

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การตรวจสอบแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเข้าครอบครองภายใน  
ในผักสลัด ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

Detection of selected rhizobacteria for endophytic in lettuce grown in solution culture



รพ.  
ร/บว 1 ก  
2550



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....102910  
วัน,เดือน,ปี..... 20 ส.ค. 2552

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

b. 12045214  
i.....

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช  
ปริญญา  
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การตรวจสอบแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเข้าครอบครองภายใน  
ในผักสลัด ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

Detection of selected rhizobacteria for endophytic in lettuce grown in solution culture

โดย

นายปิยะชาติ แสงศาสตร์

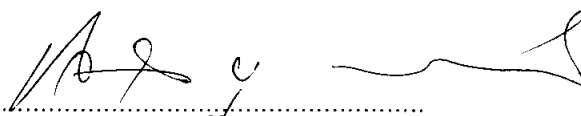
ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรหมมาศ คุณากาญจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ชวลา บุรณศิริ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่ 27 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การตรวจสอบแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเข้าครอบครองภายในผักสลัด ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

โดย : นายปิยะชาติ แสงศาสตร์

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรหมมาศ คุณากาญจน์)

๒๗ / สิงหาคม ๒๕๖๑

การศึกษามูลของการใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 ที่มีศักยภาพในการส่งเสริม การเจริญเติบโตของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและมีการเป่าอากาศ (solution culture) โดยการนำแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 มาทำการคลุกเมล็ดผักสลัด 4 ชนิด ได้แก่ ฟิลเลย์ กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮท และเรดโอ๊ค จากนั้นนำไปปลูกลงในระบบปลูก พบว่าในการใช้เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R 10/3 นี้มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดได้ โดยเฉพาะ กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮท และเรดโอ๊ค จะมีการตอบสนองทางด้านเจริญเติบโตได้ดีมากกว่าในผักสลัดชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับผักสลัดที่ไม่ได้หีดด้วยแบคทีเรีย และเมื่อนำผักสลัดดังกล่าวมาทำการตรวจสอบจำนวนของแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 ที่ได้ทำการติดเครื่องหมายพบว่าสายพันธุ์ดังกล่าว สามารถตรวจพบได้ในส่วนของ รากและใบ แสดงให้เห็นว่า R10/3 มีความสามารถในการเป็นเอนโดไฟท์กับผักสลัดได้

## Abstract

Title : Detection of selected rhizobacteria for endophytic in lettuce grown in solution culture

By : Mr. Piyachat Sangsart

Degree : Bachelor of Science in Agricultural

Major field : Plant Pest Management Technology

Advisor :  .....

(Asst. Prof. Dr. Prommart Koohakan)

๒๗ / ๓ / ๒๐๐๘

This experiment was conducted to study the ability of rhizobacteria R10/3 for endophytic colonization and growth promotion on lettuce grown in solution culture. The bacterium was applied by seed treatment to 4 lettuce varieties, namely frillice, greenoak, redoak and butterhead. The results showed that R10/3 affected to the growth of lettuce especially greenoak butterhead and redoak. Plant fresh weight of those treatment was higher than untreated control. In addition, R 10/3 was detected from root and shoot of tested plant, indicated the ability of that isolate to colonized inside the plant.

## คำนิยม

ปัญหาพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณหลายท่านที่เสียสละให้คำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวในการปฏิบัติงานซึ่งผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. พรหมมาศ คุณากาญจน์ สำหรับความกรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำการดำเนินงานต่างๆ และให้การสนับสนุนวัสดุในการวิจัยในบางส่วน ตลอดจนการตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์เรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งคณาจารย์และนายจักรพงษ์ หรั่งเจริญ ที่ช่วยแนะนำเทคนิคต่างๆ ทั้งความกรุณาด้านอุปกรณ์ในการทดลองเป็นอย่างดี

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมารดา เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดีจนทำให้ปัญหาพิเศษประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

ปิยะชาติ แสงศาสตร์

มีนาคม 2550

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญตารางภาคผนวก	vi
สารบัญภาพ	xi
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลการทดลอง	21
วิจารณ์การทดลอง	34
สรุปผลการทดลอง	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ตัวอย่างของพืชที่สามารถปลูกโดยการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	5
ตารางที่ 2	พื้นที่การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในเมื่อปี พ.ศ. 2535	5
ตารางที่ 3	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	8
ตารางที่ 4	กลุ่มธาตุอาหาร ที่พืชมีความต้องการนำไปใช้ในปริมาณสูง	9
ตารางที่ 5	กลุ่มธาตุอาหาร ที่พืชมีความต้องการนำไปใช้ในปริมาณเล็กน้อย	10
ตารางที่ 6	รูปของธาตุที่จำเป็นในการดูดเข้าสู่รากของต้นพืช และมีหน้าที่ในพืช	11
ตารางที่ 7	การตอบสนองของพืชในใบที่ได้รับธาตุอาหารหรือมากเกินไป	12
ตารางที่ 8	ตัวอย่างบริเวณที่อยู่ของแบคทีเรียภายในรากพืช	14
ตารางที่ 9	ค่าการเจริญเติบโตของสลัดฟิลเลย์ที่ปลูกในระบบการปลูกแบบ สารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ	24
ตารางที่ 10	ค่าการเจริญเติบโตของสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในระบบการปลูกแบบ สารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ	26
ตารางที่ 11	ค่าการเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในระบบการปลูกแบบ สารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ ฤดูปลูกที่ 1	28
ตารางที่ 12	ค่าการเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในระบบการปลูกแบบ สารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ ฤดูปลูกที่ 2	30
ตารางที่ 13	ค่าการเจริญเติบโตของสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบการปลูกแบบ สารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ ฤดูปลูกที่ 1	31
ตารางที่ 14	ค่าการเจริญเติบโตของสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบการปลูกแบบ สารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ ฤดูปลูกที่ 2	32
ตารางที่ 15	ผลการตรวจสอบ endophytic ของแบคทีเรียโดยวิธี plate count	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตารางภาคผนวก

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 1	แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของฟิลเลย์	41
ตารางภาคผนวกที่ 2	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 1	41
ตารางภาคผนวกที่ 3	แสดงค่าน้ำหนักสดรากของฟิลเลย์	41
ตารางภาคผนวกที่ 4	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 3	41
ตารางภาคผนวกที่ 5	แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของฟิลเลย์	42
ตารางภาคผนวกที่ 6	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 5	42
ตารางภาคผนวกที่ 7	แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของฟิลเลย์	42
ตารางภาคผนวกที่ 8	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 7	42
ตารางภาคผนวกที่ 9	แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของกรีนไค้ค	43
ตารางภาคผนวกที่ 10	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 9	43
ตารางภาคผนวกที่ 11	แสดงค่าความยาวรากของกรีนไค้ค	43
ตารางภาคผนวกที่ 12	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 11	43
ตารางภาคผนวกที่ 13	แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของกรีนไค้ค	44
ตารางภาคผนวกที่ 14	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 13	44
ตารางภาคผนวกที่ 15	แสดงค่าน้ำหนักสดรากของกรีนไค้ค	44
ตารางภาคผนวกที่ 16	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 15	44
ตารางภาคผนวกที่ 17	แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของกรีนไค้ค	45
ตารางภาคผนวกที่ 18	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 17	45
ตารางภาคผนวกที่ 19	แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของกรีนไค้ค	45
ตารางภาคผนวกที่ 20	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 19	45
ตารางภาคผนวกที่ 21	แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของบัดเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1	46
ตารางภาคผนวกที่ 22	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 21	46
ตารางภาคผนวกที่ 23	แสดงค่าความยาวรากของบัดเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1	46
ตารางภาคผนวกที่ 24	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 23	46
ตารางภาคผนวกที่ 25	แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของบัดเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1	47
ตารางภาคผนวกที่ 26	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 25	47
ตารางภาคผนวกที่ 27	แสดงค่าน้ำหนักสดรากของบัดเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

	หน้า	
ตารางภาคผนวกที่ 28	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 27	47
ตารางภาคผนวกที่ 29	แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1	48
ตารางภาคผนวกที่ 30	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 29	48
ตารางภาคผนวกที่ 31	แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1	48
ตารางภาคผนวกที่ 32	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 31	48
ตารางภาคผนวกที่ 33	แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 2	49
ตารางภาคผนวกที่ 34	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 33	49
ตารางภาคผนวกที่ 35	แสดงค่าความยาวรากของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 2	49
ตารางภาคผนวกที่ 36	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 35	49
ตารางภาคผนวกที่ 37	แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 2	50
ตารางภาคผนวกที่ 38	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 37	50
ตารางภาคผนวกที่ 39	แสดงค่าน้ำหนักสดรากของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 2	50
ตารางภาคผนวกที่ 40	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 39	50
ตารางภาคผนวกที่ 41	แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 2	51
ตารางภาคผนวกที่ 42	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 41	51
ตารางภาคผนวกที่ 43	แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 2	51
ตารางภาคผนวกที่ 44	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 43	51
ตารางภาคผนวกที่ 45	แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1	52
ตารางภาคผนวกที่ 46	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 45	52
ตารางภาคผนวกที่ 47	แสดงค่าความยาวรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1	52
ตารางภาคผนวกที่ 48	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 47	52
ตารางภาคผนวกที่ 49	แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1	53
ตารางภาคผนวกที่ 50	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 49	53
ตารางภาคผนวกที่ 51	แสดงค่าน้ำหนักสดรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1	53
ตารางภาคผนวกที่ 52	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 51	53
ตารางภาคผนวกที่ 53	แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1	54
ตารางภาคผนวกที่ 54	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 53	54

## สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

	หน้า	
ตารางภาคผนวกที่ 55	แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1	54
ตารางภาคผนวกที่ 56	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 55	54
ตารางภาคผนวกที่ 57	แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2	55
ตารางภาคผนวกที่ 58	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 57	55
ตารางภาคผนวกที่ 59	แสดงค่าความยาวรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2	55
ตารางภาคผนวกที่ 60	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 59	55
ตารางภาคผนวกที่ 61	แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2	56
ตารางภาคผนวกที่ 62	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 61	56
ตารางภาคผนวกที่ 63	แสดงค่าน้ำหนักสดรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2	56
ตารางภาคผนวกที่ 64	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 63	56
ตารางภาคผนวกที่ 65	แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2	57
ตารางภาคผนวกที่ 66	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 65	57
ตารางภาคผนวกที่ 67	แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2	57
ตารางภาคผนวกที่ 68	การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 67	57
ตารางภาคผนวกที่ 69	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นฟิลเลย์ ระยะ 14 วัน	58
ตารางภาคผนวกที่ 70	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากฟิลเลย์ ระยะ 14 วัน	58
ตารางภาคผนวกที่ 71	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นฟิลเลย์ ระยะ 45 วัน	58
ตารางภาคผนวกที่ 72	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากฟิลเลย์ ระยะ 45 วัน	58
ตารางภาคผนวกที่ 73	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นกรีนโอ๊ค ระยะ 14 วัน	59
ตารางภาคผนวกที่ 74	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากกรีนโอ๊ค ระยะ 14 วัน	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 75	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นกรีนโอ๊ค ระยะ 45 วัน	59
ตารางภาคผนวกที่ 76	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากกรีนโอ๊ค ระยะ 45 วัน	59
ตารางภาคผนวกที่ 77	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด ระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	60
ตารางภาคผนวกที่ 78	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัตเตอร์เฮด ในระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	60
ตารางภาคผนวกที่ 79	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	60
ตารางภาคผนวกที่ 80	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัตเตอร์เฮด ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	61
ตารางภาคผนวกที่ 81	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด ในระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	61
ตารางภาคผนวกที่ 82	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัตเตอร์เฮด ในระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	61
ตารางภาคผนวกที่ 83	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	62
ตารางภาคผนวกที่ 84	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัตเตอร์เฮด ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	62
ตารางภาคผนวกที่ 85	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดโอ๊คใน ระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	62
ตารางภาคผนวกที่ 86	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากเรดโอ๊คใน ระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	63
ตารางภาคผนวกที่ 87	แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดโอ๊คใน ระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	63

## สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

	หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 88 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากเรดไฮคใน ระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 1	63
ตารางภาคผนวกที่ 89 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดไฮคใน ระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	64
ตารางภาคผนวกที่ 90 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากเรดไฮคใน ระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	64
ตารางภาคผนวกที่ 91 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดไฮคใน ระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	64
ตารางภาคผนวกที่ 92 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดไฮคใน ระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2	65



## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียปฏิบั๊กษ์ไฮโซเลท R10/3 บนอาหาร NA	21
ภาพที่ 2	ลักษณะของแบคทีเรียปฏิบั๊กษ์ไฮโซเลท R10/3 กำลังขยาย 1000 เท่า	22
ภาพที่ 3	ปริมาณเชื้อต่อมิลลิลิตรของแบคทีเรียปฏิบั๊กษ์ที่ความขุ่นต่างๆ	23
ภาพที่ 4	การเจริญเติบโตของสลัดฟิลเลย์ ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3	25
ภาพที่ 5	การเจริญเติบโตของสลัดกรีนไฮค์ ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3	27
ภาพที่ 6	การเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮด ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ตุ๊กปลูกที่ 1	29
ภาพที่ 7	การเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮด ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ตุ๊กปลูกที่ 2	30
ภาพที่ 8	การเจริญเติบโตของสลัดเรดไฮค์ ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ตุ๊กปลูกที่ 1	31
ภาพที่ 9	การเจริญเติบโตของสลัดเรดไฮค์ ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ตุ๊กปลูกที่ 2	32

## คำนำ

ปัจจุบันมีการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมากขึ้น ทั้งในแง่ของการปรับปรุงดิน การใช้การควบคุมศัตรูพืช รวมไปถึงการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชปลูกตัวอย่างเช่น การนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (microbial antagonist) ที่อาจพบได้ตามบริเวณผิวพืชบริเวณรากและดินรอบรากของพืช ที่มีความสามารถในการแข่งขัน (competition) ด้านแหล่งแร่ธาตุอาหาร และแหล่งที่อยู่อาศัย การเป็นปรสิต (parasite) รวมถึงการผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotics) ออกมาช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช จัดเป็นกลไกที่สำคัญของการควบคุมโดยชีววิธี นอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์หรือเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยตามบริเวณรากและดินรอบรากพืชบางชนิด ซึ่งมีความสามารถในการอยู่อาศัยร่วมกับรากพืชและไม่เป็นโทษกับพืช (mutualism หรือ symbiosis) หากนำมาเพิ่มปริมาณและใส่ลงไปในระบบการปลูกพืช อาจมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการการใช้ธาตุอาหารของพืช ตลอดจนกระตุ้นให้พืชผลิตสารต่าง ๆ ออกมายับยั้งการเจริญของเชื้อโรค หรือการผลิตสารบางชนิดที่กระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรงเต็มพิกัดของพันธุกรรม จัดเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ และลดปัญหาในการใช้สารเคมี ซึ่งเรียกเชื้อแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติดังกล่าวว่า plant-growth promoting rhizobacteria (PGPR)

