การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากเชื้อแอคติโนมัยสีท เพื่อส่งเสริมการเจริญของพืช

Development of a Powder Bioformulation Product from Actinomycetes for Plant Growth Promotion

เกรียงไกร ไชยมุล

ภวินท์ บุญสิทธิ์

วัชระ แก้วมณี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF A POWDER BIOFORMULATION PRODUCT FROM ACTINOMYCETES FOR PLANT GROWTH PROMOTION

KIANGKAI CHAIYAMOOL

PAWINT BOONSIT

WATCHARA KEAWMANEE

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2018

หัวข้อโครงงานพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากเชื้อแอคติโนมัยสีท
เพื่อส่งเสริมการเจริญของพืช
Development of a Powder Bioformulation Product
from Actinomycetes for Plant Growth Promotion.

ชื่อนักศึกษา นาย เกรียงไกร ไชยมูล รหัสนักศึกษา 58050866
นาย ภวินท์ บุญสิทธิ์ รหัสนักศึกษา 58050949
นาย วัชระ แก้วมณี รหัสนักศึกษา 58050970

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา ชีววิทยา
ปีการศึกษา 2561
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.จิตติ ท่าไว

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) **อนุมัติให้**โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา อุตสาหกรรมประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.คนึงกานต์ กลั่นบุศย์ ประธานกรรมการ	
ผศ. วีนา ชูโชติ กรรมการ	
รศ. ดร. จิตติ ท่าไว กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากเชื้อแอคติโนมัยสีทเพื่อส่งเสริมการเจริญของพืช

ชื่อนักศึกษา นาย เกรียงไกร ไชยมูล รหัสนักศึกษา ๕๘๐๕๐๘๘๖
นาย ภวินท์ บุญสิทธิ์ รหัสนักศึกษา ๕๘๐๕๐๙๔๙
นาย วัชระ แก้วมณี รหัสนักศึกษา ๕๘๐๕๐๙๗๐

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา ชีววิทยา
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา ๒๕๖๑
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.จิตติ ท่าไว

บทคัดย่อ

แอคติโนมัยสีท จำนวน ๑๐ ไอโซเลต ที่มีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญของพืชถูกคัดเลือกสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ทั้ง ๑๐ ไอโซเลตถูกนำมาทดสอบความสามารถการอยู่ร่วมกันและการทนต่อสภาวะต่างๆ ได้แก่ คุณสมบัติการทนเกลือ การทนต่ออุณหภูมิ การทนต่อความเป็นกรด-เบส การทนแรงดันออสโมติกและการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก ผลการศึกษาพบว่า แอคติโนมัยสีทมีความสามารถทนเกลือในช่วงความเข้มข้น ร้อยละ๑-๑๕ (น้ำหนักต่อปริมาตร) เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ ๔-๗๕ องศาเซลเซียส เจริญได้ในความเป็นกรด-เบส ในช่วง ๔-๑๒ ทนต่อแรงดันออสโมติกในช่วงร้อยละ ๑-๑๓ (น้ำหนักของโพลีเอทิลีนไกลคอลต่อปริมาตร) และบางไอโซเลตสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกได้ จากผลการทดลองข้างต้นแอคติโนมัยสีท ๖ ไอโซเลต ได้แก่ ซีเอช๕-๕ ซีเอช๕-๘ อาร์บีเอสที๑-๖๕ เอสบีเอสที๒-๕ ซีเอช๙-๗ และอาร์บีเอสที๒-๕ ถูกคัดเลือกมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจำนวน ๓ สูตร จากนั้นนำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพทั้ง ๓ สูตร มาทดสอบการส่งเสริมการเจริญของต้นพริกในโรงเรือน พบว่า สูตร ๑ ๒ และ๓ มีคุณสมบัติในการกระตุ้นความยาวของราก เพิ่มจำนวนใบ และกระตุ้นความยาวของลำต้นได้ดีอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ

คำสำคัญ: แอคติโนมัยสีทแบคทีเรีย สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ พริกขี้หนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of a Powder Bioformulation Product from Actinomycetes for Plant Growth Promotion
Students	Mr. Kiangkai Chaiyamool Student ID: 58050866
	Mr. Pawin Boonsit Student ID: 58050949
	Mr. Watchara Keawmanee Student ID: 58050970
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chitti Thawai

ABSTRACT

Ten actinomycete isolates showing the ability of plant growth promotion were selected for this study. All isolates were employed to test for coexistence property and the ability to withstand in various conditions i.e. the NaCl, temperature, pH and polyethylene glycol (PEG) tolerances including the stimulating germination of chilli seeds (*Capsicum frutescens* Linn.). The result exhibited that the actinomycete isolates had the ability to grow in 1-15 % NaCl (w/v), in the range of 4-75 °C, able to survive at pH 4-12, in the range of the concentration of polyethylene glycol between 1 and 13% (w/v) and some isolates could stimulate the germination of chilli seeds. For the results showing above, six actinomycete isolates, CH5-5, CH5-8, RBST2-65, SBST2-5, CH9-7 and RBST2-5 were selected for formulation of three organic biofertilizers, organic biofertilizers formula 1 2 and 3. The results showed that all formula could significantly enhance the growth of root, the number of leaves and could stimulate the length of stem of *Capsicum frutescens* Linn., respectively.

Key word: Actinomycete, Plant Growth Promoting, Bioformulation Product, *Capsicum frutescens* Linn.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จิตติ ท่าไว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่พิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนตรวจทานแก้ไขรูปเล่มโครงงานพิเศษให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.วีนา ชูโชติ ประธานกรรมการ และ ดร.คนึงกานต์ กลั่นบุศย์ กรรมการที่กรุณาตรวจทานและพิจารณาโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ชมัยพร อุนุวงศ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการมอบความรู้ และสถานที่ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาอบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำตลอดการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการสาขาชีววิทยาประยุกต์ และนักการทุกท่านที่ช่วยเหลือและแนะนำการดำเนินงานต่างๆ ให้งานออกมาสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณพี่ๆ ปริญญาโทและปริญญาเอกที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำทุกด้าน ทำให้การดำเนินงานผ่านไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ระหว่างการดำเนินงานและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพะคุณบิดา มารดา ที่กรุณาอบรมสั่งสอนและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ทำให้ผู้จัดทำสามารถสำเร็จการศึกษาได้ด้วยดี

นาย เกรียงไกร ไชยมูล

นาย ภวินท์ บุญสิทธิ์

นาย วัชระ แก้วมณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ความสำคัญของพริก	3
2.2 สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช	
2.2.1 ออกซิน (Auxins)	5
2.2.2 ไซโตไคนิน (Cytokinins)	8
2.2.3 จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)	10
2.2.4 เอทธิลีน (Ethylene)	11
2.3 สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ ฮอร์โมนพืช ที่สังเคราะห์ได้จากจุลินทรีย์	12
2.4 เชื้อ Streptomyces	14
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์	16
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของพืช	18
2.7 พืชที่ใช้ในการทดสอบการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ	31
2.7.1 พริกขี้หนู (*Capsicum annuum*)	33
2.8 เชื้อที่ใช้ในการทดลอง	34
2.8.1 เชื้อ Isolate CH1-7	35
2.8.2 เชื้อ Isolate CH5-5	35
2.8.3 เชื้อ Isolate CH5-8	36
2.8.4 เชื้อ Isolate CH9-7	36
2.8.5 เชื้อ Isolate SP2-7	36
2.8.6 เชื้อ Isolate SP2-10	36
2.8.7 เชื้อ Isolate RBST2-9	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.8.8 เชื้อ Isolate RBST2-54	36
2.8.9 เชื้อ Isolate RBST2-65	36
2.8.10 เชื้อ Isolate	36
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *Streptomyces* sp.	36
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	41
3.1 อุปกรณ์	41
3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ	41
3.3 สารเคมี	42
3.4 วิธีการทดลอง	42
3.4.1 ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้น	42
3.4.2 ศึกษาการอยู่ร่วมกันได้ของเชื้อโดยวิธี Antagonistic testing	43
3.4.3 ศึกษาภาวะทนได้ของเชื้อในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันบทที่	43
3.4.3.1 Salt tolerance	43
3.4.3.2 Thermo tolerance	43
3.4.3.3 pH tolerance	44
3.4.3.4 Osmotic resistance (Polyethylene glycol tolerance)	44
3.4.5 การศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชโดยใช้สารละลายสปอร์ของเชื้อ	44
3.4.5.1 เมล็ดพริก (*Capsicum* sp.)	44
3.4.6 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากแอคติโน	45
3.4.7 การทดสอบผลของการส่งเสริมการเจริญในโรงเรือน	46
3.4.7.1 การเพาะต้นกล้าพริก (*Capsicum* sp.)	46
3.4.7.2 การย้ายต้นกล้าพริกลงกระถาง	47
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลทางสถิติ	47
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ศึกษาการอยู่ด้วยกันได้ของเชื้อ โดยวิธี Antagonistic testing	48
4.2 ศึกษาภาวะทนได้ของเชื้อในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน	50
4.2.1 การทนเกลือ (Salt tolerance)	50
4.2.2 การทนต่ออุณหภูมิ (Thermo tolerance)	52
4.2.3 การทนต่อความเป็นกรด-เบส (pH tolerance)	54
4.2.4 Osmotic resistance (Polyethylene glycol tolerance)	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 การศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืช	58
4.3.1 เมล็ดพริก (*Capsicum* sp.)	58
4.4 คัดเลือกเชื้อที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบผง	69
4.5 ผลการกระตุ้นการเจริญของเชื้อ	62
4.5.1 ผลการกระตุ้นการเจริญของเชื้อต่อพริกขี้หนูพันจินดามณี	62
4.5.1.1 ผลการกระตุ้นการเจริญของเชื้อต่อพริกขี้หนูพันจินดามณีโดยแอคติโนโปรดัคทั้งสามสูตร	62
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก ก	70
ภาคผนวก ข	72
ภาคผนวก ค	73
ภาคผนวก ง	77
ภาคผนวก จ	83
ภาคผนวก ฉ	88
ภาคผนวก ช	92
ภาคผนวก ซ	96
ภาคผนวก ฌ	100
ภาคผนวก ญ	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ตารางแสดงผลการอยู่ด้วยกันได้ของเชื้อแอคติโนมัยสีท 10 ไอโซเลต	49
4.2	แสดงผลการทนต่อสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือ 1-15 เปอร์เซ็นต์ ของเชื้อแอคติโนมัยสีท10 ไอโซเลต	51
4.3	แสดงความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญ ของเชื้อ 10 ไอโซเลต	53
4.4	แสดงความสามารถในการทนต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ของเชื้อ 10 ไอโซเลต	55
4.5	แสดงความสามารถในการทนต่อแรงดัน Osmotic ของเชื้อ 10 ไอโซเลต	57
4.6	แสดงความสามารถในการกระตุ้นการงอกของเชื้อแอคติโนมัยสีท ทั้ง 10 ไอโซเลตต่อเมล็ดพริก	59
4.7	คุณสมบัติของเชื้อแอคติโนมัยสีทในแอคติโนโปรดักส์ 1	59
4.8	คุณสมบัติของเชื้อแอคติโนมัยสีทในแอคติโนโปรดักส์ 2	60
4.9	คุณสมบัติของเชื้อแอคติโนมัยสีทในแอคติโนโปรดักส์ 3	61
4.10	ผลการกระตุ้นการเจริญของพริก	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างออกซิน (Auxin) หรือ IAA	6
2.2	โครงสร้างไซโตไคนิน (Cytokinins)	9
2.3	โครงสร้างจิบเบอเรลลิน (Gibberellins)	10
2.4	โครงสร้างเอทธิลีน (Ethylene)	12
2.5	การเจริญของเส้นใย *Streptomyces*	15
2.6	การสร้างสปอร์ของ *Streptomyces*	15
2.7	กราฟการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหารเหลว	17
2.8	ลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนผิวหน้าอาหารเหลว ที่บรรจุในหลอดทอ ลองเมื่อตั้งไว้นิ่งๆ	17
2.9	รูปร่างลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนผิวเอียงของอาหาร เมื่อใช้ลูปขีดตามแนวความยาวของผิวหน้าอาหารแข็งในหลอดทดลอง เพียง 1 ครั้ง	18
2.10	การจำแนกรูปร่างลักษณะโคโลนีในอาหารแข็ง	18
2.11	พริกพันธุ์จินดามณี	33
4.1	ผลของ Actino product ที่มีผลต่อการเจริญของต้นพริก ภายใต้ภาวะเรือน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันในโลกของเรามีการใช้สารเคมีในการทำการเกษตรเป็นจำนวนมาก เนื่องจากใช้แล้วได้ผลผลิตที่ดี แต่ผลผลิตที่ดีกลับมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม คุณภาพของดิน สิ่งมีชีวิตบริเวณที่มีการใช้สารเคมี และสารเคมีที่ใช้อาจตกค้างในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่นำมาบริโภค (Morath *et al*., 2012)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษรตกรรม เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษรตกร โดยมีรายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ทางการเกษตรกรรมสูงถึง 46.54 ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ 149.2 ล้านไร่ จากทั้งหมด 320.6 ล้านไร่ และมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรอยู่มากจากผลสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2558) และได้มีปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีตั้งแต่ปี พ.ศ.2551-2555 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำจุลินทรีย์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้นั่นคือกลุ่มของ Actinomycetes ซึ่งได้รับความสนใจอย่างมากถึงความสามารถของพวกมันในการผลิตสารทุติยภูมิ ซึ่งแสดงถึงกิจกรรมทางชีวภาพที่หลากหลายที่เป็นประโยชน์ เช่น ผลิตยาปฏิชีวนะ ฮอร์โมนพืช เป็นต้น (Conn *et al*., 2008; Li *et al*., 2010)

พริกเป็นพืชชนิดหนึ่งในตระกูล Solanaceae มีชื่อทสงวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. ปัจจุบันปลูกในหลายประเทศทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา ประเทศในทวีปยุโรป อาฟริกา อินเดีย ออสเตรเลีย และประเทศในแถบเอเชีย พริกเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เพราะนอกจะใช้ในการประกอบอาหารและเป็นเครื่องเทศแล้ว ยังใช้ในการรักษาโรคบางชนิด และนำไปแปรรูปเป็นเครื่องปรุงแต่งรส เช่น พริกแห้ง พริกป่น น้ำพริกเผา น้ำพริก และซอสพริก เป็นต้น สำหรับพริกในแหล่งปลูกต่างๆสามารถแบ่งตามขนาดเป็น 2 ประเภท คือ พริกใหญ่และพริกเล็ก แหล่งปลูกใหญ่ที่สำคัญของไทย เช่น เชียงใหม่ นครสวรรค์ ลำพูน อุตรดิตถ์ ชัยภูมิ นครราชสีมา เลยและราชบุรีเป็นต้น แหล่งปลูกพริกเล็กที่สำคัญของไทยเช่น เชียงใหม่ นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา มุกดาหาร อุบลราชธานี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎ์ธานี เป็นต้น จากรายงานปี 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 348,539 ไร่ และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จากในปี 2553 ที่มีพืชที่เพราะปลูกประมาณ 474,000 ไร่ เพราะเกตรกรหันไปปลูกพืชอื่น ที่มีการดุแลง่ายกว่าและขายผลผลิตได้ราคาสูงกว่า แม้ผลตอบแทนต่อไร่ของพริกจะสูงกว่าก็ตาม วีระ และคณะ (2555)

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยที่ต้องการจะลดต้นทุนในการผลิตผลผลิตพริกจากการใช้สารเคมี ให้มีต้นทุนที่ต่ำลง นอกจากนี้ยังจะช่วยในการลดสารเคมีที่จะตกค้างจากการใช้ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเป็นการรักษาคณภาพของดินอีกด้วย โดยหันมาใช้สารอินทรีย์ที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Streptomyces* sp. เราจึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากเชื้อแอคติโนมัยสีท
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้นของเชื้อและวัดการเจริญที่ 7 วัน จากนั้นศึกษาการอยู่ด้วยกันได้ของเชื้อ ศึกษาภาวะทนได้ของเชื้อในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความเข้มข้นของเกลือ ความร้อน พีเอช การต้านต่อความดันออสโมซิส และศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืช 3 ชนิด ได้แก่ พริก ผักชี และหัวหอม และเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อในอาหารเหลวและอาหารแข็ง จากนั้นผลิตสูตรเชื้อแบบผง เพื่อนำมาทดสอบการปลูกพืชในกระถางปลูก และสุดท้ายทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากเชื้อแอคติโนมัยสีทได้
2. ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของพริก

พริก จัดเป็นเครื่องเทศปรุงรสที่สำคัญในการ ประกอบอาหารของประชาชนชาวไทยและประชากร โลก พริกสำหรับคนไทยแล้วเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และการสืบทอดภูมิปัญญา ท้องถิ่น นอกจากนี้พริกยังมีประโยชน์อีกหลายด้าน เช่น สารสำคัญที่อยู่ในพริก คือ แคปไซซิน สามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมยารักษาโรค อุตสาหกรรมผสมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมเครื่อง สำอาง และสารความเผ็ดเพื่ออุตสาหกรรมอื่นๆ และนอกจากนี้พริกแห้งยังมีความสำคัญในด้านการ แปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อเพิ่มมูลค่าเช่น เครื่องแกง สำเร็จรูป และน้ำพริกต่างๆ เป็นต้น วีระ และคณะ (2550)

ในปีการเพาะปลูก 2549/50 ประเทศไทยมี พื้นที่ปลูกพริกประมาณ 540,000 ไร่ผลผลิตทั้งหมด ประมาณ333,672 ตันภาคตะวันออกเฉียงเหนือถือว่า เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกพริกมากที่สุด ประมาณร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งประเทศ รองลงมานั้นได้แก่ภาคเหนือ ภาคกลางและภาคใต้มูลค่าในการส่งออกประมาณปีละ 2,000 ล้านบาท ส่วนมากได้แก่ เครื่องแกงปรุงสำเร็จ ประมาณปีละ 1,100 ล้านบาท ซอสพริกประมาณปีละ 900 ล้านบาท พริกสด พริกแห้งและพริกป่นประมาณ ปีละ 58 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2550) การนำเข้า พริกปีละประมาณ 700 ล้านบาท ส่วนมากได้แก่พริก แห้ง พริกป่น และพริกสด การนำเข้าพริกแห้งส่วน มากเป็นพริกแห้งผลใหญ่(พริกชี้ฟ้า)จากประเทศจีน ที่เข้ามาทดแทนพริกแห้งบางช้างของประเทศไทย และ พริกขี้หนูแห้งผลใหญ่จากประเทศอินโดนีเซีย จีน อินเดียและประเทศพม่า ที่เข้ามาแทนพริกขี้หนูแห้ง ของไทยเช่นกัน นอกจากนั้นมีการนำเข้าพริกสดจาก ประเทศเวียดนามและประเทศ สปป.ลาว มีข้อสังเกต ว่าราคาพริกแห้งนำเข้าประเทศไทยนั้นน่าจะมีการแจ้ง ราคาที่ต่ำเกินไป คือประมาณกิโลกรัมละ 25-30 บาท ในขณะที่พริกแห้งไทยราคาประมาณกิโลกรัมละ 60-80 บาท ทำให้ต้องมีการนำเข้าพริกจากต่างประเทศ และสาเหตุอีกหลายประการที่ต้องมีการนำเข้าพริก จากต่างประเทศเพราะพื้นที่ปลูกพริกน้อยลง ค่าแรง งานในประเทศไทยสูงขึ้นมาก อีกทั้งการปลูกพริกนั้น มีปัญหาในเรื่องการดูแลรักษา โดยเฉพาะปัญหาโรค และแมลงมีมาก ความเสี่ยงเรื่องฤดูกาลทั้งฝนแล้ง น้ำท่วมมีบ่อยไม่เหมือนกับพืชที่สามารถปลูกทดแทน พริกได้ในฤดูฝนเช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อยโรงงาน ถ้าหากปีใดพืชดังกล่าวมีราคาสูงพริกก็จะมีพื้นที่ปลูกน้อยลง พริก เป็นพืชที่มีแนวโน้มใน การส่งออกสูง โดยได้รับความสนใจจากต่างประเทศและสาเหตุอีกหลายประการที่ต้องมีการนำเข้าพริก จากต่างประเทศเพราะพื้นที่ปลูกพริกน้อยลง ค่าแรง งานในประเทศไทยสูงขึ้นมาก อีกทั้งการปลูกพริกนั้น มีปัญหาในเรื่องการดูแลรักษา โดยเฉพาะปัญหาโรค และแมลงมีมาก ความเสี่ยงเรื่องฤดูกาลทั้งฝนแล้ง น้ำท่วมมีบ่อยไม่เหมือนกับพืชที่สามารถปลูกทดแทน พริกได้ในฤดูฝนเช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อยโรงงาน ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากปีใดพืชดังกล่าวมีราคาสูงพริก ก็จะมีพื้นที่ปลูกน้อยลง พริก เป็นพืชที่มีแนวโน้มใน การส่งออกสูง โดยได้รับความสนใจจากต่างประเทศมาก ซึ่งตลาดที่สำคัญในการส่งออกพริกของไทยได้แก่ สิงคโปร์ มาเลเซีย ไต้หวันญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย อิสราเอล และซาอุดิอาระเบียโดยพริกสด ส่วนใหญ่ส่งออกสิงคโปร์และมาเลเซีย พริกแห้งเม็ด ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และไต้หวัน พริกแห้งป่น ได้แก่สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์และ ออสเตรเลีย นอกจากนี้ยังมีการส่งออกในรูปแบบ อื่นๆ ซึ่งมีลู่ทางอนาคตที่สดใส ทั้งในแง่การผลิต การจำหน่าย การส่งออก ปัญหาสำคัญอยู่ที่การ ควบคุมคุณภาพ ของพริก ต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นเรื่องที่ ต้องร่วมมือกันแก้ไข เพื่อ ผลักดันให้พริกเป็นสินค้า ส่งออกที่สำคัญ อีกชนิดหนึ่ง (ประเสริฐ, จำเนียร และรัชนี, 2549)

จากสถานการณ์การผลิต และการตลาด ของพริกในปัจจุบัน ยังมีปัญหาและข้อจำกัดอยู่มาก ไม่ว่าจะปัญหาด้านการผลิตที่ยังมีผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ค่าจ้างแรงงานสูง และมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรู พืชมากขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง มีพ่อค้าที่เข้ามา เกี่ยวข้องกับการตลาดพริกจำนวนมาก ทั้งการค้า พริกสด และพริกแห้ง ก่อให้เกิดการแข่งขันในการซื้อ และขายสูง อีกทั้งยังมีการนำเข้าพริกจาก ต่างประเทศ ที่มีราคาต่ำกว่าเข้ามาจำหน่าย และปัญหาด้านคุณภาพ ของผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอกับ ความต้องการของ ผู้แปรรูป และยังไม่ได้มาตรฐานสากลและปลอดภัย จากสารพิษ ซึ่งทำให้ประเทศผู้ นำเข้าผลิตภัณฑ์พริกมี การส่งกลับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลเสียต่อ ชื่อเสียงและการค้าของ ไทย วีระ และคณะ (2549) พริกมีความสำคัญกับจังหวัดชัยภูมิเนื่องจาก มีพื้นที่ปลูกพริกเป็นอันดับที่ 1 หรืออันดับที่ 2 ของ ประเทศตั้งแต่ในอดีตโดยแยกเป็นพริกฤดูฝนประมาณ 59,078 ไร่ และพริกฤดู แล้งประมาณ 22,986 ไร่ อีกทั้งยังเป็นศูนย์กลางรวบรวมและกระจายสินค้า พริกแห้งที่สำคัญของ ประเทศ สำหรับบ้านหินเหิบและบ้านซับภูทอง ของอำเภอภักดีชุมพล มีพื้นที่ทั้งหมด ประมาณ3,600 ไร่แบ่งเป็นพื้นที่ทำการเกษตร 1,761 ไร่ประกอบด้วย พื้นที่ทำนา จำนวน 80 ไร่ ปลูกมันสำปะหลัง 50 ไร่ พื้นที่ปลูกหอม- กระเทียม และปลูกพริก รวม 1,500 ไร่สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มเชิงเขา มีภูเขา ล้อมรอบ มีแหล่งน้ำที่สำคัญ คือ คลองหินเหิบ, ฝาย คลองแหว้, คลองขอนแก่น,อ่างเก็บน้ำคลองหิน สภาพภูมิอากาศ ร้อนชื้นมี3 ฤดูคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว จากการสำรวจข้อมูล จปฐ.ปี2551 พบว่าบ้านหิน เหิบและบ้านซับภูทอง มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 150 ครัวเรือน โดยมีรายจ่ายเฉลี่ย ครัวเรือนละ 66,423.07 บาท โดยแยกเป็นรายจ่ายด้านต้นทุนการผลิต จำนวน 31,974 บาท และ รายจ่ายด้านสินค้าอุปโภคบริโภค จำนวน 34,449.07 บาท ข้อมูลหนี้สิน และเงินออม จากการสำรวจ จัดเก็บข้อมูลความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) ปี2551 พบว่า ประชากรในหมู่บ้านมีหนี้สิน เฉลี่ยครัวเรือน ละ26,635.15 บาท และมีเงินออม เฉลี่ยครัวเรือนละ 26,734.66 บาท (ค้นเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2552)

2.2 สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Promoting; PGPs) หมายถึง สารเคมี ใดๆ ที่พืชผลิตขึ้นเอง และไม่ได้ผลิตโดยพืช ซึ่งมีผลในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ทั้งในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งเสริมและยับยั้งการเจริญเติบโต และสามารถทำงานได้ที่ความเข้มข้นต่ำ แต่จะต้องไม่ใช่สารอาหารพืช

ฮอร์โมนพืช (Plant Hormones; phytomones) หมายถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเฉพาะที่พืชผลิตขึ้นเอง หรือ จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น

ฮอร์โมนพืช แบ่งตามคุณลักษณะการทำงานได้เป็นกลุ่มหลัก 5 กลุ่ม คือ

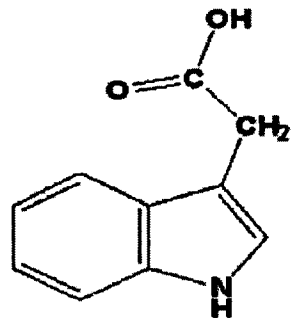
1. ออกซิน (auxins)
2. ไซโตไคนิน (cytokinins)
3. จิบเบอเรลลิน (gibberellins)
4. เอทธิลีน (ethylene)
5. สารยับยั้งการเจริญเติบโต (inhibitors)

นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ อีก ที่จัดเป็นสารที่มีศักยภาพที่จะจัดขึ้นเป็นกลุ่มฮอร์โมนพืชชนิดใหม่อีกในอนาคต เช่น บลาสซิโนสเตรยรอยด์ (brassinosteroid) ซึ่งเป็นสารที่สกัดได้จากละอองเกสรตัวผู้ ปัจจุบันใช้ในการเพิ่มผลผลิตของพืชหลายชนิด

2.2.1.ออกซิน (Auxins)

ออกซิน (auxins) หรือ IAA คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulating chemicals : PGRC) ที่จัดอยู่ในกลุ่มออกซิน มีอยู่หลายชนิดและเป็นที่รู้จักกันดีสำหรับเกษตรกรในประเทศไทย สารออกซินชนิดแรกที่ค้นพบคือ IAA (indol-3-acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเอง โดยมีคุณสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต มีผลกระตุ้นการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และยังมีผลกระตุ้นการเกิดราก รวมถึงมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตในส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้หลายวิธีกับพืชทั้งต้น (intact plant) รวมทั้งวิธีที่ตัดอวัยวะเฉพาะส่วนมาทดสอบ (excised part) สรุปได้ว่ากระบวนการต่าง ๆ หลายอย่างที่เกิดขึ้นในพืชนั้น ออกซินมีส่วนในการควบคุมกระบวนการนั้น ๆ ด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้จึงทำให้มีการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายออกซินเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร สารสังเคราะห์เหล่านี้มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่เพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ NAA (1-naphthylacetic acid) IBA (4-(indol-3-yl)butyric acid) 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) และ 4-CPA (4-chlorophenoxyacetic acid) โครงสร้าง IAA เป็นดังรูปที่ 1. (พันทวี, 2532 ; พีรเดช, 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Indole-3-acetic Acid (Auxin)

รูปที่2.1 โครงสร้างออกซิน (Auxin) หรือ IAA
ที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/กรดอินโดล-3-แอซีติก

1. การสังเคราะห์ออกซินในเนื้อเยื่อพืช (Biosynyhesis of Auxins)

กลไกในการสังเคราะห์สารออกซินที่เป็นไปได้มีสองทางโดยเริ่มจากการตัดอะมิโนกรุ๊ป (amino group) และ คาร์บอคซิล กรุ๊ป (carboxyl group) จากโซ่กิ่งของกรดอะมิโนชนิดหนึ่งคือ tryptophan

pathway ที่เกิดขึ้นในพืชส่วนใหญ่จะเริ่มจากการตัด amino group ให้กับ α-keto acid ตัวหนึ่ง โดยผ่านปฏิกิริยาที่เรียกว่า transaminayion กลายเป็น indolepyruvic acid จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยา decarboxylation กับ indolepyruvic acid กลายเป็น IAA (indole acetic acid) enzymes ที่จำเป็นสำหรับการเปลี่ยน tryptophan ไปเป็น IAA จะมีประสิทธิภาพ (active) มากที่สุดในเนื้อเยื่อที่มีอายุน้อย เช่น shoot meristems ใบที่กำลังเจริญเติบโต และในผล ในเนื้อเยื่อเหล่านี้ยังจะมีออกซิน ในปริมาณมากที่สุดอีกด้วย จึงทำให้สรุปว่าเป็นแหล่งสังเคราะห์ออกซินซึ่งจะอยู่บริเวณที่มีการเจริญเติบโตทั่วไปทั้งต้น ธาตุสังกะสีมีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์ทริบโตเฟนจึงมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ออกซินด้วย ดังนั้นเมื่อขาดธาตุสังกะสีก็ทำให้พืชสร้างออกซินได้น้อยด้วยออกซินมีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของลำต้น ตาใบ และรากในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ออกซินในระดับความเข้มข้นสูงมาก ๆ จะยับยั้งการเจริญเติบโตทุกส่วนของพืช ออกซินในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมจะกระตุ้นการเจริญของลำต้น แต่จะมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของตาและใบ ซึ่งต้องการความเข้มข้นต่ำกว่า ในขณะที่รากต้องการออกซินในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นลำต้นจึงต้องการออกซินสูงกว่า ตา และใบ ในขณะที่ตาและใบก็ต้องการออกซินสูงกว่าในราก ดังนั้นความเข้มข้นของออกซินที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะหนึ่งแต่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของอวัยวะหนึ่งได้ (นพดล, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของออกซินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของเยื่อเจริญ (cambium) ทำให้พืชมีเนื้อไม้มากขึ้น เกิดการเจริญเติบโตด้านข้างเพิ่มขึ้น.ส่งเสริมให้เซลล์ในส่วนต่าง ๆ ของพืชยืดยาวขึ้นโดยการกระตุ้นให้เซลล์สร้างผนังเซลล์มากขึ้น. ควบคุมการเจริญของตาข้าง (lateral bud) โดยตายอด (apical bud) ซึ่งเรียกว่า การข่มของตายอด (apical dominant) โดยตายอดสร้างออกซินขึ้นมาในปริมาณที่สูง แล้วลำเลียงลงสู่ด้านล่างความเข้มข้นระดับนี้จะยับยั้งการเจริญเติบโตของตาและใบด้านข้างไม่ให้เจริญเติบโต พืชจึงสูงขึ้นมากแต่ไม่เป็นพุ่ม แต่เมื่อเราตัดยอดออกความเข้มข้นของออกซินจะลดลง ทำให้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของตาด้านข้างและใบได้ พืชจึงแตกตาด้านข้างได้ และทำให้ต้นพืชมีลักษณะเป็นพุ่ม ออกซินในปริมาณที่พอเหมาะสามารถใช้การกระตุ้นการเกิดรากสำหรับการตอนและการปักชำกิ่งได้ควบคุมการตอบสนองของพืชโดยการแบบมีแสงเป็นสิ่งเร้า (phototropism) หรือมีแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นสิ่งเร้า (gravitropism)

ควบคุมการออกดอกของพืชปกติ โดยทั่วไปถ้าพ่นออกซินให้แก่พืชที่ใกล้จะออกดอก จะทำให้พืชนั้นออกดอกช้าลง แต่ในสับปะรด มะม่วง ลิ้นจี่ เมื่อให้ออกซินจะทำให้ออกดอกเร็วขึ้น และออกดอกพร้อม ๆ กัน อย่างไรก็ตามพีรเดช (2529) กล่าวว่าถึงแม้เกษตรกรหลายท่านเข้าใจว่าสารในกลุ่มออกซินนี้เร่งการเกิดดอกของพืชได้ แต่แท้จริงแล้วผลของออกซินในข้อนี้ยังค่อนข้างเลื่อนลอย เท่าที่มีงานทดลองสรุปได้แน่ชัดว่าออกซินเร่งการเกิดดอกได้เฉพาะในสับปะรดเท่านั้น การใช้ NAA หรือ IBA สามารถเร่งการเกิดดอกของสับปะรดได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ถ่านก๊าซ (calcium carbide) และ เอทธิฟอน (ethephon) แต่ก็เชื่อได้ว่าการเกิดดอกของสับปะรดไม่ได้เป็นผลของ NAA หรือ IBA โดยตรง แต่เป็นผลทางอ้อมที่สารดังกล่าวไปกระตุ้นให้ต้นสับปะรดสร้างเอทธิลีน (ethylene) ขึ้นมา และเอทธิลีนเป็นตัวกระตุ้นให้สับปะรดเกิดดอก สำหรับในประเทศไทยเคยมีการแนะนำให้ใช้ NAA ผสมกับโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) เพื่อฉีดเร่งดอกมะม่วง แต่ยังไม่มีข้อมูลใด ๆ ยืนยันว่าวิธีการดังกล่าวใช้ได้ผล

เปลี่ยนเพศดอก พืชหลายชนิดที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ต่างดอก หรือต่างต้นกัน เช่น ต้นเงาะ ซึ่งมี 2 ชนิด คือ ต้นตัวผู้ซึ่งมีแต่ดอกตัวผู้ ที่ไม่สามารถให้ผลผลิต จึงถูกตัดทิ้งเนื่องจากไม่สามารถให้ผลผลิตได้ และต้นตัวเมียซึ่งมีดอกตัวเมีย จากการที่ต้นตัวผู้ถูกตัดทิ้ง ทำให้มีเกสรตัวผู้ไม่เพียงพอในการผสมกับดอกตัวเมีย ผลผลิตจึงลดลงเพราะดอกตัวเมียไม่สามารถพัฒนาเป็นผลได้ การพ่นออกซิน ความเข้มข้น 100 มก/ล แก่ช่อดอกเงาะต้นตัวเมีย ในระยะดอกตูม สามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนเพศดอกจากดอกตัวตัวเมียเป็นดอกตัวผู้ได้ (พีรเดช, 2529)

