1 ครั้ง โดยให้แต่ละครั้งในอัตรา 10^6 cfu/ml จะสามารถรักษาระดับปริมาณอยู่ได้เป็นระยะเวลาประมาณ 4 สัปดาห์ของอายุพืช ในระดับค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 5.5 และ 4.5 log cfu/g ตามลำดับ และส่งผลพืชให้มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	iv
สารบัญภาพ	vii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย	6
บทที่ 4 ผลการวิจัย	9
บทที่ 5 วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย	61
บรรณานุกรม	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายชื่อแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่นที่นำมาคัดเลือกซ้ำเพื่อการทดลอง	9
2	ผลผลิตของผักสลัดปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรียท้องถิ่นสายพันธุ์ต่างๆ	10
3	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	12
4	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	13
5	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยความยาวรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	14
6	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต (กรัม) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	15
7	สรุปค่าการเจริญเติบโตของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮตในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ	16
8	อัตราการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮตปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ	18
9	ความรุนแรงของโรคโคนเน่ารากเน่า ของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ	19
10	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดเรดโครอล ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าสลัดเรดโครอล (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	30
12	Two way table แสดงค่าเฉลี่ยความยาวรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	31
13	Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดเรดโครอล (กรัม) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)	32
14	สรุปค่าการเจริญเติบโตของกล้าผักสลัดเรดโครอลในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ	33
15	อัตราการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่า ของกล้าผักสลัดเรดโครอลปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ	35
16	ความรุนแรงของโรคโคนเน่ารากเน่า ของกล้าผักสลัดเรดโครอลปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ	36
17	จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ของผักสลัดบัตเตอร์เฮดปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้ *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	46
18	น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ของผักสลัดบัตเตอร์เฮดปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ	48
19	จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ของผักสลัดกรีนโอ๊กปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ	51
20	น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ของผักสลัดกรีนโอ๊กปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ	52
21	จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ของผักสลัดคอสปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ	56
22	น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ของผักสลัดคอสปลูกในระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ	57

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วมชนิดต่างๆ ใน Lab scale hydroponic	17
2	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T1-T3)	22
3	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T4-T6)	23
4	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T7-T9)	23
5	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T10-T12)	24
6	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T2, T3)	25
7	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T5, T6)	25
8	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T8, T9)	26
9	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T11, T12)	27
10	ปริมาณ *Pseudomonas* ECO 008 เชื้อ *Pythium* และแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด	28
11	กล้าผักสลัดเรดโครอลปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ ใน Lab scale hydroponic	34
12	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T1-T3)	38
13	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T4-T6)	39

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T7-T9)	40
15	ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T10-T12)	40
16	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T2, T3)	41
17	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T5, T6)	42
18	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T8, T9)	42
19	ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T11, T12)	43
20	ปริมาณ *Pseudomonas* ECO 008 เชื้อ *Pythium* และแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล	44
21	สลัดบัตเตอร์เฮดปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	47
22	ปริมาณจุลินทรีย์ในรากสลัดบัตเตอร์เฮดปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	49
23	สลัดกรีนโอ๊กปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	53
24	ปริมาณจุลินทรีย์ในรากสลัดกรีนโอ๊กปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	54
25	สลัดคอสปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	58
26	ปริมาณจุลินทรีย์ในรากสลัดคอสปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ถือว่าเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกร และผู้ประกอบการหลายราย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินก็สามารถพบได้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชผักที่ใช้ในการบริโภคสดที่ปรากฏตามซุปเปอร์มาเก็ตในขณะนี้ และส่วนใหญ่ก็ได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตจากหลายหน่วยงาน ส่งผลให้มีแนวโน้มว่าจะมีการขยายตัวของระบบปลูกพืชชนิดนี้มากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินก็คือ ปัญหาเรื่องโรครากเน่าโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. เนื่องจากสภาพการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของเชื้อชนิดนี้ (Stenghellini and Rasmussen, 1994 ; Runia, 1995, Paulitz and Belenger, 2001) ในประเทศไทยพบว่าการระบาดของโรคดังกล่าวจะรุนแรงมากที่สุดในช่วงฤดูร้อนของทุกปี โดยเฉพาะในฟาร์มที่มีระบบการจัดการฟาร์ม และสุขาภิบาลที่ไม่ดีเท่าที่ควร จนทำให้ในบางฟาร์มอาจหยุดการผลิตในช่วงนี้ หรือลดกำลังการผลิตให้น้อยลง การป้องกันกำจัดเชื้อ *Pythium* sp. ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีการศึกษาทั้งทางด้านอุปกรณ์ในการฆ่าเชื้อ ตลอดจนในเรื่องของการจัดการต่างๆ เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุเข้ามาในระบบ เช่น การฆ่าเชื้อในน้ำหรือในสารละลายธาตุอาหาร (Runia, 1995 ; Wohanka, 2002 ; Koohakan *et al*, 2002) การศึกษาทางด้านนี้แม้จะมีความก้าวหน้าไปมาก แต่ปัญหาเรื่องโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อดังกล่าวก็ยังคงพบอยู่ เป็นไปได้ว่าแนวคิดในการควบคุมโรครากเน่าที่มุ่งเน้นให้ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นระบบที่ปลอดเชื้อให้ได้มากที่สุด อาจมีส่วนทำให้เชื้อสาเหตุที่มีอยู่เพียงเล็กน้อย ตลอดจน minor pathogens ที่มีอยู่แล้วในระบบเกิดทวีจำนวน หรือปรับเปลี่ยนเป็นเชื้อสาเหตุหลักได้ เนื่องจากขาดกระบวนการยับยั้งตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ท้องถิ่น ด้วยเหตุนี้จึงน่าจะทำการศึกษาวิจัยถึงความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสารละลายธาตุอาหารโดยเน้นหนักไปในทางจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ได้แก่แบคทีเรียเขตรากพืช (rhizobacteria) ที่มีคุณสมบัติในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promotion) หรือเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช (antagonism) เพื่อเพิ่มสมรรถนะการผลิตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารกับการเกิดโรครากเน่า ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
2. ศึกษาผลของการใส่จุลินทรีย์เพิ่มในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ในแง่ของปริมาณต่อการเกิดโรครากเน่าและผลที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำการศึกษาในกลุ่มของแบคทีเรียเขตรากพืชที่มีประโยชน์ (beneficial rhizobacteria) และจุลินทรีย์ที่เป็นชีวผลิตภัณฑ์ (biocontrol product) บางชนิด

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นระบบที่มีความหลากหลายของจุลินทรีย์ค่อนข้างน้อย เหตุผลดังกล่าวทำให้พืชที่ปลูกในระบบนี้ค่อนข้างมีความอ่อนไหว (sensitive) ต่อปริมาณเชื้อก่อโรค ที่มีอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ดังนั้นการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ลงในสารละลายธาตุอาหาร อาจมีส่วนช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรค และเพิ่มปริมาณผลผลิตของพืชได้

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นเทคโนโลยีการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีวัสดุปลูกก็ได้ ข้อดีของการปลูกพืชแบบนี้ก็คือจะให้ผลผลิตสูง ปลูกพืชได้ตลอดปี มีการใช้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ที่ดินในการเพาะปลูกน้อย (Jansen and Collins, 1985) นอกเหนือจากข้อดีทางด้านผลผลิตแล้ว การหลีกหนีโรคก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้มีการพัฒนาระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขึ้นมา แม้โอกาสที่พืชที่ปลูกในระบบนี้จะเป็นโรคพืชได้น้อยกว่าที่ปลูกในระบบตามปกติ แต่สภาพแวดล้อมของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินกลับเป็นที่สภาพที่เหมาะสมต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราที่สร้างซูโอสปอร์ (zoosporic fungi) เช่น เชื้อ *Pythium* sp. และ *Phytophthora* sp. (Stanghellini and Rasmussen, 1994) ปัจจุบันเชื้อดังกล่าว

ยังคงเป็นปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินทั่วโลก จากการวิจัยของ Sutton *et al.* (2006) รายงานว่าเชื้อดังกล่าวสามารถเข้าทำลายพืชได้หลายชนิด อาทิเช่น แตงกวา พริกหวาน ผักสลัด ผักปวยเหล็ง (spinach) กุหลาบ และเบญจมาศ โดยมีสาเหตุหลักมาจากเชื้อ *Pythium aphanidermatum*, *Pythium dissotocum*, *Pythium* group F (บาง species) และ *Pythium ultimum* สำหรับแนวทางในการป้องกันกำจัดเชื้อ *Pythium* sp. อาจแบ่งได้เป็น 3 แนวทางใหญ่ๆ ด้วยกันคือ 1) การใช้วิธีทางกายภาพและหลักการจัดการในการปลูก (physical methods and cultural technique in daily management) 2) วิธีทางเคมี (chemical methods) 3) วิธีการทางกายภาพและนิเวศวิทยา (biological and/or ecological methods) (Ikeda *et al.*, 2002)

การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา Paulitz (1997) กล่าวว่า หากการควบคุมโดยชีววิธีสามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ ได้ผล ก็จะต้องได้ผลในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยเช่นกัน Postma (2004) กล่าวไว้ว่า การผลิตพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ผ่านมา จะทำระบบให้ปราศจากเชื้อให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ แต่ปัญหาเรื่องโรคในสารละลายธาตุอาหารก็ยังเกิดอยู่ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบนั้นน้อยเกินไป ที่เรียกว่า biological vacuum เหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาถึงความสำคัญ ประโยชน์ ตลอดจนข้อมูลทางนิเวศวิทยา และชีววิทยาของจุลินทรีย์ในระบบปลูกพืชชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีดังนี้

van Peer *et al.* (1990) ได้ทดลองใช้ fluorescent Pseudomonads ในการควบคุมโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* (Fusarium wilt disease) ในต้นคาร์เนชั่นที่ปลูกในวัสดุปลูก rock wool โดยกลไกในการควบคุมโรค เป็นผลมาจาก siderophore ที่สร้างจากแบคทีเรียชนิดนี้ นอกจากนี้ยังพบว่า *Pseudomonas* spp. ยังมีความสามารถในการกระตุ้นพืชให้เกิดความต้านทาน (induced resistance) อีกด้วย (Duijff *et al.*, 1993)

Paulitz *et al.* (1992) ได้ทำการแยกแบคทีเรียบริเวณเขตรากพืชของแตงกวาที่ปลูกในรัฐ Quebec ประเทศแคนาดา และทำการคัดเลือกเพื่อหาสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อ Pythium จากจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด 600 ไอโซเลท พบว่ามี 93 ไอโซเลท ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ และ 35 ไอโซเลท สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ ในจำนวนนี้มี 3 ไอโซเลท ที่พบว่าสารกรองจุลินทรีย์ (culture filtrate) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ จากนั้นจึงนำเอาทั้ง 35 ไอโซเลท เพื่อนำมาทดสอบใน plant bioassay เพื่อทำการคัดเลือกไอโซเลทที่ดีที่สุด จำนวน 5 ไอโซเลท จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อที่ได้จาก *in vitro* ไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับการทดลองใน plant bioassay แต่ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่สำคัญในการคัดแยกไอโซเลทที่ไม่มีประสิทธิภาพออกไปในเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Berkmann *et al.* (1992) ได้ศึกษาถึงประชากรแบคทีเรียที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารของมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบที่มี rock wool เป็นวัสดุปลูก และมีการหมุนเวียนนำเอาสารละลายกลับมาใช้ใหม่ พบว่าในสารละลายที่ไม่ได้ทำการปลูกพืชจะมีจำนวนประชากรของแบคทีเรียอยู่ในราวๆ 500-900 cfu/ml แต่ในสารละลายที่มีการปลูกมะเขือพบว่า ประชากรของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 10^5-10^6 cfu/ml ภายในเวลา 20 ชั่วโมงหลังจากทำการย้ายปลูก จากการจัดจำแนกพบว่าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของแบคทีเรียทั้งหมดได้แก่ genus *Pseudomonas* รองลงมาได้แก่ *Agrobacterium*, *Comamonas*, *Enterobactor* และ *Xanthomonas* ซึ่งพบในปริมาณ 3-12 เปอร์เซ็นต์ พวกที่พบต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ได้แก่ *Alcaligenes*, *Aureobacterium*, *Cytophora*, *Flavobacterium*, *Rhodococcus* และ *Yersinia* และจะมีอยู่ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ที่ยังไม่สามารถจัดจำแนกได้

Rankin and Paulitz (1994) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของ rhizosphere bacteria ที่มีศักยภาพในการเป็น biological control agents จำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ *Pseudomonas corrugata* จำนวน 2 ไอโซเลท และ *Pseudomonas fluorescens* จำนวน 3 ไอโซเลทที่แยกได้จากบริเวณเขตรากพืชของแตงกวา พบว่าต้นแตงกวาอายุ 5 สัปดาห์ ที่ปลูกวัสดุปลูก rock wool ที่มีการให้แบคทีเรีย suspension ของเชื้อ *Pseudomonas corrugata* ความเข้มข้น 10^6 cells/ml จำนวน 200 ml ลงในวัสดุปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการปลูกเชื้อ *P. aphanidermatum* จะได้ผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้แบคทีเรียถึง 88 เปอร์เซ็นต์ นอกจากยังพบว่าในกรรมวิธีที่ไม่ทำการปลูกเชื้อการใช้แบคทีเรียดังกล่าวจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้น 32-44 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองอีก crop หนึ่ง ที่มีการใช้แบคทีเรียจำนวน 3 ครั้งคือ ก่อนการปลูกเชื้อสาเหตุ 1 สัปดาห์ พร้อมกับการปลูกเชื้อสาเหตุ และหลังจากทำการปลูกเชื้อสาเหตุ 1 สัปดาห์ ผลปรากฏว่าผลผลิตที่ได้มีมากกว่าการทดลองชุดควบคุมที่ทำการปลูกเชื้ออย่างเดียวถึง 600 เปอร์เซ็นต์

Postma *et al.* (2000) ได้ศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (indigenous microorganisms) ในการยับยั้งโรคโคนเน่ารากเน่าของแตงกวาที่เกิดจากเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การทดลองทำโดยใช้วัสดุปลูก rockwool ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและยังไม่เคยประสบปัญหาเรื่องโรคโคนเน่ารากเน่ามาก่อนนำมาใช้โดยไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (autoclave) เปรียบเทียบกับอันที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นจึงทำการปลูกเชื้อสาเหตุ (*P. aphanidermatum*) ลงไป ผลปรากฏว่า ในต้นแตงกวาที่ปลูกในวัสดุปลูก rock wool ที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ อัตราการเกิดโรคจะน้อยกว่าอันที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 52-100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และเมื่อนำเอาวัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาสัมผัสกับวัสดุปลูก rock wool ที่ผ่านการใช้งานมาก่อนเพื่อให้เกิดการ re-colonization พบว่าความสามารถในการยับยั้งโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* กลับมาอีกครั้ง

Grosch *et al.* (2001) ได้ทดลองใช้แบคทีเรียที่แยกได้จากบริเวณรากของต้นมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสายพันธุ์ E21, E22, E23, E26 และ E28 มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* พบว่าทุกไอโซเลท ที่แยกได้จากรากมะเขือเทศนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aphanidermatum* ในสภาพ *in vitro* ในขณะที่ *Bacillus subtillis* สายพันธุ์ที่แยกได้จากดิน (FZB44) ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าว อย่างไรก็ตามในการทดสอบในสภาพการปลูกจริงพบว่า Bacillus subtilis สายพันธุ์ FZB44 สามารถลดความเสียหายเนื่องจากโรคได้เมื่อเปรียบเทียบกับ rhizosphere bacteria สายพันธุ์ที่แยกจากรากมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอันเนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดการรุนแรงของโรคได้

Gravel et al. (2006) ได้ทดสอบจุลินทรีย์จำนวน 28 สายพันธุ์ ในการต่อต้านเชื้อ *Pythium. ultinum* ในบรรดาจุลินทรีย์ดังกล่าว พบว่า *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium solitum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas syringae* และ *Trichoderma atroviride* มีคุณสมบัติในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่ายังมีคุณสมบัติในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชด้วย

สำหรับในประเทศไทยได้มีการศึกษาเบื้องต้นโดย พรหมมาศ และอิทธิสุนทร (2548 ก) ถึงประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาดในขณะนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของ *T. harzianum* และ *B. subtilis* พบว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ในระดับหนึ่ง เฉพาะในกรณีที่มีการเกิดโรคไม่รุนแรงเท่านั้น และการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงรูปแบบและความเข้มข้นด้วย เนื่องจากพบว่า บางผลิตภัณฑ์หากใช้ในอัตราความเข้มข้นที่สูงเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อรากพืชได้ เป็นที่น่าสนใจว่ามีการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์กับ rhizobacteria บางไอโซเลท ที่แยกได้จากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในการควบคุมโรครากเน่าของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อ *P. myriotylum* พบว่ามีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในผักสลัดบางชนิด เช่น ในพันธุ์ butterhead ที่ทรีตด้วย rhizobacteria ไอโซเลทดังกล่าว จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม (พรหมมาศ และอิทธิสุนทร, 2548 ข) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ของการนำเอา rhizobacteria ที่แยกได้จากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินไปควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* ในระบบปลูกพืชดังกล่าวได้

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ (lab scale hydroponics) และขั้นตอนที่สอง จะเป็นการศึกษาในสภาพใกล้เคียงกับระบบปลูกเป็นการค้า (near commercial scale hydroponics)

ขั้นตอนที่ 1

การศึกษาผลของจุลินทรีย์และปริมาณเชื้อก่อโรคในสารละลายธาตุอาหารต่อการเกิดโรครากเน่า ทำการทดสอบใน lab scale hydroponics ตามวิธีการดังนี้

1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 factorials in CRD จำนวน 5 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่จะศึกษาสองปัจจัย ได้แก่

ปัจจัย A ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารที่มีปริมาณจุลินทรีย์ต่างๆ ดังนี้คือ

A1 = สารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์10^6 cfu/ml

A2 = สารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มสายพันธุ์ปฏิปักษ์ 10^6 cfu/ml

A3 = สารละลายธาตุอาหารที่ปลอดจุลินทรีย์ (sterile nutrient solution)

A4 = สารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (normal nutrient solution)

ปัจจัย B ได้แก่ ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่า 3 ระดับดังนี้

B1 = ไม่ทำการปลูกเชื้อ

B2 = ปลูกเชื้อในสารละลายอัตรา 10^6 propagules/ml

B3 = ปลูกเชื้อในสารละลายอัตรา 10^3 propagules/ml

1.2 วิธีการทดลอง

เตรียมต้นกล้าผักสลัดพันธุ์ต่างประเทศเพื่อใช้เป็นพืชทดสอบในสารละลายธาตุอาหารที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ค่าความเข้มข้น ประมาณ 1.6 mS/cm2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.8 เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ จึงย้ายพืชทดสอบลงในขวดบรรจุสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 1 สารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่แบคทีเรียเขตรากพืชสายพันธุ์ที่ไม่แสดงผลกระทบทางลบกับพืช (พรหมมาศ, 2550; พรหมมาศ แลคณะ, 2552) หรือสายพันธุ์ที่มีรายงานว่ามีคุณสมบัติเป็น plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) ส่วนสารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มสายพันธุ์ปฏิปักษ์ได้แก่ เชื้อบริสุทธิ์ที่แยกจากชีวผลิตภัณฑ์ที่มีขายตามท้องตลาด หลังจากนั้น 24 ชั่วโมง จึงทำการปลูกเชื้อ *Pythium* sp.ลงในสารละลายธาตุอาหาร ตามกรรมวิธีที่กำหนด

สำหรับเชื้อ *Pythium* sp. ได้มาจากรากพืชที่แสดงอาการรากเน่าโคนเน่าที่ปลูกในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน และได้ผ่านการทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคแล้ว

1.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

ตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. และประชากรของแบคทีเรียในสารละลายธาตุอาหารตลอดจนอัตราการเกิดโรคและความรุนแรง หลังจากปลูกเชื้อ รวมทั้งเก็บข้อมูลทางด้านการแจริญเติบโต เช่นจำนวนใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักของต้นกล้าหลังสิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ขั้นตอนที่ 2

การศึกษาผลของการใส่จุลินทรีย์เพิ่มในสารละลายธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ทำการทดสอบในระบบ nutrient film technique (NFT) กับผักสลัด 3 สายพันธุ์ คือ กรีนโอ๊ก (leaf lettuce), บัตเตอร์เฮด (head lettuce) และคอส (romaine lettuce) ตามวิธีการดังนี้

2.1 การเตรียมระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

เตรียมการติดตั้งระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ NFT ซึ่งประกอบไปด้วยรางปลูกพืช (gullies) 18 ราง ความยาวรางละ 3 เมตร ซึ่งจะสามารถปลูกพืชได้ประมาณ 10-12 ต้น/ราง ในแต่ละรางจะประกอบด้วยระบบจ่ายสารละลายที่เป็นอิสระต่อกัน การทดสอบแต่ละครั้งจะสามารถทดสอบได้ 6 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ

2.2 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยมี 6 กรรมวิธีคือ

Tr.1 = ใส่จุลินทรีย์ 1 ครั้งในระยะเพาะเมล็ด (0 สัปดาห์ของอายุพืช)

Tr.2 = ใส่จุลินทรีย์ 1 ครั้งในระยะอนุบาล (2-3 สัปดาห์ของอายุพืช)

Tr.3 = ใส่จุลินทรีย์ 1 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT (3-4 สัปดาห์ของอายุพืช)

Tr.4 = ใส่จุลินทรีย์ 2 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT (3-4 และ 4-5 สัปดาห์ของอายุพืช)

Tr.5 = ใส่จุลินทรีย์ 4 ครั้งตามกรรมวิธีทั้งหมดข้างต้น (0, 2-3, 3-4 และ 4-5 สัปดาห์ของอายุพืช)

Tr.6= ไม่ใส่จุลินทรีย์ (control)

2.3 วิธีการทดลอง

ทำการเพาะเมล็ดสลัดพันธุ์ต่างประเทศในวัสดุเพาะกล้า พร้อมทั้งหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย (bacterial suspension) ความเข้มข้น 10^6 cfu/ml จำนวน 1 ml /เมล็ด ลงในกรรมวิธีที่กำหนด (Tr.1 และ Tr.5) แบคทีเรียที่นำมาทดสอบเป็นสายพันธุ์เดียวกับที่ทำการทดลองในหัวข้อ 1.2 ที่

