การศึกษาการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยแบคทีเรียอิพิไฟต์

STUDY OF GROWTH PROMOTION IN RICE VARIETY KDML 105 BY EPIPHYTIC BACTERIA

ชลิตา หนูนุ่ม
น้ำมนต์ ฤทธิ์มาก
ประภัสสร สาราด

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การศึกษาการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยแบคทีเรียอิพิไฟต์

STUDY OF GROWTH PROMOTION IN RICE VARIETY KDML 105 BY EPIPHYTIC BACTERIA

ชลิตา หนูนุ่ม
น้ำมนต์ ฤทธิ์มาก
ประภัสสร สาราด

โครงงานพิเศษเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF GROWTH PROMOTION IN RICE VARIETY KDML 105 BY EPIPHYTIC BACTERIA

Chalita Nunum

Nummon Ritmak

Prapatsorn Sarad

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN

PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACEDEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยแบคทีเรียอิพิไฟต์ Study of Growth Promoting in Rice Variety KDML 105 by Epiphytic Bacteria		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชลิตา	หนูนุ่ม	รหัส 55051259
	นายน้ำมนต์	ฤทธิ์มาก	รหัส 55051316
	นางสาวประภัสสร	สาราด	รหัส 55051327
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย กิตติวงศ์วัฒนา		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.วรกฤต วรนันทกิจ กรรมการ	
ผศ.ดร.โชคชัย กิตติวงศ์วัฒนา กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยแบคทีเรียอิพิไฟต์		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชลิตา	หนูนุ่ม	รหัส 55051259
	นายน้ำมนต์	ฤทธิ์มาก	รหัส 55051316
	นางสาวประภัสสร	สาราด	รหัส 55051327
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย กิตติวงศ์วัฒนา		

บทคัดย่อ

เชื้อแบคทีเรียอิพิไฟต์ (Epiphytic Bacteria) ทั้งหมด 73 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวก จำนวน 31 ไอโซเลต แบคทีเรียแกรมลบ จำนวน 42 ไอโซเลต รูปร่างกลม จำนวน 21 รูปร่างท่อน จำนวน 52 ไอโซเลต ซึ่งนำแบคทีเรียเชื้อเหล่านี้มาศึกษาความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งสามสภาวะคือ สภาวะปกติ 20 ไอโซเลต สภาวะเครียด 33 ไอโซเลต และสภาวะปราศจากไนโตรเจน 40 ไอโซเลต พบว่าที่สภาวะปกติมี 2 ไอโซเลตที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวสูงสุด ซึ่งได้แก่ ไอโซเลต 3216 (1.5105±0.0570) และ 3208 (1.0329±0.0570) ตามลำดับ ในสภาวะเครียด ทดสอบในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0.72% (น้ำหนัก/ปริมาตร) มี 4 ไอโซเลตที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวสูงสุด ซึ่งได้แก่ ไอโซเลต 1308 (1.4093±0.0766)2310 (2.2092±0.1273) 3308 (1.2281±0.0754) และ 2008 (1.1763±0.0987) ตามลำดับ และ สภาวะปราศจากไนโตรเจนทดสอบบนอาหารสูตร Hoagland ปราศจากไนโตรเจน มี 2 ไอโซเลตที่ให้ค่าอัตราส่วนอัตราส่วนความยาวลำต้นและน้ำหนักสดสูงสุด ซึ่งได้แก่ ไอโซเลต 3103 (1.1498±0.2294) และ 3209 (1.1578±0.0276) เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากงานวิจัยในครั้งนี้ควรนาแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตไปทดลองกับต้นข้าวในสภาวะที่มีการเพาะปลูกจริง

คำสำคัญ : การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพืช, ข้าว, แบคทีเรียอิพิไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Study of Growth Promotion in Rice Variety KDML 105 by Epiphytic Bacteria		
Students	Miss Chalita	Nunum	Students ID 55051259
	Mr. Nummon	Ritmak	Students ID 55051316
	Miss Prapatsorn	Sarad	Students ID 55051327
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)		
Department	Biology		
Academic Year	2015		
Advisor	Asst.Prof. Dr.Chokchai Kittiwongwattana		

ABSTRACT

Seventy-three bacterial isolates were used in this study. Thirty-one isolates were gram-stained positive and 42 isolates were gram-stained negative. Twenty-one isolates were cocci and 52 isolates were rod-shaped. We studied three conditions of plant growth promotion in rice variety KDML 105. There were 20 isolate in normal condition, 33 isolates in saliinty-stress condition and 40 isolates in nitrogen-free condition. In normal condition, there were two isolates with the highest ratios of fresh and dry weight. They were isolate 3216 (1.5105±0.0570) and isolate 3208 (1.0329±0.0570). In the salinity of 0.72% (w/v) NaCl, there were four isolates with the highest ratios of root length, stem length, fresh and dry weight. They were isolate 1308 (1.4093±0.0766), isolate 2310 (2.2092±0.1273), isolate 3308 (1.2281±0.0754) and isolate 2008 (1.1763±0.0987). In nitrogen-free condition, we tested on the Hoagland medium. There were two isolates with the highest ratios of stem length and fresh weight. They were most with isolate 3103 (1.1498±0.2294) and isolate 3209 (1.1578±0.0276). For the highest benefit, these epiphytic bacteria should be tested for their plant growth promotion in rice fields.

Keywords : Epiphytic bacteria, Plant growth promotion, rice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย กิตติวงศ์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำถึงแนวทางในการทำโครงงานพิเศษที่ดีมาโดยตลอด ตลอดจนตรวจทานแก้ไขรูปเล่มโครงงานพิเศษในส่วนที่บกพร่อง การค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมในด้านที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ ทำให้โครงงานพิเศษเล่มนี้ถูกต้องสมบูรณ์และเรียบร้อยด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ประธานโครงงานพิเศษ ที่กรุณาเสียสละเวลาในการตรวจทาน ให้คำแนะนำและพิจารณาโครงงานพิเศษเล่มนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรกฤต วรนันทกิจ กรรมการโครงงานพิเศษ ที่กรุณาเสียสละเวลา ในการตรวจทาน ให้คำแนะนำและพิจารณาโครงงานพิเศษเล่มนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่กรุณาอบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำตลอดการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งการตรวจทานรูปเล่ม และให้กำลังใจที่ดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่กรุณาอบรมสั่งสอนและให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ทำให้ผู้จัดทำสามารถทาโครงงานพิเศษครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วง

สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ชลิตา หนูนุ่ม
น้ำมนต์ ฤทธิ์มาก
ประภัสสร สาราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้าว	3
2.2 แบคทีเรียอิพิไฟต์	9
2.3 ออกซิน (Auxins)	9
2.4 เอนไซม์ ACC deaminase	12
2.5 สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ	13
2.6 สภาวะขาดแคลนไนโตรเจน	14
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	27
4.1 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าว	27
4.2 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวโดยแบคทีเรียอิพิไฟต์	28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะที่สำคัญของข้าวอินดิกา จาปอนิกา จาวานิกา	4
2.2 แสดงลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์	8
2.3 ตัวอย่างแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจน	15
4.1 แสดงแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าว	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ออกซินชนิดต่างๆที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ	10
2.2 กลไกการทำงานของเอนไซม์ ACC deaminase	13
2.3 วัฏจักรไนโตรเจน	15
2.4 กลไกการตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย	17
4.1 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวรากของต้นข้าวในสภาวะปกติ	35
4.2 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวลำต้นของต้นข้าวในสภาวะปกติ	36
4.3 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวในสภาวะปกติ	37
4.4 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวในสภาวะปกติ	38
4.5 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวรากของต้นข้าวในสภาวะเครียด	39
4.6 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวลำต้นของต้นข้าวในสภาวะเครียด	40
4.7 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวในสภาวะเครียด	41
4.8 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวในสภาวะเครียด	42
4.9 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวรากของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน	43
4.10 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวลำต้นของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน	44
4.11 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน	45
4.12กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ข้าว จัดเป็นอาหารหลักสำหรับบริโภคของมนุษย์ มีวิธีการปลูกที่แตกต่างกันออกไปหลายวิธี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ เกษตรกรจึงเร่งการเจริญเติบโตของข้าวโดยใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งปุ๋ยเคมีเหล่านี้อาจมีสารตกค้าง ในผลผลิตและในดินเป็นผลให้พื้นดินที่ทำการเกษตรขาดความอุดมสมบูรณ์ งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพที่มีจุลินทรีย์เป็นส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในต้นข้าว เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากจุลินทรีย์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสารเคมี ทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในข้าว สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคในพืช ได้รวมถึงช่วยปรับสภาพให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่เสมอ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยทางชีวภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต จึงเป็นทางเลือกที่ดีในการนำมาประยุกต์ใช้ทางการเกษตรอย่างยั่งยืน

แบคทีเรียอิพิไฟต์ (Epiphytic Bacteria) เป็นแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืช (Plant growth promoting) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีช่วงชีวิตทั้งหมดหรือบางช่วงอยู่บริเวณเนื้อเยื่อรากของพืชแล้วให้ประโยชน์แก่พืชที่อาศัยแบบภาวะพึ่งพากันและกัน โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือก่อให้เกิดโรคพืช แบคทีเรียอิพิไฟต์สามารถยับยั้งจุลินทรีย์สาเหตุของโรคพืชได้ และมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผ่านกลไกทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ความสามารถในการละลายฟอสเฟตอนินทรีย์และแร่ฟอสเฟตอินทรีย์ การผลิตสาร ไซเดอร์โรฟอร์ การสังเคราะห์สารชนิดต่างๆเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต เช่น ออกซิน, ไซโตไคนิน, จิบเบอเรลลิน, indole acetic acid (IAA)เป็นต้น และสามารถสร้างเอนไซม์ 1-amino-cylopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase เพื่อลดระดับของเอทีลีน ข้อมูลทั้งหมดสนับสนุนและแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับจุลินทรีย์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต นอกจากนี้แบคทีเรียอิพิไฟต์บางชนิดมีความสามารถในการช่วยตรึงไนโตรเจนทำให้พืชสามารถดูดไนโตรเจนอิสระไปใช้ในการเจริญได้

โครงงานพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยเลี้ยงรวมกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าวในพื้นที่ต่างๆ ทดสอบในสภาวะปกติ สภาวะเครียดและสภาวะปราศจากไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อทดสอบความสามารถของแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่สร้างฮอร์โมน IAA ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ

2. เพื่อทดสอบความสามารถของแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่สร้างเอนไซม์ ACC deaminase ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ

3. เพื่อทดสอบความสามารถของแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ตรึงไนโตรเจนในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาพที่ขาดไนโตรเจน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในโครงงานพิเศษนี้จะนำแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าวในพื้นที่ต่างๆทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่หนองจอก จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสระบุรี ทดสอบความสามารถในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยปลูกในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใน 3 สภาวะคือ สภาวะปกติ สภาวะเครียดและสภาวะปราศจากไนโตรเจน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ

2. ทราบแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะเครียด

3. ทราบแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้ในการส่งเสริมการตรึงไนโตรเจนเพื่อช่วยให้ต้นข้าวนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

2.1.1 ความหมายของข้าว

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 ให้ความหมายของ “ข้าว” คือ เมล็ดของพืชในตระกูลหญ้าวงศ์ *Gramineae* ข้าวจัดเป็นธัญพืชหลักที่สำคัญของมนุษย์ ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพสามารถปลูกขึ้นได้ง่าย โดยข้าวที่มนุษย์ปลูกเพื่อนำมาบริโภคมี 2 สปีชีส์ คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* Linn.) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* steud) (ณัฐนันทร์, 2543) นักพฤกษศาสตร์ด้านอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ได้จัดจำแนกข้าวขาวดอกมะลิไว้ ดังนี้

Kingdom Plant

Division Spermatophyta

Class Angiospermae

Order Graminales

Family Graminae

Genus *Oryza*

Species *Oryza sativa*

Oryza sativa เป็นข้าวที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในโลก สามารถแบ่งออกเป็น 3 subspecies ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน และการปรับตัวเพื่อการเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อม ดังนี้

1. ข้าวอินดิกา (Indica) หรือข้าวเจ้า เป็นข้าวที่นิยมปลูกในทวีปเอเชียเขตร้อน เช่น อินเดีย ศรีลังกา ไทย ฟิลิปปินส์ บังกลาเทศ อินโดนีเซีย จีนตอนใต้และจีนตอนกลาง ในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาะปลูกข้าวอินดิกาที่บริเวณราบลุ่มตอนใต้ของแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะของเมล็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูง ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมต่างๆได้ง่าย

2. ข้าวจาปอนิกา (Japonica) หรือข้าวเหนียว เป็นข้าวที่นิยมเพาะปลูกในประเทศจีนตอนเหนือและตะวันตก เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น รัสเซีย ยุโรป อเมริกา และประเทศอื่นๆในเขตอบอุ่น มีแหล่งกำเนิดจากทางภาคเหนือ ผ่านมาทางลุ่มแม่น้ำโขงก่อนพุทธศตวรรษที่ 20 ลักษณะของเมล็ดป้อมสั้น ให้ผลผลิตสูง

3. ข้าวจาวานิกา (Javanica) ลักษณะของเมล็ดป้อมใหญ่ สันนิษฐานกันว่าเป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าวจาปอนิกา (Japonica) และข้าวอินดิกา (Indica) เป็นข้าวที่พบในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น เนื่องจากเป็นข้าวที่ให้ผลผลิตต่ำจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมนำมาเพาะปลูกกันมากนัก

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะที่สำคัญของข้าวอินดิกา จาปอนิกา จาวานิก

ลักษณะที่สำคัญของข้าว	ข้าวอินดิกา	ข้าวจาปอนิกา	ข้าวจาวานิกา
ใบ	กว้าง สีเขียวอ่อน	แคบ สีเขียวแก่	กว้าง แข็ง สีเขียวอ่อน
เมล็ด	ยาว ค่อนข้างแบน	สั้น กลม	กว้าง หนา
กอ	แตกกอมาก	แตกกอปานกลาง	แตกกอน้อย
ต้น	สูง อ่อน	เตี้ย แข็ง	สูง แข็ง
หางของใบ	สั้น	สั้นมาก-ยาว	สั้นมาก-ยาว
ขนของข้าวเปลือก	สั้นมาก	ขนมาก และยาว	ขนยาว
การร่วง	เมล็ดร่วงง่าย	เมล็ดร่วงยาก	เมล็ดร่วงยาก

ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2527

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นข้าว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญของข้าว แบ่งออกได้ 2 ประเภท ตามลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการขยายพันธุ์ ดังนี้

1. **ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต**

1.) ราก (Root)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากข้าว เป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินใช้ยึดลำต้นข้าวไว้กับดินไม่ให้ล้ม ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหาร นอกจากนี้อาจทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารที่เหลือใช้ เพื่อให้ต้นข้าวได้นำไปใช้ในช่วงที่ขาดแคลน ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีระบบรากฝอย (Fibrous root system) แตกกระจายอยู่ใต้ผิวดินทำให้รากของข้าวไม่อยู่ลึกมากจากผิวดิน แต่ละแขนงของรากฝอยจะมีรากขนอ่อน ประกอบด้วยราก 2 ชนิด คือ ปฐมภูมิ (Primary root) เรียกว่ารากแรกเกิด ทำหน้าที่ รองรับส่วนต่างๆของข้าวให้ทรงตัวอยู่ได้ รากทุติยภูมิ (Secondary root) เรียกว่า รากเสริม เป็นรากที่เกิดขึ้นเพื่อทดแทนรากแรกเกิด

2.) ลำต้น (Stem or Culm)

ลำต้นของข้าวมีลักษณะเป็นโพรงตรงกลาง ประกอบด้วยข้อและปล้องที่เรียงต่อสลับกัน โดยมีผนังกั้นข้อ (Node septum) ความยาวจะแตกต่างกันแต่จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนของใบ ปกติมีประมาณ 20-25 ปล้อง (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2520) มีนวมโคนกาบใบหุ้มอยู่ที่ข้อมีตา ตาจะเจริญขึ้นเป็นหน่อใหม่ ซึ่งจะทำให้ข้าวหนึ่งต้นแตกกอเป็นหลายต้นได้ ลำต้นทำหน้าที่พยุงใบ ดอก และรวง โดยเฉพาะให้ใบชูออกรับแสงแดดเพื่อสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสง

3.) ใบ (Leaf)

ใบข้าวจัดเป็นใบเดี่ยว (Simple leaf) ที่เป็นใบแท้ ลักษณะเป็นแผ่นแบนบางค่อนข้าวยาว รูปหอก ประกอบด้วยก้านใบหรือตัวใบ (Leaf sheath) และแผ่นใบ (Leaf blade) โดยมีข้อต่อใบ (Leaf collar) แบ่งก้านใบแยกออกจากตัวใบอย่างชัดเจน และมีเส้นกลางใบ (Midrib) แบ่งออกเป็น 2 ซีกเท่าๆกัน และมักมีขนอ่อน (Pubescence) บนใบ กาบใบจะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่างๆจากรากและลำต้นไปยังตัวใบเพื่อใช้สำหรับสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ด(ศูนย์การเรียนรู้การเกษตรตำบลสาคู, 2554) และลำเลียงอาหารจากตัวใบไปยังส่วนต่างๆ นอกจากนั้นยังช่วยสะสมอาหารไว้สำหรับรวงข้าวและช่วยส่งเสริมให้ลำต้นแข็งแรงขึ้น

2. ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการขยายพันธุ์

1.) ช่อดอกหรือรวงข้าว (Inflorescence or particle)

ช่อดอกหรือดอกข้าว (Spike lets) หลายๆดอกที่รวมกันเป็นช่อโดยติดอยู่บนระแง้ (Rachis) หรือแขนง (Branches) ที่แตกออกไปจากแกนกลาง (Main axis) ของช่อดอก ซึ่งเกิดที่ข้อปล่องอันสุดท้ายของต้นข้าว เมื่อมีการผสมพันธุ์ในดอกข้าวระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจะมีการพัฒนาเป็นเมล็ดภายในแต่ละดอกและเรียกส่วนที่มีการพัฒนาไปเป็นเมล็ดว่า รวงข้าว

2.) ดอกข้าว (Spike lets)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกข้าวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect flower) เป็นพืชที่มีความสามารถในการผสมตัวเอง (Self-pollination) เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีเกสรตัวผู้ (Stamen) และเกสรตัวเมีย (Pistil) อยู่ภายในดอกเดียวกัน เกสรตัวผู้ประกอบด้วย กระเปาะเกสรตัวผู้ (Anther) สีเหลืองภายในมีละอองเกสรตัวผู้ (Pollen grains) ขนาดเล็กจำนวนมาก ในดอกข้าวแต่ละดอกจะมีกระเปาะเกสรตัวผู้ 6 อัน ส่วนเกสรตัวเมียประกอบด้วย ที่รับละอองเกสรตัวผู้ (Stigma) ลักษณะคล้ายหางกระรอกขนาดเล็กจำนวนสองอัน ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอก (Glume) 2 แผ่นประสานกัน แบ่งออกเป็น เปลือกนอกแผ่นใหญ่ เรียกว่า เลงมา (Lemma) บริเวณปลายสุดที่มีลักษณะยื่นออกไปเรียกว่า หางข้าว (Awn) พันธุ์ข้าวบางพันธุ์มีหางสั้น บางพันธุ์มีหางยาว ซึ่งพันธุ์ที่มีหางยาวจะไม่เป็นที่ต้องการ เนื่องจากทำให้เก็บเกี่ยวและนวดยาก นอกจากนี้อาจทำให้ผู้ที่เข้าไปเก็บเกี่ยวเกิดเป็นแผลตามผิวหนังได้ง่าย ส่วนเปลือกนอกแผ่นเล็กเรียกว่า พาเลีย (Palea) อาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้ ถ้าที่เปลือกนี้ไม่มีขน ที่ใบของมันก็มักจะไม่มีขนและมีผิวเรียบ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2527)

3.) เมล็ดข้าว (Seed) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 อย่าง ดังนี้

a. เปลือกนอก (Hull, Husk) หรือที่เราเรียกกันว่า แกลบ
b. เปลือกเมล็ด (Caryopsis) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มแป้ง แต่อยู่ภายในแกลบ
c. แป้ง (Endosperm) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ชั้นอะลูโคน (Aleurone layer) เป็นเนื้อเยื่อส่วนนอกสุดของส่วนที่เป็นแป้ง และส่วนที่เป็นเนื้อแป้ง (Starchy endosperm) เป็นส่วนแป้งที่เราบริโภคเป็นอาหาร
d. คัพภะ (Embryo) คือส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าว อยู่ในเนื้อเยื่อชั้นอะโลน คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิตและสามารถงอกเป็นต้นข้าวได้ เมื่อนำไปเพาะเลี้ยง (กรรณิการ์ และคณะ, 2556ก)

2.1.3 ประวัติการปลูกข้าวในประเทศไทย

จากหลักฐานด้านโบราณคดี เช่น เครื่องปั้นดินเผา และก้อนอิฐที่ขุดพบได้ในประเทศไทย แสดงให้เห็นว่าคนไทยมีการปลูกข้าวมาไม่น้อยกว่า 5,500 ปีแล้ว นักวิชาการข้าวชาวญี่ปุ่น 3 คน คือ Tayada Watabe, Tomoya Akihama และ Osamu Kinoshita จากมหาวิทยาลัย Tottori และกระทรวงเกษตร และป่าไม้ได้ศึกษาหลักฐานเกี่ยวกับเรื่องข้าวจากร่องรอยแกลบข้าวในอิฐจากโบราณสถานในจังหวัดต่างๆ 34 จังหวัด จำนวน 108 แห่ง การศึกษาวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าช่วงพุทธศตวรรษที่ 11-20 มีข้าวชนิดต่างๆจำนวน 3 ขนาด คือ ข้าวเมล็ดใหญ่ ได้แก่ข้าวเหนียวที่ขึ้นงอกงามในที่สูง ข้าวเมล็ดป้อม ได้แก่ ข้าวเหนียวที่ขึ้นงอกงามในที่ลุ่ม และข้าวเมล็ดเรียว ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวแต่ละชนิดพบมากน้อยแตกต่างกันไปตามระยะเวลา (สิรินธร, 2538)