เพิ่มขนาดของผล และป้องกันผลร่วง มีรายงานว่าออกซินอาจช่วยขยายขนาดของผลไม้บางชนิดได้ เช่น การใช้ 4-CPA หรือ NAA กับสับปะรด ผลไม้บางชนิดสามารถใช้ออกซินเพื่อป้องกันผลร่วงก่อนการเก็บเกี่ยวได้ เช่น มะม่วง ส้ม องุ่น และลางสาด สารที่นิยมใช้คือ NAA และ 2,4-D (พีรเดช, 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการเจริญเติบโตของผล เช่น แตงโม องุ่น มะเขือเทศ บวบ มะเดื่อ สตรอเบอรี่ เมื่อพ่นด้วยในปริมาณที่พอเหมาะก็จะทำให้รังไข่เจริญไปเป็นผลได้โดยไม่มีเมล็ด ซึ่งเรียกผลไม้ประเภทนี้ว่า ผลไม่มีเมล็ด หรือ ผลกระเทย (parthenocarpic fruit) (พีรเดช,2529) กล่าวว่ามีรายงานว่าออกซินอาจช่วยขยายุขนาดของผลไม้บางชนิดได้ เช่น การใช้ 4-CPA หรือ NAA กับสับปะรด ผลไม้บางชนิดสามารถใช้ออกซินเพื่อป้องกันผลร่วงก่อนการเก็บเกี่ยวได้ เช่น มะม่วง ส้ม องุ่น และลางสาด สารที่นิยมใช้คือ NAA และ 2,4-D

ควบคุมการหลุดร่วงของใบ ดอก และผล เมื่ออวัยวะดังกล่าวแก่ตัวลง การสร้างออกซิเจนจะน้อยลงกว่าส่วนอ่อนและลำต้นจึงทำให้ร่วงได้ ดังนั้นการพ่นออกซินให้ในปริมาณที่พอเหมาะส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นก็จะไม่หลุดร่วงง่าย

สารประกอบต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ขึ้นมาและนิยมใช้แทนออกซินธรรมชาติได้แก่ กรดแนพทาลีนแอซิติก (naphthalene acetic acid, NAA) กรดอินโดลบิวทิริก (Indolebutyric acid, IBA) กรดอินโดลโพรพิออกนิก (Indolepropionic acid) กรดแนพทอซีแอซิติก (Naphthoxyacetic acid, NOA) สารเหล่านี้มีผลเช่นเดียวกับออกซินในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังใช้ออกซินสังเคราะห์สารบางชนิดในการปราบพืชประเภทใบกว้าง หรือพืชใบเลี้ยงคู่คือ กรด2,4-ไดคลอโรฟีนอแอซีติก (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid 2,4-D) และใช้กรด 2,2 Dichlopropionic acid) ใช้ในการปราบวัชพืชใบแคบคือ พวกหญ้าและใบเลี้ยงเดี่ยวต่าง ๆ สำหรับสารที่ทำลายฤทธิ์หรือผลของออกซินหรือที่เรียกว่า แอนติออกซิน (antiauxin) ได้แก่ กรด 2,6-ไดคลอโรฟีนอแอซีติก (2,6-Dichlorophenoxyacetic acid 2,6-D) กรดทรานส์ซินเนมิก (transcinamic acid) เมื่อใช้ร่วมกับออกซินแล้วจะไม่มีผลของออกซินให้เห็น

ออกซินมีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดวัชพืช (herbicides) ออกซินทุกชนิดถ้าใช้ความเข้มข้นสูงจะสามารถฆ่าพืชได้ ดังนั้นจึงมีการนำสารออกซินมาใช้เป็นยากำจัดวัชพืชอย่างกว้างขวาง ออกซินที่ใช้สารกำจัดวัชพืช อย่างกว้างขวางได้แก่ 2,4-D, 2,4,5-T , MCPA สารที่นิยมใช้คือ 2,4-D รองลงมาคือ 4-CPA สารทั้งสองชนิดนี้มีฤทธิ์ของออกซินสูงมากจึงใช้ฆ่าวัชพืชได้ แม้จะใช้ความเข้มข้นไม่สูงมากนักก็ตาม อนุพันธ์ของ picolinic acid เช่น picloram ชื่อการค้า Tordon มีคุณสมบัติที่ทำให้เป็นที่นิยมกว้างขวางเนื่องจากความเป็นพิษต่อพืช มีราคาถูกและการเลือกทำลายพืชใบเลี้ยงคู่มากกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว 2,4,5-T ถูกห้ามใช้ในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีสารพิษที่ร้ายแรงคือ dioxin ปนเปื้อนอยู่

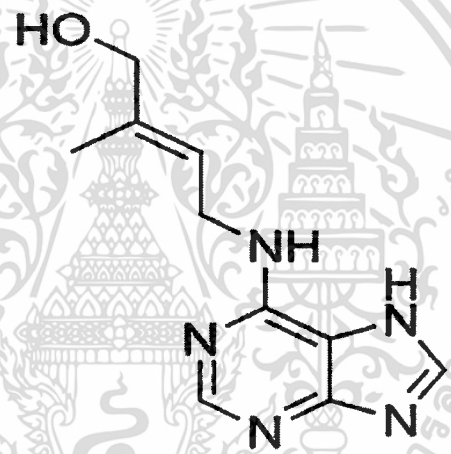
สารกำจัดวัชพืชเหล่านี้อาจอยู่ในรูปเกลือของด่างอ่อน เช่น ammonia (amines), กรด emulsifiable, ester และผสมกับน้ำมันหรือ detergent เพื่อให้มีการกระจายตัวและจับใบสามารถดูดซึมเข้าสู่ใบพืชได้ดีขึ้นและเมื่อดูดซึมเข้าไปแล้วจะถูกลำเลียงส่วนใหญ่ทาง phloem ไปกับสารที่เกิดจากการสังเคราะห์แสง ดังนั้นเวลาฉีดพ่นให้ได้ผลดีที่สุด คือตอนเช้ามืดของวันที่มีแดด กลไกที่แท้จริงของสารเหล่านี้ยังไม่กระจ่างเพียงแต่สันนิษฐานว่าออกซินเหล่านี้เข้าไปรบกวนการสร้าง DNA และการแปล RNA ดังนั้นจึงทำให้การสร้างเอนไซม์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตเหล่านี้ได้รับการสร้างอย่างผิดปกติ (พีรเดช, 2529; นพดล, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. ไซโตไคนิน (Cytokinins)

ไซโตไคนินในพืชจะมีน้ำตาลเพนโทส (คาร์บอน 5 อะตอม) เกาะติดอยู่หรือมีฟอสเฟสอยู่ด้วย หมายความว่า ไซโตไคนินเกิดขึ้นแบบไรโบไซด์ (riboside) หรือไรโบไทด์ (ribotide) ตัวอย่างเช่น อนุพันธ์ของซีอะทินที่พบว่าในผลอ่อนข้าวไรโบไทด์ชนิดหนึ่ง

นอกเหนือจากไซโตไคนินที่พบในพืช มีสารที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทางเคมีและมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับไซโตไคนินเรียก ไซโตไคนินสังเคราะห์ ได้แก่ เบนซิลแอดินีน (benzyladenine) หรือ BA และเตตระไฮโดรไพรานิล เบนซิลแอดินีน (tetrahydropyranyl) หรือ PBA เป็นต้น ใน t-RNA ของสัตว์และจุลินทรีย์หลายชนิดก็สามารถสร้างสารกระตุ้นการแบ่งเซลล์นี้ได้



รูปที่2.2 โครงสร้างไซโตไคนิน (Cytokinins)
ที่มา: https://www.wikiwand.com/th/ไซโตไคนิน

แหล่งของไซโตไคนินในพืชจะพบมากในบริเวณปลายราก และสามารถเคลื่อนย้ายไปในส่วนของใบ ลำต้น และส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยผ่านทางท่อน้ำ (สมบุญ, 2544)

ไซโตไคนินในพืชจะถูกสังเคราะห์ขึ้นในรากแล้วมีการเคลื่อนย้ายไปยังใบ และลำต้นโดยผ่านทางท่อลำเลียงน้ำ (xylem) (นิรันดร์ ,2536)

1.ผลของไซโตไคนินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

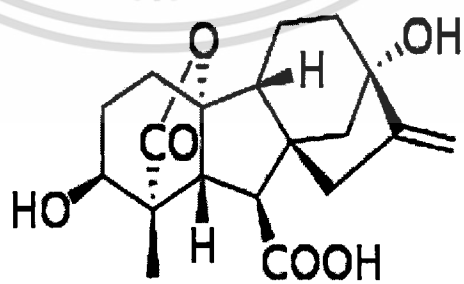
สามารถส่งเสริมการแบ่งเซลล์ หน้าที่หลักของไซโตไคนิน คือช่วยให้ไซโตพลาสซึมของเซลล์ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น และราก เกิดการแบ่งตัว (นิตย์,2541). เร่งการขยายตัวของเซลล์ จากการศึกษาการเลี้ยงเนื้อเยื่อของไส้ (pith)ยาวสูบ พบว่า ไซโตไคนินสามารถขยายขนาดของแวคิวโอลในเซลล์ ทำให้เซลล์ขยายใหญ่ขึ้นได้ และพบว่าในเซลล์ที่เจริญเต็มที่ของแผ่นใบและใบเลี้ยงซึ่งปกติจะไม่มีการขยายตัว ไซโตไคนินสามารถส่งเสริมการขยายตัวของเซลล์ในส่วนที่ตัดจากแผ่นใบและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเลี้ยงได้ (สมบุญ,2544). ส่งเสริมการสร้างและการเจริญของตา การเพิ่มไซโตไคนินให้กับตาข้าง(lateral buds)ทำให้แตกออกมาเป็นใบได้ ทั้งนี้เพราะตาข้างจะดึงอาหารมาจากส่วนอื่น(ดนัย,2539) ช่วยในการงอกของเมล็ด ไซโตไคนินเป็นสารช่วยเร่งการแบ่งเซลล์ จึงมีผลทำให้เมล็ดงอก สามารถงอกได้เร็วขึ้น ในเมล็ดที่กำลังงอกจะพบไซโตไคนินในปริมาณสูง ไซโตไคนินยังสามารถกระตุ้นเมล็ดและตาข้างที่พักตัวให้เกิดการงอกได้ และยังส่งเสริมการสร้างโปรตีน ไซโตไคนินสามารถดึงสารและกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เข้าใกล้ตัว สามารถสร้าง RNA,DNA ซึ่งทั้งกรดอะมิโน RNAและDNA เป็นสารที่จำเป็นในการสร้างโปรตีน ทำให้พืชทั้งต้นเจริญเติบโต ชะลอกระบวนการเสื่อมสลายตัวของคลอโลฟิลล์ (นิตย์, 2541;นพดล, 2537) โดยเฉพาะBAP (benzyladenine) สามารถชะลอการแก่ของพืช แต่สารนี้มีราคาสูงไม่นิยมใช้ในทางพาณิชย์ (สมบุญ, 2544) และควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ในพืชทั่วไปปากใบจะเปิดในที่มีแสงและปิดในที่มืด ไซโต ไคนินมีผลทำให้ปากใบเปิดในที่มืดได้ (สมบุญ, 2544).ส่งเสริมการพัฒนาของคลอโรพลาสต์และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ส่วนของพืชที่มีไซโตไคนินจะสามารถดึงเอาอาหารมาจากส่วนอื่นๆได้ และยังช่วยให้ใบที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองสามารถสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ขึ้นได้อีก ทำให้ส่วนของพืชที่ได้รับสารไซโตไคนินมีอายุได้นาน (สมบุญ, 2544).

2.2.3.จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)

จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) เป็นฮอร์โมนของพืช และเชื้อรา ในขณะที่บทบาทของจิบเบอเรลลินในการพัฒนาเชื้อรายังไม่ทราบข้อมูลเป็นที่แน่ชัด แต่มีการศึกษาอย่างมากในพืช จิบเบอเรลลินเป็นหนึ่งใน 5 กลุ่มหลักของฮอร์โมนพืช คือ ออกซิน, ไซโตไคนิน, เอทิลีนและกรดอะซิส เดิมที Gibberellin ได้รับการค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นที่กำลังศึกษาโรคข้าวจากเชื้อราในปี 1930 พวกเขาได้สกัด gibberellin จากราที่โจมตีพืชข้าว เมื่อใช้สารละลายจิบเบอเรลลินสกัดกับพืชที่มีสุขภาพดีพวกเขาสังเกตเห็นว่ามีผลเหมือนกัน การทดสอบเพิ่มเติมในสหรัฐที่ระบุไว้ในปี 1940 และ 50 แสดงให้เห็นถึงฟังก์ชั่นอื่น ๆ ของจิบเบอเรลลินมีความสามารถในการหยุดระยะพักตัวของเมล็ด ขยายเซลล์ตามยาว กระตุ้นการแบ่งตัว และยังมีบทบาทในการส่งสัญญาณกระตุ้นกระบวนการสุก (สมบุญ, 2536) โครงสร้างอของจิบเบอเรลลิน ดังรูป.



รูปที่2.3 โครงสร้างจิบเบอเรลลิน (Gibberellins)

ที่มา: https://www.smartscience.co.th/product/48844/gibberellic-acid-solution-13-mgml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิบเบอเรลลิน เป็นชื่อที่ใช้เรียกทั่วๆ ไปของกลุ่มสารประเภทนี้ ซึ่งค้นพบแล้วไม่น้อยกว่า 80 ชนิด และตั้งชื่อเรียกเป็น gibberellin A_1(GA_1), GA_2, GA_3 เป็นต้น โดยที่กรดจิบเบอเรลลิก คือ GA_3 เป็นชนิดที่พบมากและได้รับความสนใจศึกษามากกว่าชนิดอื่นๆ ปัจจุบันพบจิบเบอเรลลินมากกว่า 80 ชนิด (ดนัย, 2537)

โดยทั่วๆ ไปทราบว่า ในพืชชั้นสูงนั้นมีแหล่งสังเคราะห์จิบเบอเรลลินอย่างน้อย 3 แหล่ง ได้แก่ ในผลหรือเมล็ดที่กำลังเจริญพัฒนา บริเวณปลายยอด และปลายราก แต่ GA มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากโดยตรงน้อยมาก และยังยับยั้งการสร้าง adventitious root อีกด้วย

การลำเลียง GA เกิดขึ้นโดย การแพร่ผ่านทาง xylem และ phloem เป็นแบบไม่มีขั้ว ซึ่งโดยมากGA ในลำต้นส่วนมากลำเลียงมาจากรากผ่านทาง xylem

GA_3 เป็นสารที่รู้จักกันมากที่สุดในกลุ่มของ giberrellins และนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างมาก สาร GA_3 อาจเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า gibberellic acid ถ้าเป็นสารบริสุทธิ์เป็นผลึกสีขาวละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายน้ำ

3.1 ผลของจิบเบอเรลลินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ พืชบางชนิดอาจจะไม่ตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินที่ได้จากภายนอกซึ่งอาจเป็นเพราะว่าในพืชชนิดนั้นมีปริมาณจิบเบอเรลลินเพียงพอแล้ว

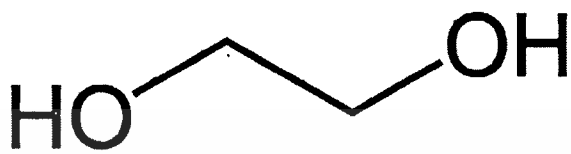
2. กระตุ้นการงอกของตาที่พักตัว และเมล็ดที่พักตัว
3. กระตุ้นการเกิดดอก (Flower initiation) โดย GA สามารถทดแทนความยาวของวัน ที่จำเป็นต่อการออกดอกในพืชบางชนิด และทดแทนความต้องการความหนาวเย็นในการกระตุ้นการออกดอก (vernalization) ในพืชบางชนิดอีกด้วย
4. ยับยั้งการออกดอกในพืช ในไม้ผลส่วนมากขณะที่เกิดการสร้างตาดอก ปริมาณ GA ที่ปลายยอดจะอยู่ในปริมาณต่ำ
5. กระตุ้นการลำเลียงอาหารและแร่ธาตุอาหารในเซลล์สะสมอาหารของเมล็ด
6. ช่วยทำให้พืชบางชนิดเกิดการพัฒนาของผลแบบ parthenocarpy (ไม่มีเมล็ด) เช่น มะเขือเทศ และ ส้ม
7. ช่วยให้องุ่นที่ไม่มีเมล็ดมีผลขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้องุ่นหลายพันธุ์มีขนาดใหญ่ขึ้น ช่อผลยืดยาว และผลในช่อโปร่งมากขึ้น
8. การแสดงออกของเพศดอก GA_3 เข้มข้น 50-500 % จะทำให้ช่อดอกของก่อ (chinese chestnut) มีจำนวนดอกตัวผู้น้อยลง และมีจำนวนดอกตัวเมียมากขึ้น แต่ในพืชตระกูลแตง เช่น แตงกวา ฟักทอง ชักนำให้เกิดการสร้างดอกตัวผู้เพิ่มมากขึ้น
9. การชะลอการแก่ชรา (senescence) ในใบพืช

2.2.4 เอทธิลีน (Ethylene)

เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ เป็นสารอินทรีย์ที่มีสถานะเป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย จัดเป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) มีสูตรทางเคมีคือ CH_2=CH_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดไฟและเกิดการระเบิดได้ในช่วงความเข้มข้น 3.2 – 32 % สามารถแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆของพืชได้ง่าย ทำให้มีอิทธิพลค่อนข้างกว้างขวางต่อการพัฒนาของพืช โดยทั่วไปเอทธิลีนจะไปเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของพืชหรือส่วนของพืช พืชและจุลินทรีย์หลายชนิดมารถผลิตก๊าซเอทธิลีนได้ นอกจากนั้นมนุษย์ยังทำให้เกิดเอทธิลีนได้จากการเผาผลาญเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น การใช้น้ำมันกับรถยนต์ เมื่อการสันดาปเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์จะได้เอทธิลีนออกมาทางท่อไอเสียอีกด้วย

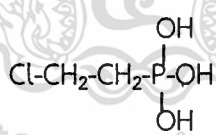


รูปที่ 2.4 โครงสร้างเอทธิลีน (Ethylene)
ที่มา : https://th.betweenmates.com/difference-between-ethylene-glycol-and-polyethylene-glycol-4169

การสังเคราะห์เอทธิลีนในเซลล์พืชมีสารเริ่มต้นจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) และอาจมีการสังเคราะห์เอทธิลีนเพียงเล็กน้อย จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดลิโนเลอิค

เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชในรูปก๊าซมีโมเลกุลขนาดเล็ก ละลายน้ำได้ และละลายได้ดีในไขมัน สามารถเคลื่อนที่ในพืช โดยกระบวนการแพร่ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ ช่องว่างระหว่างเซลล์และเนื้อเยื่อพืชได้หรืออาจเคลื่อนที่ผ่านเนื้อเยื่อพืชตายแล้วแบบเมสโฟล

นักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย ใน ค.ศ. 1964 ได้ผลิตสารที่ให้เอทธิลีนขึ้นมาชนิดหนึ่งโดยให้ชื่อว่าอีทาฟอน (Ethephon) และมีชื่อทางเคมีว่า 2-chloroethane phosphonic acid ซึ่งมีสูตรดังนี้



อีทาฟอนบริสุทธิ์เป็นของแข็งสีขาว ละลายได้ดีทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ไม่ระเหย ไม่ติดไฟ ในสภาพเป็นกรดจัด (pH น้อยกว่า 3.8) ไม่มีผลต่อการสลายตัวของอีทาฟอน แต่ในสภาพเป็นด่างจะสลายตัวได้ง่าย และสามารถเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังใบอ่อนและยอด ดอก ผลได้

ฮอร์โมนพืชนอกจากจะสังเคราะห์ได้จากตัวพืชเองแล้วยังสารถสังเคราะห์ได้จากจุลินทรีย์อีกด้วย

2.3 สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ ฮอร์โมนพืชที่สังเคราะห์ได้จากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์มีหลากหลายกลุ่ม หลากหลายชนิด มีการดำเนินกิจกรรมและมีบทบาทหน้าที่แตกต่างกันในระบบนิเวศของดิน ตามชนิดของจุลินทรีย์และสภาพแวดล้อมที่จุลินทรีย์ชนิดนั้น ๆ อาศัยอยู่ ความสัมพันธ์ทางระบบนิเวศของจุลินทรีย์ในดินบางประเภทจะเอื้ออำนวยซึ่งกันและกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางชนิดจะเกิด การแข่งขันซึ่งกันและกัน บางชนิดจะปลดปล่อยสารปฏิชีวนะเพื่อจำกัดการเจริญเติบโตของอีกชนิดหนึ่ง ความสัมพันธ์ทางระบบนิเวศดังกล่าวก่อให้เกิดผลมากมายทั้งทางด้านการปรับปรุงสมบัติของดินและมีส่วน ช่วยในการเพิ่มผลผลิตพืช สามารถสรุปได้ดังนี้ (Brady and Weil, 2002; Kennedy, 2005)

สารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

มีรายงานการแยกกรด pteridic A และB จากน้ำหมักของ *Streptomyces hygroscopicus* TP-A045 ซึ่งเป็นสารที่สนับสนุนการเจริญของพืชโดยมีกิจกรรมคล้ายกับออกซินสารประกอบนี้มีส่วนในการเร่งการสร้างเนื้อเยื่อรากให้มีการเจริญอย่างผิดปกติในส่วนของเมล็ดถั่ว Meguro (2006) รายงานว่า *Streptomyces* sp. นำสายพันธุ์ MBR-52 เลี้ยงกับเนื้อเยื่อเมล็ดกุหลาบใน Fast ซึ่งสายพันธุ์นี้จะเข้าไปgเจริญภายในเมล็ดและยังคงอยู่หลังจากที่ย้ายไปปลูกในดิน พบการเร่งการงอกของรากอย่างเด่นชัดใน เนื้อเยื่อของเมล็ดกับเชื้อสายMBR-52 ซึ่งคาดว่าสายพันธุ์นี้น่าจะสร้างฮอร์โมนฮอร์โมนที่สนับสนุนการเจริญของพืช

กระบวนการในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชมี 2 ทางคือทางตรงและทางอ้อม

1. กระบวนการในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชโดยทางตรง

โดยช่วยย่อยธาตุฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้มากขึ้น สร้างปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืช และผลิตสารฮอร์โมนพืช เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ ช่วยลดความเข้มข้นของเอทิลีนในพืชซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชเพียงตัวเดียวที่อยู่ในรูปของแก๊สโดยพืชสร้างขึ้นเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่างๆเช่นการออกดอก, การสุกของผล และมีผลต่อการเหลืองและการร่วงของใบ สามารถผลิตซิเดอโรฟอ์(Siderophores)เป็นสารทุติยภูมิที่ยังไม่มีข้อมูลที่แน่นอนซึ่งสร้างขึ้นโดยแบคทีเรีย เช่น *Arobacter aerogenes*, *Arthobacter pascens*, *Pseudomonas cepcia*, *P. fluorescen* แอคติโนมัยซีท (*Streptomyces* spp.) ยีสต์ (*Rhodotorula* spp.) รา (*Penicillium* spp.) และไดโนแฟลกเจลเลต (*Prorocentrium minimum*) Siderophore เป็นสารประกอบธาตุเหล็กที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น มีองค์ประกอบเป็น FE 3+ อยู่มากแต่มี FE 2+ อยู่เล็กน้อยมีส่วนช่วยในการนำธาตุเหล็กไปให้พืชใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น

2. กระบวนการในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชโดยทางอ้อม

ช่วยในการควบคุมโรคพืชทางโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช ผลิตสารปฏิชีวนะที่ใช้ในการควบคุมโรคพืชได้ ผลิตเอนไซม์ที่สามารถย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ ผลิตสารต้านการเจริญของเชื้อรา จำกัดปริมาณธาตุเหล็กที่เป็นประโยชน์ของเชื้อโรคพืชทำให้สามารถป้องกันการแพร่พันธุ์ และการขยายจำนวนของเชื้อโรคพืชได้โดยการผลิตศิลปะ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวฒัน์(2014). มีรายงานการส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณรอบรากพืชด้วยกลไกโดยตรงของจุลินทรีย์ในการผลิตฮอร์โมนพืช ได้แก่ indole-3-acetic acid (IAA) และ gibberellins (GA_3) การวิจัยครั้งนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3ซึ่งผลิตจากเชื้อปฏิปักษ์ *Pseudomons fluorescens* SP007s ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชในระบบการผลิตคะน้าอินทรีย์ ผลการวิจัยพบว่าเชื้อปฏิปักษ์ SP007s สามารถผลิต IAA และ GA_3 ได้ปริมาณมากในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient glucose broth เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้นไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47.5 และ 54.7 $\mu g/ml^{-1}$ ตามลำดับ จากการตรวจสอบด้วยวิธี high-performance liquid chromatography (HPLC) ซึ่งภายใต้ห้องปฏิบัติการและสภาพไร่ พบว่าเชื้อปฏิปักษ์ SP007s สามารถผลิตและปลดปล่อย IAA และ GA_3 ที่มีประสิทธิภาพส่งเสริมเปอร์เซ็นต์การงอก จำนวนราก แขนง ความสูงต้น และความยาวรากของต้นกล้าคะน้าได้ทัดเทียมกับฮอร์โมนสังเคราะห์ IAA และ GA_3 ส่งผลให้พืชมีการดูดสารอาหารและน้ำได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบประสิทธิภาพในการลดโรคขอบใบทองและใบจุดอัลเทอร์นาเรียถึง 71.3 และ 73.9 % ตามลำดับ หลังมีการคลุกเมล็ดและพ่นใบด้วยเชื้อปฏิปักษ์ SP007s (10^6 cfu/ml) เมื่อคะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านอกจากการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีด้วยเชื้อปฏิปักษ์ SP007s ยังมีประสิทธิภาพสูงในการเป็นผู้ผลิตฮอร์โมนพืช

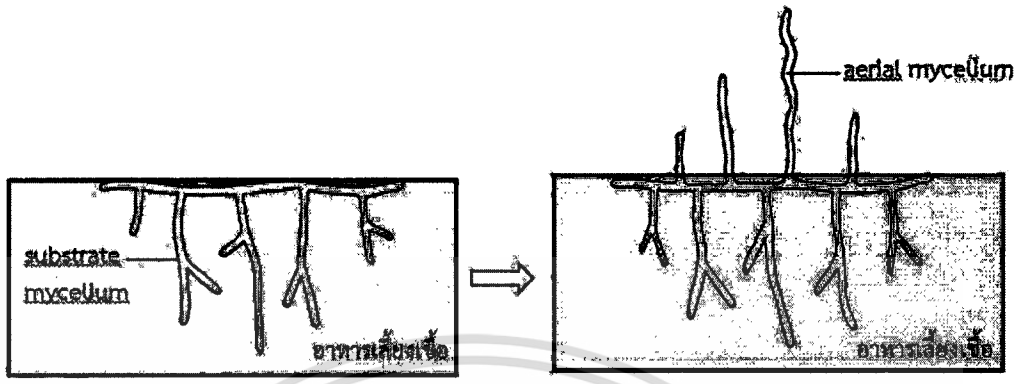
โดยการทดลองครั้งนี้ให้ความสนใจไปที่เชื้อส่วนใหญ่จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Streptomyces* sp. เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้สามารถสร้างสารทุติยภูมิที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืช(ฮอร์โมนพืช)

2.4 เชื้อ Streptomyces

Streptomyces เป็นเชื้อแบคทีเรียจัดอยู่ phylum และ class ชื่อเดียวกัน คือ Actinobacteria อยู่ใน Order Actinomycetales ซึ่งเชื้อทั้งหมดเป็นแบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวก Streptomyces เป็นกลุ่มเชื้อที่มี G+C content สูงมาก ใน order Actinomycetales จัดแบงกลุ่มแบคทีเรียออกเป็นจำนวน 40 families ตามข้อมูลของ Catalogue of life (2007) ซึ่งใน order Actinomycetales มีแบคทีเรียทั้งที่มีประโยชน์และก่อโรคแก่มนุษย์และสัตว์ แต่อาจแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่ม Coryneform (Corynebacterium, Brevibacterium, Arthrobacter, Cellulomonas) กลุ่ม Propionic acid bacteria (Propionibacterium, Eubacterium) , กลุ่มที่เป็น Obligate anaerobes (Bifidobacterium, Acetobacterium) และกลุ่ม Actinomycetes ซึ่งเป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่อยู่เป็นสายยาว (filament) และมีเชื้อหลายชนิดในกลุ่มนี้ สร้าง mycelium คล้ายเชื้อรา และอาจแตกกิ่ง (branching) เชื้ออในกลุ่ม Actinomycetes แบ่งออกเป็น 8 กลุ่มย่อย ตามข้อมูลของหนังสือ Brock: Biology of Microorganism (Madigan et al, 2009) ซึ่งมีการใช้ชื่อซ้ำกัน ทำให้อาจสับสนได้จึงขอกล่าวถึงทั้ง 8 กลุ่ม ดังนี้ 1. Group I Actinomycetes เชื้อในกลุ่มนี้ไม่สร้าง mycelium ตัวอย่างเช่น Actinomyces (อยู่ใน Family Actinomycetaceae) 2. Group II Mycobacteria อยู่ใน Family Mycobacteriaceae ที่รู้จักกันมาก เพราะก่อโรคที่สำคัญ คือ วัณโรค ได้แก่ Mycobacterium tuberculosis 3. Group III Nitrogen-fixing actinomycetes ซึ่งเป็นเชื้อที่ ตรึงไนโตรเจนในไม้เนื้อแข็ง อยู่ใน Family Frankiaceae ตัวอย่างเช่น Frankia เชื้อกลุ่มนี้สร้าง mycelium 4. Group IV Actinoplanes เชื้อในกลุ่มนี้จะสร้าง mycelium และสปอร์ภายใน sporangia ตัวอย่างเช่น Actinoplanes (Family Micromonosporaceae), Streptosporangium (อยู่ใน Family Streptosporangiaceae) 5. Group V Dermatophilus group สร้าง mycelia filament แต่ไม่ สร้าง aerial mycelium ตัวอย่างเช่น Dermatophilus (อยู่ใน Family Dermatophilaceae), Geodermatophilus (อยู่ใน Family Geodermatophilaceae) 6. Group VI Nocardias ตัวอย่างเช่น Family Nocardiaceaeได้แก่ เชื้อใน Genus Nocardia 7. Group VII Streptomycetes เป็นต้น. ซึ่งลักษณะการสร้างเส้นใย (mycelium) ที่แตกแขนงได้ ทำให้มีลักษณะคล้ายเชื้อรา เมื่อนำเชื้อในกลุ่ม *Streptomyces* มาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โคโลนี (colony) ของ *Streptomyces* มีเส้นใยที่เจริญลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ เรียกว่า substrate mycelium หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

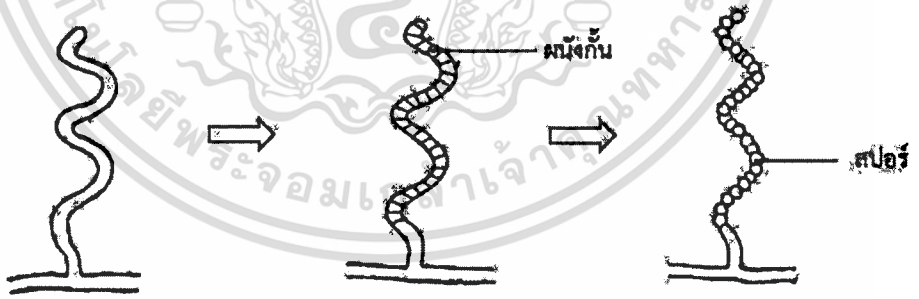
vegetative mycelium จากนั้นเส้นใยบางส่วนจะเจริญบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อและชูเส้นใยขึ้นไปในอากาศ เรียกว่า aerial mycelium รูปที่ 5



รูปที่ 2.5 การเจริญของเส้นใย *Streptomyces*

ที่มา: http://anonmicrobiology.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

ในระยะแรกโคโลนีจะมีลักษณะเรียบ แต่เมื่อเส้นใยของ *Streptomyces* มีอายุมากขึ้นจะสร้างสปอร์โดยที่ aerial mycelium จะมีนิวเคลียสหลายนิวเคลียสและสร้างผนังกั้นภายในเส้นใยทำให้ได้เซลล์หลายเซลล์ แต่ละเซลล์จะพัฒนาไปเป็นสปอร์และต่อกันเป็นสาย รูปที่ 6 ทำให้ด้านบนโคโลนีมีลักษณะคล้ายแป้ง (powdery) หรือกำมะหยี่ (velvet) สปอร์มีหลายสีขึ้นกับสายพันธุ์ของ *Streptomyces* เช่น ขาว เขียว แดง เหลือง และม่วง



รูปที่ 2.6 การสร้างสปอร์ของ *Streptomyces*

ที่มา: http://anonmicrobiology.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

Streptomyces พบมากในดิน เมื่ออยู่ในภาวะแห้งแล้งจะสร้างสปอร์ที่ทนต่อความร้อนและความแห้งแล้ง เมื่อฝนตก สปอร์ที่อยู่ในดินจะฟุ้งกระจายไปในอากาศทำให้หลังฝนตกจะมีกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะเกิดขึ้นคล้ายกับกลิ่นดิน (earthy odor) ซึ่งกลิ่นนี้มาจากสารจีออสมิน (geosmin) ที่สร้างจากสปอร์นั่นเอง อย่างไรก็ตามสารจีออสมินไม่ได้พบเฉพาะในสปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ *Streptomyces* เท่านั้น แต่ยังพบในปลาน้ำจืดบางชนิดอีกด้วย เช่น ปลาดุก ปลาสลิด ซึ่งเมื่อรับประทานปลาเหล่านี้จะรับรสและกลิ่นของดิน (earthy-muddy flavor) ในเนื้อปลาได้ โดยจีออสมีนที่สะสมในปลาน้ำจืดมาจากแบคทีเรียและไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้น (ดร.สุนัดดา โยมญาติ,2016)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

ในห้องปฏิบัติการแบคทีเรียวิทยานั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ทั้งทางเคมีและกายภาพที่มีผลต่อกิจกรรม (activities) ของแบคทีเรียในการเจริญเติบโต ปัจจัยทางสิ่แวดล้อมที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อแบคทีเรีย

1. อุณหภูมิ มีผลต่อการดำรงชีพของแบคทีเรีย คือ ที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถเจริญเติบโตได้ (Maximum temperature) แบคทีเรียและ enzymeในเซลล์ของแบคทีเรียจะเกิดในอัตราขี่รถเร็วขึ้น แต่โปรตีนแต่โปรตีน กรดนิวคลีอีก และส่วนประกอบของเซลล์ซึ่งไวต่ออุณหภูมิปัจจุบันราย ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดที่รักกีฬาสามารถเจริญได้ (minimum temperature) ปฏิกิริยาเอนไซม์ในแบคทีเรียหลายชนิดจะลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum temperature) จะช่วยให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด

2. ความเป็นกรด-ด่าง(pH) ค่าความเป็นกรดด่างจะมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีช่วง pH ของการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH 5-9