ดังนั้นจึงได้มีการนำความสามารถของเชื้อแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติดังกล่าว มาศึกษาศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ในผักสลัดที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศ (solution culture) โดยใช้แบคทีเรีย สายพันธุ์ R10/3 และทดสอบความสามารถในการเป็น เอนโดไฟท์ในผักสลัดของเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าว

## การตรวจเอกสาร

### ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548) ได้รายงานถึงรายละเอียดการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินไว้ว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีชื่อเรียกในภาษาไทยหลายชื่อ เช่น การปลูกพืชไร้ดิน การปลูกพืชในน้ำ ที่มีธาตุอาหารพืช การปลูกพืชในสารอาหารพืช การปลูกพืชในวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดินที่มีธาตุอาหารพืช การปลูกพืชโดยให้รากพืชสัมผัสสารอาหารโดยตรงที่ไม่มีดินเป็นเครื่องปลูก ดังนั้นสามารถแบ่งระบบออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ตามระบบและวิธีการปลูกซึ่งความหมายของคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษ 2 คำ คือคำว่า soilless culture และคำว่า hydroponics

1. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่มาจากคำว่า soilless culture เป็นวิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุในการปลูก แต่เป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ซึ่งวัสดุปลูกแทนดินนี้มีหลายชนิดคือ วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร วัสดุปลูกที่เป็นอนินทรีย์สาร และวัสดุปลูกสังเคราะห์ โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารพืช (หรือสารอาหาร) ที่มีน้ำผสมกับปุ๋ยที่มีธาตุต่างๆ ที่พืชต้องการ (nutrient solution) จากทางรากพืช

วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร คือ วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทราย กรวด หิน กะลัด หินภูเขาไฟ หินซีลท์ วัสดุที่ผ่านขบวนการโดยใช้ความร้อน เช่น ดินเผา เม็ดดินเผา โยหิน หรือร็อควูล เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลไลท์ วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษอิฐจากการทำอิฐมอญ เศษดินเผาจากโรงงานเครื่องปั้นดินเผา

วัสดุปลูกที่เป็นอนินทรีย์สาร ได้แก่ วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฟางข้าวขุยและเส้น โยมะพร้าว แกลบและขี้เถ้า เปลือกถั่ว พืช วัสดุที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อย กากตะกอนจากโรงงานน้ำตาล วัสดุเหลือใช้จากโรงงานกระดาษ

วัสดุสังเคราะห์ เช่น เมล็ดโฟม แผ่นฟองน้ำ และ สารดูดความชื้น เส้นใยพลาสติกแม้ว่าเราเรียกวัสดุที่ใช้ปลูกพืชนี้ด้วยคำรวมๆ ว่า ซับสเตรท (substrate) แต่ถ้ามีการใช้วัสดุปลูกพืชเป็นวัสดุใดวัสดุหนึ่งแบบเจาะจงก็จะเรียกชื่อตามวัสดุที่ใช้ปลูก เช่น การปลูกโดยการให้ทรายเป็นวัสดุปลูก หรือ sand culture การปลูกโดยการให้หินกรวดเป็นวัสดุปลูก หรือ gravel culture การปลูกโดยการให้ร็อควูลเป็นวัสดุปลูก หรือ rockwool culture การปลูกโดยการให้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุปลูก หรือ sawdust culture

การปลูกพืชแบบ soilless culture นี้จะต้องเลือกวัสดุปลูกให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชให้ดี

2. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่มาจากคำว่า hydroponics เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (nonsubstrate หรือ water culture) คือ จะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง (water culture) เนื่องจาก คำว่า hydroponics มาจากการรวมคำในภาษากรีกสองคำ คือ คำว่า "hydro" หมายถึง "น้ำ" และ "ponos" หมายถึง "งาน" ซึ่งเมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกัน ความหมายก็คือ "water-working" หรือหมายถึง "การทำงานของน้ำ" ที่มีสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืช ผู้ที่จะทำการปลูกตามลักษณะ "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" จากคำว่า "hydroponics" หรือ "ไฮโดรโปนิคส์" นี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชให้ดี การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบที่เรียกว่า Hydroponics จะเป็นการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ไม่ใช้ดินจริงๆ ตามที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นคิด และพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ แต่พืชก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในวัสดุปลูกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ดิน เช่น ทวาย กรวด หิน เกล็ดด้วยการให้น้ำที่ผสมธาตุอาหารที่ค้นคิดขึ้นมาจึงเรียกการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนี้เป็นคำรวมว่า soilless culture อ่านว่า ซอยเลส คัลเจอร์

### จำแนกระบบตามวิธีการปลูก

1. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินลอยอยู่ในอากาศ (aeroponics)
2. การปลูกพืชในวัสดุปลูก (substrate culture)
  - 2.1 วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร
    - 1) วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทวาย ก้อนกรวด หินภูเขาไฟ หินซีสท์
    - 2) วัสดุที่ผ่านกระบวนการโดยใช้ความร้อน เช่น ดินเผา โยหิน (rock wool) เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลท์
    - 3) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษอิฐจากการทำอิฐมอดูย เศษดินเผาจากโรงงานเครื่องปั้นดินเผา
  - 2.2 วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร
    - 1) วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฟางข้าว ชี้เสื่อย ขุยมะพร้าว แกลบและชี้เก่า เปลือกถั่ว พืช
    - 2) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ขานอ้อยและกากตะกอนจากโรงงานน้ำตาล
  - 2.3 วัสดุสังเคราะห์ เช่น เม็ดโฟม แผ่นฟองน้ำ เส้นใยพลาสติก
3. การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช (water culture or hydroponics)
  - 3.1 การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (nutrient film technique, NFT)
  - 3.2 การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชแบบแผ่นหนาบรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (nutrient flow technique, NFLT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชในถาดปลูกในระดับลึก (deep flow technique ,DFT)

3.4 การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากพืชในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (dynamic root floating technique, DRFT)

#### จำแนกระบบตามวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารพืช (ดิเรก, 2546)

1. การให้สารละลายธาตุอาหารพืชท่วมภาชนะปลูกและรากพืชอยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วค่อยๆระบายออก (flood and drain)

2. การให้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบน้ำหยด

3. การให้สารละลายธาตุอาหารพืชโดยการดูดซึม

4. การให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช

4.1 การให้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบหมุนเวียน

4.2 การให้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบไม่หมุนเวียน

1) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นบางๆบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (NFT)

2) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชแบบแผ่นหนานบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (NFLT)

3) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชในถาดปลูกในระดับลึก (DFT)

4) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (DFRT)

#### จำแนกระบบตามการใช้สารละลายธาตุอาหารพืช (ดิเรก, 2546)

1. ระบบที่นำเอาสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ (closed system or recirculating system)

2. ระบบที่ไม่นำเอาสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ (open system or nonrecirculating system)

ประโยชน์ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินกับสภาพความเป็นอยู่ การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินเป็นวิทยาการทางวิทยาศาสตร์และศิลปะผสมกันที่สามารถใช้ปลูกพืชได้ในทุกสถานที่โดยไม่มีขอบเขตจำกัด ไม่ว่าจะเป็นการปลูกจำนวนน้อยเพื่อบริโภคในครัวเรือนหรือการผลิตเชิงธุรกิจ เป็นวิธีที่เหมาะสมกับความต้องการสำหรับผู้ปลูกที่มีพื้นที่ปลูกน้อย เช่น แพลต อพาร์ทเมนต์ จึงสามารถปลูกได้ในเมืองหลวงของเมืองที่แออัดคับแคบด้วยผู้คน เช่น ประเทศ ญี่ปุ่น ไต้หวัน เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ เบลเยียม การปลูกแบบขนาดเล็กๆ เพื่อปลูกไว้ดูเล่นแบบ สันทนาการ และมีอาหารจากการปลูกเพื่อบริโภคในครอบครัวจะไม่มี ความยุ่งยากในการปลูก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์หรือเห็นว่าการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูแลรักษาเปรียบเหมือนกับการทำสวนตามปกติที่ให้ความเพลิดเพลิน การเรียนรู้เบื้องต้นในการปลูกพืช แต่ถ้าเป็นการปลูกแบบเชิงการค้าจะต้องมีการใช้เทคนิค หลักการต่างๆ ในการควบคุมการผลิตมากยิ่งขึ้น

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินกับการผลิตเชิงธุรกิจ วิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถปลูกพืชได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการปลูกพืชแต่ละชนิด ตั้งแต่ผัก ผลไม้ ไม้ดอกไม้ประดับ พืชไม้เลื้อย จนถึงพืชยืนต้น แต่การผลิตเชิงธุรกิจส่วนมากนิยมปลูกพวกพืชผัก ไม้ผลที่เป็นพืชที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของพืชที่สามารถปลูกโดยการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

พืชผัก	ไม้ผล / ผักรับประทานผล	ไม้ดอก	พืชสมุนไพร	พืชอาหารสัตว์
มะเขือเทศ	ส้ม สตรอเบอร์รี่	กุหลาบ	ว่านหางจระเข้	หญ้า
ผักกาดขาว	กล้วย แดงกวา	คาร์เนชั่น	พืชสวนครัว ต่างๆ	บาร์เลย์
คื่นช่าย	แตงแคนตาลูป	เบญจมาศ		ข้าวโพดเลี้ยง
ผักชี	ถั่วฝักยาว พริก มะเขือ			สัตว์

ที่มา : ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548)

ตารางที่ 2 พื้นที่การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในเมื่อปี พ.ศ. 2535

ประเทศ	พื้นที่ปลูก (ไร่)
เนเธอร์แลนด์	22,500
อิสราเอล	4,062
ฝรั่งเศส	3,750
สเปน	3,125
สหราชอาณาจักร (อังกฤษ เวลส์ และ สกอตแลนด์)	3,125
เบลเยียม	2,500
ญี่ปุ่น	2,500
อิตาลี	2,500
เยอรมันนี	1,562

ออสเตรเลีย

1,250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2(ต่อ) พื้นที่การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในเมื่อปี พ.ศ. 2535

ประเทศ	พื้นที่ปลูก (ไร่)
แคนาดา	1,250
รัสเซีย (สหภาพโซเวียตรัสเซีย แต่ยกเว้น อามิเนีย)	937
นิวซีแลนด์	625
สวีเดน	625
อิตาลี	312
สหรัฐอเมริกา	312
โปรตุเกส	250
ไต้หวัน	218
บุรุนดี	187
ไอร์แลนด์	156
อาร์มีเนีย	125
สวิสเซอร์แลนด์	125
ฟินแลนด์	93
โปแลนด์	93
จีน	62
อินโดนีเซีย	31
สิงคโปร์	31
ฮ่องกง	31
รวม	52,337

ที่มา : ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548)

ความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชบนดินตามธรรมชาติกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยปกติแล้วพืชจะเจริญเติบโตได้ดีนั้น ต้องมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมคือ สภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมเช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ ธาตุอาหารพืชที่มาจากดิน น้ำ และอากาศ (ออกซิเจน ไฮโดรเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์) ทั้งที่รากส่วนเหนือดิน ซึ่งการที่พืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ได้นั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปลูกพืชบนดินโดยทั่วไปแม้ดินจะมีธาตุอาหาร และอากาศอันเป็นปัจจัยที่พืชต้องการนั้นมักมีข้อเสียคือ ดินจะไม่มีควมอุดมสมบูรณ์ตามที่พืชต้องการ กล่าวคือ ดินจะมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ เช่น โครงสร้างของดิน ปริมาณธาตุอาหาร หรือความอุดมสมบูรณ์ค่า pH ไม่เหมาะสม ยุ่งยากต่อการปรับปรุง และเสียค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน ส่วนการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นพืชจะได้รับสารละลายที่มีธาตุอาหาร เรียกว่า สารละลายธาตุอาหารพืชที่ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะมีการปรับค่า EC และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อพืชอยู่ตลอดเวลา

การปลูกพืชบนดินตามธรรมชาติจะเห็นได้ว่า “สารอาหารในดิน (soilless solution)” เป็นอาหารพืชที่อยู่ในน้ำในดินนั้นมาจากวัตถุที่เป็นสิ่งที่ไม่ย่อยสลาย (decomposed) ที่มาจากวัสดุที่เป็นทั้งอนินทรีย์สาร (inorganic) และ วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร (organic) ในขณะที่การปลูกพืชที่ไม่ใช้ดินนั้น พืชจะได้รับ “สารละลายธาตุอาหาร” (nutrient solution) มาจากการละลายของปุ๋ยเคมีในน้ำเรียกว่า “สารละลายธาตุอาหารพืช” ทั้ง สารอาหารในดิน (soilless solution) ของการปลูกพืชบนดินที่ได้จากการเน่าเปื่อยผุพังตามธรรมชาติ และ สารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution) จากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะสัมพันธ์กับรากพืชซึ่งพืชจะดูดเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตด้วยกระบวนการต่างๆ ต่อไป

### ตารางที่ 3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถทำการเพาะปลูกพืชได้ในบริเวณพื้นที่ที่ดินไม่ดีหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก	1. การลงทุนเริ่มต้นสูงกว่าการปลูกบนดิน
2. ให้ผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกสูงกว่า และสามารถทำการผลิตได้สม่ำเสมอ และต่อเนื่อง	2. ผู้ปลูกต้องมีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคการปลูกพืชแบบไร้ดินเป็นอย่างดี และมีประสบการณ์มากพอในการควบคุมดูแล
3. อัตราการใช้แรงงานเวลาในการปลูก และค่าใช้จ่ายต่ำกว่า	3. ต้องการการควบคุมดูแลอย่างสม่ำเสมอ
4. ใช้น้ำ และธาตุอาหารได้อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้น้ำลดลงถึง 10 เท่าตัวของการปลูกแบบธรรมดา	4. เป็นสิ่งใหม่สำหรับเกษตรกรที่ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ
5. ประหยัดเวลา และแรงงานในการเตรียมดิน และกำจัดวัชพืช	
6. ลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการใช้สารป้องกันและกำจัดแมลงได้ 100%	
7. สามารถปลูกได้ในเมืองเพราะใช้พื้นที่น้อยทำให้ประหยัดค่าขนส่ง	
8. ผลผลิตมีคุณภาพ และไม่มีสารพิษตกค้าง และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืชที่เกิดจากดิน	
9. ผลผลิต คุณภาพ และราคา ดีกว่าการปลูกบนดินมาก เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างถูกต้องแน่นอนและรวดเร็ว	
10. ลดผลกระทบต่อสสิ่งแวดลอมด้านต่างๆ เช่น สารเคมีตกค้างในดิน การบุกรุกทำลายป่า เป็นต้น	
11. คนพิการก็สามารถทำการปลูกได้ เป็นการส่งเสริมอาชีพให้กับผู้ด้อยโอกาส	
12. เป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรรุ่นใหม่	