ผ่านการติด เครื่องหมายแล้ว รดต้นกล้าด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อจนเมล็ดงอก จากนั้นย้ายลงราง อนุบาลที่ให้สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นประมาณ 0.8-1.0 ms/cm ; pH 5.8 จนต้นกล้ามีอายุได้ 2-3 สัปดาห์จึงให้สารแขวนลอยแบคทีเรียความเข้มข้น 10^6 cfu/ml จำนวน 10 ml /ต้นลงในกรรมวิธีที่กำหนด (Tr.2 และ Tr.5) เมื่อต้นพืชมีอายุได้ 3-4 สัปดาห์ จึงทำการย้ายลงสู่ราง NFT โดยได้รับสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 1.6 ms/cm ; pH 5.8 ที่มีการใส่แบคทีเรียทดสอบลงในสารละลายธาตุอาหารอัตรา 10^6 cfu/ml ลงในกรรมวิธีที่กำหนด (Tr.3, Tr.4 และ Tr.5) เมื่อต้นพืชมีอายุได้ประมาณ 4-5 สัปดาห์ จึงทำการทรีตด้วยแบคทีเรียอีกครั้ง โดยใส่ลงไปในถังจ่ายสารละลายในอัตรา 10^6 cfu/ml ในกรรมวิธีที่กำหนด (Tr.4 และ Tr.5) หลังสิ้นสุดการทดลอง ทำการล้างฆ่าเชื้อระบบด้วย 0.5% แคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ จากนั้นทำการทดลองซ้ำ repeated experiment ในพืชชนิดอื่นๆ อีก จำนวน 2 crops

2.4 การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

เก็บตัวอย่างรากและสารละลายธาตุอาหารในแต่ละกรรมวิธี ไปตรวจหาปริมาณ เชื้อ *Pythium* sp. และแบคทีเรียสายพันธุ์ทดสอบในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 6 ของอายุพืช เก็บข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต เช่น จำนวนใบ ขนาดของทรงพุ่มเป็นประจำทุกสัปดาห์ รวมถึงข้อมูลทางด้านอัตราการเกิดโรค และความรุนแรงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เก็บข้อมูลผลผลิตในแต่ละกรรมวิธีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลการวิจัย

1. แบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่นที่นำมาทดลอง

เป็นแบคทีเรียเขตรากพืชที่มีศักยภาพบางสายพันธุ์ที่แยกได้จากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ได้รายงานไว้แล้ว (ตารางที่ 1) จากนั้นนำมาทดสอบซ้ำถึงประสิทธิภาพของแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าว เพื่อคัดเลือกมาทำการทดลองในครั้งนี้จำนวน 1 สายพันธุ์

ตารางที่ 1 รายชื่อแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่นที่นำมาคัดเลือกซ้ำเพื่อการทดลอง

สายพันธุ์	Gene Bank NO	อ้างอิง
Bacillus Bh020k	-	พรหมมาศ (2550)
Bacillus Bh019p	-	พรหมมาศ (2550)
Bacillus ETO 046	-	พรหมมาศ (2550)
Bacillus ECCB 051	-	พรหมมาศ (2550)
Bacillus SSMIX 020	GQ926887	พรหมมาศ และคณะ (2552)
Pseudomonas ECO 008	GQ926880	พรหมมาศ และคณะ (2552)
Pseudomonas SSWC 110	GQ926881	พรหมมาศ และคณะ (2552)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียในระบบ nutrient film technique (NFT) โดยทดลองกับผักสลัด 2 ชนิดคือ บัตเตอร์เฮต และเรดโครอล พบว่าในผักสลัดบัตเตอร์เฮตจะมีการตอบสนองต่อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบค่อนข้างดีกว่าผักสลัดเรดโครอล โดยเกือบทุกกรรมวิธีที่ได้รับแบคทีเรียจะมีค่าเฉลี่ยผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นจำนวนใบ น้ำหนักลำต้น หรือน้ำหนักรากดีกว่า control ในขณะที่ผักสลัดเรดโครอลนั้นจะมีเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ ECCB051 และ ECO008 เท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตดีกว่า control (ตารางที่ 2) เนื่องจากประสิทธิภาพของของสายพันธุ์ ECO008 มีแนวโน้มที่จะกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ทั้งสองชนิด และจากการนำไปติดเครื่องหมายโดยใช้ rifamplicin และ amplicillin เพื่อติดตามการมีชีวิตรอดในกรณีที่ต้องใช้ในการทดลองต่อไป พบว่า สายพันธุ์ ECO008 สามารถทนทานต่อ สารปฏิชีวนะทั้งสองตัวได้ จึงเป็นสายพันธุ์ที่ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ร่วมกับชีวผลิตภัณฑ์ *Bacillus subtilis* ตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในวิธีการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลผลิตของผักสลัดปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรียท้องถิ่นสายพันธุ์ต่างๆ

สิ่งทดลอง (treatment)	ผักสลัดบัตเตอร์เฮด			ผักสลัดเรดคอรอล		
	จำนวนใบ	นน.ลำต้น (g)	นน.ราก (g)	จำนวนใบ	นน.ลำต้น (g)	นน.ราก (g)
Bh019p	18.3	67.3	11.4	8.6	14.6	3.7(*)
Bh020k	19.1*	61.1	11.7	7.0	13.1(*)	3.6(*)
ETO046	17.6	36.6	8.4	9.8	19.0	6.0
ECCB051	17.1	52.3	10.2	16.1	50.1	10.6
SSMIX020	20.2*	64.0	10.4	11.3	25.6	7.0
ECO008	17.7	58.7	10.4	13.5	43.2	7.9
SSWC110	18.3	58.9	10.9	10.6	27.4	6.5
CONTROL	15.7	41.2	8.3	11.3	35.7	7.9
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ[1/]	*	NS	NS	NS	(*)	(*)

[1/] NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ; * = ค่าเฉลี่ยสูงกว่า control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ; (*) = ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%;

2. ผลของจุลินทรีย์และปริมาณเชื้อก่อโรคในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต และการเกิดโรครากเน่า

ทำการทดลองใน Lab scale hydroponics ในผักสลัด 2 ชนิดคือ บัตเตอร์เฮต และเรดโครอล โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x3 factorials in CRD ปัจจัยแรก (A) ได้แก่สารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ส่วนปัจจัยที่สอง (B) ได้แก่ปริมาณเชื้อก่อโรค (*Pythium* sp.)

จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (factor A) มีดังนี้

A1 สารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วใส่ *Pseudomonas* ECO008 สายพันธุ์ท้องถิ่นในอัตรา 10^6 cfu/ml

A2 สารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วใส่ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์การค้าในอัตรา 10^6 cfu/ml

A3 สารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

A4 สารละลายธาตุอาหารปกติที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ปริมาณเชื้อก่อโรค (factor B) มีดังนี้

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium* sp.

B2 ปลูกเชื้อ *Pythium* sp. ในอัตรา 10^6 cfu/ml

B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* sp. ในอัตรา 10^3 cfu/ml

ประกอบกันเป็น 12 สิ่งทดลองร่วม (treatment combination) ดังนี้

T1 (A1B1) = *Pseudomonas* ECO008

T2 (A1B2) = ECO008+P 10^6

T3 (A1B3) = ECO008+P 10^3

T4 (A2B1) = *Bacillus subtilis*

T5 (A2B2) = *B. subtilis*+P 10^6

T6 (A2B3) = *B. subtilis* +P 10^3

T7 (A3B1) = sterile NS

T8 (A3B2) = sterile NS+P 10^6

T9 (A3B3) = sterile NS+P 10^3

T10 (A4B1) = normal NS

T11 (A4B2) = normal NS+P 10^6

T12 (A4B3) = normal NS+P 10^3

2.1 ผลการทดลองในสลัดบัตเตอร์เฮด

2.1.1 การเจริญเติบโต

เก็บข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตได้แก่ จำนวนใบแท้ เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักสด ที่อายุ 4 สัปดาห์ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) จำนวนใบ

ตารางที่ 3 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย A[1/] **
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	
A1: ECO008	7.6	7.0	6.8	7.13 AB
A2: *B. subtilis*	7.6	7.8	6.2	7.20 A
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	6.8	6.0	6.2	6.33 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	5.4	4.6	5.0	5.00 C
เฉลี่ย B[2/] ns	6.85	6.35	6.05	AxB[3/] ns

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[3/] ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 3 พบว่า จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพัทธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนใบ ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *B. subtilis* และ *Pseudomonas* ECO008 จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ในกลุ่มดีที่สุดเท่ากับ 7.20 และ 7.13 ใบตามลำดับ ในขณะที่พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่ำที่สุดคือ 5.00 ใบ ส่วนพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ในระดับปานกลางคือ 6.33 ใบและไม่มีความแตกต่างกันทางถติกับพืชที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม

ตารางที่ 4 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	A[1/] **
A1: ECO 008	7.9	7.3	7.3	7.48 A
A2: *B. subtilis*	6.9	6.0	6.9	6.57 B
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	6.5	5.2	6.1	5.90 C
A4: สารละลายฯ ปกติ	5.8	5.2	6.0	5.63 C
เฉลี่ย B[2/] *	6.75 A	5.90 B	6.54 A	AxB[3/] ns

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[3/] ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 4 พบว่า จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 จะมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มใหญ่ที่สุด คือ 7.48 ซม. รองลงมาได้แก่ *B. subtilis* (6.57 ซม.) ในขณะที่พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และสารละลายธาตุอาหารปกติมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มอยู่ในกลุ่มเล็กที่สุดคือ 5.90 และ 5.63 ซม. ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณเชื้อก่อโรคพบว่า กลุ่มทดลองที่ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเล็กที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น (B1 และ B3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) ความยาวราก

ตารางที่ 5 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยความยาวรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์โฮต (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย A[1/] **
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	
A1: ECO 008	16.6	14.9	17.9	16.47 A
A2: *B. subtilis*	14.3	10.9	10.0	11.73 B
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	12.6	10.7	13.4	12.23 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	9.5	8.5	9.8	9.27 C
เฉลี่ย B[2/] ns	13.25	11.25	12.78	AxB[3/] ns

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[3/] ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 5 พบว่า จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยความยาวรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์โฮต โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพัทธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยความยาวราก ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 จะมีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด คือ 16.47 ซม. กลุ่มรองลงมาได้แก่ พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *B. subtilis* (12.23 และ 11.73 ซม. ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารปกติ จะมีค่าเฉลี่ยความยาวรากน้อยที่สุดคือ 9.27 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) น้ำหนักสด

ตารางที่ 6 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต (กรัม) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	A[1/] **
A1: ECO 008	0.34	0.32	0.32	0.33 A
A2: *B. subtilis*	0.33	0.29	0.32	0.32 A
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	0.31	0.21	0.24	0.25 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	0.21	0.16	0.20	0.19 C
เฉลี่ย B[2/] ns	0.30	0.25	0.27	AxB[3/] ns

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[3/] ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 6 พบว่า จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีน้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพัทธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 และ *B. subtilis* จะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดอยู่ในกลุ่มมากที่สุด คือ 0.33 และ 0.32 กรัม ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (0.25 กรัม) และต่ำสุดคือพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ (0.19 กรัม)

เอกสารนี้ผู้นำเข้าคู่มือ... ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง ... ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 สรุปค่าการเจริญเติบโตของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ

สิ่งทดลองร่วม[1/] (treatment combination)	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (cm)	ความยาวราก (cm)	น้ำหนักสด (g)
T1 (A1B1)= ECO 008	7.6	7.9	16.6	0.34
T2 (A1B2)= ECO 008+P 10^6	7.0	7.3	14.9	0.32
T3 (A1B3)= ECO 008+P 10^3	6.8	7.3	17.9	0.32
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A1	7.13 AB[2/]	7.48 A	16.47 A	0.33 A
T4 (A2B1)= *Bacillus subtilis*	7.6	6.9	14.3	0.33
T5 (A2B2)= *B. subtilis*+P 10^6	7.8	6.0	10.9	0.29
T6 (A2B3)= *B. subtilis* +P 10^3	6.2	6.9	10.0	0.32
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A2	7.20 A	6.57 B	11.73 B	0.32 A
T7 (A3B1)= sterile NS	6.8	6.5	12.6	0.31
T8 (A3B2 = sterile NS+P 10^6	6.0	5.2	10.7	0.21
T9 (A3B3)= sterile NS+P 10^3	6.2	6.1	13.4	0.24
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A3	6.33 B	5.90 C	12.23 B	0.25 B
T10 (A4B1 = Normal NS	5.4	5.8	9.5	0.21
T11 (A4B2)= Normal NS+P 10^6	4.6	5.2	8.5	0.16
T12 (A4B3)= Normal NS+P 10^3	5.0	6.0	9.8	0.20
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A4	5.00 C	5.63 C	9.27 C	0.19 C

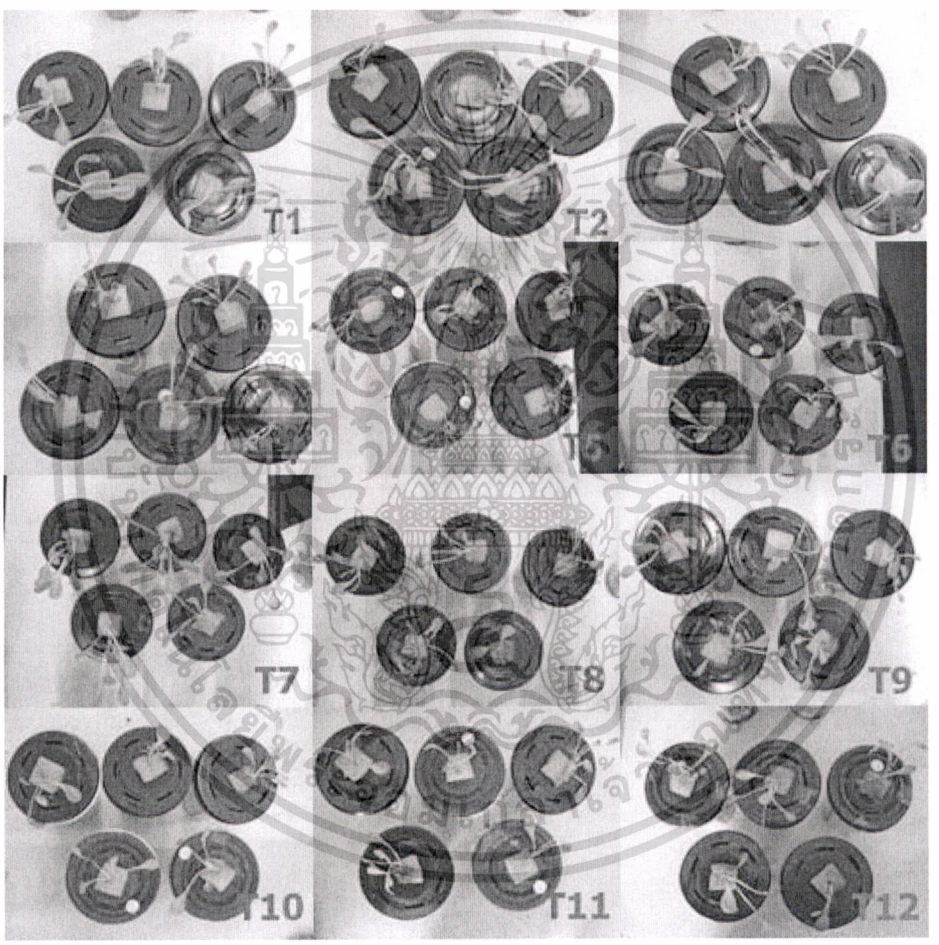
[1/] A1 ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 อัตตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*, B2 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง (10^6 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น) และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราต่ำ (10^3 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น); A2 ได้รับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A3 ปลูกพืชในสารละลายที่ฆ่าเชื้อ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A4 ปลูกพืชในสารละลายปกติ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน ที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อการค้า

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากตารางที่ 7 สามารถแสดงให้เห็นในภาพรวมได้ว่ากล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 ในอัตรา 10^6 cfu/ml จะมีค่าการเจริญเติบโตโดยรวม ได้แก่จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักสด อยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุด กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตรองลงมาได้แก่ กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับแบคทีเรีย *B. subtilis* สายพันธุ์การค้าในอัตรา 10^6 cfu/ml ซึ่งมีค่าการเจริญเติบโตบางค่า เช่น จำนวนใบ และน้ำหนักสด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มแรก อันดับสามได้แก่ กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยไม่มีการเพิ่มสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ใดๆ ลงไป และกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตต่ำสุดได้แก่ กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ



ภาพที่ 1 กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮตปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ ใน Lab scale hydroponic

116101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การเกิดโรค

เก็บข้อมูลทางด้านโรคของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮตได้แก่ อัตราการเกิดโรค (disease incidence) และความรุนแรงของการเกิดโรค (disease severity) หลังจากการปลูกเชื้อทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ดังแสดงไวในตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 อัตราการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ

สิ่งทดลองร่วม[1/] (treatment combination)	อัตราการเกิดโรคโรค[2/] (%) ที่...วันหลังการปลูกเชื้อ			
	0	2	4	6
T1 (A1B1)= ECO 008	0	0	0	20
T4 (A2B1)= *Bacillus subtilis*	0	0	0	20
T7 (A3B1)= sterile NS	0	0	0	60
T10 (A4B1 = Normal NS	0	0	60	60
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B1(ไม่ปลูกเชื้อ)	0.0	0.0	15.0	40.0
T2 (A1B2)= ECO 008+P 10^6	0	100	100	100
T5 (A2B2)= *B. subtilis*+P 10^6	0	100	100	100
T8 (A3B2 = sterile NS+P 10^6	0	100	100	100
T11 (A4B2)= Normal NS+P 10^6	0	100	100	100
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B2 (*Pythium* 10^6 cfu/ml)	0.0	100.0	100.0	100.0
T3 (A1B3)= ECO 008+P 10^3	0	80	80	80
T6 (A2B3)= *B. subtilis* +P 10^3	0	100	100	100
T9 (A3B3)= sterile NS+P 10^3	0	100	100	100
T12 (A4B3)= Normal NS+P 10^3	0	100	100	100
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B3 (*Pythium* 10^3 cfu/ml)	0.0	95.0	95.0	95.0

[1/] A1 ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 อัตตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*, B2 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง (10^6 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น) และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราต่ำ (10^3 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น); A2 ได้รับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A3 ปลูกพืชในสารละลายที่ฆ่าเชื้อ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A4 ปลูกพืชในสารละลายปกติ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ

[2/] อัตราการเกิดโรคคำนวนจาก สัดส่วนของจำนวนต้นที่แสดงอาการของโรค ต่อต้นพืชทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ (n=5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ความรุนแรงของโรคโคนเน่ารากเน่า ของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ

สิ่งทดลองร่วม[1/] (treatment combination)	ความรุนแรงของโรค[2/] (%) ที่...วันหลังการปลูกเชื้อ			
	0	2	4	6
T1 (A1B1)= ECO 008	0	0	0	4
T4 (A2B1)= *Bacillus subtilis*	0	0	0	4
T7 (A3B1)= sterile NS	0	0	0	12
T10 (A4B1 = Normal NS	0	0	12	12
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B1(ไม่ปลูกเชื้อ)	0.0	0.0	3.0	8.0
T2 (A1B2)= ECO 008+P 10^6	0	24	28	28
T5 (A2B2)= *B. subtilis*+P 10^6	0	28	36	52
T8 (A3B2 = sterile NS+P 10^6	0	28	36	36
T11 (A4B2)= Normal NS+P 10^6	0	28	64	56
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B2 (*Pythium* 10^6 cfu/ml)	0.0	27.0	41.0	43.0
T3 (A1B3)= ECO 008+P 10^3	0	16	24	28
T6 (A2B3)= *B. subtilis* +P 10^3	0	28	28	36
T9 (A3B3)= sterile NS+P 10^3	0	24	32	44
T12 (A4B3)= Normal NS+P 10^3	0	32	32	32
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B3 (*Pythium* 10^4 cfu/ml)	0.0	25.0	29.0	35.0

[1/] A1 ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 อัตตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*, B2 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง (10^6 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น) และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราต่ำ (10^3 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น); A2 ได้รับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A3 ปลูกพืชในสารละลายที่ฆ่าเชื้อ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A4 ปลูกพืชในสารละลายปกติ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ

[2/] ความรุนแรงของโรคคำนวณจาก (ผลรวมของจำนวนต้นที่เป็นโรค x ระดับการเกิดโรค / จำนวนต้นพืชทั้งหมด) x (100/ค่าระดับการเกิดโรคสูงสุด) โดยที่ระดับการเกิดโรค คือ 0=พืชปกติรากมีสีขาว 1=รากพืชมีสีแดง 2=รากเน่าบางส่วน 3=รากเน่าเกือบทั้งหมดและพืชแสดงอาการเหี่ยว 4=พืชเหี่ยวอย่างถาวรและมีอาการรากเน่าอย่างรุนแรง 5=พืชตาย (n=5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 8 อัตราการกิดโรค (disease incidence) พิจารณาจากสัดส่วนของจำนวนต้นที่แสดงอาการของโรค ต่อจำนวนต้นปกติ ซึ่งจากการทดลองพบว่า กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดที่ได้รับการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. จะแสดงอาการของโรคภายในระยะเวลา 2 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยพบอัตราการเกิดโรค 100% ในกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อ *Pythium* sp ทั้งในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) และในอัตรา 10^3 cfu/ml (B3) ส่วนในกรณีของกลุ่มทดลองที่ไม่ทำการปลูกเชื้อ (B1) นั้น พบว่าพืชทดลองในบางทรีตเมนต์ มีอาการรากแดงเกิดขึ้น จึงถูกนับจำนวนให้อยู่ในกลุ่มที่เป็นโรคด้วย แต่ความรุนแรงของการเกิดโรคนั้นจะต่ำกว่า ในเรื่องของความรุนแรงของโรค (disease severity) นั้นทำการแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น ระดับๆ และให้ค่าความรุนแรงของแต่ละระดับ คือ 0=พืชปกติ รากมีสีขาว 1=รากพืชมีสีแดง 2=รากเน่าบางส่วน 3=รากเน่าเกือบทั้งหมดและพืชแสดงอาการเหี่ยว 4=พืชเหี่ยวอย่างถาวรและมีอาการรากเน่าอย่างรุนแรง 5=พืชตาย แล้วเทียบค่าความรุนแรงออกมาเป็นร้อยละ ของจำนวนต้นพืชทั้งหมดในแต่ละทรีตเมนต์ ในแง่ของปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) ผลการทดลองพบว่ากล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดในกลุ่มทดลองที่ได้รับการปลูกเชื้อในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) จะมีความรุนแรงของโรคสูงสุด รองลงมาคือกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดในกลุ่มทดลองที่ได้รับการปลูกเชื้อในอัตรา 10^3 cfu/ml (B3) โดยมีระดับความรุนแรงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 27-43% และ 25-35% ตามลำดับ ตามจำนวนวันหลังการปลูกเชื้อ (ตารางที่ 9) เมื่อพิจารณาในด้านของจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) พบว่า กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 จะมีความรุนแรงของโรคต่ำสุด ทั้งในสภาพที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคในปริมาณที่มาก (A1B2) ในปริมาณที่น้อย (A1B3) โดยมีความรุนแรงของโรคที่ 2-6 วันหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 24-28% และ 16-28% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในกรณีที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุ กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 (A1B1) ก็จะมีสภาพความสมบูรณ์ อยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุดด้วย โดยอาจพบอาการของโรครากเน่าได้บ้าง ในระดับความรุนแรงที่ต่ำที่สุด เพียง 0-4% สำหรับกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ แบคทีเรีย *B. subtilis* (กลุ่มทดลอง A2) นั้น พบว่ามีเพียงในสภาวะที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุ (A2B1) เท่านั้น ที่ทำให้กล้าผักสลัดมีสภาพความสมบูรณ์ อยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด ส่วนในสภาวะที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุนั้น (A2B2 และ A2B3) ไม่พบว่าจะช่วยลดความรุนแรงของโรคได้อย่างชัดเจน สำหรับกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (กลุ่มทดลอง A3) และที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (กลุ่มทดลอง A4) นั้น มีแนวโน้มว่ากล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จะมีความรุนแรงของโรคต่ำกว่าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ราก

ทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่ราก (rhizosphere microflora) ใน 3 กลุ่มด้วยกันคือ แบคทีเรียรวม (total bacteria) เชื้อ *Pythium* และ *Pseudomonas* ECO008 ในกรณีของแบคทีเรียรวม จะทำการตรวจนับทั้ง 12 สิ่งทดลองร่วม (treatment combination; T1-T12) ในกรณีของเชื้อ *Pythium* จะทำการตรวจนับเฉพาะสิ่งทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* (T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11, T12) ในกรณีของ *Pseudomonas* ECO008 จะตรวจนับเฉพาะกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียดังกล่าว (T1, T2, T3) โดยใช้อาหารที่มี rifamplicin และ aplicillin ผสมอยู่ ช่วงระยะเวลาในการตรวจนับจะกระทำ 4 ครั้ง ดังนี้

ช่วงที่ 1 หลังย้ายพืชทดลอง ลงในภาชนะปลูก (อายุพืช 15 วัน) จุลินทรีย์ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม

ช่วงที่ 2 หลังใส่แบคทีเรียที่มีประโยชน์ ลงในสารละลายธาตุอาหาร (อายุพืช 18 วัน) จุลินทรีย์ ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม และ *Pseudomonas* ECO008

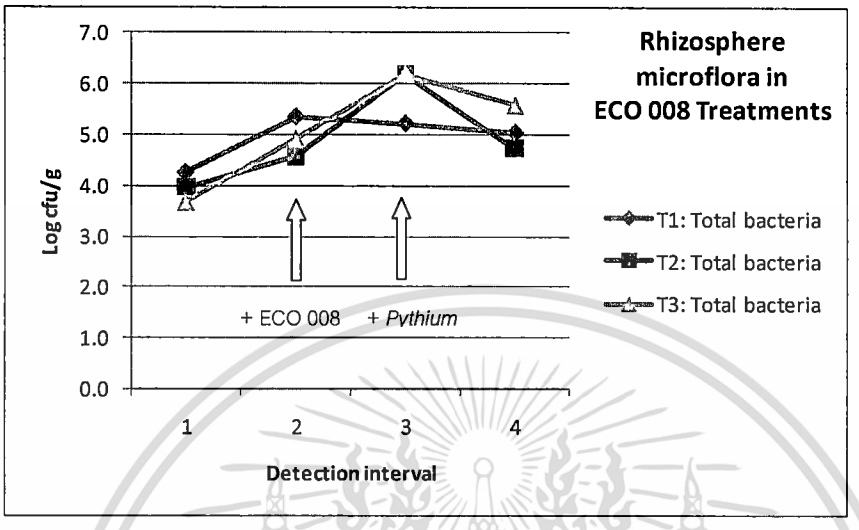
ช่วงที่ 3 หลังปลูกเชื้อ *Pythium* แล้ว 3 วัน (อายุพืช 23 วัน) จุลินทรีย์ ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม *Pseudomonas* ECO008 และ เชื้อ *Pythium*

ช่วงที่ 4 หลังปลูกเชื้อ *Pythium* แล้ว 10 วัน (อายุพืช 30 วัน) จุลินทรีย์ ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม *Pseudomonas* ECO008 และ เชื้อ *Pythium*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria)

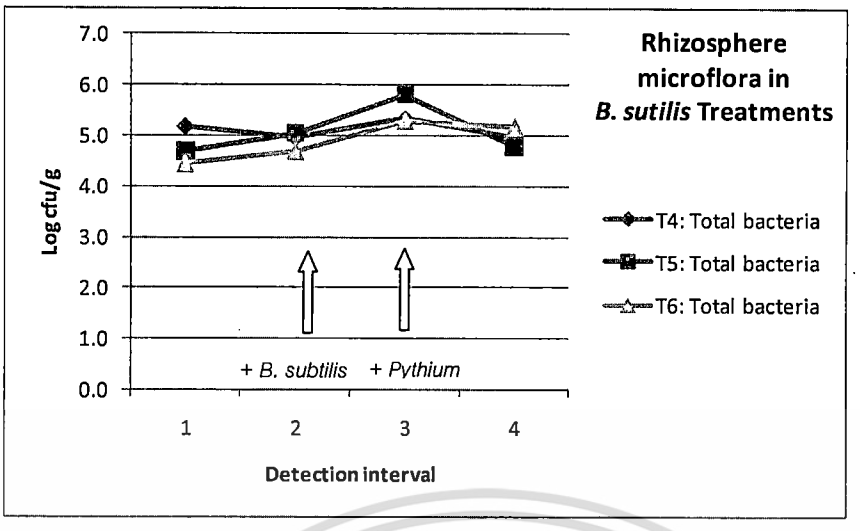
ผลการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียรวมในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดทั้ง 12 สิ่งทดลอง ร่วมแสดงไว้ในภาพที่ 2 - 5



ภาพที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T1-T3)

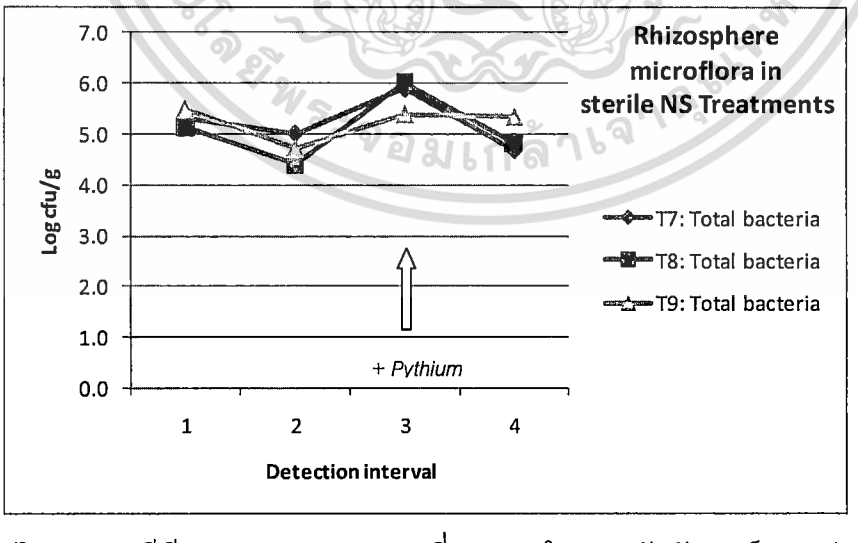
ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T1, T2, T3) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้น (ตรวจนับช่วงที่ 1) อยู่ประมาณ 4.3, 4.0 และ 3.7 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และทำการตรวจนับ ในช่วงที่ 2 พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียรวม เพิ่มมากขึ้นเป็น 5.4, 4.6 และ 5.9 log cfu/g ตามลำดับ สำหรับในทรีตเมนต์ที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* (T2, T3) พบว่าปริมาณแบคทีเรียรวม จะเพิ่มขึ้นอีกจนถึงระดับประมาณ 6.2 log cfu/g และจะลดลงสู่ระดับ ประมาณ 4.7-5.6 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 4 (ภาพที่ 2)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



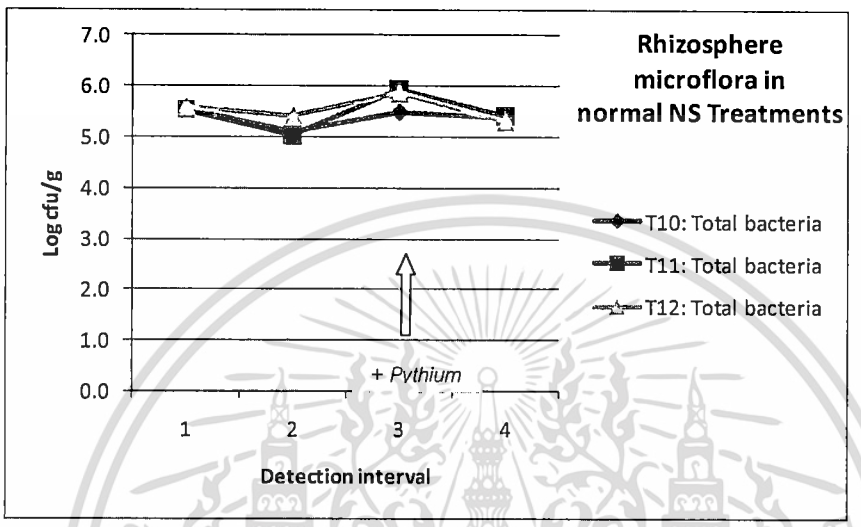
ภาพที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T4-T6)

ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T4, T5, T6) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้น (ตรวจนับช่วงที่ 1) อยู่ประมาณ 5.2, 4.7 และ 4.4 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากใส่ *B. subtilis* ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และทำการตรวจนับ ในช่วงที่ 2 พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียรวมเพิ่มมากขึ้น เพียงเล็กน้อย เป็น 5.0 และ 4.7 log cfu/g ใน T5 และ T6 ตามลำดับ และในทรีตเมนต์ดังกล่าวเมื่อทำการปลูกเชื้อ *Pythium* พบว่าปริมาณแบคทีเรียรวม จะเพิ่มขึ้นอีกจนถึงระดับประมาณ 5.8 และ 5.3 log cfu/g ตามลำดับ และจะลดลงสู่ระดับประมาณ 4.8 และ 5.2 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 4 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T7-T9)

ปริมาณแบคทีเรียรวม ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T7, T8, T9) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้นเมื่อทำการตรวจนับช่วงที่ 1อยู่ประมาณ 5.3, 5.1 และ 5.5 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 2-4พบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวม จะมีการแก่วงตัวขึ้นลงอยู่ในระดับ 4.4-6.0 log cfu/g (ภาพที่ 4)

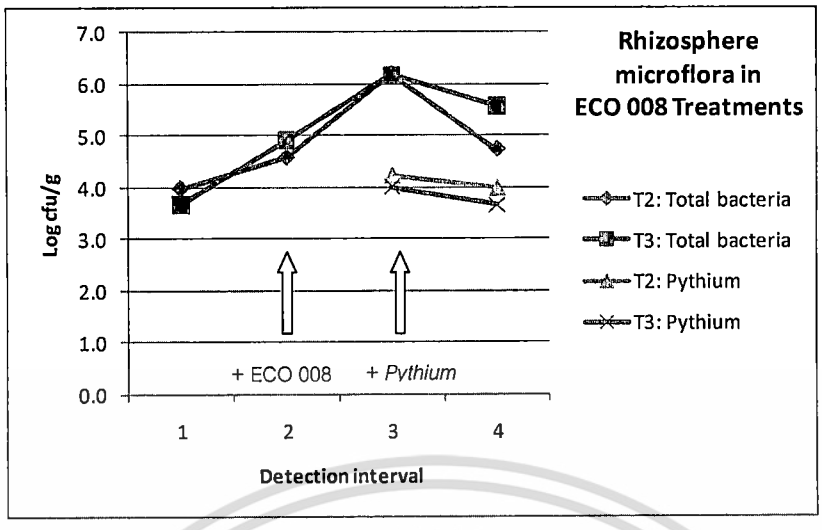


ภาพที่ 5 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮต กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T10-T12)

ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T10, T11, T12) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้นเมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 1 อยู่ประมาณ 5.6, 5.5 และ 5.6 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากนั้นพบว่าปริมาณแบคทีเรียรวม จะมีการแก่วงตัวขึ้นลงอยู่ในช่วงที่แคบกว่ากลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ที่ฆ่าเชื้อ คือในระดับ 5.0-5.9 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 2-4 (ภาพที่ 5)

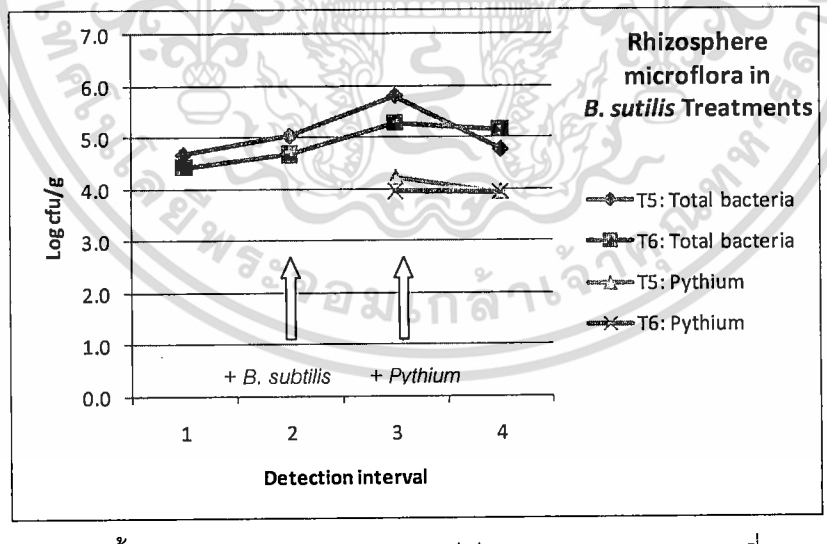
2) ปริมาณเชื้อ *Pythium* และแบคทีเรียรวม

ผลการตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium* ในกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อ *Pythium* (T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11, T12) ได้แสดงร่วมไว้กับปริมาณแบคทีเรียรวม ดังภาพที่ 6-9



ภาพที่ 6 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T2, T3)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณ 4.2 และ 4.0 log cfu/g ใน T2 และ T3 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* ของทั้งสองทรีตเมนต์ ลดลงเหลือ 4.0 และ 3.7 log cfu/g ตามลำดับ โดยปริมาณเชื้อ *Pythium* ที่ลดลงในทรีตเมนต์ที่ 2 และ 3 นั้น มีค่าเท่ากับ 0.2 และ 0.3 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 6)

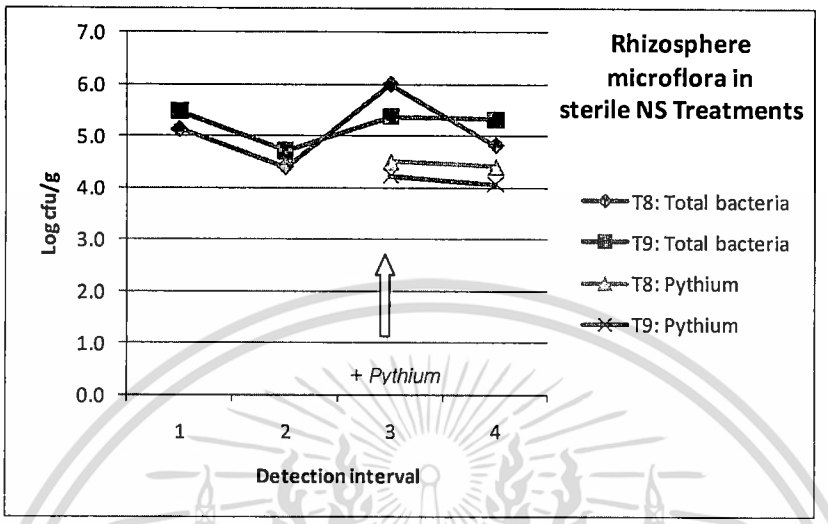


ภาพที่ 7 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T5, T6)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณ 4.2 และ 4.0 log cfu/g ใน T5 และ T6 ตามลำดับ หลังจากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

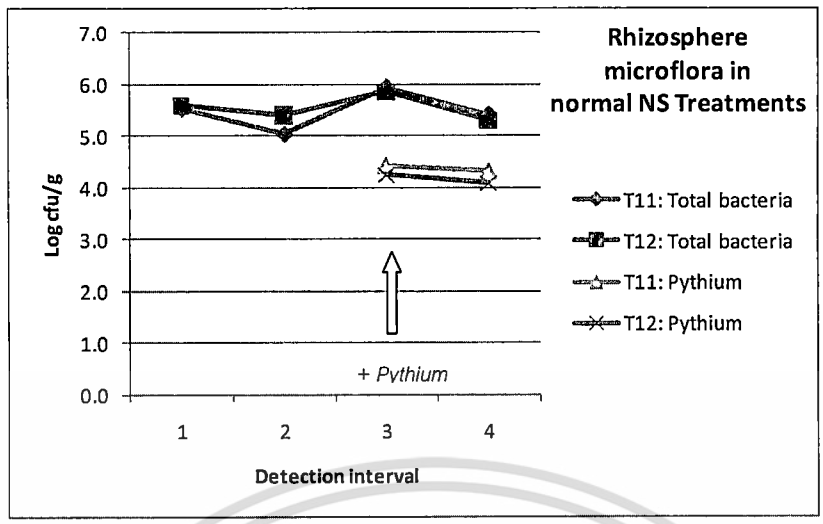
ทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่ามีเพียงเฉพาะทรีตเมนต์ที่ 5 ที่มีปริมาณเชื้อ *Pythium* ลดลงเหลือ 3.9 log cfu/g (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 8 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮต กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T8, T9)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมากกว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 หรือ *B. subtilis* คือตรวจพบได้ในปริมาณ 4.5 และ 4.2 log cfu/g ใน T8 และ T9 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* ของทั้งสองทรีตเมนต์ลดลงเหลือ 4.4 และ 4.1 log cfu/g ตามลำดับ โดยลดลงจากเดิมเพียง 0.1 log cfu/g (ภาพที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



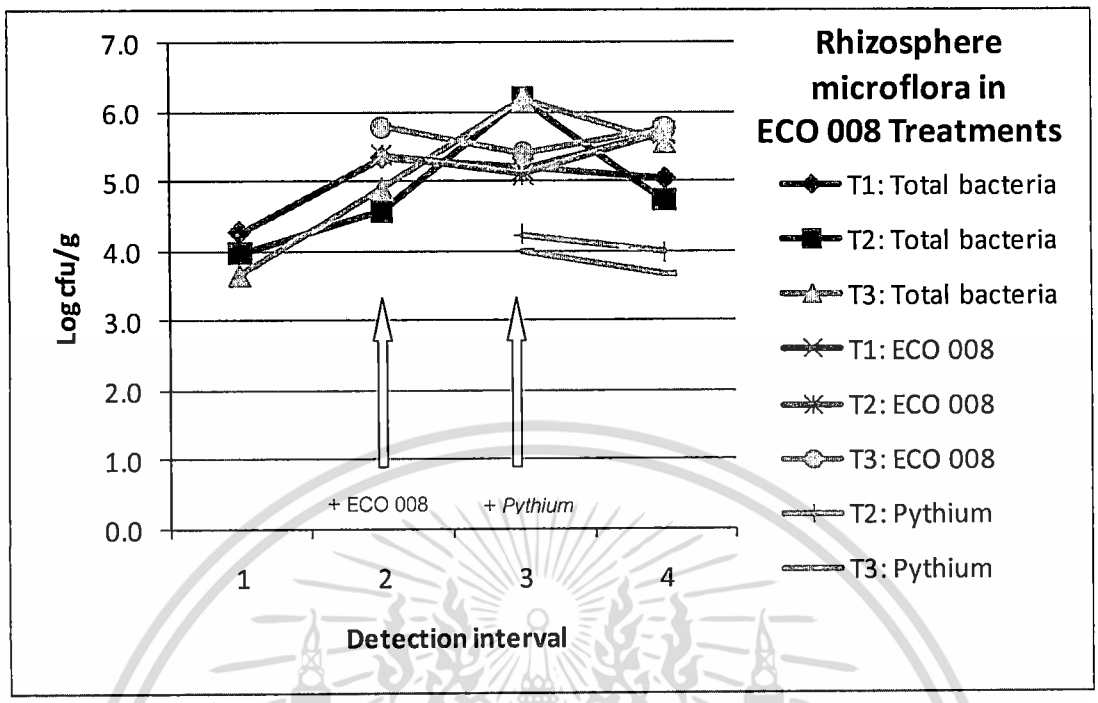
ภาพที่ 9 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮด กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T11, T12)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมากกว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 หรือ *B. subtilis* เช่นกัน คือตรวจพบได้ในปริมาณ 4.4 และ 4.2 log cfu/g ใน T11 และ T12 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* ของทั้งสองทรีตเมนต์ลดลงเหลือ 4.3 และ 4.1 log cfu/g ตามลำดับ โดยลดลงจากเดิมประมาณ 0.1 log cfu/g (ภาพที่ 9)

3) ปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เชื้อ *Pythium* และแบคทีเรียรวม

ผลการตรวจนับปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ในกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียดังกล่าว (T1-T3) โดยตรวจนับบนอาหาร nutrient agar (NA) ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifamplicin และ amplicillin ได้แสดงไว้ในภาพที่ 9 ร่วมกับปริมาณแบคทีเรียรวม และเชื้อ *Pythium*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เชื้อ *Pythium* และแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดบัตเตอร์เฮต

จากภาพที่ 10 หลังจากที่ใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในสารละลายธาตุอาหารในอัตรา 10^6 cfu/ml และทำการตรวจนับปริมาณของแบคทีเรียดังกล่าวที่รากของสลัดบัตเตอร์เฮต พบว่ามีปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 5.4, 5.4 และ 5.8 log cfu/g ใน T1, T2 และ T3 ตามลำดับ และเมื่อทำการตรวจนับในครั้งต่อๆ ไป (ช่วงที่ 3 และ 4) พบว่าแบคทีเรียดังกล่าวยังคงปริมาณอยู่ในระดับที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับประมาณ 5.5 log cfu/g ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มได้แก่ แบคทีเรียรวม (total bacteria) เชื้อ *Pythium* และ *Pseudomonas* ECO008 ก็จะพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมที่เพิ่มขึ้น ในช่วงการตรวจนับที่ 1 ไปยังที่ 2 นั้นน่าจะเป็นผลมาจากการใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และสายพันธุ์ดังกล่าวสามารถเข้าครอบครอง (colonization) รากพืชได้ และยังคงรักษาระดับการครอบครองไว้ จนถึงระยะเวลาในการตรวจนับช่วงที่ 3 และ 4 ซึ่งเมื่อทำการปลูกเชื้อ *Pythium* ลงไปแล้วทำการตรวจนับเชื้อ *Pythium* ในช่วงที่ 3 จะพบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* ในกลุ่มทดลองนี้ (T2 และ T3) มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น ในปริมาณที่น้อยกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ที่ไม่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประโยชน์เพิ่มเติมลงไปในสารละลายธาตุอาหาร (T8, T9 และ T11, T12) แต่จะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใส่ *B. subtilis* (T5, T6: ดูเพิ่มเติมภาพที่ 6-9) และการคงระดับของปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ในรากพืชทดสอบที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นนั้น อาจมีผลต่อปริมาณเชื้อ *Pythium* ในรากพืช ที่ลดลงอย่างมากในช่วงการตรวจนับที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลการทดลองในสลัดเรดโครอล

2.2.1 การเจริญเติบโต

เก็บข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตได้แก่ จำนวนใบแท้ เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักสด ที่อายุ 4 สัปดาห์ได้ผลดังนี้