เอกสารนี้ [illegible] ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของข้าว

ข้าว เป็นธัญญาหารที่สำคัญต่อมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิต ประชากรโลกมากกว่าร้อยละ 50 นิยมบริโภคข้าวเป็นอาหาร สำหรับประเทศไทยซึ่งมีภูมิศาสตร์ตั้งอยู่ในเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ประชากรมากกว่าร้อยละ 80 บริโภคข้าวเพื่อยังชีพเฉลี่ยคนละ 100 กิโลกรัมต่อปี นอกจากข้าวจะมีความสำคัญในด้านการใช้เป็นแหล่งพลังงานของมนุษย์แล้ว ข้าวยังมีบทบาทให้ประชากรมีงานทำ โดยเฉพาะคนในท้องถิ่นชนบท ชาวนาในประเทศไทยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวได้คิดเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้าน ข้าวจึงจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจที่ทำเงินรายได้เข้าประเทศเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ (ประภาส, 2517)

2.1.5 ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ถูกพบครั้งแรกในอำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี โดยนายจรูญ ตัณฑวุฒ ได้นำมาปลูกไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 และ 2500 (ตุ๊แสนฤทธิ์, 2015)

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการซื้อขายข้าวหอมมะลิกับประเทศต่างๆ เนื่องจากเป็นข้าวที่มีคุณภาพสูง ในปี ค.ศ. 1988 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวหอมมะลิอัตราการเติบโตเฉลี่ย 100,000 ตันต่อปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวหอมมะลิ (Jasmine Rice) คุณภาพสูงพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีชื่อเสียงมากที่สุดเพราะมีกลิ่นหอมเหมือนใบเตย นุ่มน่ารับประทาน นอกจากนั้นในปี พ.ศ. 2466 สถิติการค้าข้าวส่วนใหญ่ส่งไปขายประเทศจีน และประเทศมาเลเซีย (สิรินธร, 2538) นับได้ว่าข้าวขาวดอกมะลิเป็นข้าวที่มีราคาแพงที่สุดเมื่อเทียบกับข้าวสายพันธุ์อื่นๆ และมีประวัติความเป็นมาค่อนข้างยาวนาน ที่ได้มาจากการปรับปรุงสายพันธุ์พื้นเมือง (กรมการข้าว, 2553)

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง (ตุ๊แสนฤทธิ์, 2015) หมายถึงจะออกดอกออกรวงในช่วงที่มีกลางคืนยาวกว่ากลางวันเท่านั้น ซึ่งก็คือช่วงฤดูหนาวของทุกๆปี หรือประมาณเดือนพฤศจิกายนและเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ทำให้ข้าวชนิดนี้สามารถปลูกได้ปีละ 1 ครั้งเท่านั้น เป็นเหตุให้ชาวนาส่วนมากไม่นิยมปลูก แต่หันไปปลูกข้าวชนิดอื่นที่ให้ผลผลิตสูงกว่าแทน ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จึงเป็นที่ต้องการของตลาด โดยเฉพาะข้าวที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์

2.1.6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพืชล้มลุก มีระบบรากเป็นรากฝอย ปลูกให้ผลผลิตดีในช่วงฤดูนาปี ความสูงของต้นถึงคอรวงประมาณ 140 เซนติเมตร หากสูงกว่านี้ลำต้นอาจจะล้มได้ ความยาวจากคอรวงถึงปลายรวงประมาณ 33 เซนติเมตร ปล้องมีสีเหลืองอ่อน ก้านใบและใบมีสีเขียวยาวค่อนข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคบ มีขนบนใบ (วิโรจน์ และคณะ, 2556) ลำต้นของต้นข้าวมีสีเขียวจาง มีลักษณะฟางข้าวที่อ่อน เมื่อข้าวเปลือกสุกจะเปลี่ยนเป็นสีฟาง เมล็ดมีความใส แกร่ง เลื่อมมัน มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตยเวลาต้มหรือหุงสุก ซึ่งความหอมของข้าวเกิดจากสารประกอบ 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) ที่สามารถระเหยได้ ดังนั้นการเก็บรักษาจึงต้องเก็บไว้ในที่ๆมีความเย็นประมาณอุณหภูมิ 15 องศา (ตุ๊แสนฤทธิ์, 2015)

ลักษณะเด่นพิเศษ คือ เป็นข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดดีมาก เมล็ดข้าวสารใสรูปร่างเรียวยาว จมูกข้าวเล็ก มีสีสวยมีกลิ่นหอมเหมือนใบเตย เมื่อนำมาหุงยังคงมีกลิ่นหอมและอ่อนนิ่ม มีรสชาติดี มีความแข็งแรงจึงทำให้คุณภาพการขัดสีดี สามารถสีได้ข้าวเต็มเมล็ด ทนดินเปรี้ยว ดินเค็มและทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ข้าวสวนนาทั่วไป (สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว,2553) เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่แห้งแล้ง ไม่ต้องการน้ำมาก ถ้านำไปปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ข้าวจะแตกกอได้ดี เจริญเติบโตได้เร็ว (ตุ๊แสนฤทธิ์, 2015)

ลักษณะด้อย คือ มักเป็นโรคได้ง่าย เช่น โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบสีส้มและโรค ใบหงิก เป็นต้น ไม่ต้านทานต่อแมลงศัตรูข้าวทุกชนิด เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว แมลงบั่ว หนอนกอ เป็นต้น (กรมการข้าว, 2553) เมื่อข้าวแก่มักจะล้มง่าย น้ำหนักของเมล็ดเบาทำให้ได้ผลผลิตน้อย ประมาณ 365 กิโลกรัมต่อไร่ เกสรตัวผู้อ่อนแอกว่าเกสรตัวเมีย และถ้าหากเกสรตัวผู้ตายจะทำให้เมล็ดข้าวลีบ (ตุ๊แสนฤทธิ์, 2015)

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์

ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์	
ความสูงของต้นข้าว	140 ซ.ม.
อายุเก็บเกี่ยว	เดือนพฤศจิกายน
ผลผลิตโดยเฉลี่ย	365 กก. / ไร้
ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ยาว×กว้าง×หนา	10.6×2.5×1.9 ม.ม.
ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว×กว้าง×หนา	7.5×2.1×1.8 ม.ม.
ปริมาณอะมิโลส	12-17 %
น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด	เฉลี่ย 27.7 กรัม
ระยะพักตัวของเมล็ด	8 สัปดาห์

ที่มา : http://www.raiporjai.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แบคทีเรียอิพิไฟต์

2.2.1 นิยามและความหมายของแบคทีเรียอิพิไฟต์

แบคทีเรียอิพิไฟต์ (epiphytic bacteria) เป็นแบคทีเรียที่เกาะอยู่พื้นผิวบริเวณส่วนต่างๆของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล สามารถหลุดออกจากพืชได้โดยการล้าง การฉายรังสี หรือการใช้สารเคมี (กรรณิการ์ และคณะ 2556 ข) ซึ่งใช้ชีวิตทั้งหมดหรือบางช่วงอยู่บนต้นพืช แล้วให้ประโยชน์แก่พืชอาศัยโดยไม่ทำอันตรายหรือก่อให้เกิดโรคแก่พืช ในปัจจุบันมีการศึกษาแบคทีเรียอิพิไฟต์ในพืช พบว่ามีความหลายหลายทางสปีชีส์ของแบคทีเรียอิพิไฟต์ในพืช แบคทีเรียอิพิไฟต์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืช ยังพบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์บางกลุ่มช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทำให้เพิ่มการดูดซึมธาตุอาหาร และบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้ (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557)

2.2.2 บทบาทและความสำคัญของอิพิไฟต์

แบคทีเรียอิพิไฟต์มีบทบาทในการสร้างสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เรียกว่า Plant growth promoting bacteria (PGPB) ซึ่งสามารถส่งเสริมสนับสนุนการเจริญของพืชโดยการสร้างฮอร์โมนพืชต่างๆ ดังนี้

1) ออกซิน เป็นฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับการเจริญบริเวณปลายรากและปลายยอด

2) ไซโตไคนิน เป็นกลุ่มของสารที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของพืชที่ชะลอการแก่ชราและกระตุ้นการแตกตาข้าง

3) จิบเบอเรลลิน เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) ทำลายการพักตัวของพืชกระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิดและยับยั้งการออกดอกของพืชบางชนิด สารกลุ่มนี้มีทั้งที่พืชสร้างขึ้นเอง (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557)

2.3 ออกซิน (Auxins)

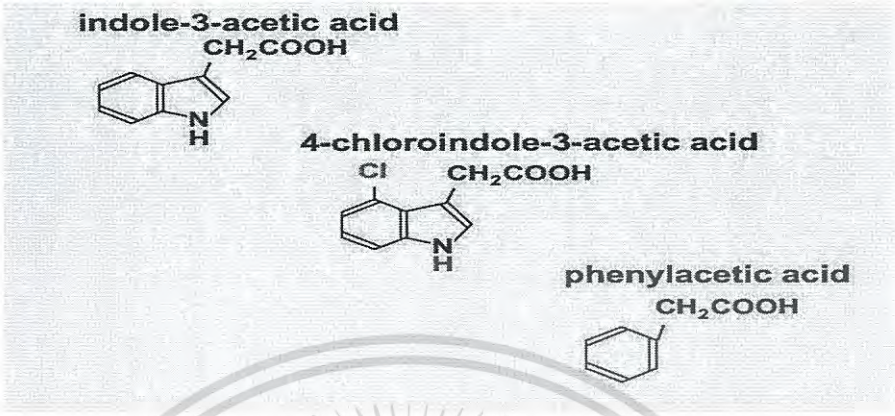
ออกซินเป็นฮอร์โมนพืชชนิดแรก ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติมีทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่

1) IAA (Indole-3-acetic acid) พบในปริมาณมากที่สุด

2) 4-chloro IAA (chloroindole-3-acetic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) PAA (phenylacetic acid) (วิโรจน์ และคณะ, 2556)



รูปที่ 2.1 ออกซินชนิดต่างๆที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

ที่มา : https://sites.google.com/site/clickclickieie/auxin-IAA

2.3.1 บทบาทและความสำคัญของออกซิน

ออกซินเป็นกลุ่มของสารที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) โดยมีหน้าที่ดังนี้ (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557)

1) เร่งการเจริญเติบโตของพืช ส่วนใหญ่จะพบบริเวณปลายรากและปลายยอด ความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 10^{-4}-10^{-5} , 10^{-8}-10^{-9} และ 10^{-10}-10^{-11} โมลาร์
2) ควบคุมการเจริญของตาข้างและกิ่ง การเคลื่อนที่ลงของออกซินมีผลต่อการเจริญของตาข้าง ทำให้มีการพัฒนาของตาข้างที่ช้าหรือไม่มีเลย นอกจากนั้นยังควบคุมการทำมุมของกิ่งกับลำต้น โดยกิ่งที่อยู่ใกล้ยอดจะทำมุมแคบกับลำต้น ถ้าตัดยอดออกไปจะทำให้มุมลำต้นมีขนาดกว้าง
3) ควบคุมการเจริญของผล หลังจากการผสมเกสรแล้ว ยอดพืชจะผลิตออกซินเพื่อเร่งการเจริญของผล พืชบางชนิดจะไม่สร้างออกซินหากไม่มีการปฏิสนธิ
4) ควบคุมการเกิดราก ปริมาณออกซินที่เหมาะสม จะช่วยให้เกิดรากได้เร็วขึ้นและมีปริมาณรากที่มากขึ้น หากปริมาณออกซินมากเกินไปจะทำให้เกิดการยับยั้งการเกิดรากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ควบคุมการร่วงของอวัยวะพืช เมื่อแก่เต็มที่อวัยวะต่างๆของพืชจะมีการหลุดร่วง ออกซินมีผลต่อระยะเวลาการหลุดร่วงของพืช
6) การเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด เช่น การให้ออกซินกับสับปะรด จะทำให้ออกดอกได้เร็วขึ้น
7) การยืดตัวของเซลล์ การทดลองนี้จะทำใน coleoptile หรือเนื้อเยื่อของรากที่ตัดออกมา ซึ่งเนื้อเยื่อนี้จะมีปริมาณ IAA อยู่ปริมารน้อย และเมื่อได้รับ IAA เพิ่มเข้าไปทำให้เกิดการเจริญเติบโตที่มากขึ้น
8) การตอบสนองต่อแสง เป็นการเคลื่อนไหวอวัยวะของพืชให้เคลื่อนไหวในการตอบสนองต่อทิศทางหรือความเข้มข้นของแสง โดยทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของออกซินไปด้านที่เงาบัง ดังนั้นด้านนั้นจะมีปริมาณออกซินสูงกว่าด้านที่ได้รับแสง ทำให้เกิดการโค้งงอของลำต้นเนื่องจากภายในต้นพืชมีปริมาณออกซินไม่เท่ากัน
9) การตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง ออกซินมีความแตกต่างกันบริเวณปลายรากและปลายยอด ทำให้ความเข้มข้นของออกซินปลายยอดจะมีการเจริญหนีแรงโน้มถ่วงโลก แต่ปลายรากจะเจริญเข้าหาแรงโน้มถ่วงโลก (วิโรจน์ และคณะ, 2556)

2.3.2 เมตาบอริซึมของออกซิน

ปริมาณ IAA ภายในเนื้อเยื่อพืชแต่ละส่วนมีมากน้อยแตกต่างกันไป โดยจะมีอยู่มากในส่วนที่กำลังเจริญเติบโต การรักษาระดับปริมาณภายในเนื้อเยื่อพืชถูกควบคุมโดยระบบการสร้างและการทำลายพร้อมๆกัน ถ้าเป็นเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตจะมีการสร้างมากกว่าการทำลายและในทางตรงกันข้ามในเนื้อเยื่อที่มีอายุมากขึ้นจะมีการทำลายมากกว่าการสร้าง (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557) ออกซินเป็นฮอร์โมนที่พืชต้องการในปริมาณน้อยในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ถ้ามีในปริมาณที่มากเกินไปจะเกิดอันตรายต่อพืช พืชจึงมีวิธีรักษาปริมาณฮอร์โมนไม่ให้มากเกินไปซึ่งมีวิธีดังนี้ (สัมพันธ์, 2527)

1) IAA สามารถยึดเกาะกับโมเลกุลของสารอื่นที่อยู่ในไซโทพลาสซึม โดยในการยึดเกาะของ IAA กับสารอื่นนั้น เป็นการเก็บรักษา IAA ในรูปที่เฉื่อย และเมื่อพืชนั้นต้องการ IAA ก็สามารถนำ IAA ออกมาใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ต่างๆ โดย IAA นั้นสามารถรวมตัวกับสารบางชนิดได้ เช่น inositol , aspartic acid , กลูโคส ทำให้เกิดเป็น indoleacetylinositol, indoleacetylaspartic acid, glocoside ซึ่งสารเหล่านี้ไม่มีการแสดงออกถึงคุณสมบัติของออกซิน
3) IAA สลายตัวโดยเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ทำลาย IAA ในพืช เช่น IAA oxidase , peroxidase และ phenol oxidase ซึ่งสารเหล่านี้ไม่มีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของพืช
4) ถูกขับออกจากพืช (วิโรจน์ และคณะ, 2556)

นอกจากพืชที่สังเคราะห์ออกซินเพื่อใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตได้แล้วนั้นยังมีแบคทีเรีย เชื้อราและสาหร่ายบางชนิดก็สามารถสังเคราะห์ออกซินได้เช่นกัน นอกจากนั้นยังมีสารบางชนิดที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้เหมือนกับออกซิน เช่น indolepyuvic acid, indoleacetaldehyde เป็นต้น (กฤติกา และอิงกฤช, 2556)

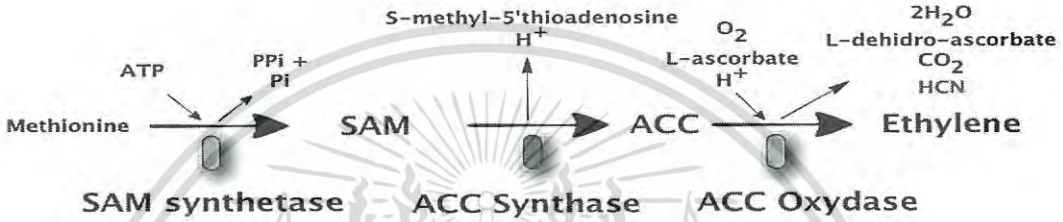
การสลายตัวของ IAA ในพืชเกิดขึ้นโดยการทำงานของเอนไซม์ IAA oxidase , peroxidase และ phenol oxidase การทำลาย IAA จะทำลายอย่างถาวรไม่มีการนำกลับมาใช้ได้อีก และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายนั้นไม่มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืช (วิโรจน์ และคณะ, 2556)

2.4 เอนไซม์ ACC deaminase

เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีสถานะเป็นก๊าซ เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย มีอิทธิพลต่อการพัฒนาของพืช โดยทั่วไปเอทธิลีนจะเร่งการเสื่อมสภาพของพืชหรือส่วนต่างๆของพืช เอทธิลีนที่เกิดขึ้นจากความเครียดหรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า stress ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์ที่มีชีวิตของพืชเมื่อเซลล์ตายจะไม่เกิดการสร้างเอทธิลีนได้อีก เอทธิลีนที่สร้างขึ้นนี้เป็นการตอบสนองต่อความเครียดเปรียบได้กับการส่งสัญญาณเพื่อให้พืชตอบสนองต่อความเครียดนั่นเอง ซึ่งสาเหตุของความเครียดที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอทธิลีนขึ้นได้นั้นประกอบด้วย สารเคมี ความแห้งแล้ง สภาพน้ำท่วม แสง การเข้าทำลายของแมลงโรค การเกิดบาดแผลและอื่นๆ (วิโรจน์ และคณะ, 2556)เอทธิลีนมีผลต่อการกระตุ้นการงอกทำให้เมล็ดพ้นจากระยะพัก การเปลี่ยนแปลงไปเป็นลำต้นและราก การสร้างรากพิเศษ (adventitious root) กระตุ้นให้สร้างดอกเพศเมียมากขึ้นในพืชที่แยกดอกแยกต้น (dioecious plant) เร่งความชราและการหลุดร่วงของใบ ดอกและผล ระดับของเอทธิลีนที่มากไปจะทำให้การเจริญของรากผิดปกติและส่งผลต่อพัฒนาการของพืชรวมทั้งการลดลงของปมรากในพืชตระกูลถั่ว (นฤมล และคณะ, 2556) ยับยั้งการเคลื่อนตัวของฮอร์โมน

เอกสารนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซินจากปลายยอดสู่ด้านล่าง (วิโรจน์ และคณะ, 2556) ดังนั้นการใช้แบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์ ACC deaminase ได้ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้พืชทนทานต่อมลพิษและเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากเอนไซม์ ACC deaminase มีผลในการลดระดับของเอทธิลีนได้โดยกลไกที่แสดงในรูป 2.4 เมื่อแบคทีเรียสร้างเอนไซม์ ACC deaminase ไปย่อยสลาย ACC เมื่อปริมาณของ ACC ลดลง ทำให้การสังเคราะห์เอทธิลีนภายในเซลล์พืชลดลง (นฤมล และคณะ, 2556)



รูปที่ 2.2 กลไกการทำงานของเอนไซม์ ACC deaminase

ที่มา : http://2013.igem.org/wiki/index.php?title=Team:UNITN-Trento/Safety

2.5 สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ

2.5.1 สภาวะเครียดเกลือ Salinity

ดินเค็ม คือ ดินที่มีการสะสมสารละลายเกลือเป็นจำนวนมากและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะเกลือในรูปของ NaCl (สุมาลี, 2555) ภาวะดินเค็มเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อกระบวนสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557)ความเครียดออสโมติก(osmotic stress) เพราะเกลือจะทำให้ค่าชลศักย์ของน้ำต่ำกว่าปกติ พืชจึงดูดน้ำได้ยากขึ้น ทำให้เกิดพิษจากโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออน จะทำให้พืชขาดน้ำคล้ายกับพืชที่ปลูกในที่แห้งแล้ง เกิดการชักนำให้เกิดการสร้างและสะสมสารอนุมูลอิสระ (ธนากร, 2557) พืชที่อยู่ในภาวะความเครียดจากเกลือจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณรงควัตถุ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน อัตราการคายน้ำ ความหนาแน่นของปากใบและการชักนำการเปิดปิดของปากใบลดลงมากกว่าพืชที่อยู่ในภาวะปกติ (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557)นอกจากนั้นสภาวะเครียดจากความเค็มยังส่งผลต่อการงอกของพืชหลายชนิด เช่น โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเค็ม 20 เดซิซีเมนต่อเมตร มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลยับยั้งการงอกของเมล็ดอย่างสมบูรณ์ เป็นต้น และเนื่องจากบริเวณรากของต้นพืชมีปริมาณโซเดียมไอออนที่มากเกินไปจะทำให้รบกวนการดูดซึม แร่ธาตุอื่นๆ ทำให้ดูดซึมแร่ธาตุอื่นๆได้ในปริมาณที่น้อยลง (ธนากร, 2557)