ที่มา : ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารและสารละลายธาตุอาหาร ในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโต คือ ธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการให้ต้นพืชเจริญเติบโต ในกระบวนการสร้างสารอาหาร โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง วัตถุดิบที่ใช้คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เมื่อได้รับแสงบนคลอโรฟิลล์ จะได้สารคาร์โบไฮเดรต และออกซิเจน จะเห็นได้ว่าธาตุอาหารที่พืชใช้ในกระบวนการดังกล่าว คือ คาร์บอน (C) จากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ออกซิเจน จากน้ำ (H<sub>2</sub>O) และในส่วนของคลอโรฟิลล์ในพืชมีธาตุอื่นๆ เป็นองค์ประกอบ เช่น ธาตุไนโตรเจน (N) และแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งเราสามารถจำแนกธาตุอาหารตามปริมาณความต้องการในปริมาณที่ต่างกันในการใช้ของพืช ซึ่งหากใช้ไม่เหมาะสมก็จะทำให้พืชเติบโตไม่ปกติ นอกจากนี้ การให้ธาตุอาหารให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม ถ้าให้อย่างใดอย่างหนึ่งมากเกินไปหรือน้อยพืชก็ไม่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

#### ตารางที่ 4 กลุ่มธาตุอาหาร ที่พืชมีความต้องการนำไปใช้ในปริมาณสูง

##### กลุ่มธาตุที่พืชต้องการสูง (macro – elements)

คาร์บอน (C)	- เป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของพืช ซึ่งมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสงที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งในบรรยากาศมีเพียงพอในธรรมชาติ
ออกซิเจน (O)	- พืชมีความจำเป็นในการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อนำออกซิโดรสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ย่อยให้เป็นน้ำตาลขนาดเล็ก และได้เป็นพลังงานเพื่อให้พืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของต้นพืช
ไฮโดรเจน (H)	- ไฮโดรเจนมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งพืชสามารถได้จากน้ำเป็นส่วนใหญ่ หรืออาจได้จากในบรรยากาศ เช่น กล้วยไม้
ไนโตรเจน (N)	- ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์โดยอยู่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของพืช เช่น คลอโรฟิลล์ กรดอะมิโน และองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตของพืชหากขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ต้นแคระแกร็นใบอ่อนเล็กเขียว ใบล่างแก่จะมีสีเหลืองซีด แหล่งไนโตรเจนสามารถได้จากการตรึงในบรรยากาศ หรือจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้ว บทบาทของไนโตรเจน ถ้าสูงมากจะทำให้ต้นพืชมีการขยายเซลล์กว้างให้ต้นอ่อนแอต่อการทำลายของโรค และในพืชที่ให้ผลผลิตอาจจะมีปัญหาในการเจริญทางกิ่งใบ ไม่มีการสะสมอาหารเมื่อให้ผลผลิต จึงจำเป็นต้องศึกษาในระดับที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามที่นิยมปลูกโดยไม่ใช้ดินจะนิยมกินใบและเก็บเกี่ยวผลผลิตเร็ว จึงนิยมให้ธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูง

ที่มา : ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548)

## ตารางที่ 5 กลุ่มธาตุอาหาร ที่พืชมีความต้องการนำไปใช้ในปริมาณเล็กน้อย

### กลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการเล็กน้อย (micro-elements)

เหล็ก (Fe)	- มีบทบาทในการช่วยให้พืชสังเคราะห์แสง โดยเป็นตัวพาอะตอม ออกซิเจน ในการหายใจ และมีบทบาทในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และเป็นสารประกอบของ flavoprotein มีความจำเป็นในการสร้างน้ำตาลและแป้ง ถ้าหากขาดทำให้ใบเหลืองซีดทั้งใบอ่อนและใบแก่ ความสามารถในการเคลื่อนย้ายยาก
คลอรีน (Cl)	- มีบทบาทในการกระบวนการสังเคราะห์แสงช่วยเพิ่มความเป็นกรดในเซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งคลอรีนในสภาพทั่วไปจะมีความเพียงพอต่อความต้องการของพืช
โบรอน (B)	- เกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชใช้ธาตุแคลเซียมดีมากขึ้น ในการสร้างโครงสร้างผนังเซลล์ และอาจช่วยในกระบวนการเคลื่อนย้ายสารอาหารในพืช หากขาดทำให้การสร้างน้ำตาลลดลงในพืชบางชนิดมีลำต้นกลวง เช่น บลอคโคบี้
แมงกานีส (Mn)	- มีบทบาทในกิจกรรมกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วยการกระตุ้นเอนไซม์ในการสังเคราะห์กรดไขมันและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิด DNA และ RNA หากขาดทำให้ธาตุเหล็กในรูป $Fe^{2+}$ เกิดเป็นพิษกับต้นพืชและมีลักษณะใบต่างในตระกูลถั่ว ถ้ามักไปทำให้ $Fe^{3+}$ ถูกนำไปใช้ได้น้อยลงทำให้ต้นพืชขาดธาตุเหล็ก
ทองแดง (Cu)	- เป็นตัวคะตะไลสต์ และเป็นตัวอิลคตรอนในการตรึงไนโตรเจน ถ้าหากขาดทำให้พืชอ่อนแอใบเหลืองซีด หรือเป็นจุดเหลือง (chlorotic spot) ซึ่งพบในถั่วเหลือง
สังกะสี (Zn)	- เป็นธาตุที่เกี่ยวข้องในการสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตพวกออกซิน (auxin) ที่ปลายยอด และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ หากขาดทำให้ต้นพืชเตี้ยใบเล็ก
โมลิบดีนัม (Mo)	- เป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับในการเปลี่ยนการไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียมเพื่อไปสร้างกรดอะมิโนในเซลล์มีความจำเป็นในการตรึงไนโตรเจน ถ้าหากขาดทำให้พืชตระกูลถั่วมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนเป็นบรรยากาศน้อยลง

ที่มา : ศุภย์เกษตรกรรมบางไทร (2548)

นอกจากนี้อาจมีธาตุอื่นที่จำเป็นบนการเจริญเติบโตของพืช เช่น ธาตุไอโอดีน (I) ซิลิคอน (Si) และโซเดียม (Na) แต่ไม่ถือว่าเป็นที่ธาตุเป็นประโยชน์ของพืช รูปการใช้ประโยชน์ของธาตุพืชและปัญหาได้รับธาตุที่ไม่เหมาะสมในการดูดธาตุอาหารของพืชในการนำไปใช้จะต้องอยู่ในรูปของอิออน แก๊ส หรือคีเลท ดังตารางที่ 6 และปัญหาพืชได้ธาตุบางตัว หรือน้อยเกินไปจะประสบปัญหา ดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 6** รูปของธาตุที่จำเป็นในการดูดเข้าสู่รากของต้นพืช และมีหน้าที่ในพืช

ธาตุอาหารที่จำเป็น	รูปการดูดไปใช้	หน้าที่ในพืช
C, H, O, N, S	- รูปอิออนในสารละลาย ( $\text{HCO}^{3-}$ , $\text{NO}^{3-}$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{SO}_4^{2-}$ )	- เป็นองค์ประกอบหลักในการเจริญเติบโตของพืช
P, B	- รูปก๊าซในบรรยากาศ ( $\text{O}_2$ , $\text{N}_2$ , $\text{SO}_4$ ) - รูปอิออนในสารละลาย ( $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{BO}_3^{3-}$ )	- เกิดปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายพลังงาน และการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต
K, Mg, Ca, Cl	- รูปอิออนในสารละลาย ( $\text{K}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Cl}$ )	- สารประกอบจำเพาะของสารอินทรีย์การสร้างสมดุลของอิออนต่างๆ
Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	- อิออนหรือคีเลทในสารละลาย ( $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{MoO}_4^{2-}$ , $\text{Zn}^{2+}$ )	- เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนและสารกระตุ้นของเอนไซม์ต่างๆ ในพืช

ที่มา: ดัดแปลงจาก Megel and Kirby (1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 7 การตอบสนองของพืชในใบที่ได้รับธาตุอาหารหรือมากเกินไป

ธาตุอาหาร / สภาพที่เกิด	ลักษณะอาการแสดงทางใบพืช
<b>ไนโตรเจน (N)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- เปลี่ยนใบจากสีเขียวของใบแก่เป็นสีเหลือง สีน้ำตาลและใบแห้งตาย การเจริญเติบโตช้า ต้นเตี้ย มีความสมบูรณ์ต่ำลง
ได้รับมาก	- มีสีเขียวเข้ม มีการแตกใบใหม่ และใบอ่อนง่ายต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง หากเกิดสภาพแห้งแล้งต้นพืชหักล้มและจะหักล้มได้ง่ายมีการให้ผลผลิตน้อยพืชจาก ammonium ในกรณีให้ปุ๋ยในรูปแอมโมเนียมไนเตรท ( $\text{NH}_4\text{N}$ ) อาจเกิดพิษของแอมโมเนียม มีผลให้ลดการเจริญเติบโตและโรคกันเน่า
<b>ฟอสฟอรัส (P)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- มีการเจริญเติบโตช้า และเตี้ย ใบแก่จะมีลักษณะสีม่วงทางด้านใต้ใบ
ได้รับมาก	- ไม่มีผลชัดเจนแต่อาจไปกระทบต่อการขาด ธาตุ Zn Fe และ Mn
<b>โปแตสเซียม (K)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- ใบแก่จะมีจุดไหม้ ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า scorch
ได้รับมาก	- อาจมีผลยับยั้ง การใช้ Mg และทำให้ความสมดุลย์ Ca เปลี่ยนไป
<b>แมกนีเซียม (Mg)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- ใบแก่จะเหลือง ระหว่างเส้นใบ (chlorosis) การเจริญของต้นช้าลงและง่ายต่อการเข้าทำลายของโรค
มากเกินไป	- มีผลต่อความสมดุลของธาตุ Ca หรือ K
<b>กำมะถัน (S)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- ใบจะมีสีเขียวเข้ม ส่วนใบแก่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง
มากเกินไป	- ปลายยอดและขอบใบ จะมีสีน้ำตาล และทำให้พืชตายในที่สุด
<b>คลอรีน (Cl)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- ใบอ่อนจะเกิด chlorotic และมีการเหี่ยว ทำให้โรคเข้าทำลายได้ง่าย
มากเกินไป	- เกิดอาการใบเหลือง ในขณะที่ต้นยังไม่โตเต็มที่ มีการไหม้ของขอบใบและปลายยอด
<b>เหล็ก (Fe)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- มีการเกิด chlorosis ซึ่งพบในใบอ่อน
มากเกินไป	- จะมีจุดสีน้ำตาลบนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 7(ต่อ) การตอบสนองของพืชในใบที่ได้รับธาตุอาหารหรือมากเกินไป

ธาตุอาหาร / สภาพที่เกิด	ลักษณะอาการแสดงทางใบพืช
<b>แมงกานีส (Mn)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- เกิด chlorosis ของใบอ่อน ต้นมีการเจริญเติบโตช้า
ได้รับมากเกินไป	- ใบแก่จะมีจุดสีน้ำตาล
<b>โมลิบดีนัม (Mo)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- ใบอ่อนและใบกลาง จะเกิดอาการ chlorosis ขอบใบม่วงมีปัญหาในการออกดอก
มากเกินไป	- ไม่ปรากฏชัดเจน
<b>สังกะสี (Zn)</b>	
มีไม่เพียงพอ	- ด้านบนใบ จะแสดงการเกิด chlorosis ใบมีขนาดเล็กและเป็นกระจุก
ได้รับมากเกินไป	- ทำให้พืชไม่สามารถใช้ธาตุเหล็กได้

ที่มา : ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร (2548)

### แบคทีเรียที่เจริญอยู่ในพืช

โดยทั่วไปแล้ว แบคทีเรียภายในพืช (endophytic bacteria) หมายถึงสิ่งมีชีวิตบางจำพวกที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชหรือสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชทั้ง rhizosphere หรือ phyllosphere อย่างไรก็ตามคำจำกัดความที่ใช้ในปัจจุบันมักหมายถึงทุกสิ่งมีชีวิตที่ใช้ทั้งหมดหรือบางช่วงอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ที่อาจมีความสัมพันธ์กับพืชที่แตกต่างกันไปเช่น symbiotic, mutualistic, commensalistic และ trophobiotic ปัจจุบันมีสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่เป็นแบคทีเรียภายในพืชไม่ว่าจะเป็น เชื้อราหรือแบคทีเรีย (หนึ่ง, 2551; Robert et al., 2008)

หนึ่ง (2551) แบ่งแบคทีเรียภายในรากพืชเป็นหลายกลุ่มดังนี้

1. Aerobes เช่น *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Derxina*
2. Facultative anaerobes เช่น *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*
3. Heterotrophs เช่น *Klebsiella*, *Enterobacter*
4. Phototrophs เช่น *Anabaena*, *Azospirillum*, *Nostoc*

การเข้าสู่ระบบรากพืช แบคทีเรียส่วนใหญ่จะใช้ระบบการส่งสัญญาณ (signal) ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ ระบบการใช้สารอินทรีย์ที่เป็นสัญญาณในการสื่อสารระหว่างเซลล์แบคทีเรียด้วยกันเองซึ่งการสื่อสารของแบคทีเรียแกรมบวกจะส่งสัญญาณโมเลกุลเพื่อควบคุมประชากรเซลล์เปปไทด์ขนาดเล็กเรียก (peptide quorum sensing) และการสื่อสารของแบคทีเรียแกรมลบจะส่งสัญญาณโมเลกุลประเภทเอซิลไฮโมเซอรินแลคโตน (*N-acyl*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

homoserine lactone; *N-acyl* HSL) Miller and Bassler (2001) ซึ่งถูกพบครั้งแรกจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในทะเล (Nealson and Hastings, 1979) โดยแบคทีเรียจะสร้างสารต่อเมื่ออยู่ด้วยกันในความหนาแน่นของประชากรที่พอเหมาะ จากนั้นจะไปกระตุ้นการทำงาน และการแสดงออกของยีนที่สำคัญ (Fray, 2002) เมื่อเซลล์ของแบคทีเรียรวมกลุ่มกันได้แล้ว ก็จะมีการเคลื่อนเข้าสู่บริเวณผิวของราก (Walker, 2003)