ก) จำนวนใบ

ตารางที่ 10 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดเรดโครอล ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	A [1/] **
A1: ECO 008	5.8	6.0	6.8	6.20 A
A2: *B. subtilis*	5.6	6.4	5.6	5.87 A
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	5.2	4.0	5.6	4.93 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	5.8	0.8	0.8	2.47 C
เฉลี่ย B [2/] **	5.60 A	4.30 B	4.70 B	AxB [3/] **

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[3/] ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 10 พบว่า จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดเรดโครอล โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพัทธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ก็มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าผักสลัดเรดโครอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติด้วย จากการพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (เฉลี่ย A) พบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO0080 และ *B. subtilis* จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบมากที่สุด คือ 6.20 และ 5.87 ใบตามลำดับ รองลงมาได้แก่พืชที่ปลูกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (4.93 ใบ) และต่ำสุดในพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ (2.47 ใบ) ในส่วนของปริมาณเชื้อก่อโรคนั้นพบว่า กลุ่มทดลองที่ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) และ 10^3 cfu/ml (B3) จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อ (B1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข) เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม

ตารางที่ 11 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าสลัดเรดโครอล (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย A[1/] **
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	
A1: ECO 008	7.90	7.65	7.20	7.58 A
A2: *B. subtilis*	8.20	8.65	6.25	7.70 A
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	5.35	4.00	5.45	4.93 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	5.90	0.65	0.80	2.45 C
เฉลี่ย B[2/] **	6.84 A	5.24 B	4.93 B	AxB[3/] **

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[3/] ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

จากตารางที่ 11 พบว่า จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าผักสลัดเรดโครอล โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ก็มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของกล้าผักสลัดเรดโครอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติด้วย จากการพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (เฉลี่ย A) พบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO0080 และ *B. subtilis* จะมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มมากที่สุด คือ 7.58 และ 7.70 ซม. ตามลำดับ รองลงมาได้แก่พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4.93 ซม.) และต่ำสุดในพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ (2.45 ซม.) ในส่วนของปริมาณเชื้อก่อโรคนั้นพบว่า กลุ่มทดลองที่ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) และ 10^3 cfu/ml (B3) จะมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อ (B1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค) ความยาวราก

ตารางที่ 12 Two way table แสดงค่าเฉลี่ยความยาวรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล (ซม.) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	A[1/] **
A1: ECO 008	20.20	15.80	16.30	17.43 A
A2: *B. subtilis*	18.60	18.00	16.30	17.63 A
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	15.60	9.60	15.90	13.70 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	17.10	1.80	2.80	7.23 C
เฉลี่ย B[2/] **	17.88 A	11.30 B	12.83 B	AxB **[3/]

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[3/] ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

ในด้านของความยาวราก (ตารางที่ 12) ผลการทดลองก็เป็นไปในทำนองเดียวกันนั้นคือ จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยความยาวราก ของกล้าผักสลัดเรดโครอล โดยที่พืชได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีค่าเฉลี่ยความยาวราก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ก็มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยความยาวราก ของกล้าผักสลัดเรดโครอล อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติด้วย จากการพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (เฉลี่ย A) พบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO0080 และ *B. subtilis* จะมีค่าเฉลี่ยความยาวราก มากที่สุด คือ 17.43 และ 17.63 ซม. ตามลำดับ รองลงมาได้แก่พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (13.70 ซม.) และต่ำสุดในพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ (7.23 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) น้ำหนักสด

ตารางที่ 13 Two ways table แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดเรดโครอล (กรัม) ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (ปัจจัย A) และปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B)

ปัจจัย A	ปัจจัย B			เฉลี่ย A[1/] **
	B1: ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*	B2: *Pythium* 10^6 cfu/ml	B3: *Pythium* 10^3 cfu/ml	
A1: ECO 008	0.74	0.70	0.71	0.72 A
A2: *B. subtilis*	0.87	0.83	0.52	0.74 A
A3: สารละลายฯ ฆ่าเชื้อ	0.44	0.21	0.42	0.36 B
A4: สารละลายฯ ปกติ	0.43	0.02	0.04	0.16 C
เฉลี่ย B[2/] **	0.62 A	0.44 B	0.42 B	AxB **[3/]

[1/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย A; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2/] ผลวิเคราะห์ปัจจัย B; ns=non significant, *= significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$) ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน หลังค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[3/] ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัย A และ B (AxB); ns=non significant, *=significant ($p \leq 0.05$), ** = highly significant ($P \leq 0.01$)

ในส่วนของน้ำหนักสด (ตารางที่ 13) ผลการทดลองก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่าการเจริญเติบโตอื่นๆ นั้นคือ จุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดเรดโครอล โดยพืชที่ได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันจะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) และปฏิสัมพัทธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร กับปริมาณเชื้อก่อโรค (AxB) ก็มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของกล้าผักสลัดเรดโครอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติด้วย จากการพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ได้รับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน (เฉลี่ย A) พบว่า พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO0080 และ *B. subtilis* จะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 0.72 และ 0.74 กรัม ตามลำดับ รองลงมาได้แก่พืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (0.36 กรัม) และต่ำสุดในพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ (0.16 กรัม) ในส่วนของปริมาณเชื้อก่อโรคนั้นก็พบว่า กลุ่มทดลองที่ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) และ 10^3 cfu/ml (B3) จะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อ (B1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 สรุปค่าการเจริญเติบโตของกล้าผักสลัดเรดโครอลในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ

สิ่งทดลองร่วม[1/] (treatment combination)	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (cm)	ความยาวราก (cm)	น้ำหนักสด (g)
T1 (A1B1)= ECO 008	5.8a[3/]	7.9a	20.2a	0.74a
T2 (A1B2)= ECO 008+P 10^6	6.0a	7.7ab	15.8a	0.70ab
T3 (A1B3)= ECO 008+P 10^3	6.8a	7.2abc	16.3a	0.71ab
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A1	6.20 A[2/]	7.58 A	17.43 A	0.72 A
T4 (A2B1)= *Bacillus subtilis*	5.6a	8.2a	18.6a	0.87a
T5 (A2B2)= *B. subtilis*+P 10^6	6.4a	8.7a	18.0a	0.83a
T6 (A2B3) = *B. subtilis* +P 10^3	5.6a	6.3bcd	16.3a	0.52bc
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A2	5.87 A	7.70 A	17.63 A	0.74 A
T7 (A3B1)= sterile NS	5.2ab	5.4de	15.6a	0.44c
T8 (A3B2)= sterile NS+P 10^6	4.0b	4.0e	9.6b	0.21d
T9 (A3B3)= sterile NS+P 10^3	5.6a	5.5de	15.9a	0.42c
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A3	4.93 B	4.93 B	13.70 B	0.36 B
T10 (A4B1)= Normal NS	5.8a	5.9cd	17.1a	0.43c
T11 (A4B2)= Normal NS+P 10^6	0.8c	0.7f	1.8c	0.09d
T12 (A4B3)= Normal NS+P 10^3	0.8c	0.8f	2.8c	0.21d
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม A4	2.47 C	2.45 C	7.23 C	0.16 C

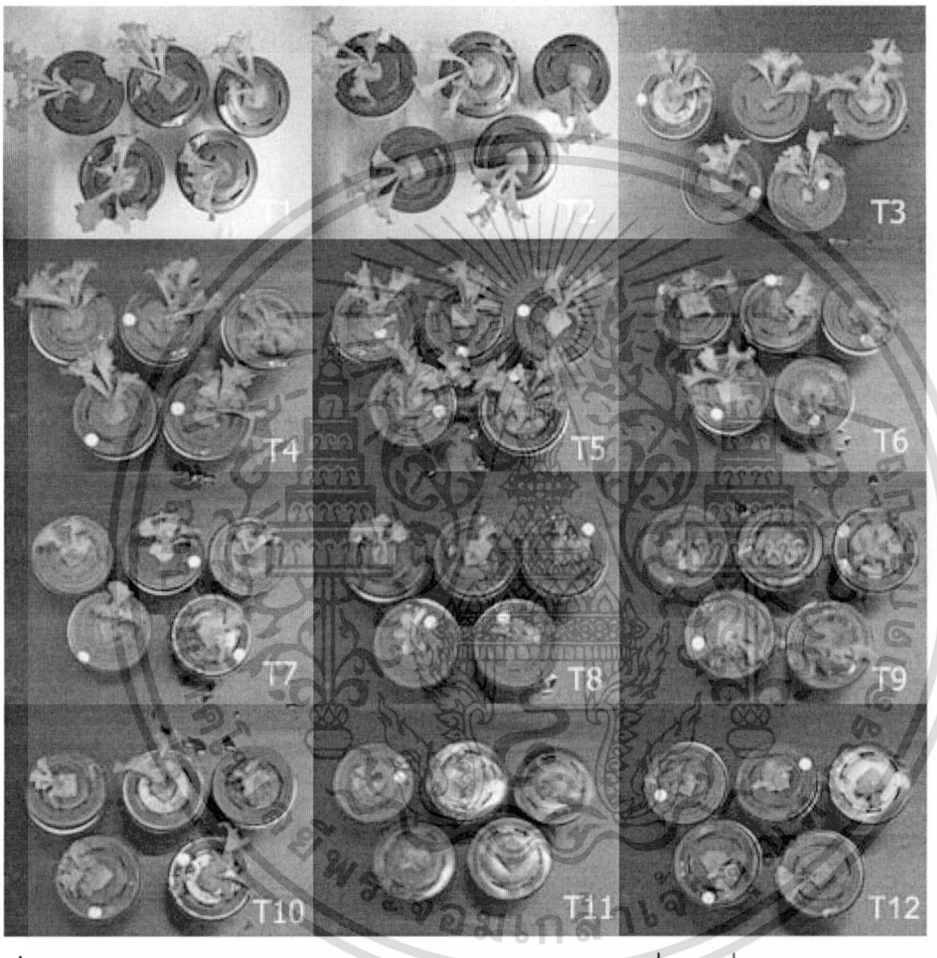
[1/] T1-T3 ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ T1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*, T2 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง (10^6 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น) และ T3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราต่ำ (10^3 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น); T4-T6 ได้รับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ T4 ไม่ปลูกเชื้อ, T5 และT6 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; T7-T9 ปลูกพืชในสารละลายที่ฆ่าเชื้อ โดยที่ T7 ไม่ปลูกเชื้อ, T8 และT9 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; T10-T12 ปลูกพืชในสารละลายปกติ โดยที่ T10 ไม่ปลูกเชื้อ, T11 และT12 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน ที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95%

[3/] ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน ที่อยู่ในคอลัมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95% โดยเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัย A และ B (AxB)

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 14 สามารถแสดงให้เห็นในภาพรวมได้ว่ากล้าผักสลัดเรดโครอล กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 และแบคทีเรีย *B. subtilis* สายพันธุ์การค้าในอัตรา 10^6 cfu/ml จะมีค่าการเจริญเติบโตโดยรวม ได้แก่จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักสด อยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุด กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตรองลงมาได้แก่ กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ไม่มีการเพิ่มสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ใดๆ ลงไป ส่วนกลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติ จะมีค่าการเจริญเติบโตต่ำที่สุด



ภาพที่ 11 กล้าผักสลัดเรดโครอลปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ ใน Lab scale hydroponic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเกิดโรค

เก็บข้อมูลทางด้านโรคของกล้าผักสลัดเรดโครอลได้แก่ อัตราการเกิดโรค (disease incidence) และความรุนแรงของการเกิดโรค (disease severity) หลังจากการปลูกเชื้อทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ดังแสดงไวในตารางที่ 15 และ 16

ตารางที่ 15 อัตราการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่า ของกล้าผักสลัดเรดโครอลปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ

สิ่งทดลองร่วม[1/] (treatment combination)	อัตราการเกิดโรคโรค[2/] (%) ที่...วันหลังการปลูกเชื้อ			
	0	2	4	6
T1 (A1B1)= ECO 008	0	0	0	60
T4 (A2B1)= *Bacillus subtilis*	0	0	0	60
T7 (A3B1)= sterile NS	0	0	40	80
T10 (A4B1 = Normal NS	0	0	40	100
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B1(ไม่ปลูกเชื้อ)	0.0	0.0	20.0	75.0
T2 (A1B2)= ECO 008+P 10^6	0	100	100	100
T5 (A2B2)= *B. subtilis*+P 10^6	0	100	100	100
T8 (A3B2 = sterile NS+P 10^6	0	100	100	100
T11 (A4B2)= Normal NS+P 10^6	0	100	100	100
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B2 (*Pythium* 10^6 cfu/ml)	0.0	100.0	100.0	100.0
T3 (A1B3)= ECO 008+P 10^3	0	100	100	100
T6 (A2B3)= *B. subtilis* +P 10^3	0	100	100	100
T9 (A3B3)= sterile NS+P 10^3	0	100	100	100
T12 (A4B3)= Normal NS+P 10^3	0	100	100	100
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B3 (*Pythium* 10^4 cfu/ml)	0.0	100.0	100.0	100.0

[1/] A1 ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 อัตตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*, B2 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง (10^6 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น) และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราต่ำ (10^3 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น); A2 ได้รับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A3 ปลูกพืชในสารละลายที่ฆ่าเชื้อ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A4 ปลูกพืชในสารละลายปกติ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ

[2/] อัตราการเกิดโรคคำนวนจาก สัดส่วนของจำนวนต้นที่แสดงอาการของโรค ต่อต้นพืชทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ (n=5)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ความรุนแรงของโรคโคนเน่ารากเน่า ของกล้าผักสลัดเรดโครอลปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับสิ่งทดลองร่วม ชนิดต่างๆ

สิ่งทดลองร่วม[1/] (treatment combination)	ความรุนแรงของโรค[2/] (%) ที่...วันหลังการปลูกเชื้อ			
	0	2	4	6
T1 (A1B1)= ECO 008	0	0	0	12
T4 (A2B1)= *Bacillus subtilis*	0	0	0	12
T7 (A3B1)= sterile NS	0	0	8	16
T10 (A4B1 = Normal NS	0	0	8	20
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B1(ไม่ปลูกเชื้อ)	0.0	0.0	4.0	15.0
T2 (A1B2)= ECO 008+P 10^6	0	32	40	40
T5 (A2B2)= *B. subtilis*+P 10^6	0	28	36	40
T8 (A3B2 = sterile NS+P 10^6	0	32	40	52
T11 (A4B2)= Normal NS+P 10^6	0	40	80	88
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B2 (*Pythium* 10^6 cfu/ml)	0.0	33.0	49.0	55.0
T3 (A1B3)= ECO 008+P 10^3	0	28	28	28
T6 (A2B3)= *B. subtilis* +P 10^3	0	32	36	40
T9 (A3B3)= sterile NS+P 10^3	0	28	36	48
T12 (A4B3)= Normal NS+P 10^3	0	32	64	88
ค่าเฉลี่ยในกลุ่ม B3 (*Pythium* 10^4 cfu/ml)	0.0	30.0	41.0	51.0

[1/] A1 ได้รับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น *Pseudomonas* ECO008 อัตตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ *Pythium*, B2 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง (10^6 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น) และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราต่ำ (10^3 cfu/ml ปริมาณ 10 ml/ต้น); A2 ได้รับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* อัตรา 10^6 cfu/ml โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และ B3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A3 ปลูกพืชในสารละลายที่ฆ่าเชื้อ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ; A4 ปลูกพืชในสารละลายปกติ โดยที่ B1 ไม่ปลูกเชื้อ, B2 และB3 ปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง และต่ำตามลำดับ

[2/] ความรุนแรงของโรคคำนวณจาก (ผลรวมของจำนวนต้นที่เป็นโรค x ระดับการเกิดโรค / จำนวนต้นพืชทั้งหมด) x (100/ค่าระดับการเกิดโรคสูงสุด) โดยที่ระดับการเกิดโรค คือ 0=พืชปกติรากมีสีขาว 1=รากพืชมีสีแดง 2=รากเน่าบางส่วน 3=รากเน่าเกือบทั้งหมดและพืชแสดงอาการเหี่ยว 4=พืชเหี่ยวอย่างถาวรและมีอาการรากเน่าอย่างรุนแรง 5=พืชตาย (n=5)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 16 อัตราการเกิดโรค (disease incidence) พิจารณาจาก สัดส่วนของจำนวนต้นที่แสดงอาการของโรค ต่อจำนวนต้นปกติ ซึ่งจากการทดลองพบว่า กล้าผักสลัดเรดโครอลที่ไดรับการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. จะแสดงอาการของโรคภายในระยะเวลา 2 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยพบอัตราการเกิดโรค 100% ในกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. ทั้งในอัตรา 10^6 cfu/ml (กลุ่มทดลอง B2) และในอัตรา 10^3 cfu/ml (กลุ่มทดลอง B3) ส่วนในกรณีของกลุ่มทดลองที่ไม่ทำการปลูกเชื้อ (กลุ่มทดลอง B1) นั้น พบว่าพืชทดลองในบางทรีตเมนต์ มีอาการรากแดงเกิดขึ้น จึงถูกนับจำนวนให้อยู่ในกลุ่มที่เป็นโรคด้วย แต่ความรุนแรงของการเกิดโรคนั้นจะต่ำกว่า ในเรื่องของความรุนแรงของโรค (disease severity) ผลการทดลองพบว่า กล้าผักสลัดเรดโครอลในกลุ่มทดลองที่ได้รับการปลูกเชื้อในอัตรา 10^6 cfu/ml (B2) และในอัตรา 10^3 cfu/ml (B3) จะมีความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันหลังการปลูกเชื้อ ในช่วง 33-55% และ 30-51% ตามลำดับ (ตารางที่ 16) เมื่อพิจารณาในกลุ่มทดลองที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) พบว่า กล้าผักสลัดเรดโครอลที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 และปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตรา 10^3 cfu/ml (A1B3) จะมีความรุนแรงของโรคต่ำสุด คือคงที่อยู่ในระดับ 28% จนถึงวันที่ 6 ของการปลูกเชื้อ ในขณะที่ทรีตเมนต์อื่นๆ ความรุนแรงของโรคจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในกรณีที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค กล้าผักสลัดเรดโครอลที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 (A1B1) ก็จะมีสภาพความสมบูรณ์ อยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุดด้วย โดยอาจพบอาการของโรครากเน่าได้บ้าง ในระดับความรุนแรงที่ต่ำที่สุดเพียง 12 % ส่วนในสถาพที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคในปริมาณที่มาก (A1B2) ความรุนแรงของโรคก็จะมากขึ้นด้วยเป็น 40% แต่ก็ยังต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ สำหรับกลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ แบคทีเรีย *B. subtilis* (กลุ่มทดลอง A2) นั้น พบว่ามีเพียงในสภาวะที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุ (A2B1) เท่านั้น ที่ทำให้กล้าผักสลัดมีสภาพความสมบูรณ์ อยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด ส่วนในสภาวะที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุนั้น (A2B2 และ A2B3) ไม่พบว่าจะช่วยลดความรุนแรงของโรคได้อย่างชัดเจน สำหรับกล้าผักสลัดเรดโครอลที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (กลุ่มทดลอง A3) และที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (กลุ่มทดลอง A4) นั้น มีแนวโน้มว่า กลุ่มที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จะมีความรุนแรงของโรคต่ำกว่าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

2.2.3 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ราก

ทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่ราก (rhizosphere microflora) ใน 3 กลุ่มด้วยกันคือ แบคทีเรียรวม (total bacteria) เชื้อ *Pythium* และ *Pseudomonas* ECO008 ในกรณีของแบคทีเรียรวม จะทำการตรวจนับทั้ง 12 สิ่งทดลองร่วม (treatment combination; T1-T12) ในกรณีของเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pythium จะทำการตรวจนับเฉพาะสิ่งทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* (T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11, T12) ในกรณีของ *Pseudomonas* ECO008 จะตรวจนับเฉพาะกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียดังกล่าว (T1, T2, T3) โดยใช้อาหารที่มี rifamplicin และ aplicillin ผสมอยู่ ช่วงระยะเวลาในการตรวจนับจะกระทำ 4 ครั้ง ดังนี้

ช่วงที่ 1 หลังย้ายพืชทดลอง ลงในภาชนะปลูก (อายุพืช 15 วัน) จุลินทรีย์ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม

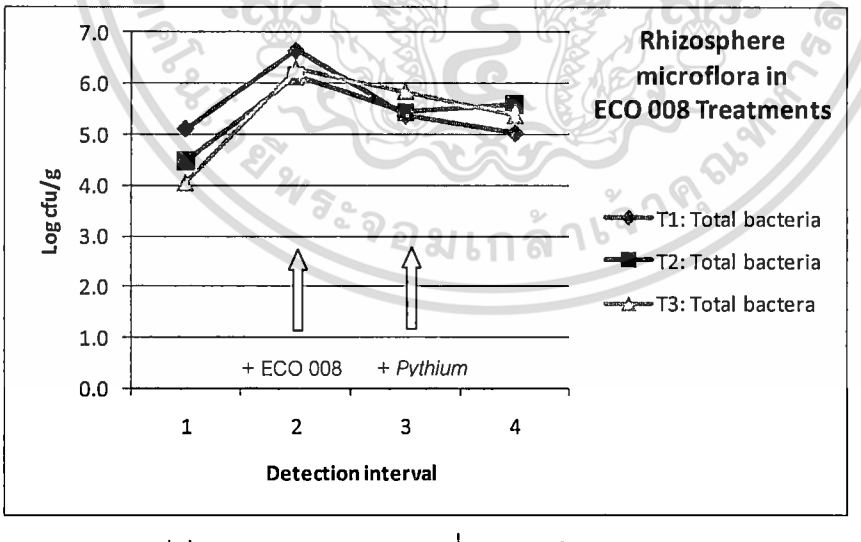
ช่วงที่ 2 หลังใส่แบคทีเรียที่มีประโยชน์ ลงในสารละลายธาตุอาหาร (อายุพืช 18 วัน) จุลินทรีย์ ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม และ *Pseudomonas* ECO008

ช่วงที่ 3 หลังปลูกเชื้อ *Pythium* แล้ว 3 วัน (อายุพืช 23 วัน) จุลินทรีย์ ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม *Pseudomonas* ECO008 และ เชื้อ *Pythium*

ช่วงที่ 4 หลังปลูกเชื้อ *Pythium* แล้ว 10 วัน (อายุพืช 30 วัน) จุลินทรีย์ ที่ตรวจนับ ได้แก่ แบคทีเรียรวม *Pseudomonas* ECO008 และ เชื้อ *Pythium*