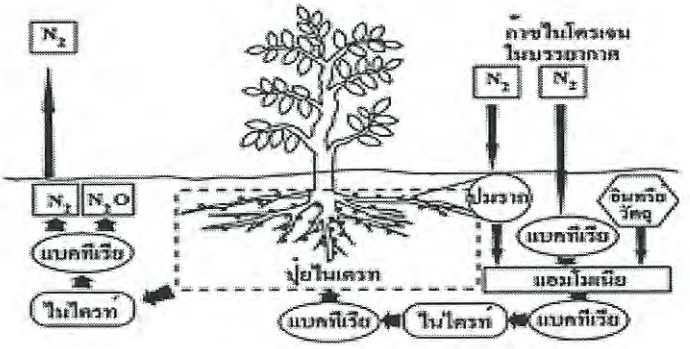
2.6 สภาวะขาดแคลนไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและความแข็งแรงของพืช ไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญในการสะสมและถ่ายทอดพลังงานของเซลล์สิ่งมีชีวิตทุกชนิด และเป็นองค์ประกอบของเซลล์ พืชที่ขาดแคลนไนโตรเจนไม่ว่าระยะใดของวงจรชีวิตจะแสดงความผิดปกติ ได้แก่ เจริญเติบโตช้า ลำต้นแคระแกรน การติดดอกติดผลต่ำคุณภาพของเมล็ดต่ำลง (ปวรปรัชญ์ และคณะ, 2557)ไนโตรเจนพบมากในอากาศ การตรึงไนโตรเจนในอากาศมาใช้เป็นกระบวนการหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการใช้แบคทีเรียอิพิไฟต์ในการตรึงไนโตรเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งมีบางชนิดเท่านั้นที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้งานได้

2.6.1 การตรึงไนโตรเจน

โดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส เป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการตรึงไนโตรเจน (ธนากร, 2557) เมื่อก๊าซไนโตรเจนถูกตรึงโดยสิ่งมีชีวิต จะอยู่ในรูปแอมโมเนียไอออน ส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการสร้างสารอินทรีย์ ส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรต กระบวนการนี้เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน ในขณะที่ไนโตรเจนที่อยู่ในสารอินทรีย์เมื่อถูกย่อยสลายจะได้แอมโมเนียมไอออนเช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแอมโมเนียมอิออนไปเป็นไนเตรตอิออนมีผลต่อการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนในดิน เนื่องจากไนเตรตอิออนละลายน้ำได้ดีทำให้ความสมารถในการดูดซับโดยอนุภาคของดินได้น้อย ส่วนใหญ่ถูกชะและพัดพาไปโดยกระแสน้ำได้ง่าย นอกจากนั้นไนเตรต อิออนส่วนหนึ่งจะถูกใช้โดย Denitrifying bacteria ได้เป็นก๊าซไนโตรเจนซึ่งจะระเหยออกจากดินกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 วัฏจักรไนโตรเจน

ที่มา:http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/9/bio_atmos/bio_atmos/bio_atmos.html

2.6.2 การตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย

การตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรียนั้น มีแบคทีเรียอยู่หลายชนิดที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เช่น ไรโซเบียม จะอยู่ร่วมกับพืชตระกูลถั่ว ออกซิเจนจะถูกจับโดยเลกฮีโมโกลบินในปมรากถั่ว และถูกปล่อยออกมาโดยไม่กระทบต่อเอนไซม์ไนโตรจิเนส ไซยาโนแบคทีเรีย อยู่ร่วมกับรา ไลเคน ลิเวอร์เวิร์ต แต่แบคทีเรียบางชนิดก็อยู่แบบอิสระในสิ่งแวดล้อมไม่ต้องการภาวะอยู่ร่วมกับพืช โดยจะอาศัยพลังงานจากอินทรียวัตถุในดิน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจน

ตัวอย่างแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจน			
อยู่อิสระ		อาศัยร่วมกับพืช	
ใช้ออกซิเจน	ไม่ใช้ออกซิเจน	พืชตระกูลถั่ว	พืชชนิดอื่น
Azotobacter ssp. *Beijerinckia* ssp. *Klebsiella* ssp. Cyanobacteria	*Clostridium* ssp. *Desulfovibrio* ssp. Purple sulphur bacteria Purple non-sulphur bacteria Green sulphur bacteria	*Rhizobium* ssp.	*Frankia* ssp. *Azospirillum* ssp.

ที่มา:http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/indexnitro01.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย โดยแหล่งของอิเล็กตรอนที่ใช้มาจาก เฟอร์ริดอกซิน ในรูปรีดิวซ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจน ปัจจัยสำคัญที่ตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ ได้แก่ เอนไซม์ไนโตรจีเนส ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นโปรตีนที่มีธาตุเหล็ก (Fe-protien) ซึ่งมีสองหน่วยย่อย ส่วนที่สองเป็นโปรตีนที่มีทั้งธาตุเหล็กและโมลิบดินัม (MoFe-protien) ส่วนนี้มี 4 ส่วนย่อย ส่วนแรกจะทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน (โมเลกุลสีแดง) และสลาย ATP เพื่อผลักดันอิเล็กตรอนให้แก่ส่วนที่ 2 โดยที่ 2 อิเล็กตรอนจะสามารถรีดิวซ์ให้ได้ไฮโดรเจนไอออน 2 ตัวด้วย (โมเลกุลสีเขียว) ซึ่งทำหน้าที่รีดิวซ์ไนโตรเจนให้เป็นไดอิมีน HN=NH จากนั้นกลไกการเกิดก็จะซ้ำขั้นตอนแรกโดยรับอิเล็กตรอนมาจากเฟอร์ริดอกซิน จนกระทั่งรีดิวซ์ไดอิมีน HN=NH ไปเป็น ไฮดราซีน H2N-NH2 กระบวนการก็จะเกิดวนซ้ำ จนกระทั่งรีดิวซ์ H2N-NH2 ไปเป็นแอมโมเนีย 2 โมเลกุล รวมแล้วทั้งกระบวนการตรึงไนโตรเจนจะใช้อิเล็กตรอนทั้งหมด 8 ตัว โดยใช้ 6 ตัวในกระบวนการรีดักชันจากไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย และ อิเล็กตรอนอีก 2 ตัวใช้ในการรีดิวซ์ไฮโดรเจน แอมโมเนียที่สังเคราะห์ได้จะเข้าสู่เมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิกเป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 2.4

สมการรวมในการตรึงไนโตรเจนคือ

ปฏิกิริยารีดักชัน : $N_2 + 8H^+ + 8e^- \longrightarrow 2NH_3 + H_2$

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$ (to acepter)

ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $N_2 + 10H^+ + 8e^- + 16ATP \longrightarrow 2NH_4^+ + 16ADP + 16Pi + H_2$

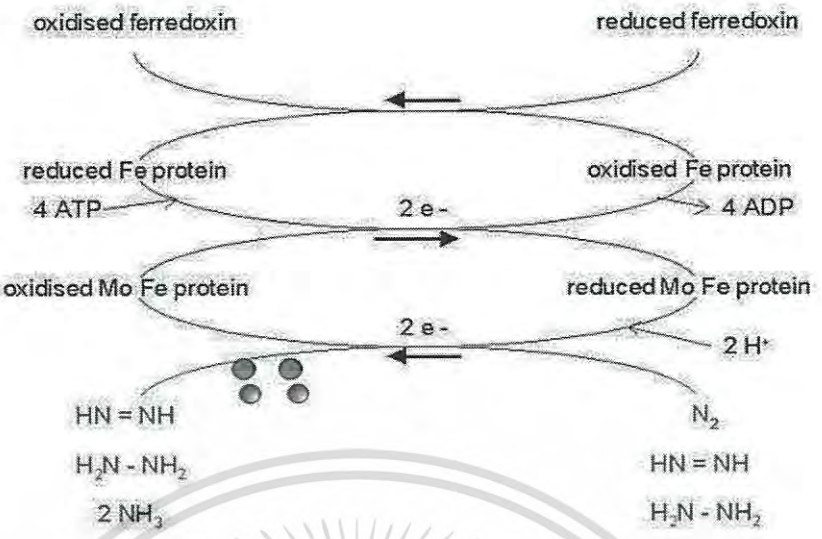
พบว่าเอนไซม์ไนโตรจีเนสไม่เพียงสามารถรีดิวซ์ไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียเท่านั้น ยังสามารถรีดิวซ์โปรตรอนให้เป็นแก๊สไฮโดรเจนได้ แสดงว่าเอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงต่อซับสเตรตค่อนข้างน้อย จึงทำให้สารอื่นๆ ที่มีขนาดเท่าๆ กับไนโตรเจน (N2) สามารถถูกรีดิวซ์ได้ ดังสมการ

$C_2H_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow C_2H_4$

$HCN + 6H^+ + 6e^- \longrightarrow CH_4 + NH_3$

$N_2O + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow N_2 + H_2O$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กลไกการตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย

ที่มา : http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/indexnitro02.htm

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรรณิการ์ และคณะ (2556ก) ได้ศึกษาแยกเชื้อแบคทีเรียอิพิไฟต์จากส่วนต่างๆของต้นข้าว จำนวน 101 ไอโซเลต ศึกษาถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาและทดสอบทางด้านเคมีเบื้องต้น คือ กิจกรรมของเอนไซม์คะตะเลสและไซโตโครมออกซิเดส การสร้างโฮโมน Indole-3-acetic acid (IAA) การละลายฟอสเฟต และการสร้างสารไซเดอร์โรฟอร์ นอกจากนั้นยังทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าว พบว่า10 ไอโซเลตจากทั้งหมดที่สามารถส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดี โดยส่วนใหญ่มีการสร้างโฮโมน IAA และมีความสามารถในการละลายฟอสเฟต

กรรณิการ์ และคณะ (2556ข) ได้ศึกษาแยกเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากเนื้อเยื่อรากและลำต้นของต้นข้าวสายพันธุ์ กข47 จากจังหวัดปทุมธานี และข้าวสายพันธุ์ กข15 จากจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 103 ไอโซเลต ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ศึกษากิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ต่างๆ และตรวจสอบประสิทธิภาพของในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวด้วยวิธี Seedling assay พบว่า ไอโซเลต CA901 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดีที่สุด โดยส่งผลให้น้ำหนักสด น้ำหนักราก น้ำหนัก แห้งต้น ความยาวต้น ความยาวราก (ต้นและราก) อัตราการงอก 3 วัน และดัชนีความแข็งแรงของต้นอ่อนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฤติกา และอิงกฤช (2556) นำเชื้อแอคติโนมัยสีท จำนวน 89 ไอโซเลต นำมาศึกษาเชื้อที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญของข้าว ซึ่งเชื้อจำนวน 35 ไอโซเลตจากเชื้อแอคติโนมัยสีททั้งหมดมีฤทธิ์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของข้าวจากการทดสอบด้วยวิธี Seedling bioassay พบว่ามีเชื้อ 10 ไอโซเลต ส่งเสริมการเจริญของข้าวได้ดี และอีก 25 ไอโซเลต เป็นการทดสอบเพื่อหาฤทธิ์ในช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวด้วยวิธีอื่น คือ การผลิตสาร IAA จำนวน 10 ไอโซเลต การผลิตสารซิเดอรโรฟอร์จำนวน 8 ไอโซเลต ความสามารถในการย่อยสลายฟอสเฟตจำนวน 7 ไอโซเลต

นฤมล และคณะ (2556) ศึกษาความสามารถของเชื้อเอนโดไฟต์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด 2 สายพันธุ์ คือสายพันธุ์นครสวรรค์3 และสายพันธุ์ชูการ์ 75 พบว่าเชื้อ *Pantoea anthophila* ให้ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวโพดนครสวรรค์3 สูงที่สุด เชื้อที่ให้ค่าน้ำหนักรากสูงสุด คือ เชื้อ *Bacillus aryabhottai* เชื้อที่ให้ค่าน้ำหนักต้นสูงสุด คือเชื้อ *Labrys okinawensis* เชื้อที่ให้ค่าความยาวรากสูงสุด คือ เชื้อ *Bacillus niacin* และเชื้อที่ให้ค่าความยาวต้นสูงสุด คือ เชื้อ *Acinetobacter radioresistens* และพบว่าเชื้อ *Pseudomonas psychotolerans* ให้ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวโพดสายพันธุ์ชูการ์ 75 สูงที่สุด เชื้อที่ให้ค่าน้ำหนักรากน้ำหนักต้น ความยาวราก ความยาวต้นสูงสุด คือเชื้อ *Pantoea stewartii* subsp.*stewartii* สามารถสรุปได้ว่าเชื้อเอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดสายพันธุ์นครสวรรค์3 ดีที่สุด คือ *Bacillus aryabhottai , Labrys momochus* และสายพันธุ์ชูการ์ 75 ดีที่สุด คือ *Pantoea stewartii* subsp.*stewartii, Pseudomonas psychotolerans*

ปวรปรัชญ์ และคณะ (2557) ศึกษาเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่แยกได้จาก ข้าวสายพันธุ์ กข 47 จากจังหวัดสุพรรณบุรี ข้าวอินทรีย์สายพันธุ์หอมนิล จากกรุงเทพมหานครฯ และข้าวอินทรีย์สายพันธุ์ไรซ์เบอรี่ จากจังหวัดชลบุรี จำนวน 192 ไอโซเลต เพื่อทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามสภาวะ คือ สภาวะปกติ สภาวะที่มีเกลือและสภาวะที่มีฟอสเฟตละลาย พบว่ามี 2 ไอโซเลตที่อัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวสูงกว่ากลุ่มควบคุม 1.5 เท่า ในสภาวะปกติ นอกจากนั้นยังพบว่าไม่มีไอโซเลตใดที่มีความโดดเด่นในการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าว ในสภาวะที่มีเกลือ โดยมี 1 ไอโซเลตที่มีอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดสูงสุด และ1 ไอโซเลตที่มีอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งสูงสุด ในสภาวะที่มีฟอสเฟตละลาย

ปิยารัตน์ และคณะ (2555) ทำการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากราก หัว ลำต้น และใบของแก่นตะวัน ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ โดยการจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 53 กลุ่ม ด้วยวิธี Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis (ARDRA) จากนั้นนำไปศึกษาวิเคราะห์ลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของยีน 16S rRNA และศึกษาอิทธิพลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นแก่นตะวัน ได้แก่ การผลิตฮอร์โมน Indole-3-acetic acid (IAA) การสร้างเอนไซม์ ACC deaminase การตรึงไนโตรเจนและการเพิ่มการละลายฟอสเฟต พบว่าแบคทีเรียจำนวนมากที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตในทุกด้านของต้น

รัตนา และรุ่งอรุน (2556) ศึกษาคัดแยกเชื้อแอกติโนมัยสีทจากข้าว จำนวน 79 ไอโซเลต ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งของเชื้อก่อโรคขอบใบแห้งในข้าวจากแบคทีเรีย โรคใบไหม้ในข้าวจากเชื้อรา และทดลองปลูกข้าวร่วมกับเชื้อ พบว่าเชื้อ 11 ไอโซเลต มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญ และ มีเชื้อ 2 ไอโซเลตที่สามารถส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดีที่สุด คือ SB-R-2-31 และ PN47B-9-15 ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการเพิ่มนั้นหนักสดของต้น, น้ำหนักสดของราก, น้ำหนักสดรวม, น้ำหนักแห้งต้น, น้ำหนัก แห้งราก, น้ำหนักแห้งรวม, ความยาวต้น, ความยาวราก และดัชนีความแข็งแรงของต้นอ่อน

วรรัตน์ และอรินทิพย์ (2556) คัดแยกเชื้อเอนโดไฟต์และแอคติโนมัยสีทจากรากอ้อย ศึกษาฤทธิ์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในด้านต่างๆ เช่น การสร้างโอโมน IAA การสร้างไซเดอร์โรฟอร์ ความสามารถในการการละลายฟอสเฟต และการยับยั้งจุลินทรีย์ นอกจากนั้นยังได้ศึกษาลำดับเบสของยีน 16S rRNA ของแอคติโนมัยสีท จำนวน 99 ไอโซเลต และแบคทีเรียเอนโดไฟต์ จำนวน 52 ไอโซเลต และคัดเลือกเชื้อมาทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดในกระถาง ได้แก่ *Enterobacter* sp. EN-16, *Pantoae* sp. EN-29, *Microbispora* sp. GKU 827 และ *Streptomyces* sp. GKU 833 พบว่ารากและลำต้นของต้นข้าวโพดมีการเจริญสูงสุด

วิโรจน์ และคณะ (2556) ศึกษาเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ สายพันธุ์ กข6 โดยแยกแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากส่วนต่างๆของต้นแก่นตะวัน จำนวน 36 ไอโซเลต 14 จีนัส พบว่าเชื้อ *Pantoea stewartii* มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ดีที่สุดโดยมีน้ำกลั่นเป็นแหล่งอาหาร เชื้อ *Bacillus niacin* มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ดีที่สุดในแหล่งอาหาร Hoagland's solution ไม่มีเชื้อใดที่มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดีที่สุดในแหล่งอาหารที่เป็นน้ำกลั่น และเชื้อ *Rhizobium mesosincum* มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดีที่สุดในแหล่งอาหาร Hoagland's solution

สุจิตตรา และคณะ (2556) ศึกษาแยกเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ จำนวน 34 ไอโซเลต จากข้าวสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี และเลือกไอโซเลตที่สมบูรณ์ 13 ไอโซเลต เพื่อทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถของเชื้อเอนโดไฟต์ในด้านต่างๆ คือ ความสามารถในการละลายฟอสเฟต การผลิตจิบเบอเรลลิน การผลิตออกซิน และศึกษาลำดับของยีน 16S rRNA พบว่าไอโซเลต KJHSB-9 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อ *Bacillus safensis* จากนั้นนำมาศึกษาฤทธิ์ในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรีและข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี พบว่าไอโซเลต KJHSB-9 เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญของข้าวทั้งสองสายพันธุ์ในด้านการเพิ่มความสูง ปริมาณการแตกกอ จำนวนรวมต่อกอ และผลผลิตเฉลี่ย 5.83%, 42.62%, 43.27% และ 38.42% ตามลำดับ เมื่อนำมาเทียบกับข้าวชุดควบคุม

สมฤดี และคณะ (2556) คัดแยกเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 48 ไอโซเลต จากเนื้อเยื่อราก และลำต้นของข้าวสายพันธุ์ กข15 จากจังหวัดสุพรรณบุรี ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ศึกษากิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ต่างๆ และตรวจสอบประสิทธิภาพของในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวด้วยวิธี Seedling assay พบว่า 10 ไอโซเลต แสดงคุณสมบัติดังกล่าวได้ดีที่สุด โดย 33 ไอโซเลต มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวดีที่สุด

อนันต์ วงเจริญ (2557) ได้คัดแยกเชื้อเอนโดไฟต์ จำนวน 232 ไอโซเลต จากต้นข้าว นำเชื้อทั้งหมดมาจัดกลุ่มได้ 57 ชนิด โดยอาศัยสัณฐานวิทยา ศึกษาความสามารถในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในสภาพเรือน พบว่า เชื้อ GR03 มีความสามารถในการเพิ่มการส่งเสริมการเจริญในด้าน ความยาวราก, ความสูงของลำต้น, น้ำหนักแห้ง, น้ำหนักสด และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 พืชที่ใช้ในการทดลอง

เมล็ดข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA)

อาหาร Hoagland

3.3 เครื่องแก้ว สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)

ตู้ปลอดเชื้อชนิดเป่าลม (Laminar air flow)

ตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

เครื่องเขย่า

หลอดทดลอง

หลอดเซนติฟิวส์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

ไมโครเวฟ (Microwave)

เครื่องผสมสาร (Vortex mixer)

ตู้เย็น อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส

ตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เครื่องชั่งสารทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Digital balance)

เครื่องชั่งสารทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Digital balance)

ห่วงถ่ายเชื้อ (Loop)

เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle)

ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol lamp stainless)

ไมโครปิเปตต์ (Micropipette)

ไมโครปิเปตต์ ทิป (Micropipette tip)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีกเกอร์ (Beaker)

ปิเปตต์พร้อมจุกยาง (Pipette) ขนาด 1 ,5 และ 10 มิลลิลิตร

จานอาหารเพราะเลี้ยงเชื้อ (Petri dish)

ขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)

ขวดอาหารเลี้ยงเชื้อขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 1000 และ 2000 มิลลิลิตร

ปากคีบ (Forceps)

ช้อนตักสาร (Spatula)

แอลกอฮอล์ 70%

แอลกอฮอล์ 90%

เกลือ (NaCl)

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4.1 วิธีการทำ Stock

1) ทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์จาก Stock

2) นำเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้ทั้งหมดมาทำ stock โดยใส่น้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 600 ไมโครลิตรลงในหลอด micro centrifuge ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

3) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ เขี่ยเชื้อบริสุทธิ์ลงในหลอด micro centrifuge ที่มีน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

4) เติมกลีเซอรอลเจือจางร้อยละ 50 ลงไปปริมาตร 600 ไมโครลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร (Vortex mixer) เพื่อให้แบคทีเรียเกิดการกระจายตัวและนำไปแช่ไว้ที่ -80 องศาเซลเซียส

3.4.2 การเตรียมสารละลายเชื้ออิพิไฟต์

1) ย้ายเชื้ออิพิไฟต์ที่ต้องการทดสอบจาก stock โดยใช้ไม้จิ้มฟันที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เขี่ยเชื้อมาเลี้ยงในจานเพาะเลี้ยงด้วยอาหาร NA บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2) หลังจากครบ 24 ชั่วโมง ทำการเพิ่มปริมาณเชื้ออิพิไฟต์โดยเทคนิคการ streak เชื้อ เลี้ยงในอาหาร NA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ใช้ห่วงถ่ายเชื้อเขี่ยเชื้อที่มีความบริสุทธิ์ในจานอาหารมาละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง

4) นำไปเขย่าโดยเครื่องผสมสาร (vortex) เป็นเวลา 1 นาที

5) เทียบความเข้มข้นของสารละลายเชื้ออิพิไฟต์ให้เท่ากับสารละลาย McFarland เบอร์ 0.5

6) เทเชื้อลงในหลอดเซนติฟิวส์ขนาด 50 มิลลิลิตร เพื่อทำการแช่เมล็ดข้าวต่อไป

3.4.3 การทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่สภาวะปกติ

1) นำเมล็ดข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาแกะเปลือกออก ฆ่าเชื้อในแอลกอฮอล์ 95% (50 มิลลิลิตร/100 เมล็ด) นาน 2 นาที

2) ฟอกเมล็ดข้าวในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 0.048 % ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นาน 30 นาที

3) ล้างเมล็ดข้าวด้วยด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 50 มิลลิลิตร 15 นาที 3 ครั้ง

4) นำเมล็ดวางลงบนวุ้นในจานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจานละ 10 เมล็ดบ่มในที่มืด 3 วัน

5) หลังจากบ่มไว้ในที่มืดครบ 3 วัน ดึงต้นอ่อนข้าวออกจากวุ้น แล้วแช่ในสารละลายอิพิไฟต์บริสุทธิ์ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ McFarland เบอร์ 0.5 เป็นเวลา 5 นาที

6) นำมาวางลงในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ ที่มีวุ้นความเข้มข้น 0.4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ขวดละ 5 เมล็ด

7) นำเมล็ดข้าวที่แช่ในน้ำกลั่นบริสุทธิ์วางลงในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ ที่มีวุ้นความเข้มข้น 0.4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ขวดละ 5 เมล็ด เพื่อเป็นชุดควบคุม

8) บ่มไว้ที่ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

9) เมื่อครบ 15 วัน ดึงต้นข้าวออกจากวุ้น แล้วนำต้นข้าวมาวัดความยาวของรากและความยาวของลำต้น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักสด จดบันทึกไว้

10) นำต้นข้าวทั้งหมดไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยบันทึกผลเป็นน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่สภาวะเครียด

1) นำเมล็ดข้าวเจ้า สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาแกะเปลือกออก ฆ่าเชื้อในแอลกอฮอล์ 95% (50 มิลลิลิตร/100 เมล็ด) นาน 2 นาที

2) ฟอกเมล็ดข้าวในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 0.048 % ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นาน 30นาที

3) ล้างเมล็ดข้าวด้วยด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 50 มิลลิลิตร 15 นาที 3 ครั้ง

4) นำเมล็ดวางลงบนวุ้นในจานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจานละ 10 เมล็ด บ่มในที่มืด 3 วัน

5) หลังจากบ่มไว้ในที่มืดครบ 3 วัน ดึงต้นอ่อนข้าวออกจากวุ้น แล้วแช่ในสารละลายอิพิไฟต์บริสุทธิ์ที่สามารถสร้างเอ็นไซม์ ACC deaminase ความเข้มข้นเท่ากับ McFarland เบอร์ 0.5

6) นำมาวางลงในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ที่มีวุ้น 0.4 % (น้ำหนักโดยปริมาตร) และความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0.72% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ขวดละ 5 เมล็ด

7) นำเมล็ดข้าวที่แช่ในน้ำกลั่นบริสุทธิ์วางในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ที่มีวุ้น 0.4 % และความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0.72% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ขวดละ 5 เมล็ด เพื่อเป็นชุดควบคุม

8) บ่มไว้ที่ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

9) เมื่อครบ 15 วัน ดึงต้นข้าวออกจากวุ้น แล้วนำต้นข้าวมาวัดความยาวของรากและความยาวของลำต้น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักสด จดบันทึกไว้

10) นำต้นข้าวทั้งหมดไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยบันทึกผลเป็นน้ำหนักแห้ง

3.4.5 การทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน

1) นำเมล็ดข้าวเจ้า สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาแกะเปลือกออก ฆ่าเชื้อในแอลกอฮอล์ 95% (50 มิลลิลิตร/100 เมล็ด) นาน 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ฟอกเมล็ดข้าวในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 0.048 % ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นาน 30 นาที

3) ล้างเมล็ดข้าวด้วยด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 50 มิลลิลิตร 15 นาที 3 ครั้ง

4) นำเมล็ดวางลงบนวุ้นในจานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจานละ 10 เมล็ด บ่มในที่มืด 3 วัน

5) หลังจากบ่มไว้ในที่มืดครบ 3 วัน ดึงต้นอ่อนข้าวออกจากวุ้น แล้วแช่ในสารละลายอิพิไฟต์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน ความเข้มข้นเท่ากับ McFarland เบอร์ 0.5

6) นำมาวางลงในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ ที่มีวุ้นความเข้มข้น 0.4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และอาหารสูตร Hoagland ปราศจากไนโตรเจน ขวดละ 5 เมล็ด

7) นำเมล็ดข้าวที่แช่ในน้ำกลั่นบริสุทธิ์วางลงในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ ที่มีวุ้นความเข้มข้น 0.4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และอาหารสูตร Hoagland ปราศจากไนโตรเจน ขวดละ 5 เมล็ด เพื่อเป็นชุดควบคุม

8) บ่มไว้ที่ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

9) เมื่อครบ 15 วัน ดึงต้นข้าวออกจากวุ้น แล้วนำต้นข้าวมาวัดความยาวของรากและความยาวของลำต้น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักสด จดบันทึกไว้

10) นำต้นข้าวทั้งหมดไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยบันทึกผลเป็นน้ำหนักแห้ง

3.5 การคำนวณผล

3.5.1 น้ำหนักเฉลี่ย

$$\text{น้ำหนักสดของชุดทดลองแต่ละซ้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักสดของต้นข้าวทั้งหมด}}{\text{จำนวนต้นข้าว}}$$

$$\text{น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของชุดทดลองแต่ละซ้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของต้นข้าวทั้งหมด}}{\text{จำนวนต้นข้าว}}$$

3.5.2 ความยาวเฉลี่ย

$$\text{ความยาวรากเฉลี่ยของชุดทดลองแต่ละซ้ำ} = \frac{\text{ความยาวรากของต้นข้าวทั้งหมด}}{\text{จำนวนต้นข้าว}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความยาวลำต้นเฉลี่ยของชุดทดลองแต่ละซ้ำ} = \frac{\text{ความยาวลำต้นของต้นข้าวทั้งหมด}}{\text{จำนวนต้นข้าว}}$$

3.5.3 อัตราส่วนการเจริญเติบโตทางน้ำหนักสดหรือน้ำหนักแห้ง

$$\text{อัตราส่วนการเจริญเติบโตทางน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของชุดทดลอง}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของชุดควบคุม}}$$

3.5.4 อัตราส่วนการเจริญเติบโตทางความยาวของรากหรือลำต้น

$$\text{อัตราส่วนการเจริญเติบโตทางความยาว} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของชุดทดลอง}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของชุดควบคุม}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าว

แบคทีเรียอิพิไฟต์จากนาข้าวทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่หนองจอก จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสระบุรี โดยทำการแยกจากส่วนต่างๆของต้นข้าว นำไปทำการ Streak plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร NA และนำโคโลนีเดี่ยวที่เจริญไปทำการศึกษาลักษณะ รูปร่าง และแกรมของแบคทีเรียอิพิไฟต์ได้ผลสรุป ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าว

แหล่งข้าว	จำนวนเชื้อรวม	แกรม		รูปร่าง		รหัสข้าว
		บวก	ลบ	กลม	ท่อน	
จังหวัดสุพรรณบุรี	21	8	13	7	14	10,20,30
หนองจอก	7	4	3	1	6	11,21,31
จังหวัดชลบุรี	18	-	18	5	13	12,22,32
จังหวัดสระบุรี	27	19	8	8	19	13,23,33
รวม	73	31	42	21	52	73

จากตารางที่ 4.1 ข้าวจากนาจังหวัดสุพรรณบุรี มีจำนวนไอโซเลตที่คัดแยกได้รวมทั้งหมด 21 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวก 8 ไอโซเลต แบคทีเรียแกรมลบ 13 ไอโซเลต และแบ่งรูปร่างได้เป็นรูปร่างกลม 7 ไอโซเลต รูปร่างท่อน 14 ไอโซเลต ข้าวจากนาหนองจอก มีจำนวนไอโซเลตที่คัดแยกได้รวมทั้งหมด 7 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวก 4 ไอโซเลต แบคทีเรียแกรมลบ 3 ไอโซเลต และแบ่งรูปร่างได้เป็นรูปร่างกลม 1 ไอโซเลต รูปร่างท่อน 6 ไอโซเลต ข้าวจากนาจังหวัดชลบุรีมีจำนวนไอโซเลตที่คัดแยกได้รวมทั้งหมด 18 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมลบ 18 ไอโซเลต และแบ่งรูปร่างได้เป็นรูปร่างกลม 5 ไอโซเลต รูปร่างท่อน 13 ไอโซเลต และข้าวจากนาจังหวัดสระบุรีมีจำนวนไอโซเลตที่คัดแยกได้รวมทั้งหมด 27 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวก 19 ไอโซเลต แบคทีเรียแกรมลบ 8 ไอโซเลต และแบ่งรูปร่างได้เป็นรูปร่างกลม 8 ไอโซเลต รูปร่างท่อน 19 ไอโซเลต รวมแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิพิไฟต์ที่แยกได้จากข้าว 4 แหล่งได้ทั้งหมด 73 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวก 31 ไอโซเลต แบคทีเรียแกรมลบ 42 ไอโซเลต รูปร่างกลม 21 ไอโซเลต รูปร่างท่อน 52 ไอโซเลต โดยข้าวจากนาจังหวัดสระบุรีมีจำนวนไอโซเลตที่คัดแยกได้ทั้งหมด 27 ไอโซเลต ซึ่งมีปริมาณไอโซเลตมากที่สุด และแบคทีเรีย อิพิไฟต์ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกและมีลักษณะรูปร่างเป็นท่อน

4.2 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวโดยแบคทีเรียอิพิไฟต์

4.2.1 สภาวะปกติ

เมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ววางลงบนวุ้นในจานอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ บ่มในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน และแช่ในสารละลายแบคทีเรียอิพิไฟต์บริสุทธิ์ ที่สามารถสร้างฮอร์โมนออกซินในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทั้งหมด 20 ไอโซเลต โดยเทียบความเข้มข้นกับ McFarland เบอร์ 0.5 และย้ายมาบ่มในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกไว้ นำต้นข้าวทั้งหมดไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยบันทึกผลเป็นน้ำหนักแห้ง คำนวณหาอัตราส่วนเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1.) ความยาวราก

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ทั้งหมด 20 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ พบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวรากต่ำกว่า 1.00 จำนวน 7 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 13 ไอโซเลต ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของรากข้าวแต่ละกลุ่มเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (รูปที่ 4.1) โดยเชื้อที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวรากต่ำกว่า 1.00 ได้แก่ 1207, 1304, 2211, 2301, 2309, 3208 และ 3222 ส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากจังหวัดชลบุรี มีลักษณะเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อนสั้น

2.) ความยาวลำต้น

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ทั้งหมด 20 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ พบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวลำต้นต่ำกว่า 1.00 จำนวน 16 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 4 ไอโซเลต ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของลำต้นข้าวแต่ละกลุ่มเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยยะ

เอกสารนี้ในเอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญทางสถิติที่ P<0.05 (รูปที่ 4.2) โดยเชื้อที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวรากระหว่าง 1.00 - 1.50 ได้แก่ 1001, 1004, 1302 และ 1304 มีลักษณะเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อนสั้น แบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม แบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อนสั้น และแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อนสั้น ตามลำดับ เป็นเชื้อแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากจังหวัดสุพรรณและสระบุรี

3.) น้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่ำกว่า 1.00 จำนวน 6 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 13 ไอโซเลต มากกว่า 1.50 จำนวน 1 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 5 ได้แก่ ไอโซเลต 3216 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.51±0.06 เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ P<0.05 และพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนน้ำหนักสดของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 3216 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1001, 1004, 1111, 1203, 1207, 1302, 1304, 2006, 2101, 2211, 2301, 2307, 2309, 2310, 3222 และ 3304 อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.3)

4.) น้ำหนักแห้ง

จากการทดลองพบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 1.00 จำนวน 19 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 1 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 5 ได้แก่ไอโซเลต 3208 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.03±0.06 เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ P<0.05 และพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 3208 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1203 , 2307 และ 2310 อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.4)

4.2.2 สภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ

เมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 วางลงบนวุ้นในขวดเพราะเลี้ยงเนื้อเยื้อ บ่มในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน และแช่ในสารละลายแบคทีเรียอิพิไฟต์บริสุทธิ์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ ACC deaminase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด 33 ไอโซเลต โดยเทียบความเข้มข้นกับ McFarland เบอร์ 0.5 และย้ายมาบ่มในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อเป็นเวลา 15 วัน วางลงในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ที่มีวุ้น 0.4 % (น้ำหนักโดยปริมาตร) และความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0.72% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ขวดละ 5 เมล็ด จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกไว้ นำต้นข้าวทั้งหมดไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยบันทึกผลเป็นน้ำหนักแห้ง คำนวณหาอัตราส่วนเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1.) ความยาวราก

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิฟิไฟต์ทั้งหมด 33 ไอโซเลต ในสภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ พบว่ามีแบคทีเรียอิฟิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวรากต่ำกว่า 1.00 จำนวน 23 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 11 ไอโซเลต เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ $P<0.05$ และพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความยาวรากของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1308 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1014, 1109, 1201, 1203, 1205, 1316, 2002, 2006, 2008, 2211, 2309, 2310, 2312, 3209, 3218, 3301, 3304, 3307, 3308, 3309, 3312, 3314 และ 3315 อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.5)

2.) ความยาวลำต้น

จากการทดลองพบว่ามีแบคทีเรียอิฟิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวลำต้นต่ำกว่า 1.00 จำนวน 18 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 13 ไอโซเลต มากกว่า 1.50 จำนวน 2 ได้แก่ ไอโซเลต 2310 ซึ่งมีอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 และไอโซเลต 3312 ซึ่งมีอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.83 เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ $P<0.05$ และพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความยาวลำต้นของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 2310 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1012, 1014, 1109, 1201, 1203, 1205, 1305, 1306, 1308, 1309, 1316, 2002, 2006, 2008, 2009, 2106, 2211, 2301, 2309, 2312,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2313, 3209, 3218, 3301, 3304, 3307, 3308, 3309, 3311, 3314 และ 3315 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.6)

3.) น้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่ำกว่า 1.00 จำนวน 27 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 6 ไอโซเลต เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ $P<0.05$ และพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 3308 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1012, 1014, 1109, 1203, 1205, 1305, 1306, 1309, 2002, 2006, 2008, 2009, 2106, 2211, 2301, 2309, 2312, 2313, 3209, 3218, 3301, 3304, 3308, 3309, 3311, 3314 และ 3315 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.7) ซึ่งไอโซเลต 3308 เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน เป็นแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ ACC deaminase แยกได้จากจังหวัดสระบุรี นอกจากนี้ไอโซเลตที่ส่งเสริมให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดระหว่าง 1.00 - 1.50 ได้แก่ ไอโซเลต 1201 1308 1316 2307 และ 3312 ส่วนใหญ่ติดสีแกรมบวก รูปร่างท่อน และแยกได้จากจังหวัดสระบุรี

4.) น้ำหนักแห้ง

จากการทดลองพบว่ามีแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 1.00 จำนวน 28 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 5 ไอโซเลต เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ $P<0.05$ และพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 2008 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1306, 1316, 2211, 2301 และ 3301 อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.8)

4.2.3 สภาวะไร้ไนโตรเจน

เมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 วางลงบนวุ้นในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ บ่มในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน และแช่ในสารละลายแบคทีเรียอิพิไฟต์บริสุทธิ์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน ทั้งหมด 40 ไอโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลต โดยเทียบความเข้มข้นกับ McFarland เบอร์ 0.5 และย้ายมาบ่มในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อเป็นเวลา 15 วัน วางลงในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ ที่มีวุ้นความเข้มข้น 0.4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และอาหารสูตร Hoagland ปราศจากไนโตรเจน ขวดละ 5 เมล็ด จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกไว้ นำต้นข้าวทั้งหมดไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยบันทึกผลเป็นน้ำหนักแห้ง คำนวณหาอัตราส่วนเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1.) ความยาวราก

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิฟิไฟต์ทั้งหมด 40 ไอโซเลต ในสภาวะไร้ไนโตรเจน พบว่ามีแบคทีเรียอิฟิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวรากต่ำกว่า 1.00 จำนวน 27 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 13 ไอโซเลต ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของรากข้าวแต่ละกลุ่มเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (รูปที่ 4.9)

2.) ความยาวลำต้น

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิฟิไฟต์ทั้งหมด 40 ไอโซเลต ในสภาวะไร้ไนโตรเจน พบว่ามีแบคทีเรียอิฟิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวลำต้นต่ำกว่า 1.00 จำนวน 31 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 9 ไอโซเลต เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ $P<0.05$ และพบว่าค่าเฉลี่ยของความยาวลำต้นของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 3103 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1010, 1024, 1104, 2011, 2206, 3001, 3204, 3214 ,และ 3218 อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.10)

3.) น้ำหนักสด

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิฟิไฟต์ทั้งหมด 40 ไอโซเลต ในสภาวะไร้ไนโตรเจน พบว่ามีแบคทีเรียอิฟิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่ำกว่า 1.00 จำนวน 26 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 14 ไอโซเลต เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยวิธี ANOVA แล้วพบว่าค่า Sig. มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ $P<0.05$ และพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนน้ำหนักสดของข้าวกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 3209 แตกต่างจากกลุ่มที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไอโซเลต 1002 , 1211 , 1310 , 3214 และ 3306 อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.11)

4.) น้ำหนักแห้ง

จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิฟิไฟต์ทั้งหมด 40 ไอโซเลต ในสภาวะไร้ไนโตรเจน พบว่ามีแบคทีเรียอิฟิไฟต์ที่ให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 1.00 จำนวน 32 ไอโซเลต ระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 8 ไอโซเลต (รูปที่ 4.12) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวแต่ละกลุ่มเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติที่$P<0.05$

จากผลการทดลอง ข้างต้นหลังการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียร่วมกับต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียนั้นมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับการทดลองของ กรรณิการ์ และคณะ (2556ก) ซึ่งเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียอิฟิไฟต์ร่วมกับต้นข้าวพบว่าเชื้อ จำนวน 7 ไอโซเลต ให้ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของน้ำหนักสดต้นข้าวสูงสุด ได้แก่ ไอโซเลต 813 P05 801 408 P03 P06 และ702 ตามลำดับ และมีเชื่อจำนวน 5 ไอโซเลต ให้ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของน้ำหนักแห้งต้นข้าวสูงสุด ได้แก่ ไอโซเลต 907P 903P 409 618 และ710 ตามลำดับ ปวรปรัชญ์ และคณะ (2557) ศึกษาเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากจังหวัดสุพรรณบุรี กรุงเทพมหานครฯ และจังหวัดชลบุรี จำนวน 192 ไอโซเลต เลี้ยงร่วมกับต้นข้าวในสภาวะปกติ สภาวะที่มีเกลือละลาย พบว่ามี 2 ไอโซเลต ที่อัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมในสภาวะปกติ แต่ไม่มีไอโซเลตใดที่มีความโดดเด่นในการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าว ในสภาวะที่มีเกลือ อนันต์ (2557) ได้คัดแยกเชื้อเอนโดไฟต์ จำนวน 232 ไอโซเลต จากต้นข้าว พบว่า เชื้อ GR03 มีความสามารถในการเพิ่มการส่งเสริมการเจริญในด้าน ความยาวราก, ความยาวลำต้น, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

