รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2557

การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ ***Bacillus subtilis*** ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล

Use of microbial product *Bacillus subtilis* for growth promotion of rice seedlings grown in salinity soil

นายอนุเทพ ภาสุระ

มหาวิทยาลัยบูรพา

กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘

รหัสโครงการ **2557A10862011**

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2557

การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล

นายอนุเทพ ภาสุระ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สนับสนุนโดยสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัย
ในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2557 และได้รับความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่ายจึงทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุก ๆ ฝ่ายที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยนี้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมอันได้แก่ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เกษตรกรที่ให้คณะผู้วิจัยเข้าไปเก็บตัวอย่างและสอบถามรายละเอียดหลายประการ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้อาจจะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศไทยในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัย

กันยายน 2558

การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว ที่ปลูกในสภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้ *Bacillus subtilis* ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสภาวะดินเค็ม โดยนำเมล็ดข้าวทั้งสองพันธุ์มาแช่ในสารละลายเชื้อที่ความเข้ม 10^6 10^7 และ 10^8 cfu/ml เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดข้าวทดสอบปลูกในถาดเพาะกล้าจนต้นกล้าอายุ 7 วัน จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (0% 1% และ 1.5%) ปรับระดับสารละลายให้คงที่และปลูกภายใต้สภาวะการได้รับแสงธรรมชาติเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นสุ่มเลือกต้นกล้าข้าวจากแต่ละกรรมวิธี จำนวน 30 ต้น นำมาวัดความยาวราก ความยาวลำต้น ชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว ตรวจนับปริมาณ *Bacillus subtilis* จากดินและรากข้าวทั้งสองชนิดหลังการปลูก พบว่า ความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักแห้งของข้าวจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามความเข้มข้นของสารละลายเชื้อแบคทีเรียที่เติม ส่วนความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มเข้มของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในดินและรากของต้นกล้าข้าวลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: *Bacillus subtilis*, ดินเค็ม, ต้นกล้าข้าว

Use of microbial product *Bacillus subtilis* for growth promotion of rice seedlings grown in salinity soil

ABSTRACT

This study examined the effect of *Bacillus subtilis* isolated from a microbial product on growth promotion of rice seedlings grown in saline conditions. Two cultivars of rice seeds, KDML105 and Pathumthani 1, were soaked in *B. subtilis* solutions at a concentration of 10^6, 10^7 or 10^8 cfu / ml for 6 hours and then soaked rice seeds were grown in moist trays. After rice seeds germinated for 7 days, sodium chloride solution at 0%, 1% and 1.5% were added to the trays and grew for 14 days under natural light condition. Thirty rice seedlings were randomly sampled from each treatment. Rice seedling growth in terms of root length, stem length, fresh weight and dry weight of seedlings were measured. The results showed that stem length, root length and dry weight of rice increased where grown in conditions of high concentration of *B. subtilis*. However, stem length, dry weight of rice were decreased when the concentrations of sodium chloride increased. Population densities of *B. subtilis* in soil and roots were also determined. It was found that *B. subtilis* in the soil and roots of rice seedlings decreased when the concentration of sodium chloride increased.