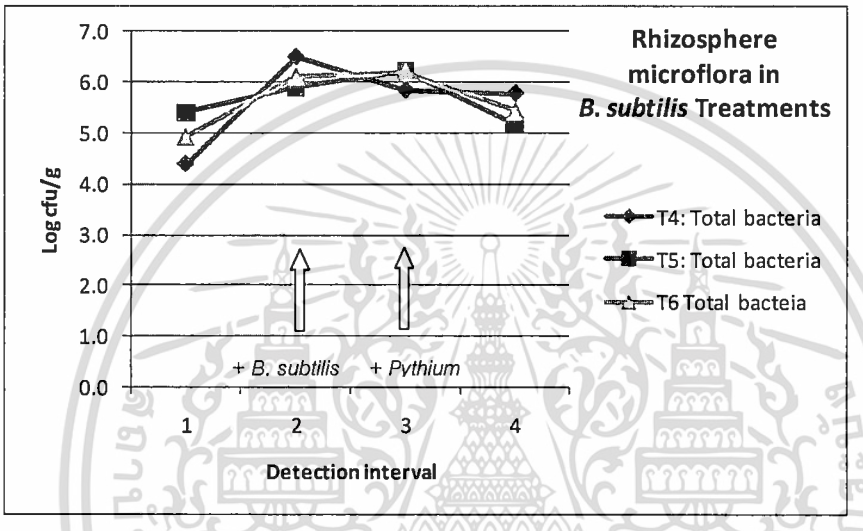
1) ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria)

ผลการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียรวมในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮดทั้ง 12 สิ่งทดลอง ร่วมแสดงไว้ในภาพที่ 11 – 14



ภาพที่ 12 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 (T1-T3)

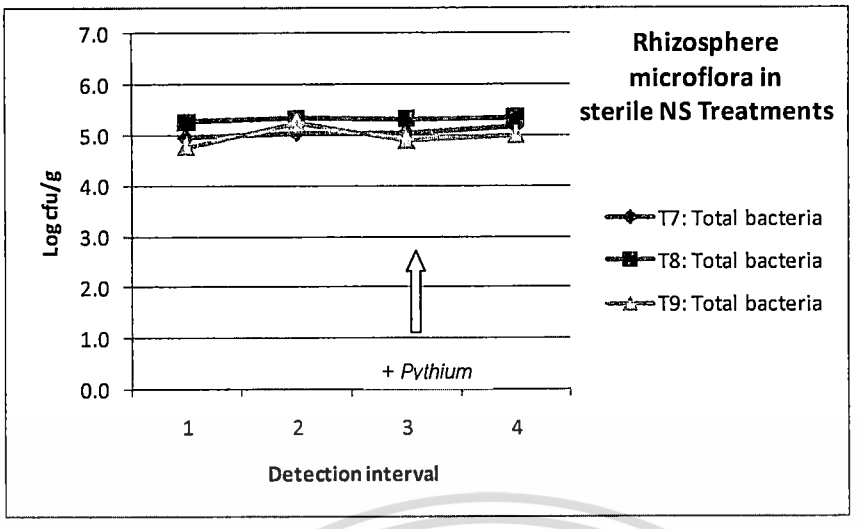
ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากกล้าผักสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T1, T2, T3) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้น (ตรวจนับช่วงที่ 1) อยู่ประมาณ 5.1, 4.5 และ 4.1 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และทำการตรวจนับ ในช่วงที่ 2 พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียรวม เพิ่มมากขึ้นเป็น 6.7, 6.1 และ 6.3 log cfu/g ตามลำดับ จากนั้นพบว่าปริมาณแบคทีเรียรวมจะลดลงสู่ระดับ ประมาณ 5.0-5.4 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 4 (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 13 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T4-T6)

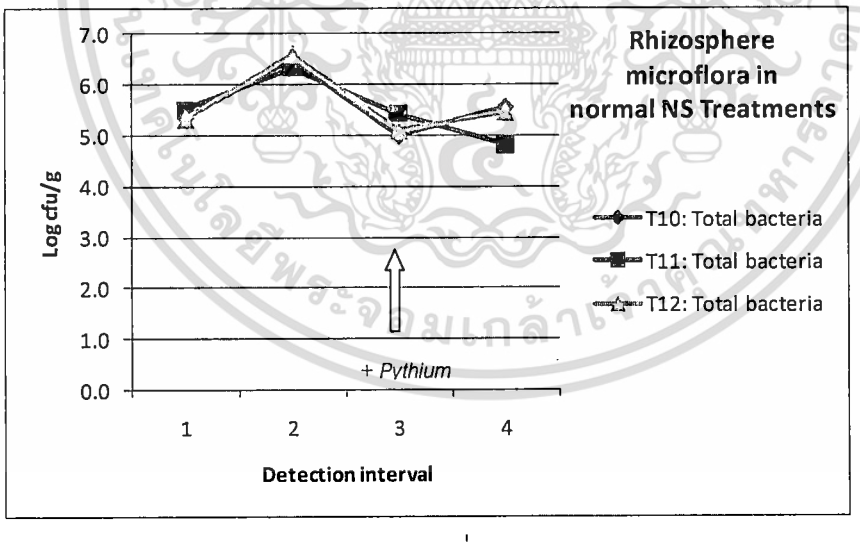
ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากกล้าผักสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T4, T5, T6) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้น (ตรวจนับช่วงที่ 1) อยู่ประมาณ 4.4, 5.4 และ 4.9 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากใส่ *B. subtilis* ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และทำการตรวจนับในช่วงที่ 2 พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียรวมเพิ่มมากขึ้น เป็น 6.5, 5.9 และ 6.1 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการปลูกเชื้อ *Pythium* ลงในทรีตเมนต์ที่ 5 และ 6 พบว่าปริมาณแบคทีเรียรวมในทรีตเมนต์ดังกล่าวจะลดลงสู่ระดับ 5.2 และ 5.4 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 4 (ภาพที่ 13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T7-T9)

ปริมาณแบคทีเรียรวม ในรากกล้าผักสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T7, T8, T9) จะมีแบคทีเรียที่ค่อนข้างคงที่ ตั้งแต่การตรวจนับในช่วงที่ 1 ถึงช่วงที่ 4 โดยมีปริมาณแบคทีเรียรวมอยู่ในช่วง 4.9-5.2, 5.3-5.4 และ 4.8-5.3 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 15 ปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T10-T12)

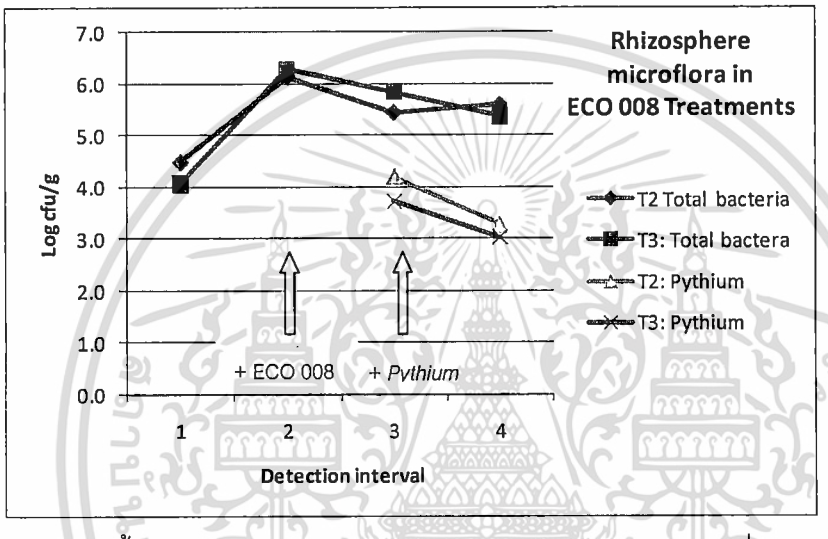
ปริมาณแบคทีเรียรวมในรากกล้าผักสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าในแต่ละทรีตเมนต์ (T10, T11, T12) จะมีแบคทีเรียเริ่มต้นเมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 1 อยู่ประมาณ 5.3, 5.5 และ 5.3 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากนั้นพบว่าปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียรวมจะพิ่มขึ้นเป็น 6.5, 6.3 และ 6.6 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 2 จากนั้นปริมาณแก่วงตัว อยู่ในช่วง 5.0-5.6, 5.4-4.8 และ 5.1-5.4 log cfu/g ตามลำดับมื่อทำการตรวจนับในช่วงที่ 3-4 (ภาพที่ 15)

2) ปริมาณแบคทีเรียรวม กับชื้อ *Pythium*

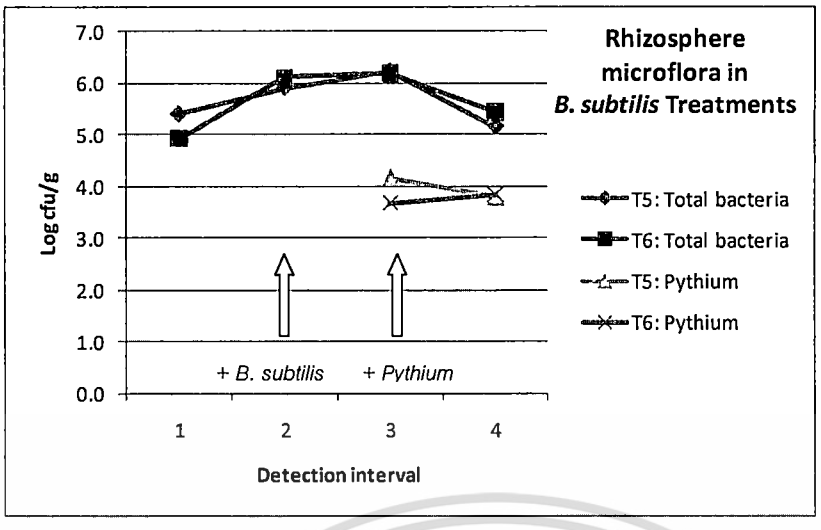
ผลการตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium* ในกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อ *Pythium* (T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11, T12) ได้แสดงร่วมไว้กับปริมาณแบคทีเรียรวม ดังภาพที่ 16-19



ภาพที่ 16 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO 008 (T2, T3)

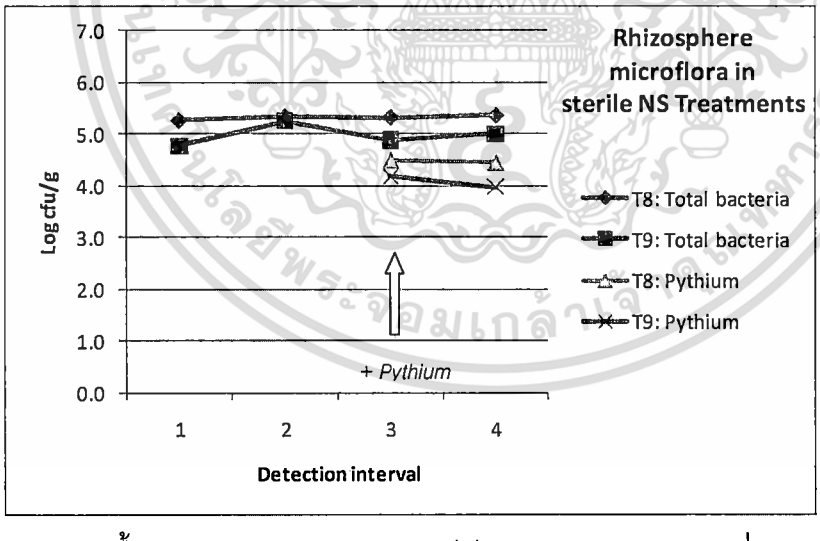
เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณ 4.2 และ 3.7 log cfu/g ใน T2 และ T3 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* ของทั้งสองทรีตเมนต์ ลดลงอย่างมากจนเหลือ 3.3 และ 3.0 log cfu/g ตามลำดับ โดยปริมาณเชื้อ *Pythium* ที่ลดลงในทรีตเมนต์ที่ 2 และ 3 นั้น มีค่าเท่ากับ 0.9 และ 0.7 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 16)

เอกสารนี้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้เขียนก่อน ขอสงวนสิทธิ์ในการเรียกร้องค่าเสียหายของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ได้รับ *B. subtilis* (T5, T6)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณ 4.2 และ 3.7 log cfu/g ใน T5 และ T6 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่ามีเพียงเฉพาะทรีตเมนต์ที่ 5 ที่มีปริมาณเชื้อ *Pythium* ลดลงเหลือ 3.8 log cfu/g (ภาพที่ 17)

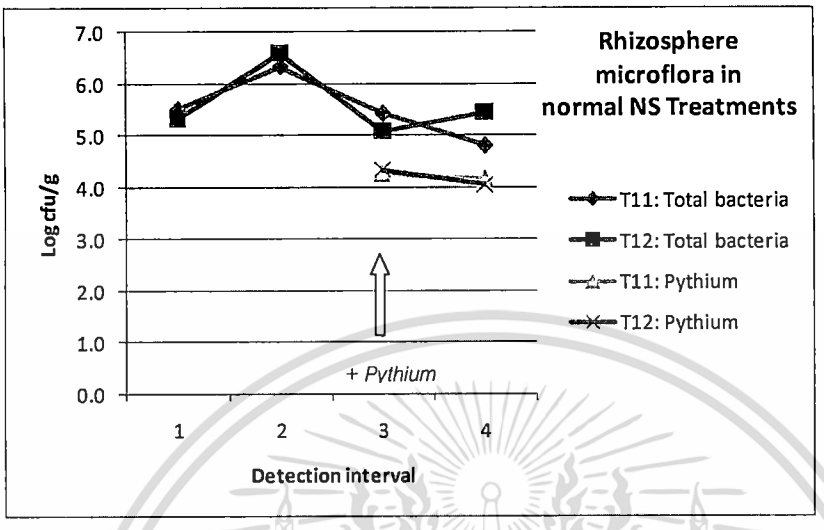


ภาพที่ 18 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ฆ่าเชื้อ (T8, T9)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมากกว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 หรือ *B. subtilis* คือตรวจพบได้ในปริมาณ 4.5 และ 4.2 log cfu/g ใน T8 และ T9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่ามีเพียง T9 ที่ปริมาณเชื้อ *Pythium* ลดลงเหลือ 4.0 log cfu/g โดยลดลงจากเดิมเพียง 0.1 log cfu/g (ภาพที่ 18)



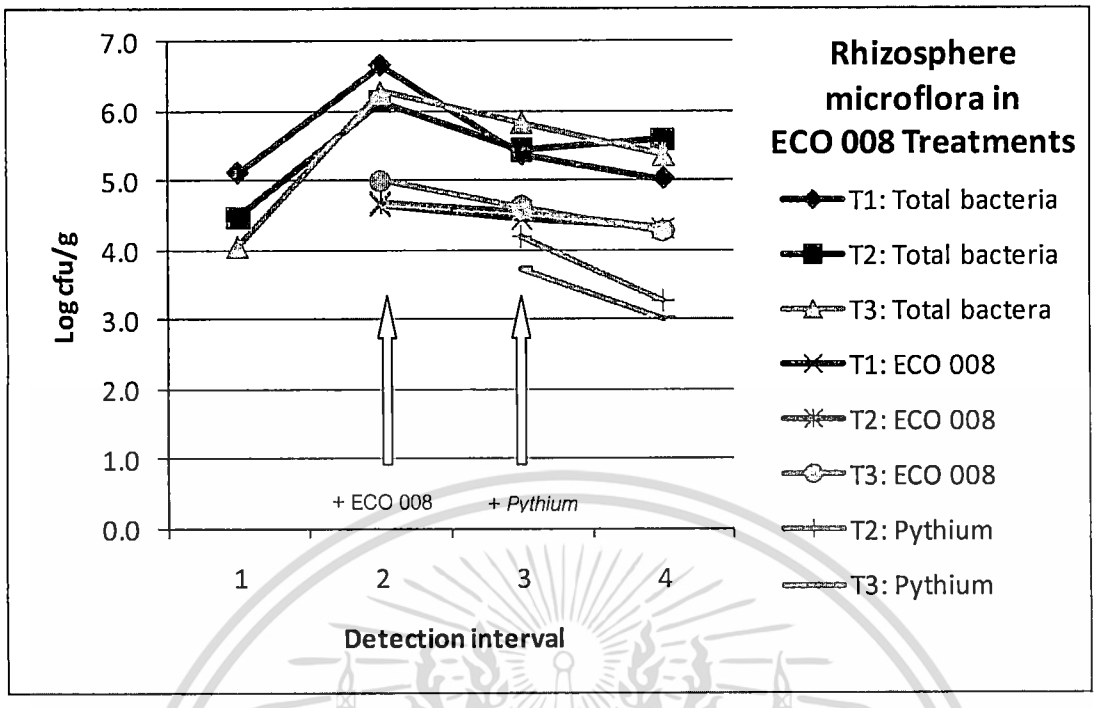
ภาพที่ 19 ปริมาณเชื้อ *Pythium* และปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล กลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (T11, T12)

เชื้อ *Pythium* ในรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล จากการตรวจนับที่ 3 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 3) พบว่ามีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก เช่นกัน คือตรวจพบได้ในปริมาณ 4.3 log cfu/g ทั้งใน T11 และ T12 หลังจากนั้นทำการตรวจนับอีกครั้งที่ 10 วันหลังการปลูกเชื้อ (ตรวจนับช่วงที่ 4) พบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* ของทั้งสองทรีตเมนต์ก็ไม่ลดลงมากนัก โดยตรวจนับได้ในปริมาณ 4.0-4.2 log cfu/g (ภาพที่ 19)

3) ปริมาณแบคทีเรียรวม *Pseudomonas* ECO008 และเชื้อ *Pythium*

ผลการตรวจนับปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ในกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียดังกล่าว (T1-T3) โดยตรวจนับบนอาหาร nutrient agar (NA) ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifamplicin และ amplicillin ได้แสดงไว้ในภาพที่ 19 ร่วมกับปริมาณแบคทีเรียรวม และเชื้อ *Pythium*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 ปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เชื้อ *Pythium* และแบคทีเรียรวม (total bacteria) ที่ตรวจพบในรากสลัดเรดโครอล

จากภาพที่ 20 หลังจากที่ใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในสารละลายธาตุอาหารในอัตรา 10^6 cfu/ml และทำการตรวจนับปริมาณของแบคทีเรียดังกล่าวที่รากของกล้าผักสลัดเรดโครอล พบว่ามีปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 4.6, 4.7 และ 5.0 log cfu/g ใน T1, T2 และ T3 ตามลำดับ และเมื่อทำการตรวจนับในครั้งต่อๆ ไป (ช่วงที่ 3 และ 4) พบว่าปริมาณแบคทีเรียดังกล่าวยังคงมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย จนอยู่ในระดับที่ประมาณ 4.3 log cfu/g คิดเป็นปริมาณที่ตรวจพบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 log cfu/g ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่มได้แก่ แบคทีเรียรวม (total bacteria) เชื้อ *Pythium* และ *Pseudomonas* ECO008 ก็จะพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมที่เพิ่มขึ้นในช่วงการตรวจนับที่ 1 ไปยังที่ 2 นั้นน่าจะเป็นผลมาจากการใส่ *Pseudomonas* ECO008 ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และสายพันธุ์ดังกล่าวสามารถเข้าครอบครอง (colonization) รากพืชได้ อย่างไรก็ตามปริมาณการเข้าครอบครองจะน้อยกว่ารากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต และการรักษาระดับการครอบครองก็ไม่ดีเท่ากับในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต โดยสังเกตุพบว่าปริมาณมีแนวโน้มที่จะลดลง เมื่อทำการตรวจนับช่วงที่ 3 และ 4 (ดูเปรียบเทียบกับภาพที่ 10 ในส่วนของเส้นกราฟที่แสดงปริมาณ ECO008) แต่ก็ยังพบว่าในช่วงที่ 3 ของการตรวจนับเมื่อทำการปลูกเชื้อ *Pythium* ลงไปแล้ว ปริมาณเชื้อ *Pythium* ในกลุ่มทดลองนี้ (T2 และ T3) แม้จะมีปริมาณเชื้อเริ่มต้น ที่ไม่ต่างจากกลุ่มทดลองอื่นๆ (T5, T6; T8, T9 และ T11, T12: ดูเพิ่มเติมภาพที่ 16-19) แต่การที่ยังตรวจพบ *Pseudomonas* ECO008 ในรากพืชทดสอบในปริมาณที่ไม่ต่ำกว่า 4 log cfu/g นั้น อาจมีผลต่อ

ปริมาณเชื้อ *Pythium* ในรากพืช ที่ลดลงอย่างมากในช่วงการตรวจนับที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ

3. ผลของการใส่จุลินทรีย์เพิ่มในสารละลายธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ทำการทดสอบในระบบ nutrient film technique (NFT) กับผักสลัด 3 สายพันธุ์ คือ บัตเตอร์เฮด ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดหัว (head lettuce) กรีนโอ๊กเป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดใบ (leaf lettuce) และคอส เป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดต้น (romaine lettuce) จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 สายพันธุ์ท้องถิ่น ที่ได้ทำการติดเครื่องหมายโดยใช้สารปฏิชีวนะ เพื่อที่จะสามารถติดตามจำนวนประชากรของสายพันธุ์ดังกล่าวได้ สิ่งทดลอง (treatment) ได้แก่การให้แบคทีเรียแก่พืชในอัตรา 10^6 cfu/ml ในระยะต่างๆ ดังนี้

T1 = ใส่จุลินทรีย์ 1 ครั้งในระยะเพาะเมล็ด (0 สัปดาห์ของอายุพืช)

T2 = ใส่จุลินทรีย์ 1 ครั้งในระยะอนุบาล (2-3 สัปดาห์ของอายุพืช)

T3 = ใส่จุลินทรีย์ 1 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT (3-4 สัปดาห์ของอายุพืช)

T4 = ใส่จุลินทรีย์ 2 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT (3-4 และ 4-5 สัปดาห์ของอายุพืช)

T5 = ใส่จุลินทรีย์ 4 ครั้งตามกรรมวิธีทั้งหมดข้างต้น (0, 2-3, 3-4 และ 4-5 สัปดาห์ของอายุพืช)

T6= ไม่ใส่จุลินทรีย์ (control)

ผลการทดลองทางด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตมีดังนี้

3.1 ผลการทดลองในสลัดบัตเตอร์เฮต

3.1.1 การเจริญเติบโต

ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮต ได้แก่ จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ของผักสลัดบัตเตอร์เฮตปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้ *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

สิ่งทดลอง (treatment)	ลำต้น		มวลราก		
	จำนวนใบแท้ (ใบ)	ขนาดทรงพุ่ม (cm.)	ความยาวราก (cm.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	% มวลที่เพิ่ม[1/]
T1 (1 ครั้งตอนเพาะ)	22.8 b[2/]	21.9 b	23.6 bc	0.542 bc	15
T2 (1 ครั้งตอนอนุบาล)	22.4 b	22.9 b	17.4 d	0.570 b	20
T3 (1 ครั้งหลังย้ายปลูก)	20.8 b	26.1 a	27.0 ab	0.585 b	24
T4 (2 ครั้งหลังย้ายปลูก)	21.3 b	25.6 a	21.8 bcd	0.505 bc	7
T5 (4 ครั้งตั้งแต่เพาะ)	25.6 a	26.9 a	29.8 a	0.678 a	43
T6 (control)	18.4 c	22.9 b	18.6 cd	0.473 c	0

[1/] คำนวณจากส่วนต่างของน้ำหนักแห้งของรากที่เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (control) เทียบเป็นร้อยละ

[2/] ตัวอักษรตามหลังค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 95% ($P<0.05$); n=8