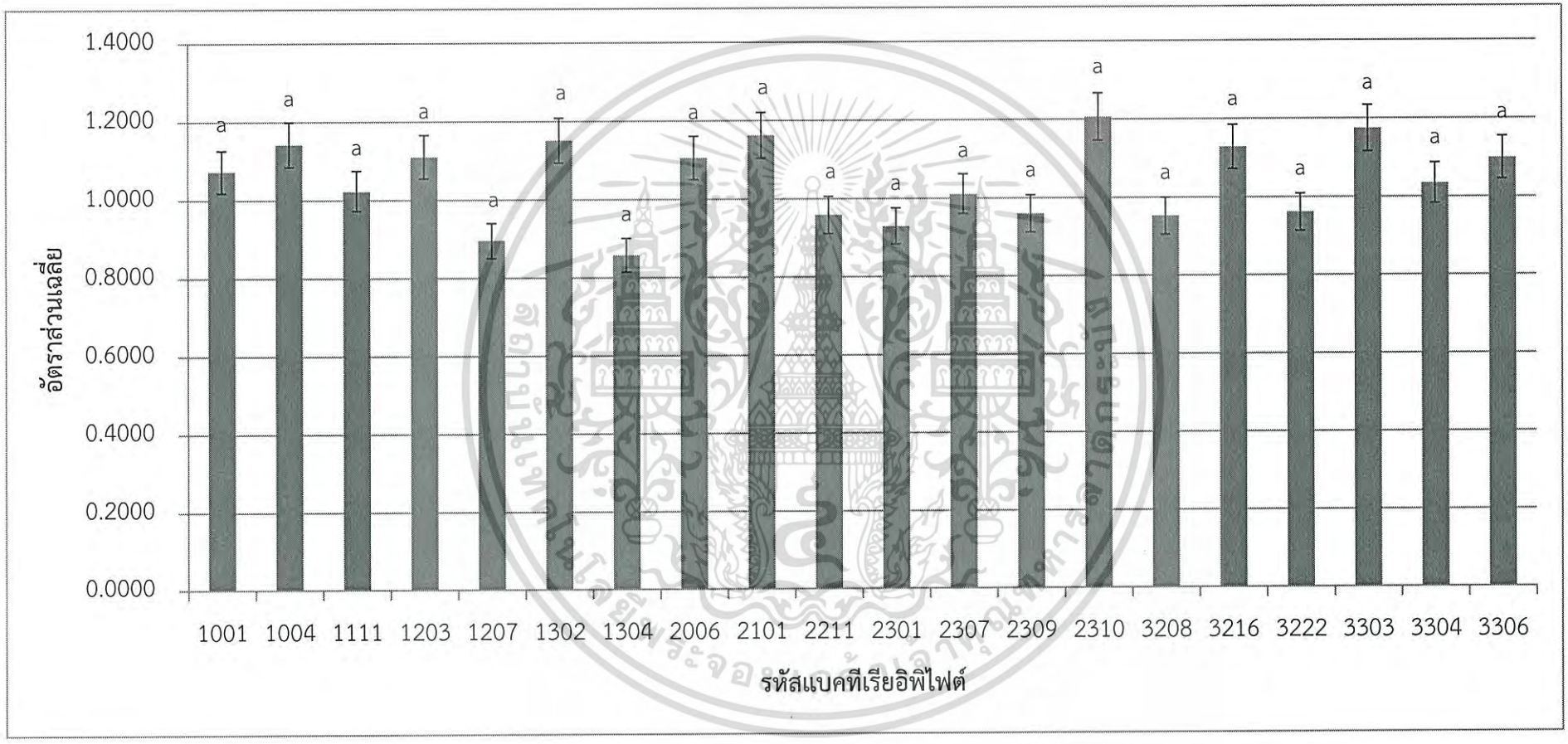
จากการทดลองพบว่า มีเพียง 9 ไอโซเลตที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวในด้านต่างๆ จากทั้งหมด 73 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 12.33 โดยที่ในสภาวะปกติหลังเพาะเลี้ยงเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

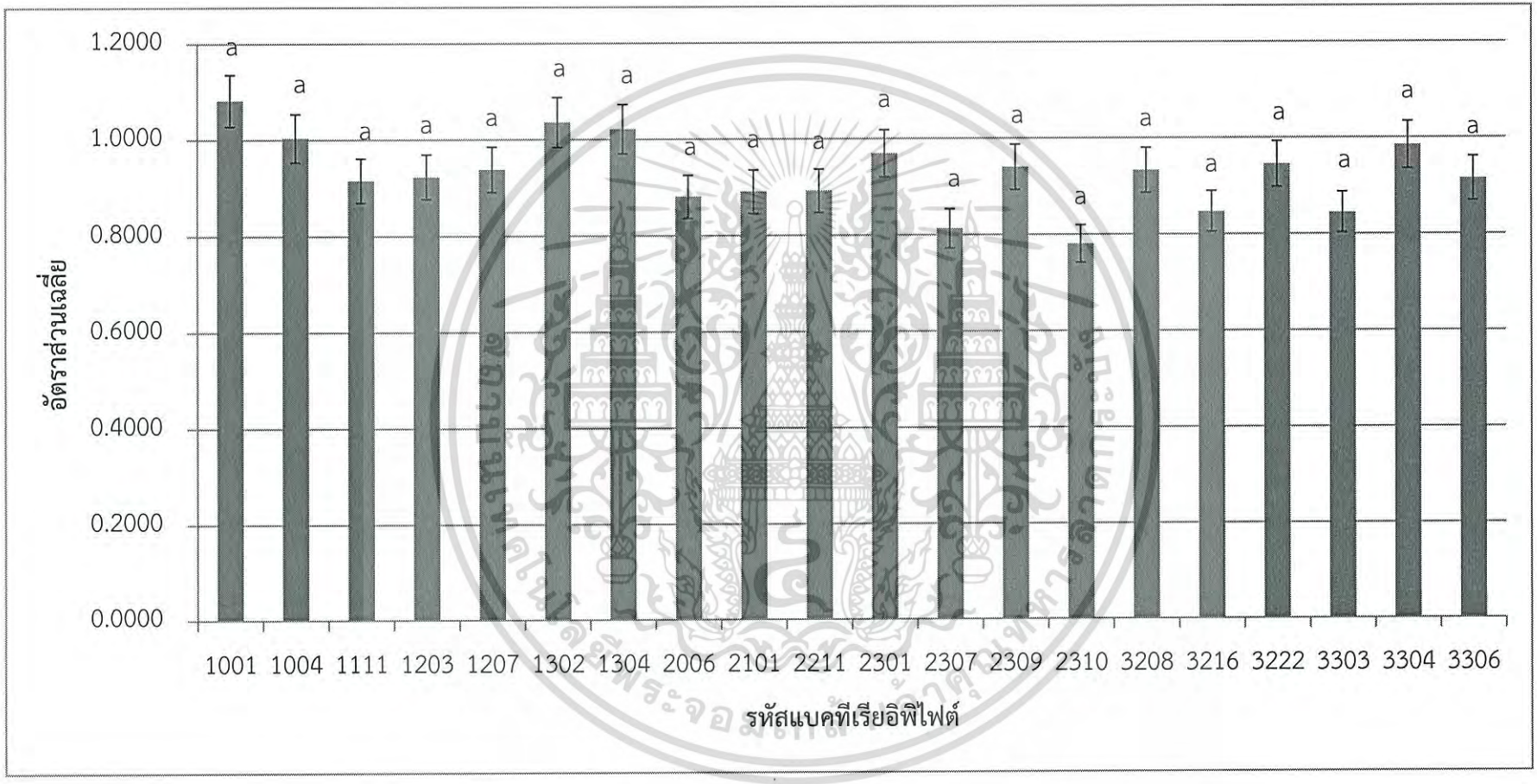
ข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ทั้งหมด 20 ไอโซเลต พบว่ามี 1 ไอโซเลตที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตทางน้ำหนักสดมากกว่า 1.50 ได้แก่ 3216 คิดเป็นร้อยละ 5 ส่วนการทดลองของ กรรณิการ์ และคณะ (2556ข) พบว่า หลังเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้งหมด 192 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ พบว่าไอโซเลตที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตทางน้ำหนักสดมากกว่า 1.50 จำนวน 32 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 16.67 จากข้างต้นจะเห็นว่าการทดลองของ กรรณิการ์ และคณะ (2556ข) เมื่อคิดเป็นร้อยละของจำนวนเชื้อที่สามารถส่งเสริมการเจริญของน้ำหนักสดต่อจำนวนเชื้อทั้งหมดที่เลี้ยงร่วมกับข้าวในสภาวะนี้ มีร้อยละที่มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองของ กรรณิการ์ และคณะ (2556ข) ได้ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ในการแช่เมล็ดข้าวในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเป็นเวลาที่มากกว่าการทดลองนี้ที่ใช้เวลา 5 นาที คิดเป็นร้อยละ 4.17 ของเวลา 2 ชั่วโมง เช่นกันกับน้ำหนักแห้งจากการทดลองพบว่า 1 ไอโซเลต ที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตทางน้ำหนักสดมากกว่า 1.00 - 1.50 ได้แก่ 3208 คิดเป็นร้อยละ 5 แต่การทดลองกรรณิการ์ และคณะ (2556ข) มีอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 1.50 จำนวน 129 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 67.19 โดยจะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการแช่เมล็ดข้าวในสารละลายเชื้อแบคทีเรียอาจมีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าว

ทั้งนี้ในการทดลองต่อไปหากมีการศึกษาการแช่เมล็ดข้าวในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย แล้วทำให้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้ดีในเวลาที่เหมาะสม

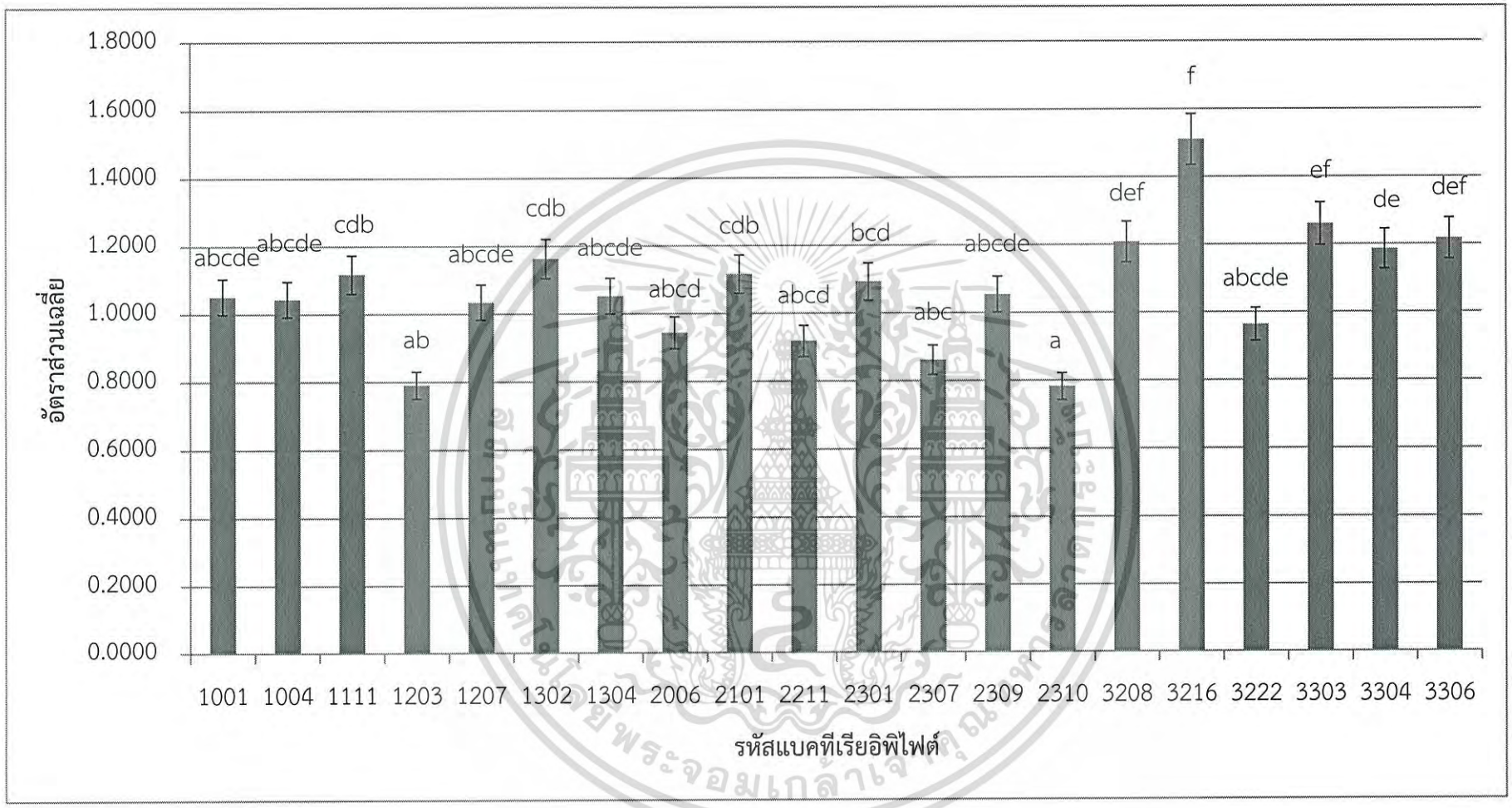
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



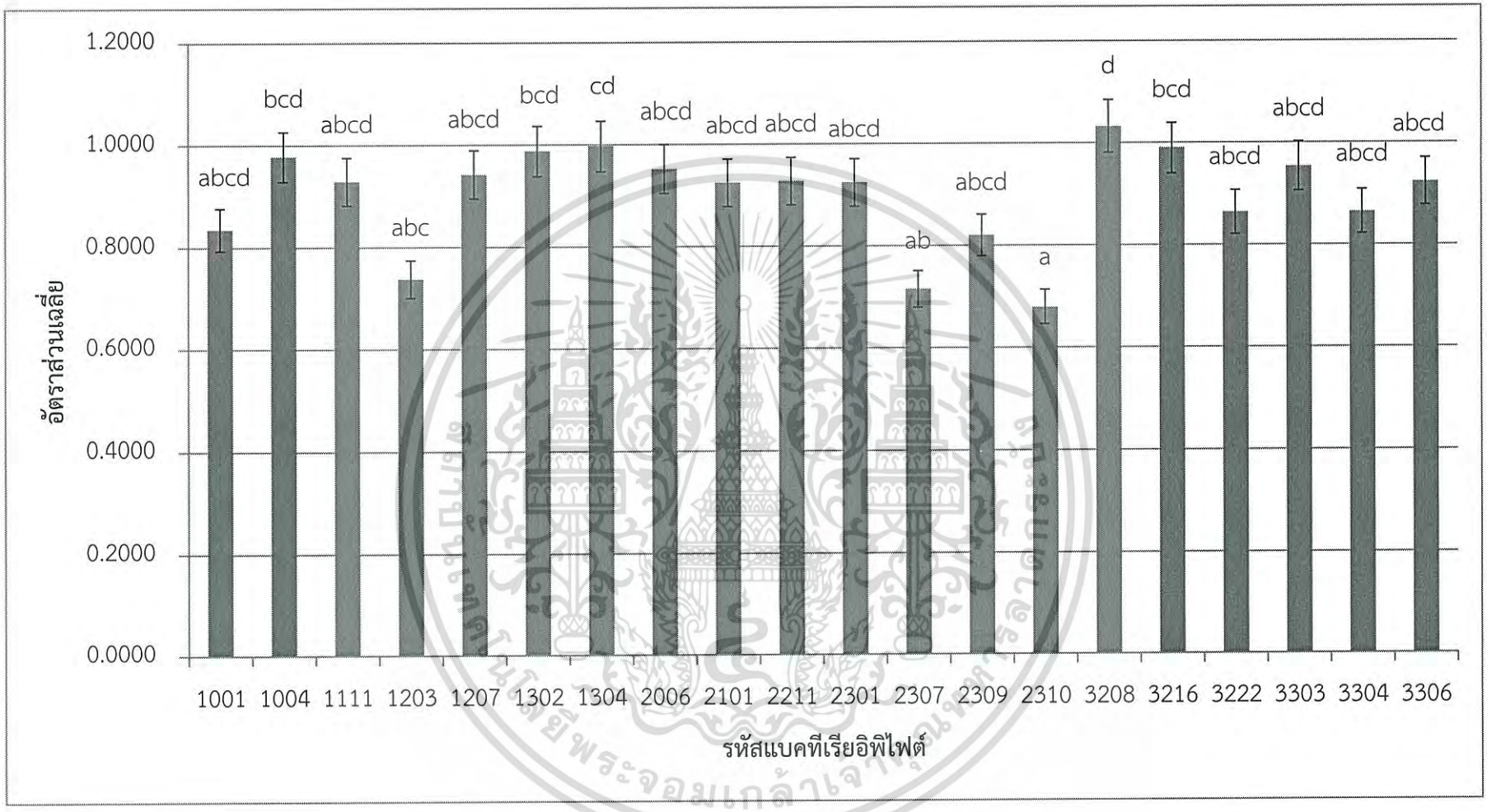
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวรากของต้นข้าวในสภาวะปกติ



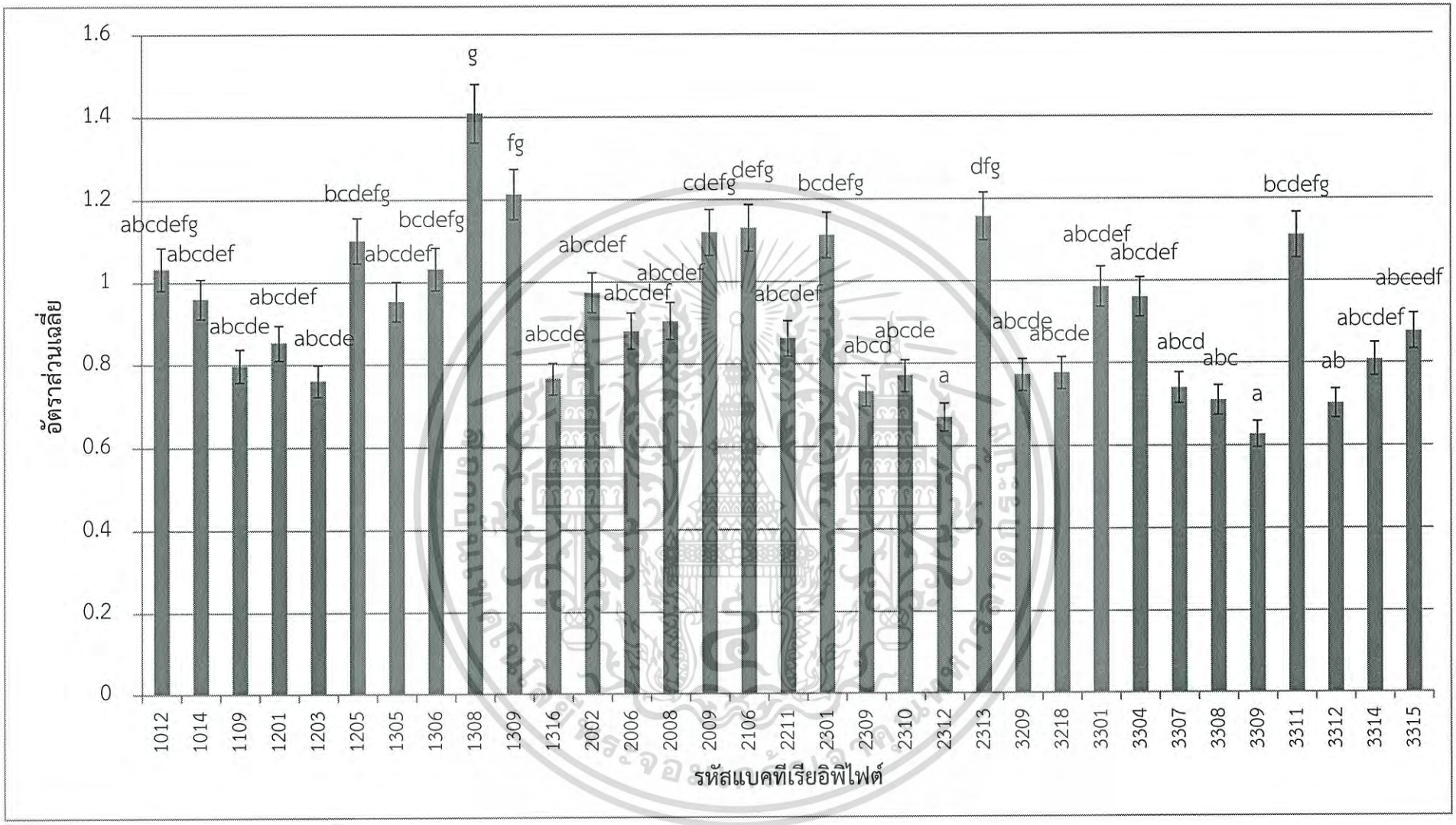
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวลำต้นของต้นข้าวในสภาวะปกติ



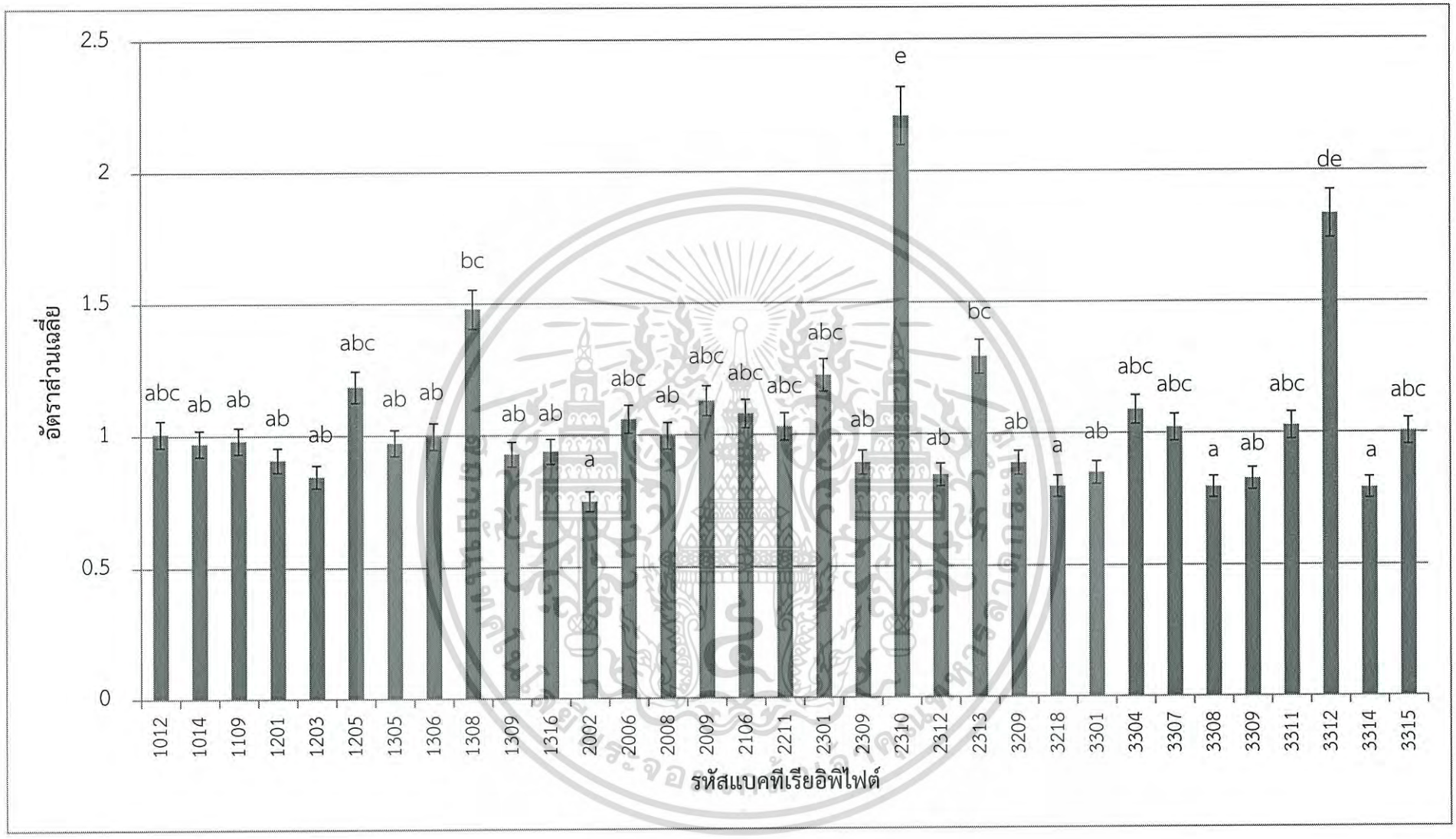
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวในสภาวะปกติ



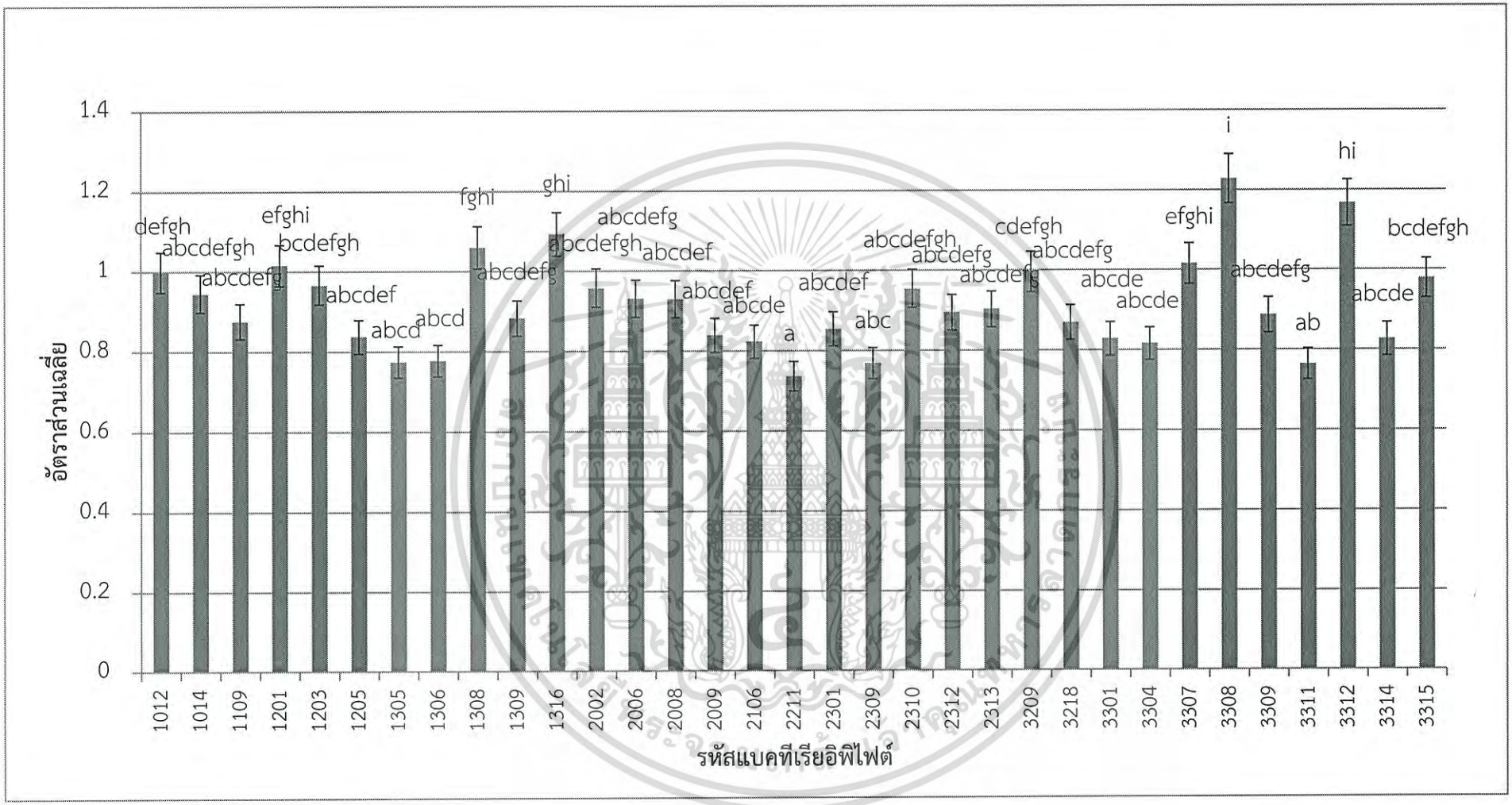
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวในสภาวะปกติ



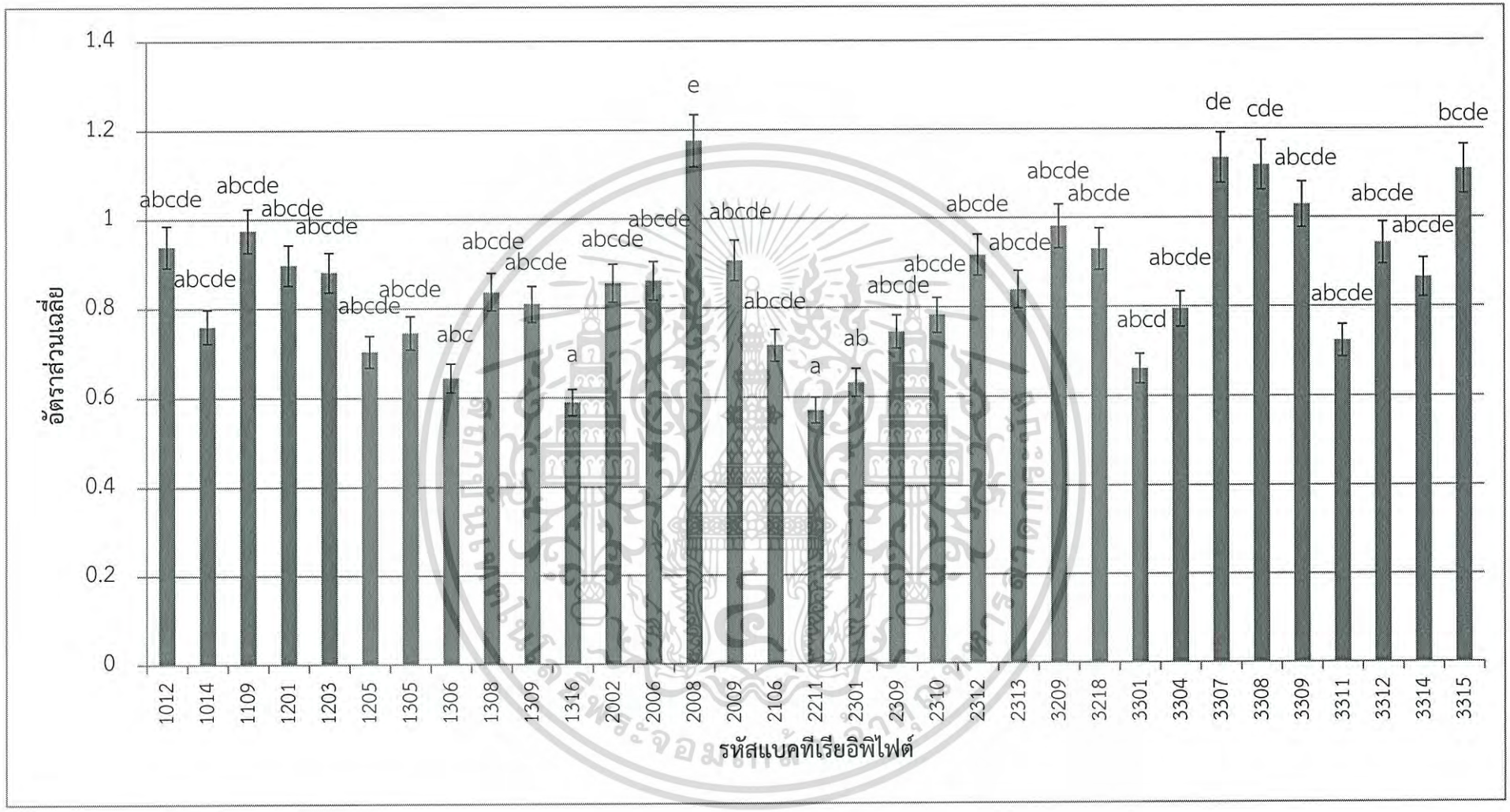
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวรากของต้นข้าวในสภาวะเครียด



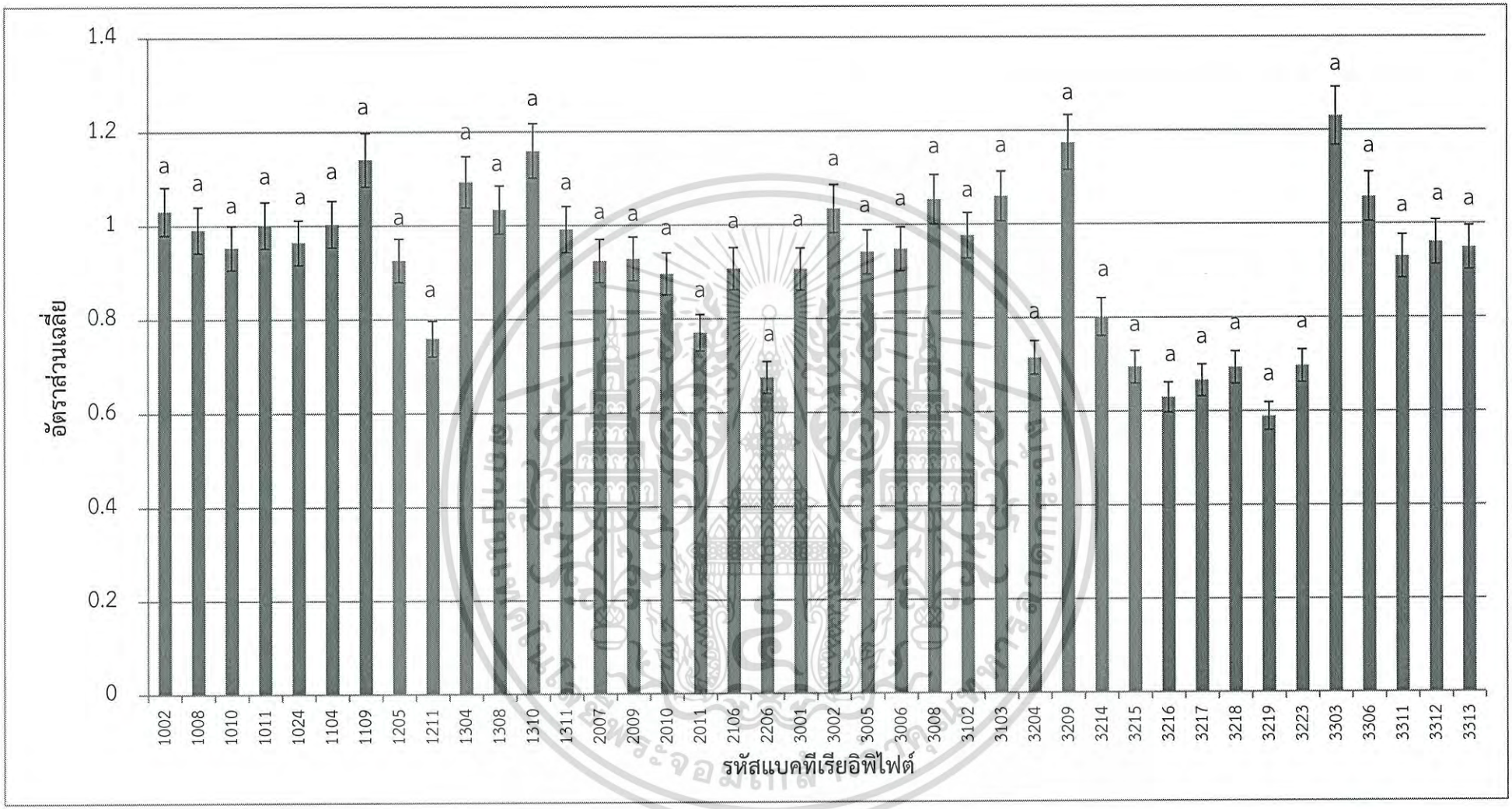
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวลำต้นของต้นข้าวในสภาวะเครียด



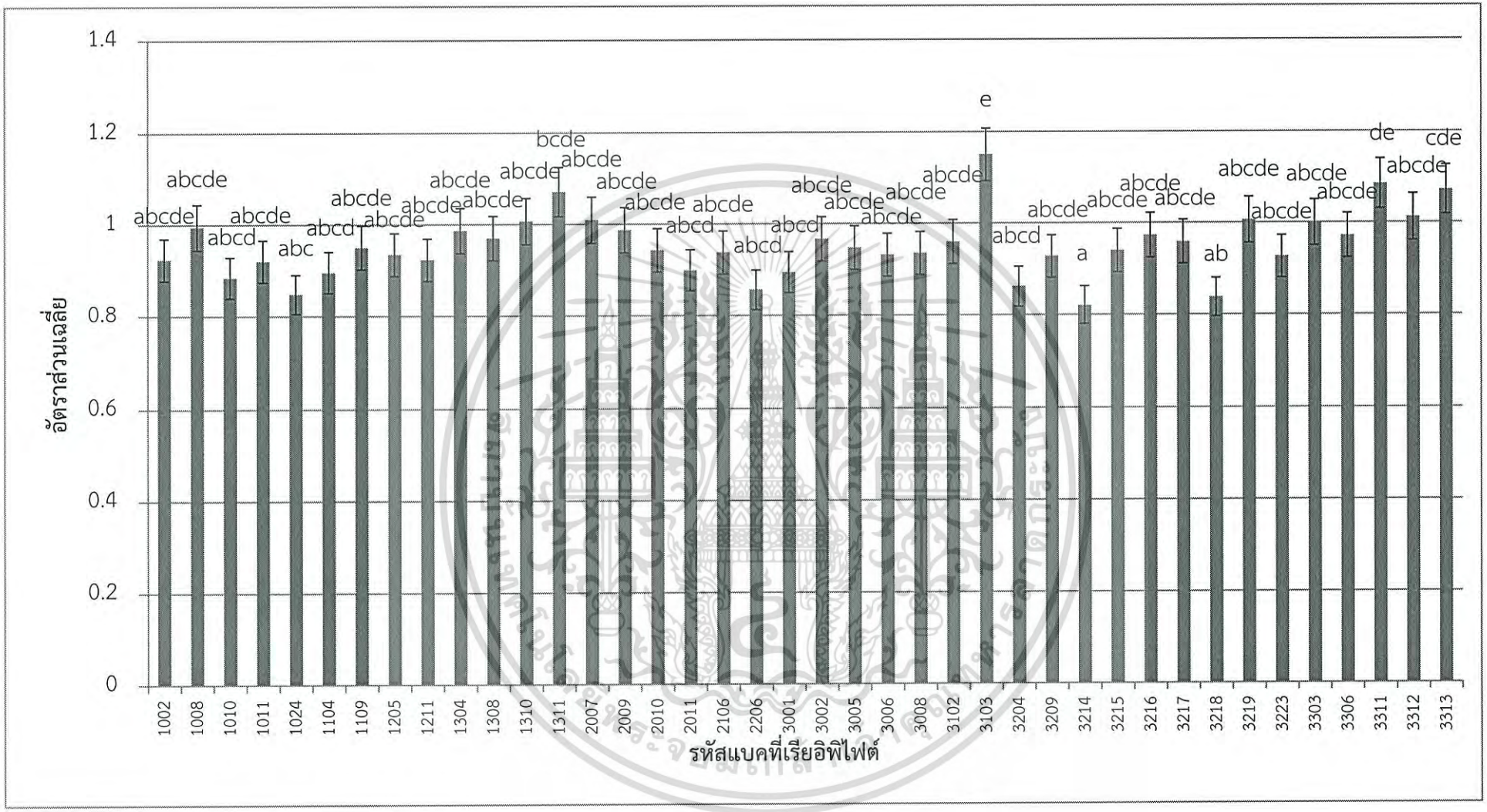
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวในสภาวะเครียด



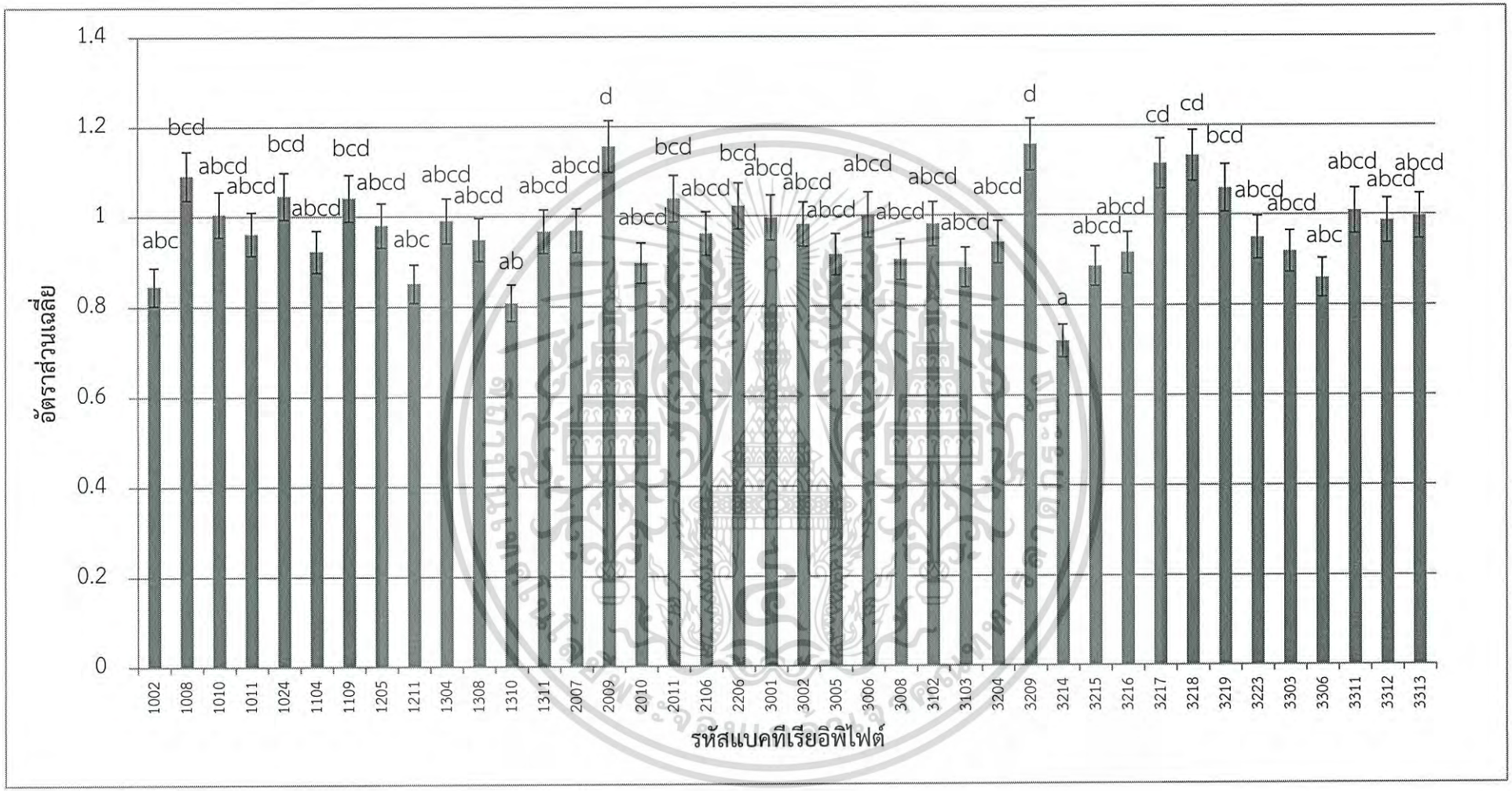
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวในสภาวะเครียด



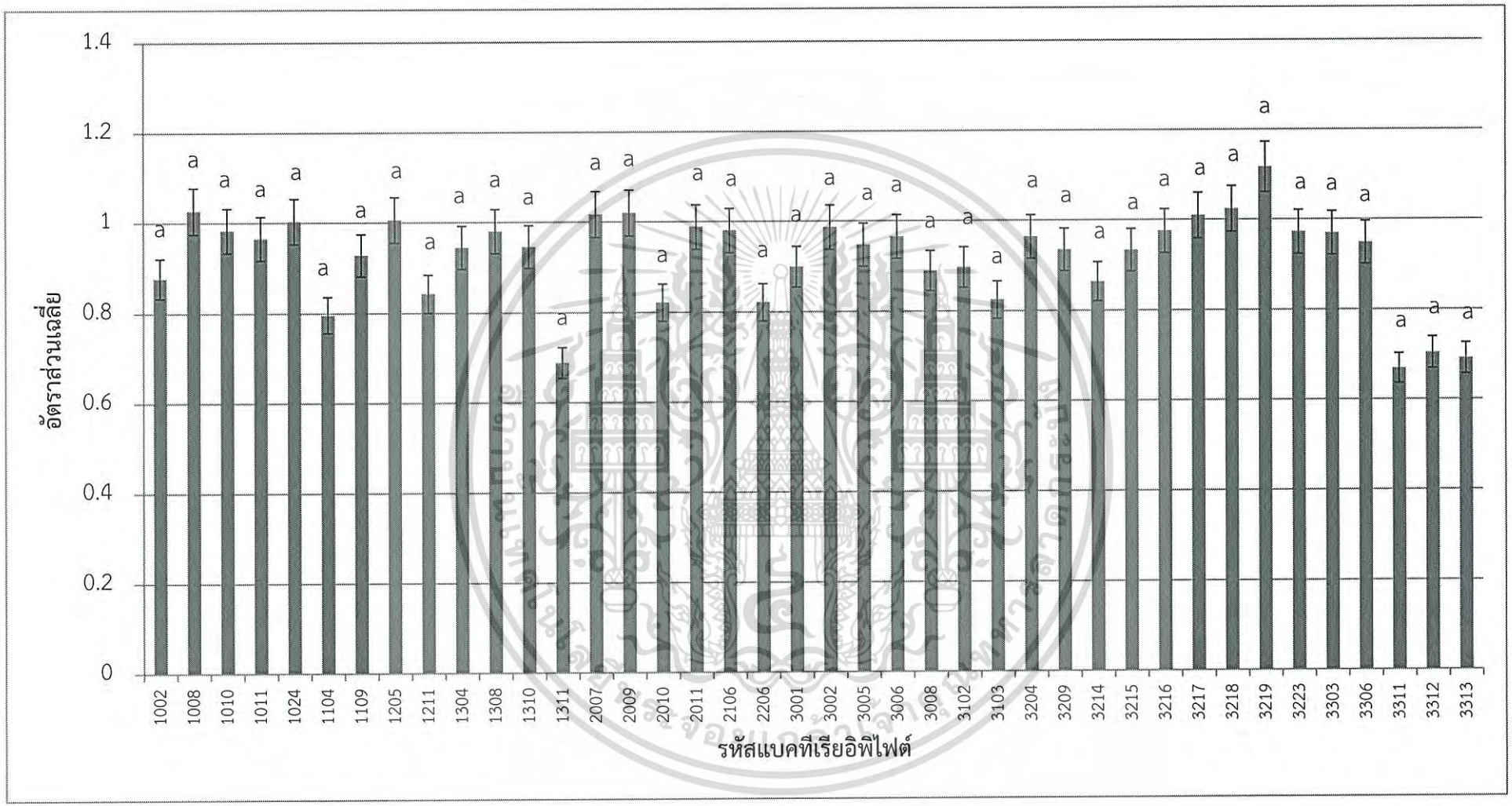
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอัตราส่วนของความยาวรากของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงอัตราส่วนของความลำต้นของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นข้าวในสภาวะปราศจากไนโตรเจน

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัย

แบคทีเรียอิพิไฟต์ได้ทั้งหมด 73 ไอโซเลต จากทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 24 ไอโซเลต พื้นที่หนองจอกจำนวน 7 ไอโซเลต จังหวัดชลบุรีจำนวน 18 ไอโซเลต และจังหวัดสระบุรีจำนวน 27 ไอโซเลต โดยพบว่าของแบคทีเรียอิพิไฟต์ส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นท่อนและเป็นแบคทีเรียแกรมลบ เมื่อนำแบคทีเรียอิพิไฟต์ทั้งหมดเพาะเลี้ยงกับเมล็ดข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในสภาวะปกติ พบว่าเชื้อแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 3216 ซึ่งมีอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ไอโซเลต 3208 ซึ่งมีอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.03

ในสภาวะเครียด ทดสอบในสภาวะที่มีเกลือเข้มข้นของเกลือ (NaCl) 0.72% (น้ำหนัก/ปริมาตร) พบว่าแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 1308 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.41 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนความยาวลำต้นเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 2310 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 3308 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.23 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 2008 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.18

ในสภาวะปราศจากไนโตรเจน ทดสอบโดยในอาหารสูตร Hoagland ปราศจากไนโตรเจน พบว่า แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนความยาวลำต้นเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 3103 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 แบคทีเรียอิพิไฟต์ที่ให้อัตราส่วนน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ไอโซเลต 3209 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.16

จากการศึกษาการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะเห็นว่าในสภาวะปกติ มี 2 ไอโซเลตที่ส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดีที่สุด ได้แก่ ไอโซเลต 3216 และ 3208 ส่วนในสภาวะที่มีเครียดมี 4 ไอโซเลตที่ส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดีที่สุด ได้แก่ ไอโซเลต 1308 2310 3308 และ 2008 และสภาวะปราศจากไนโตรเจน พบว่ามี 2 ไอโซเลตที่สามารถส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดีที่สุด ได้แก่ ไอโซเลต 3103 และ 3209 ทั้งสามสภาวะจะเห็นว่า มี 9 ไอโซเลตที่ส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวได้ดีที่สุด ได้แก่ ไอโซเลต 3216 3208 1308 2310 3308 2008 3103 2009 และ 3209 โดยส่วนใหญ่เป็นไอโซเลตที่แยกได้จากจังหวัดสระบุรี 3 ไอโซเลต จังหวัดชลบุรี 3 ไอโซเลต จังหวัดสุพรรณบุรี 2 ไอโซเลต และจากหนองจอก 1 ไอโซเลต ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรนำแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวไปทดสอบในพื้นที่เพาะปลูกจริง

5.2.2 ควรทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบโตในสภาวะที่มีความของเกลือที่ต่างจากนี้ เพื่อศึกษาความเข้มข้นสูงสุดของเกลือที่เชื้อสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ จันทร์เอียด, ณัฐธิดา ม่วงขำ และณัฐวรรณ สุวรรณเทพ. 2556ก. “การคัดแยกแบคทีเรียอิพิไฟต์จากต้นข้าว และกิจกรรมการส่งเสริมการเจริญในพืช” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรรณิการ์ มีมาก, ชุติมา ชุมเขียว และ ณัฏฐนิช สวนมะลิ. 2556ข “การคัดแยกแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากต้นข้าว และกิจกรรมการส่งเสริมการเจริญในพืช” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรมการข้าว. 2553. การจัดการข้าววัชพืชแบบผสมผสานในระบบการผลิตแบบเกษตรดีที่เหมาะสม. พิมครั้งที่2. นครนายก : ภมรมาศ

กฤติกา เคยประสิทธิ์ และอิงกฤช ภู่วรประเสริฐ. 2556. “การคัดแยกแอคติโนมัยซีสท์ที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญของข้าว” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ขนิษฐา ดอกเงิน, พนิดา เขาแก้ว และสุกฤตา วุฒิธรรมาภรณ์. 2558. “การระบุชนิดและการศึกษาการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากข้าว.” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ตุ๊แสนฤทธิ์. 2015. “ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวแสนอร่อยของคนไทย”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www. Raiporjai.com

ณัฐนันทร์ แก้วฉีด. 2543. **ความรู้เรื่องข้าว.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ธนากร แสงสง่า. 2557. “พีจีพีอาร์ : บทบาทในการส่งเสริมและป้องกันพืชภายใต้สภาวะเครียด” บทความวิชาการ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นฤมล สุประภากร, นัดดา เห็นสุข และวรรณา รอดศิริ. 2556. “การศึกษาเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ ACC-deaminase และฮอร์โมนออกซินที่มีอิทธิพลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตในต้นข้าวโพด” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประภาส วีระแพทย์. 2517. ความรู้เรื่องข้าว.ไทยวัฒนาพานิชม กรุงเทพฯ (43,46)

ปวรปรัชญ์ ปัญญาวัน, เฟื่องฟ้า เหลาเพียร และวิลาสินี ระวีกุล. 2557. “การศึกษาการส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยแบคทีเรียเอนโดไฟต์” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปิยารัตน์ เผือกนาค, วรรษมน ชูช่วย และศรัณย์ เรไรวรรณ. 2555. “การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ และอิทธิพลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในต้นแก่นตะวัน” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รัตนา สุดตา และรุ่งอรุณ งามพงศ์พรรณ. 2556. “การคัดกรองเชื้อแอคติโนมัยสีทที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวที่แยกได้จากเนื้อเยื่อและจากพื้นผิวต้นข้าว” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรัตน์ เครือสุวรรณ์ และอรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต. 2556. “สมบัติการส่งเสริมการเจริญของพืชจากแอตติโนมัยซีทและแบคทีเรียแอนโดไฟต์ที่แยกได้จากอ้อยและการส่งเสริมการเจริญข้องข้าวโพด” *Thai j. Genet.* 1:423.

วิโรจน์ ซื่อสัตย์, นารีรัตน์ ทศพรพิทักษ์กุล และเพ็ญนภา เดชกุล. 2556. “การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และสายพันธุ์ กข 6 โดยเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์” โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์การเรียนรู้การเกษตรตำบลสาคู. 2554. **ลักษณะและส่วนประกอบของต้นข้าว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://sakhu.go.th.

สิรินธร. 2558. **ข้าวไทยไปญี่ปุ่น.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2527."ฮอร์โมนพืช"ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. 2527. **ข้าว.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช

สุจิตตรา ปะนันโต, ภาคภูมิ ตันเตชสาธิต, ศิริลักษณ์ จิตรอักษร, รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ และกรรณิการ์ สัจจาพันธ์. 2556. "เอนโดไฟติกแบคทีเรียและผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว." *แก่นเกษตร.* 41(4) : 457-468.

สุมาลี บุญเรือง. 2555. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช. สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สมฤดี ศรีวิเชียร, สุรัสวดี ศริมงคง และอาภัสรา รื่นสายชล. 2556. "การคัดกรองเชื้อ *Pseudomonas sp.* ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชจากต้นข้าว" โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโยลีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อนันต์ วงเจริญ. 2557. "การคัดเลือกเชื้อราเอนโดไฟต์จากข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งราสาเหตุโรคข้าว." *แก่นเกษตร.* 42 (3) : 385-396.

Gopalakrishnan , S ., Vadlamudi , S ., Bandikinda , P ., Sathya , A ., Vijayabharathi , R ., Rupela , O ., Krishnamohan Katta and H.K. Varshney , R.K. 2013 . "Evaluation of *Streptomyces* strains isolated from herbal vermicompost for plant growth-promotion traits in rice." Andhra Pradesh , India .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 Nutrient agar (NA)

Peptic digest of animal tissue	5.0 กรัม
Beef extract	1.5 กรัม
Sodium chloride	5.0 กรัม
Yeast extracts	1.5 กรัม
Agar	15.0 กรัม
Distilled water	1,000.0 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่นจนสารเคมีละลายเข้ากัน ปรับพีเอชให้เป็น 7.4±0.2 เทใส่ขวดปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้ออาหารที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

1.2 Trypticase soy agar (TSA)

Pancreatic digest of casein	15.0 กรัม
Papaic digest of soyabean meal	5.0 กรัม
Sodium chloride	5.0 กรัม
Agar	15.0 กรัม
Distilled water	1,000.0 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่นจนสารเคมีละลายเข้ากัน ปรับพีเอชให้เป็น 7.3±0.2 เทใส่ขวดปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้ออาหารที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

1.3 Hoagland medium

1M Calcium nitrate	5.0 มิลลิลิตร
1M Potassium nitrate	5.0 มิลลิลิตร
1M Magnesium sulfate	2.0 มิลลิลิตร
1M Potassium dihydrogen phosphate	1.0 มิลลิลิตร
Fe-EDTA	1.0 มิลลิลิตร
Micronutriens	1.0 มิลลิลิตร
Distilled water	1,000.0 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่นจนสารเคมีละลายเข้ากัน ปรับพีเอชให้เป็น 5.6±0.2 เทใส่ขวดปิดฝานำไปนึ่งฆ่าเชื้ออาหารที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียม stock

Calcium nitrate 23.615 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

Potassium nitrate 10.110 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

Magnesium sulfate 24.65 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

Potassium dihydrogen phosphate 13.61 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม Fe-EDTA

Sodium EDTA 4.07 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร

Iron (III) chloride 2.45 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร

น้ำสารละลายทั้งสองชนิดมาผสมกันแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียม Micronutrients

Boric acid 0.286 กรัม

Copper (II) chloride 0.005 กรัม

Manganese (II) chloride 0.181 กรัม

Zinc chloride 0.011 กรัม

Sodium molybdate 0.0025 กรัม

ละลายสารประกอบแต่ละชนิดแล้วเติมลงในน้ำกลั่นปริมาตร 80 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลาย 0.5 McFarland standard

1%Sulfuric acid	99.5 มิลลิลิตร
Barium chloride	0.5 มิลลิลิตร

เก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ข

ตาราง ข1 ลักษณะรูปร่าง และ แกรมของแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากนาในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี

รหัส	แกรม	รูปร่าง
1001	-	ท่อน เรียงต่อกันเป็นคู่
1002	+	ท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย
1004	+	กลม อยู่กันเป็นกลุ่ม
1008	-	ท่อนสั้น
1010	-	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
1011	-	ท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย
1012	-	ท่อน
1014	+	ท่อน เรียงต่อกันเป็นคู่
1024	+	ท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย
2002	+	ท่อนสั้น
2006	-	กลม เรียงต่อกันเป็นคู่
2007	+	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
2008	+	ท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย
2009	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นคู่
2010	-	กลม
2011	-	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
3001	-	ท่อนสั้น
3002	+	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นคู่
3005	-	กลม
3006	-	ท่อน
3008	-	ท่อนสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข2 ลักษณะรูปร่าง และ แกรมของแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากนาในพื้นที่หนองจอก

รหัส	แกรม	รูปร่าง
1104	+	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
1109	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
1111	-	ท่อนสั้น
2101	+	กลม
2106	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3102	+	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3103	+	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
1201	-	กลม
1203	-	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
1205	-	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
1207	-	ท่อนสั้น
1211	-	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
2206	-	ท่อนสั้น
2211	-	ท่อนสั้น
3204	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3208	-	กลม อยู่กันเป็นกลุ่ม
3209	-	ท่อนสั้น
3214	-	ท่อน
3215	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3216	-	ท่อนสั้น
3217	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3218	-	ท่อนสั้น
3219	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3222	-	ท่อนสั้น เรียงต่อกันเป็นสาย
3223	-	ท่อนสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข3 ลักษณะรูปร่าง และ แกรมของแบคทีเรียอิพิไฟต์ที่แยกได้จากนาในพื้นที่จังหวัดสระบุรี

รหัส	แกรม	รูปร่าง
1302	-	ท่อนสั้น
1304	+	ท่อน
1305	-	กลม เรียงต่อกันเป็นสาย
1306	+	กลมเล็ก เรียงตัวเป็นกลุ่ม
1308	+	ท่อน เรียงต่อกันเป็นสาย
1309	+	ท่อน
1310	-	ท่อนสั้น
1311	+	ท่อนยาว
1316	+	กลมเล็ก
2301	-	กลม เรียงต่อกันเป็นคู่
2307	-	ท่อนสั้น
2309	-	กลมเล็ก เรียงตัวเป็นกลุ่ม
2310	-	กลมเล็ก เรียงตัวเป็นกลุ่ม
2312	+	กลมเล็ก เรียงตัวเป็นกลุ่ม
2313	+	ท่อน
3301	+	ท่อน
3303	+	ท่อนสั้น
3304	+	ท่อน
3306	+	ท่อนยาว
3307	+	ท่อน กระจัดกระจาย
3308	+	ท่อน กระจัดกระจาย
3309	+	ท่อน
3311	-	ท่อนยาว
3312	+	ท่อน
3313	+	กลมใหญ่ เรียงตัวเป็นกลุ่ม
3314	+	ท่อนสั้น
3315	+	ท่อน กระจัดกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตาราง ค1 ความยาวรากของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 20 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1001	1.2135	1.0605	0.9464	1.0735±0.1340
1004	1.2527	1.1886	0.9857	1.1423±0.1394
2006	1.2384	0.9893	1.0893	1.1057±0.1254
1111	1.1174	0.9858	0.9679	1.0237±0.0817
2101	1.1174	1.1922	1.1786	1.1627±0.0398
1203	1.1210	1.0890	1.1214	1.1105±0.0186
1207	0.8327	0.9110	0.9429	0.8955±0.0567
2211	0.8505	0.9537	1.0714	0.9585±0.1105
3208	1.0747	0.9964	0.7857	0.9523±0.1495
3216	1.0000	1.1459	1.2393	1.1284±0.1206
3222	0.8776	0.9644	1.0412	0.9611±0.0818
1302	1.2514	1.1513	1.0512	1.1513±0.1001
1304	0.8910	0.8643	0.8176	0.8576±0.0372
2301	1.0378	1.0245	0.7241	0.9288±0.1774
2307	0.8510	1.2080	0.9744	1.0111±0.1813
2309	0.7809	0.9811	1.1179	0.9600±0.1695
2310	1.3582	1.1346	1.1263	1.2063±0.1316
3303	1.5350	1.0245	0.9644	1.1746±0.3136
3304	1.1413	0.9544	1.0078	1.0345±0.0963
3306	1.0845	1.1479	1.0645	1.0990±0.0436

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค2 ความยาวลำต้นต้นของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 20 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1001	1.0744	1.1009	1.0706	1.0820±0.0165
1004	1.0971	1.0895	0.8247	1.0038±0.1551
2006	1.0025	0.7528	0.8890	0.8815±0.1250
1111	1.1803	0.9117	0.6545	0.9155±0.2629
2101	0.8588	0.9912	0.8247	0.8915±0.0879
1203	0.9836	0.8966	0.8890	0.9231±0.0526
1207	1.0857	1.0290	0.6999	0.9382±0.2083
2211	0.9306	0.7680	0.9798	0.8928±0.1109
3208	0.9647	0.8701	0.9647	0.9332±0.0546
3216	0.8625	0.9079	0.7717	0.8474±0.0693
3222	1.0418	1.0152	0.7795	0.9455±0.1444
1302	0.9468	1.1711	0.9905	1.0361±0.1189
1304	1.1635	1.1255	0.7757	1.0215±0.2138
2301	1.0152	1.1255	0.7681	0.9696±0.1830
2307	0.6768	1.0152	0.7490	0.8137±0.1782
2309	0.9125	0.9125	0.9962	0.9404±0.0483
2310	0.7034	0.8603	0.7795	0.7811±0.0784
3303	0.9924	0.8213	0.7224	0.8454±0.1366
3304	0.9658	1.0152	0.9734	0.9848±0.0266
3306	0.7985	1.0418	0.9049	0.9151±0.1220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค3 น้ำหนักสดของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 20 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1001	1.2083	0.9716	0.9749	1.0516±0.1357
1004	1.0768	1.0962	0.9590	1.0440±0.0742
2006	1.0918	0.7570	0.9821	0.9437±0.1707
1111	1.1760	1.0842	1.0916	1.1173±0.0510
2101	0.9823	1.3433	1.0233	1.1163±0.1976
1203	0.8081	0.8342	0.7306	0.7910±0.0539
1207	1.0652	1.0116	1.0273	1.0347±0.0276
2211	1.0105	0.8113	0.9337	0.9185±0.1004
3208	1.2515	1.1060	1.2667	1.2081±0.0887
3216	1.4547	1.5686	1.5082	1.5105±0.0570
3222	1.1293	0.9591	0.8030	0.9638±0.1632
1302	1.2019	1.1205	1.1651	1.1625±0.0408
1304	0.9875	1.1560	1.0147	1.0527±0.0905
2301	1.1547	1.0929	1.0315	1.0930±0.0616
2307	0.8043	1.0256	0.7547	0.8616±0.1442
2309	1.0233	1.1435	0.9959	1.0542±0.0785
2310	0.8188	0.7651	0.7651	0.7830±0.0310
3303	1.1780	1.2856	1.3166	1.2601±0.0727
3304	1.1034	1.2599	1.1929	1.1854±0.0785
3306	1.1806	1.2155	1.2543	1.2168±0.0369

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค4 น้ำหนักแห้งของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 20 ไอโซเลต ในสภาวะปกติ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1001	0.6644	1.0082	0.8329	0.8352±0.1719
1004	1.0493	0.9644	0.9205	0.9781±0.0655
2006	0.9589	0.9986	0.9000	0.9525±0.0496
1111	0.9041	0.9041	0.9795	0.9292±0.0435
2101	0.8781	1.0397	0.8575	0.9251±0.0998
1203	0.7507	0.7699	0.6918	0.7374±0.0407
1207	0.9863	0.9740	0.8671	0.9425±0.0655
2211	1.0329	0.7753	0.9753	0.9279±0.1352
3208	0.9973	1.0027	1.0986	1.0329±0.0570
3216	1.0301	1.0534	0.8877	0.9904±0.0897
3222	1.0103	0.8994	0.6839	0.8645±0.1660
1302	1.0219	0.9329	1.0090	0.9880±0.0481
1304	1.0194	1.0361	0.9368	0.9974±0.0532
2301	0.9987	0.9394	0.8361	0.9247±0.0823
2307	0.6632	0.8181	0.6645	0.7153±0.0890
2309	0.8039	0.8916	0.7665	0.8206±0.0642
2310	0.7071	0.6594	0.6710	0.6791±0.0249
3303	0.8994	0.9019	1.0606	0.9540±0.0924
3304	0.9135	0.7484	0.9342	0.8654±0.1018
3306	0.8516	0.9523	0.9677	0.9239±0.0631