Keywords: *Bacillus subtilis*, Sodium chloride, growth of rice seedlings

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง..... ข

สารบัญภาพ..... ง

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา..... 3

ลักษณะทั่วไปของ *Bacillus subtilis*..... 3

รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าว..... 4

รายละเอียดเกี่ยวกับความเค็มของดินและการทนเค็มของพืช..... 7

รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา..... 9

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 12

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 16

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง..... 38

ผลผลิตที่เกิดขึ้นระหว่างการรับทุน..... 46

รายงานสรุปการเงิน..... 47

เอกสารอ้างอิง..... 48

ภาคผนวก..... 51

ประวัตินักวิจัย..... 77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับความเค็มของดินและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช	8
2	ค่าความเค็มของดินกับพืชที่ยังสามารถเจริญเติบโตได้และให้ผลผลิตลดลงไม่เกิน 50%.....	9
3	ระดับความเค็มดินและผลผลิตพืช.....	9
4	ผลการทดสอบทางชีวเคมีเทียบกับ Bergey's Manual Determinative Bacteriology.....	17
5	ผลของสารละลาย *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้นต่างๆต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	18
6	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ *B. subtilis* และพันธุ์ข้าวต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว.....	19
7	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	21
8	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	21
9	ผลของปริมาณ *B. subtilis* ที่มีผลต่อความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	24
10	ผลของปริมาณ *B. subtilis* ที่มีผลต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	24
11	ผลของปริมาณ *B. subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	27
12	ผลของปริมาณ *B. subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์.....	28
13	ผลของปริมาณ *B. subtilis*, สารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ย.....	32
14	ผลของปริมาณ *B. subtilis*, สารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ย.....	33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว.....	35
16	ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว.....	35
17	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว.....	36
18	ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว	36
19	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว.....	37
20	ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ *B. subtilis* และพันธุ์ข้าวที่มีต่อแบคทีเรียในดินและรากของต้นกล้าข้าวของต้นกล้าข้าว 2 สายพันธุ์.....	39
21	ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อแบคทีเรียที่พบในดิน.....	40
22	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความยาวรากเฉลี่ย.....	52
23	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความยาวลำต้นเฉลี่ย.....	56
24	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าน้ำหนักสดเฉลี่ย.....	60
25	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าน้ำแห้งเฉลี่ย.....	61
26	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแบคทีเรียในดิน.....	63
27	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแบคทีเรียในราก.....	64
28	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ANOVA ของปัจจัยได้แก่ สายพันธุ์ข้าว ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และปริมา *B.subtilis* ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว.....	69
29	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ANOVA ของปัจจัยได้แก่ สายพันธุ์ข้าว ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และปริมาณ *B. subtilis* ที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียในดินและรากต้นกล้าข้าว..	70

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของเซลล์และเอนโดสปอร์ *B. subtilis* เมื่อมองผ่านเลนส์กล้องจุลทรรศน์.....	3
2	พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105.....	4
3	เมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105.....	5
4	พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1.....	6
5	ลักษณะภาพใต้กล้องจุลทรรศน์ของเซลล์แบคทีเรียที่แยกได้จากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์.....	16
6	ความยาวรากเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ.....	22
7	ความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	22
8	ความยาวรากเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดก่อนปลูกด้วยสารละลาย *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นต่างๆ	25
9	ความยาวลำต้นเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี1 ที่แช่เมล็ดก่อนปลูกด้วยสารละลาย *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นต่างๆ	25
10	ผลของปริมาณ *B. subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ย.....	29
11	ผลของปริมาณ *B. subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ย.....	29
12	ผลของปริมาณ *B. subtilis*, สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ย.....	34
13	ผลของปริมาณ *B. subtilis*, สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ย.....	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ความยาวของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ.....	71
15	ความยาวของรากข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ.....	73
16	ความยาวของลำต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ.....	74
17	ความยาวของลำต้นข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ.....	75
18	ถาดเพาะต้นกล้าและภาชนะที่ใช้ปลูก.....	76
19	ต้นกล้าข้าวอายุ 14 วัน.....	76