จากการรายงานของ Roncato-Maccari et al., (2003) พบว่า *Herbaspirillum seropedicae* มีพืชเจ้าบ้านที่หลากหลายมากกว่า ซึ่งมักจะแยกได้จากพืชกลุ่ม gramimaceous plants เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว อ้อย และหญ้าอาหารสัตว์ซึ่งตำแหน่งที่พบกลุ่มแบคทีเรียนี้ พบที่บริเวณเนื้อเยื่อลำเลียงของราก ลำต้น และใบของพืชกลุ่มดังกล่าว ยกเว้นในใบอ้อย

*Azoarcus* sp. ที่แยกได้จากหญ้า Kallar ที่เจริญเติบโตในบริเวณดินเค็มของประเทศปากีสถาน การอยู่อาศัยพบที่บริเวณ ปลายราก บริเวณส่วนที่เกิดการยึด และบริเวณที่แยกออก ทั้งในบริเวณภายในเซลล์ และระหว่างเซลล์ และยังพบที่ ท่อลำเลียงน้ำของหน่อ นอกจากนี้ยังพบ *Azoarcus* sp. ที่รากของข้าวด้วย (Hurek and Reinhold-Hurek, 2003)

จากการรวบรวมของ หนึ่ง (2551) ในการศึกษาบริเวณที่อยู่ของแบคทีเรียภายในรากพืชได้ดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** ตัวอย่างบริเวณที่อยู่ของแบคทีเรียภายในรากพืช

Bacterial species	บริเวณที่แยกเชื้อออกมาได้	อ้างอิง
<i>Azospirillum brasilense</i>	รากของข้าวสาลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่บริเวณผิวแล้ว	Baldani et. al (1986)
Sp245		
<i>Azospirillum halopraeferens</i>	รากของหญ้า Kallar	Reinhold-Hurek et. al (1987)
<i>Acetobacter diazotrophicus</i>	รากและลำต้นของอ้อย	Cavaleante and Do' bereiner (1988)
<i>Serratia marcesens</i>	ช่องว่างระหว่างเซลล์และ aerenchyma ในราก ใบ และ ลำต้นของข้าวโพด	Gyaneshwar et. al (2001)
<i>Herbaspirillum seropedicae</i>	รากของ Cereal (ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว)	Roncato-Maccari et. al (2003)
<i>Azoarcus</i> sp.BH72	Intercellular ในรากหญ้า Kallar	Hurek and Reinhold-Hurek (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

หนึ่ง (2551) ได้รายงานถึงแบคทีเรียภายในรากพืชที่จะแยกออกจากพืชเพื่อการศึกษา นั้นบางชนิดไม่สามารถทำได้ง่ายนักเนื่องจากแบคทีเรียบางกลุ่มเช่น *Azoarcus* sp.BH72 ไม่สามารถแยกและเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (unculturable)

### การประยุกต์ในแบคทีเรียที่เจริญอยู่ภายในเซลล์ราก

แบคทีเรียภายในพืชพบว่า แบคทีเรียจำพวกนี้มีประโยชน์ทั้งด้านการแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม (Robert et al., 2008) เช่น ความสามารถในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยกระตุ้นการดูด phosphate ภายในพืช (Verma et al., 2001; Wakelin et al., 2004) กระตุ้นการสร้าง indole acetic acid และสาร siderophore (Costa and Loper, 1994) อีกทั้งยังช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของราก การดูดซับธาตุอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน (Compant et al., 2005)

หนึ่ง (2551) ได้อ้างรายงานของ Baldani et al., (1986) ถึง *Azospirillum brasilense* Sp245 ที่อาศัยอยู่ทั้งภายในรากของข้าวสาลี ที่ตำแหน่งรากแขนง และบริเวณรากขน และพบที่ท่อลำเลียงน้ำในรากของข้าวสาลีที่เพาะปลูกในบราซิล ในขณะที่ *A. brasilense* Sp7 พบที่บริเวณพื้นผิวราก เท่านั้น

*Azotobacter diazotrophicus* ซึ่งเป็น microaerobically nitrogen-fixing มักจะพบในพืชที่มีน้ำตาลมากเช่นอ้อย มันเทศ และหญ้า cameroon นอกจากนี้ยังพบในลำต้น และ รากของกาแฟด้วยซึ่งตำแหน่งที่พบในอ้อยคือท่อลำเลียงน้ำ ระบบลำเลียง ลำต้น และขยายไปถึงส่วนระหว่างเซลล์ของรากปลายราก และบริเวณรอยแยกในรอยต่อของรากแขนง แสดงให้เห็นว่าบริเวณนี้มีทั้งการเริ่มเข้าไปอยู่ของเชื้อและการตรึงไนโตรเจน (Cavaleante and Do'bereiner, 1988)

การรายงานของ Ramos et al. (2002) พบว่าการใช้ *Bacillus licheniformis* กับการปลูกต้นกล้า *Alnus glutinosa* พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเทียบกับการทดลองที่ไม่ใส่เชื้อ โดยเฉพาะระบบรากที่สมบูรณ์ พื้นที่ใบมีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งพบว่าเป็นบทบาทมาจากสารในกลุ่ม Auxin และ Gibberlin ที่ผลิตจากแบคทีเรียกลุ่มนี้

Masahiro (2002) ได้รายงานถึงแบคทีเรียที่เจริญอยู่ภายในเซลล์ราก *Bacillus polymyxa* สายพันธุ์ Pw-2R และ *Pseudomonas fluorescens* สายพันธุ์ Sm3-RN สามารถเจริญครอบครองราก และส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล็ด spruce ลูกผสม (*Picea glauca* x *P. engelmannii*) ได้โดยประชากรของแบคทีเรียจะเจริญอยู่ภายในเนื้อเยื่อพืช

Kristina et al. (2008) ได้รายงานถึงแบคทีเรียที่เจริญอยู่ภายในเซลล์รากว่ามีความสำคัญต่อสุขภาพพืช และความสมดุลของระบบนิเวศน์ ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวนี้สามารถพบได้หลายสกุล

เช่น *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Pseudomonas* และ *Curtobacterium*

Murty and Ladha (1998) ได้รายงานถึงการใช้อะซอสปิริลลัม ลิโปเฟอรัม (*Azospirillum lipoferum*) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินซึ่งพบว่า *A. lipoferum* สามารถตรึงไนโตรเจนในข้าว (*Oryza sativa* L. var. IR42) โดยพบว่าที่ 47 วันพบว่าการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นการดูด  $\text{PO}_4\text{-ion}$  ได้อีกด้วย

Thomas (1994) ได้รายงานถึงการเป็น endorhizospheric ของเชื้อ *Azoarcus* sp. strain BH72 ว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตในระยะเมล็ดของ *Oryza sativa* IR36 และ *Leptochloa fusca* (L.) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อีกทั้งยังสามารถครอบครองรากได้ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การศึกษาลักษณะของแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3

#### 1.1 ลักษณะโคโลนิบนอาหาร nutrient agar (NA)

แบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3 ที่นำมาทดสอบในการทดลองนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* spp. แล้วโดยพรหมมาศ (2548) ซึ่งแยกมาจากส่วนของรากผักกึนใบ (leafy vegetables) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยนำแบคทีเรียที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสมา streak บนอาหาร NA บ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำโคโลนีเดี่ยวที่ปรากฏมาทำการเลี้ยงเชื้อด้วยวิธีการ cross streak บนอาหาร NA บ่มเชื้อในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 48 ชั่วโมง ศึกษารูปร่าง ขนาด และสีโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร ตามวิธีของ Brown (2005)

#### 1.2 การทดสอบการติดสีแกรม

นำแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 มาทำการ cross streak บนอาหาร NGA (nutrient glucose agar) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีเดี่ยวมาย้อมสีแกรมแบบ Gram's stain โดยการประยุกต์ ตามวิธีการของ Brown (2005) โดยทำความสะอาดสไลด์ให้สะอาดโดยจุ่ม 95 % ethyl alcohol ผ่านเปลวไฟเพื่อฆ่าเชื้อและทำลายไขมันเตรียม suspension แบคทีเรียในน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อมากระจาย (smear) บนสไลด์ทิ้งให้แห้ง แล้วตรึง (fixed) เซลล์แบคทีเรียให้ติดกับสไลด์ด้วยความร้อน โดยการผ่านแผ่นสไลด์บนเปลวไฟ 2-3 ครั้งอย่างช้าๆ ย้อมด้วยสารละลาย crystal violet นาน 20 วินาที ล้างสีออกเบา ๆ ด้วยน้ำไหล หยดสารละลายไอโอดีนและทิ้งไว้ 1 วินาที ล้างออกด้วยน้ำ ชับให้แห้ง ล้างผ่านสีที่ติดอยู่ด้วย 95 % ethyl alcohol จนเหลือสีจางลง แล้วตามด้วยน้ำสะอาดอย่างรวดเร็ว ชับให้แห้ง ย้อมทับด้วย safranin-O เป็นเวลา 1 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด ชับให้แห้งปล่อยให้แห้งสนิทในอากาศ จากนั้นนำไปตรวจดูใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope ด้วยเลนส์ออฟเฟกต์ที่กำลังขยาย 100X โดยใช้กับน้ำมัน (Immersion oil) ทำการบันทึกผลโดยดูลักษณะการติดสี ซึ่งผลจากการติดสีน้ำเงินของ crystal violet แสดงว่าเป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive) ติดสีแดงของ safranin-O แสดงว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative)

### 1.3 การทดสอบแบคทีเรียแกรมบวกและลบโดยทำปฏิกิริยากับสารละลาย 3% โพรแตสเซียมไฮดรอกไซด์

ทดสอบปฏิกิริยาของแบคทีเรียปฏิบั๊กษ์ไอโซเลท R10/3 กับสารละลาย 3 เปอร์เซ็นต์ของโพรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (3% KOH) ตามวิธีของ Suslow และ Schroth (1982) โดยเตรียมกระจกสไลด์ให้สะอาดด้วยการจุ่ม 95 % ethyl alcohol นำไปผ่านเปลวไฟเพื่อฆ่าเชื้อและทำลายไขมัน หยดสารละลาย 3 % KOH 1 หยด ลงบนแผ่นกระจกสไลด์ ใช้ไม้จิ้มฟันปลอดเชื้อแตะโคโลนีของแบคทีเรียที่มีอายุ 24, 36, 48 และ 72 ชั่วโมง แต่ละไอโซเลทในจานเลี้ยงเชื้อมากวนในสารละลาย 1-2 นาที หากมีสารเหนียวติดปลายติดปลายไม้จิ้มฟันขึ้นมายาว 0.5-2 เซนติเมตร แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเป็นบวกหรือเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative) แต่ถ้าไม่มีสารเหนียวเกิดขึ้นแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเป็นลบหรือแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive)

## 2. การทำเครื่องหมายตรวจเชื้อแบคทีเรีย

นำแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 มาเลี้ยงบนอาหาร NA ให้มีอายุ 48 ชั่วโมง ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการย้ายแบคทีเรียไอโซเลทดังกล่าวไปเลี้ยงในอาหาร NA ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifampicin ในอัตราส่วนความเข้มข้น 50 ppm ให้มีอายุ 24-48 ชั่วโมง จนเกิดโคโลนีของเชื้อที่ต้านทานสารปฏิชีวนะ จากนั้นเพิ่มอัตราความเข้มข้นเป็น 60 70 และ 75 ppm ตามลำดับ จนแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 เกิดความต้านทานต่อ rifampicin จากนั้นเพิ่มสารปฏิชีวนะคือ Ampicillin G เข้าไปอีกหนึ่งชนิดในอัตราความเข้มข้นสูงสุด 50 ppm จากนั้นทำการเลี้ยงเชื้อเจริญที่ความเข้มข้นเดิมซ้ำอีก 3-5 ครั้งเพื่อเกิดความคงตัวแบคทีเรียจึงได้แบคทีเรีย R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>

## 3. การศึกษาการตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยวิธีการวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophotometer

นำแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 มา cross streak บนอาหาร NA และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ทำการ cross streak บนอาหาร NA ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifampicin 70 ppm และ Ampicillin G 50 ppm บ่มที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมงทำการย้ายใส่ลงในอาหาร NB (Nutrient Broth) และ NB rifampicin 70 ppm และ Ampicillin G 50 ppm หลังจากนั้นนำไปบ่มบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาปั่นแยกตะกอนเซลล์ด้วยเครื่อง refrigerator centrifuge ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที นาน 35 นาที จากนั้นนำส่วนน้ำที่ใสออก จนเหลือแต่ส่วนที่เป็นตะกอนเซลล์ นำน้ำกลั่นมาเติม ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาเขย่าให้ตะกอนละลายเข้ากับน้ำกลั่น ปั่นตกตะกอนซ้ำอีกครั้ง เพื่อทำการล้างให้เหลือส่วนของเซลล์บริสุทธิ์จากนั้นนำไปเจือจางโดยการวัดค่าความขุ่นจากเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 nm ให้ได้ค่าเท่ากับ 0.14, 0.15, 0.16, 0.17, 0.18,

0.19, 2.0, 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำเชื้อที่ได้แต่ละค่าไปทำการเจือจางด้วยวิธี 10-1 ไม่่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fold serial method บนอาหาร plate count agar (MERCK®) ทำการนับปริมาณเชื้อที่ปรากฏ หลังจากเชื้อที่อายุ 24 -48 ชั่วโมง

#### 4. การศึกษามลของแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศ

##### 4.1 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียเพื่อคลุกเมล็ดปลูก

นำแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 มา cross streak บนอาหาร NA และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ทำการ cross streak บนอาหาร NA ที่ผสมสารปฏิชีวนะ rifampicin 70 ppm และ Ampicillin G 50 ppm บ่มที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมงทำการย้ายใส่ลงในอาหาร NB (Nutrient Broth) และ NB rifampicin 70 ppm และ Ampicillin G 50 ppm หลังจากนั้นนำไปบ่มบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาปั่นแยกตะกอนเซลล์ด้วยเครื่อง refrigerator centrifuge ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที นาน 35 นาที จากนั้นนำส่วนน้ำที่ใส่ออก จนเหลือแต่ส่วนที่เป็นตะกอนเซลล์ นำน้ำกลั่นมาเติม ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาเขย่าให้ตะกอนละลายเข้ากับน้ำกลั่น ปั่นตกตะกอนซ้ำอีกครั้งเพื่อทำการล้างให้เหลือส่วนของเซลล์บริสุทธิ์ จากนั้นนำไปวัดค่าความขุ่นให้ได้ OD 0.2 ด้วยเครื่อง spectrophotometer เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