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค5 ความยาวรากของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 33 ไอโซเลต ในสภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1012	1.1554	1.1713	0.7729	1.0332±0.2256
1014	0.8645	0.9243	1.0916	0.9602±0.1177
1109	0.9000	0.6818	0.8091	0.7970±0.1096
1201	0.8273	0.8227	0.9091	0.8530±0.0486
1203	0.8500	0.7773	0.6545	0.7606±0.0988
1205	1.1063	1.1311	1.0664	1.1013±0.0326
1305	0.9156	0.9372	1.0072	0.9533±0.0479
1306	1.0988	1.0934	0.9049	1.0323±0.1104
1308	1.4973	1.3734	1.3573	1.4093±0.0766
1309	1.2980	1.3250	1.0180	1.2137±0.1700
1316	0.6534	0.8182	0.8227	0.7648±0.0965
2002	0.9602	1.0398	0.9223	0.9741±0.0600
2006	0.9522	0.5618	1.1275	0.8805±0.2896
2008	0.8955	0.9045	0.9136	0.9045±0.0091
2009	1.1095	1.1257	1.1257	1.1203±0.0093
2106	1.1041	1.2011	1.0880	1.1311±0.0612
2211	1.0126	0.6086	0.9641	0.8618±0.2206
2301	0.9587	1.0826	1.2980	1.1131±0.1717
2309	0.8295	0.9803	0.3905	0.7334±0.3064
2310	0.7487	0.9318	0.6302	0.7702±0.1520
2312	0.7182	0.6909	0.6000	0.6697±0.0619
2313	1.1957	1.1580	1.1203	1.1580±0.0377
3209	0.7927	0.7773	0.7455	0.7718±0.0241
3218	0.7182	0.8409	0.7682	0.7758±0.0617
3301	0.9533	1.0611	0.9426	0.9856±0.0655
3304	1.1257	0.7487	1.0072	0.9605±0.1928
3307	0.9045	0.6364	0.6773	0.7394±0.1445

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
3308	0.5455	0.7545	0.8295	0.7098±0.1472
3309	0.5818	0.6318	0.6682	0.6273±0.0434
3311	1.1957	1.1311	1.0072	1.1113±0.0958
3312	0.7591	0.7318	0.6136	0.7015±0.0773
3314	0.7773	0.8136	0.8318	0.8076±0.0278
3315	0.8636	0.8364	0.9273	0.8758±0.0467

ตาราง ค6 ความยาวลำต้นของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 33 ไอโซเลต ในสภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1012	1.2407	1.1198	0.6617	1.0074±0.3054
1014	1.0117	0.8781	1.0244	0.9714±0.0811
1109	0.9330	1.0134	0.9973	0.9812±0.0426
1201	0.7239	0.9249	1.0777	0.9088±0.1775
1203	0.8686	0.7802	0.8927	0.8472±0.0593
1205	1.1261	1.4123	1.0154	1.1846±0.2048
1305	0.8954	1.0154	1.0061	0.9723±0.0668
1306	0.9692	0.9138	1.1077	0.9969±0.0998
1308	1.3015	1.5969	1.5415	1.4800±0.1570
1316	0.8948	0.8525	1.0697	0.9390±0.1151
2002	0.7699	0.7953	0.6872	0.7508±0.0566
2006	1.2916	0.6935	1.1962	1.0605±0.3213
2008	1.1582	0.9008	0.9330	0.9973±0.1402
2009	0.9692	1.1815	1.2369	1.1292±0.1413
2106	1.2369	0.9877	1.0154	1.0800±0.1366

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
2211	0.9231	1.0892	1.0800	1.0308±0.0934
2301	1.0338	1.1446	1.4954	1.2246±0.2409
2309	0.7846	1.0892	0.8077	0.8938±0.1696
2310	2.3538	2.1138	2.1600	2.2092±0.1273
2312	0.8123	0.8767	0.8525	0.8472±0.0325
2313	1.3292	1.1631	1.3846	1.2923±0.1153
3209	1.1179	0.7158	0.8364	0.8901±0.2064
3218	0.7962	0.6354	0.9732	0.8016±0.1690
3301	0.7754	0.7846	0.9969	0.8523±0.1253
3304	1.0154	0.9969	1.2554	1.0892±0.1442
3307	0.9571	1.0697	1.0375	1.0214±0.0580
3308	0.7078	0.7802	0.9048	0.7976±0.0997
3309	0.8686	0.7802	0.8364	0.8284±0.0448
3311	1.0892	1.0615	0.9323	1.0277±0.0838
3312	2.0268	1.6809	1.7935	1.8338±0.1764
3314	0.7560	0.8284	0.7962	0.7936±0.0363
3315	0.9973	1.2064	0.8123	1.0053±0.1972

ตาราง ค7 น้ำหนักสดของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 33 ไอโซเลต ในสภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1012	1.1188	1.0188	0.8588	0.9988±0.1311
1014	0.9225	0.9175	0.9950	0.9450±0.0434
1109	0.8942	0.8862	0.8462	0.8755±0.0258
1201	1.1010	0.9599	0.9856	1.0155±0.0751
1203	0.9904	0.9439	0.9647	0.9663±0.0233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1205	0.8358	0.8798	0.7944	0.8367±0.0427
1305	0.7650	0.7891	0.7677	0.7739±0.0132
1306	0.8211	0.7637	0.7463	0.7770±0.0391
1308	0.9880	1.1081	1.0814	1.0592±0.0631
1309	0.9453	0.8972	0.8051	0.8825±0.0712
1316	1.1554	1.0000	1.1218	1.0924±0.0818
2002	0.9538	1.0625	0.8575	0.9579±0.1026
2006	0.8363	0.8563	1.1000	0.9308±0.1468
2008	1.0032	0.8670	0.9183	0.9295±0.0688
2009	0.8812	0.8478	0.7877	0.8389±0.0474
2106	0.8051	0.8238	0.8398	0.8229±0.0174
2211	0.6929	0.7330	0.7837	0.7365±0.0455
2301	0.7957	0.8117	0.9546	0.8540±0.0875
2309	0.7196	0.7917	0.7944	0.7686±0.0424
2310	1.0254	0.8919	0.9453	0.9542±0.0672
2312	0.7997	0.8157	1.0689	0.8948±0.1510
2313	0.8892	0.8919	0.9279	0.9030±0.0216
3209	0.9968	0.9840	1.0080	0.9963±0.0120
3218	0.9391	0.7308	0.9375	0.8691±0.1198
3301	0.9079	0.8037	0.7730	0.8282±0.0707
3304	0.8678	0.7557	0.8238	0.8158±0.0565
3307	1.0208	1.0016	1.0240	1.0155±0.0121
3308	1.1506	1.3013	1.2324	1.2281±0.0754
3309	0.9054	0.8446	0.9119	0.8873±0.0371
3311	0.7650	0.7837	0.7437	0.7641±0.0200
3312	1.2051	1.1827	1.1138	1.1672±0.0476
3314	0.8061	0.8157	0.8574	0.8264±0.0273
3315	0.9311	1.0673	0.9375	0.9786±0.0769

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค8 น้ำหนักแห้งของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 33 ไอโซเลต ในสภาวะเครียดเนื่องจากเกลือ

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1012	1.0720	0.9600	0.7840	0.9387±0.1452
1014	0.9200	0.7360	0.6240	0.7600±0.1495
1109	0.9615	1.0000	0.9615	0.9744±0.0222
1201	0.9904	0.8173	0.8846	0.8974±0.0872
1203	0.9423	0.7885	0.9135	0.8814±0.0818
1205	0.8741	0.5704	0.6667	0.7037±0.1552
1305	0.7185	0.7630	0.7556	0.7457±0.0238
1306	0.6593	0.6148	0.6593	0.6444±0.0257
1308	0.8148	0.8519	0.8444	0.8370±0.0196
1309	0.7926	0.9037	0.7333	0.8099±0.0865
1316	0.9615	0.9327	0.8558	0.9167±0.9167
2002	0.8800	0.8560	0.8320	0.8560±0.0240
2006	0.7440	0.8880	0.9520	0.8613±0.1065
2008	1.2019	1.2596	1.0673	1.1763±0.0987
2009	0.9259	0.9704	0.8222	0.9062±0.0760
2106	0.7259	0.7111	0.7111	0.7160±0.0086
2211	0.5778	0.3852	0.7481	0.5704±0.1816
2301	0.5481	0.6000	0.7481	0.6321±0.1038
2309	0.4296	0.7333	1.0741	0.7457±0.3224
2310	0.7185	0.8000	0.8296	0.7827±0.0575
2312	0.8173	0.7596	1.1731	0.9167±0.2239
2313	0.8074	0.8444	0.8667	0.8395±0.0299
3209	0.7404	1.0288	1.1731	0.9808±0.2203
3218	1.0000	0.8846	0.9038	0.9295±0.0618
3301	0.7704	0.6889	0.5259	0.6617±0.1245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
3304	0.8593	0.7704	0.7556	0.7951±0.0561
3307	1.1154	1.0769	1.2115	1.1346±0.0693
3308	0.9712	1.1538	1.2308	1.1186±0.1334
3309	1.0673	1.0385	0.9808	1.0288±0.0441
3311	0.7704	0.7185	0.6815	0.7235±0.0446
3312	0.9904	1.0865	0.7500	0.9423±0.1733
3314	0.7500	1.0192	0.8269	0.8654±0.1387
3315	1.0673	1.2115	1.0481	1.1090±0.0893

ตาราง ค9 ความยาวรากของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 40 ไอโซเลต ในสภาวะปราศจากไนโตรเจน

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1002	0.9056	1.0907	1.0963	1.0308±0.1085
1008	1.0654	1.0598	0.8467	0.9907±0.1247
1010	1.0150	0.9112	0.9308	0.9523±0.0551
1011	0.9869	0.9589	1.0570	1.0009±0.0505
1024	1.0122	0.9084	0.9701	0.9636±0.0522
1104	0.9379	1.0870	0.9845	1.0031±0.0763
1109	0.9814	1.1491	1.2919	1.1408±0.1554
1205	1.0086	0.8649	0.1243	0.6659±0.4746
1211	1.0977	1.0309	0.1481	0.7589±0.5300
1304	1.0923	1.2589	0.9286	1.0933±0.1652
1308	1.0595	0.9554	1.0863	1.0337±0.0692
1310	0.9494	1.2202	1.3095	1.1597±0.1875
1311	1.0268	0.9249	1.0214	0.9911±0.0573
2007	0.8523	0.8776	1.0402	0.9234±0.1020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
2009	0.9701	0.9925	0.8215	0.9280±0.0929
2010	0.8019	1.0037	0.8804	0.8953±0.1018
2011	0.8019	0.7009	0.8075	0.7701±0.0600
2106	0.5932	1.0714	1.0528	0.9058±0.2709
2206	0.7816	1.0862	0.1561	0.6746±0.4742
3001	0.9925	0.8636	0.8579	0.9047±0.0761
3002	0.9269	1.0740	1.1018	1.0342±0.0940
3005	0.8727	0.9658	0.9845	0.9410±0.0599
3006	0.6383	1.1129	1.0907	0.9473±0.2678
3008	1.0102	0.9491	1.2017	1.0536±0.1318
3102	0.8770	1.0129	1.0379	0.9759±0.0866
3103	0.9441	0.9814	1.2547	1.0600±0.1696
3204	1.0862	0.9253	0.1329	0.7148±0.5103
3306	1.2798	1.2232	1.0208	1.1746±0.1361
3209	1.1178	1.1236	0.1614	0.8009±0.5538
3214	1.1159	0.8448	0.1214	0.6940±0.5141
3215	0.8017	0.9511	0.1367	0.6298±0.4336
3216	0.8159	1.0462	0.5717	0.8113±0.2373
3217	1.0661	0.8851	0.1272	0.6928±0.4981
3218	0.8448	0.8075	0.1160	0.5894±0.4104
3219	0.9511	0.9943	0.1429	0.6961±0.4796
3223	1.1845	1.3512	1.1548	1.2302±0.1059
3303	1.0268	1.0476	1.0982	1.0575±0.0367
3311	0.8767	1.0375	0.8740	0.9294±0.0937
3312	0.9062	0.9866	0.9866	0.9598±0.0464
3313	0.8981	1.0697	0.8767	0.9482±0.1058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค10 ความยาวลำต้นของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 40 ไอโซเลต ในสภาวะปราศจากไนโตรเจน

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1002	0.9504	0.9532	0.8678	0.9238±0.0485
1008	1.0165	1.0028	0.9642	0.9945±0.0271
1010	0.7851	0.8926	0.9752	0.8843±0.0953
1011	0.9449	0.9311	0.8843	0.9201±0.0318
1024	0.8871	0.6942	0.9642	0.8485±0.1391
1104	0.9279	0.8852	0.8742	0.8958±0.0284
1109	0.9108	0.9962	0.9436	0.9502±0.0431
1205	0.9677	0.9435	1.0081	0.9731±0.0326
1211	0.8414	0.9577	0.9704	0.9232±0.0711
1304	1.0058	0.9564	0.9971	0.9864±0.0264
1308	0.9448	0.9855	0.9797	0.9700±0.0220
1310	0.9593	1.0058	1.0552	1.0068±0.0480
1311	1.0636	1.0848	1.0636	1.0707±0.0122
2007	1.0110	0.9669	1.0496	1.0092±0.0414
2009	0.9146	1.0331	1.0138	0.9871±0.0636
2010	0.9477	0.8705	1.0110	0.9431±0.0704
2011	1.0028	0.8540	0.8402	0.8990±0.0901
2106	0.8710	0.9848	0.9574	0.9377±0.0594
2206	0.7446	0.9113	0.9140	0.8566±0.0970
3001	0.9587	0.8292	0.8953	0.8944±0.0647
3002	1.0454	0.9537	0.9013	0.9668±0.0729
3005	0.9507	0.9620	0.9297	0.9475±0.0164
3006	0.8070	1.0140	0.9747	0.9319±0.1099
3008	0.9511	0.9197	0.9354	0.9354±0.0157
3102	0.9616	0.9563	0.9616	0.9598±0.0030
3103	1.0190	1.4146	1.0157	1.149±0.2294

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
3204	0.9704	0.7769	0.8387	0.8620±0.0989
3209	0.9059	0.8871	0.9892	0.9274±0.0544
3214	0.8790	0.7742	0.8091	0.8208±0.0534
3215	1.0188	0.8495	0.9516	0.9400±0.0853
3216	1.0035	0.9956	0.9668	0.9887±0.0193
3217	0.9301	0.9516	0.9946	0.9588±0.0329
3218	0.8925	0.7177	0.9032	0.8378±0.1041
3219	1.0188	0.9866	1.0134	1.0063±0.0173
3223	0.9302	0.9041	0.9448	0.9264±0.0206
3303	0.9535	0.9797	1.0669	1.0000±0.0594
3306	1.0029	1.0087	0.9041	0.9719±0.0588
3311	1.1212	1.0697	1.0636	1.0848±0.0316
3312	0.9273	1.0545	1.0545	1.0121±0.0735
3313	1.1030	1.0545	1.0576	1.0717±0.0272

ตาราง ค11 น้ำหนักสดของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 40 ไอโซเลต ในสภาวะปราศจากไนโตรเจน

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1002	0.6816	0.8856	0.9687	0.8453±0.1477
1008	1.1486	1.0671	1.0573	1.0910±0.0501
1010	1.0850	1.0752	0.8551	1.0051±0.1300
1011	0.9269	1.0489	0.9090	0.9616±0.0761
1024	0.9793	1.0395	1.1183	1.0457±0.0697
1104	0.9492	0.9492	0.8698	0.9227±0.0458
1109	1.0282	1.0221	1.0731	1.0411±0.0279
1205	0.9294	0.8871	0.9329	0.9165±0.0255
1211	0.8456	0.7623	0.9456	0.8512±0.0918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1304	1.0081	1.0547	0.9080	0.9902±0.0750
1308	0.9187	0.9869	0.9403	0.9486±0.0348
1310	0.8044	0.8094	0.8099	0.8079±0.0030
1311	0.9769	0.8677	1.0549	0.9665±0.0940
2007	0.9612	0.9922	0.9525	0.9686±0.0209
2009	1.0835	1.3211	1.0626	1.1557±0.1436
2010	0.9839	0.6818	1.0231	0.8963±0.1867
2011	0.9557	1.0106	1.1503	1.0389±0.1003
2106	0.9052	0.9354	1.0430	0.9612±0.0724
2206	0.8559	0.9759	1.2355	1.0224±0.1940
3001	1.0072	0.9770	1.0039	0.9961±0.0166
3002	1.0138	0.9745	0.9562	0.9815±0.0295
3005	0.9108	0.9243	0.9082	0.9144±0.0086
3006	1.0165	0.9216	1.0675	1.0019±0.0740
3008	0.9309	0.8880	0.8887	0.9025±0.0245
3102	0.9607	1.1120	0.8708	0.9812±0.1219
3103	0.9508	0.8593	0.8444	0.8849±0.0576
3204	0.9286	0.8718	1.0212	0.9405±0.0754
3209	1.1358	1.1489	1.1888	1.1578±0.0276
3214	0.5635	0.8423	0.7563	0.7207±0.1428
3215	0.8661	0.8783	0.9155	0.8866±0.0257
3216	1.0978	1.1562	0.9826	1.0789±0.0883
3217	1.1225	1.1403	1.0802	1.1143±0.0309
3218	1.2126	0.9513	1.2329	1.1322±0.1570
3219	0.9761	1.1742	1.0275	1.0593±0.1028
3223	0.9078	0.9698	0.9712	0.9496±0.0362
3303	0.8148	0.9389	1.0028	0.9188±0.0956
3306	0.8629	0.8439	0.8725	0.8598±0.0146
3311	1.0698	0.9782	0.9780	1.0086±0.0529
3312	0.9335	0.9399	1.0873	0.9869±0.0870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
3313	0.9847	1.0714	0.9343	0.9968±0.0693

ตาราง ค12 น้ำหนักแห้งของต้นข้าวที่ทดสอบกับแบคทีเรียอิพิไฟต์ 40 ไอโซเลต ในสภาวะปราศจากไนโตรเจน

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
1002	0.7732	0.8994	0.9580	0.8769±0.0944
1008	0.9771	1.0790	1.0229	1.0263±0.0510
1010	1.0025	0.9885	0.9567	0.9826±0.0235
1011	0.9822	0.9860	0.9274	0.9652±0.0328
1024	0.9783	0.9822	1.0484	1.0030±0.0394
1104	0.8013	0.7293	0.8573	0.7960±0.0642
1109	0.9440	0.9253	0.9147	0.9280±0.0148
1205	0.9102	0.9714	1.0435	0.9751±0.0667
1211	0.8150	0.7660	0.9469	0.8426±0.0936
1304	0.9494	0.9795	0.9036	0.9442±0.0382
1308	0.9301	1.0217	0.9880	0.9799±0.0463
1310	0.9831	0.9108	0.9422	0.9454±0.0363
1311	0.9609	0.9669	0.1381	0.6886±0.4768
2007	1.0000	1.0650	0.9860	1.0170±0.0421
2009	0.9682	1.0803	1.0115	1.0200±0.0565
2106	0.7320	0.8387	0.8933	0.8213±0.0821
2010	1.1363	0.8752	0.9529	0.9881±0.1341
2011	1.0115	0.9312	0.9975	0.9800±0.0429
2106	0.7320	0.8387	0.8933	0.8213±0.0821
2206	0.8068	0.9252	0.9660	0.8993±0.0827
3001	0.9809	0.9503	1.0280	0.9864±0.0391
3002	0.9277	0.9699	0.9446	0.9474±0.0212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อัตราส่วน			ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	
3006	0.9639	0.9349	0.9964	0.9651±0.0307
3008	0.9651	0.8277	0.8747	0.8892±0.0698
3102	0.9880	0.8410	0.8614	0.8968±0.0796
3103	0.8307	0.8640	0.7800	0.8249±0.0423
3204	0.9646	0.8789	1.0476	0.9637±0.0844
3209	1.0231	0.8395	0.9415	0.9347±0.0920
3214	0.9320	0.8381	0.8218	0.8639±0.0595
3215	0.9687	0.8776	0.9537	0.9333±0.0489
3216	1.0048	0.9976	1.0217	1.0080±0.0124
3217	1.0354	0.9837	1.0095	1.0095±0.0259
3218	0.9551	1.1306	0.9864	1.0240±0.0936
3219	1.0721	1.2054	1.0721	1.1166±0.0770
3223	0.9627	0.9988	0.9554	0.9723±0.0232
3303	0.9181	0.9205	1.0699	0.9695±0.0870
3306	0.9313	0.9771	0.9373	0.9486±0.0249
3311	0.9858	0.9077	0.1141	0.6692±0.4823
3312	1.0012	0.9763	0.1358	0.7044±0.4926
3313	0.9491	1.0118	0.1195	0.6935±0.4981

ตาราง ค13 แสดงค่าความแตกต่างของอัตราส่วนความยาวรากเฉลี่ยของต้นข้าว ในสภาวะปกติ โดยใช้โปรแกรมSPSS วิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

ANOVA

อัตราส่วน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.597	19	0.031	1.786	0.061
Within Groups	0.704	40	0.018		
Total	1.301	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค14 แสดงค่าความแตกต่างของอัตราส่วนความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นข้าว ในสภาวะปกติ โดยใช้โปรแกรมSPSS วิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

ANOVA

อัตราส่วน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.326	19	0.017	0.922	0.562
Within Groups	0.743	40	0.019		
Total	1.069	59			

ตาราง ค15 แสดงค่าความแตกต่างของอัตราส่วนน้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นข้าว ในสภาวะปกติ โดยใช้โปรแกรมSPSS วิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95

ANOVA

อัตราส่วน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.663	19	0.088	8.723	0.000
Within Groups	0.401	40	0.010		
Total	2.064	59			

Tukey HSD

No-IAA	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
2310	3	0.7830					
1203	3	0.7909	0.7909				
2307	3	0.8615	0.8615	0.8615			
2211	3	0.9185	0.9185	0.9185	0.9185		
2006	3	0.9436	0.9436	0.9436	0.9436		
3222	3	0.9638	0.9638	0.9638	0.9638	0.9638	
1207	3	1.0347	1.0347	1.0347	1.0347	1.0347	
1004	3	1.0440	1.0440	1.0440	1.0440	1.0440	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้