จากตารางที่ 17 พบว่าผักสลัดบัตเตอร์เฮตปลูกในระบบ NFT ที่มีการให้ *Pseudomonas* ECO008 จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการปลูกโดยไม่ให้แบคทีเรีย (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 4 ครั้ง (T5: ครั้งที่ 1 ตอนเพาะกล้า ครั้งที่ 2 ตอนอนุบาล ครั้งที่ 3 และ 4 หลังย้ายปลูกลงราง NFT) พืชทดสอบจะมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม ความยาว และน้ำหนักแห้ง ของรากมากที่สุด สำหรับปริมาณมวลรากที่เพิ่มขึ้นนั้นคิดเป็นร้อยละ 43 เมื่อเทียบกับ control รองลงมาได้แก่ T2 (1ครั้งตอนอนุบาล) และ T3 (1 ครั้งตอนย้ายปลูก) โดยมีมวลรากที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 20% และ 24% ตามลำดับเมื่อเทียบกับ control

3.1.2 ผลผลิต

ข้อมูลทางด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 18

เอกสารนี้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้เขียนก่อน ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้งานของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

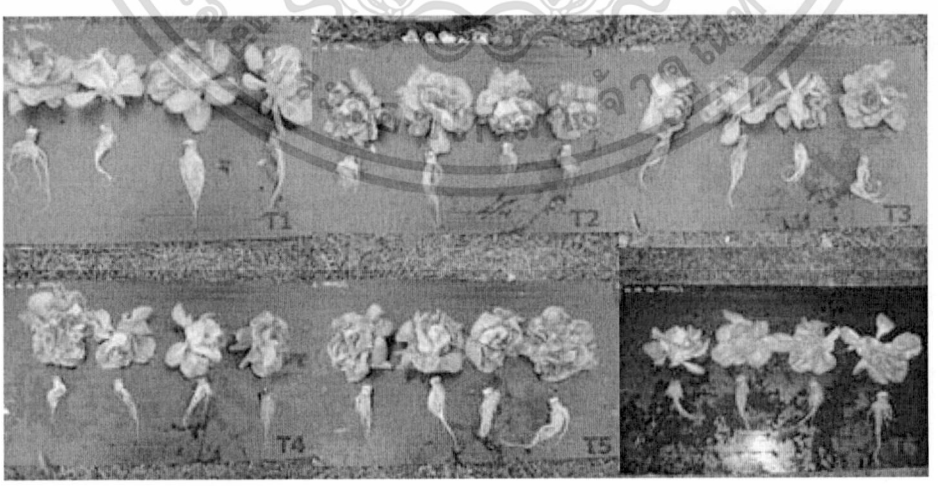
ตารางที่ 18 น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ของผักสลัดบัตเตอร์เฮดปลูกในระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ

สิ่งทดลอง (treatment)	ผลผลิต		
	น้ำหนักสด/ต้น (g.)	น้ำหนักแห้ง /ต้น (g.)	มวลลำต้นที่เพิ่ม (%)
T1 (1 ครั้งตอนเพาะ)	47.4 c	2.27 bc	29
T2 (1 ครั้งตอนอนุบาล)	60.8 b	2.84 b	61
T3 (1 ครั้งหลังย้ายปลูก)	44.1 c	2.35 bc	33
T4 (2 ครั้งหลังย้ายปลูก)	45.8 c	2.11 c	20
T5 (4 ครั้งตั้งแต่เพาะ)	76.6 a	3.52 a	99
T6 (control)	35.3 d	1.76 c	0

[1/] คำนวณจากส่วนต่างของน้ำหนักแห้งของลำต้นที่เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (control) เทียบเป็นร้อยละ

[2/] ตัวอักษรตามหลังค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 95% ($P<0.05$); n=8

ในด้านผลผลิตพบว่า การให้ *Pseudomonas* ECO008 แก่พืชทดสอบมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการให้แบคทีเรียดังกล่าวเป็นจำนวน 4 ครั้งตั้งแต่เพาะกล้า (T5) จะให้ผลผลิตทางด้านน้ำหนักต่อต้นดีที่สุด เท่ากับ 76.6 กรัมต่อต้น (นน. สด) และ 3.52 กรัมต่อต้น (นน. แห้ง) ในขณะที่ control มีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อต้นเท่ากับ 35.3 และ 1.76 กรัมตามลำดับ เป็นผลให้พืชทดสอบที่ปลูกในทรีตเมนต์นี้ มีมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น สูงถึง 99% เมื่อเทียบกับ control รองลงมาได้แก่ การให้ 1 ครั้งในระยะอนุบาล (T2) ซึ่งให้ค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต่อต้นเท่ากับ 60.8 และ 2.84 กรัมตามลำดับ คิดเป็นมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น 61% (ตารางที่ 18)



ภาพที่ 21 สลัดบัตเตอร์เฮดปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในราก

ทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในรากเป็นจำนวน 3 ครั้งในช่วงระยะเวลาต่างๆ ดังนี้

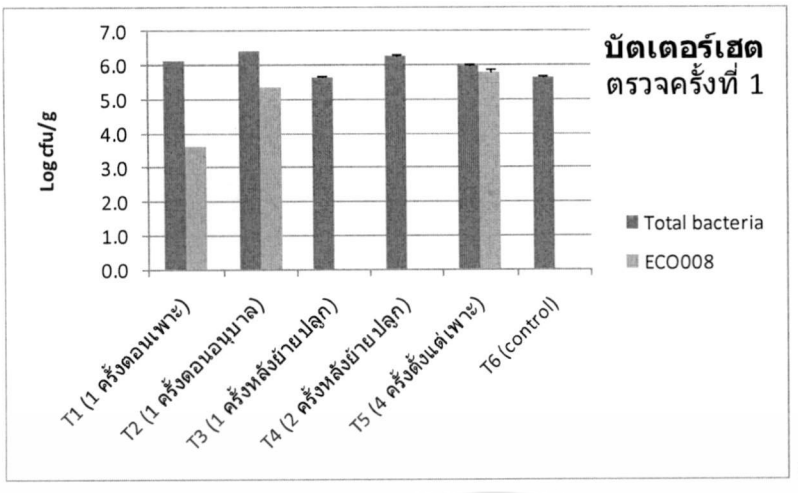
ตารางเพิ่มเติมที่ 1 อายุพืช ระยะการเจริญเติบโตของพืช ระยะเวลาการให้แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 และช่วงเวลาในการตรวจนับ

อายุพืช (สัปดาห์)	0	1	2	3	4	5	6
ระยะการเจริญของพืช	เพาะกล้า	อนุบาล		ย้ายลงระบบNFT			
การให้แบคทีเรีย [1/]	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
T1	ST						
T2			NS				
T3				NS			
T4				NS	NS		
T5	ST		NS	NS	NS		
T6 (control)							
การตรวจนับ			**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**		

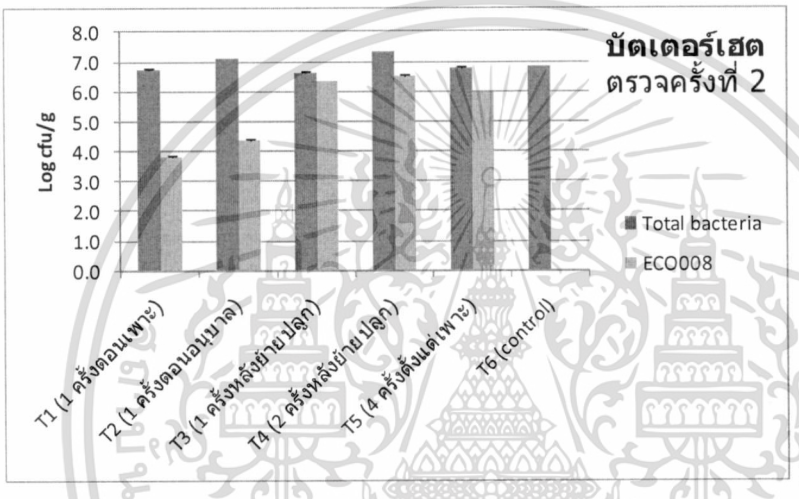
[1/] การให้แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 กระทำ 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 โดยวิธีแช่เมล็ด (seed treatment: ST) ในอัตราความเข้มข้น 10^6 cfu/ml เป็นเวลา 30 นาที ครั้งที่ 2, 3 และ 4 โดยใส่ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution: NS) ในอัตราความเข้มข้น 10^6 cfu/ml

ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้ในผักสลัดบัตเตอร์เฮดแสดงผลไว้ในภาพที่ 22

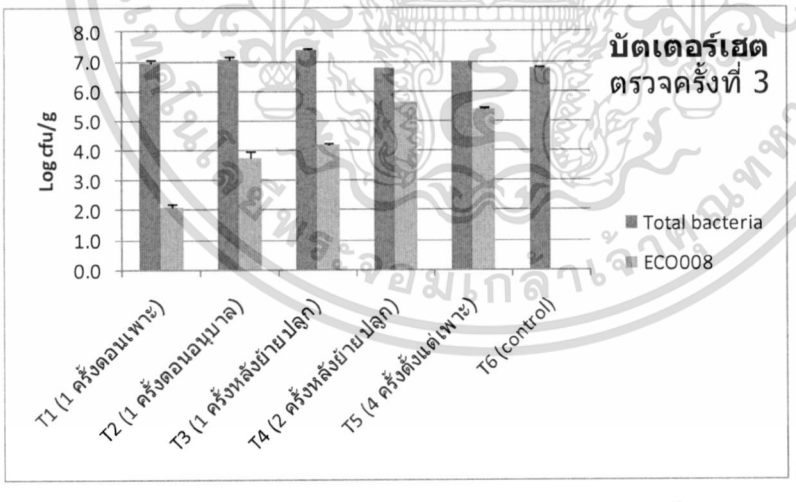
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 22 ปริมาณจุลินทรีย์ในรากสลัดบัตเตอร์เฮตปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

(A= ตรวจนับครั้งที่ 1 อายุพืช 2 สัปดาห์, B= ตรวจนับครั้งที่ 2 อายุพืช 3 สัปดาห์, C= ตรวจนับครั้งที่ 3 อายุพืช 4 สัปดาห์)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณจุลินทรีย์ในรากผักสลัดบัตเตอร์เฮดปลูกในระบบ NFT จากการตรวจนับครั้งที่ 1 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ (ภาพที่ 22 A) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม (total bacteria) อยู่ในช่วง 5.6-6.4 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 และ T5 ที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล ในสัปดาห์นี้ (T2), และได้รับมาแล้ว 2 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า และได้รับเพิ่มอีกครั้งจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล ในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 3.6, 5.3 และ 5.8 log cfu/g ตามลำดับ ในการตรวจนับครั้งที่ 2 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ (ภาพที่ 22 B) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม อยู่ในช่วง 6.6-7.3 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 T3, T4 และ T5 ซึ่งได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับมาแล้วจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล 1 สัปดาห์ (T2), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหาร ในระยะย้ายปลูกลงราง NFT ในสัปดาห์นี้ (T3, T4) และได้รับ มาแล้ว 3 ครั้ง คือในระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และในราง NFT อีก 1 ครั้งในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 3.8, 4.3, 6.3, 6.5 และ 5.9 log cfu/g ตามลำดับ ในการตรวจนับครั้งที่ 3 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 22 C) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม อยู่ในช่วง 6.8-7.4 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 T3, T4 และ T5 ซึ่งได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับมาแล้ว 2 สัปดาห์จากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล (T2), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารระยะย้ายปลูกลงราง NFT ในสัปดาห์ที่ผ่านมา (T3), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารระยะย้ายปลูกลงราง NFT 2 ครั้งคือในสัปดาห์ที่ผ่านมา และในสัปดาห์นี้ (T4) และได้รับมาแล้ว 4 ครั้งคือ ระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และหลังย้ายปลูกลงราง NFT อีก 2 ครั้งในสัปดาห์ที่ผ่านมา และในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 2.1, 3.7, 4.2, 5.6 และ 5.4 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาฉพาะในแต่ละทรีตเมนต์พบว่า ใน T1 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งตอนเพาะเมล็ดในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) ปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 มีแนวโน้มที่ลดลงเหลือ 3.6, 3.8 และ 2.1 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 22 A-C) ใน T2 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งในระยะอนุบาลในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจนับในครั้งแรกจะมีปริมาณลดลงไม่มากนัก แต่จะเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์, 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 5.3, 4.3 และ 3.7 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 22 A-C) ใน T3 ซึ่งมีการให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pseudomonas ECO008 1 ครั้งในระยะปลูกลงราง NFT ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจนับในครั้งแรกจะไม่ลดลงแต่จะเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 6.3 และ 4.2 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 22 B-C) ใน T4 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 2 ครั้งในระยะปลูกลงราง NFT ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 จะไม่ลดลงมากนัก โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 6.5 และ 5.6 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 22 B-C) ใน T5 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 4 คือระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และในระยะปลูกลงราง NFT อีก 2 ครั้ง แต่ละครั้งให้ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 จะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งจากการตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3 พบปริมาณเท่ากับ 5.8, 5.9 และ 5.4 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 22 A-C)

3.2 ผลการทดลองในสลัดกรีนโอ๊ก

3.2.1 การเจริญเติบโต

ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ของผักสลัดกรีนโอ๊กปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ

สิ่งทดลอง (treatment)	ลำต้น		มวลราก		
	จำนวนใบแท้ (ใบ)	ขนาดทรงพุ่ม (cm.)	ความยาวราก (cm.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	% มวลที่เพิ่ม[1/]
T1 (1 ครั้งตอนเพาะ)	25.3 ab	29.6 b	10.6 b	0.628 bc	23
T2 (1 ครั้งตอนอนุบาล)	24.3 b	32.7 a	13.0 b	0.696 a	36
T3 (1 ครั้งหลังย้ายปลูก)	22.1 bc	31.4 ab	10.8 b	0.634 abc	24
T4 (2 ครั้งหลังย้ายปลูก)	22.3 bc	31.4 ab	13.0 b	0.591 c	16
T5 (4 ครั้งตั้งแต่เพาะ)	28.0 a	31.9 a	18.5 a	0.661 ab	29
T6 (control)	19.6 c	27.2 c	14.3 b	0.511 d	0

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[1/] คำนวณจากส่วนต่างของน้ำหนักแห้งของรากที่เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (control) เทียบเป็นร้อยละ

[2/] ตัวอักษรตามหลังค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 95% ($P<0.05$); n=8

การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊กปลูกในระบบ NFT ที่มีการให้ *Pseudomonas* ECO008 นั้น พบว่าจะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการปลูกโดยไม่ให้แบคทีเรีย (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 1 ครั้งตอนอนุบาล (T2) และ 4 ครั้งตั้งแต่เพาะกล้า (T5) พืชทดสอบจะมีการเจริญเติบโตอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด ทั้งในด้าน จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม ความยาว และน้ำหนักแห้ง ของราก สำหรับปริมาณมวลรากที่เพิ่มขึ้น ใน T2 และ T5 นั้นคิดเป็น 36% และ 24% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ control จากตารางที่ 19

3.2.2 ผลผลิต

ข้อมูลทางด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ของผักสลัดกรีนโอ๊กปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ

สิ่งทดลอง	ผลผลิต		
	น้ำหนักสด/ต้น (g.)	น้ำหนักแห้ง /ต้น (g.)	มวลลำต้นที่เพิ่ม (%)
T1 (1 ครั้งตอนเพาะ)	54.8 b	2.71 b	24
T2 (1 ครั้งตอนอนุบาล)	73.9 a	3.50 a	60
T3 (1 ครั้งหลังย้ายปลูก)	62.6 b	2.88 b	32
T4 (2 ครั้งหลังย้ายปลูก)	61.0 b	2.87 b	32
T5 (4 ครั้งตั้งแต่เพาะ)	79.4 a	3.58 a	64
T6 (control)	41.4 c	2.18 c	0

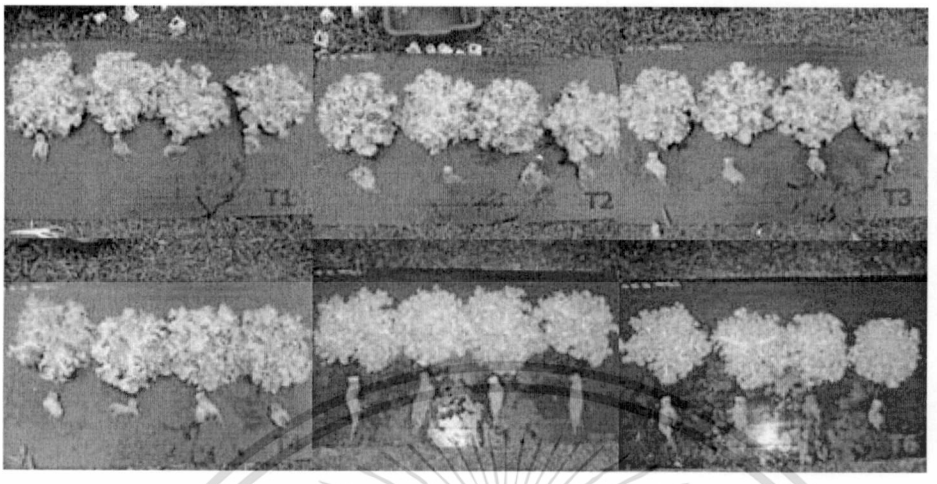
[1/] คำนวณจากส่วนต่างของน้ำหนักแห้งของลำต้นที่เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (control) เทียบเป็นร้อยละ

[2/] ตัวอักษรตามหลังค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 95% ($P<0.05$); n=8

ในด้านผลผลิตพบว่า การให้ *Pseudomonas* ECO008 แก่พืชทดสอบมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับ control โดยการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 1 ครั้งตอนอนุบาล (T2) และ 4 ครั้งตั้งแต่เพาะกล้า (T5) จะให้ผลผลิตทางด้านน้ำหนักสดต่อต้นดีที่สุด เท่ากับ 73.9 และ 79.4 กรัมตามลำดับ และมีน้ำหนักแห้งกับ 3.50 และ 3.58 กรัม ตามลำดับ เป็นผลให้พืชทดสอบที่ปลูกในทรีตเมนต์ดังกล่าว มีมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น 60% และ 64% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ

ลิขสิทธิ์ของเอกสารนี้เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

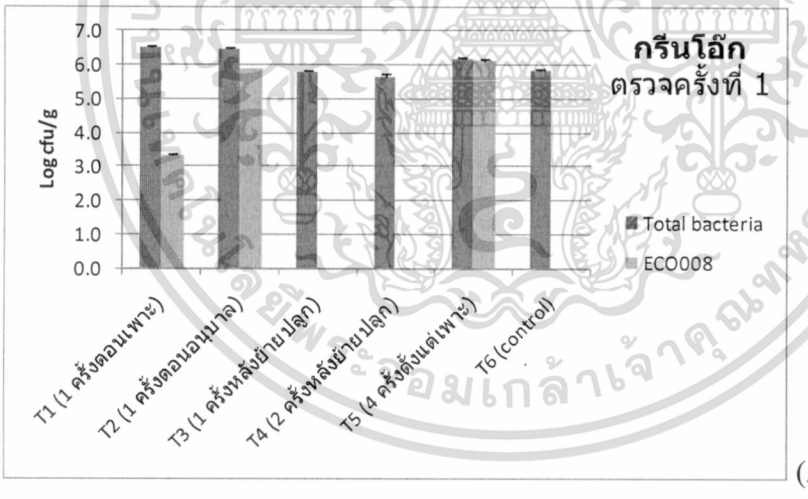
control ส่วนการให้แบคทีเรีย 1 ครั้งตอนเพาะกล้า (T1) การให้ 1 ครั้งหลังย้ายปลูก (T3) และ การให้ 2 ครั้งหลังย้ายปลูก (T4) ให้ผลผลิตที่ดีเป็นอันดบรองลงมา (ตารางที่ 20)



ภาพที่ 23 สลัดกรีนโอ๊กปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

3.2.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในราก

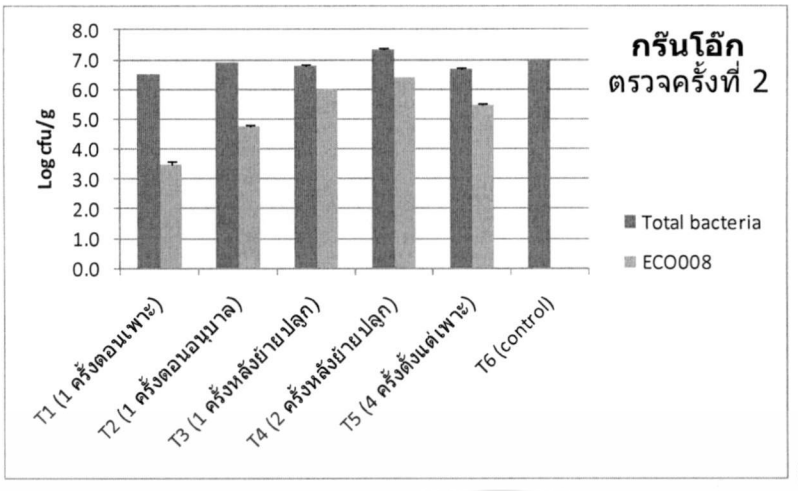
ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้ในผักสลัดกรีนโอ๊กแสดงผลไว้ในภาพที่ 24



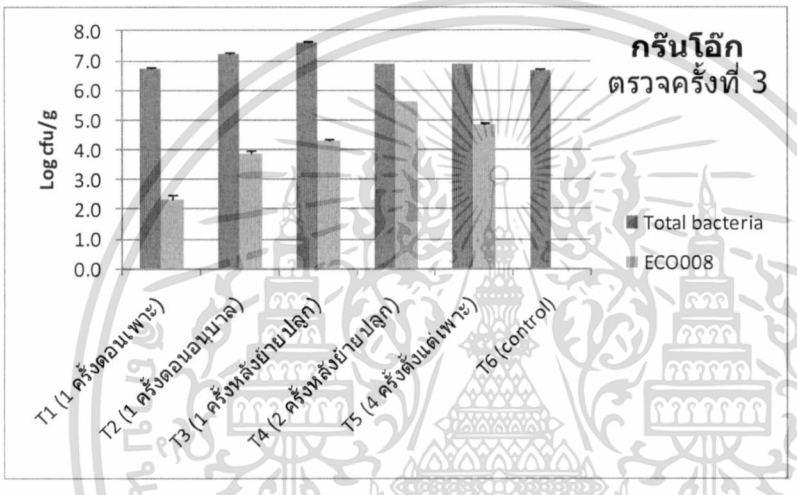
(A)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ยกเว้นได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ยกเว้นได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น



(B)



(C)

ภาพที่ 24 ปริมาณจุลินทรีย์ในรากสลัดกรีนโอ๊กปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

(A= ตรวจนับครั้งที่ 1 อายุพืช 2 สัปดาห์, B= ตรวจนับครั้งที่ 2 อายุพืช 3 สัปดาห์, C= ตรวจนับครั้งที่ 3 อายุพืช 4 สัปดาห์)