##### 4.2 เพาะกล้าผักสลัด

ใช้พันธุ์ผักสลัด 4 ชนิด ได้แก่ บัตเตอร์เฮด เรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และ ฟิลเลย์ มาทำการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเมล็ดพืชดังกล่าวเพาะลงในถ้วยปลูกที่บรรจุวัสดุปลูกเพอร์ไลต์แล้วรดด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วรดด้วยสารละลายธาตุอาหารที่ค่า EC 0.8 pH 5.6-5.8 อีก 1 สัปดาห์ก่อนทำการย้ายลงแปลงอนุบาล

##### 4.3 การเตรียมระบบ

โดยการเตรียมกระบะปลูกขนาด กว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตรมาทำความสะอาดฆ่าเชื้อด้วย แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ ทิ้งไว้ให้แห้งเตรียมเติมสารละลายธาตุอาหารโดยใส่สารละลายความเข้มข้น 100 เท่า Stock solution A และ B มาละลายในน้ำ (Stock solution A; 670g CaNO<sub>3</sub>, 296g KNO<sub>3</sub>, 50g Fe-EDTA, และน้ำ 10 ลิตร, Stock solution B; 296g KNO<sub>3</sub>, 177g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 160g MgSO<sub>4</sub>, 50g NICK SPRAY® (แมกนีเซียม 7.5%, เหล็ก 1.8%, ทองแดง 1.9%, แมงกานีส 2%, สังกะสี 2%, โบรอน 2%, โมลิบดีนัม 0.023%, นิเกิล 0.05%) และน้ำ 10 ลิตร) ที่ปริมาณ 5 ลิตร ให้ได้ค่า EC ประมาณ 1.7 และปรับค่า pH ให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าประมาณ 5.6-6.8 ด้วยกรดไนตริก 10% เต็มอาการภายในกระบะปลูก จากนั้นทำการย้ายกล้าพืชทดสอบลงระบบโดยการทดลองประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 การปลูกผักสลัดโดยไม่มีสารใส่แบคทีเรีย

ทรีทเมนต์ที่ 2 การปลูกผักสลัดโดยใส่เชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท R10/3

ทรีทเมนต์ที่ 3 การปลูกผักสลัดโดยใส่เชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>

ดูแลพืชทดสอบโดยปรับค่า EC และ pH ของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 5.6-5.8 ทุกๆ 2 วัน แล้วเปลี่ยนสารละลายในกระบะปลูกใหม่ทุก 2 สัปดาห์

#### 5. การตรวจสอบ Endophytic เชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ของผักสลัดในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศ

การตรวจสอบ Endophytic เชื้อแบคทีเรียไฮโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ของผักสลัดอายุ 2 สัปดาห์ โดยนำผักสลัดที่ใส่เชื้อแบคทีเรียมาทำการแยกลำต้นและรากแยกออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำมาชั่งน้ำหนัก 1 กรัม แช่ Clorox 10% นาน 1 นาที จากนั้นนำไปทำความสะอาดบริเวณที่ผิวรากพืชอีกครั้งด้วย 36% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นาน 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง นำรากและลำต้น มาบดในโถงและน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อ 10 ml ทำการเจือจาง 10-fold serial method จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาทำการเกลี่ยให้ทั่วอาหาร plate count agar + rifampicin 70 ppm และ Ampicillin G 50 ppm จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียที่ปรากฏบนอาหาร นำค่าที่ได้ไปทำการคำนวณหาค่าปริมาณเชื้อโดย

$$\text{ปริมาณแบคทีเรีย} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับ} \times \text{dilution factor}}{\text{ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น}}$$

#### 6. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวัดอัตราการเจริญเติบโตของพืชโดยวัด เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม ความยาวจากน้ำหนักต้นก่อนอบแห้ง น้ำหนักรากก่อนอบแห้ง น้ำหนักต้นหลังอบแห้ง และ น้ำหนักรากหลังอบแห้ง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติและตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistics 6.0

## ผลการทดลอง

### 1. การศึกษาลักษณะของแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3

เมื่อทำการศึกษาลักษณะโคโลนีบนอาหาร nutrient agar (NA) พบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3 ที่บ่มไว้ในที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าลักษณะโคโลนีของไอโซเลทดังกล่าว มีลักษณะเป็นสีขาวนวล โคโลนีมีลักษณะกลมขนาดไม่แน่นอน มีความโค้งนูนขอบไม่เรียบ มีการผลิตสารสีเขียวอมฟ้าบนอาหาร NA (ภาพที่1)

เมื่อนำแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3 มาทำการย้อมสีแบบ Gram's stain พบว่าแบคทีเรีย R10/3 ติดสีแดงของ safranin-O ซึ่งแสดงได้ว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative) (ภาพที่2)

จากนั้นนำไปตรวจสอบด้วยสารละลาย 3 เปรอร์เซ็นต์ของโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวเป็นแกรมลบ เนื่องจากมีการทำปฏิกิริยากับสารละลายดังกล่าว



ภาพที่1 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3 บนอาหาร NA

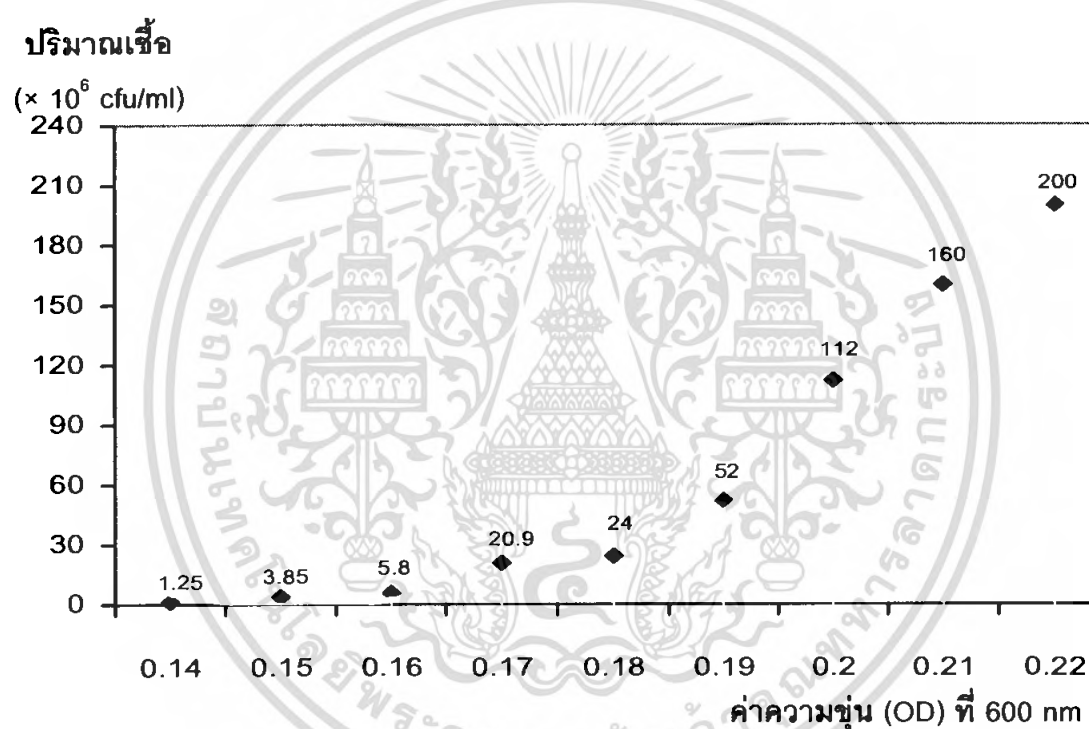


ภาพที่2 ลักษณะของแบคทีเรียปฏิบั้กษไอโซเลท R10/3 กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การศึกษาการตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยวิธีการวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophotometer

จากการศึกษาการตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียด้วย เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตรพบว่าเมื่อค่าความขุ่นของเชื้อมากขึ้นปริมาณของเชื้อก็เพิ่มขึ้นด้วยโดยที่ค่าความขุ่นเท่ากับ 0.14, 0.15, 0.16, 0.17, 0.18, 0.19, 0.20, 0.21 และ 0.22 มีปริมาณเชื้อเท่ากับ เท่ากับ  $1.25 \times 10^6$ ,  $3.85 \times 10^6$ ,  $6.80 \times 10^6$ ,  $2.09 \times 10^7$ ,  $2.40 \times 10^7$ ,  $5.20 \times 10^7$ ,  $1.12 \times 10^8$ ,  $1.60 \times 10^8$  และ  $2.0 \times 10^8$  cfu/ml ตามลำดับ (ภาพที่3)



ภาพที่ 3 ปริมาณเชื้อต่อมิลลิลิตรของแบคทีเรียที่ความขุ่นต่างๆ

### 3. การศึกษาผลของแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ

จากการศึกษาผลของแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 ต่อการเจริญเติบโตของสลัดฟิลเลย์กรีน โอค บัตเตอร์เฮด และเรดโอค โดยทำการบันทึกผล จากความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสดของต้น น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักแห้งของรากพบว่า

การปลูกผักสลัดฟิลเลย์ในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศพบว่าค่าการเจริญเติบโตของพืชทั้งน้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งราก ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติในทุกๆค่าการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามในกลุ่มการทดลองที่ใส่แบคทีเรีย R10/3 ให้ค่าน้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้นสูงกว่ากลุ่มการทดลองควบคุม และ การใช้แบคทีเรีย R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> (ตารางที่ 9)

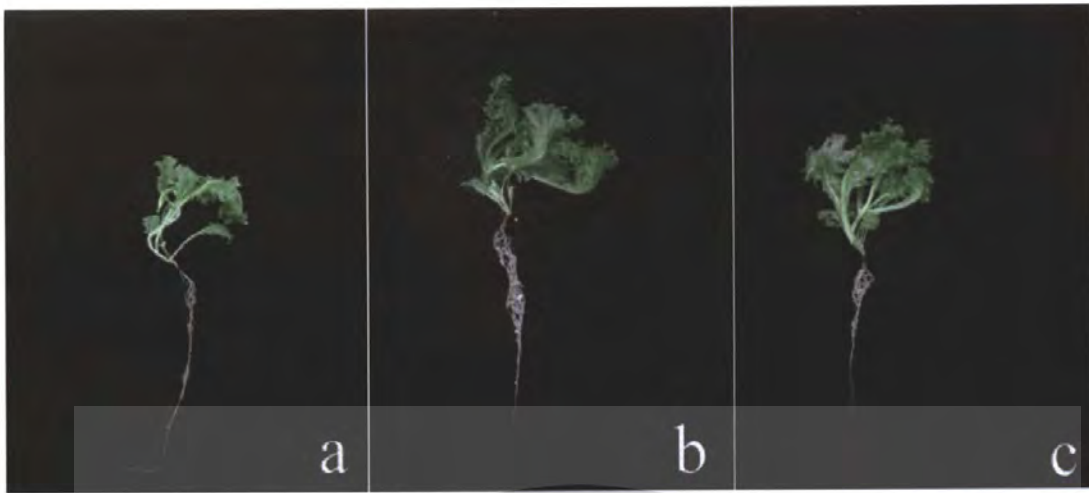
#### ตารางที่ 9 ค่าการเจริญเติบโตของสลัดฟิลเลย์ที่ปลูกในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ

ทรีทเมนต์	ค่าการเจริญเติบโตของพืช / ต้น									
	ความกว้าง		ความยาว		น้ำหนักสด (g)		น้ำหนักแห้ง (g)			
	ทรงพุ่ม (cm.)	ราก(cm.)	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก		
Control	nd	nd	4.94	A <sup>1/</sup>	0.36	A	0.22	A	0.02	A
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	nd	nd	4.57	A	0.30	A	0.23	A	0.01	A
R10/3	nd	nd	5.07	A	0.33	A	0.61	A	0.01	A

nd = no data

<sup>1/</sup> เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละคอลัมน์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่

P = 0.05



ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของสลัดฟิลเลย์ ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3

a: control

b: R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>

c: R10/3



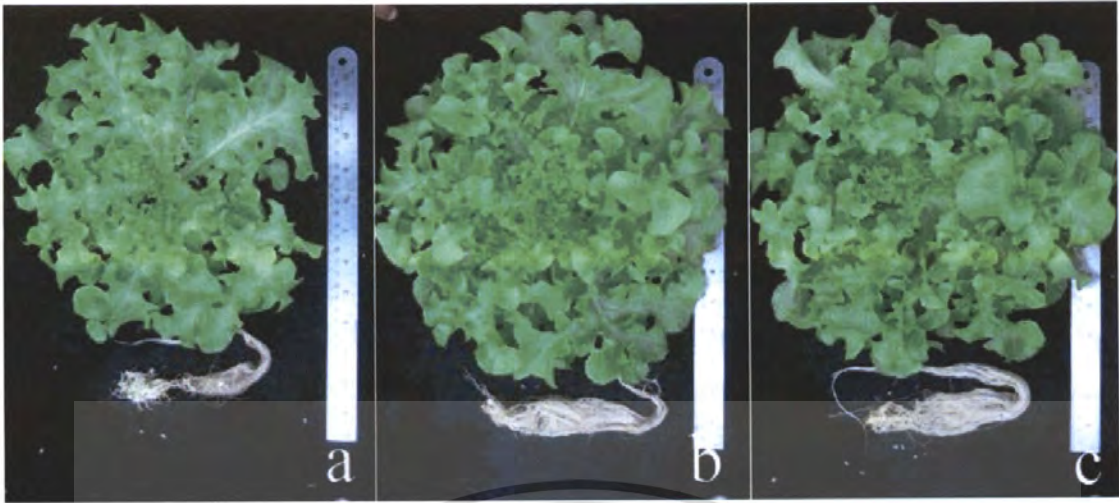
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกสลัดกรีนไค้ในระบบการปลูกแบบแช่น้ำและให้อากาศพบว่าค่าการเจริญเติบโตของพืชในส่วนของ ความกว้างทรงพุ่ม และความยาวราก ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติในทุกๆ ค่าการทดสอบ แต่เมื่อทำการวัดค่าน้ำหนักสดต้นพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 สามารถให้ค่าน้ำหนักสดของต้นสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 68.00 g และยังให้ค่าที่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> เมื่อพิจารณาถึงค่าน้ำหนักสดของรากพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 สามารถให้ค่าน้ำหนักสดของต้นสูงสุดเท่ากับ 19.02 g และค่าการเจริญเติบโตโดยวัดค่าน้ำหนักแห้งในส่วนของต้น และ รากพบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 สามารถให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้น และน้ำหนักแห้งของรากของต้นสูงสุดเท่ากับ 3.59 และ 0.62 g ตามลำดับและยังให้ค่าที่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> (ตารางที่ 10)

**ตารางที่ 10** ค่าการเจริญเติบโตของสลัดกรีนไค้ที่ปลูกในระบบการปลูกแบบสาร์ละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศ

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของพืช / ต้น											
	ความกว้าง		ความยาว		น้ำหนักสด (g)		น้ำหนักแห้ง (g)					
	ทรงพุ่ม(cm.)	ราก(cm.)	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก		
Control	31.76	A <sup>1/</sup>	38.12	A	38.80	B	15.09	A	2.25	B	0.44	B
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	34.08	A	35.70	A	51.40	B	16.09	A	2.55	B	0.44	B
R10/3	34.05	A	38.74	A	68.00	A	19.02	A	3.59	A	0.62	A

<sup>1/</sup> เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละคอลัมน์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.05



ภาพที่ 5 การเจริญเติบโตของสลัดกรีนไฮโดร ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3

a : control

b : R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>

c : R10/3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกสลัดบัตเตอร์เฮดในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศฤดูปลูกที่ 1 พบว่าค่าการเจริญเติบโตของพืชในส่วนของความกว้างทรงพุ่มพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ให้ค่าความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 24.26 และ 24.69 เซนติเมตร และยังให้ค่าที่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม เมื่อพิจารณาถึงความยาวรากพบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ให้ค่าความยาวรากที่ดีที่สุดเท่ากับ 47.64 และแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม ส่วนค่าการเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักสดพบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ให้ค่าน้ำหนักสดของต้นเท่ากับ 50.68 และ 64.15 g ตามลำดับและยังให้ค่าที่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม และค่าน้ำหนักสดของรากพบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> มีค่าเท่ากับ 8.12 g และแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม ส่วนค่าน้ำหนักแห้งของรากพบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> มีค่าเท่ากับ 0.34 g ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าการเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ

พรีทเมนต์	ค่าการเจริญเติบโตของพืช / ต้น											
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm.)		ความยาวราก (cm.)		น้ำหนักสด (g)		น้ำหนักแห้ง (g)					
					ต้น	ราก	ต้น	ราก				
Control	17.83	B <sup>1/</sup>	23.04	B	21.57	B	2.79	B	1.76	A	0.11	B
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	24.69	A	47.64	A	64.15	A	8.12	A	5.08	A	0.34	A
R10/3	24.26	A	36.40	AB	50.68	A	5.59	AB	5.08	A	0.21	AB

<sup>1/</sup> เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละคอลัมน์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่

P = 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮด ที่ทำการพรีดด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ปลูกลูกที่ 1

a : control

b : R10/3

Amp 50+Rif 70

c : R10/3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกสลัดบัตเตอร์เฮดในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศฤดูปลูกที่ 2 พบว่าการเจริญเติบโตในส่วนของคุณภาพกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสดของต้น น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักแห้งของต้น ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติในทุกๆค่าการทดสอบ แต่พบว่าค่าน้ำหนักแห้งของรากเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 มีค่าเท่ากับ 0.61 g ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่าการเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศฤดูปลูกที่ 2

ทรีทเมนต์	ค่าการเจริญเติบโตของพืช / ต้น							
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm.)	ความยาวราก (cm.)	น้ำหนักสด (g)		น้ำหนักแห้ง (g)			
			ต้น	ราก	ต้น	ราก		
Control	30.78 A <sup>1/</sup>	39.80 A	50.00 A	6.95 A	2.95 A	0.32 B		
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	32.38 A	46.48 A	59.20 A	10.77 A	3.13 A	0.46 AB		
R10/3	32.77 A	47.64 A	57.04 A	9.80 A	3.38 A	0.61 A		

<sup>1/</sup> เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละคอลัมน์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.05



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของสลัดบัตเตอร์เฮด ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ปลูกที่ 2

a : control      b : R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>      c : R10/3

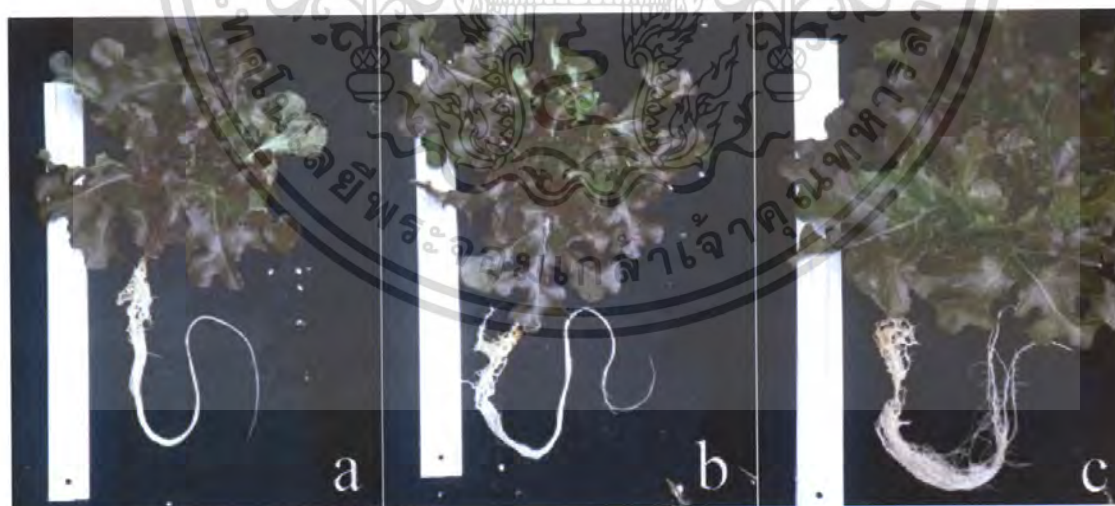
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตในส่วนของคุณวามกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสดของต้น น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของต้น และน้ำหนักแห้งของราก ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติในทุกๆ ค่าการทดสอบ แต่พบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 มีค่าน้ำหนักสดของต้นที่ดีที่สุดเท่ากับ 22.13 g (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่าการเจริญเติบโตของสลัดเรดไฮคที่ปลูกในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศฤดูปลูกที่ 1

ทรีทเมนต์	ค่าการเจริญเติบโตของพืช / ต้น							
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm.)	ความยาวราก (cm.)	น้ำหนักสด (g)		น้ำหนักแห้ง (g)		ราก	ราก
			ต้น	ราก	ต้น	ราก		
Control	19.40 A <sup>1/</sup>	33.90 A	17.16 A	3.16 A	1.27 A	0.13 A	A	A
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	21.67 A	26.86 A	18.08 A	3.42 A	1.42 A	0.15 A	A	A
R10/3	21.18 A	26.56 A	22.13 A	3.26 A	1.43 A	0.15 A	A	A

<sup>1/</sup> เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละคอลัมน์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.05



ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตของสลัดเรดไฮค ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ฤดูปลูกที่ 1

a : control      b : R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>      c : R10/3

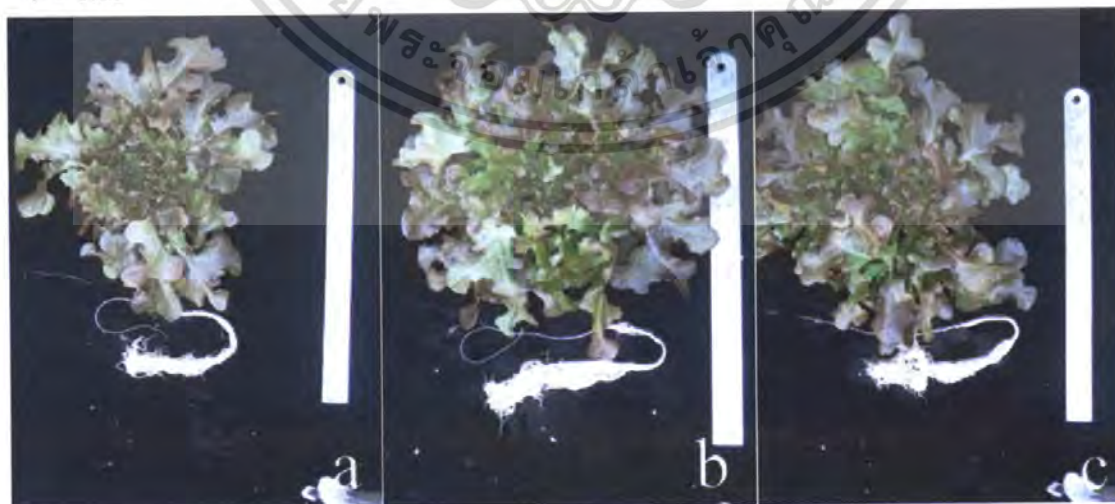
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกสลัดเรดโอ๊คในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศฤดูปลูกที่ 2 พบว่าการเจริญเติบโตในส่วนของความกว้างทรงพุ่มพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 มีค่าเท่ากับ 35.55 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม ในส่วนน้ำหนักสดของต้นพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 และ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> มีค่าเท่ากับ 45.80 และ 44.10 g ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม ในส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 มีค่าเท่ากับ 2.68 g ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม และในส่วนของน้ำหนักแห้งของรากพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3 มีค่าเท่ากับ 0.39 g ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มการทดลองควบคุม (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ค่าการเจริญเติบโตของสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบการปลูกแบบสารละลายธาตุอาหาร เป้าอากาศฤดูปลูกที่ 2

ทรีทเมนต์	ค่าการเจริญเติบโตของพืช / ต้น											
	ความกว้าง		ความยาว		น้ำหนักสด (g)		น้ำหนักแห้ง (g)					
	ทรงพุ่ม (cm.)	ราก(cm.)	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก		
Control	31.12	B <sup>1/</sup>	36.30	A	34.40	B	8.88	A	2.05	B	0.27	B
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	33.72	AB	44.10	A	44.10	A	8.32	A	2.23	B	0.29	AB
R10/3	35.55	A	44.16	A	45.80	A	10.64	A	2.68	A	0.39	A

<sup>1/</sup> เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละคอลัมน์ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.05



ภาพที่ 9 การเจริญเติบโตของสลัดเรดโอ๊ค ที่ทำการทรีตด้วยแบคทีเรีย R 10/3 ฤดูปลูกที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 a : control    b : R10/3    c : R10/3  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. การตรวจสอบ Endophytic แบคทีเรียไอโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ของผักสลัดในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินแบบสารละลายธาตุอาหาร เป่าอากาศ

จากตารางที่ 15 การตรวจสอบการเป็นแบคทีเรียภายในพืชของแบคทีเรียไอโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ของผักสลัดในส่วนของต้นและส่วนของรากผักสลัดพบว่า แบคทีเรียไอโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> สามารถเป็นแบคทีเรียภายในพืชได้โดยสามารถตรวจพบแบคทีเรียดังกล่าวบริเวณต้นทั้งในวันที่ 14 และ 45 วัน การตรวจแบคทีเรียในสลัดกรีนโอ๊คบริเวณต้นและรากนั้นไม่พบการเป็นแบคทีเรียภายใน และการตรวจแบคทีเรียในสลัดบัตเตอร์เฮดและสลัดเรดโอ๊คบริเวณต้นและรากนั้นพบการเป็นแบคทีเรียภายในพืชของแบคทีเรียไอโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>

ตารางที่ 15 ผลการตรวจสอบ endophytic ของแบคทีเรียโดยวิธี plate count

พืช	การตรวจเชื้อ (วัน)			
	บริเวณต้น		บริเวณราก	
	14	45	14	45
Finley	$8.00 \times 10^1$	$4.02 \times 10^3$	-	-
Green oke	-	-	-	-
Butter head crop 1	-	-	$1.28 \times 10^4$	$5.33 \times 10^3$
Butter head crop 2	$1.87 \times 10^3$	+	$6.83 \times 10^2$	+
Red oke crop 1	$1.00 \times 10^2$	+	$2.20 \times 10^4$	$5.60 \times 10^2$
Red oke crop 2	$2.00 \times 10^1$	+	$0.66 \times 10^1$	+

- + คือ ตรวจพบแบคทีเรียไอโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> โดยวิธีการเติมสารละลายเชื้อในอาหาร Nutrient broth ก่อนนำมาเกลี่ยบนอาหาร plate count agar + rifampicin 70 ppm และ Ampicillin G 50 ppm
- คือ ไม่พบแบคทีเรียไอโซเลท R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup>

## วิจารณ์การทดลอง

จากการศึกษาลักษณะของแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3 พบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งในการติดสีแดงของ safranin - O นั้น เนื่องจากพวกแบคทีเรียแกรมลบ มีชั้น peptidoglycan ที่บางกว่าแบคทีเรียแกรมบวก และมีชั้น outer membran ที่มีไขมันมาก เมื่อทำการย้อมสี crystal violet แล้ว ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ส่วนของเอทิลแอลกอฮอล์จะละลายไขมันที่ผนังเซลล์ ทำให้รูที่ผนังเซลล์กว้างขึ้น จึงยอมให้สารโมเลกุลใหญ่ของ crystal violet หลุดออกมา เมื่อทำการย้อมทับด้วย safranin- O จึงทำให้สีแดงของ safranin- O เข้าไปแทนที่ crystal violet (Coto ,1992) แบคทีเรียปฏิปักษ์สายไอโซเลท R10/3 จากการศึกษาโดย พรหมมาศและจักรพงษ์ (2550) พบว่าไอโซเลทดังกล่าว มีการสร้างสารสีอมฟ้า มีลักษณะเป็นพ่อน (rot shape) แกรมลบ ลักษณะโคโลนี บนอาหาร NA มีสีขาวอมฟ้า รูปร่างกลมมีสันขอบ (round with raised margin) เจริญสูงชันจากผิวหน้าอาหาร (umbonate) ขอบโคโลนีเรียบ (smooth) สร้าง pigment สีเขียวแกมน้ำเงินที่ไม่เรืองแสง แต่ในอาหาร King's medium B พบว่าจะสร้าง pigment สีเขียวแกมเหลืองที่เรืองแสงภายใต้ภายใต้ UV lamp การทดสอบกับ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (catalase test) ให้ผลเป็นบวก แสดงว่าเป็นพวก aerobic bacteria ซึ่งแบคทีเรียไอโซเลทนี้น่าจะอยู่ในกลุ่ม Fluorescant Pseudomonads