3. ออกซิเจน แบคทีเรียมีการใช้หรือทนต่อออกซิเจนได้แตกต่างกันซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มๆได้ดังนี้

3.1 แอนแอโรบส์ (anaerobes) คือ แบคทีเรียที่มีหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย (terminal electron acceptor) แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

3.1.1 facultative anaerobe แบคทีเรียกลุ่มนี้จะทนต่อเซเว่น แม้ว่าจะไม่สามารถใช้พลังงานจากการหมัก (fermentation)

3.1.2 obligate anaerobes แบคทีเรียกลุ่มนี้จะถูกทำลายโดยออกซิเจน

3.2 แอโรบส์ (aerobes) เป็นแบคทีเรียที่ได้พลังงานจากการหายใจโดยใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการ oxidative phosphoreaction แบ่งเป็น 3 ชนิดคือ

3.2.1 obligate aerobes แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีออกซิเจนเท่านั้น

3.2.2 facultative aerobes เป็นแบคทีเรียที่ต้องการหรือไม่ต้องการออกซิเจนแต่เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีออกซิเจน

3.2.3 microaerophilic เป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในระดับต่ำกว่าบรรยากาศ

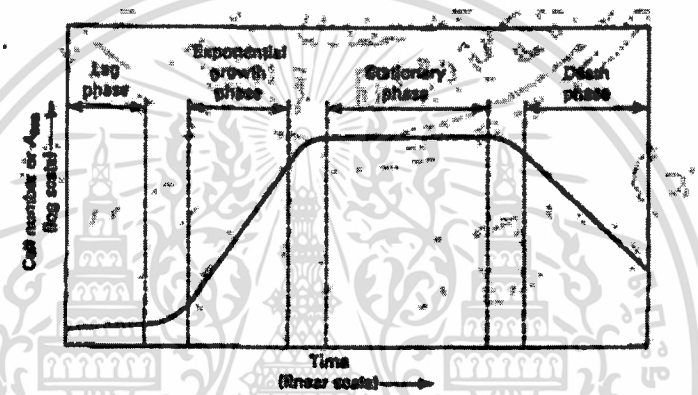
การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหารเหลว

การนำแบคทีเรียไปใส่ในอาหารที่ใช้เลี้ยงแบคทีเรียชนิดเหลวนั้น เราจะเรียกแบคทีเรียว่า inoculum ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่หยุดพักการเจริญเติบโตชั่วขณะ ฉะนั้นเมื่อใส่แบคทีเรียลงไปใหม่ๆ จะไม่มีการเจริญเติบโตทันที เพราะแบคทีเรียจะต้องอาศัยระยะเวลาในการสร้างเอนไซม์และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

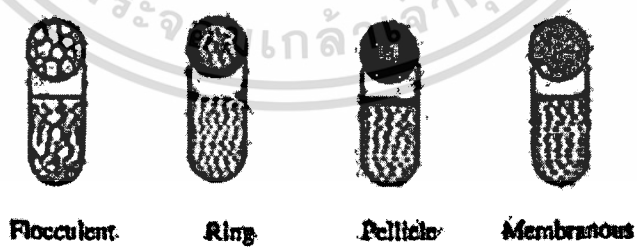
ส่วนประกอบต่างๆที่จำเป็นในการสังเคราะห์ชีวโมเลกุล ระยะที่ไม่มีการเจริญเติบโตนี้ เรียกว่า lag phase ซึ่งระยะนี้จะใช้เวลานานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงแบคทีเรีย ระยะเวลาที่แบคทีเรียพักการเจริญเติบโต ชนิดของแบคทีเรีย และปริมาณออกซิเจน

เมื่อแบคทีเรียเริ่มมีการเจริญเติบโต จะมีการแบ่งตัวจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ด้วยอัตราคงที่ และจำนวนเซลล์แบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ ระยะนี้จึงเรียกว่า exponential phase หลังจากแบคทีเรียเจริญเติบโตไปได้ระยะเวลาหนึ่ง พบว่าปริมาณสารอาหารและออกซิเจนจะลดลงเนื่องจากมีเซลล์แบคทีเรียหนาแน่นมากขึ้น มาถึงจุดนี้แล้วการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะคงที่ เพราะอัตราการเจริญเติบโตจะเท่ากับอัตราการตาย เรียกระยะนี้ว่า stationary phase และเมื่อยังคงเลี้ยงแบคทีเรียต่อไปจะพบว่าปริมาณเซลล์แบคทีเรียจะลดลง เนื่องจากอัตราการตายสูงกว่าอัตราการเจริญเติบโต เรียกว่า death phase



รูปที่ 2.7 กราฟการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหารเหลว
ที่มา: http://anonmicrobiology.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียเมื่อตั้งหลอดทดลองที่บรรจุอาหารเหลวไว้นิ่งๆ สามารถจัดจำแนกการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหารเหลวนั้นได้ดังรูป

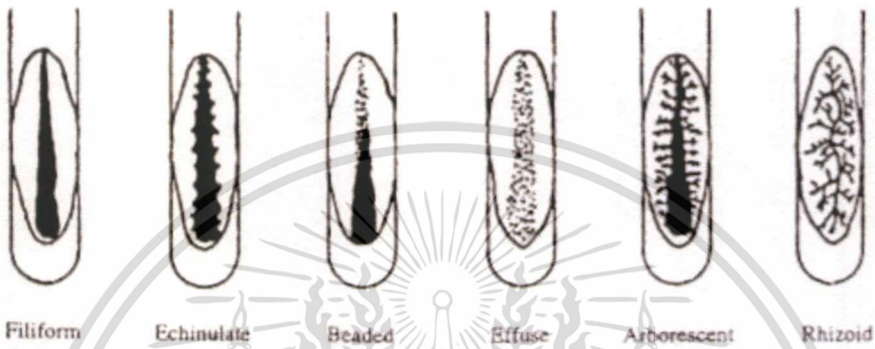


รูปที่ 2.8 ลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนผิวหน้าอาหารเหลวที่บรรจุในหลอดทอ ลองเมื่อตั้งไว้นิ่งๆ
ที่มา: http://anonmicrobiology.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

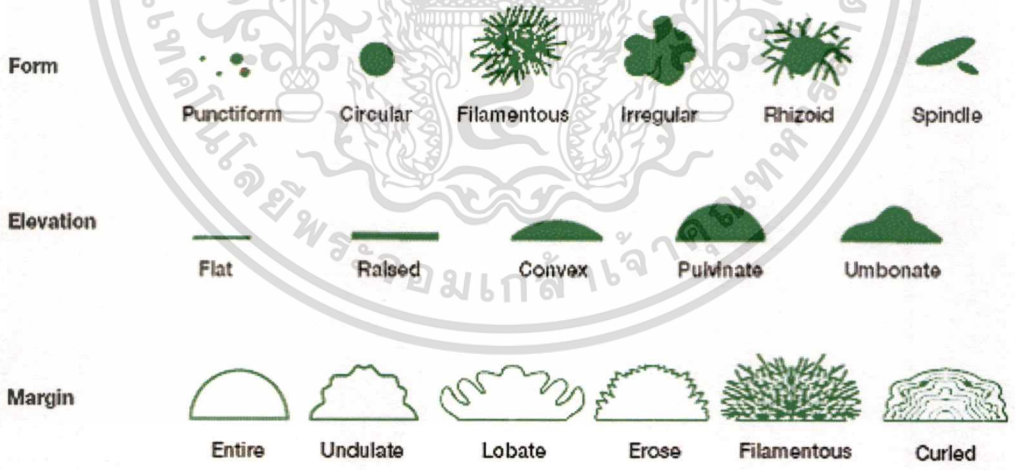
การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหาร

เมื่อนำแบคทีเรียไปเลี้ยงบนอาหาร แบคทีเรียส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตอยู่บนผิวหน้าอาหารแข็ง เพราะต้องการออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ในกระบวนการหายใจเพื่อสังเคราะห์พลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่างๆของเซลล์ แบคทีเรียพวกนี้เรียกว่า aerobes แต่แบคทีเรียบางชนิดจะเจริญเติบโตอยู่ภายในวุ้น ซึ่งเป็นพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobes) ในกระบวนการสังเคราะห์พลังงาน หรือต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย (facultative) การเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนอาหารแข็งนั้น



รูปที่ 2.9 รูปร่างลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนผิวเอียงของอาหารเมื่อใช้ลูปขีดตามแนวความยาวของผิวหน้าอาหารแข็งในหลอดทดลองเพียง 1 ครั้ง

ที่มา: http://anonmicrobiology.blogspot.com/2013/07/blog-post.html



รูปที่ 2.10 การจำแนกรูปร่างลักษณะโคโลนีในอาหารแข็ง

ที่มา: http://anonmicrobiology.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยที่ค่อนข้างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของ สิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืชเป็นอย่างมาก สิ่งแวดล้อมอาจส่งเสริมหรือขัดขวางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงออกทางด้าน พันธุกรรมของพืช ลักษณะของพืชที่ปรากฏ จะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการดีหรือเลว จะ ขึ้นกับการผสมผสานกันของยีนส์และสภาพแวดล้อม โดยยีนส์จะมีผลโดยตรงต่อกิจกรรมของ ฮอร์โมนภายในพืช หากยีนส์และสภาพแวดล้อมผสมผสานกันดี ต้นพืชจะเจริญงอกงามได้ดี หาก สภาพแวดล้อมขัดขวางหรือขัดแย้งกับยีนส์แล้ว ต้นพืชจะมีการเจริญเติบโตไม่งอกงามหรือมีพัฒนาการไม่ดีเพียงพอ เป็นผลให้ผลผลิตต่ำ

ปัจจัยสภาพแวดล้อม หรือปัจจัยภายนอก อาจแบ่งตามบทบาทที่มีผลต่อการ เจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ออกได้เป็น 2 พวก คือ

1. ปัจจัยที่จำเป็นต้องมี (Positive factors) เป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้ ได้แก่

1.1. แสงสว่าง พืชต้องการแสงสว่างเพื่อใช้ในขบวนการการสังเคราะห์แสง สร้างอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาการ

1.2 ที่ยึดเหนี่ยว พืชจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี ต้องมีที่ยึดเหนี่ยวที่ แข็งแรง เพื่อให้ล าต้นทรงอยู่ได้ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะท าให้ส่วนต่าง ๆ ท าหน้าที่ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่

1.3 อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและ พัฒนาการที่ดี

1.4 อากาศ ในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ต้องการพลังงานที่ ได้มาจากการหายใจ จึงต้องมีอากาศอย่างเพียงพอ เพื่อให้การหายใจเกิดขึ้นได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ พืชยังต้องการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงด้วย

1.5 น้ำ น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต น้ำทำหน้าที่ในการช่วยดูด แร่ธาตุอาหาร (nutrients) ล าเลียงอาหาร (photosynthates) ไปยังส่วนต่าง ๆ และช่วยในการลดอุณหภูมิภายในต้นพืช

1.6 แร่ธาตุอาหาร (nutrients) พืชต้องการแร่ธาตุอาหารเพื่อใช้ในการ เจริญเติบโตและพัฒนาการ โดยแร่ธาตุอาหารเหล่านั้น จะไปเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช และจะไปกระตุ้นขบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

2. ปัจจัยที่ไม่จำเป็น หรือไม่ต้องมี (Negative factors) เป็นปัจจัยที่ไม่ควรมี ได้แก่

2.1 โรค (Diseases)

2.2 แมลงศัตรูพืช (Insects pest)

2.3 วัชพืช (Weeds)

2.4 สารที่เป็นพิษ (Toxic substances)

ปัจจัยทั้ง 2 พวกนี้ อาจจัดกลุ่มเป็น

1. ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factors) ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ ดิน แร่ธาตุอาหาร น้ำหรือความชื้น อากาศ และสารที่เป็นพิษ

1. ปัจจัยทางชีวภาพ (Biological factors) ได้แก่ โรค แมลง วัชพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิน (Soil)

ในการเพาะปลูกพืช ดินนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอยู่ไม่น้อย เพราะเว้น แต่การปลูกพืชที่เจริญเติบโตในน้ำ เช่น ผักกระเฉด แล้ว การเพาะปลูกโดยส่วนใหญ่ จะทำกันบน ดินทั้งสิ้น แม้ว่าการเพาะปลูกโดยใช้วัสดุอย่างอื่น อาจกระทำได้ เช่น การเพาะปลูกพืชในน้ำยา (Hydroponic culture) การปลูกพืชในทราย (Sand culture) หรือวัสดุอื่น ๆ แต่วิธีการเหล่านั้น ต้องใช้การลงทุนและวิทยาการค่อนข้างสูงมากกว่าการปลูกพืชบนดิน หน้าที่และความสำคัญของ ดินต่อการเจริญเติบโตของพืช มีดังนี้

- ดินทำหน้าที่เป็นวัสดุค้ำยันหรือที่ยึดเหนี่ยวหรือที่ยึดเกาะของรากพืช
- ดินเป็นแหล่งความชื้นหรือแหล่งน้ำของพืช
- ดินให้อากาศเพื่อการหายใจของรากพืช
- ดินให้แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและกรเจริญเติบโตของพืช

ดิน คือ เทหวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมพื้นผิวโลก ประกอบด้วยอนุภาคต่าง ๆ ที่เกิดจากการแปรสภาพของวัตถุต้นกำเนิดดิน และซากสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อยผสมคลุกเคล้ากัน องค์ประกอบของ ดินแบ่งออกได้เป็นส่วนที่เป็นของแข็ง (Solids) และส่วนที่ไม่เป็นของแข็ง (Nonsolids) ได้แก่

อนินทรียวัตถุ (Mineral or inorganic matters) เป็นส่วนที่กำเนิดมาจาก การย่อยสลายของหินที่ให้กำเนิดดิน ส่วนประกอบของดินที่เป็นอนินทรียวัตถุ แบ่งออกเป็น หิน และกรวด ทราย silt และ clay หน้าที่ของอนินทรียวัตถุในดิน คือ

- เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่จ าเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและของจุลินทรีย์ในดิน
- เป็นส่วนควบคุมลักษณะของเนื้อดิน

มีส่วนในขบวนการทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดิน เช่น การแลกเปลี่ยนประจุของแร่ธาตุอาหาร การดูดยึดน้ำในดิน เป็นต้น

อินทรียวัตถุ (Organic matters) ได้มาจาก สิ่งมีชีวิตที่สลายตัว และ สิ่งมีชีวิตที่ยังมีชีวิตอยู่ เช่น หญ้า, ไม้ยืนต้น, บักเตรี, เชื้อรา, โปรโตซัว, ไส้เดือน และสิ่งขับถ่ายของ สัตว์ เป็นต้น หน้าที่ของอินทรียวัตถุในดิน คือ

- ช่วยให้ดินร่วนซุย และมีโครงสร้างดีขึ้น เหมาะแก่การเจริญของรากพืช
- เป็นแหล่งให้แร่ธาตุอาหารแก่พืชและจุลินทรีย์ในดิน
- เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในดิน

น้ำในดิน ดินที่มีลักษณะที่ดีหรือเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ควรมีสัดส่วนของส่วนที่ เป็นของแข็งของดินทั้ง 2 ชนิดนี้ ในสัดส่วนที่สมดุลกัน นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของ ดินส่วนที่ไม่เป็นของแข็งด้วย ซึ่งได้แก่ น้ำในดินและอากาศในดิน ภายในดินจะมีช่องว่าง ซึ่งจะมีอากาศและ /หรือน้ำบรรจุอยู่ สัดส่วนของช่องว่างในดิน จะต้องมีความสมดุลกับส่วนที่เป็นของแข็งในดิน จึงจะท าให้ดินมีความเหมาะสมต่อการ เจริญเติบโตของพืช สัดส่วนของน้ำและอากาศที่อยู่ในช่องว่างในดินจะเป็นสัดส่วนผกผันกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าปริมาณน้ำในช่องว่างต่ำลง อากาศในช่องว่างจะมากขึ้น ในสภาพนี้ ดินจะมีสภาวะขาดน้ำ และ ส่งผลถึงกิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืช แต่ถ้าช่องว่างในดินมีน้ ามากส่วนของอากาศในดินมีน้อย ดินจะมีสภาวะขาดออกซิเจน ซึ่งจำเป็นต่อการหายใจของรากพืช อาจก่อให้เกิดการสร้างสารพิษภายในราก นอกจากนี้ ยังมีผลต่อวงจรการสร้างอาหาร โดยเฉพาะวงจรของไนโตรเจนในดินด้วย การที่น้ำในดินสามารถคงอยู่ได้ในช่องว่างในดินนั้น มีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ประการ

- โครงสร้างของดิน (soil structure)
- เนื้อดิน (soil texture)

โครงสร้างของดิน (Soil structure)

ทำให้เกิดรูพรุน หรือมีช่องว่างระหว่างอนุภาคของดิน ความพรุนของดินเป็นสัดส่วนกับปริมาตรของช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยน้ำและอากาศ ถ้าดินพรุนมากก็จะมีช่องว่างที่มีน้ำและอากาศมาก ดินร่วนจะมีช่องว่างประมาณ 50% ของปริมาตรทั้งหมด ดินทรายมีน้อยกว่า 50% และดินเหนียว มีมากกว่า 50% ดังนั้น ดินเหนียวจึงมีความสามารถในการยึดน้ำในดินได้ดีกว่าดินร่วนและดินทรายตามล าดับ ซึ่งช่องว่างในดินนี้ ช่องว่างที่มีขนาดเล็กจะยึดน้ำได้ดีกว่าช่องว่างที่มีขนาด ใหญ่ น้ำในช่องว่างขนาดใหญ่มักไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่าง ๆ ตามแรงดึงดูดของโลก

เนื้อดิน (Soil texture)

ดินที่มีเนื้อละเอียด จะมีความพรุนมากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบกว่า ท าให้สามารถยึดน้ำได้ดีกว่า การยึดน้ำของดินเกิดขึ้นด้วยแรง 2 ชนิด คือ แรงยึดที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคดินกับโมเลกุล ของน้ำ (Adhesion force) และแรงยึดที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของน้ำ (Cohesion force) ด้วยแรง ทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้รอบ ๆ อนุภาคของดินยึดน้ำไว้ได้ และยังควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำในช่องว่าง ของดินด้วย เมื่อปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นภายในช่องว่างขนาดเล็กหรือรอบ ๆ อนุภาคดิน แรงยึด น้ำจะลดลง ทำให้น้ำไหลซึมผ่านลงไปในดินชั้นล่าง ๆ

ชนิดของน้ำในดิน

อาจแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 พวก ตามลักษณะทางกายภาพและลักษณะทาง ชีวภาพ ในทางกายภาพ จะแบ่งน้ำในดินออกเป็น 3 ชนิด ตามความสามารถในการยึดน้ำของดิน คือ

1. น้ำเยื่อหรือน้ำจับเม็ดดิน (Hygroscopic water) คือ น้ำที่ยึดแน่นอยู่กับผิว อนุภาคของดิน พืชไม่สามารถดูดเอาน้ านี้ไปใช้ได้ และจะระเหยไปจากดินได้ยาก

2. น้ำซับ (Capillary water) คือ น้ำที่เกาะอยู่ตามรอบนอกของผิวอนุภาคของดิน พ้นบริเวณน้ำเยื่อออกมา น้ำชนิดนี้ ยังอยู่ในระยะแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคของดินกับโมเลกุลของน้ำ จึงมีการเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งพืชดูดเอาไปใช้ประโยชน์ได้ และเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่สุดของ พืช

3. น้ำซึม หรือน้ำเหลือ (Gravitational water) คือ น้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในดินชั่วคราว จะเกาะอยู่รอบนอกสุดของอนุภาคดิน แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคดินกับโมเลกุลของน้ำไม่สามารถ ต้านทานแรงดึงดูดของโลกได้ น้ำจะเคลื่อนตัวค่อนข้างเร็ว ผ่านดินชั้นต่าง ๆ เมื่อเคลื่อนตัวลงไป สะสมในดินชั้นล่าง จะกลายเป็นน้ำใต้ดิน

ในทางชีวภาพ แบ่งน้ำออกเป็น 3 ชนิดตามความเป็นประโยชน์ต่อพืช คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. น้ำที่เป็นประโยชน์ (Available water) เป็นน้ำส่วนที่อยู่ภายใต้อ านาจการ ดึงดูดของดิน พืชสามารถดูดเอาจากดินไปใช้ได้ ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการสูญเสียน้ำของพืช อันเนื่องมาจากการคายน้ำและการระเหยน้ำ

2. น้ำที่ไม่เป็นประโยชน์ (Unavailable water) เป็นน้ำส่วนที่ดินดูดยึดเอาไว้ด้วย แรงดึงดูดที่มากกว่าที่พืชจะสามารถดูดเอาไปใช้ ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการสูญเสียน้ำของพืช ได้

3. น้ำเกินจำเป็น (Superfluous or Excessive water) เป็นน้ำส่วนที่เกินอ านาจ การดูดยึดตามปกติของดิน น้ำชนิดนี้จะเคลื่อนตัวพ้นบริเวณที่มีรากพืช โดยอิทธิพลของแรงดึงดูด ของโลก น้ำประเภทนี้ ถ้าสะสมอยู่ในบริเวณที่มีรากพืชจะก่อให้เกิดสภาวะถ่ายเทอากาศไม่ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปริมาณน้ำในดิน จะเป็นตัวกำหนดระดับความชื้นในดิน ซึ่งมี 2 ระดับ คือ

1. ระดับความจุความชื้นในสนาม (Field Capacity, FC) เป็นระดับความชื้นสูงสุด ของปริมาณน้ำในดินที่อนุภาคดินดูดยึดเอาไว้ หลังจากน้ำเกินจำเป็นถูกระบายออกแล้วด้วยแรง ดึงดูดของโลก ในสภาวะธรรมชาติ ดินจะดูดยึดความชื้นได้ไม่เกินความจุความชื้นในสนามของดิน ชนิดนั้น ความชื้นส่วนที่เกินความจุความชื้นในสนาม จัดเป็นความชื้นเกินจำเป็น (Superfluous moisture) ดังนั้น ความจุความชื้นในสนามจึงเป็น พิกัดบน (Upper limit) ของช่วงระดับความชื้นที่ เป็นประโยชน์ต่อพืช

2. ระดับจุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point, PWP) เป็นปริมาณน้ำในดิน ระดับต่ำสุดที่ไม่เพียงพอ หรือถูกอนุภาคดินดูดยึดไว้ด้วยแรงที่มากเกินกว่าพืชจะดูดเอาไปใช้ได้ ท าให้พืชไม่ได้รับน้ำและแสดงอาการเหี่ยวเฉา จุดเหี่ยวถาวรของพืช ถือเป็น พิกัดล่าง (Lower limit) ของช่วงระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ระดับความชื้นที่ต่ำกว่าจุดเหี่ยวถาวรจะเป็น ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช

อากาศในดิน อากาศในดินเป็นสิ่งหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของรากพืชและจุลินทรีย์ใน ดิน ปริมาณของอากาศในดินมักไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดและปริมาณช่องว่างในดิน และปริมาณน้ำในดิน อากาศในดินตามปกติจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) 0.2-1% โดยปริมาตร และมีก๊าซออกซิเจน (O2) ประมาณ 10-12% โดยปริมาตร ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อดินนั้นถูกนำไปใช้ในการเพาะปลูก วิธีการในการเพาะปลูก การใส่ปุ๋ย การใส่ปูน จะทำให้ดินมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น และ ก๊าซออกซิเจนน้อยลง เพราะรากพืชมีกิจกรรมอยู่ตลอดเวลา โดยที่การใส่ปุ๋ย การใส่ปูน จะทำให้ ทั้งพืชและจุลินทรีย์ในดิน มีการเจริญเติบโตดี กิจกรรมทางด้านการหายใจก็จะสูงขึ้นตามไปด้วยมีการใช้ก๊าซออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ในอีกประการหนึ่ง ความชื้นในดินก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนด้วย เมื่อดินมีความชื้นสูงขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินมักมีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ก๊าซออกซิเจน มักมีความเข้มข้นต่ำลง เนื่องจากเมื่อความชื้นในดินสูงขึ้น จะทำให้ช่องว่างในดินที่ยอมให้ก๊าซ ออกซิเจนจากบรรยากาศซึมผ่านลงมาทดแทน และยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจาก กิจกรรมของรากพืชและจุลินทรีย์ในดินเคลื่อนที่ผ่านขึ้นสู่บรรยากาศมีน้อยลง ทำให้ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มที่จะสะสมในดิน

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้นเมื่อดินมีความชื้นสูงขึ้น นอกจากนี้ดินเนื้อละเอียด ซึ่งมีรูพรุนขนาดเล็ก ๆ จำนวนมาก ก็มักมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ขึ้นด้วย เพราะการเคลื่อนที่ของก๊าซต่างๆ ผ่านรูพรุนขนาดเล็กจะเกิดช้ากว่าการเคลื่อนผ่านรูพรุน ขนาดใหญ่ ประกอบกับ การที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าและมีน้ำหนัก โมเลกุลมากกว่าจึงเคลื่อนที่ได้ช้าและล าบากก๊าซชนิดอื่น ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น จำเป็นต้องมีการถ่ายเทอากาศที่ดี เพื่อไม่ให้ มีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์กับบรรยากาศ ในอัตราที่สูงเพียงพอที่จะทำให้ดินมีก๊าซออกซิเจนพอเพียง สำหรับกิจกรรมของรากพืชและจุลินทรีย์ในดิน ดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดีนั้น จะมีผลต่อการ เจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. การหายใจของพืชและจุลินทรีย์ในดินจะถูกจำกัดขอบเขต ทำให้ได้พลังงานจาก การหายใจในปริมาณจำกัด

2. ดินที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในด้านการ สลายอินทรียวัตถุมีแนวโน้มจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic decomposed) ซึ่งทำให้เกิด สารที่ไม่เป็นประโยชน์และอาจเป็นพิษต่อพืช เช่น ก๊าซไข่เน่า (hydrogen sulfide, H2S), methane (CH4), phosphine (PH3) เป็นต้น

3. ดินที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ สารอนินทรีย์บางชนิด เช่น เหล็ก จะเกิดการ สะสมจนเป็นพิษต่อพืช ซึ่งโดยปกติ พืชจะใช้ประโยชน์จากเหล็กในรูป ferrous ion (Fe++) แต่ถ้า ดินขาดก๊าซออกซิเจนแล้ว การสะสม Fe+2 จะทำให้เป็นพิษต่อพืช นอกจากนี้ ธาตุอลูมิเนียม (Al) ก็ จะอยู่ในรูปที่เป็นพิษด้วยเช่นกัน

4. ดินที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ จะทำให้ธาตุอาหารในดิน มีการสูญเสียมากขึ้น เช่น ธาตุกำมะถัน จะเปลี่ยนรูปจาก ซัลเฟต (sulfate ion) ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้ดี ไปเป็น ซัลไฟด์ (sulfide) และก๊าซไข่เน่า (S-2, H2S) ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ ธาตุไนโตรเจนจะเปลี่ยนจากรูปไนเตรต (nitrate) ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ เป็นต้น

แร่ธาตุอาหาร (Nutrients)

แร่ธาตุอาหารเป็นสิ่งจ าเป็นสำคัญการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เนื่องจากแร่ธาตุอาหารเป็นส่วนประกอบของอาหาร เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในขบวนการ สังเคราะห์แสงและการหายใจ และเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยในกิจกรรมการสังเคราะห์แสงและ การหายใจ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าแร่ธาตุใด จัดเป็นแร่ธาตุอาหารของพืช คือ

1. ธาตุนั้นต้องมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการ และการสืบพันธุ์ ของพืช ถ้าขาดธาตุหนึ่งธาตุใด จะทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการ และการสืบพันธุ์ไม่ สมบูรณ์

2. ความต้องการธาตุแต่ละธาตุต้องมีขอบเขตจำกัด และไม่สามารถทดแทนกันได้

3. ธาตุเหล่านั้นต้องมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการ และไม่เป็น สาเหตุที่ไม่ทำให้ธาตุชนิดอื่น เกิดความเหมาะสม หรือเป็นอันตรายต่อพืช

แร่ธาตุอาหารของพืช มีอยู่ด้วยกัน 16 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แม็กนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง กำมะถัน โมลิบดีนัม สังกะสี คลอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โบรอน แคลเซียม นอกจากนี้ วิทยาการสมัยใหม่ ยังค้นพบว่า ยังมีอีกหลายธาตุที่ มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเช่นกัน แต่ไม่ถูกจัดไว้ในบัญชีรายชื่อแร่ ธาตุอาหาร เช่น นิเกิล เป็นต้น กลุ่มของรายชื่อแร่ธาตุอาหารที่ระบุข้างต้นนี้ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก หรือธาตุอาหารหลัก มี 10 ธาตุ เรียกว่า Macronutrients ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แคลเซียม กำมะถัน

2. ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย หรือธาตุอาหารรอง มี 6 ธาตุ เรียกว่า Micronutrients ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง โมลิบดีนัม สังกะสี คลอรีน โบรอน อย่างไรก็ตาม การพิจารณาว่าธาตุอาหารพืชใด จัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลักหรือธาตุ อาหารรอง จะต้องพิจารณาจากพืชแต่ละชนิดเป็นสำคัญ เนื่องจากวิทยาการสมัยใหม่ กลับพบว่า ธาตุอาหารพืชบางชนิด อาจเป็นธาตุอาหารรองในพืชชนิดหนึ่ง แต่อาจเป็นธาตุอาหารหลักในพืช อีกชนิดหนึ่งก็ได้

คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน (Carbon, C; Hydrogen, H, O) ; Oxygen

ธาตุอาหารหลักทั้ง 3 นี้ เป็นองค์ประกอบของทุกสารประกอบ โดยประกอบกัน เป็นสารประกอบ hydrocarbon และทุกเซลล์ของพืช โดยเป็นส่วนต่าง ๆ ในระดับเซลล์ ธาตุทั้ง 3 พืชมักไม่ขาดแคลน เพราะสามารถแสวงหาได้เอง จากอากาศ

ไนโตรเจน (Nitrogen, N) เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิค น้ำย่อย และคลอโรฟิลล์ ถ้าขาดธาตุไนโตรเจนพืชจะไม่เจริญเติบโต

ไนโตรเจนจะสูญเสียจากดินได้ง่ายมากในรูปของก๊าซไนโตรเจน พืชที่ขาดธาตุ ไนโตรเจน จะแสดงอาการที่เรียกว่า chlorosis โดยใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และหลุดร่วงไป ส่วนใบอ่อนยังคงมีสีเขียว เพราะธาตุนี้เคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังใบอ่อน ในบางครั้งพืชที่ขาดธาตุ ไนโตรเจนส่วนของลำต้น ก้านใบ ใบล่าง ๆ จะมีสีชมพูถึงม่วง เพราะสะสมสาร anthocyanin ไว้ เป็นจำนวนมาก แต่ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป พืชจะมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบมาก ใบพืช จะเป็นสีเขียวแก่ ลำต้นอวบอ้วน ระบบรากไม่เจริญเติบโต และเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางการ สืบพันธุ์ช้าลง

ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) ทำหน้าที่ในการนำพลังงาน (ATP, adenosine triphosphate) และเป็น องค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่มีฟอสเฟต เช่น sugar phosphate, nucleotides, nucleic acid, phospholipids และ coenzymes บางชนิด ฟอสเฟตเคลื่อนที่ไปตามส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ง่าย และสะสมอยู่ในใบอ่อน ดอกที่กำลังเจริญ เมล็ด แต่ก็สูญเสียได้ง่ายจากใบแก่ของพืช การขาดธาตุฟอสฟอรัสจะแสดงอาการที่ใบที่เจริญแล้ว พืชจะมีลำต้นแคระแกร็น มีสีเขียวแก่ บางครั้งเป็นสีม่วงจากการสะสม anthocyanin และทำให้พืชถึง maturity ช้าลง ถ้าได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป พืชจะถึง maturity เร็วกว่าปกติ

โปแตสเซียม (Potassium, K)

คล้ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สามารถเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังใบอ่อนได้ง่าย แต่โปแตสเซียมไม่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ โปแทสเซียมทำหน้าที่เป็น coenzyme หรือตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในพืชใบเลี้ยงคู่ จะแสดงอาการขาดธาตุโปแทสเซียมที่ใบแก่ที่อยู่ด้านล่าง โดยจะ เกิด chlorosis กระจายทั่วไป ส่วนพวกพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เซลล์ที่ปลายใบและขอบใบจะตายก่อน แล้ว แผ่ไปยังเซลล์ส่วนอื่นที่อยู่ต่ำลงไป

กำมะถัน หรือ ซัลเฟอร์ (Sulphur, S) เป็นองค์ประกอบของโปรตีนบางชนิด ที่สำคัญคือ coenzyme A ซึ่งใช้ใน ขบวนการหายใจ นอกจากนี้ ซัลเฟอร์ยังพบใน วิตามิน thiamine และ biotin เป็นต้น

การขาดธาตุซัลเฟอร์จะแสดงอาการ chlorosis ที่ใบอ่อน เพราะซัลเฟอร์ไม่ เคลื่อนย้ายออกจากใบแก่

แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ ในอวัยวะที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ เช่นในราก แมกนีเซียมจะไปกระตุ้น เอนไซม์ให้ดึงเอาพลังงานออกจาก ATP นอกจากนี้ แมกนีเซียมยังเป็น องค์ประกอบที่สำคัญของ ribosome ในการสร้างโปรตีน พืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม จะแสดงอาการ chlorosis ที่บริเวณเส้นใบของใบแก่

แคลเซียม (Calcium, Ca) จะไปรวมตัวกับ pectate ในส่วน middle lamella ของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์ ระหว่างเซลล์เชื่อมต่อกัน นอกจากนี้ ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ α -amylase ในการ ย่อยแป้งที่สะสมอยู่ การขาดธาตุนี้ ทำให้ตาไม่เจริญ และทำให้ปลายรากตายได้

เหล็ก (Iron, Fe) กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ในการสร้างคลอโรฟิลล์ และมีส่วนในการพาอิเล็คตรอน (electron carrier) ในขบวนการหายใจและสังเคราะห์แสง โดยเป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุลของ cytochrome และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ferredoxin ที่ทำหน้าที่เป็น electron carrier และเอนไซม์ nitrate reductase ในการเปลี่ยนรูปไนเตรตเป็นแอมโมเนีย การขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิด chlorosis ที่เส้นใบของใบอ่อน เนื่องจากธาตุนี้ มี การเคลื่อนย้ายได้ยาก

คลอรีน (Chlorine, Cl) ทำหน้าที่ในการกระตุ้นการสังเคราะห์แสง โดยเป็นตัวกระตุ้นให้น้ำเกิดการแตก ตัวปลดปล่อยออกซิเจน พืชที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเหี่ยว เกิดอาการ chlorosis และใบเปลี่ยนเป็นสี ขาวตะกั่ว รากจะสั้น แต่อ้วน บริเวณปลายรากจะบวมพองออก