บทที่ 1
บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ ปัจจุบันคนเอเชียประมาณ 3,000 ล้านคน บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (ประพาส วีระแพทย์, 2553) ข้าวจึงนับว่ามีความสำคัญและมีคุณประโยชน์ต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์นับแต่อดีตถึงปัจจุบัน ข้าวนอกจากจะใช้บริโภคเป็นอาหารหลักประจำวันของประชาชนแล้วยังใช้ทำเป็นอาหารหวานและขนมชนิดต่าง ๆ เช่น ลอดช่อง ปลากริมไข่เต่า ขนมกล้วย ขนมหม้อแกง ทำเป็นแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และทำเส้นก๋วยเตี๋ยวอีกด้วย (มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2556) ในการปลูกข้าวนั้นความอุดมสมบูรณ์ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต การปลูกพืชในดินดีหรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงย่อมให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีกว่าที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงนั้นหมายถึงดินที่สามารถให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืชได้อย่างครบทุกธาตุอย่างเพียงพอ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน นอกจากปริมาณธาตุอาหารในดินแล้วสมบัติด้านอื่นของดินก็มีความสำคัญ เช่น อินทรียวัตถุของดิน และลักษณะทางกายภาพเช่น เนื้อดิน จะส่งผลถึงความแน่นทึบ การอุ้มน้ำ และการระบายน้ำ ระบายอากาศของดินว่าดีหรือไม่ (ดินและพืช, 2552) แต่ในปัจจุบันเกษตรกรได้ประสบกับปัญหาเกี่ยวกับสภาพดินเค็มโดยเฉพาะพื้นที่ภาตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีค่าความเค็มอยู่ระหว่าง 2-16 เดซิเซเมนต่อเมตร (คู่มือเกษตรกร, 2552) ซึ่งส่งผลต่อการเพาะปลูกเป็นบริเวณกว้าง ดินเค็มเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แห้งแล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทั้งในเขตชลประทานและเขตอาศัยน้ำฝน พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และพื้นที่ชายทะเล (อรุณี ยูวะนิยม, 2551) ปัญหาดินเค็มมีผลกระทบโดยตรงต่อการเกษตรทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพของพืชลดลง สำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มจะสังเกตเห็นได้จากต้นข้าวมีการเจริญเติบโตที่ไม่สม่ำเสมอ มีการแตกกอน้อย ลำต้นแคระแกร็น ปลายใบไหม้และม้วนงอ ในพื้นที่ดินเค็มจัด ต้นข้าวจะตายเป็นหย่อม ๆ ในช่วงฝนทิ้งช่วง พื้นดินจะแห้ง ถ้าเป็นระยะที่ ข้าวกำลังออกดอก ออกรวงจะทำให้ข้าวเมล็ดลีบและให้ผลผลิตต่ำ(ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2552)

การประยุกต์ใช้วิธีทางธรรมชาติโดยใช้ไรโซแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR) ถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และมีรายงานว่าสามารถนำมาลดผลกระทบความเค็มที่มีต่อต้นกล้าข้าวสาลี (Zahir, Naveed, Nadeem & Naveed, 2013) อีกทั้งยังช่วยให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมี โดยเฉพาะ

ปุ๋ยเคมีทำให้ลดค่าใช้จ่ายและลดปัญหาดินเสื่อมสภาพได้ มีรายงานว่า *Bacillus* เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ซึ่งปัจจุบันทั้งต่างประเทศและในประเทศไทยก็มีการผลิตเป็นการค้าแล้ว เช่น *B. subtilis* MBI 600 ซึ่งในการป้องกันกำจัดโรคใบไหม้ในข้าว และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้ดี (Kumar *et al*., 2011)

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ *Bacillus subtilis* ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็ม โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ เมล็ดพันธุ์ข้าว ความเข้มข้นของสารละลายเชื้อ และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็ม

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ *Bacillus subtilis* ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็ม

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของ *B. subtilis* ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ปทุมธานี 1ที่ปลูกในสภาพดินเค็ม

สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณดาดฟ้าและห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา BS 6103 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

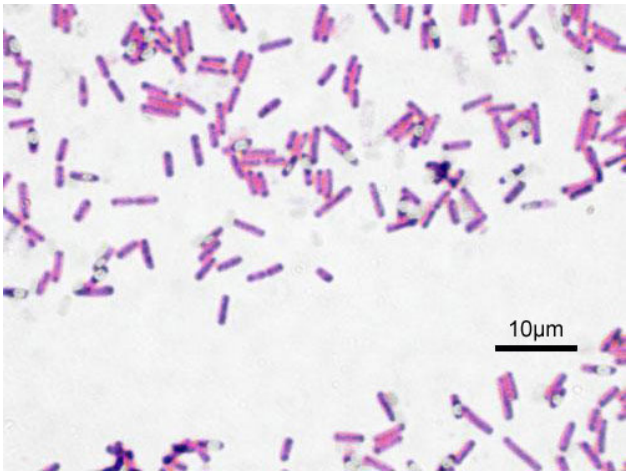
บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจำแนกได้เป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

1. รายละเอียดเกี่ยวกับ *Bacillus subtilis*
2. รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวและการเจริญเติบโตของข้าว
3. รายละเอียดเกี่ยวกับความเค็มของดินและการทนเค็มของพืช
4. รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