จากการทดลองพบว่าแบคทีเรียไอโซเลท R10/3 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดได้ในบางกรณี กล่าวคือกระตุ้นการเจริญเติบโตทั้งทางต้นและทางรากได้ดีในสลัด กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด และ เรดโอ๊ค ผลที่ได้จากการกระตุ้นจากเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ใน เรดโอ๊ค และ บัตเตอร์เฮด แต่ไม่มีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตใน กรีนโอ๊ค จากการกระตุ้นการเจริญเติบโตที่ยังไม่แน่ชัดระหว่าง R10/3 กับ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียสายพันธุ์ R10/3<sup>Amp 50+Rif 70</sup> ถูกทำการฆ่าเหล่าไป จึงทำให้ผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตแตกต่างไปจากไอโซเลทเดิม ซึ่งมีการรายงานของ Probanaza et al (2002) พบว่าการใช้เชื้อร่วมกันระหว่าง *B. licheniformis* กับ *B. pumis* สามารถกระตุ้นการสร้างสาร Gibberlin ส่งผลให้ความกว้างใบและความยาวรากสูงขึ้น อีกทั้งการรายงานของ Ramos et al. (2002) พบว่าการใช้ *Bacillus licheniformis* กับการปลูกต้นกล้า *Alnus glutinosa* พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรทดลองที่ไม่ใส่เชื้อ โดยเฉพาะระบบรากที่สมบูรณ์ พื้นที่ใบมีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเป็น endophytic ของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท R10/3 ของผักสลัดนั้นพบว่าเชื้อสามารถเจริญได้ภายในพืชทั้งในส่วนของลำต้น และรากของ บัตเตอร์เฮท และ เรดโอ๊ค ในส่วนของฟิลิปปินส์พบว่าสามารถตรวจพบได้เฉพาะในส่วนของลำต้นเท่านั้นซึ่งอาจเนื่องมาจากความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการเข้าสู่พืชมีความเฉพาะเจาะจงในพืชที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Denise et al. (2002) ถึงรายงานว่า endophytic bacteria สามารถเจริญได้แตกต่างกันในแต่ละชนิดของพืชที่ปลูกในสภาพไร่ อีกทั้ง Roncato-Maccari et al., (2003) รายงานให้เห็นว่า *Herbaspirillum seropedicae* มีพืชเจ้าบ้านที่หลากหลาย เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว อ้อย และหญ้าอาหารสัตว์ซึ่งตำแหน่งที่พบกลุ่มแบคทีเรียนี้ พบที่บริเวณเนื้อเยื่อลำเลียงของราก ลำต้น และใบของพืชกลุ่มดังกล่าว ยกเว้นในใบอ้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

การศึกษาแบคทีเรียปฏิปักษ์ R10/3 พบว่าแบคทีเรียไอโซเลตดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นแบคทีเรียเข้าครอบครองภายใน (endophytic bacteria) เนื่องจากสามารถตรวจพบสายพันธุ์ที่ติดเครื่องหมาย ( $R10/3^{Amp^{50}+Rif^{70}}$ ) ในบัตเตอร์เฮท และ เรดโอ๊ค นอกจากนี้ยังพบว่า R 10/3 สายพันธุ์เดิมยังมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโตทั้งทางต้นและทางรากได้ดี ในสลัด กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮท และเรดโอ๊ค ส่วนสายพันธุ์ที่ติดเครื่องหมาย ( $R10/3^{Amp^{50}+Rif^{70}}$ ) ไม่ให้ผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตใน กรีนโอ๊ค แต่ให้ผลในการกระตุ้นการเจริญ เรดโอ๊คและบัตเตอร์เฮท ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก แบคทีเรียสายพันธุ์  $R10/3^{Amp^{50}+Rif^{70}}$  ถูกทำการผ่าเหล่าไป จึงทำให้ผลในการควบคุมแตกต่างจากสายพันธุ์เดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

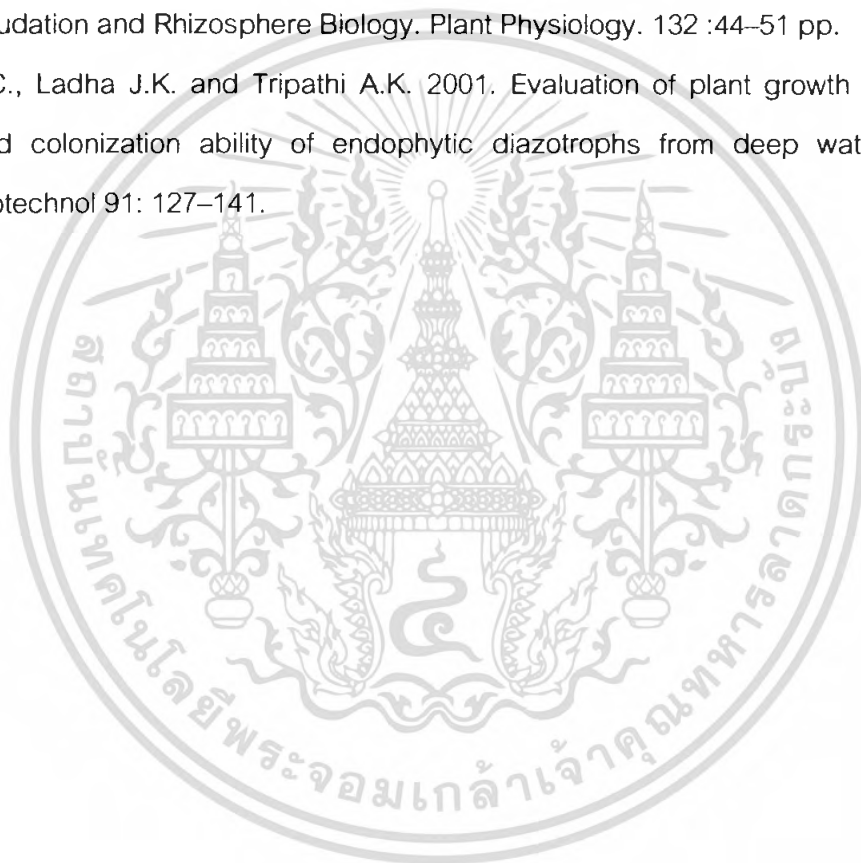
### เอกสารอ้างอิง

- ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทยในซีอีดียูเครน จำกัด. กรุงเทพฯ.
- พรหมมาศ คุณาภาณูจน์. 2548. ศักยภาพของแบคทีเรียบริเวณเขตรากพืช ในการควบคุมโรครากเน่าของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อ *Pythium myriotylum* ในระบบ NFT. หน้า 1082-1092. ในการประชุมวิชาการอรัญญาพิชแห่งชาติ ครั้งที่ 7. เชียงใหม่.
- พรหมมาศ คุณาภาณูจน์ และ จักรพงษ์ หรั่งเจริญ. 2550. กลไกของแบคทีเรียเขตรากพืชไอโซเลท R10 ในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าของผักที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. หน้า 133-142 ในการประชุมวิชาการอรัญญาพิชแห่งชาติ ครั้งที่ 8. พิษณุโลก
- ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร. 2548. เอกสารทางสื่อออนไลน์เรื่องความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. บริษัทศูนย์เกษตรกรรมบางไทรจำกัด, กรุงเทพฯ. :เข้าถึงข้อมูลที่ <http://www.bangsaiagro.com/general.asp>. วันที่ 2 มีนาคม 2551.
- หนึ่ง เตียอำรุง. 2551. แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนเอนโดไฟท์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยสุรนารี.:เข้าถึงข้อมูลที่ <http://vishnu.sut.ac.th/csu/doc/EDB.doc> วันที่ 2 มีนาคม 2551.
- Baldani,V.L.D., Alvarez, M.A.deB., Baldani, J.I. and Do'bereiner, J. 1989. Establishrmen of inoculated *Azospirillum* spp. In the rhizoshere and in root of field grown wheatmand sorghum. Plant Soil. 90, 35-46.
- Brown Alfred E. 2005. Benson's Microbiological Applications Laboratory manual in general microbiology 9<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill, New York, USA. 413 pp.
- Cavalcante, V.A. and Do' bereiner, J. 1988. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. Plant Soil.108, 23-31.
- Compant Stephane, Brion Duffy, Jerzy Nowak, Christophe Clement and Essaid Ait Barka.2005. Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects. Applied and Environmental Microbiology. 71(9): 4951–4959 pp.
- Costa JM. and Loper JE. 1994. Characterization of siderophore production by the biological-control agent *Enterobacter cloacae*. Mol Plant Microbe Interact 7: 440–448.
- FrayR.G. 2002. Altering plant-microbe interaction through artificially manipulating bacterial quorum sensing. Ann. Bot., 89:245-253.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Gyaneshwar P., E. K., James, N. Mathan, P. M. Reddy, B. Reinhold-hurek, and J.K. Ladha. 2001. Endophytic Colonization of Rice by a Diazotrophic Strain of *Serratia Marcescens*. *J. of Bacteriol*, 183:2634-2645.
- Hurek, T. and B. Reinhold-Hurek. 2003. *Azoarcus* sp. Strain BH72 as a model for nitrogen-fixing grass endophytes. *J. of Biotechnology*. 106:169-178.
- Kristina Ulrich, Andreas Ulrich and Dietrich Ewald. 2008. Diversity of endophytic bacterial communities in poplar grown under field conditions. *FEMS Microbiol Ecol* 63: 169–180.
- Masahiro S., Colette B., Christopher P. C. 1999. Endophytic colonization of spruce by plant growth-promoting rhizobacteria. *FEMS Microbiology Ecology* 29: 191-196.
- Mengel K. and Kirby E.A., 1987. Principles of plant nutrition. Ed; International Potash Institute. pp. 455-480.
- Miller M.B. and Bassler B.L. 2001. Quorum sensing in bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.* 55: p.165-199.
- Murty M.G. and Ladha J.K. 1998. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil*. 108(2): 281-285.
- Nealson K.H., and Hastings J.W. 1979. Bacterial bioluminescence: its control and ecological significance. *Microbiol. Rev.* 43: 496-518.
- Ramos B., Lucas G.J.A., Probanza A., Barrientos M.L. and Gutierrez M.F.J. 2002. Alterations in the rhizobacterial community associated with European alder growth when inoculated with PGPR strain *Bacillus licheniformis*. *Environmental and Experimental Botany*. 49: 61-68.
- Robert P.R., Kieran G., Ashley F., David J.R. and David N.D. 2008. Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiol Lett* 278: 1–9.
- Roncato-Maccari, L.D.B., Ramos H.J.O., Pedrosa F.O., Alquini Y., Chubatsu L.S., Yates M.G., Rigo L.U., Steffens M.B.R., and Souza E.M., 2003. Endophytic *Herbaspirillum seropedicae* expresses nif gene in gramineous plants. *FEMS Microbiol. Ecol.* 45: 39-47.

- Suslow T.V. and Schroth M.N. 1982. Rhizobacteria of Sugar beets : Effects of seed application and root colonization on yield. *Phytopathology* 72 : 199-206.
- Thomas Hurek, Arbara Reinhold-Hurek, Marc Van Montage and Eduard Kellenberger't. 1994. Root Colonization and Systemic Spreading of *Azoarcus* sp. Strain BH72 in Grasses. *Journal of Bacteriology*. 176(7) : 1913-1923.
- Wakelin S, Warren R, Harvey P and Ryder M. 2004. Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. closely associated with wheat roots. *Bio Fert Soils* 40: 36–43.
- Walker S. Travis, Harsh Pal Bais, Erich Grotewold, and Jorge M. Vivanco. 2003. Root Exudation and Rhizosphere Biology. *Plant Physiology*. 132 :44–51 pp.
- Verma S.C., Ladha J.K. and Tripathi A.K. 2001. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. *J Biotechnol* 91: 127–141.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของฟิลเลย์

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	5.66	10.08	2.67	2.87	3.42	4.94
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	5.36	4.19	5.62	3.31	4.40	4.57
R10/3	4.72	5.38	4.24	4.95	6.07	5.07

### ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 1

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.65	0.32	0.09	3.89	6.93	0.91
Ex.Error	12	44.09	3.67				
Total	14	44.75	3.19				

$$CV = 39.42 \%$$

### ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าน้ำหนักสดรากของฟิลเลย์

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.45	0.19	0.35	0.57	0.23	0.36
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.39	0.44	0.19	0.16	0.33	0.30
R10/3	0.34	0.37	0.41	0.28	0.26	0.33

### ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 3

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.00	0.00	0.27	3.89	6.93	0.76
Ex.Error	12	0.1738	0.0145				
Total	14	0.1817	0.0130				

$$CV = 36.39 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของฟิลเลย์

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.26	0.45	0.13	0.12	0.16	0.22
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.26	0.22	0.29	0.15	0.20	0.23
R10/3	0.24	0.28	2.00	0.23	0.29	0.61

### ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 5

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.49	0.24	1.17	3.89	6.93	0.34
Ex.Error	12	2.51	0.20				
Total	14	3.00	0.21				

$$CV = 129.99\%$$

### ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของฟิลเลย์

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
R10/3	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01

### ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 7

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.0001	0.0000	0.87	3.89	6.93	0.5552
Ex.Error	12	0.0006	0.0001				
Total	14	0.0007	0.0001				

$$CV = 43.81\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของกรีนไค้ด**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	29.85	29.85	29.00	36.40	33.70	31.76
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	32.45	33.60	35.95	34.35	34.05	34.08
R10/3	34.45	32.05	33.25	36.40	34.10	34.05

**ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 9**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	49.55	24.77	4.25	3.89	6.93	0.03
Ex.Error	12	69.92	5.82				
Total	14	119.47	8.53				

CV = 7.21 %

**ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงค่าความยาวรากของกรีนไค้ด**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	29.10	32.40	33.00	49.50	46.60	38.12
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	32.00	28.50	41.40	39.50	37.10	35.70
R10/3	42.10	35.90	44.50	37.90	33.30	38.74

**ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 11**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	204.37	102.18	2.82	3.89	6.93	0.09
Ex.Error	12	434.51	36.20				
Total	14	638.88	45.63				

CV = 14.49 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของกรีนไค้ค**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	26.00	36.00	21.00	55.00	56.00	38.80
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	55.00	45.00	50.00	55.00	52.00	51.40
R10/3	60.00	55.00	80.00	80.00	65.00	68.00

**ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 13**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	2573.92	1286.96	11.73	3.68	6.36	0.00
Ex.Error	15	1646.00	109.73				
Total	17	4219.92	248.23				
CV	=	19.86 %					

**ตารางภาคผนวกที่ 15 แสดงค่าน้ำหนักสดรากของกรีนไค้ค**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	14.20	16.23	8.36	18.99	17.68	15.09
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	18.30	17.25	15.14	11.57	18.18	16.09
R10/3	16.80	17.40	19.51	19.88	21.52	19.02

**ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 15**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	41.74	20.87	2.16	3.89	6.93	0.15
Ex.Error	12	116.01	9.66				
Total	14	157.75	11.26				
CV	=	18.58 %					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 17 แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของกรีนไค้ด**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	1.6791	2.1016	1.4646	2.9074	3.0735	2.2452
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	2.8272	2.4768	2.4893	2.4198	2.5320	2.5490
R10/3	3.4095	3.0201	4.1381	4.0770	3.3130	3.5915

**ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 17**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	4.99	2.49	9.48	3.89	6.93	0.00
Ex.Error	12	3.16	0.26				
Total	14	8.15	0.58				

CV = 18.36 %

**ตารางภาคผนวกที่ 19 แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของกรีนไค้ด**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.4628	0.4387	0.3157	0.5064	0.4795	0.44
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.4638	0.4825	0.4173	0.4023	0.4393	0.44
R10/3	0.5303	0.4866	0.8995	0.6430	0.5525	0.62

**ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 19**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.10	0.05	4.89	3.89	6.93	0.02
Ex.Error	12	0.13	0.01				
Total	4	0.24	0.01				

CV = 21.07 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกร้นำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 21 แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของแบตเตอรี่เฮด ฤดูปลูกที่ 1**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	15.00	18.55	17.80	18.40	19.40	17.83
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	26.35	21.80	26.25	21.75	27.30	24.69
R10/3	26.40	23.10	23.40	25.70	22.70	24.26

**ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 21**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	11.12	5.56	1.25	3.89	6.93	0.32
Ex.Error	12	53.35	4.44				
Total	14	64.47	4.60				

CV = 6.59 %

**ตารางภาคผนวกที่ 23 แสดงค่าความยาวรากของแบตเตอรี่เฮด ฤดูปลูกที่ 1**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	24.00	22.30	25.30	22.30	21.30	23.04
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	70.10	30.50	49.50	39.80	48.30	47.64
R10/3	44.40	33.20	20.30	47.20	36.90	36.40

**ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 23**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	1516.64	758.32	6.87	3.89	6.93	0.01
Ex.Error	12	1324.08	110.34				
Total	14	2840.72	202.90				

CV = 29.42 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 25** แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	20.85	19.91	19.55	17.45	30.07	21.57
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	91.94	44.96	73.88	33.91	76.05	64.15
R10/3	67.11	40.92	35.01	71.33	39.03	50.68

**ตารางภาคผนวกที่ 26** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 25

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	4737.06	2368.53	7.98	3.89	6.93	0.00
Ex.Error	12	3560.75	296.72				
Total	14	8297.82	592.70				

CV = 37.88 %

**ตารางภาคผนวกที่ 27** แสดงค่าน้ำหนักสดรากของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	2.46	1.79	4.98	2.11	2.59	2.79
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	11.59	4.12	8.19	6.82	9.87	8.12
R10/3	6.82	6.53	2.93	8.84	2.81	5.59

**ตารางภาคผนวกที่ 28** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 27

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	71.13	35.56	6.37	3.89	6.93	0.01
Ex.Error	12	66.96	5.58				
Total	14	138.10	9.86				

CV = 42.97 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 29 แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	1.8265	1.5096	1.5976	1.5928	2.2613	1.7576
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	11.3241	3.7435	4.0737	2.1931	4.0585	5.0786
R10/3	11.3241	3.7435	4.0737	2.1931	4.0585	5.0786

**ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 29**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	36.69	18.34	2.14	3.89	6.93	0.15
Ex.Error	12	102.66	8.55				
Total	14	139.36	9.95				

CV = 73.67 %

**ตารางภาคผนวกที่ 31 แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของบัตเตอร์เฮด ฤดูปลูกที่ 1**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.0873	0.0592	0.2384	0.0694	0.0918	0.11
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.5154	0.1624	0.3168	0.2965	0.3982	0.34
R10/3	0.2545	0.2587	0.1071	0.3201	0.0969	0.21

**ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 31**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.21	0.10	7.15	3.89	6.93	0.00
Ex.Error	12	0.17	0.01				
Total	14	0.39	0.02				

CV = 26.38 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 33 แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของแบตเตอรี่เฮด ถดรูปลูกที่ 2**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	29.75	35.75	30.75	27.75	29.90	30.78
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	32.40	33.00	30.70	32.80	33.00	32.38
R10/3	31.10	31.70	34.40	35.15	31.50	32.77

**ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 33**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	11.12	5.56	1.25	3.89	6.93	0.32
Ex.Error	12	53.35	4.44				
Total	14	64.47	4.60				

CV = 6.59 %

**ตารางภาคผนวกที่ 35 แสดงค่าความยาวรากของแบตเตอรี่เฮด ถดรูปลูกที่ 2**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	37.20	48.50	42.00	29.00	42.30	39.80
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	37.10	46.90	49.70	57.00	41.70	46.48
R10/3	49.00	54.40	47.20	41.60	46.00	47.64

**ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 35**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	179.05	89.52	2.03	3.89	6.93	0.17
Ex.Error	12	529.14	44.09				
Total	14	708.19	50.58				

CV = 14.87 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 37 แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของแบตเตอรี่เฮด ถุดูปลู๊กที่ 2**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	55.00	65.00	45.00	35.00	50.00	50.00
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	60.00	56.00	60.00	60.00	60.00	59.20
R10/3	50.00	50.00	50.20	70.00	65.00	57.04

**ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 37**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	231.44	115.72	1.56	3.89	6.93	0.24
Ex.Error	12	890.03	74.16				
Total	14	1121.47	80.10				

CV = 15.54 %

**ตารางภาคผนวกที่ 39 แสดงค่าน้ำหนักสดรากของแบตเตอรี่เฮด ถุดูปลู๊กที่ 2**

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	8.03	8.53	4.48	3.26	10.45	6.95
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	13.05	8.24	10.52	12.40	9.62	10.77
R10/3	8.72	12.74	11.31	3.46	12.79	9.80

**ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 39**

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	39.38	19.69	2.10	3.89	6.93	0.16
Ex.Error	12	112.49	9.37				
Total	14	151.88	10.84				

CV = 33.37 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 41** แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของแบตเตอรี่เฮด ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	3.0610	3.6113	2.9928	2.1520	2.9402	2.9515
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	3.3946	3.2007	5.4883	3.2205	0.3430	3.1294
R10/3	2.9502	3.5424	3.3454	3.6289	3.4355	3.3805

**ตารางภาคผนวกที่ 42** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 41

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.47	0.23	0.19	3.89	6.93	0.82
Ex.Error	12	14.80	1.23				
Total	14	15.27	1.09				

CV = 35.21 %

**ตารางภาคผนวกที่ 43** แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของแบตเตอรี่เฮด ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.3570	0.3824	0.1867	0.1045	0.5593	0.32
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.6087	0.4200	0.4115	0.4551	0.4011	0.46
R10/3	0.4904	0.6706	0.6427	0.6471	0.5992	0.61

**ตารางภาคผนวกที่ 44** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 43

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.21	0.10	7.15	3.89	6.93	0.00
Ex.Error	12	0.17	0.01				
Total	14	0.39	0.02				

CV = 26.38 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 45** แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	21.60	20.65	15.80	19.55	nd	19.40
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	18.60	23.50	22.85	21.95	21.45	21.67
R10/3	29.10	20.50	26.10	10.75	19.45	21.18

**ตารางภาคผนวกที่ 46** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 45

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	116.83	58.41	1.31	3.89	6.93	0.30
Ex.Error	12	533.93	44.49				
Total	14	650.76	46.48				

CV = 34.28 %

**ตารางภาคผนวกที่ 47** แสดงค่าความยาวรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	39.00	28.60	29.60	38.40	nd	33.90
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	16.80	29.00	39.50	19.00	30.00	26.86
R10/3	26.90	38.20	38.70	6.10	22.90	26.56

**ตารางภาคผนวกที่ 48** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 47

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.7853	0.39	0.00	3.89	6.93	0.99
Ex.Error	12	2064.39	172.03				
Total	14	2065.17	147.51				

CV = 48.85 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 49** แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	12.81	23.56	11.84	20.41	nd	17.16
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	16.61	21.67	20.81	12.27	19.02	18.08
R10/3	37.71	23.81	28.21	2.81	18.10	22.13

**ตารางภาคผนวกที่ 50** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 49

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	176.64	88.32	1.00	3.89	6.93	0.60
Ex.Error	12	1063.35	88.61				
Total	14	1239.99	88.57				

CV = 52.36 %

**ตารางภาคผนวกที่ 51** แสดงค่าน้ำหนักสดรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	2.15	3.79	2.77	3.91	nd	3.16
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	1.74	2.78	4.03	1.65	6.92	3.42
R10/3	5.01	3.47	5.51	0.14	2.17	3.26

**ตารางภาคผนวกที่ 52** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 51

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	2.29	1.14	0.29	3.89	6.93	0.75
Ex.Error	12	48.17	4.01				
Total	14	50.47	3.60				

CV = 65.27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 53** แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	1.0576	1.6784	0.8432	1.4991	nd	1.2696
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	1.3907	1.5413	1.3522	1.0431	1.7802	1.4215
R10/3	2.2951	1.4827	1.9285	0.2652	1.1636	1.4270

**ตารางภาคผนวกที่ 54** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 53

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.55	0.27	0.75	3.89	6.93	0.50
Ex.Error	12	4.46	0.37				
Total	14	5.01	0.35				

CV = 47.34 %

**ตารางภาคผนวกที่ 55** แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 1

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.0755	0.1712	0.1198	0.1439	nd	0.13
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.0515	0.0938	0.1911	0.0591	0.3789	0.15
R10/3	0.2533	0.1536	0.2469	0.0127	0.0824	0.15

**ตารางภาคผนวกที่ 56** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 55

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.00	0.00	0.35	3.89	6.93	0.71
Ex.Error	12	0.13	0.01				
Total	14	0.14	0.01				

CV = 79.59 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 57** แสดงค่าความกว้างทรงพุ่มของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	33.05	30.40	30.80	27.10	34.25	31.12
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	36.00	37.10	31.80	31.05	32.65	33.72
R10/3	35.05	38.10	34.25	34.10	36.25	35.55

**ตารางภาคผนวกที่ 58** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 57

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	49.55	24.77	4.25	3.89	6.93	0.03
Ex.Error	12	69.92	5.82				
Total	14	119.47	8.53				

CV = 7.21 %

**ตารางภาคผนวกที่ 59** แสดงค่าความยาวรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	35.10	36.90	39.40	33.60	36.50	36.30
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	51.50	49.60	43.00	31.20	45.20	44.10
R10/3	39.40	52.10	50.00	40.50	38.80	44.16

**ตารางภาคผนวกที่ 60** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 59

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	204.37	102.18	2.82	3.89	6.93	0.09
Ex.Error	12	434.51	36.20				
Total	14	638.88	45.63				

CV = 14.49 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 61** แสดงค่าน้ำหนักสดต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	41.00	35.00	36.00	25.00	35.00	34.40
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	51.50	49.60	43.00	31.20	45.20	44.10
R10/3	40.00	49.00	40.00	55.00	45.00	45.80

**ตารางภาคผนวกที่ 62** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 61

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	378.23	189.11	4.11	3.89	6.93	0.04
Ex.Error	12	551.84	45.98				
Total	14	930.07	66.43				

CV = 16.36 %

**ตารางภาคผนวกที่ 63** แสดงค่าน้ำหนักสดรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	8.14	9.53	10.87	7.19	8.68	8.88
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	9.26	9.40	8.18	6.95	7.79	8.32
R10/3	8.25	8.08	11.90	12.88	12.08	10.64

**ตารางภาคผนวกที่ 64** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 63

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	14.65	7.32	2.67	3.89	6.93	0.10
Ex.Error	12	32.99	2.74				
Total	14	47.65	3.40				

CV = 17.87 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 65** แสดงค่าน้ำหนักแห้งต้นของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	2.3653	2.1077	1.9506	1.6745	2.1337	2.0464
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	2.2416	2.5340	2.0192	2.1419	2.2098	2.2293
R10/3	2.3888	2.6769	2.6047	3.0317	2.6752	2.6755

**ตารางภาคผนวกที่ 66** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 65

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	1.05	0.52	10.14	3.89	6.93	0.00
Ex.Error	12	0.62	0.05				
Total	14	1.67	0.11				

CV = 9.83 %

**ตารางภาคผนวกที่ 67** แสดงค่าน้ำหนักแห้งรากของเรดโอ๊ค ฤดูปลูกที่ 2

Treatment	ซ้ำที่					Average
	R1	R2	R3	R4	R5	
Control	0.3289	0.3153	0.2701	0.1825	0.2574	0.27
R10/3 <sup>Amp 50+Rif 70</sup>	0.2732	0.3117	0.3541	0.1882	0.3041	0.29
R10/3	0.2512	0.3285	0.3984	0.5174	0.4320	0.39

**ตารางภาคผนวกที่ 68** การวิเคราะห์ผลทางสถิติตารางภาคผนวกที่ 67

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Treatment	2	0.03	0.01	3.35	3.89	6.93	0.06
Ex.Error	12	0.07	0.00				
Total	14	0.10	0.00				

CV = 24.37 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 69 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นพืลเลย์ระยะ 14 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	5	8	11
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 70 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากพืลเลย์ระยะ 14 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 71 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นพืลเลย์ระยะ 45 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	349	330	341
10 <sup>2</sup>	17	13	21
10 <sup>3</sup>	8	8	5

ตารางภาคผนวกที่ 72 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากพืลเลย์ระยะ 45 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 73 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นกรีนไค้ระยะ 14 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 74 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากกรีนไค้ระยะ 14 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 75 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นกรีนไค้ระยะ 45 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 76 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากกรีนไค้ระยะ 45 วัน

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 77 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด  
ระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 1**

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

**ตารางภาคผนวกที่ 78 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัตเตอร์เฮด  
ในระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 1**

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	80	216	88
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

**ตารางภาคผนวกที่ 79 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด  
ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 1**

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 80 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัวเตอร์เฮด  
ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 1**

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	448	382	830
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

**ตารางภาคผนวกที่ 81 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัวเตอร์เฮด  
ในระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 2**

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	178	143	164
10 <sup>2</sup>	23	15	12
10 <sup>3</sup>	2	1	4

**ตารางภาคผนวกที่ 82 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัวเตอร์เฮด  
ในระยะ 14 วัน ในฤดูปลูกที่ 2**

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	42	37	51
10 <sup>2</sup>	13	9	6
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 83 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นบัตเตอร์เฮด  
ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 84 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากบัตเตอร์เฮด  
ในระยะ 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 85 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดอีคในระยะ 14 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 1

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	1	2	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 86 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากเรดโอ๊คในระยะ 14 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 1

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	206	342	114
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 87 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดโอ๊คในระยะ 45 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 1

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 88 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากเรดโอ๊คในระยะ 45 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 1

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	84	55	29
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 89 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดโอ๊คในระยะ 14 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 2

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	2	2	2
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 90 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณรากเรดโอ๊คในระยะ 14 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 2

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	1	-	1
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

ตารางภาคผนวกที่ 91 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดโอ๊คในระยะ 45 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 1

dilution	จำนวนโคโลนี		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
10 <sup>1</sup>	-	-	-
10 <sup>2</sup>	-	-	-
10 <sup>3</sup>	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 92 แสดงค่าจำนวนโคโลนีที่เป็นเอนโดไฟท์บริเวณต้นเรดโอ๊คในระยะ 14 วัน  
ในฤดูปลูกที่ 1

dilution	จำนวนโคโลนี		
	$R_1$	$R_2$	$R_3$
$10^1$	-	-	-
$10^2$	-	-	-
$10^3$	-	-	-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้