แมงกานีส (Manganese) กระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดเพื่อสังเคราะห์กรดไขมัน (fatty acid) , DNA, RNA และ เอ็นไซม์ที่ใช้ในวัฏจักร เครปส์ (Kreb's cycle) ในขบวนการหายใจ และเกี่ยวข้องโดยตรงกับ การสังเคราะห์แสงโดยเป็นตัวพาอิเล็คตรอนจากการแตกตัวของน้ำ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการ สร้างคลอโรฟิลล์ พืชที่ขาดธาตุนี้จะเกิด chlorosis ทั้งในใบแก่และใบอ่อน และเกิดตุ่มแผลสี น้ำตาล(necrotic lesions) ในใบ

โบรอน (Boron, B)

ช่วยในการขนย้ายอาหารสะสม

พืชที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการในส่วนเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) ของลำต้นและ ราก โดยเนื้อเยื่อจะแยกจากกัน พืชแต่ละชนิดจะแสดงอาการขาดธาตุนี้แตกต่างกัน เช่น ไส้เน่า (heart rot) ในพวกผักกาดหัว บีท ลำต้นแตก (stem crack) ในคื่นช่าย แกนหัวฉ่ำน้ำ (water core) ใน turnip แห้งเป็นจุด ๆ (drought spot) ในแอปเปิล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังกะสี (Zinc, Zn) จำเป็นต่อการสร้างฮอร์โมน เช่น IAA และเป็นส่วนสำคัญของเอนไซม์หลายชนิด พืชที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเล็กลงและใบเกิดรวมเป็นกระจุก (rosette) เพราะปล้อง (internode) ไม่ยืดตัว ขอบใบย่น (distored) และม้วนเข้าหากัน (puckered) พืชบาง ชนิดอาจเกิด chlorosis บริเวณเส้นใบ และลำต้นเจริญเติบโตช้า

ทองแดง (Copper, Cu) ทำหน้าที่ในการพาอิเล็คตรอน และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์บางชนิด นอกจากนี้ ยังเป็นส่วนสำคัญของ enzyme nitrate reductase ในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (nitrogen fixation) พืชที่ขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเขียวแก่และบิดเบี้ยว หรือรูปร่างใบผิดปกติ ทำให้ เกิดแผลสีน้ำตาลเป็นจุด ๆ ท าให้ใบอ่อนของส้มแห้งตายจากยอดลงมา (die back)

โมลิบดีนัม (Molybdenum, Mo) ทำหน้าที่ในการพาอิเล็คตรอน และมีบทบาทในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ พืชที่ขาดธาตุนี้แสดงอาการหลายอย่าง เช่น การที่ช่อดอกไม่เป็นกระจุก และแทง ดอกย่อย ออกเป็นเส้น ๆ (whip tail) ของกระหล่ำดอก และบรอคโคลี ลักษณะใบเป็นจุดสีเหลือง ของส้ม (yellow spot) การเกิด chlorosis บริเวณเส้นใบของใบแก่ และใบที่อยู่กลางลำต้นและ ลุกลามไปถึงใบอ่อน เป็นต้น

น้ำ (Water)

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืช มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 75-90% น้ำมีบทบาทต่อการมีชีวิตตลอดจนการเจริญเติบโตของพืช นับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอก จนกระทั่งออกดอกออกผล ถ้าพืชขาดน้ำอย่างมากเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้พืชถึงตายได้ ความสำคัญของน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

1. น้ำมีผลต่อกระบวนการรากฐานของการเจริญเติบโต การเพิ่มขนาดของเซลล์จะ ต้องการน้ำเพื่อใช้ในขบวนการขยายตัวของเซลล์ เมื่อพืชขาดน้ำ เซลล์จะขยายตัวเพิ่มขนาดไม่ได้ เป็นผลให้อวัยวะพืชเล็กและแคระแกร็น

2. น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการลำเลียงอาหารและแร่ธาตุอาหาร น้ำเป็นตัวทำ ละลายอาหารและแร่ธาตุอาหาร น้ำเป็นตัวกลางในการลำเลียงธาตุอาหารในดิน เป็นตัวลำเลียง พาแร่ธาตุอาหารเข้ามายังบริเวณรากพืช เมื่อรากดูดแร่ธาตุอาหารเข้ามาในต้นพืช น้ำจะเป็นตัว ลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารไปยังใบ เพื่อทำการสังเคราะห์เป็นอาหาร น้ำจะลำเลียงอาหารที่ได้ออก จากแหล่งสังเคราะห์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

3. น้ำเป็นตัวรักษารูปร่างของเซลล์และต้นพืช เซลล์ที่มีชีวิตของพืช จะต้องเป็นเซลล์เต่ง ที่มีน้ำบรรจุอยู่เต็ม ถ้ามีน้ำไม่เต็ม เซลล์จะเหี่ยว หากเซลล์พืชเหี่ยวมากจะทำให้ต้นพืชตายไปในที่สุด

4. น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในขบวนการทางสรีรวิทยาและขบวนการทางชีวเคมี ขบวนการต่าง ๆ ในพืชหรือสิ่งมีชีวิต เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดแร่ธาตุอาหาร การ

สังเคราะห์สารที่ใช้ในการเจริญเติบโต ฯลฯ แทบทุกขบวนการ จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยเสมอ การสังเคราะห์แสง สร้างอาหารเป็นแป้งและน้ำตาลสะสมในพืช จะมาจากการรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับน้ำ ขบวนการเผาผลาญอาหารหรือการหายใจก็จะมีการใช้น้ำ และมี การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างน้ำขึ้น นอกจากนี้ น้ำยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมปรากฏการณ์การเจริญเติบโตอื่น ๆ อีก เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของพืช การชักนำการออกดอก เป็นต้น

ความต้องการน้ำของพืช (Water requirement of plant)

ความต้องการน้ำของพืชจะมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ที่สำคัญคือ การสูญเสีย น้ำ หรือการคายน้ำและการสร้างสารประกอบภายในต้นพืช

การคายน้ำ (Transpiration) การสูญเสียน้ำของพืชจากการคายน้ำ เป็นสิ่งจ าเป็นที่ขาดไม่ได้ เนื่องจากการคายน้ำผ่านอวัยวะ เช่น ปากใบ (Stomata) จะทำให้เกิดแรงดึงดูด ดึงน้ำจากดิน ผ่านรากพืชเข้ามาภายในต้นพืชได้ หากไม่มีการคายน้ำ หรือมีการคายน้ำน้อย พืชก็จะดูดน้ำได้ น้อยด้วยเช่นกัน การคายน้ำจะต้องมีความสมดุลกับปริมาณน้ำที่พืชได้รับ หากพืชได้รับน้ำน้อย กว่าการคายน้ำ พืชจะเหี่ยวเฉา ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ คือ

ก. อุณหภูมิ สภาพอุณหภูมิสูง จะทำให้พืชมีการคายน้ำมากขึ้น

ข. ความชื้นในอากาศ สภาพความชื้นในอากาศต่ำ พืชจะมีการคายน้ำมาก

ค. ความเร็วลม ลมที่พัดผ่านแรง จะทำให้พืชมีการคายน้ำมาก

ง. ความเข้มแสง สภาพที่มีความเข้มแสงสูง จะทำให้มีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย พืชจะ คายน้ำมาก ในวันที่มีอุณหภูมิสูง อากาศแห้ง มีลมแห้งพัดผ่าน จะส่งเสริมให้พืชมีการคายน้ำมาก ซึ่งจะต้องจัดการเรื่องการให้น้ำให้เพียงพอ กับน้ำที่สูญเสียไป มิฉะนั้น พืชจะเหี่ยวเฉาได้

จ. การสร้างสารประกอบในต้นพืช การเจริญเติบโตของพืชนั้น เป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นของสารที่จำเป็นหรือเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ซึ่งการสร้างสารที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตนั้นจะเกิดมากในช่วงที่พืชกำลังเจริญเติบโต สารที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตแทบทั้งหมดจะสร้างขึ้นได้ จะต้องมีน้ำเป็นวัตถุดิบ หรือต้องการน้ำในการส่งเสริมให้ขบวนการนั้น เกิดขึ้น ดังนั้น ในช่วงที่พืชกำลังเจริญเติบโต จึงต้องการน้ำมากตามไปด้วย

การจัดการน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช (Water management)

การที่น้ำมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเป็น อย่างมากนั้น การจัดการน้ำให้เหมาะสมกับพืชจึงมีความจ าเป็นมาก การที่พืชได้รับน้ำในระดับที่ แตกต่างกัน จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. พืชที่ได้รับน้ำในระดับที่พอเหมาะ อัตราการดูดน้ำของราก จะเท่ากับอัตราการ คายน้ำของใบ ในสภาวะเช่นนี้ เซลล์คุม (Guard cell) และเซลล์ที่อยู่รอบ ๆเซลล์คุม (Companion cells) บนใบจะเต่ง ทำให้ปากใบหรือรูใบ (Stomata) เปิดออก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก บรรยากาศจะซึมแพร่เข้าสู่ภายในใบอย่างรวดเร็ว อัตราการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวันที่มีแสง จะสูง และอัตราการหายใจเป็นปกติ ท าให้มีอาหารสะสมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก

2. พืชที่ได้รับน้ำมากเกินไป ทำให้มีอัตราการคายน้ำค่อนข้างต่ำ เนื่องจากน้ำในดินที่ มีมากจะเป็นผลให้ความชื้นในอากาศรอบ ๆ ต้นพืชสูงขึ้น การคายน้ำของพืชจะลดต่ำลง ในขณะ เดียวกับที่รากพืชดูดน้ำมากหรือเป็นปกติ เมื่อการดูดน้ำของรากและการคายน้ำของใบเกิดขึ้นใน อัตราที่ไม่สมดุลกัน จะเกิดแรงดันในบริเวณเซลล์ meristem ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยืดตัว ทำให้เซลล์เต่งและยืด ตัวมาก ทำให้เกิดผลเสียคือ ต้นกล้าจะมีลักษณะยืดยาวและมีรอยแตก เพราะเซลล์อาจขยายตัวไม่ ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ น้ำที่มีอยู่ในดินมากเกินไป จะทำให้ช่องว่างในดินที่เป็นอากาศถูกแทนที่ด้วยน้ำ รากพืชจะขาดอากาศในการหายใจ กรณีที่น้ำท่วมรากนาน ๆ จะทำให้ต้นพืชตายได้ การแก้ไขใน

3. พืชที่ขาดน้ำ การคายน้ำจะเกิดในอัตราที่สูงกว่าการดูดน้ำมาก เซลล์คุมจะ สูญเสียความเต่งและเหี่ยวแฟบลง ปากใบจะแคบลงหรือปิด การแพร่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าไปในใบจะต่ำ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ สร้างอาหารได้น้อยลง สารประกอบอื่น ๆ ที่ ต้องการคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงเป็นวัตถุดิบจะสร้างได้น้อยลง ทำให้การเจริญเติบโต เป็นไปอย่างช้า ๆ จนถึงกับไม่เจริญเติบโตเลย เซลล์บริเวณที่มีการยืดตัวจะมีขนาดเล็ก ทำให้ต้นพืช มีลักษณะแคระแกร็น อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะมีขนาดเล็ก

4. ถ้าพืชขาดน้ำอย่างรุนแรงเป็นเวลานาน พืชจะแสดงอาการเหี่ยว เซลล์คุมแฟบลง และปากใบปิด ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถแพร่เข้าในใบได้ การสังเคราะห์แสงจะ หยุดลง ในขณะที่การหายใจยังคงดำเนินอยู่ต่อไป ทำให้อาหารที่สะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ถูกใช้ไป แลไม่มีการสร้างขึ้นใหม่ เมื่อถึงระดับหนึ่ง พืชที่ขาดน้ำนั้นจะตายไป

สภาพการขาดน้ำจะเกี่ยวข้องกับขบวนการทางชีวเคมีและขบวนการต่าง ๆ ในพืช ตลอดเวลา ในระยะสร้างดอก และระยะผสมเกสร จะเป็นระยะที่ไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด ใน ระยะเหล่านี้ ถ้าพืชขาดน้ำ จะทำให้ดอกร่วง ผลร่วงได้

แสง (Light)

นอกจากแสงจะมีผลโดยตรงต่อขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นขบวนการ รากฐานเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน และเป็นแหล่งของสารประกอบขั้นต้น เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็น สารประกอบอินทรีย์ในพืช อันเป็นปัจจัยโดยตรงในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแล้ว แสง ยังควบคุมขบวนการรากฐานของการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ จนได้ผลรวมออกมาในรูปการ เจริญและเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง นอกจากนี้ แสงยังมีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ใน การเจริญเติบโตของพืชด้วย เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของเมล็ด การออกดอก เป็นต้น การตอบสนองของพืชต่อแสงนั้น พืชจะตอบสนอง ในแง่ต่าง ๆ ดังนี้

ความเข้มของแสง (Light Intensity)

ความเข้มของแสง คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่พืชได้รับ ซึ่งความเข้มของแสงจะแตกต่างกันตามพื้นที่ เวลา ฤดูกาล และระยะห่างจากเส้นศูนย์สูตรของโลก ในพื้นที่เดียวกัน ความเข้มของ แสงจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้น จนถึงเที่ยงวัน หรือในช่วงบ่าย จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ไปจนกระทั่งดวงอาทิตย์ตก บริเวณเส้นศูนย์สูตรของโลกจะมีความเข้มของแสงสูงที่สุดและค่อย ๆ ลดลงตามเส้นรุ้งที่มุ่งไปหาขั้วโลกในช่วงเวลาเดียวกัน อิทธิพลของความเข้มของแสงต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

1. ความเข้มของแสงที่เหมาะสม โดยที่มีปัจจัยอื่น ๆ เหมาะสมและการหายใจเป็น ปกติ การสังเคราะห์แสงจะมีอัตราสูง ท าให้ได้อาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตมาก ระดับความ เข้มของแสงที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน อาจแบ่งพืชตามความต้องการความเข้ม ของแสงออกได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พืชในร่ม เป็นพืชที่ต้องการความเข้มของแสงน้อยจึงจะเจริญเติบโตได้ดี พืชพวกนี้ ถ้าน าไปอยู่กลางแดดที่มีความเข้มของแสงสูง ใบจะไหม้และต้นชะงักการเจริญเติบโต พืชพวกนี้มักนิยมปลูกไว้ในร่ม ตามชายคาบ้าน บริเวณข้างหน้าต่าง และไม้ประดับอาคารสถานที่

- พืชกึ่งร่มกึ่งแจ้ง เป็นพืชที่ต้องการแสงที่มีการพรางหรือลดความเข้มของ แสงลงแล้ว พืชพวกนี้นิยมปลูกในที่ร่มที่มีแสงแดดรำไร

- พืชกลางแจ้ง พวกนี้ต้องการความเข้มของแสงสูง มีการเจริญเติบโตได้ดี ในที่กลางแจ้ง พวกนี้จะเป็นพืชที่ปลูกอยู่ทั่วไป

2. ความเข้มของแสงที่ต่ำเกินไป เมื่อความเข้มของแสงไม่เพียงพอ จะทำให้มีอัตรา การเจริญเติบโตต่ำ และให้ผลผลิตน้อย หรือผลผลิตมีคุณภาพต่ำ เพราะในการรวมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ในปฏิกริยาสังเคราะห์แสงนั้น ขั้นตอนของขบวนการนี้ ต้องการ พลังงานที่มีปฏิกริยาที่ใช้แสงเป็นตัวกระตุ้นจึงจะเกิดขึ้นได้ กรณีที่แสงมีความเข้มต่ำ พลังงานที่ใช้ ในการรวมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำจะมีน้อย อัตราการสังเคราะห์แสงจะต่ำ ส่งผลให้ มีอาหารน้อยตามไปด้วย ซึ่งอาหารจากการสังเคราะห์แสงนี้จะเป็นสารตั้งต้นในการสร้าง สารประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตอื่น ๆ เมื่อพืชมีอาหารต่ำอยู่แล้ว การสร้างสารที่จำเป็นต่อ การเจริญเติบโตจะเกิดได้น้อย พืชจะมีการเจริญเติบโตช้า และมีผลผลิตต่ำ หรือผลผลิตมีคุณภาพ ต่ำ

3. ความเข้มของแสงที่สูงเกินไป จะส่งผลลบต่อพืชดังนี้

- ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content) ความเข้มของแสงที่สูงเกินไป จะทำให้พืชบางชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง หรือคลอโรฟิลล์มีประสิทธิภาพต่ำลง การสังเคราะห์แสงจะต่ำไปด้วย

- น้ำ แสงที่มีความเข้มมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิของใบเพิ่มขึ้นอย่าง มากทำให้พืชมีอัตราการคายน้ำสูง หากอัตราการดูดน้ำของรากไม่สมดุลกับอัตราการคายน้ำ พืช จะแสดงอาการขาดน้ำ

- กิจกรรมของน้ำย่อย (Enzymes) แสงที่มีความเข้มมากเกินไป ทำให้ อุณหภูมิของใบสูงขึ้น เป็นผลให้ระบบน้ำย่อยลดการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งลง ทำให้พืชมีการ สะสมน้ำตาลแทนแป้ง นอกจากนี้ น้ำย่อยที่มีส่วนในการสังเคราะห์แสงก็จะลดกิจกรรมลงด้วย ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง

คุณภาพของแสง (Light quality) หรือความยาวของคลื่นแสง (Wavelength)

แสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นหลายระดับ โดยที่แสงอาทิตย์ประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 225–2,500 นาโนเมตร (nanometer, nm, 1 nm = 10-7 cm) แต่แสงอาทิตย์ที่ตกลงมายังพื้นโลก จะมีความยาวคลื่นระหว่าง 310-2,300 nm ทั้งนี้เนื่องจาก คลื่นสั้น หรือแสงเหนือม่วง (Ultra Violet, UV) ซึ่งเป็นแสงที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยส่วนใหญ่จะถูกดูดซับไว้ โดยชั้นของโอโซน (ozone) ในบรรยากาศ ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าแสงสีแดง (Infra-red) ความยาวคลื่นมากกว่า 2,300 nm จะถูกดูดซับไว้โดยไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแสงอาทิตย์ที่ตกลงมายังพื้นผิวโลก อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. คลื่นแสงที่มองไม่เห็น (Invisible light) ได้แก่ แสงเหนือม่วง (Ultra Violet, UV) ช่วงความยาวคลื่น ต่ำกว่า 390 นาโนเมตร เป็นตัวการในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Infra-red ช่วงความยาวคลื่นสูงกว่า 810 นาโนเมตร จะท าให้ปล้องของพืชยืดยาวออก 2. คลื่นแสงที่มองเห็น (Visible light) อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 390-810 nm แต่ละช่วง ความยาวคลื่นจะมีสีต่างกัน แสงในกลุ่มนี้จะมีผลต่อพืช คือ

- แสงสีม่วง (390-410 nm) แสงสีคราม (411-425 nm) และสีน้ำเงิน (426-492 nm) เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชต่อแสงที่เรียกว่า Phototropism เช่น การที่ดอกไม้บาง ชนิดหันเข้าหาแสง การโค้งงอของพืชเข้าหาแสง เป็นต้น และมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง (ที่430 สำหรับคลอโรฟิลล์ เอ และ 453 nm สำหรับคลอโรฟิลล์ บี)

- แสงสีเขียว (493-535 nm) ระงับการเจริญเติบโตของพืช

- แสงสีเหลือง (536-586) และแสงสีส้ม (587-647 nm) ส่งเสริมการงอกของเมล็ด

- แสงสีแดง (648-760 nm) ส่งเสริมการงอกและหรือยับยั้งการงอกของเมล็ดพืช บางชนิด และมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง (ที่ 642 สำหรับคลอโรฟิลล์ เอ และ 662 nm สำหรับคลอโรฟิลล์ บี)

- แสงสีไกลแดง (761-810 nm) ยับยั้งการงอกของเมล็ด

ช่วงแสง (Light Duration or Photoperiod)

หมายถึงระยะเวลายาวนานของแสงในแต่ละช่วงวัน ซึ่งจะแตกต่างกันตามฤดูกาล ความยาวของช่วงแสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชบางชนิดเป็นอย่าง มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลในการเปลี่ยนพืชจากระยะการเจริญเติบโต ทางกิ่งใบ (Vegetative growth) ไปเป็นการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive growth) นั่นคือ ช่วงแสงมี อิทธิพลต่อการออกดอกและการลงหัวของพืชบางชนิด การตอบสนองของพืชต่อช่วงแสงนี้ อาจ แบ่งพืชออกเป็น

- พืชวันสั้น (Short day plant, SD) เป็นพืชที่ต้องการความยาวช่วงแสง สั้นกว่าช่วง วันวิกฤติ (Critical day length) จึงจะออกดอกได้

- พืชวันยาว (Long day plant, LD) เป็นพืชที่ต้องการความยาวช่วงแสง ยาวกว่า ช่วงวันวิกฤติ จึงจะออกดอก

- พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (Day neutral plant) พืชพวกนี้ เมื่อได้รับ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หรือมีอายุเหมาะสม ก็จะสามารถออกดอกได้ โดยไม่เกี่ยวข้องกับช่วง แสง

อุณหภูมิ อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่พืชเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอกติดผล อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับขบวนการงอกของเมล็ด การสังเคราะห์แสง การหายใจ การพักตัว เป็นต้น พืชแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อุณหภูมิที่ เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช มีทั้งอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิในดิน อุณหภูมิ กลางวัน และอุณหภูมิกลางคืน โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น โดยมีผล ต่อการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ขบวนการทั้ง 2 จะค่อย ๆ เพิ่มอัตราขึ้น ตามการเพิ่มของอุณหภูมิจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่ประมาณ 30-35°C ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิจะไม่เพิ่มอัตราการเกิดกิจกรรมของขบวนการทั้ง 2 นี้ ส่วนอุณหภูมิของดิน มีผลต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของราก และมีผลต่อการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร ถ้าอุณหภูมิในดินต่ำ การดูดน้ำจะลดลง ต้นพืชจะเหี่ยว นอกจากนี้ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินในสภาพอุณหภูมิของดินต่ำ ก็จะ ลดลงด้วย ทำให้ได้อินทรียสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยตามไปด้วย ถ้าอุณหภูมิในดินสูงกว่า ปกติเพียงเล็กน้อย จะกระตุ้นให้รากมีการเจริญเติบโตยืดยาวมาก แต่หากอุณหภูมิของรากสูงกว่า ลำต้น การเจริญเติบโตจะกลับชะงัก

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวัน เป็นอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิ กลางคืน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเช่นกัน โดยส่วนใหญ่แล้ว อุณหภูมิ กลางคืนจะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน ถ้า อุณหภูมิกลางคืนสูงกว่าอุณหภูมิกลางวัน การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชจะลดลง การที่ อุณหภูมิกลางคืนต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวัน จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการ ดีกว่าการ ที่อุณหภูมิกลางคืนเท่ากับอุณหภูมิกลางวัน โดยทั่วไป อุณหภูมิกลางคืนที่เหมาะสมมักต่ำกว่า อุณหภูมิกลางวันที่เหมาะสมประมาณ 10°C อุณหภูมิ มีบทบาทต่อแทบทุกขบวนการในพืช เนื่องจากขบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมี เกิดขึ้นได้ โดยกิจกรรมของน้ำย่อย ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง และกิจกรรมของน้ำย่อยจะ ขึ้นกับระดับของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ได้แก่ 1. อุณหภูมิต่ำ มีผลต่อการล าเลียงอาหาร ในสภาพอุณหภูมิต่ำ พืชจะล าเลียง อาหารได้ดีกว่า 2. อุณหภูมิต่ำ ลดการหายใจ เนื่องจากการเจริญเติบโต เป็นผลสุทธิของ ขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ในสภาพอุณหภูมิต่ำ พืชจะมีการหายใจน้อยลง การเผา ผลาญอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะลดลง

ในพืชหลายชนิด อุณหภูมิต่ำจะเป็นตัวชักนำให้พืชเกิดการออกดอก ซึ่งพืชพวกนี้จะต้องได้รับอุณหภูมิต่ำช่วงหนึ่งจึงจะออกดอกได้ นอกจากนี้ อุณหภูมิต่ำยังเป็นตัวกระตุ้นให้พืชบาง ชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น (Temperate zone) สิ้นสุดการพักตัวและสามารถแตกตาดอกตาใบ เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตในฤดูใบไม้ผลิได้ ซึ่งพืชพวกนี้ จะต้องการอุณหภูมิต่ำในระยะ เวลานานพอสมควรจึงจะสิ้นสุดการพักตัว แม้ว่าพืชจะตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำได้ดี แต่อุณหภูมิที่ต่ำมากจะมีผลเสียต่อพืช เช่นกันความเสียหายของอุณหภูมิต่ำมากต่อพืช ได้แก่

- ที่อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็ง ต่ำกว่า 10°C พืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน (Tropical zone) จะไม่เจริญเติบโต และที่ช่วงอุณหภูมิ 0-5 °C อาจทำให้พืชพวกนี้ตายได้

- ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งภายในเนื้อเยื่อและอวัยวะ ของพืช และทำให้พืชสูญเสียน้ำ ทำให้พืชได้รับความเสียหาย ส่วนที่อุณหภูมิสูงมาก ก็ก่อความเสียหายให้พืชเช่นกัน เช่น การสูญเสียประสิทธิภาพของ คลอโรฟิลล์ ใบไหม้ เป็นต้น

2.7 พืชที่ใช้ในการทดสอบการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ

2.7.1 พริกขี้หนู (*Capsicum annuum*)

พริก เป็นพืชในวงศ์ *Solanaceae* สกุล *Capsicum* สปีชีส์ *annuum* ชื่อภาษาอังกฤษว่า Chilli peppers, chili, chile หรือ chilli มาจากคำภาษาสเปน ว่า chile โดยส่วนมากแล้ว ชื่อเหล่านี้มักหมายถึง พริกที่มีขนาดเล็ก ส่วนพริกขนาดใหญ่ที่มีรสอ่อนกว่าจะเรียกว่า Bell Pepper ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สหรัฐอเมริกา Pepper ในประเทศอังกฤษและไอร์แลนด์, capsicum ในประเทศอินเดียกับออสเตรเลีย และ Paprika ในประเทศทวีปยุโรปหลายประเทศ พริกชนิดต่าง ๆ มีต้นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกา ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีปลูกกันในหลายประเทศทั่วโลก เพราะพริกเป็นเครื่องเทศที่สำคัญชื่อหนึ่ง และยังมีคุณสมบัติเป็นยาสมุนไพรด้วยเช่นกัน

ขนาดของต้น พริกขี้หนู ต้นสูงประมาณ 50-80 ซม. ขนาดผล 0.3-0.5 X 1.5-3.5 ซม.

ผลผลิต บ้านเราเกษตรกรปลูกพริกขี้หนูได้ประมาณ 230-350 กก./ไร่ เฉลี่ย 280 กก./ไร่

ฤดูปลูก สามารถปลูกได้ตลอดปี

ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

พริกเป็นผักที่เราบริโภคในส่วนของผล ซึ่งมีขนาดรูปร่าง สีสันและรสชาติเผ็ดมากน้อยแตกต่างกันไปมากมาย มีตั้งแต่ขนาดใหญ่มาก รูปร่างเหลี่ยมหรือกลมรียาว สั้นเล็กจิ๋วนิดเดียว สีตั้งแต่สีแดง ส้ม เหลือง เขียว ม่วง เป็นต้น ความเผ็ดตั้งแต่เผ็ดจัดมาก จนถึงไม่มีรสเผ็ดเลย ความหลากหลายของชนิดและพันธ์พริก ทำให้พริกสามารถประกอบในอาหารต่างๆ มากมายของชนเกือบทุกชาติในโลก ผลิตภัณพริกนอกจะบริโภคเป็นผลสดยังสามรถบดเป็นผง หรือดองต่างๆ ซอสพริกผลิตภัณฑ์แปลรูปต่างๆมากมาย

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยซึ่งไม่สารถผลิตให้ตอบสนองเพียงพอต่อผู้บริโภคภายในประเทศ และจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศในบางฤดูกาล

รูปที่11 พริกพันธุ์จินดามณี

ที่มา: http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=1571

สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

ประเภทของดิน	ดินแทบทุกชนิด ดินร่วนปนทราย
พีเอชดิน	ช่วงพอเหมาะ 6.0-6.8
ความชื้น	ในดินที่พอเหมาะในดินที่ไม่เปียกหรือแห้งเกินไป
แสง	แสงแดดเต็มที่ตลอดวัน
อุณหภูมิ	ช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า 24-29.5 องศาเซลเซียส

การเตรียมดินและแปลงปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเพาะกล้า นิยมเพาะกล้าในแปลงผิวราบหน้าแบน 1 เมตร ขุดไถดินลึก 25-35 ซม. ตากดิน ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้มาก ใส่ปูนปรับพีเอชดินถ้าดินเป็นกรด ใส่ปุ๋ยรองพื้นหว่านให้ทั่วพร้อมคลุกเคล้าดินให้ทั่ว ปกติใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตราส่วน 100-200 กรัม/ตารางเมตร ย่อยชั้นผิวหน้าดินให้ละเอียด พร้อมทำแนวร่องเป็นแถวๆ ลึกประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร ระยะห่างแต่ละแถวประมาณ 10-15 เซนติเมตร เตรียมพร้อมสำหรับหยอดเมล็ดพันธุ์ต่อไป ถ้าหากเพาะกล้าในภาชนะเพาะ ควรใช้ดินผสมอย่างดี ซึ่งบางครั้งต้องนำไปอบฆ่าเชื้อ เพื่อทำลายศัตรูพืชต่างๆในวัสดุนั้น

แปลงปลูก ควรขุดไถดินลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร ตากดินระยะหนึ่ง ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้มาก พร้อมปรับพีเอชด้วยปูนถ้าดินเป็นกรด การปลูกพริกใช้รูปแปรงเกือบทุกแบบตั้งแต่แปรงสวนผักร่องจีน แปลงราบหน้าแคบ 1-1.5 เมตร ถึงยังไม่มีรูปแบบแปลงสำหรับปลูกเป็นไร่ขนาดใหญ่ ขุดหลุมสำหรับหยอดเมล็ดพันธุ์ที่จะหยอดอย่างน้อย 10-15 เซนติเมตร.