ปริมาณจุลินทรีย์ในรากผักสลัดกรีนโอ๊กปลูกในระบบ NFT จากการตรวจนับครั้งที่ 1 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ (ภาพที่ 24 A) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม (total bacteria) อยู่ในช่วง 5.8-6.5 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 และ T5 ที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล ในสัปดาห์นี้ (T2), และได้รับมาแล้ว 2 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า และได้รับเพิ่มอีกครั้งจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล ในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 3.3, 5.9 และ 6.1 log cfu/g ตามลำดับ ในการตรวจนับครั้งที่ 2 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ (ภาพที่ 24 B) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม อยู่ในช่วง 6.5-7.4 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 T3, T4 และ T5 ซึ่งได้รับ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pseudomonas ECO008 มาเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับมาแล้วจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล 1 สัปดาห์ (T2), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหาร ในระยะย้ายปลูกลงราง NFT ในสัปดาห์นี้ (T3, T4) และได้รับมาแล้ว 3 ครั้ง คือในระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และในราง NFT อีก 1 ครั้งในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 3.5, 4.8, 6.0, 6.4 และ 5.5 log cfu/g ตามลำดับ ในการตรวจนับครั้งที่ 3 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 24 C) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม อยู่ในช่วง 6.7-7.6 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 T3, T4 และ T5 ซึ่งได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับมาแล้ว 2 สัปดาห์จากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล (T2), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารระยะย้ายปลูกลงราง NFT ในสัปดาห์ที่ผ่านมา (T3), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารระยะย้ายปลูกลงราง NFT 2 ครั้งคือในสัปดาห์ที่ผ่านมา และในสัปดาห์นี้ (T4) และได้รับมาแล้ว 4 ครั้งคือ ระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และหลังย้ายปลูกลงราง NFT อีก 2 ครั้งในสัปดาห์ที่ผ่านมา และในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 2.3, 3.9, 4.3, 5.6 และ 4.9 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาฉพาะในแต่ละทรีตเมนต์พบว่า ใน T1 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งตอนเพาะเมล็ดในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) ปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 มีแนวโน้มที่ลดลงเหลือ 3.3, 3.5 และ 2.3 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 24 A-C) ใน T2 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งในระยะอนุบาลในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจนับในครั้งแรกจะมีปริมาณลดลงไม่มากนัก แต่จะเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์, 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 5.9, 4.8 และ 3.9 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 24 A-C) ใน T3 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งในระยะปลูกลงราง NFT ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจนับในครั้งแรกจะไม่ลดลงแต่จะเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 6.0 และ 4.3 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 24 B-C) ใน T4 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 2 ครั้งในระยะปลูกลงราง NFT ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 จะไม่ลดลงมากนัก โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 6.4 และ 5.6 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 24 B-C) ใน T5 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 4 คือระยะเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และในระยะปลูกลงราง NFT อีก 2 ครั้ง แต่ละครั้งให้ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 จะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งจากการตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3 พบปริมาณเท่ากับ 6.1, 5.5 และ 4.9 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 24 A-C)

3.3 ผลการทดลองในสลัดคอส

3.3.1 การเจริญเติบโต

ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 จำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม และมวลราก ของผักสลัดคอสปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ

สิ่งทดลอง	ลำต้น		มวลราก		
	จำนวนใบแท้ (ใบ)	ขนาดทรงพุ่ม (cm.)	ความยาวราก (cm.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	% มวลที่เพิ่ม[1/]
T1 (1 ครั้งตอนเพาะ)	14.1 c	30.1 c	27.6 ab	0.600 bc	16
T2 (1 ครั้งตอนอนุบาล)	21.9 a	37.3 a	20.4 b	0.799 a	55
T3 (1 ครั้งหลังย้ายปลูก)	15.0 c	36.1 ab	24.8 ab	0.646 b	25
T4 (2 ครั้งหลังย้ายปลูก)	15.9 bc	32.9 bc	26.3 ab	0.617 bc	19
T5 (4 ครั้งตั้งแต่เพาะ)	17.4 b	38.4 a	30.3 a	0.773 a	49
T6 (control)	14.3 c	31.9 c	22.8 ab	0.517 c	0

[1/] คำนวณจากส่วนต่างของน้ำหนักแห้งของรากที่เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (control) เทียบเป็นร้อยละ

[2/] ตัวอักษรตามหลังค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 95% ($P<0.05$); n=8

จากตารางที่ 21 พบว่าผักสลัดคอสปลูกในระบบ NFT ที่มีการให้ *Pseudomonas* ECO008 จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการปลูกโดยไม่ให้แบคทีเรีย (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 1 ครั้งตอนอนุบาล (T2) และ 4 ครั้งตั้งแต่เพาะกล้า (T5) พืชทดสอบจะมีการเจริญเติบโตอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด ทั้งในด้านจำนวนใบแท้ ขนาดทรงพุ่ม ความยาว และน้ำหนักแห้ง ของราก โดยมีปริมาณมวลรากที่เพิ่มขึ้นใน T2 และ T5 คิดเป็น 55% และ 49% ตามลำดับเมื่อเทียบกับ control

3.3.2 ผลผลิต

ข้อมูลทางด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้ง และมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้น ของผักสลัดคอสปลูกใน ระบบ NFT ที่มีการให้จุลินทรีย์ในระยะต่างๆ

สิ่งทดลอง	ผลผลิต		
	น้ำหนักสด/ต้น (g.)	น้ำหนักแห้ง /ต้น (g.)	มวลลำต้นที่เพิ่ม (%)
T1 (1 ครั้งตอนเพาะ)	50.1 c	3.02 b	17
T2 (1 ครั้งตอนอนุบาล)	94.6 a	4.69 a	82
T3 (1 ครั้งหลังย้ายปลูก)	64.9 b	3.28 b	27
T4 (2 ครั้งหลังย้ายปลูก)	59.0 bc	2.95 b	14
T5 (4 ครั้งตั้งแต่เพาะ)	99.5 a	4.96 a	92
T6 (control)	46.8 c	2.58 b	0

[1/] คำนวณจากส่วนต่างของน้ำหนักแห้งของลำต้นที่เพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (control) เทียบเป็นร้อยละ

[2/] ตัวอักษรตามหลังค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 95% ($P<0.05$); n=8

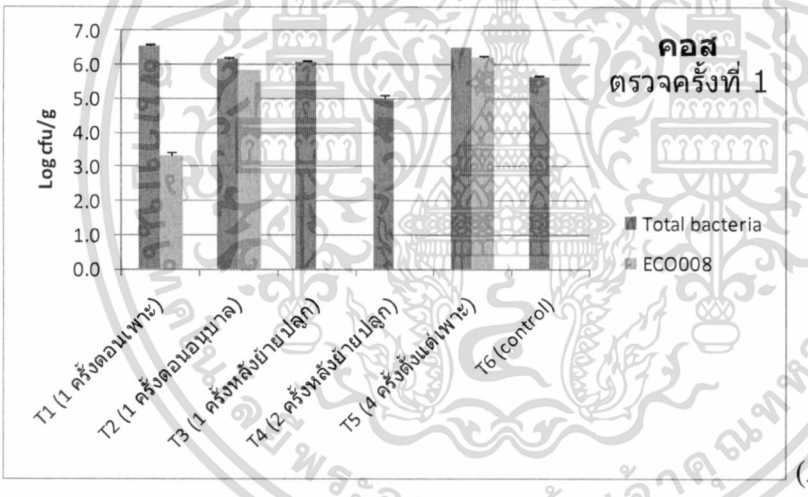
ในด้านผลผลิตพบว่า การให้ *Pseudomonas* ECO008 แก่พืชทดสอบมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับ control โดยการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 1 ครั้งตอนอนุบาล (T2) และ 4 ครั้งตั้งแต่เพาะกล้า (T5) จะให้ผลผลิตทางด้านน้ำหนักสดต่อต้นดีที่สุด เท่ากับ 94.6 และ 99.5 กรัมตามลำดับ ในขณะที่ control มีค่าน้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 46.8 กรัม ในส่วนของน้ำหนักแห้งผลก็เป็นปในทำนองเดียวกัน และเมื่อคิดเป็นปริมาณมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้นก็จะพบว่า ผักสลัดกรีนโอ๊กที่ปลูกใน T2 และ T5 จะมีมวลลำต้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 82% และ 92% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ control (ตารางที่ 22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

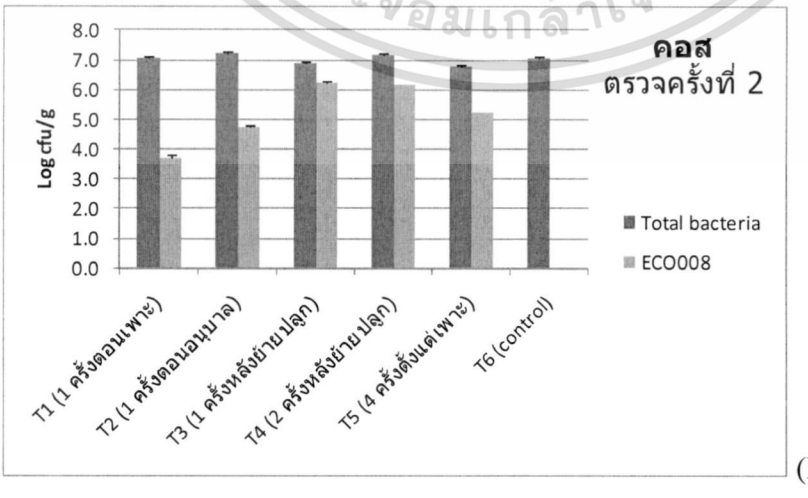
ภาพที่ 25 สลัดคอสปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

3.3.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในราก

ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้ในผักสลัดคอสแสดงผลไว้ในภาพที่ 26



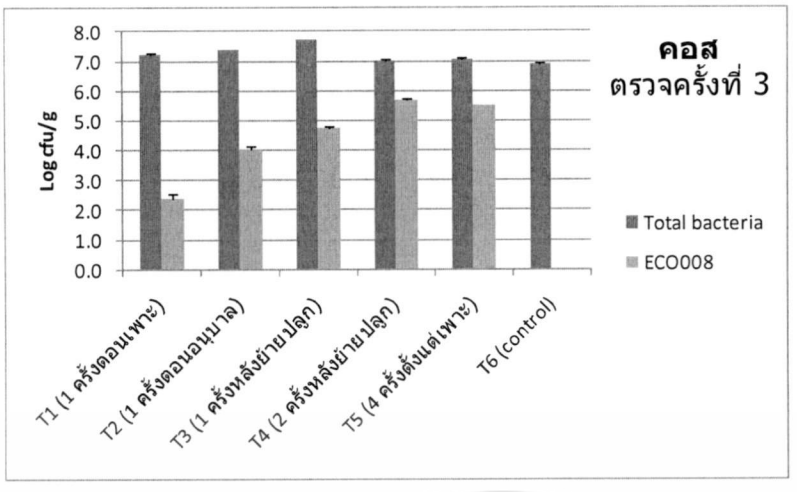
(A)



(B)

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่าย ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อการค้า

ธนรัฐ การจัดทำ จุฬาลงกรณ์ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่าย ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อการค้า ยินยอมให้ใช้ตามเงื่อนไขของเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(C)

ภาพที่ 26 ปริมาณจุลินทรีย์ในรากสลัดคอสปลูกในระบบ NFT ที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในระยะต่างๆ

(A= ตรวจนับครั้งที่ 1 อายุพืช 2 สัปดาห์, B= ตรวจนับครั้งที่ 2 อายุพืช 3 สัปดาห์, C= ตรวจนับครั้งที่ 3 อายุพืช 4 สัปดาห์)

ปริมาณจุลินทรีย์ในรากผักสลัดคอสปลูกในระบบ NFT จากการตรวจนับครั้งที่ 1 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ (ภาพที่ 26 A) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม (total bacteria) อยู่ในช่วง 5.0-6.6 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 และ T5 ที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล ในสัปดาห์นี้ (T2), และได้รับมาแล้ว 2 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า และได้รับเพิ่มอีกครั้งจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล ในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 3.4, 5.8 และ 6.2 log cfu/g ตามลำดับ ในการตรวจนับครั้งที่ 2 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ (ภาพที่ 26 B) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม อยู่ในช่วง 6.8-7.2 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 T3, T4 และ T5 ซึ่งได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับมาแล้วจากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล 1 สัปดาห์ (T2), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหาร ในระยะย้ายปลูกลงราง NFT ในสัปดาห์นี้ (T3, T4) และได้รับมาแล้ว 3 ครั้ง คือในระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และในราง NFT อีก 1 ครั้งในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 3.7, 4.7, 6.2, 6.2 และ 5.2 log cfu/g ตามลำดับ ในการตรวจนับครั้งที่ 3 เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 26 C) พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์รวม อยู่ในช่วง 6.9-7.4 log cfu/g สำหรับ *Pseudomonas* ECO008 ทำการตรวจนับใน T1, T2 T3, T4 และ T5 ซึ่งได้รับ *Pseudomonas* ECO008 มาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ตั้งแต่ระยะเพาะกล้า (T1), ได้รับมาแล้ว 2 สัปดาห์จากสารละลายธาตุอาหารในระยะอนุบาล (T2), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารระยะย้ายปลูกลงราง NFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสัปดาห์ที่ผ่านมา (T3), ได้รับจากสารละลายธาตุอาหารระยะย้ายปลูกลงราง NFT 2 ครั้งคือในสัปดาห์ที่ผ่านมา และในสัปดาห์นี้ (T4) และได้รับมาแล้ว 4 ครั้งคือ ระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และหลังย้ายปลูกลงราง NFT อีก 2 ครั้งในสัปดาห์ที่ผ่านมา และในสัปดาห์นี้ (T5) พบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 เท่ากับ 2.4, 4.0, 4.8, 5.7 และ 5.5 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาฉพาะในแต่ละทรีตเมนต์พบว่า ใน T1 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งตอนเพาะเมล็ดในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) ปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 มีแนวโน้มที่ลดลงเหลือ 3.4, 3.7 และ 2.4 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 26 A-C) ใน T2 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งในระยะอนุบาลในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจนับในครั้งแรกจะมีปริมาณลดลงไม่มากนัก แต่จะเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์, 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 5.8, 4.7 และ 4.0 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 26 A-C) ใน T3 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 1 ครั้งในระยะปลูกลงราง NFT ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจนับในครั้งแรกจะไม่ลดลงแต่จะเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 6.2 และ 4.8 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 26 B-C) ใน T4 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 2 ครั้งในระยะปลูกลงราง NFT ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 จะไม่ลดลงมากนัก โดยการตรวจนับเมื่อระยะเวลาผ่านไป 0 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ (การตรวจนับครั้งที่ 2 และ 3: ดูตารางเพิ่มเติมที่ 1 ประกอบ) พบปริมาณเท่ากับ 6.2 และ 5.7 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 26 B-C) ใน T5 ซึ่งมีการให้ *Pseudomonas* ECO008 4 คือระยะเพาะกล้า 1 ครั้ง ระยะอนุบาล 1 ครั้ง และในระยะปลูกลงราง NFT อีก 2 ครั้ง แต่ละครั้งให้ในอัตรา 10^6 cfu/ml (6.0 log cfu/g) หลังจากนั้นทำการตรวจนับ พบว่าปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 จะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งจากการตรวจนับครั้งที่ 1, 2 และ 3 พบปริมาณเท่ากับ 6.2, 5.2 และ 5.5 log cfu/g ตามลำดับ (ภาพที่ 26 A-C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย

1. แบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่นที่นำมาทดลอง

แบคทีเรียที่นำมาทดลองในครั้งนี้เป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่น ที่แยกได้จากบริเวณเขตรากพืช (indigenous rhizobacteria) ของผักใบที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งได้รายงานไว้แล้ว โดย พรหมมาศ (2550); และ พรหมมาศ และคณะ (2552) ว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *Pythium* สาเหตุโรครากเน่า หรือมีแนวโน้มที่จะสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้นำเอาบางสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้แล้ว มาทดสอบประสิทธิภาพซ้ำอีกครั้ง โดยเป็นบาซิลลัสจำนวน 5 สายพันธุ์ได้แก่ *Bacillus* Bh020k, *Bacillus* Bh019p, *Bacillus* ETO046, *Bacillus* ECCB051 และ *Bacillus* SSMIX020 เป็นซูโดโมแนส 2 สายพันธุ์ได้แก่ *Pseudomonas* ECO008 และ *Pseudomonas* SSWC110 พร้อมทั้งทำการติดเครื่องหมายให้มีความทนทานต่อสารปฏิชีวนะเพื่อที่จะสามารถติดตามจำนวนประชากร ของแบคทีเรียที่จะนำมาใช้ในการทดลองต่อได้ ในจำนวนนี้พบว่าทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบซ้ำ ยังคงมีประสิทธิภาพในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮต ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ NFT ได้ แต่ *Pseudomonas* ECO008 นอกจากจะสนับสนุนการเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮตแล้ว ยังสนับสนุนการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอล อยู่ในเกณฑ์ดีด้วย อีกทั้งยังทนทานต่อ rifamplicin และ amplicillin ได้ดีจึงถูกเลือกนำมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้

2. ผลของจุลินทรีย์และปริมาณเชื้อก่อโรคในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต และการเกิดโรครากเน่า

การศึกษาในขั้นตอนนี้ทำการทดลองใน lab scale hydroponics ในผักสลัด 2 ชนิด คือ ผักสลัดบัตเตอร์เฮต และ เรดโครอล ทั้งนี้เนื่องจากผักลัดทั้งสองชนิดนี้จะมีความอ่อนแอ่ต่อการเกิดโรครากเน่าได้ต่างกัน กล่าวคือ ในผักสลัดเรดโครอลจะมีความอ่อนแอต่อการเกิดโรคมากกว่า ผักสลัดบัตเตอร์เฮต ดังนั้นอาจถือได้สลัดบัตเตอร์เฮตเป็นตัวแทนของชนิดพืชที่มีความทนทาน ในขณะที่สลัดเรดโครอลเป็นตัวแทนของชนิดพืชที่มีความอ่อนแอ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้งสองชนิดไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์ที่มีความทนทานหรืออ่อนแอ ดังได้แสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 3-6 และ10-13 แล้วว่าปัจจัยทางด้านปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (ปัจจัย A) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในด้านของปริมาณเชื้อก่อโรคนั้นพบว่าจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอลมากกว่าผักสลัดบัตเตอร์เฮต โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระบุไว้แล้วในตารางที่ 3-6 ซึ่งเป็นผลการทดลองทางด้านการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮต ระบุว่าปัจจัยทางด้านปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในกรณีของผักสลัดเรดโครอล ผลการวิเคราะห์ทางด้านปริมาณเชื้อก่อโรค (ปัจจัย B) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10-13)

สำหรับผลของจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดที่นำมาทดสอบในครั้งนี้ พบว่าการเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ลงในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้ได้แก่ *Pseudomonas* ECO008 สายพันธุ์ท้องถิ่น และ *Bacilus subtilis* (สายพันธุ์การค้า : โดยแยกเชื้อบริสุทธิ์ มาจากชีวผลิตภัณฑ์) สามารถทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากลุ่มทดลองที่ไม่มีการเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ลงในสารละลายธาตุอาหาร โดยพบว่าการใส่ *Pseudomonas* ECO008 หรือ *Bacilus subtilis* เพิ่มลงไปในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ในอัตรา 10^6 cfu/ml จะทำให้กล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต และเรดโครอล มีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยดีที่สุด รองลงมาได้แก่ กล้าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแต่ไม่เพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไป และพืชทดสอบจะมีการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดในสารละลายธาตุอาหารปกติที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ตารางที่ 7 และ 14) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของจุลินทรีย์ ในสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ว่าในสภาพการปลูกพืชโดยปกติ จะมีจุลินทรีย์ที่มีการดำรงชีพอยู่แล้วในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านั้นก็อาจจะมีทั้งพวกที่เป็นประโยชน์ และพวกที่เป็นโทษ การฆ่าเชื้อในสารละลายธาตุอาหาร จะทำให้ลดปริมาณจุลินทรียในสารละลายธาตุอาหารลง แต่จุลินทรีย์ที่อยู่ตามบริเวณเขตรากพืช โดยเฉพาะพวกแบคทีเรียที่อาศัยอยู่กับรากพืช (root associated bacteria หรือ rhizobacteria) ยังคงอยู่ในปริมาณเท่าเดิม ซึ่งจุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่จะมีประโยชน์ต่อพืช จึงส่งผลให้พืชทดสอบทั้งสองชนิดมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น แต่ถ้าหากมีการเพิ่มจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไปในสารละลายธาตุอาหารด้วยอีก ก็จะทำให้บริเวณเขตรากพืช (rhizosphere) อุดมไปด้วยจุลินทรีย์พวกที่เป็นประโยชน์ และส่งผลให้พืชที่ปลูกในสภาพแบบนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด

สำหรับผลของจุลินทรีย์ที่มีต่อการเกิดโรครากเน่าพบว่า การเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ลงในสารละลายธาตุอาหาร มีแนวโน้มที่ช่วยลดการเกิดโรคได้ โดยพบว่าการใส่ *Pseudomonas* ECO008 เพิ่มลงไปในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จะสามารถลดความรุนแรงของโรครากเน่าได้มากที่สุด ทั้งการทดลองในผักสลัดบัตเตอร์เฮต และเรดโครอล โดยสามารถลดความรุนแรงของโรคได้ทั้งในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* สาเหตุโรคในปริมาณที่มาก (10^6 propagules/ml) และในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* ในปริมาณที่น้อย (10^3 propagules/ml) นอกจากนี้ในกลุ่มทดลองที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค ก็มีแนวโน้มว่าจะช่วยลดการเกิดโรคที่อาจจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติได้ด้วย ส่วนในกรณีของ *B. subtilis* นั้นพบว่าสามารถช่วยลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดโรคได้ในระดับหนึ่ง โดยพบเฉพาะในการทดลองกับผักสลัดบัตเตอร์เฮดกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* ในปริมาณที่น้อย และกลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อเท่านั้น ส่วนการทดลองในผักสลัดเรดโครอลนั้น ไม่เห็นผลในการช่วยลดความรุนแรงของโรคแต่ประการใด (ตารางที่ 9 และ 16) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า แม้จะมีการเพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไปในสารละลายธาตุอาหารแล้วก็ตาม แต่ประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรคก็อาจจะต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแบคทีเรีย พืชที่ปลูก และปริมาณเชื้อโรคที่มีอยู่ในระบบ ดังจะเห็นได้จากกรณีของ *B. subtilis* จะช่วยลดความรุนแรงของโรคได้เฉพาะในผักสลัดบัตเตอร์เฮด ที่ปลูกในกลุ่มทดลองที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค หรือในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อในปริมาณที่น้อยเท่านั้น ซึ่งผักสลัดบัตเตอร์เฮดนั้นจะมีทนทานต่อการเกิดโรครากเน่า มากกว่าสลัดเรดโครอล ชี้ให้เห็นว่า ในสภาพการใช้งานจริงที่เราไม่สามารถรู้ได้ว่าสารชีวผลิตภัณฑ์ (biological control agent) ตัวใดมีประสิทธิภาพดีแค่ไหน การใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคพืช ก็ควรเลือกใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อโรค หรืออยู่ในสภาพสมบูรณ์แข็งแรง และสภาพการปลูกต้องมีปริมาณเชื้อโรคอยู่น้อย หรือในขณะที่พืชยังไม่แสดงอาการของโรคเท่านั้น