ระยะปลูก

สำหรับพริกขี้หนูและพริกชี้ฟ้า ต้นเดียวต่อหลุม ระหว่างต้น 30-60 เซนติเมตร ระหว่างแถว 60-120 เซนติเมตร จำนวนต้นอยู่ระหว่าง 4,400-4,700 ต้น/ไร่

การขยายพันธุ์(เมล็ดพันธุ์)

สี น้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม

ลักษณะ ขันข้างกลม ด้านนึงป้าน

จำนวน ต่อ 1 กรัม มี 200-300 เมล็ด

ปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้เพื่อเพาะกล้าให้เพียงพอต่อการปลูก 1 ไร่ ประมาณ 58-64 กรัม ถ้าหยอดเมล็ดโดยตรงในแปลงใช้ 320-480 กรัม

วิธีปลูก

การเพาะกล้า โรยเมล็ดพันธุ์ในร่องที่เตียมไว้ ห่างกันประมาณ 3-5 เซนติเมตร ตลอดแนวหรือหยอด 2- 3 เมล็ดต่อ 1 ช่องปลูก ถ้าเพาะในกระถางปลูก กลบด้วยดินร่วนซุยหรือดินผสมอย่างดี กดทับเบาๆ รดน้ำให้ชุ่ม คลุมฟางหรือหญ้าสะอาดบางๆ เมื่อต้นกล้างอกมี 2-3 ใบจริง เลือกเฉพาะต้นกล้าที่สมบูรณ์ไว้ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อจุด ให้มีระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 5-10 เซนติเมตร

การย้ายปลูก เมื่อต้นกล้ามี 4-5 ใบจริง อายุประมาณ 25-35 วัน เป็นระยะที่เหมาะสมในการย้ายกล้า ควรทำให้ต้นกล้าทนทานในช่วงระยะ 3-4 วันก่อนกำหนดการย้ายกล้า ควรย้ายกล้าในตอนเย็นหรือช่วงบ่ายมากๆ แดดร่มแล้ว หรือวันที่อากาศมืดคลื้ม เพื่อลดอาการช็อคของต้นกล้าให้มากที่สุด วิธีย้ายกล้าที่ถูก ควรให้มีดินติดรากต้นกล้าให้มากที่สุดกันการสูญเสียรากให้น้อยที่สุด กดดินรอบๆต้นกล้าให้แน่น ไม่ควรกดกดที่โคนต้นกล้าหรือตัวต้นกล้า เพาะจะทำให้ช้ำและรากถูกกระทบกระเทือนได้ รดน้ำอย่างนุ่มนวลให้ชุ่ม คลุมฟางหรือหญ้าเพื่อช่วยรักษาความชื้น และประคองต้นกล้าให้ตั้งขึ้น บางครั้งอาจจะช่วยพรางแสงให้ต้นกล้าในระยะแรก เพื่อให้ต้นกล้าตั้งตัวเร็วขึ้น โดยใชกาบกล้วย ใบตอง ครอบกล้าไว้ ควรเก็บกล้าที่เหลือไว้สำรับปลูกซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจแปลงปลูกซ่อม

ภายหลังย้ายปลูกประมาณ 5-10 วัน ควรตรวจแปลงและย้ายปลูกต้นที่มีสภาพแย่ บอบช้ำ หรือตายไปเนื่องจากการย้าย การปลกซ่อมครั้งนี้ควรพิถีพิถันมาก เพราะถ้าต้านกล้าช้ำมากอีกจะทำให้เจริญเติบโตช้ามากยิ่งขึ้นอีก

การปฏิบัติดูแล

การให้ปุ๋ย ปุ๋ยรองพื้น (กก./ไร่)

การรดน้ำ ควรให้น้ำอย่าเพียงพอและสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต เพื่อให้ต้นเจริญเติบโตแข็งแรงและสมบูรณ์ ในระยะช่วงเก็บผลพริก ควรลดการให้น้ำ เพราะถ้าให้น้ำมาก จะทำให้คุณภาพผลผลิตไม่ดี สีของผลพริกไม่สวย อย่าไรก็ตามการให้น้ำยังถือหลักอย่าให้น้ำมากจนเปียกแฉะเกนไป พริกจะเหี่ยวและตายได้และอย่างให้ดินแห้งมาก จะทำให้ชะงักการเจริญเติบโต ควรเตรียมทางระบายน้ำอย่าดีไว้เสมอตลอดฤดูฝน

การปักค้าง ควรปักค้างเสาเดี่ยวให้กับทุกต้น เพื่อให้ต้นต้านทานแรงลมได้ดี

โรคสำคัญ ได้แก่ โรคใบหงิก โรคกุ้งแห้งหรือแอนแทรคโนส โรคใบจุด โรคเหี่ยว โรครากปม โรคผลเน่า

แมลงสำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ ไรขาว แมลงหวี่ขาว

การเก็บเกี่ยว

อายุเก็บเกี่ยวของพริกปกติจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้อายุประมาณ 60 วันขึ้นไปแล้วย้ายปลูกระยะแรกจะให้ผลน้อยและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่จะลดลงอีกครั้งนึงเมื่อต้นเริ่มแก พริกขี้หนูและพริกชี้ฟ้าประมาณ 70-95 วัน ควรเก็บทุก ๆ 7- 10 วัน โดยทั่วไปพริกจะให้ผลผลิตนาน 6-7 เดือน แต่ถ้าหากมีการดูแลรักษาดีจะสามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 1 ปี (เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ (2532) : 340)

2.8 เชื้อที่ใช้ในการทดลอง

2.8.1 เชื้อ (Isolate CH1-7)

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต CH1-7 เจริญได้ดีมากในอาหาร ISP2 สร้างเส้นใยสีม่วงอมแดงสด (Vivid Reddish Purple) สร้างเส้นใยอากาศสีม่วงจาง (Very Pale Purple) และไม่มีการสร้างรงควัตถุละลายน้ำ สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นเกลียวซ้อนทับกัน 1-2 ชั้นอยู่บนเส้นใยอาหารมีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อแอคติโนมัยสีทสกุล *Streptomyces*

2.8.2 (Isolate CH5-5)

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต CH5-5 เจริญได้ดีมากในอาหาร ISP2 สร้างเส้นใยอาหารสีเขียวอมเหลืองสว่าง (Light Yellow Green) สร้างเส้นใยอากาศสีเทาอมฟ้า (Bluish Gray) และไม่มีการสร้างรงควัตถุละลายน้ำ สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นเกลียววงเปิด ติดกับอาหารแน่นบนเส้นใยอาหาร มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อแอคติโนมัยสีทสกุล *Streptomyces*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 เชื้อ (Isolate CH5-8)

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต CH5-8 เจริญได้ดีมากในอาหาร ISP2 สร้างเส้นใยอาหารสีเหลืองอมเขียวอ่อน(Light Greenish Yellow) สร้างเส้นใยอากาศสีเทามะกอกสว่าง(Light Olive Gray) และไม่มีการสร้างรงควัตถุละลายน้ำ สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นสายตรง แตกแขนงอยู่บนเส้นใยอาหาร มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อแอคติโนมัยสีทสกุล *Streptomyces*

2.8.4 เชื้อ (Isolate CH9-7)

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต CH9-7 เจริญได้ดีมากในอาหาร ISP2 สร้างเส้นใยอาหารสีขาวอมเขียว (Green White) สร้างเส้นใยอากาศสีดำอมน้ำตาล (Brownish Black) และไม่มีการสร้างรงควัตถุละลายน้ำ สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นขดเกลียวคล้ายก้นหอย และแตกแขนงบนเส้นใยอาหาร มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อแอคติโนมัยสีทสกุล *Streptomyces*

2.8.5 เชื้อ (Isolate SP2-7)

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SP2-7 เจริญได้ดีมากในอาหาร ISP2 โคโลนีมีลักษณะกลมนูน สร้างเส้นใยอาหารสีชมพูเข้ม (Strong Pink) สร้างเส้นใยอากาศสีขาว (White) และไม่มีการสร้างรงควัตถุละลายน้ำ สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นเส้นตรงแตกแขนง

2.8.6 เชื้อ (Isolate SP2-10)

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SP2-10 เจริญได้ดีมากในอาหาร ISP2 โคโลนีมีลักษณะกลม นูน สร้างเส้นใยอาหารสีเหลืองสด (Brilliant Yellow) สร้างเส้นใยอากาศสีเทาเข้ม (Olive Gray) และไม่มีการสร้างรงควัตถุละลายน้ำ สร้างสปอร์มีลักษณะเป็นเส้นตรงแตกแขนง มีลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อแอคติโนมัยสีทสกุล *Streptomyces*

2.8.7 Isolate RBST2-9

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต RBST2-9 เจริญได้ดีบนอาหาร ISP2 อายุ 14 วัน เส้นใยอาหารสี Light yellow (4.3Y 4.8 6.8) เส้นใยอากาศสี Pinkish white (5.8R 9.0 0.8) และมีรงควัตถุที่ละลายน้ำ สี Pale yellow (4.7Y 9.8 3.8)

2.8.8 Isolate RBST2-54

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต RBST2-54 เจริญได้ดีบนอาหาร ISP2 อายุ 14 วัน เส้นใยอาหารสี Light yellow (4.3Y 4.8 6.8) เส้นใยอากาศสี yellowish white (3.8Y 9.2 1.2) และมีรงควัตถุที่ละลายน้ำ สี Light yellow (4.3Y 8.8 6.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.9 Isolate RBST2-65

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต RBST2-65 เจริญได้ดีบนอาหาร ISP2 อายุ 14 วัน เส้นใยอาหาร สี Strong yellow (3.7Y 7.2 9.3) เส้นใยอากาศสี yellowish white (3.8Y 9.2 1.2) และมีรงควัตถุที่ละลายน้ำ สี Brilliant yellow (4.4Y 8.7 8.9)

2.8.10 Isolate SBST2-5

เชื้อแอคติโนมัยสีทไอโซเลต SBST2-5 เจริญได้ดีบนอาหาร ISP2 อายุ 14 วัน เส้นใยอาหารสี Light yellowish brown (9.5YR 6.5 5.0) เส้นใยอากาศสี Light gray (6.7Y 7.4 0.2) และมีรงควัตถุที่ละลายน้ำ สี Strong yellowish brown (8.8YR 4.6 8.5)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *Streptomyces* sp.

Domenech และคณะ 2005 ผลล่าสุดชี้ให้เห็นว่าการรวมกันของ Plant Growth Promoting Rhizobacterium (PGPR) หลายตัวอาจมีประสิทธิภาพมากกว่าสายพันธุ์เดียวในฐานะผลิตภัณฑ์พืชสวน LS213 เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรวมกันของสอง PGPRs, Bacillus subtilis สายพันธุ์ GB03 (ตัวแทนการส่งเสริมการเจริญเติบโต), *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ IN937a (ตัวเหนี่ยวนำของความต้านทานต่อระบบ) และไคโตซาน เป้าหมายของงานนี้คือการสร้างถ้าการรวมกันของสาม PGPR, *B. licheniformis* CECT 5106, *Pseudomonas* fluorescens CECT 5398 และ Chryseobacterium balustinum CECT 5399 กับ LS213 จะมีการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและ biocontrol ในมะเขือเทศและพริกไทย Rhizoctonia ทำให้หมาด ๆ เมื่อแต่ละ rhizobacterium และ LS213 ถูกนำมารวมกัน, พารามิเตอร์ทางชีวภาพนั้นสูงกว่า rhizobacterium ส่วนบุคคลทั้งในมะเขือเทศและพริกไทย, เผยให้เห็นการเสริมฤทธิ์ร่วมกันในการส่งเสริมการเจริญเติบโต, เป็นการรวมกันที่ดีที่สุดของ *B. licheniformis* และ LS213 เมื่อใช้เชื้อ *P.uorescens* CECT 5398 เพียงอย่างเดียวมันก็ให้ผลที่ดีซึ่งอาจเกิดจากการผลิตไซเดอโรฟอร์โดยสายพันธุ์นี้ ผลการควบคุมด้วย Biocontrol บ่งชี้ว่าการรักษาที่รวม LS213 และแบคทีเรียแต่ละตัว (การรักษา: T7 และ T8) ให้เปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้นของพืชที่มีสุขภาพดีทั้งมะเขือเทศ (T7: 65%) และพริกไทย (T7: 75% และ T8: 70%) กว่า LS213 เพียงอย่างเดียว (45% ของพืชที่ดีต่อสุขภาพสำหรับมะเขือเทศและ 60% สำหรับพริกไทย) สามสัปดาห์หลังจากการโจมตีของเชื้อโรค E-ects ในพริกไทยมีการทำเครื่องหมายมากกว่ามะเขือเทศ การรักษาที่ดีที่สุดใน biocontrol คือการรวมกันของ *P.fluorescens* และ LS213 โดยสรุปการรวมกันของจุลินทรีย์ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอาจเป็นเพราะกลไกที่ใช้

Anith และคณะ 2004 ทำการทดลองในโรงเรือน เพื่อศึกษาผลของไรโซแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (PGPR; *Bacillus pumilus* SE 34, *Pseudomonas putida* 89B61, BioYield และ Equity), acibenzolar-S methyl (Actigard) และการปรับปรุงดินด้วยส่วนผสม SH ของเสียจากอุตสาหกรรมเช่นชานอ้อยแกลบผงหอยนางรมยูเรียโพแทสเซียมไนเตรตแคลเซียมซูเปอร์ฟอสเฟตและเถ้าแร่) ในการเกิดโรคเหี่ยวจากแบคทีเรียที่เกิดจาก *Ralstonia solanacearum* ((race

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1, biovar 1) ในมะเขือเทศที่ไวต่อแสง ชุด) ในการทดลองกับ PGPR นั้น *Pseudomonas putida* 89B61 ช่วยลดการเกิดโรคเหี่ยวของแบคทีเรียได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อนำไปใช้กับการปลูกถ่ายในช่วงเวลาของการเพาะและ 1 สัปดาห์ก่อน inoculation ด้วย *Ralstonia solanacearum* BioYield สูตร PGPR ที่บรรจุเชื้อ Bacillus สองสายพันธุ์ลดการเกิดโรคลงอย่างมากในการทดลองสามครั้ง ความเท่าเทียมซึ่งเป็นสูตรที่ประกอบด้วยสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่แตกต่างกันมากกว่า 40 สายพันธุ์ไม่ได้ลดอัตราการเกิดเหี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมที่ไม่ได้ใส่เชื้อ เมื่อใช้หัวเชื้อที่ความหนาแน่นของเชื้อโรคต่ำที่ 1×10^5 และ 1×10^6 CFU / มล. อัตราการเกิดโรคของพืชที่ได้รับการรักษาด้วย Actigard นั้นมีค่าน้อยกว่าพืชที่ไม่ได้รับการรักษาอย่างมีนัยสำคัญ

Than และคณะ 2008 โรคแอนแทรคโนสเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญทางเศรษฐกิจของการผลิตพริกทั่วโลกโดยเฉพาะในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ข้อมูลอนุกรมวิธานที่ถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจัดการควบคุมโรคที่ให้มีประสิทธิภาพ ระบุว่า *Colletotrichum patho*-system สปีชีส์ *Colletotrichum* ต่างกัน สามารถก่อโรค anthracnose ของโฮสต์เดียวกัน ได้รับรายงานว่าเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของพริกทั่วโลก สถานะทางอนุกรมวิธานที่ไม่ชัดเจนของสปีชีส์ Colletotrichum ส่งผลให้เกิดการระบุที่ไม่ถูกต้องซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในทางปฏิบัติในการปรับปรุงพันธุ์พืชและการจัดการโรค แม้ว่าการจัดการและการควบคุมโรคแอนแทรคโนสยังคงมีการวิจัยอย่างกว้างขวาง แต่สายพันธุ์เชิงพาณิชย์ของพริกสายพันธุ์ที่ทนต่อเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกยังไม่ได้รับการพัฒนา บทความนี้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของพริก, วัฏจักรของโรค, วิธีการทั่วไปในการระบุเชื้อโรคและวิธีการทางโมเลกุลที่ใช้ในการจำแนกชนิด *Colletotrichum* การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิกำเนิดและโครงสร้างประชากรของตัวแทนสาเหตุของ anthracnose พริกพร้อมกับสถานะทางอนุกรมวิธานปัจจุบันของสายพันธุ์ *Colletotrichum* แนะนำการพัฒนาในอนาคตที่นำไปสู่กลยุทธ์การจัดการโรค

Gopalakrishnan และคณะ (2011) วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือการแยกแอคติโนมัยซีท เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตในถั่วชิคพี คัดเลือกเชื้อ แอคติโนมัยซีท 89 เชื้อ นำมาทดสอบ Antagonism (สภาวะการอยู่ร่วมกัน) กับเชื้อราที่ก่อโรคในถั่วชิคพีโดยใช้วิธี dual culture technique และ metabolite pro-duction assays เชื้อแอคติโนมัยซีท 4 ชนิดที่มีหวังมากที่สุด เนื่องจากการทดสอบผลทางสรีรวิทยาและด้านการส่งเสริมการเจริญของพืช ภายใต้ห้องปฏิบัติการและทำในหลอดทดลอง ทุกสายพันธุ์มีการเติบโตที่ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 20 ° C ถึง 40 ° C ช่วง pH 7-11 และความเข้มข้นของ NaCl 8% เมื่อ แอคติโนมัยซีท 4 ชนิด ได้รับการทดสอบสำหรับคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อถั่วชิกพี มีผลผลิตและน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้น มีการปรับปรุง แอคติโนมัยซีท โดยทำให้ปริมาณรวม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและสารอินทรีย์คาร์บอนมีการใช้ประโยชน์มากขึ้น ควบคุมโดยไม่มีการเลี้ยงเชื้อ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็คตรอนดูโคโลนี แอคติโนมัยซีทบนรากของถั่วชิคพี การแสดงออกของกรดอินโดลแอซีติก สารไซโฟเดอโรและ β -1,3-glucanase ยีน exhibited up-regulation คุณสมบัติทั้งหมดมีในสี่สายพันธุ์ เชื้อแอคติโนมัยซีท ที่แยกได้คือเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Streptomyces แต่มีสายพันธุ์ที่ต่างกันในการวิเคราะห์ 16S rDNA สรุปได้ว่า แอคติโนมัยซีท ที่ได้รับการคัดเลือกมีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ดีและมีศักยภาพในการควบคุมโรคในถั่วชิคพี

Amaresan และคณะ (2013) เพื่ออธิบายความหลากหลายทางชีวภาพของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (PGP) ในบริเวณภูเขาไฟของ Barren Island ประเทศอินเดียมีแบคทีเรียทั้งหมด 102 ตัวที่ถูกแยกออกมา ผลการวิจัยพบว่า 21 ไอโซเลท (20.6%) รอดชีวิตจากความร้อนที่อุณหภูมิ 72 ° C และไอโซเลต 11 ไอโซเลต (11.8%) สามารถเติบโตได้ 25% NaCl (w / v) ในการทดสอบคุณสมบัติของ PGP พบว่า 59 (57.8%) ไอโซเลตแสดงกรดอินโดล (IAA) เช่นเดียวกับการผลิตสาร 57 ไอโซเลต (55.9%) ผลิต siderophore และ 34 (33.3%) ละลายฟอสเฟตอนินทรีย์ในเชิงคุณภาพ ในขณะที่การผลิตเอนไซม์นอกเซลล์ 42 ไอโซเลท (41.2%) ผลิตโปรตีเอสและอะไมเลส, 26 (25.5%) ผลิตไลเปส, และ 24 (23.5%) ผลิตเซลลูเลส ในกิจกรรมการเป็นปรปักษ์พบ 30 ไอติม (29.4%) พบว่าเป็นปฏิปักษ์ต่อ *Macrophomina* sp., 20 ไอโซ (19.6%) ต่อ *Rhizoctonia solani* และ 15 ไอโซ (14.7%) ต่อ *Sclerotium rolfsii* ผลจากการจัดลำดับยีน 16 rRNA พบว่าแบคทีเรีย PGP นั้นมี 22 ชนิดที่แตกต่างกันซึ่งประกอบด้วย 13 สกุล ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติมัลติฟังก์ชั่นเก้าสายพันธุ์ได้รับการคัดเลือกเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบ PGP ในเมล็ด brinjal และพริก จากการทดสอบแบคทีเรียไอโซเลท BAN87 พบว่ารากและความยาวหน่อของทั้งสองพืชเพิ่มขึ้นตามด้วยการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช BAN86 และ BAN43 ผลของการวิจัยนี้พิสูจน์ให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ได้จริงของ PGPB ในการผลิตพืชในดินเค็มและสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง

Amaresan และคณะ 2010 แบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช มักมีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาครั้งนี้เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของสารเอนโดไฟต์จาก 8 isolate บนผิวของเมล็ดของมะเขือเทศและพริกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยมีสอง isolate คือแกรมลบและอีกหก isolate แกรมเป็นบวก ทุกไอโซเลตสามารถเติบโตได้สูงถึง NaCl 6% ส่วนไอโซเลต BETL13 เติบโตได้สูงถึง 12% NaCl เชื้อที่แยกได้ถูกระบุโดยใช้ระบบการจำแนกจุลินทรีย์ (Biolog) ในแปดไอโซเลท พบว่าเป็นสกุล *Bacillus* 6 ไอโซเลต และอีกสองชนิดคือ *Serratia* ในการวิเคราะห์ลำดับยีน 16S rRNA บางส่วนของ BECS7, BETS14 มีความคล้ายคลึงกัน 99% และ 98% กับ *Bacillus* sp. BETS11 มีความคล้ายคลึงกับ Bacillus subtilis 97% และ BECS1 มีความคล้ายคลึงกันกับ *Arthrobacter* sp 98% การทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าทั้งแปดไอโซเลตมีฤทธิ์ต่อต้าน *Sclerotium rolfsii, Fusarium oxysporum, Colletotrichum capsici* และ *Pythium* sp. นอกจากนี้ยังพบเอ็นโดไฟต์ที่ ผลิตกรดอินโดล ไซเดอโรฟอร์ และสี่ไอโซเลตที่สร้างสารย่อยสลายฟอสเฟตอนินทรีย์ได้.มีคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้นแสดงให้เห็นผ่านการทดสอบทางชีวภาพโดยใช้พริกและมะเขือเทศภายใต้สภาวะโรงเรือนกระจก แยก BETL13, BETL9, BECS1, BECL8 และ BECS7 แสดงการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในแง่ของ

Patel และคณะ 2017 การค้นหาแบคทีเรียทนแล้งที่มีประสิทธิภาพจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้สำรวจอยู่ทั่วโลกเพื่อบรรเทาผลกระทบเชิงลบในการเจริญเติบโตของพืช มีแบคทีเรีย 67 ตัวที่แยกได้จากดิน Commiphora wightii rhizosphere ที่เก็บรวบรวมในพื้นที่ทะเลทราย การตรวจคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองความทนทานต่อความเข้มข้นของเกลือพบว่าไอโซเลต 29 พบ (43.0%) สามารถเจริญเติบโตได้ในที่ที่มี 15 กรัม NaCl (w / v), 40 (58.20%) ไอโซเลตสามารถแสดงความสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงถึง 70 ° C และ 32 (47.8) พบว่าไอโซเลตที่ทนต่อความเข้มข้นโพลีเอทิลีนไกลคอลมากที่สุดคือ 13 กรัม / 100 มิลลิลิตร ชุดย่อยของ 10 สายพันธุ์ถูกระบุตามลำดับยีน 16 S rRNA และเป็นของสี่จำพวก (*Bacillus* spp, *Alcaligenes* spp, *Proteus* sp. และ *Aneurinibacillus aneurinilyticus*) สายพันธุ์ทั้งหมดสามารถผลิต siderophore และแสดงให้เห็นว่าการผลิตกรดอินโดล -3- อะซิติกอยู่ในช่วงตั้งแต่ 120 ถึง 520 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ประเมินความต้านทานแล้งของเมล็ดพริกในดินหม้อที่เติม NaCl 50 mM พบว่าไอโซเลตมี 23.3-114.6% และความยาวรากที่สูงกว่าและความยาวหน่อ 44.2–125.9% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลการศึกษาของเราแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียทนแล้งที่แยกได้จาก rhizosphere ของ *C. wightii* ที่ปลูกบนพื้นที่ทะเลทรายสามารถนำมาใช้เพื่อบรรเทาความเครียดความเค็มในพืช

Shia และคณะ (2018) การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เป็น Biocontrol แทนการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรคพืช ในที่นี้ใช้เชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces roseoflavus* สายพันธุ์ NKZ-259 ที่แยกได้จากตัวอย่างดินที่ได้จากภูเขา Qilian, Qinghai โดยใช้วิธีการ dilution plate method และ streak plate technique ถูกระบุว่าเชื้อ *Streptomyces roseoflavus* สายพันธุ์ NKZ-259 โดยใช้ลำดับเบส 16S rDNA มีฤทธิ์ต้านการติดเชื้อรา 6 ชนิดได้ดี จากการทดลองพบว่าการใช้น้ำหมักของ NKZ-259 ช่วยลดการเกิดราสีเทาในมะเขือเทศลงถึง 66.67% พร้อมทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศและพริก ให้ต้นสูงขึ้น เพิ่มความยาวราก และมีน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces roseoflavus* สายพันธุ์ NKZ-259 ยังผลิตสารIndole-3- Acetic Acid (IAA) โดยใช้วิธีการของ Salkowski's reagent ซึ่งมีผลต่อของการเจริญเติบโตของพืช จากผลการทดลอง *S. roseoflavus* สายพันธุ์ NKZ-259 ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพหรือตัวควบคุมทางชีวภาพ ซึ่งมีศักยภาพในเชิงพาณิชย์หรือทางการค้า

Patel และคณะ (2018) ทำการแยกเชื้อ *Streptomyces* ssp. จากต้นข้าวฟ่าง แล้วเลือกโคโลนีที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญและยับยั้งรา่อโรคในพืช 3 ชนิด ทำการทดสอบการยังยั้งราก่อโรคในข้าวด้วยวิธี dual culture พบว่าสามรถยับยั้งรา *Magnaporthe oryzae* B157 และป้องกันการเกิดโรคจากรา *Rhizoctonia solani* นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มน้ำหนักให้กับรากและหน่อของหน่อไม้

Singh และคณะ(2019) ทำการแยกเชื้อ *Streptomyces* จากข้าวสาลีเน่าและเชื้อที่ได้มีการส่งเสริมการเจริญในพืชสูงแยกจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promotion,PGP) รวมถึงยับยั้งศัตรูพืชกับเชื้อก่อโรค ออกจากขยะทางการเกษตรที่เน่าเสีย การศึกษาในครั้งนี้ได้ดำเนินการตรวจสอบ actinobacteria ที่แยกได้จากฟางข้าวสาลีที่เน่าเสียที่มีคุณลักษณะของ PGP และยับยั้งศัตรูพืช คัดเลือกเชื้อในทุกไอโซเลทพบว่าเชื้อสามสายพันธุ์ (UU07, UU11 และ UU15) พบว่ามีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (PGP) ลักษณะ (IAA, siderophore, ละลายฟอสเฟต, HCN, แอมโมเนียและ AAC deaminase) จากการวิเคราะห์ 16S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rRNA พบว่าไอโซเลท *Streptomyces rochei* UU07, *Streptomyces vinaceusdrappus* UU11 และ *Streptomyces* sp. UU15

สายพันธุ์ UU07 มีความอดทน 6.0% ต่อเกลือ ในขณะที่ UU11 และ UU15 มีความทนทานต่อเกลือและค่า pH ปานกลาง เติบโตได้ดีที่ pH 4.5 ถึง 9.4 เติบโตได้ดีที่ 28 ° C แต่ไม่สามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 ° C การทดสอบต้นกล้าและการทดสอบการเป็นปรปักษ์ของเชื้อ *S. rochei* UU07 พบว่าเป็นหนึ่งในสายพันธุ์ที่สร้าง PGP ที่ดีที่สุดและเป็นปฏิปักษ์ที่มีศักยภาพสำหรับเชื้อ *Rhizoctonia solani* ผลลัพธ์เหล่านี้ยืนยันว่าฟางข้าวสาลีที่เน่าเสียสามารถใช้เป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการแยกแอคติโนแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติของ PGP ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็น consortia สำหรับการทำปุ๋ยหมักขยะเกษตรที่แตกต่างกันและเพิ่มการผลิตพืช

Dharne และคณะ (2019) การเพาะเชื้อของเชื้อ actinomycetes ไอโซเลตที่พัฒนาขึ้นใหม่จำนวน 0.1 มิลลิลิตรในน้ำหมักที่มีธาตุอาหาร ถูกฉีดเข้าไปในหลอดทดลองที่มีน้ำหมักที่มีสารอาหารอยู่โดยใช้ปิเปตขนาดเล็ก วัดความหนาแน่นของแสง (OD) ด้วยคัลเลอริมิเตอร์ที่สเปกตรัมแสง 600 nm ซึ่งถือว่าเป็นความหนาแน่นเริ่มต้นหรือความหนาแน่นควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 4 ° C, 25 ° C, 30 ° C, 37 ° C, 40 ° C, 45 ° C และ 50 ° C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงใน water batch หลังจาก 48 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร แต่ละการทดลองจะทำซ้ำสามครั้ง OD เริ่มต้นจะถูกลบจากนั้นหลังจาก 48 ชั่วโมง. นำน้ำหมักที่ได้มาทดสอบการทนต่อสภาวะที่ pH แตกต่างกัน ต่อการเจริญเติบโตของแอคติโนมัยซีสแต่ละไอโซเลท ค่า pH ต่างๆที่ใช้คือ 4.0, 5.0, 5.5, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 9.0, 10 และ 11 ปรับด้วย 1N HCl และ 1N KOH ตามความต้องการ เติมเชื้อลงไปหลอดละ 0.1 มิลลิลิตร ในแต่ละหลอดโดยใช้ไมโครปิเปต บันทึกค่าการดูดกลืนแสงเบื้องต้น บ่มที่อุณหภูมิ 35 ° C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และสังเกตุการเจริญเติบโตโดยวัดจากความหนาแน่นของแสง ทั้งสามหลอดถูกนำไปบ่มในแต่ละ pH. ทดสอบน้ำหมักเชื้อในหลอดทดลองที่มีความเข้มข้น NaCl 0%, 0.5%, 0.75%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%, 3.5%, 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% เตรียม 6.5%, 7.0%, 7.5%, 8.0%, 8.5% และ 9.0% ใช้การทำซ้ำสามครั้งในแต่ละการรักษา หลังจากการฉีดวัคซีนด้วยการเพาะเมล็ดแล้วตรวจพบการเติบโตเริ่มต้นโดยการวัดความหนาแน่นของแสงที่ 600nm จากนั้นทำการบ่ม 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

1.	ตู้บ่มเชื้อ (incubator)	รุ่น BE600 บริษัท Memmert, Germany
2.	หม้อนึ่งความดันไอ (autoclave)	HI RAYAMA รุ่น KI CLAVE, Japan
3.	กล้องจุลทรรศน์	บริษัท Olympus, Japan
4.	ตู้ปลอดเชื้อ (laminar air flow)	รุ่น ABS1200 บริษัท ซายน์เทค จำกัด
5.	เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง	รุ่น BA 610 บริษัท Sartorius,Germany
6.	เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	EUTECH INSTRUMENT P4510, USA
7.	อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)	บริษัท Memmert, Germany
8.	ตู้อบฆ่าเชื้อ 180 องศาเซลเซียส	รุ่น LUE 660 บริษัท Memmert, Germany
9.	เครื่องแก้วต่างๆ	
10.	เครื่องเขย่า (shaker)	บริษัท FIRSTEK SCIENTIFIC, ORBITAL SHAKER OSI-501

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Yeast extract-malt extract broth
2. Soil extract agar (สูตรดัดแปลง, A9)

3.3 สารเคมี

1. สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract)
2. สารสกัดจากมอลต์ (malt extract)
3. เด็กซ์โตส (dextrose)
4. Glucose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO4 \cdot 7H2O$)

6. แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl2 \cdot 2H2O$)

7. แคลเซียมไนเตรท ($Ca(NO3)2 \cdot 4H2O$)

8. แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($CaSO4 \cdot 2H2O$)

9. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($KH2PO4$)

10. โพแทสเซียมซัลฟอสเฟต ($K2SO4$)

11. โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$)

12. วุ้น (agar)

13. ทวีน 80 (tween 80 ,0.1%)

14. ไดโพแทสเซียมฟอตเฟส ($KH2PO4$)

15. sodium bicarbonate ($NaHCO3$)

16. น้ำกลั่น (demineralized water)

17. ไฮโดรคลอริก (HCl)

18. Casamino acid

19. Soil extract

20. Trace element mix 1

21. Supplement 1

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้น

แอคติเวตเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต บนอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2 และตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้นของเชื้อ (Validation) จากนั้นวัดการเจริญที่ 3, 5 และ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ศึกษาการอยู่ร่วมกันได้ของเชื้อ โดยวิธี Antagonistic testing

เพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยซีททั้ง 10 ไอโซเลตในขวดรูปชมพู่ขนาด ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) ในขวดรูปชมพู่ขนาด (erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวดที่มีอาหารเหลวยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) ปลอดเชื้อความเป็นกรด่าง (pH) 7.2 จากนั้นบ่มไว้ในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 7 วันนำเชื้อแอคติโนมัยสีทมาทดสอบด้วยวิธีการ Cross streak method (Dual culture on ISP2 agar) โดยเริ่มจากนำ ใช้ ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) เขี่ยไอโซเลต SP2-10 ที่เลี้ยงในขวดรูปชมพู่ 7 วันมาขีดบนอาหาร ISP2 จากนั้นจึงขีดเชื้อแอคติโนมัยสีทที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ ไอโซเลต CH5-5, SP2-7, CH5-8, CH1-7, CH9-7, RBST2-65, SBST2-5, RBST2-54 และ RBST2-9 โดยขีดในแนวตั้งฉากกับ ไอโซเลต SP2-10 แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และไอโซเลตอื่นๆก็ทำเช่นเดียวกัน จากนั้นตรวจดูบริเวณยับยั้งที่เกิดขึ้น (Inhibition zone) เทียบกับ control plate ซึ่งเป็น อาหาร ISP2 ที่ขีดเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบไว้

3.4.3 ศึกษาภาวะทนได้ของเชื้อในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน

3.4.3.1 Salt tolerance

เพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยซีททั้ง 10 ไอโซเลตในขวดรูปชมพู่ขนาด ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) ในขวดรูปชมพู่ขนาด (erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวดที่มีอาหารเหลวยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) จากนั้นบ่มไว้ในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 7 วันใช้ ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop ปลอดเชื้อ) แตะน้ำหมักเชื้อ (1 loop full) มา (sample streak) ลงบนอาหารแข็งยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) ที่มีการผสมเกลือความเข้มข้น เท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 และ 15% (w/v) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นตรวจผลการเจริญของเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต

3.4.3.2 Thermo tolerance

เพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยซีททั้ง 10 ไอโซเลตในขวดรูปชมพู่ขนาด ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) ในขวดรูปชมพู่ขนาด (erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวดที่มีอาหารเหลวยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) จากนั้นบ่มไว้ในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 7 วันใช้ปิเปตปลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อดูดน้ำหมักเชื้อ มาอย่างละ 10 mlมิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 4, 20, 25, 37, 40, 45, 47, 55, 60, 65, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นดูดตัวอย่างออกมาหลอดละ 0.1 มิลลิลิตร นำมา spread ลงบนอาหารแข็ง ยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) และบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นตรวจผลการเจริญของเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต

3.4.3.3 pH tolerance

เพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยซีททั้ง 10 ไอโซเลตในขวดรูปชมพู่ขนาด ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) ในขวดรูปชมพู่ขนาด(erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวดที่มีอาหารเหลวยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) จากนั้นบ่มไว้ในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 7 วันใช้ ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop ปลอดเชื้อ) แตะน้ำหมักเชื้อ (1 loop full) มา (sample streak) ลงบนอาหารแข็งยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่างๆ กัน คือ 4.0, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0 และ 13.0 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นตรวจผลการเจริญของเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต

3.4.3.4 Osmotic resistance (Polyethylene glycol tolerance)

เพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยซีททั้ง 10 ไอโซเลตในขวดรูปชมพู่ขนาด ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) ในขวดรูปชมพู่ขนาด (erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวดที่มีอาหารเหลวยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) จากนั้นบ่มไว้ในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 7 วันใช้ ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop ปลอดเชื้อ) แตะน้ำหมักเชื้อ (1 loop full) มา streak ลงบนอาหารแข็งยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) ที่มีความเข้มข้นของ (Polyethylene glycol PEG 6000) คือเท่ากับ 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,และ 10 (w/v) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นตรวจผลการเจริญของเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต

3.4.5. การศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืช โดยใช้สารละลายสปอร์ของเชื้อ

3.4.5.1 เมล็ดพริก (*Capsicum* sp.)

การเตรียมเมล็ด ใช้เมล็ดพริกขี้หนู พันธุ์จินดา โดยนำเมล็ดมาทำความสะอาดแล้วฆ่าเชื้อเมล็ดพริกโดยการเขย่าในขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตรที่มี ethanol 70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นนำเมล็ดพริกมาเขย่าต่อในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไลด์ (sodium hypochlorite) 2% เป็นเวลา 2 นาที แล้วสุดท้ายล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 10 ครั้ง และรอให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ

การเตรียมเชื้อ เลี้ยงแอคติโนมัยสีททั้ง 10 ไอโซเลต ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) บนอาหารสูตรดัดแปลง Soil extract agar (A9) เป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อครบ 14 วัน จากนั้นเก็บเชื้อโดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (looploop) ขูดเอาสปอร์ขึ้นมาใส่ในขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตรที่มี ทวีน (tween 80 0.1%) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

นำส่วนสารละลายสปอร์ของเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต เขย่ากับเมล็ดพริก เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพริกเข้าไปทำให้แห้งในอากาศโดยการวางในตู้ปลอดเชื้อ ทดสอบการงอกของเมล็ดโดยใช้เทคนิค Paper-based technique โดยใช้เป็นแบบ between paper (BP) ด้วยการใช้กระดาษทิชชู่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแผ่นใหญ่วางในตู้ปลอดเชื้อ และฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อพอให้ชุ่ม จากนั้นวางเมล็ดพริกลงบนกระดาษ ใช้กระดาษทิชชู่อีกแผ่นวางซ้อนทับด้านบนและฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้ออีกครั้ง ทำการม้วนแล้วนำไปเก็บในถุง (Zip lock) ปิดให้แน่น แล้วนำไปวางที่อุณหภูมิ 25 องศา และใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นการทดลองควบคุม เมื่อครบ 7 วัน ตรวจผลโดยดูการงอก (งอกปกติ, งอกผิดปกติ), ไม่งอก, ความยาวราก เพื่อนำไปคำนวณค่าทางสถิติต่อไป

3.4.6 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ชนิดผงจากแอคติโนมัยสีท

การเตรียมอาหารแข็ง (Solid-State Fermentation, SSF)

การเตรียมอาหารแข็ง (Solid-State Fermentation , SSF) ซับสเตรตที่ใช้ คือข้าวฟ่างแดง โดยนำข้าวฟ่างแดงแช่น้ำ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นต้มให้เดือดและตากให้แห้ง 15-20 นาที ชั่งข้าวฟ่างแดงที่แห้ง 100 กรัมต่อขวด กรอกลงในขวดแก้ว ขนาด 325 มิลลิลตร ชั่งรำหยาบ 10 กรัมต่อขวด ตามด้วย ดินหมักชีวภาพ 2.5 กรัมต่อขวดและสุดท้าย ชั่ง (supplement 1) 0.3 กรัม ปิดปากขวดด้วยสำลี และฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 20 นาที

การเตรียมเชื้อ

เลี้ยงแอคติโนมัยสีททั้ง 10 ไอโซเลต ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH1-7), (CH9-7), (SP2-10), (SP2-7), (RBST2-65), (RBST2-54) (RBST2-9) และ (SBST2-5) บนอาหารสูตรดัดแปลง Soil extract agar (A9) เป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อครบ 14 วัน จากนั้นเก็บเชื้อโดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (Looploop) ขูดเอาสปอร์ขึ้นมาใส่ในหลอด (test tube) ที่มี ทวีน 80 (tween 80 0.1%) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จากนั้นทำการนับจำนวนสปอร์ของแอคติโนทั้ง 10 ไอโซเลต โดยใช้ hemacytometer ขนาด 0.02 มิลลิลตร และทำการปรับปริมาณเซลล์ของเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตให้มีจำนวนเซลล์โดยประมาณเท่ากับ 1×10^{7} ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยสีท

ทำการถ่ายเชื้อแอคติโนมัยสีททั้ง 10 ไอโซเลตที่มีปริมาณเซลล์โดยประมาณเท่ากับ 1×10^{7} ซี เอฟยูต่อมิลลิลิตร ลงในขวดอาหารแข็ง (Solid-State Fermentation , SSF) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเขย่าขวดทุกๆ 3 วัน จนครบ 14

การวัดผลการเจริญเติบโตในขวด

ชั่งตัวอย่างข้าวฟ่าง ทั้ง 10 ไอโซเลตที่อยู่ใน ขวดมา 10 กรัม ในตู้ปลอดเชื้อ ใส่ลงในถุงพลาสติกขนาด 6x9 นิ้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นทำการบดตัวอย่างข้าวฟ่างให้ละเอียด เติมทวีน 80 (tween 80 0.1%) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ลงในถุงข้าวฟ่างที่บดละเอียด ทำการเจือจางเป็นลำดับ (1:10) นำเชื้อที่เจือจางแล้วในลำดับที่ 10^{-5}-10^{-7} colony-forming units /milliliter (CFU/ml) มาทดสอบหาเชื้อแอคติโนที่มีชีวิต ด้วยวิธี Spread plate ใช้ออโต้ปิเปต (autopipet) ดูดเชื้อที่ผ่านการเจือจางแต่ละความเข้มข้น มา 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหาร ยีสต์สกัดและมอลต์สกัด (yeast extract-malt extract broth, ISP2) เกลี่ยให้ทั่วหน้าอาหารแล้ว บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน

การผสมเชื้อตั้งต้นกับสื่อที่ใช้ผสม

ชั่งดินสื่อ 500 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกจำนวน 10 ถุง ขนาด14x22 นิ้ว ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 20 นาที ถ่ายอาหารแข็ง (Solid-State Fermentation , SSF) ที่มีแอคติโนมัยสีทเจริญอยู่ ปริมาณ 100 กรัม ลงถุงพลาสติกปลอดเชื้อ ขนาด 14x22 นิ้ว บดข้าวฟ่างที่มีเชื้อแอคติโนมัยสีทที่เจริญอยู่ ด้วยไม้นวดแป้งให้ละเอียดค่อยๆเติมทวีน 80 (tween 80 ,0.1%) ปลอดเชื้อ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เทส่วนใสลงในดินสื่อที่ปลอดเชื้อ ผสมให้เข้ากัน และนำไปแผ่บนถุงพลาสติกที่เช็ดฆ่าเชื้อด้วย แอลกอฮอล์ 70% พลิกดินที่แผ่ไว้ทุกๆ 24 ชั่วโมง จนครบ 72 ชั่ว ตรวจวัดปริมาณความชื้นไม่เกิน 10 %

การผลิตสูตรเชื้อและการบรรจุซอง

ไอโซเลตที่ใช้ในการผลิตสูตร ได้แก่ (CH5-5), (CH5-8), (CH9-7), (RBST2-65), (RBST2-54) และ (SBST2-5) ชั่งปริมาณแอคติโนที่ผสมในดินให้ได้เท่ากัน ในอัตราส่วน 1:1:1 ของแต่ละสูตร ใส่ลงในถุงพลาสติที่ปลอดเชื้อขนาด 14x22 นิ้ว ผสมให้เข้ากัน แบ่งใส่ในถุงฟอยด์ ขนาด 6x9 นิ้วปริมาณ 100 รัมและซีลถุงด้วยความร้อน

3.4.7 การทดสอบผลของการส่งเสริมการเจริญในโรงเรือน

3.4.7.1 การเพาะต้นกล้าพริก (*Capsicum* sp.)

ใช้ดินพีชมอสในการเพาะโดยใส่พีชมอสลงในถาดเพาะต้นกล้าขนาด 104 หลุม ใส่เมล็ดพริก 3-4 เมล็ดต่อหลุมโดยเพาะกล้าเป็นเวลา 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7.2 การย้ายต้นกล้าพริกลงกระถาง

เมื่อครบ 14 วัน เลือกต้นกล้าพริก ที่มีจำนวนใบ 4 ใบ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมในการย้ายกล้า ควรย้ายกล้าในตอนเย็นหรือช่วงบ่ายมากๆ แดดร่มแล้ว หรือวันที่อากาศมืดครึ้ม เพื่อลดอาการช็อคของต้นกล้าให้มากที่สุด วิธีย้ายกล้าที่ถูก ควรให้มีดินติดรากต้นกล้าให้มากที่สุดกันการสูญเสียรากให้น้อยที่สุด กดดินรอบๆต้นกล้าให้แน่น ไม่ควรกดที่โคนต้นกล้าหรือตัวต้นกล้า เพราะจะทำให้ช้ำและรากถูกกระทบกระเทือนได้ รดน้ำอย่างนุ่มนวลให้ชุ่ม

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้โปแรแกรม IBM SPSS Statistics version 24.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาการอยู่ด้วยกันได้ของเชื้อ โดยวิธี Antagonistic testing

จากการทดลองพบว่า ไอโซเลต SP2-10 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต CH5-5 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต SP2-10,SP2-7,CH5-8,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต SP2-7 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-10,CH5-8,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต CH5-8 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-10,SP2-7,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต CH1-7 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต SP2-10,CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต CH9-7 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH1-7,SP2-10,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต RBST2-65 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH1-7,CH9-7,SP2-10,SBST2-5,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต SBST2-5 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SP2-10,RBST2-54,RBST2-9., ไอโซเลต RBST2-54 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,SP2-10,RBST2-9 และ ไอโซเลต RBST2-9 สามารถเจริญได้ร่วมกับเชื้อไอโซเลต CH5-5,SP2-7,CH5-8,CH1-7,CH9-7,RBST2-65,SBST2-5,RBST2-54,SP2-10. จากผลการทดลองพบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญร่วมกันได้ในอาหาร ISP2 ซึ่งพบว่าเป็นผลการทดลองที่ดีเนื่องจากมีงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ ได้มีการทดลองก่อนหน้า ทำการทดลองนำเชื้อแบคทีเรียมาหลายสายพันธุ์มาทดลองกับต้นพริก โดยเทียบกับการใช้เชื้อจุลินทรีย์แค่เพียงตัวใดตัวหนึ่ง ผลการทดลองพบว่าเชื้อแบคทีเรียหลายสายพันธุ์ที่สร้างสารส่งเสริมการเจริญของพืชได้มาผสมกันอาจมีประสิทธิภาพมากกว่าสายพันธุ์เดียว การที่เรานำไอโซเลตที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในแต่ละด้านมาร่วมกันในผลิตภัณฑ์แอคติโนโปรดัคจึงสามารถทำได้ (Domenech *et al*.,2005) เชื้อที่นำมาใช้ในการทดลองคือเชื้อในกลุ่มแอคติโนมัยสีทและมีงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้กล่าวว่าเชื้อในสกุลนี้หลายตัวสามารถสร้างสารทุติยภูมิ ที่สามารถส่งเสริมการเจริญของต้นมะเขือเทศกับพริกไทย นอกจากนั้นยังสามารถลดการเกิดโรคจากราสีเทาบนใบมะเขือเทศได้อีกด้วย (Shia *et al*.,2018) แต่ยังมีสารทุติยภูมิบางตัวที่เชื้อสร้างไปมีผลในการยังยั้งเชื้อรา แบคทีเรียและแอคติโนมันสีท (Guo *et al*.,2003) ดังนั้นเราจึงต้องมีการทดสอบความสามารถในการอยู่ร่วมกันได้ของเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการอยู่ด้วยกันได้ของเชื้อแอคติโนมัยสีท 10 ไอโซเลต

เชื้อ	SP2-10		CH5-5		SP2-7		CH5-8		CH1-7		CH9-7		RBST2-65		SBST2-5		RBST2-54		RBST2-9	
	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1
SP2-10			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH5-5	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SP2-7	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH5-8	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH1-7	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH9-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
RBST2-65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+
SBST2-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+
RBST2-54	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
RBST2-9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

หมายเหตุ : + = สามารถเจริญร่วมกันได้

- = ไม่สามารถเจริญร่วมกันได้

4.2 ศึกษาภาวะทนได้ของเชื้อในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน

4.2.1 การทนเกลือ (Salt tolerance)

เพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว ISP2 โดยการเขย่า 180 rpm เป็นเวลา 7 วัน ที่ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้ loop แตะเชื้อ (1 loop full) มา streak ลงบนอาหาร ISP2 ที่ความเข้มข้นของเกลือต่างๆกัน คือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 และ 15% (w/v) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจผลการเจริญ โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากการทดลองที่ได้พบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญได้เมื่อผ่านอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง คือ ไอโซเลต SP2-10 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-6 %, ไอโซเลต CH5-5 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-7 %, ไอโซเลต SP2-7 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-3 %, ไอโซเลต CH5-8 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-6 %, ไอโซเลต CH1-7 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-5 %, ไอโซเลต CH9-7 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-7 %, ไอโซเลต RBST2-65 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-8 %, ไอโซเลต SBST2-5 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-7 %, ไอโซเลต RBST2-54 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-7 % และ ไอโซเลต RBST2-9 สามารถเจริญได้ในเกลือความเข้มข้น 1-6 % ความสามารถของแต่ละไอโซเลทในการทนต่อความเข้มข้นของ NaClจนถึงระดับที่ความเข้มข้นของ NaCl สูงมากมันเป็นเครื่องพิสูจน์ว่าในแต่ละไอโซเลตเป็นสายพันธุ์ฮาโลทอเรอแลน (halotolerant) อย่างไรก็ตามในกรณีของ SP2-7 ที่ทนความเข้มข้นต่ำกว่าออกแรงกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ถึง 3 % NaCl และหลังจากนั้นไม่พบการเจริญเติบโต JUBM-35-NS-2 จึงไม่ใช่สายพันธุ์ฮาโลทีโอแลนท์แม้ว่าการเติบโตสูงสุดจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือต่ำ (Tresner *et al*.,1968) ผลของความสามารถในการทนทางเคมีกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ได้แก่ pH, อุณหภูมิ, และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ Streptomyces ที่แยกได้จากอินเดียแสดงการเติบโตของ Optima ที่ 45 ° C, pH 7.0 ด้วยความล้มเหลว Streptomyces จากมาเลเซียพบว่ามีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 37 องศาเซลเซียสที่ pH 7.0 ด้วย NaCl เข้มข้น 3.0% โดยทั้งสามสายพันธุ์ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีไกล้เคียงกับไอโซเลต SP2-7 (Hamid *et al*., 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.2 แสดงผลการทนต่อสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือ 1-15 เปอร์เซ็นต์ ของเชื้อแอคติโนมัยสีท10 ไอโซเลต

	1%		2%		3%		4%		5%		6%		7%		8%		9%		10%		11%		12%		13%		14%		15%		control	
	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt 2	Plt 1	Plt2
SP2-10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH5-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
SP2-7	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH5-8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH1-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH9-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
RBST2-65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
SBST2-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
RBST2-54	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
RBST2-9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+

หมายเหตุ : 1. + = สามารถเจริญได้

- = ไม่สามารถเจริญได้

2. control ใช้อาหาร ISP2 ที่ไม่เติม NaCl

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.2 การทนต่ออุณหภูมิ (Thermo tolerance)

เพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว ISP2 โดยการเขย่า 180 rpm เป็นเวลา 7 วัน ที่ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นดูดเชื้อแต่ละไอโซเลต มาอย่างละ 10 ml ใส่หลอดทดลองปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 4, 20, 25, 37, 40, 45, 47, 55, 60, 65, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นดูดตัวอย่างออกมาไอโซเลตละ 0.1 ml spread ลงบนอาหาร ISP2 agar และนำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 5-7 วัน ตรวจผลการเจริญ โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากการทดลองที่ได้พบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ ไอโซเลต SP2-10 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต CH5-5 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต SP2-7 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต CH5-8 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต CH1-7 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต CH9-7 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต RBST2-65 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 70 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต SBST2-5 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 65 องศาเซลเซียส, ไอโซเลต RBST2-54 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 65 องศาเซลเซียส, และ ไอโซเลต RBST2-9 สามารถเจริญได้หลังจากผ่านอุณหภูมิ 4 – 47 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้สามารถแยกได้จากดินและปุ๋ยหมักจะพบว่าไอโซเลต RBST และ SBST ที่แยกได้จากปุ๋ยหมักนั้น เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทนความร้อน ซึ่งพบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะพบในปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอก (Christian *et al.*, 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ 10 ไอโซเลต

	20°C		30°C		37°C		40°C		45°C		47°C		55°C		60°C		65°C		70%		80°C		90°C		100°C		control	
	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1
SP2-10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH5-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
SP2-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH5-8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH1-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
CH9-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
RBST2-65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
SBST2-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
RBST2-54	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
RBST2-9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+

หมายเหตุ : 1. + = สามารถเจริญได้
- = ไม่สามารถเจริญได้
2. control เก็บเชื้อไว้ที่อุณหภูมิของเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.3 การทนต่อความเป็นกรด-เบส (pH tolerance)

เพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว ISP2 โดยการเขย่า 180 rpm เป็นเวลา 7 วัน ที่ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้ loop แตะเชื้อ (1 loop full) มา streak ลงบนอาหาร ISP2 ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่างๆ กัน คือ 4.0, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0 และ 13.0 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจผลการเจริญ โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากการทดลองที่ได้พบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต สามารถเจริญได้ที่ช่วง pH ที่แตกต่างกัน คือ ไอโซเลต SP2-10 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-9 , ไอโซเลต CH5-5 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 4-11, ไอโซเลต SP2-7 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 4-11, สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-11, ไอโซเลต CH1-7 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-11, ไอโซเลต CH9-7 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-11, ไอโซเลต RBST2-65 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 4-11, ไอโซเลต SBST2-5 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-11, ไอโซเลต RBST2-54 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-11 และ ไอโซเลต RBST2-9 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 5-11 จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้สามารถแยกได้จากดินและปุ๋ยหมักจะพบว่าทั้ง 10 ไอโซเลตนั้นสามารถโตได้ในช่วงพีเอสที่กว้างเพราะเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มทนกรด (Noah and Robert, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงความสามารถในการทนต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่างของเชื้อ 10 ไอโซเลต

	4		5		5.5		6		6.5		7		7.5		8		9		10		11		12		control	
	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1
SP2-10	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
CH5-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
SP2-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
CH5-8	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
CH1-7	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
CH9-7	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
RBST2-65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
SBST2-5	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
RBST2-54	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
RBST2-9	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+

หมายเหตุ : 1. + = สามารถเจริญได้
- = ไม่สามารถเจริญได้
2. control ใช้อาหาร ISP2 ที่ pH 7.2

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.4 Osmotic resistance (Polyethylene glycol tolerance)

เพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว ISP2 โดยการเขย่า 180 rpm เป็นเวลา 7 วัน ที่ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้ loop แตะเชื้อ (1 loop full) มา streak ลงบนอาหาร ISP2 ที่มีความเข้มข้นของ PEG 3000 คือ 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 % (w/v) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจผลการเจริญโดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากการทดลองที่ได้พบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญได้ที่ความเข้มของ Polyethylene glycol ที่แตกต่างกัน คือ ไอโซเลต SP2-10 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต CH5-5 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต SP2-7 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต CH5-8 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต CH1-7 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต CH9-7 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต RBST2-65 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต SBST2-5 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 %, ไอโซเลต RBST2-54 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 % และ ไอโซเลต RBST2-9 สามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 % ซึ่งเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญได้ใน Polyethylene glycol ความเข้มข้น 3-10 % เท่ากัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญเติบโตได้อย่างดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความรุนแรง (Patel *et al.*, 2017) และสามารถเลือกเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการเจริญเติบโตของพืชได้ (Kumar *et al.*, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงความสามารถในการทนต่อแรงดัน Osmotic ของเชื้อ 10 ไอโซเลต

เชื้อ	1%		2%		3%		4%		5%		6%		7%		8%		9%		10%		control	
	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1	Plt2	Plt1
SP2-10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH5-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SP2-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH5-8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH1-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH9-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
RBST2-65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SBST2-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
RBST2-54	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
RBST2-9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ : 1. + = สามารถเจริญได้
- = ไม่สามารถเจริญได้
2. control ใช้อาหาร ISP2 ที่ไม่เติม PEG

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.3 การศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืช

4.3.1 เมล็ดพริก (*Capsicum* sp.)

ผลการทดลองพบว่า เชื้อไอโซเลต CH1-7 ต้นงอก 52 ต้น ไม่งอก 48 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 22.02 และอัตราการงอก 52%. เชื้อไอโซเลต CH5-5 ต้นงอก 46 ต้น ไม่งอก 54 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 20.93 และอัตราการงอก 46%. เชื้อไอโซเลต CH5-8 ต้นงอก 60 ต้น ไม่งอก 40 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 24.67 และอัตราการงอก 60%. เชื้อไอโซเลต CH9-7 ต้นงอก 47 ต้น ไม่งอก 53 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 24.32 และอัตราการงอก 47%.เชื้อไอโซเลต SP2-7 ต้นงอก 55 ต้น ไม่งอก 45 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 18.40 และอัตราการงอก 55%. เชื้อไอโซเลต SP2-7 ต้นงอก 62 ต้น ไม่งอก 38 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 18.25 และอัตราการงอก 62%. เชื้อไอโซเลต RBST2-9 ต้นงอก 53 ต้น ไม่งอก 47 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 19.83 และอัตราการงอก 53%. เชื้อไอโซเลต RBST2-54 ต้นงอก 54 ต้น ไม่งอก 46 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 18.79 และอัตราการงอก 54%. เชื้อไอโซเลต RBST2-65 ต้นงอก 45 ต้น ไม่งอก 55 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 21.52 และอัตราการงอก 45%. เชื้อไอโซเลต SBST-5 ต้นงอก 58 ต้น ไม่งอก 42 ต้น ความยากรากเฉลี่ย 17.49 และอัตราการงอก 58% ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเชื้อไอโซเลตที่มีฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีผลต่อการกระตุ้นการงอก (Groot and Karssen, 1987) ส่วนใหญ่จะสามารถกระตุ้นการงอกได้ดี และดีกว่าเชื้อไอโซเลตที่ไม่มีฮอร์โมนหรือมีน้อย (Puwastien and King, 1984)

ตารางที่ 4.6 แสดงความสามารถในการกระตุ้นการงอกของเชื้อแอคติโนมัยสีทั้ง 10 ไอโซเลตต่อเมล็ดพริก

เชื้อ	พริก			
	จำนวนงอก (ต้น)	จำนวนไม่งอก (ต้น)	ความยาวรากเฉลี่ย (mm)	อัตราการงอก (เปอร์เซ็นต์)
SP2-10	62	38	18.25	62
CH5-5	46	54	20.93	46
SP2-7	55	45	18.40	55
CH5-8	60	40	24.67	60
CH1-7	52	48	22.02	52
CH9-7	47	53	24.32	47
RBST2-65	45	55	21.52	45
SBST2-5	58	42	17.49	58
RBST2-54	54	46	18.79	54
RBST2-9	53	47	19.83	53
Control	55	45	18.40	55

หมายเหตุ : ทำการทดลองทั้งหมด 100 เมล็ด แบ่งเป็น 4 ชุด ชุดละ 25 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 คัดเลือกเชื้อที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบผง

แอคติโนโปรดักส์-1 ; CH5-8, CH5-5, RBST2-65

คุณสมบัติด้านการย่อยสลายฟอสเฟต (phosphate solubilization) คุณสมบัติในการสร้างสาร IAA จากเชื้อ และคุณสมบัติในการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลริน จากเชื้อไอโซเลต CH5-8, CH5-5 ใช้ CH5-8 ในการกระตุ้นการอกของเมล็ดพริก ในการทนต่อสภาวะต่างๆใช้ตัวของ CH5-8 และ RBST2-65 ที่ทนต่อสภาวะที่รุนแรงได้ค่อนข้างดี

ตารางที่ 4.7 คุณสมบัติของเชื้อแอคติโนมัยสีทในแอคติโนโปรดักส์ 1

CH5-8		CH5-5		RBST2-65	
Phosphate	+	Phosphate	+	Phosphate	-
IAA	430.44	IAA	431.5556	IAA	0
GA	160.444	GA	122.0781	GA	35.710
Siderophore	+	Siderophore	++	Siderophore	++
การงอก(ซม./ต้น)	24.64,60	การงอก(ซม./ต้น)	10.93,46	การงอก(ซม./ต้น)	21.52,45
Growth	1.76x109	Growth	$0.647x10^{9}$	Growth	$6.20x10^{9}$
Salt	1-6 %	Salt	1-7 %	Salt	1-8%
Temp	4-47 °C	Temp	4-47 °C	Temp	4-70°C
pH	5-11	pH	4-11	pH	4-11
Osmotic	3-10 %	Osmotic	3-10 %	Osmotic	3-10 %

หมายเหตุ : +w = สร้างสารได้เล็กน้อย

\+ = สร้างสารได้ปานกลาง

++ = สร้างสารได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอคติโนโปรดักส์-2 ; CH5-8, CH9-7, SBST2-5

คุณสมบัติด้านการย่อยสลายฟอสเฟต (phosphate solubilization) คุณสมบัติในการสร้างสาร IAA จากเชื้อ และคุณสมบัติในการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลริน จากเชื้อไอโซเลต CH5-8 คุณสมบัติในการสร้างสาร IAA จากเชื้อ SBST2-5 ใช้ CH5-8 และ CH9-7 ในการกระตุ้นการอกของเมล็ดพริก ในการทนต่อสภาวะต่างๆใช้ตัวของ SBST2-5 ที่ทนต่อสภาวะที่รุนแรงได้ค่อนข้างดี

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติของเชื้อแอคติโนมัยสีทในแอคติโนโปรดักส์ 2

CH5-8		CH9-7		SBST2-5	
Phosphate	+	Phosphate	+w	Phosphate	-
IAA	430.44	IAA	94.815	IAA	10.4047
GA	160.444	GA	147.4074	GA	31.327
Siderophore	+	Siderophore	+/-	Siderophore	++
การงอก(ซม./ต้น)	24.64,60	การงอก(ซม./ต้น)	24.32,47	การงอก(ซม./ต้น)	17.89,58
Growth	$1.76x10^9$	Growth	$1.15x10^9$	Growth	$2.10x10^9$
Salt	1-6 %	Salt	1-7 %	Salt	1-7%
Temp	4-47 °C	Temp	4-47 °C	Temp	4-65°C
pH	5-11	pH	5-11	pH	5-11
Osmotic	3-10 %	Osmotic	3-10 %	Osmotic	3-10 %

หมายเหตุ : +w = สร้างสารได้เล็กน้อย
+ = สร้างสารได้ปานกลาง
++ = สร้างสารได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอคติโนโปรดักส์-3 CH5-8, SBST2-5, RBST2-54

คุณสมบัติด้านการย่อยสลายฟอสเฟต (phosphate solubilization) คุณสมบัติในการสร้างสาร IAA และคุณสมบัติในการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลริน จากเชื้อไอโซเลต CH5-8 คุณสมบัติในการสร้างสาร IAA จากเชื้อ SBST2-5 ใช้ CH5-8 ในการกระตุ้นการอกของเมล็ดพริก ในการทนต่อสภาวะต่างๆใช้ตัวของ SBST2-5 ที่ทนต่อสภาวะที่รุนแรงได้ค่อนข้างดี

ตารางที่ 4.9 คุณสมบัติของเชื้อแอคติโนมัยสีทในแอคติโนโปรดักส์ 3

CH5-8		RBST2-54		SBST2-5	
Phosphate	+	Phosphate	-	Phosphate	-
IAA	430.44	IAA	10.4047	IAA	10.4047
GA	160.444	GA	31.327	GA	31.327
Siderophore	+	Siderophore	+	Siderophore	++
การงอก(ซม./ต้น)	24.64,60	การงอก(ซม./ต้น)	18.79,54	การงอก(ซม./ต้น)	17.89,58
Growth	$1.76x10^9$	Growth	$1.02x10^9$	Growth	$2.10x10^9$
Salt	1-6 %	Salt	1-7 %	Salt	1-7%
Temp	4-47 °C	Temp	4-65 °C	Temp	4-65°C
pH	5-11	pH	5-11	pH	5-11
Osmotic	3-10 %	Osmotic	3-10 %	Osmotic	3-10 %

หมายเหตุ : +w = สร้างสารได้เล็กน้อย
+ = สร้างสารได้ปานกลาง
++ = สร้างสารได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ

4.5.1 ผลการส่งเสริมการเจริญของเชื้อต่อพริกขี้หนูพันจินดามณี

4.5.1.1 ผลการส่งเสริมการเจริญของเชื้อต่อพริกขี้หนูพันจินดามณีโดยแอคติโนโปรดัคทั้งสามสูตร

จากการทดลองการพบว่า Negative control มีความสูงของต้น 21.67±3.7^{a} cm. จำนวนใบ 10±3^{a} ใบ ความยาวของราก 22.87±3.7^{a} cm น้ำหนักสด 6.40±1.9^{ad} g. Positive control มีความสูงของต้น 21.60±3.1^{a} cm. จำนวนใบ 19±5^{b} ใบ ความยาวของราก 23.00±4.7^{a} cm น้ำหนักสด 10.27±2.1^{b} g. Actino product 1 มีความสูงของต้น 21.84±3.2^{a} cm. จำนวนใบ 12±6^{ac} ใบ ความยาวของราก 22.66±1.7^{a}cm. น้ำหนักสด 5.17±1.0^{a} g. Actino product 2 ความสูงของต้น 22.80±4.1^{a} cm. จำนวนใบ 18±4^{bcd} ใบ ความยาวของราก 21.74±2.1^{a} cm. น้ำหนักสด 5.77±1.1^{ac} g. Actino product 3 ความสูงของต้น 27.26±1.6^{b} cm. จำนวนใบ 12±6^{ad} ใบ ความยาวของราก 20.13±1.9^{a} cm. น้ำหนักสด 7.38±0.5^{cd} g.

จากผลการทดลองการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือนพบว่า การใช้ action product ให้ค่าการเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกับตัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่า Actino product 3 สามารถทำให้ความสูงของต้นเพิ่มขึ้นได้ถึง 25.8% แต่ความยาวของรากมีค่าลดลงถึง 12.0% เมื่อเทียบกับตัวควบคุมเชิงลบ (Patel *et al.*, 2018) และ Actino product 2 สามารถทำให้จำนวนใบเพิ่มขึ้นได้ถึง 80% เมื่อเทียบกับตัวควบคุมเชิงลบ อย่างไรก็ตาม การที่ action product 1 ไม่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้เมื่อเทียบกับตัวควบคุมเชิงลบ อาจเนื่องมาจากการที่เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินและสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Schroth *et al.*, 1984; Ramesh and Phadke, 2012) ซึ่งอย่างไรก็ตามปริมาณการผลิต IAA และ ความสามารถในการละลายฟอตเฟตของเชื้อ ยังไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับการเจริญเติบโตของต้นพริก (Taghavi *et al.*, 2009) และยังมีรายงานก่อนหน้านี้ของ Araújo and de Guerreiro (2010) สังเกตว่าแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดไม่จำเป็นต้องเป็นพวกที่ผลิต IAA มาก ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูดซึมธาตุอาหารของพืชอาจเกิดขึ้นได้จากการแสดงออกของคุณลักษณะอื่นๆที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การที่จะคัดเลือก Plant Growth Promoting bacteria จึงควรที่จะคำนึงถึงหลายคุณลักษณะ และควรคำนึงถึงสภาวะในโรงเรือนเป็นสิ่งสำคัญ (Yang *et al.*, 2009; Rana *et al.*, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

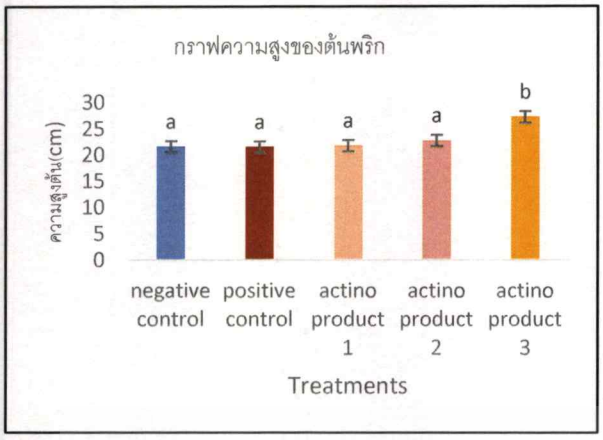
ตารางที่ 4.10 ผลการกระตุ้นการเจริญของพริก

Treatment	ความสูงของต้น (cm)	จำนวนใบ	ความยาวของราก(cm)	น้ำหนักสด (g)
Negative control	21.67 ± 3.7^{b}	10 ± 3^{c}	22.87 ± 3.7^{g}	6.40 ± 1.9^{hk}
Positive control	21.60 ± 3.1^{b}	19 ± 5^{d}	23.00 ± 4.7^{g}	10.27 ± 2.1^{i}
Actino product 1	21.84 ± 3.2^{b}	12 ± 6^{ce}	22.66 ± 1.7^{g}	5.17 ± 1.0^{h}
Actino product 2	22.80 ± 4.1^{b}	18 ± 4^{def}	21.74 ± 2.1^{g}	5.77 ± 1.1^{hj}
Actino product 3	27.26 ± 1.6^{a}	12 ± 6^{cf}	20.13 ± 1.9^{g}	7.38 ± 0.5^{jk}

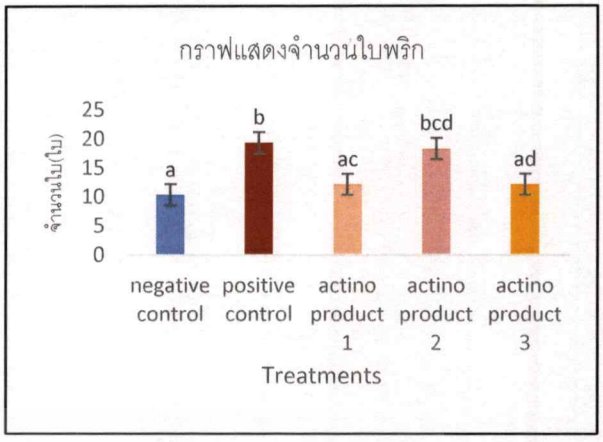
หมายเหตุ : a,b,c,d,e,f,d,e,f,g,h,i,j, และ k แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

รูปที่ 4.1 ผลของ Actino product ที่มีผลต่อการเจริญของต้นพริกภายใต้ภาวะเรือน A) ซ้ายไปขวา, ต้นพริกที่ใส่แค่ดิน (ควบคุมเชิงลบ) B) ต้นพริกที่ใส่แค่ดินและปุ๋ยเคมี (ควบคุมเชิงบวก) C) ต้นพริกที่ใส่แค่ดินและ Actino product1 D) ต้นพริกที่ใส่แค่ดินและ Actino product2 E) ต้นพริกที่ใส่แค่ดินและ Actino product3

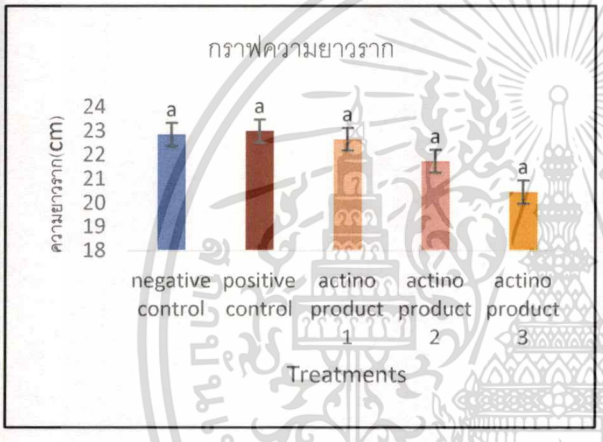
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



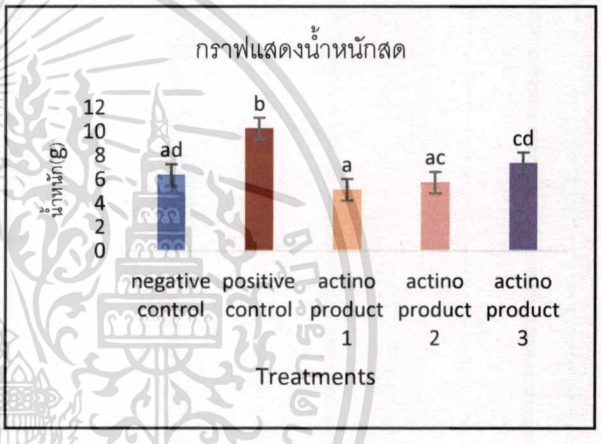
A



B



C



D

กราฟ1. แสดงผลของ Actino product ที่มีผลต่อการเจริญของต้นพริกภายใต้ภาวะเรือน A) ซ้ายไปขวา, กราฟความสูงของต้นพริก B)กราฟแสดงจำนวนใบของต้นพริก C) กราฟความยาวรากของต้นพริก D) กราฟแสดงน้ำหนักสดของต้นพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลอง อันดับแรกทำการคัดเลือกไอโซเลตเชื้อที่สร้างสารส่งเสริมการเจริญของพืช (plant growth promoting ; PGP) ได้คัดเลือกมาทั้งหมด 10 ไอโซเลต คือ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBSR2-54,RBST2-65 และ SBST2-5 ที่มีการสร้างสาร PGP เช่น อินโดลอซิติกแอซิด (Indole acetic acid; IAA), ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (Gibberellins; GRBs), ซิเดอโรฟอร์ (Siderophore) และ การย่อยสลายฟอสเฟต (Phosphate solubilization) จากงานวิจัยของ Fongsodsri and Keawprasert,2018.

นำเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตมาทดสอบการอยู่ร่วมกันได้ของเชื้อโดยใช้เทคนิค streak plate พบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถเจริญร่วมกันได้

จากนั้นนำเชื้อทั้งหมดมาทดสอบการทนต่อสภาวะที่หลากหลายโดยใช้เทคนิค streak plate คือ ซึ่งพบว่าในการทดสอบการทนเกลือ1-15%(NaCl w/v) พบว่าเชื้อส่วนใหญ่เจริญในช่วงความเข้มข้นของเกลือที่ 1-6% และมีเชื้อไอโซเลต RBST2-65 ที่สามรถทนเกลือได้สูงถึง 8% และไอโซเลต SP2-7 ทนได้เพียง 3% ซึ่งน้อยที่สุด. การทนต่ออุณหภูมิต่าง 4-100 °C เชื้อส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 4 – 47 °C แต่มีเชื้ออยู่สามไอโซเลตที่สามาถเจริญได้ในอุณภูมิที่สูงกว่าเชื้อไอโซเลตอื่นคือ เชื้อไอโซเลต RBST2-65 สามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงสุด 4-70 °C รองลงมาเป็น เชื้อไอโซเลต RBST2-65 และ SBST2-5 ที่สามารถทนอุณหภูมิได้ 4-65 °C. การทนต่อความเป็นกรด-เบส pH 4-13 พบว่าเชื้อส่วนมากเจริญได้ในช่วง pH 4-11 และ pH 5-11. และการทนแรงดันออสโมติก 1-13%(PEG w/v) พบว่าเชื้อทั้ง 10 ไอโซเลตสามารถทนแรงดันออสโมติกได้ในช่วง 3-10%

ผลการทดสอบความสามารถในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด โดยใช้เทคนิค between paper ผลการทดลองพบว่าเชื้อไอโซเลต SP2-10 สามารถกระตุ้นการงอกได้สูงสุดที่ 62% รองลงมาเป็น ไอโซเลต CH5-8 และ SBST2-5 ที่ 60% และ58% ตามลำดับ

ผลการทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือนโดยผลิตภัณฑ์แอคติโนมัยสีทชนิดผงทั้งสามสูตร คือ actinoproduct 1 มีเชื้อไอโซเลต CH5-8,CH5-5และRBST2-5 actinoproduct 2 มีเชื้อไอโซเลต CH5-8, CH9-7 และ SBST2-5 actinoproduct 3 มีเชื้อไอโซเลต CH5-8, SBST2-5 และ RBST2-54 จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์แอคติโนมัยสีทชนิดผงทั้งสามสูตรมีการส่งเสริมการเจริญได้ดี ซึ่งแตกต่างกับตัวควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที 0.05

ข้อเสนอแนะ ในการทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ ยังไม่เป็นที่น่าเชื่อถือเท่าที่ควรเนื่องจากทำการทดลองกับพืชเพียงชนิด ควรที่จะทำการทดลองกับพืชหลากหลายชนิด เพื่อยืนยันความสามารถในการส่งเสริมการเจริญแก่พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 1989."สวนผัก(Vegetable garden)" พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 1989 : AGRI BOOK GROUP.

ศรันยา คุ้มปลี และ สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล. 2012 ."ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพผลไม้ต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พริก Effect of Fermented Fruit Juice on Chili Seed Germination" การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.

สุนัดดา โยมญาติ. 2016. "STREPTOMYCES". สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2019. จาก http://biology.ipst.ac.th/?p=3044.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2019."ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมี".ค้นเมื่อ 12 มกราคม 2019, จาก http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH.

อัจฉรียา ชมเชย. 2019. "ผลของเชื้อราเอนโดไฟต์ต่อการงอกเมล็ดและการเจริญของต้นข้าวหอมมะลิ" โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากสานักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) (ปี พ.ศ. 2016).

ประเสริฐ จรรยาสุภาพและคณะ. 2549. การศึกษา สภาพการตลาด การแปรรูป และการตลาดผลิตภัณฑ์พริกในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพิษณุโลก.มหาวิทยาลัยแม่โจ้: [ม.ป.พ.].

วีระ ภาคอุทัย, ไพฑูรย์ คัชมาตย์, เพียรศักดิ์ ภักดี, จินตนา เอี่ยมลออ, เยาวรัตน์ศรีวรานันท์, พัชรี สุริยะ. 2549. การศึกษาสถานภาพ การตลาด การแปรรูป และตลาดผลิตภัณฑ์ พริกในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรธานีนครราชสีมา ขอนแก่น เลย ชัยภูมิ กรุงเทพฯ และ ปริมณฑล. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: [ม.ป.พ.].

วีระ ภาคอุทัย,ศักสิทธิ์จรรยาภรณ์,พรทิพย์แพงจันทร์, เพียรศักดิ์ภักดี, ไพฑูรย์คัชมาตย์. 2550. "การขยายและพัฒนาเครือข่ายการจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสดปลอดภัย อำเภอเกษตรสมบูรณ์และอำเภอจัตุรัส จังหวัด ชัยภูมิ". มหาวิทยาลัยขอนแก่น: [ม.ป.พ.].

วีระ ภาคอุทัย และคณะ. 2551. "การศึกษารูปแบบ การจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสด อำเภอเกษตรสมบูรณ์และอำเภอจัตุรัส จังหวัด ชัยภูมิ". มหาวิทยาลัยขอนแก่น: [ม.ป.พ.]

สุจรรยา ฉายแสง.2019."การแยกเชื้อเอนโดไฟติคแอคติโนมัยซีสจากข่าและกระชาย : สมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การต้านอนุมูลอิสระและการต้านเซลล์มะเร็ง" ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2556.

H. D. Tresner, J. A. Hayes, and E. J. Backus, "Differential tolerance of Streptomycetes to sodium chloride as a taxonomic aid", Appl. Microbiol., vol. 16, no. 8, pp. 1134-1136, 1968.

Richard D. King and Prapasri Puwastien .1987. "Effects of Germination on the Proximate Composition and Nutritional Quality of Winged Bean (Psophocarpus tetragonolobus) Seeds". 106-JOURNAL OF FOOD SCIENCE-Volume 52, No. 1, 1987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S.P.C. Groot and C.M. Karssen. 1987." Gibberellins regulate seed germination in tomato

by endosperm weakening: a study with gibberellin-deficient mutants". Planta (1987) 171:525 531.

Jian-Hua Guo, Hong-Ying Qi, Ya-Hui Guo, Hong-Lian Ge, Long-Ying Gong,Li-Xin Zhang, and Ping-Hua Sun.2003." Biocontrol of tomato wilt by plant growth-promoting rhizobacteria". Biological Control 29 (2004) 66-72.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A. and Bingham, I.J. (2003)." The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seedsW. Seed Sci. & Technol., 31, 715-725

Domenech, m. S. Reddy, j. W. Kloepper, b. Ramos and j. Gutierrez-man.2005." Combined application of the biological product LS213 with Bacillus, Pseudomonas or Chryseobacterium for growth promotion and biological control of soil-borne diseases in pepper and tomato". Biocontrol (2006) .

Anith, K. N., Momol, M. T., Kloepper, J. W., Marois, J. J., Olson, S. M., and Jones, J. B. 2004." Efficacy of plant growth–promoting rhizobacteria".

Po Po THAN, Haryudian PRIHASTUTI, Sitthisack PHOULIVONG Paul W.J. TAYLOR, Kevin D. HYDE.2008." Chilli anthracnose disease caused by Colletotrichum species".

Cremer, T., and Cremer, C. (2008). Chromosome territories, nuclear architec-ture and gene regulation in mammalian cells. Nat. Rev. Genet.2, 292–301.

Supaporn Junrungreang, Benjamas Rossopa and Kannika Sajjaphan.2009. "Effect of Phosphate-Solubilizing Bacteria, Burkholderia sp. Strain Rs01, on Growth of Insee 2 Sweet Corn" Kamphaengsean Acad. J. Vol. 8, No. 1, 2009, Pages 1-14.

Kumar Raja Puppala, Kavita Bhavsar, Vidya Sonalkar, Mahesh S Dharne *et al*. 2010. "Characterization of novel acidic and thermostable phytase secreting *Streptomyces* sp. (NCIM 5533) for plant growth promoting characteristics" Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.

Li, G., Fullwood, M.J., Xu, H., Mulawadi, F.H., Velkov, S., Vega, V., Ariyaratne, P.N., Mohamed, Y.B., Ooi, H.S., Tennakoon, C., et al. 2010. "ChIA-PET toolfor comprehensive chromatin interaction analysis with paired-end tagsequencing". Genome Biol.11, R22.

Shrivastava and Kumar. 2011." A Simple and Rapid Plate Assay for the Screening of Indole-3acetic Acid (IAA) Producing Microorganisms". Research gate. No.1, (2014) ISSN 2091-1106.

Subramaniam Gopalakrishnan *et al*. 2011." Evaluation of actinomycete isolates obtained from herbal vermicompost for the biological control of Fusarium wilt of chickpea" Crop Protection 30 (2011) 1070e1078.

N. Amaresan , K. Kumar, K. Sureshbabu and K. Madhuri.2011. "Plant growth-promoting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

potential of bacteria isolated from active volcano sites of Barren Island, India" Letters in Applied Microbiology ISSN 0266-8254.

Natarajan Amaresan, Velusamy Jayakumar, Krishna Kumar, Nooruddin Thajuddin.2011. "Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic bacteria and their effect on tomato (Lycopersicon esculentum) and chilli (Capsicum annuum) seedling growth" Springer-Verlag and the University of Milan 2011

Morath N., Bellamy, J., & Spring. 2012." Frontiers in crop production: chemical research objectives. Science 217, 505–510.

Murugan Kumar ate. 2013. "Evaluating the plant growth promoting ability of thermotolerantbacteria and cyanobacteria and their interactions with seedspice crops" Scientia Horticulturae 164 (2013) 94–101.

A. A. Hamid, S. Ariffin, S. A. S. Mohamad.2015. "Identification and optimal growth conditions of actinomycetes isolated from mangrove environment," Malaysian J. Analytical Sci, vol. 19, no. 4, pp. 904-910, 2015.

Muhammad Ali Akond, Mst Nusrat Jahan, Nigar Sultana, Farhana Rahman. 2016. "Effect of Temperature, pH and NaCl on the Isolates of Actinomycetes from Straw and Compost Samples from Savar, Dhaka, Bangladesh" American Journal of Microbiology and Immunology Vol. 1, No. 2, 2016, pp. 10-15.

Sai Shiva, Krishna Prasad Vurukonda, Sandhya Vardharajula, Manjari Shrivastava, Ali Skz.2016." Multifunctional Pseudomonas putida strain FBKV2 from arid rhizosphere soil and its growth promotional effect on maize under drought stress". Rhizosphere.

Sanjay Patel, H.N. Jinal, N. Amaresan. 2017." Isolation and characterization of drought resistance bacteria for plant growth promoting properties and their effect on chilli (Capsicum annuum) seedling under salt stress"

Liming Shi *et al*. 2018. "Antifungal and plant growth-promoting activities of Streptomyces roseoflavus strain NKZ-259" Biological Control Volume 125, October 2018, Pages 57-64.

Janki K. Patel, Sheeba Madaan. G. Archana. 2018. "Antibiotic producing endophytic *Streptomyces* spp. colonize above-ground plant parts and promote shoot growth in multiple healthy and pathogen-challenged cereal crops".

Raghvendra Pratap Singh. Geetanjali Manchanda, Indresh *et al*. 2019. *"Streptomyces* from rotten wheat straw endowed the high Plant growth potential traits and agro-active compounds" Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.

Noah Fierer and Robert B. Jackson. 2009. "The diversity and biogeography of soil bacterial communities". PNAS Volume. 103, Pages 626–631

Christian O. Asadu,Nebechukwu G. Aneke,Samuel O. Egbuna,Albert C. Agulanna. 2018.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Comparative studies on the impact of bio-fertilizer produced from agro-wastes using thermo-tolerant actinomycetes on the growth performance of Maize (Zea-mays) and Okro (Abelmoschus esculentus)". AcceptedManuscript.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อาหารเลี้ยงเชื้อ

Yeast extract Malt extract agar (ISP2)

Yeast extract	4	g
Malt extract	10	g
Glucose	4	g
Agar	20	g
Demineralized water up to	1	L

pH 7.2-7.4 ($NaOH/H_2SO_4$)

Sterilisation: 15 minutes at 121.5 °C

Trace elements mix 1

$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	4	g
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	2	g
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	0.1	g
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	5	g
KJ	0.05	g
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0.5	g
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.2	g
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	2	g
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.05	g
H_2SO_4 95-97% p.a.	1	ml

Tryptic Soy Agar (TSA)

Casein Peptone	17.0	g
Soy Peptone	3.0	g
Sodium Chloride	5.0	g
Dipotassium Phosphate	2.5	g
Dextrose	2.5	g
Agar	20.0	g

pH 7.3 +/- 0.2 at 25 °C

Sterilisation: 15 minutes at 121.5 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soil extract agar (สูตรดัดแปลง, A9)

$CaSO_4.2H_2O$	0.5	g
$Ca(NO_3)2.7H_2O$	0.25	g
$MgSO_4.7H_2O$	0.05	g
K_2SO_4	0.03	g
KH_2PO_4	0.02	g
$NaHCO_3$	0.1	g
Trace element mix1	0.3	ml.
$CaCl_2.2\ H_2O$	0.02	g
Yeast extract	0.1	g
Casamino acids	0.1	g
Glucose	0.2	g
Soil extract	100	ml.
Agar	18	g
Water Distil	1	L.

pH: 7.0 ($NaOH/H_2SO_4$)

Sterilisation: 15 minutes at 121.5 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
สารเคมี

สารที่ใช้ในการทำความสะอาดเมล็ดภัณฑ์

Sodium hypochlorite 2%

Sodium hypochlorite 6%	333.33 ml.
Demineralized water up to	1000 ml.

Ethanol 70 %

Ethanol 95 %	736.84 ml.
Demineralized water up to	1000 ml.

สารลดแรงตรึงผิว

Tween 80 0.1 %

Tween 80	1 ml.
Demineralized water up to	1000 ml.

สารที่ใช้ทดสอบการทดต่อสภาวะต่างๆของเชื้อ

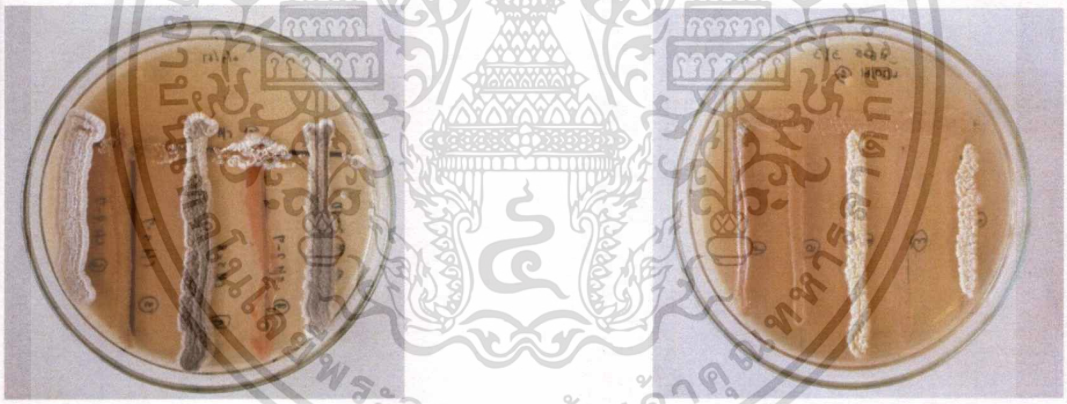
Polyethylene glycol	500 ml.
Sodium chlorite	4000 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการอยู่ร่วมกันได้ของเชื้อ

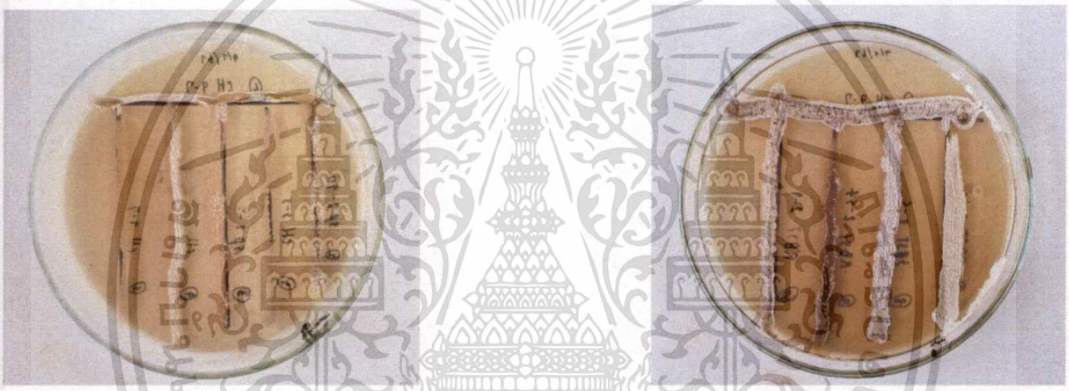
รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ CH1-7 ต่อเชื้อ CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ CH5-5 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

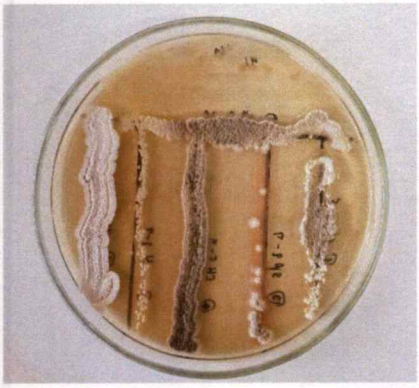
รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ CH5-8 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

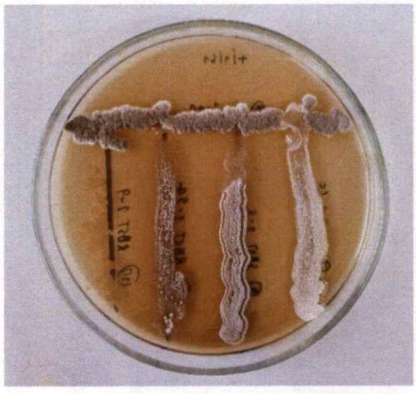


รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ CH9-7 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

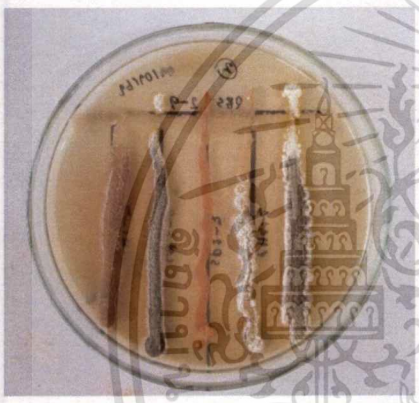
รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ SP2-7 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

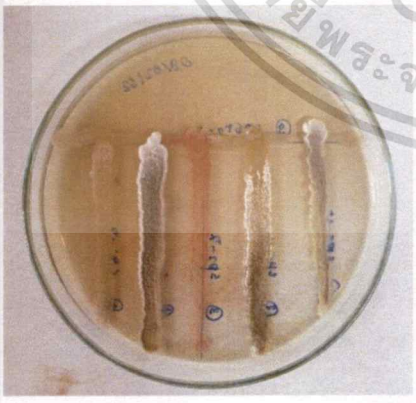




รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ SP2-10 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

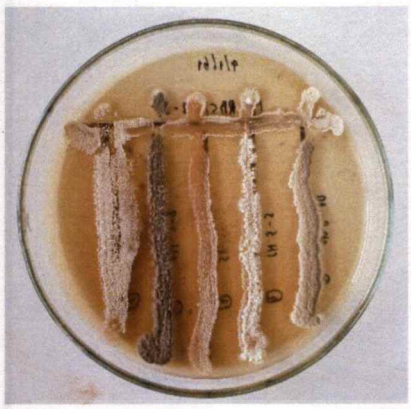


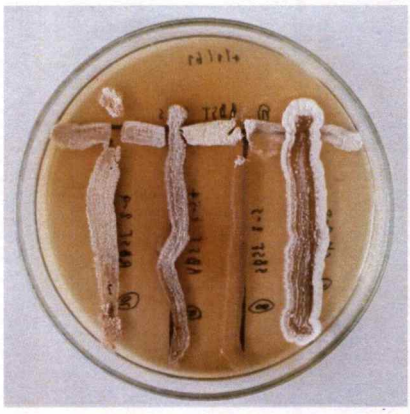
รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ RBST2-9 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



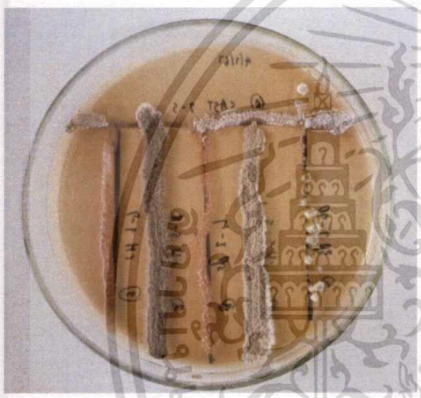
รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ RBST2-54 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-65 และ SBST2-5

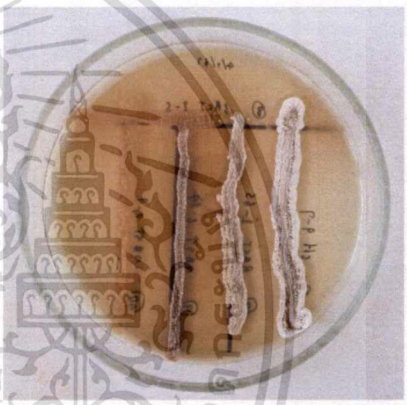
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ RBST2-65 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54 และ SBST2-5



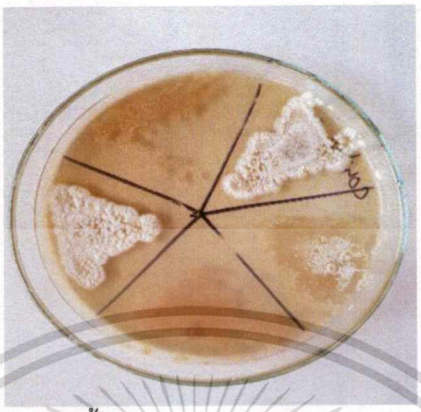


รูปผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อ SBST2-5 ต่อเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54 และ RBST2-65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การทดลอง salt tolerance (การทนเกลือ)

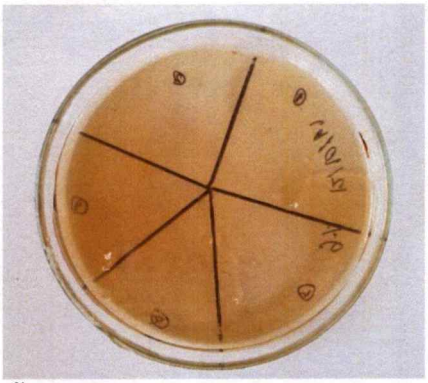


รูปผลการทนเกลือ Control ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

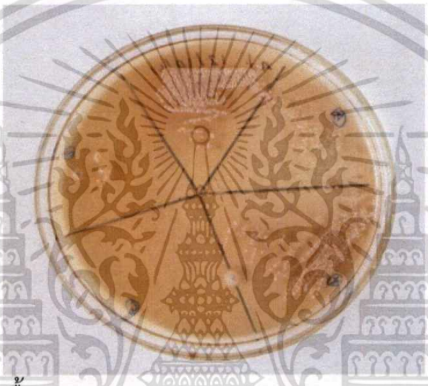
รูปผลการทนเกลือ 1% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ 2% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

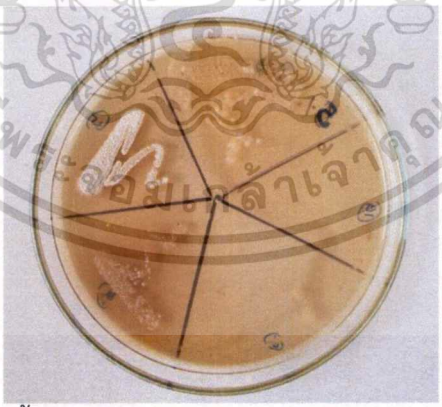
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการทนเกลือ 9% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

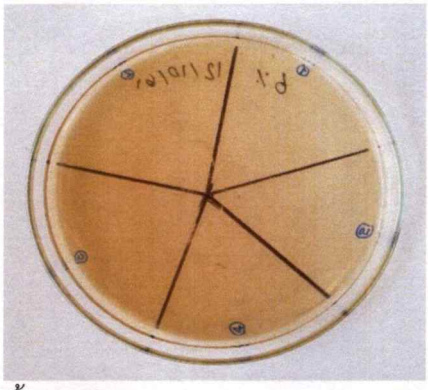


รูปผลการทนเกลือ 4% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



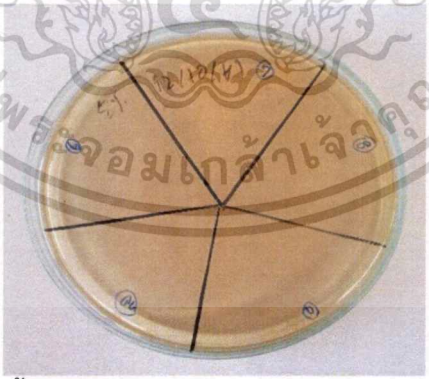
รูปผลการทนเกลือ 5% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



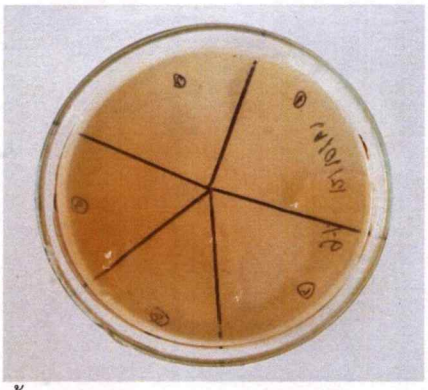
รูปผลการทนเกลือ 6% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ 7% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

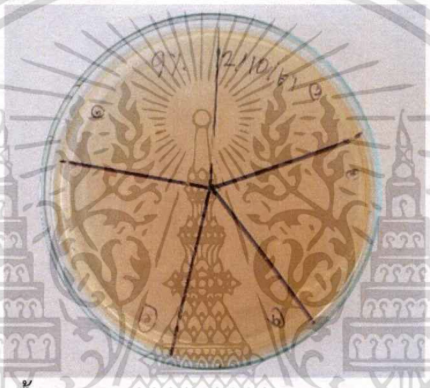


รูปผลการทนเกลือ 8% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

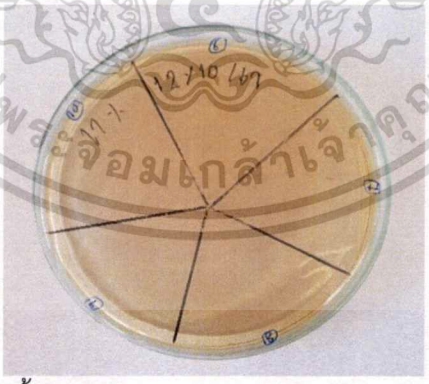
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการทนเกลือ 9% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

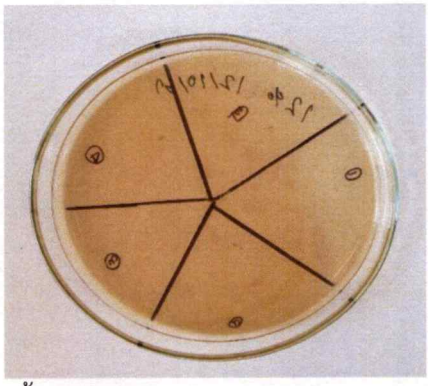


รูปผลการทนเกลือ 10% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

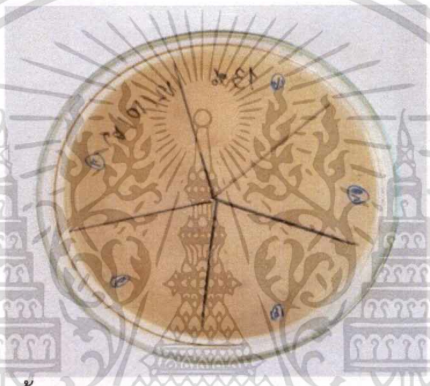


รูปผลการทนเกลือ 11% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

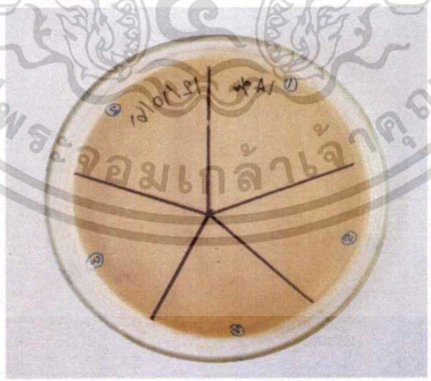
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการทนเกลือ 12% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

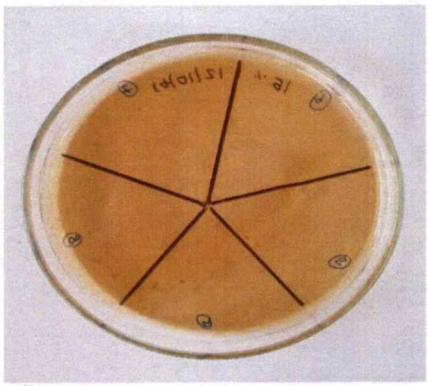


รูปผลการทนเกลือ 13% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



รูปผลการทนเกลือ 14% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

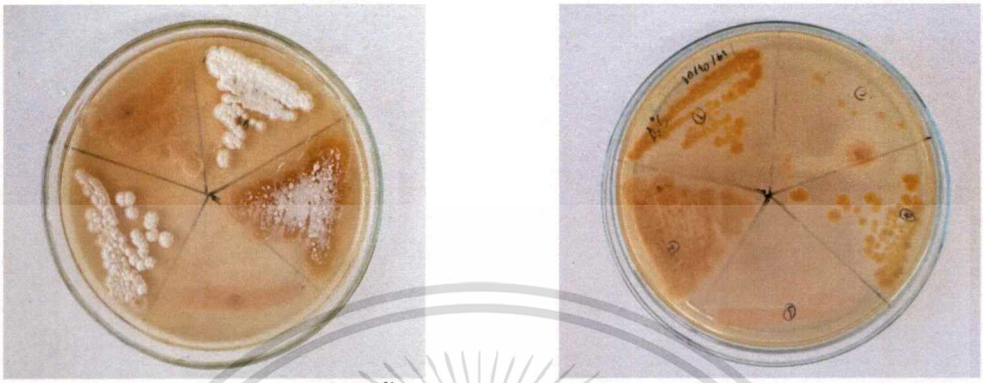


รูปผลการทนเกลือ 15% ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

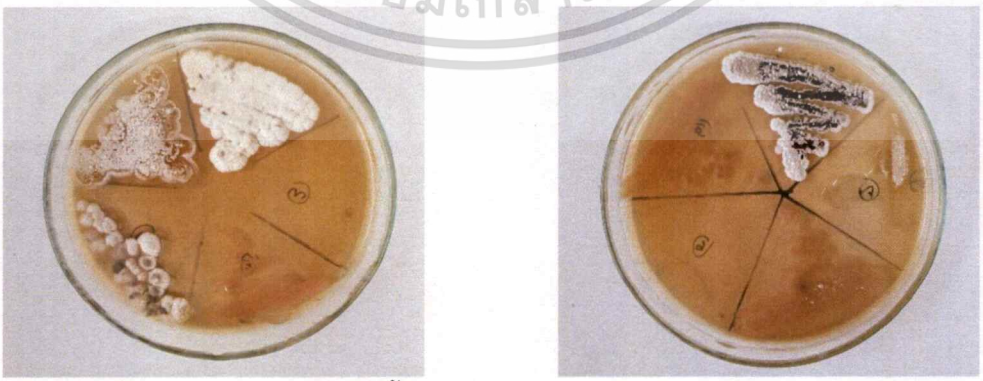
ภาคผนวก จ

รูปผลการทดการทนได้ต่ออุณหภูมิต่างๆ



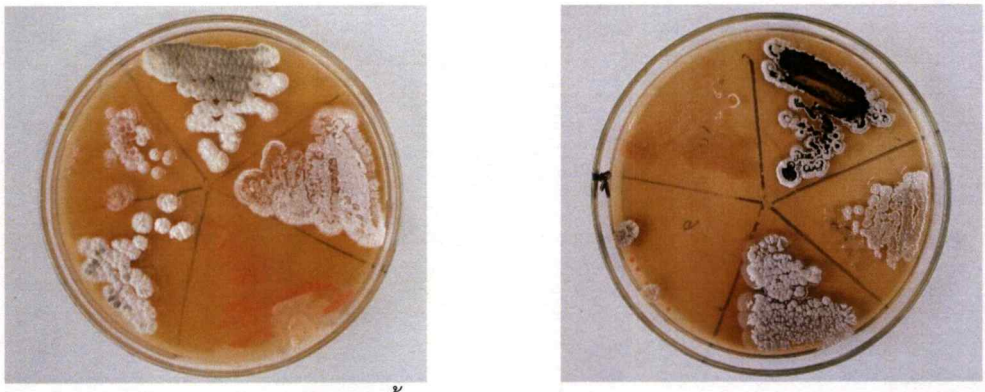
รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 4 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 20 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 25 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

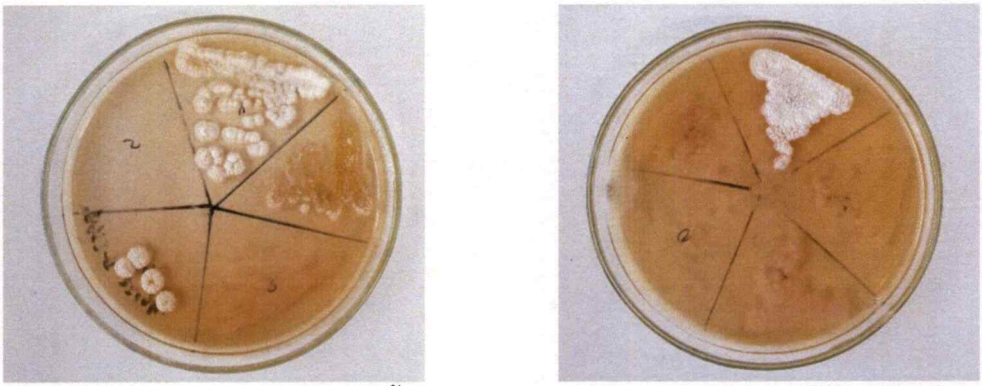


รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 30 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 40 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 47 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 55 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

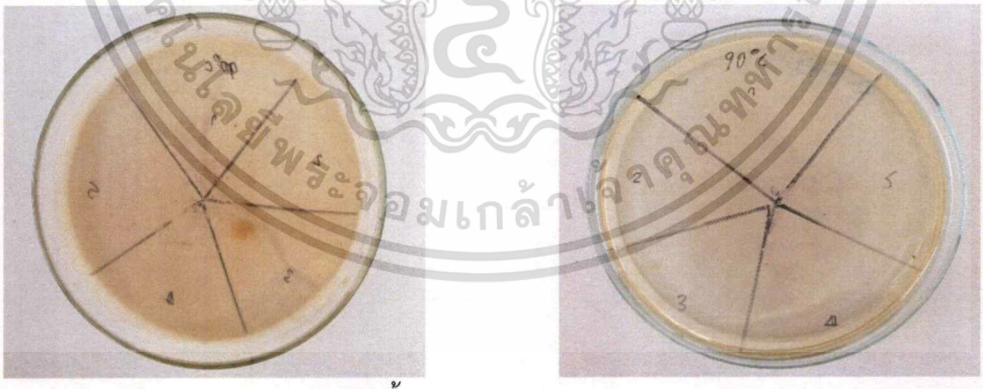
รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 60 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 65 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