ในด้านปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจนับในรากพืช ของพืชแต่ละชนิด ที่ได้รับสิ่งทดลองร่วมชนิดต่าง ได้แก่ ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเพิ่ม *Pseudomonas* ECO008 ลงไป ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเพิ่ม *B. subtilis* ลงไป ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแต่ไม่เพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไป และปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ปัจจัย A) ในสภาพที่ได้รับเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าต่างกัน คือ ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุ ปลูกเชื้อในอัตราที่มาก (10^6 propagules/ml) และปลูกเชื้อในอัตราที่น้อย (10^3 propagules/ml) (ปัจจัย B) พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacteria) ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮด และเรดโครอล อยู่ในช่วง 4-6 log cfu/g (10^4-10^6 cfu/g) โดยปริมาณจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อายุ และ ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งในกรณีนี้ได้แก่ปริมาณจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร และปริมาณเชื้อก่อโรค แต่โดยทั่วไปแล้วปริมาณแบคทีเรียรวมจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 5 log cfu/g (10^5 cfu/g) ดังจะเห็นได้จากกรณีของแบคทีเรียรวมที่ตรวจนับจากรากกล้าผักสลัดเรดโครอลที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแต่ไม่เพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไป จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่อยู่ที่ประมาณ 5 log cfu/g (ภาพที่ 14) การเพิ่มแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งในที่นี้ได้แก่ *Pseudomonas* ECO008 และ *B. subtilis* พบว่ามีแนวโน้มให้ปริมาณแบคทีเรียรวมมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และอาจค่อยลดลงบ้าง ในบางกรณี (ภาพที่ 2, 3 และ 12, 13) ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่ได้มีการเพิ่มแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และแบคทีเรียเหล่านั้นอาจที่จะเข้าครอบครองรากพืชได้ ทั้งนี้พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบจากในกลุ่มทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแต่ไม่เพิ่มแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ลงไป และที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารปกติที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ จะไม่มีแนวโน้มว่าปริมาณแบคทีเรียรวมจะเพิ่มขึ้นแต่อย่างไร (ภาพที่ 4, 5 และ 14, 15) ข้อสมมติฐานดังกล่าวได้รับการยืนยันโดยการตรวจนับปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ที่ใส่เข้าไปในสารละลายธาตุอาหาร แล้วตรวจนับปริมาณที่พบในรากพืช พบว่ามีอยู่จริงในปริมาณโดยเฉลี่ย 5.5 log cfu/g ในรากของกล้าผักสลัดบัตเตอร์เฮต และ 4.5 log cfu/g ในรากของกล้าผักสลัดเรดโครอล (ภาพที่ 10 และ 20 ตามลำดับ) ในกรณีของ *B. subtilis* ไม่สามารถตรวจนับได้เนื่องจากไม่ได้ทำการติดเครื่องหมายไว้ แต่ก็คาดว่าน่าจะมีบางส่วนที่สามารถเข้าครอบครองรากพืชได้เช่นกัน จากการที่รากพืชถูกครอบครองโดยแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ โดยการใส่ลงไปในสารละลายธาตุอาหารนี่เอง ส่งผลให้พืชที่ปลูก มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ตลอดจนมีแนวโน้มของการเป็นโรคในระดับความรุนแรงที่ต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ดังที่ได้วิจารณ์ผลไปแล้วก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตามในเรื่องของการเป็นโรคนั้นได้ทำการตรวจนับเชื้อ *Pythium* สาเหตุโรคด้วย เพื่อพิสูจน์ยืนยัน พบว่าในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ *Pythium* ลงไปนั้น พบปริมาณเชื้อ *Pythium* เริ่มต้นในรากพืชประมาณ 4 log cfu/g (10^4 cfu/g) การปลูกเชื้อ *Pythium* ในอัตราสูง หรือ ต่ำ ไม่ค่อยมีผลต่อปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่รากมากนัก แต่การปลูกเชื้อ *Pythium* ลงในกลุ่มทดลองที่มีการเพิ่มจุลินทรีย์ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ไม่มีการเพิ่มจุลินทรีย์ มีแนวโน้มว่าในกลุ่มทดลองหลัง จะพบปริมาณเชื้อ *Pythium* เริ่มต้นในรากพืชในปริมาณที่มากกว่า โดยตรวจพบได้ในปริมาณโดยเฉลี่ย 4.3 log cfu/g และเมื่อพิจารณาในกลุ่มทดลองที่ได้รับ *Pseudomonas* ECO008 ในสารละลายธาตุอาหาร ก็จะพบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* มีการลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น (ภาพที่ 6, 7, 8, 9 และ 16, 17, 18, 19) ปริมาณเชื่อ *Pythium* เริ่มต้นที่น้อยกว่า ประกอบกับมีการลดลงของเชื้อมากกว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป จึงเป็นผลมาจาก *Pseudomonas* ECO008 ที่ได้เข้าไปครอบครองรากพืชก่อนหน้านี้แล้ว เพราะยังสามารถตรวจพบได้ในระดับที่ไม่ต่ำกว่า 4 log cfu/g (10^4 cfu/g) (ภาพที่ 10 และ 20) ตลอดช่วงระยะเวลาในการทดลอง และแบคทีเรียดังกล่าวมีปฏิสัมพันธ์ในทางต่อต้านกับเชื้อ *Pythium* สาเหตุโรค จึงทำให้ต้นกล้าผักสลัดที่ปลูกในกลุ่มทดลองนี้ มีระดับความรุนแรงของโรคต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ และส่งผลให้มีค่าการเจริญเติบโตที่ดีกว่าตามมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลของการใส่จุลินทรีย์เพิ่มในสารละลายธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การทดลองนี้ทำในระบบ nutrient film technique (NFT) ซึ่งเป็นระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในการปลูกผักสลัดเป็นการค้า สำหรับผักสลัดที่ใช้ในการทดสอบมี 3 สายพันธุ์ได้แก่ สลัดบัตเตอร์เฮด ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดหัว (head lettuce) สลัดกรีนโอ๊กเป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดใบ (leaf lettuce) และสลัดคอส เป็นตัวแทนของกลุ่มสลัดต้น (romaine lettuce) จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 สายพันธุ์ท้องถิ่น โดยให้กับพืชทดสอบในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน ในอัตรา 10^6 cfu/ml ดังนี้คือ 1) ให้แบคทีเรีย 1 ครั้งในตอนเพาะเมล็ด 2) ใส่แบคทีเรียลงในสารละลายธาตุอาหาร 1 ครั้งในระยะอนุบาล 3) ใส่แบคทีเรียลงในสารละลายธาตุอาหาร 1 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT 4) ใส่แบคทีเรียลงในสารละลายธาตุอาหาร 2 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT 5) ให้แบคทีเรีย 4 ครั้งคือ ตอนเพาะกล้า ตอนอนุบาล และ อีก 2 ครั้งตอนย้ายลงราง NFT 6) ไม่ใส่แบคทีเรีย (control) ผลการทดลองพบว่า การให้แบคทีเรียแก่พืชทดสอบไม่ว่าจะวิธีการใดก็ตาม จะทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ดีกว่ากลุ่มทดลองชุดควบคุม (control) ทั้งนี้เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ทำการชั่งน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบ แล้วคำนวณเป็นมวลลำต้น (shoot biomass) ที่เพิ่มขึ้นจาก control คิดเป็นร้อยละ พบว่ามีปริมาณมวลลำต้นเพิ่มขึ้นดังนี้ ในผักสลัดบัตเตอร์เฮดเพิ่มขึ้น 20-99% ในผักสลัดกรีนโอ๊กเพิ่มขึ้น 24-64% และในผักสลัดคอสเพิ่มขึ้น 14-92% (ตารางที่ 18, 20 และ 22) และจากการตรวจสอบแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ที่ให้แก่ต้นพืช ก็สามารถตรวจพบได้ในรากพืชของกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียดังกล่าวตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง (ภาพที่ 22, 24 และ 26) แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นของพืชทดสอบในกลุ่มทดลองนี้ เป็นผลมาจากแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ที่พืชได้รับนั้นเอง อย่างไรก็ตามพบว่าการให้แบคทีเรียในช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลในการสนับสนุนการเจริญของพืชได้ต่างกัน ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 4 ครั้ง (คือตั้งแต่เพาะกล้า ระยะอนุบาล และย้ายปลูกลงราง 2 ครั้ง) และการให้แบคทีเรียในระยะอนุบาลเป็นจำนวน 1 ครั้ง จะทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ อยู่ในกลุ่มดีที่สุด ส่วนการให้ในระยะอื่น ได้แก่ การให้ครั้งเดียวตั้งแต่ตอนเพาะเมล็ด และการให้ 1 และ 2 ครั้งในระยะย้ายปลูกลงราง NFT ให้ผลดีเป็นอันดับรองลงมา (ตารางที่ 18, 20 และ 22) ผลดังกล่าวเมื่อนำมาพิจารณาประกอบกับจำนวนแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ที่ตรวจพบในรากพืช ก็จะพบว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างน้อย 3 ประด็นด้วยกันคือ 1) ในด้านปริมาณที่เข้าครอบครองรากพืช 2) ในด้านระยะเวลาที่เข้าครอบครองรากพืช และ 3) ในด้านการคงรักษาระดับปริมาณที่ครอบครองรากพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในด้านปริมาณที่เข้าครอบครองรากพืชนั้นพบว่า การให้ *Pseudomonas* ECO008 แก่พืชเป็นจำนวน 1 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT, การให้เป็นจำนวน 2 ครั้งหลังย้ายปลูกลงราง NFT, และการให้แบคทีเรีย 4 ครั้ง (ตั้งแต่เพาะกล้า ถึงย้ายปลูก) จะสามารถตรวจพบ *Pseudomonas* ECO008 เป็นปริมาณที่ค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ซึ่งจากการตรวจนับในครั้งสุดท้าย (ครั้งที่ 3 ของการตรวจนับ) เมื่อพืชมีอายุได้ 4 สัปดาห์ ในผักสลัดบัตเตอร์เฮดตรวจนับได้เท่ากับ 4.2, 5.6 และ 5.4 log cfu/g ตามลำดับ ในผักสลัดกรีนโอ๊กได้เท่ากับ 4.3, 5.6 และ 4.9 log cfu/g ตามลำดับ และในผักสลัดคอสได้เท่ากับ 4.8, 5.7 และ 5.5 log cfu/g ตามลำดับ (ดูภาพที่ 22 C, 24 C และ 26 C ประกอบ) อย่างไรก็ตามผลทางด้านการเจริญเติบโตพบว่า มีเพียงพืชทดสอบในกลุ่มทดลองที่มีการให้แบคทีเรีย 4 ครั้ง ที่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ทั้งที่กลุ่มทดลองนี้ไม่ได้ตรวจพบ *Pseudomonas* ECO008 เป็นปริมาณมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณการเข้าครอบครองรากพืชของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เป็นปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช แต่ก็ยังมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย

ในด้านระยะเวลาที่เข้าครอบครองรากพืช กลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ตั้งแต่ตอนเพาะเมล็ดจะมีระยะเวลาในการครอบครองนานที่สุด รองลงมาได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียในระยะอนุบาล และในระยะย้ายปลูกลงราง NFT ตามลำดับ ซึ่งหากให้น้ำหนักทางด้านระยะเวลาในการเข้าครอบครองแล้ว พืชทดสอบน่าจะมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในกลุ่มทดลองแรก เนื่องจากได้รับแบคทีเรียมาเป็นระยะเวลานาน แต่ผลการทดลองออกมาว่าพืชทดสอบมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียในระยะอนุบาล ซึ่งจากการติดตามปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ของกลุ่มทดลองดังกล่าว พบว่าในผักสลัดบัตเตอร์เฮดที่ได้รับแบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ตั้งแต่ตอนเพาะเมล็ดจะมีปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 3.6, 3.8 และ 2.1 log cfu/g เมื่อพืชมีอายุได้ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียในระยะอนุบาลมีปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 5.3, 4.3 และ 3.7 log cfu/g เมื่อพืชมีอายุได้ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ และกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียในระยะย้ายปลูกลงราง NFT มีปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 6.3 และ 4.2 เมื่อพืชมีอายุได้ 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ (ภาพที่ 22 A-C) ในกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียตั้งแต่ตอนเพาะเมล็ดแม้จะได้รับมาเป็นระยะเวลานานที่สุด แต่ตรวจพบได้ในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 และมีแนวโน้มที่ปริมาณจะลดลงจึงอาจเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพในการสนับสนุนการเจริญเติบโตลดลงด้วย ส่วนกรณีที่ได้รับแบคทีเรียในระยะย้ายปลูกลงราง NFT แม้จะตรวจสอบแล้วพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียอยู่มากในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 แต่เนื่องจากเพิ่งได้รับมาเป็นระยะเวลาไม่นานนักจึงอาจยังไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน ส่วนกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคทีเรียในระยะอนุบาลเนื่องจากได้รับแบคทีเรียมาเป็นระยะเวลาพอสมควร และมีปริมาณที่ไม่ลดลงมากนักจึงเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งนอกจากในกรณีของผักสลัดบัตเตอร์เฮดแล้ว ในผักสลัดกรีนโอ๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสลัดคอส ผลก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน (ดูภาพที่ 24 A-C และ 26 A-C ประกอบ) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการครอบครองรากพืช เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช

ในด้านของการคงรักษาระดับปริมาณที่ครอบครองรากพืช เป็นที่เห็นชัดว่า การให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 4 ครั้งจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละครั้งที่มีการจุลินทรีย์ไป จะเป็นการคงรักษาระดับการเข้าครอบครองไว้ ซึ่งในการทดลองนี้มีการให้แบคทีเรียในแต่ละครั้งในอัตรา 10^6 cfu/ml (เทียบเท่าประมาณ 6 log cfu/ml) ผลการตรวจนับปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ในสลัดบัตเตอร์กลุ่มทดลองที่มีการให้แบคทีเรียจำนวน 4 ครั้งพบว่า มีปริมาณเท่ากับ 5.8, 5.9 และ 5.4 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 22 A-C) ซึ่งมีปริมาณที่ไม่ลดลงจากที่ให้ในแต่ละครั้งมากนัก เช่นเดียวกับในสลัดกรีนโอ๊กกลุ่มทดลองที่มีการให้แบคทีเรียจำนวน 4 ครั้งพบว่า มีปริมาณเท่ากับ 6.1, 5.5 และ 4.9 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 24 A-C) และในสลัดคอสกลุ่มทดลองที่มีการให้แบคทีเรียจำนวน 4 ครังก็พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 6.2, 5.2 และ 5.5 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 26 A-C) โดยสรุปแล้วกลุ่มทดลองนี้สามารถรักษาระดับปริมาณโดยเฉลี่ยไว้ไม่ต่ำกว่า 5.5 log cfu/g ส่งผลให้พืชทดลองที่ปลูกในกลุ่มนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด อีกกลุ่มการทดลองหนึ่งที่น่าสนใจ คือกลุ่มทดลองที่มีการให้แบคทีเรีย 1 ครั้งในระยะอนุบาล ซึ่งผลการตรวจนับปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ในรากพบว่ายังคงรักษาระดับปริมาณโดยเฉลี่ยไว้ได้ไม่ต่ำกว่า 4.5 log cfu/g กล่าวคือในสลัดบัตเตอร์เฮดตรวจพบได้ในปริมาณ 5.3, 4.3 และ 3.7 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 22 A-C) ในสลัดกรีนโอ๊กตรวจพบได้ในปริมาณ 5.9, 4.8 และ 3.9 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 24 A-C) และในสลัดคอสตรวจพบได้ในปริมาณ 5.8, 4.7 และ 4.0 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 26 A-C) การคงรักษาของระดับปริมาณแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในรากพืชที่ตรวจพบจากกลุ่มทดลองนี้ จึงส่งผลให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ดีเทียบเท่ากับกลุ่มทดลองแรก สำหรับเหตุผลที่ในกลุ่มทดลองนี่ยังสามารถคงรักษาระดับของปริมาณแบคทีเรียไว้ได้ทั้งๆ ที่มีการให้เพียงครั้งเดียวนั้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่สันนิฐานได้ว่าในช่วงอนุบาล เป็นช่วงเวลาที่พืชมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างมากในทุกๆ ด้าน ดังนั้นหากแบคทีเรียที่ให้ในช่วงนี้สามารถเข้าครอบครองรากพืชได้แล้ว การเจริญเติบโตของพืชก็จะส่งผลให้มีมวลของรากพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งก็จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการครอบครองของแบคทีเรียด้วย แบคทีเรียที่ได้เข้าครอบครองรากพืชไว้แล้วจึงอาจมีการเพิ่มจำนวนไปพร้อมๆ กับมวลรากที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณที่ไม่ลดลงมากนัก และหากลองเปรียบเทียบกับอีกกลุ่มทดลองหนึ่ง คือกลุ่มทดลองที่ได้รับแบคที่เรียตั้งแต่ตอนเพาะกล้าพบว่ามีปริมาณ *Pseudomonas* ECO008 ดังนี้ ในผักสลัดบัตเตอร์เฮดตรวจพบได้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ 3.6, 3.8 และ 2.1 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 22 A-C) ในสลัดกรีนโอ๊กพบได้ในปริมาณ 3.3, 3.5 และ 2.3 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 24 A-C) และในสลัดคอสตรวจพบได้ในปริมาณ 3.4, 3.7 และ 2.4 log cfu/g เมื่อทำการตรวจนับที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของอายุพืช (ภาพที่ 26 A-C) กลุ่มทดลองนี้แม้จะได้รับแบคทีเรียตั้งแต่ต้น แต่มีปริมาณลดลงค่อนข้างมากเมื่อระยะเวลาผ่านไป จนเหลือระดับค่าเฉลี่ยประมาณ 3.1 log cfu/g จึงน่าเป็นเหตุผลหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้พืชทดสอบที่ปลูกในกลุ่มทดลองนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีไม่เท่ากับสองกลุ่มทดลองแรก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการคงรักษาระดับปริมาณที่ครอบครองรากพืชของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช สำหรับในเรื่องของระดับปริมาณแบคทีเรียที่ยังคงมีประสิทธิภาพในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชนั้น จากผลการทดลองในครั้งนี้ทั้งใน lab scale hydroponic และ ในระบบ NFT ชี้ให้เห็นว่าควรจะอยู่ในระดับค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 4.5 log cfu/ml (ดูเพิ่มเติม page 64 และ 67 ของรายงานนี้) ในเรื่องของการนำไปใช้แม้ว่าการให้แบคทีเรียเป็นจำนวน 4 ครั้งนั้นจะทำให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด แต่ก็ค่อนข้างจะเสียเวลาและสิ้นเปลือง เนื่องจากผลที่ได้ไม่แตกต่างกับการให้ในระยะอนุบาล ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้คือ การให้แบคทีเรีย *Pseudomonas* ECO008 ในอัตรา 10^6 cfu/ml ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะอนุบาล เมื่อพืชมีอายุได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มสมรรถนะการผลิตของผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

พรหมมาศ คูหากาญจน์ และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548 ก. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี ในการควบคุมโรครากเน่าของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อ Pythium ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) : 1191-1194.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548 ข. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี และจุลินทรีย์บริเวณเขตรากพืชที่แยกได้จากสลัดที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ Pythium myriotylum. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) : 1195-1198.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2550. การคัดแยกแบคทีเรียเขตรากพืชจากระบบปลูกพืชโดยไม่ใชดิน ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อ *Pythium* spp. สาเหตุโรครากเน่า. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,

พรหมมาศ คูหากาญจน์ นงลักษณ์ เภรินทวงค์ จักรพงษ์ หรั่งเจริญ และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2552. การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีศักยภาพจากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อ Pythium. หน้า 445-455 ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 24-26 พฤศจิกายน 2552 โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ จังหวัดอุบลราชธานี.

Berkelmann, B., Wohanka, W. and Wolf, G.A. 1992. Characterization of the bacterial flora in circulating nutrient solution of a hydroponic system with rockwool. Acta Horticulturae 361: 372-381.

Duijff, B.J., Meijer, J.W., Bakker, P.A.H.M. and Schipper, B. 1993. Siderophore-mediation for iron and induced resistance in suppression of Fusarium wilt of carnation by fluorescent Pseudomonas spp. Netherlands Journal of Plant Pathology 99: 277-289.

Gravel, V., Martinez, C., Antoun, H. and Tweddell, R.J. 2006. Control of greenhouse tomato root rot (Pythium ultimum) in hydroponics systems, using plant-growth-promoting microorganisms. Canadian Journal of Plant Pathology 28: 475-483.

Grosch, R., Kofoet, A. and Junge, H. 2001. Biological control of root pathogen in soilless culture using bacteria. Acta Horticulturae 548: 393-400.

Ikeda, H., Koohakan, P. and Jaenaksorn, T. 2002. Problems and countermeasure in the re-use of the nutrient solution in soilless production. Acta Horticulturae 578: 213-219.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jensen, M.H. and Collin, W.L. 1985. Hydroponic vegetable production. Horticultural Reviews. 7: 483-558.

Koohakan, P., Ikeda, H., Kusakari, S., Masuda, T., Mano, K. and Masuda, R. 2002. Effect of TiO2 photocatalytic sterilizing system on the suppression of tomato root rot disease in the nutrient solution. Horticultural Research (Japan) 2 (3): 215-219.

Paulitz, T.C., Zhou, T. and Rankin, L. 1992. Selection of rhizobacteria for biological control of Pythium aphanidermatum on hydroponically grown tomato. Biological Control 2(3): 226-237.

Paulitz, T.C. 1997. Biological control of root pathogens in soilless and hydroponic system. HortScience 32: 193-196.

Paulitz, T.C. and Belanger, R.R. 2001. Biological control in greenhouse system. Annual Review Phytopathology 39: 103-133.

Postma, J. 2004. Suppressiveness of root pathogens in closed cultivation systems. Acta Horticulturae 644: 503-510.

Postma, J., Willemsen-de Klein, M.J.E.I.M. and van Elsas, J.D. 2000. Effect of indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by Pythium aphanidermatum in cucumber grown on rockwool. Phytopathology 90: 125-133.

Rankin, L. and Paulitz, T.C. 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for biological of Pythium root rot of greenhouse cucumber in hydroponic culture. Plant Disease 78: 447-451.

Runia, W.T. 1995. A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. Acta Horticulturae 382: 221-229.

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

Sutton, J.C., Sopher, C.R., Owen-Going, T.N., Liu W.Z., Grodzinski, B., Hall, J.C. and Benchimol, R.L. 2006. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. Phytopathologica 32(4): 307-321.

van Peer, R., van Kuik, A.J., Rattink, H. and Schippers, B. 1990. Control of Fusarium wilt in carnation grown in rockwool by Pseudomonas sp. strain WCS417r and by Fe-EDDHA. Netherlands Journal of Plant Pathology 96: 119-132.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wohaka, W. 2002. Nutrient solution disinfection. In: Savvas D. and Passam H. editors. Hydroponics Production of Vegetables and Ornamental. Embryo Publication, Athens Greece.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้