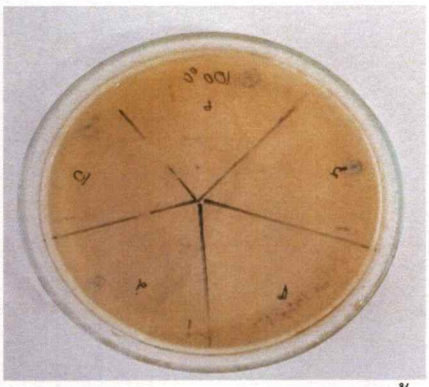
รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 70 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

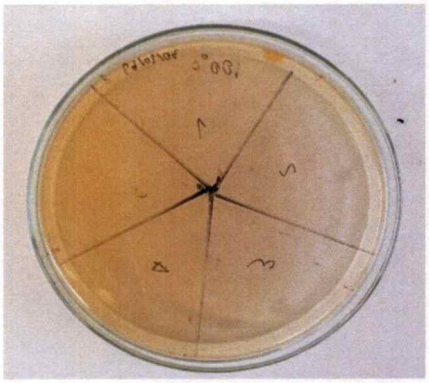
รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 80 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 90 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



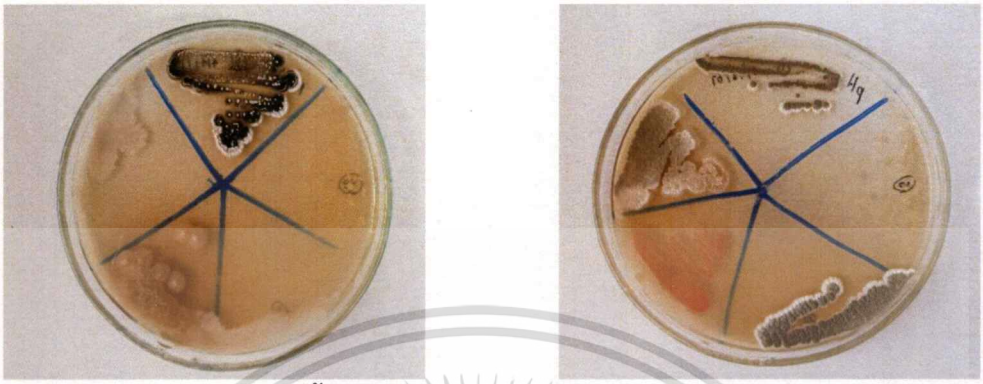


รูปผลการทนต่ออุณหภูมิ 100 °C ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

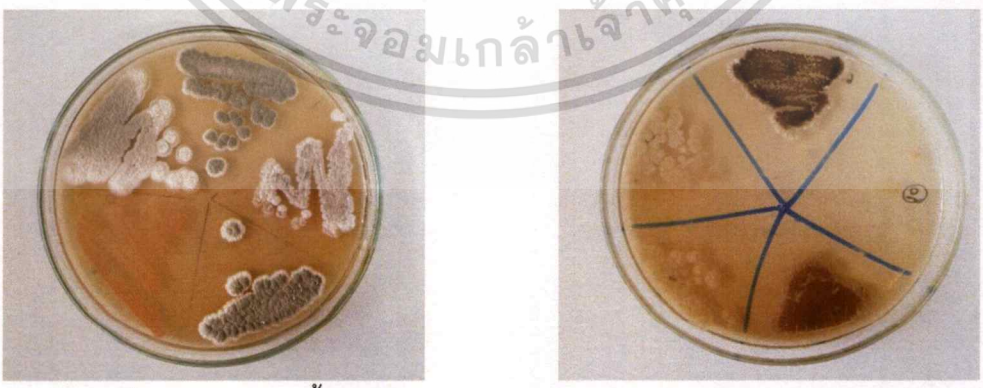
ภาคผนวก ฉ

รูปผลการทนต่อความเป็นกรดด่าง



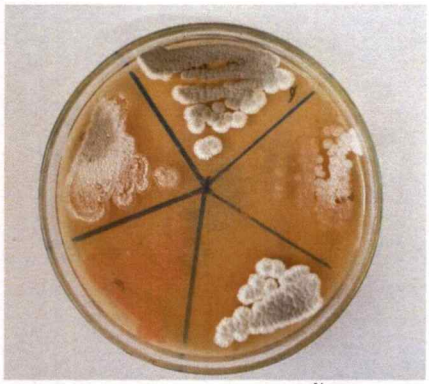
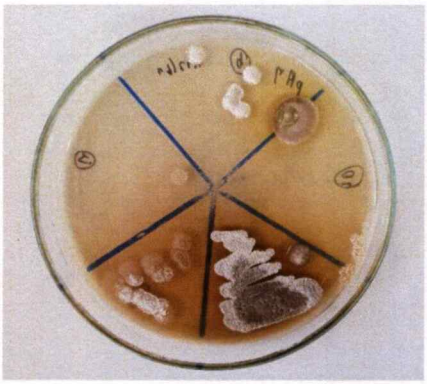
รูปผลการทนเกลือ pH 5.5 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ pH 6.0 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

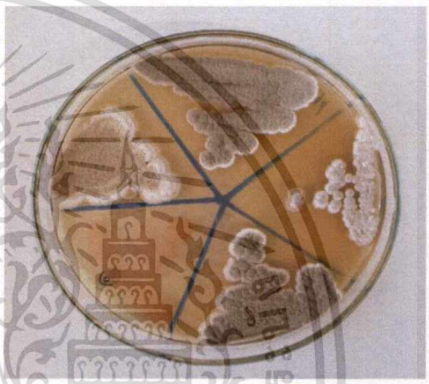


รูปผลการทนเกลือ pH 6.5 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปผลการทนเกลือ pH 7.0 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



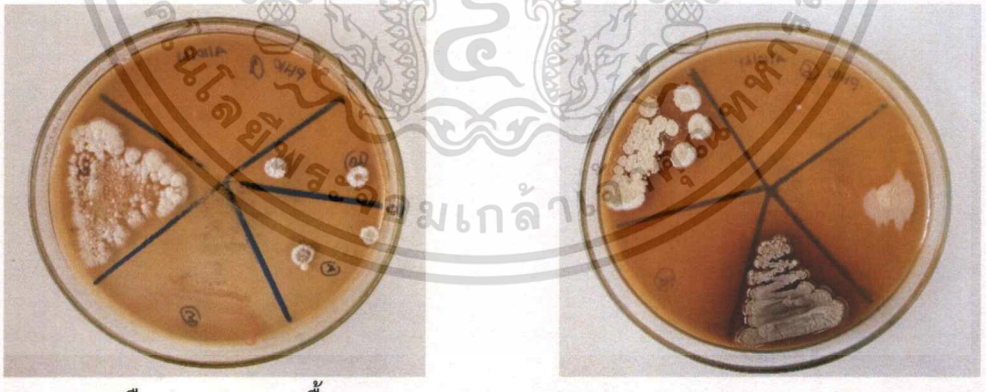
รูปผลการทนเกลือ pH 7.2 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-537

รูปผลการทนเกลือ pH 7.5 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

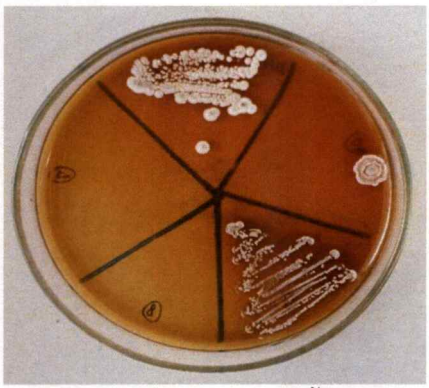
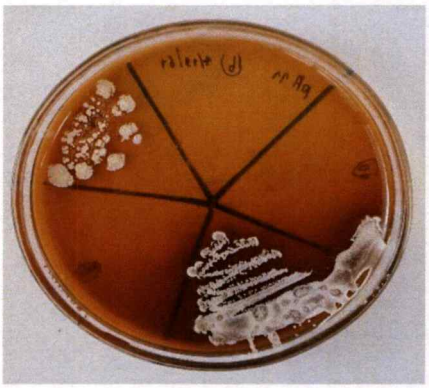
รูปผลการทนเกลือ pH 8.0 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ pH 9.0 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

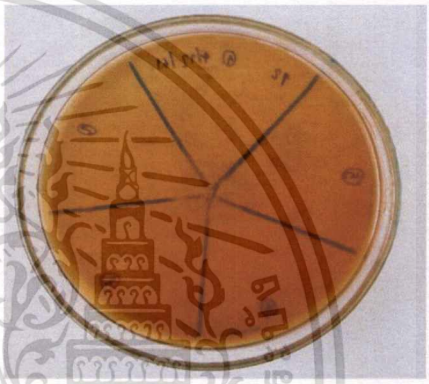


รูปผลการทนเกลือ pH 10. ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

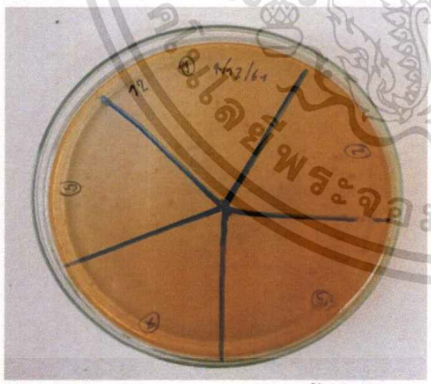
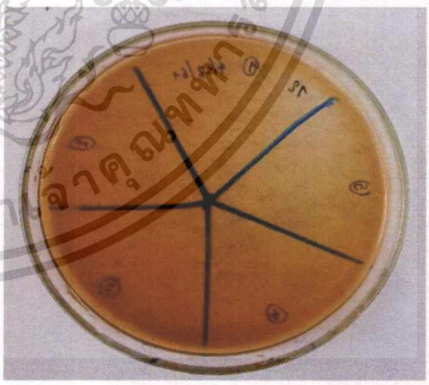
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปผลการทนเกลือ pH 11 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



รูปผลการทนเกลือ pH 12 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

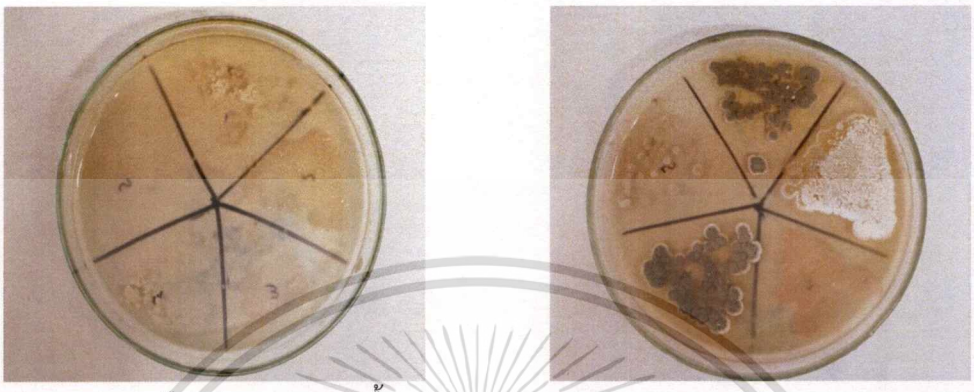



รูปผลการทนเกลือ pH 13 ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

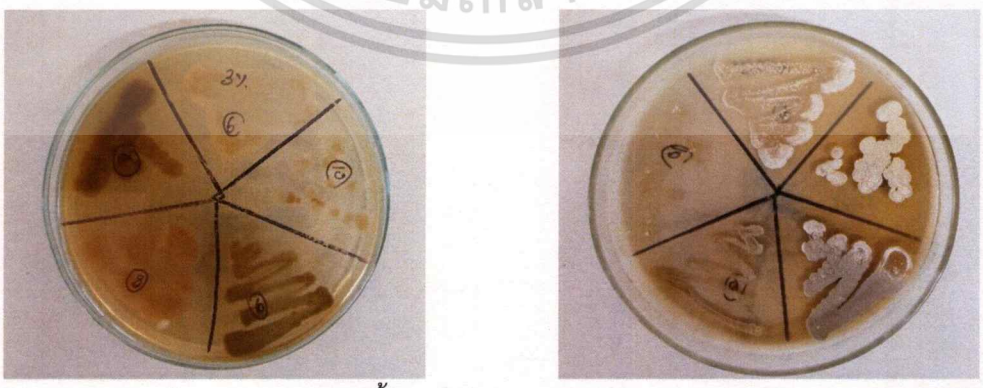
ภาคผนวก ช

รูปผลการทนต่อแรงดันออสโมติก



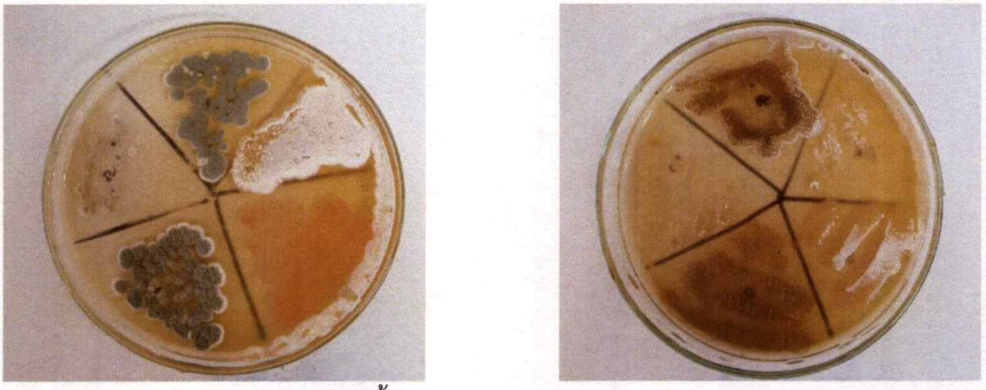
รูปผลการทนเกลือ PGE 1 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ PGE 2 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

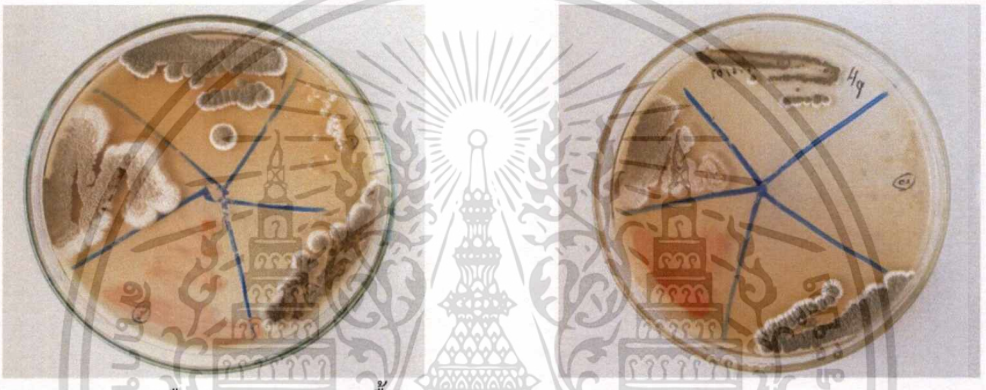


รูปผลการทนเกลือ PGE 3 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

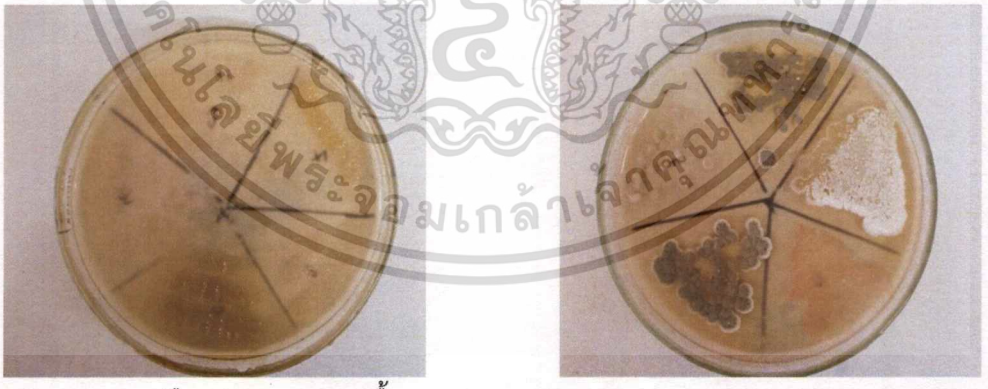
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการทนเกลือ PGE 4 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

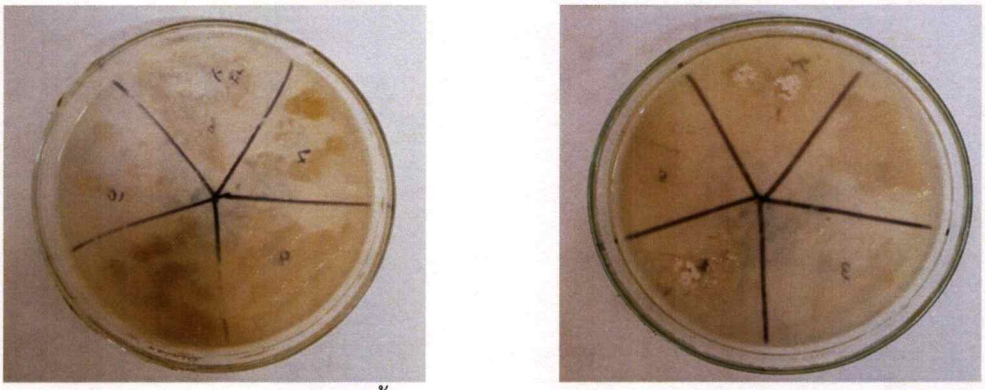


รูปผลการทนเกลือ PGE 4 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5



รูปผลการทนเกลือ PGE 6 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

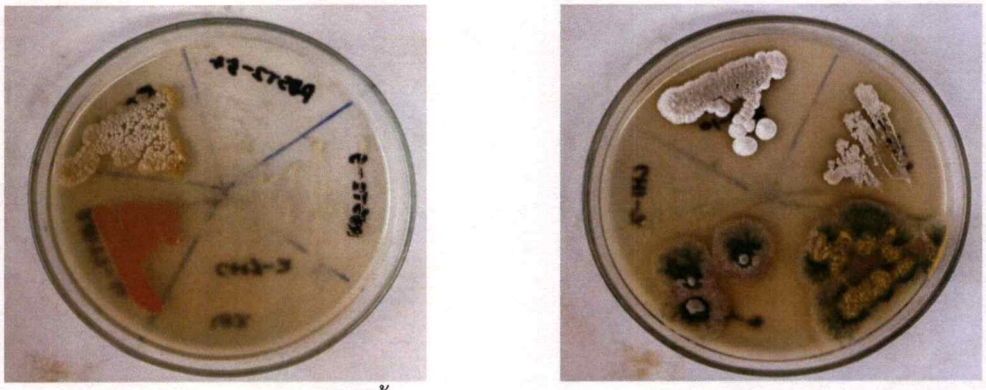


รูปผลการทนเกลือ PGE 7 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ PGE 1 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

รูปผลการทนเกลือ PGE 1 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการทนเกลือ PGE 1 % ของเชื้อ CH1-7,CH5-5,CH5-8,CH9-7,SP2-7,SP2-10,RBST2-9,RBST2-54,RBST2-65 และ SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

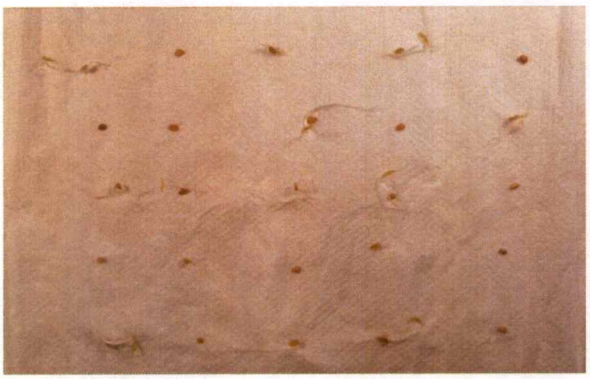
รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก Control

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก CH1-7

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก CH5-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

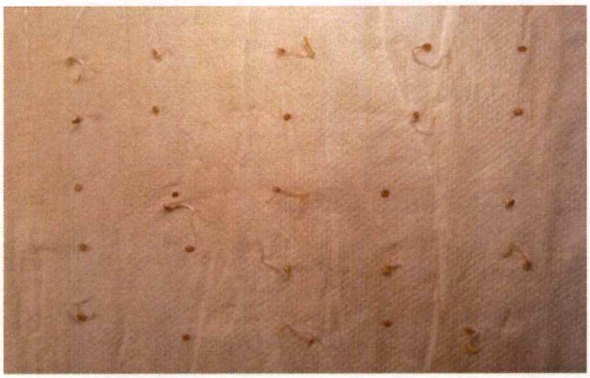


รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก CH5-8

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก CH9-7

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก SP2-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

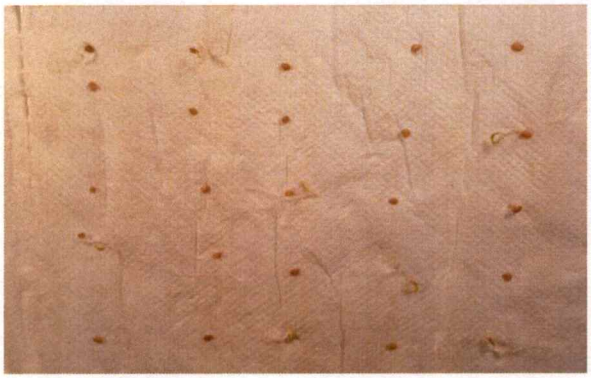


รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก SP2-10

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก RBST2-9

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก RBST2-54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก RBST2-65

รูปผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริก SBST2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

รูปผลการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารแข็ง

ตารางที่ แสดงปริมาณเชื้อ 10 ไอโซเลตในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง)

ลำดับที่	ไอโซเลต	ปริมาณ (CFU/ml)
1	SP2-10	$1.5x\,10^7$
2	CH5-5	1.8×10^7
3*	SP2-7	9.3×10^7
4	CH5-8	1.6×10^7
5	CH1-7	1.1×10^7
6	CH9-7	2.8×10^7
7	RBST2-65	1.5×10^7
8	SBST2-5	1.8×10^7
9	RBST2-54	2.1×10^7
10	RBST2-9	3.1×10^7

หมายเหตุ: * = เชื้อที่เลี้ยงในอาหารเหลว

ปริมาณเชื้อแอคติโนมัยสีทในสื่อ(ดินปราศจากสารอาหาร)

ตาราง แสดงปริมาณเชื้อ 10 ไอโซเลตในสื่อ

ลำดับที่	ไอโซเลต	ปริมาณ (CFU/ml)
1	SP2-10	
2	CH5-5	
3*	SP2-7	
4	CH5-8	
5	CH1-7	
6	CH9-7	
7	RBST2-65	
8	SBST2-5	
9	RBST2-54	
10	RBST2-9	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

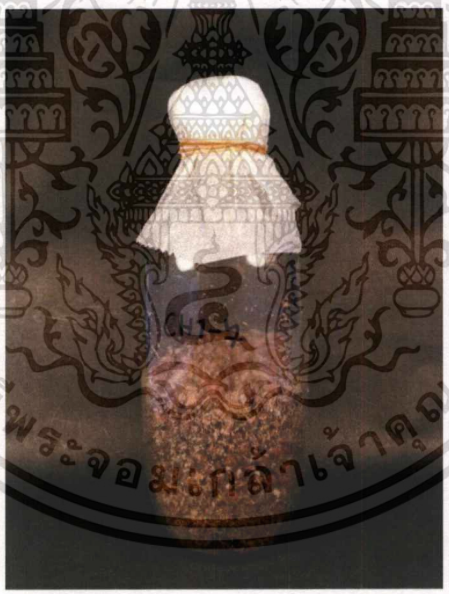
การทดลองเลี้ยงเชื้อมนอาหารแข็ง

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต CH5-5 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง28-32 องศาเซลเซียส

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต CH2-7 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง28-32 องศาเซลเซียส

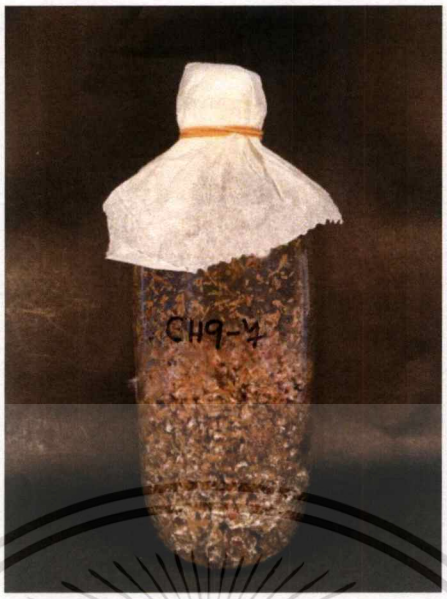
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต CH5-8 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง28-32 องศาเซลเซียส



รูปที่.. เชื้อไอโซเลต CH1-7 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง28-32 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่.. เชื้อไอโซเลต CH9-7 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง28-32 องศาเซลเซียส

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต RBST2-65 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง28-32 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต SBST2-5 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 28-32 องศาเซลเซียส

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต RBST2-54 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 28-32 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่.. เชื้อไอโซเลต RBST2-54 เลี้ยงในอาหารแข็ง(ข้าวฟ่าง) เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 28-32 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ญ

รูปผลการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อในพืช

รูปผลการส่งเสริมการเจริญของพืชในกระถางควบคุมเชิงลบ

รูปผลการส่งเสริมการเจริญของพืชในกระถางควบคุมเชิงบวก

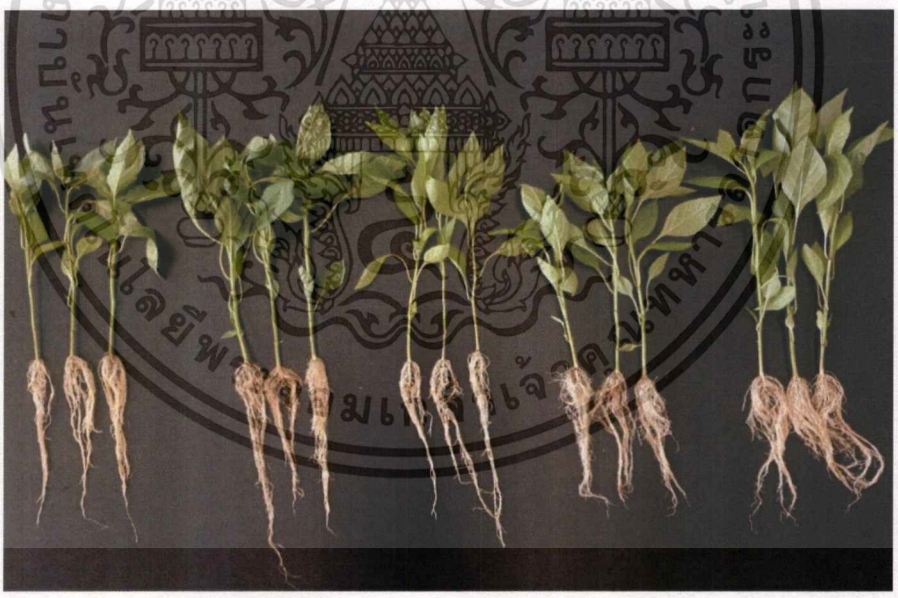
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปผลการส่งเสริมการเจริญของพืชในกระถางที่เติม Actino product 1

รูปผลการส่งเสริมการเจริญของพืชในกระถางที่เติม Actino product 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปผลการส่งเสริมการเจริญของพืชในกระถางที่เติม Actino product 3



รูปเปรียบเทียบผลการส่งเสริมการเจริญของพืชใน Negative control, Positive control, Actino product 1, Actino product 2 , Actino product 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการส่งเสริมการเจริญทางสถิติ

ความสูงของต้น

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Yield

LSD

(I) Variety	(J) Variety	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ตัวควบคุมเชิงลบ	ตัวควบคุมเชิงบวก	.06800	2.06921	.974	-4.2483	4.3843
	Actino product 1	-.17600	2.06921	.933	-4.4923	4.1403
	Actino product 2	-1.13000	2.06921	.591	-5.4463	3.1863
	Actino product 3	-5.59600*	2.06921	.014	-9.9123	-1.2797
ตัวควบคุมเชิงบวก	ตัวควบคุมเชิงลบ	-.06800	2.06921	.974	-4.3843	4.2483
	Actino product 1	-.24400	2.06921	.907	-4.5603	4.0723
	Actino product 2	-1.19800	2.06921	.569	-5.5143	3.1183
	Actino product 3	-5.66400*	2.06921	.013	-9.9803	-1.3477
Actino product 1	ตัวควบคุมเชิงลบ	.17600	2.06921	.933	-4.1403	4.4923
	ตัวควบคุมเชิงบวก	.24400	2.06921	.907	-4.0723	4.5603
	Actino product 2	-.95400	2.06921	.650	-5.2703	3.3623
	Actino product 3	-5.42000*	2.06921	.016	-9.7363	-1.1037
Actino product 2	ตัวควบคุมเชิงลบ	1.13000	2.06921	.591	-3.1863	5.4463
	ตัวควบคุมเชิงบวก	1.19800	2.06921	.569	-3.1183	5.5143
	Actino product 1	.95400	2.06921	.650	-3.3623	5.2703
	Actino product 3	-4.46600*	2.06921	.043	-8.7823	-.1497
Actino product 3	ตัวควบคุมเชิงลบ	5.59600*	2.06921	.014	1.2797	9.9123
	ตัวควบคุมเชิงบวก	5.66400*	2.06921	.013	1.3477	9.9803
	Actino product 1	5.42000*	2.06921	.016	1.1037	9.7363
	Actino product 2	4.46600*	2.06921	.043	.1497	8.7823

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนใบ

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Yield

LSD

(I) Variety	(J) Variety	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ตัวควบคุมเชิงลบ	ตัวควบคุมเชิงบวก	-9.00000*	3.28998	.013	-15.8628	-2.1372
	Actino product 1	-1.80000	3.28998	.590	-8.6628	5.0628
	Actino product 2	-8.00000*	3.28998	.025	-14.8628	-1.1372
	Actino product 3	-1.80000	3.28998	.590	-8.6628	5.0628
ตัวควบคุมเชิงบวก	ตัวควบคุมเชิงลบ	9.00000*	3.28998	.013	2.1372	15.8628
	Actino product 1	7.20000*	3.28998	.041	.3372	14.0628
	Actino product 2	1.00000	3.28998	.764	-5.8628	7.8628
	Actino product 3	7.20000*	3.28998	.041	.3372	14.0628
Actino product 1	ตัวควบคุมเชิงลบ	1.80000	3.28998	.590	-5.0628	8.6628
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-7.20000*	3.28998	.041	-14.0628	-.3372
	Actino product 2	-6.20000	3.28998	.074	-13.0628	.6628
	Actino product 3	.00000	3.28998	1.000	-6.8628	6.8628
Actino product 2	ตัวควบคุมเชิงลบ	8.00000*	3.28998	.025	1.1372	14.8628
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-1.00000	3.28998	.764	-7.8628	5.8628
	Actino product 1	6.20000	3.28998	.074	-.6628	13.0628
	Actino product 3	6.20000	3.28998	.074	-.6628	13.0628
Actino product 3	ตัวควบคุมเชิงลบ	1.80000	3.28998	.590	-5.0628	8.6628
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-7.20000*	3.28998	.041	-14.0628	-.3372
	Actino product 1	.00000	3.28998	1.000	-6.8628	6.8628
	Actino product 2	-6.20000	3.28998	.074	-13.0628	.6628

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวราก

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Yield

LSD

(I) Variety	(J) Variety	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ตัวควบคุมเชิงลบ	ตัวควบคุมเชิงบวก	-.13400	1.93651	.946	-4.1735	3.9055
	Actino product 1	.20800	1.93651	.916	-3.8315	4.2475
	Actino product 2	1.12800	1.93651	.567	-2.9115	5.1675
	Actino product 3	2.40000	1.93651	.230	-1.6395	6.4395
ตัวควบคุมเชิงบวก	ตัวควบคุมเชิงลบ	.13400	1.93651	.946	-3.9055	4.1735
	Actino product 1	.34200	1.93651	.862	-3.6975	4.3815
	Actino product 2	1.26200	1.93651	.522	-2.7775	5.3015
	Actino product 3	2.53400	1.93651	.206	-1.5055	6.5735
Actino product 1	ตัวควบคุมเชิงลบ	-.20800	1.93651	.916	-4.2475	3.8315
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-.34200	1.93651	.862	-4.3815	3.6975
	Actino product 2	.92000	1.93651	.640	-3.1195	4.9595
	Actino product 3	2.19200	1.93651	.271	-1.8475	6.2315
Actino product 2	ตัวควบคุมเชิงลบ	-1.12800	1.93651	.567	-5.1675	2.9115
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-1.26200	1.93651	.522	-5.3015	2.7775
	Actino product 1	-.92000	1.93651	.640	-4.9595	3.1195
	Actino product 3	1.27200	1.93651	.519	-2.7675	5.3115
Actino product 3	ตัวควบคุมเชิงลบ	-2.40000	1.93651	.230	-6.4395	1.6395
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-2.53400	1.93651	.206	-6.5735	1.5055
	Actino product 1	-2.19200	1.93651	.271	-6.2315	1.8475
	Actino product 2	-1.27200	1.93651	.519	-5.3115	2.7675

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสด

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Yield

LSD

(I) Variety	(J) Variety	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ตัวควบคุมเชิงลบ	ตัวควบคุมเชิงบวก	-3.87000*	.91689	.000	-5.7826	-1.9574
	Actino product 1	1.22200	.91689	.198	-.6906	3.1346
	Actino product 2	.62400	.91689	.504	-1.2886	2.5366
	Actino product 3	-.98000	.91689	.298	-2.8926	.9326
ตัวควบคุมเชิงบวก	ตัวควบคุมเชิงลบ	3.87000*	.91689	.000	1.9574	5.7826
	Actino product 1	5.09200*	.91689	.000	3.1794	7.0046
	Actino product 2	4.49400*	.91689	.000	2.5814	6.4066
	Actino product 3	2.89000*	.91689	.005	.9774	4.8026
Actino product 1	ตัวควบคุมเชิงลบ	-1.22200	.91689	.198	-3.1346	.6906
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-5.09200*	.91689	.000	-7.0046	-3.1794
	Actino product 2	-.59800	.91689	.522	-2.5106	1.3146
	Actino product 3	-2.20200*	.91689	.026	-4.1146	-.2894
Actino product 2	ตัวควบคุมเชิงลบ	-.62400	.91689	.504	-2.5366	1.2886
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-4.49400*	.91689	.000	-6.4066	-2.5814
	Actino product 1	.59800	.91689	.522	-1.3146	2.5106
	Actino product 3	-1.60400	.91689	.096	-3.5166	.3086
Actino product 3	ตัวควบคุมเชิงลบ	.98000	.91689	.298	-.9326	2.8926
	ตัวควบคุมเชิงบวก	-2.89000*	.91689	.005	-4.8026	-.9774
	Actino product 1	2.20200*	.91689	.026	.2894	4.1146
	Actino product 2	1.60400	.91689	.096	-.3086	3.5166

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้