1. รายละเอียดเกี่ยวกับ *Bacillus subtilis*

1.1 ลักษณะทั่วไปของ *Bacillus subtilis*



ภาพที่ 1 ลักษณะของเซลล์และเอนโดสปอร์ *Bacillus subtilis* เมื่อมองผ่านเลนส์กล้องจุลทรรศน์

(ที่มา: ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ, 2555)

Bacillus subtilis เป็นแบคทีเรียที่มีรูปท่อน ย้อมติดสีแกรมบวก สร้างสปอร์ สามารถสร้างแคปซูล(capsule) ได้และยังสามารถสร้างแอนโดสปอร์ (bacterial endospore) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความทนทานต่อความร้อน ความแห้งแล้ง สารเคมี และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ ได้ดี จัดอยู่ในวงศ์ Bacillaceae ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับ *Clostridium* และ *Desulfotomaculum* แหล่งที่อยู่อาศัยพบได้ทั่วไปในดิน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2554)

Bacillus subtilis เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ปกติมักจะพบอาศัยอยู่ภายในพืช โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อพืชที่อาศัยอยู่ มีคุณสมบัติสำหรับป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุ และเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของโรคพืชได้หลายชนิด และในขณะเดียวกันเชื้อ *Bacillus subtilis* เป็นจุลินทรีย์ ที่ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ สัตว์ และไม่มีพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม มีความสามารถในการปรับตัวและทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรเปลี่ยนโดยการสร้างสปอร์ และทนต่อสภาพอากาศร้อนชื้นได้ดี ทั้งยังสามารถสร้างสารปฏิชีวนะได้หลายชนิด และสามารถแก่งแย่ง ธาตุอาหารได้ดีกว่าจุลินทรีย์อื่น ๆในสภาพแวดล้อมที่ขาดแคลน (ชีวินทรีย์ป้องกันกำจัดโรคพืช, 2553)

2. รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์ข้าว

2.1.1 พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ภาพที่ 2 พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105
(ที่มา: กรมการข้าว, 2553)

ชื่อพันธุ์ - ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105)

ชนิด - ข้าวเจ้าหอม

ลักษณะประจำพันธุ์ 1. เป็นข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง

2. เป็นข้าวต้นสูงประมาณ 140-150 เซนติเมตร

3. อายุเก็บเกี่ยว ข้าวจะออกดอกประมาณวัน ที่ 20 ตุลาคม และ สุกแก่เก็บเกี่ยวได้ ประมาณวันที่ 20 พฤศจิกายน ของทุกปี

4. ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 8 สัปดาห์

5. ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร

6. ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือก เมล็ดเรียวยาว ก้นงอน สีฟาง

ภาพที่ 3 เมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
(ที่มา: กรมการข้าว, 2553)

ลักษณะเด่น
- ทนแล้งได้ดีพอสมควร
- เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการสีดี
- คุณภาพการหุงต้มดี อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอม
- ทนต่อสภาพดินเปรี้ยว และดินเค็ม

ข้อควรระวัง
- ไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ และโรคใบหงิก
- ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และหนอนกอ

พื้นที่แนะนำ
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนบน

(กรมการข้าว, 2553)

2.1.2 พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1

ภาพที่ 4 พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1
(ที่มา: กรมการข้าว, 2550)

ชื่อพันธุ์ - ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1)

ชนิด - ข้าวจ้าว

ลักษณะประจำพันธุ์ - เป็นข้าวจ้าว สูงประมาณ 104 - 133 เซนติเมตร
- อายุการเก็บเกี่ยวประมาณอายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 104 - 126 วัน
- ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว
- เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน มีหางเล็กน้อย
- ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3 - 4 สัปดาห์

ลักษณะเด่น - ผลผลิตสูง
- คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105
- ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว
- ต้านทานโรคไหม้ และโรคขอบใบแห้ง

ข้อควรระวัง - ค่อนข้างอ่อนแอเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม

พื้นที่แนะนำ - เขตชลประทานในภาคกลาง
(กรมการข้าว, 2555)

3. รายละเอียดเกี่ยวกับความเค็มของดินและการทนเค็มของพืช

ความเค็ม (salinity) หมายถึง ปริมาณเกลือแร่ต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ คิดเป็นหน่วยน้ำหนักเป็นกรัมของสารดังกล่าวต่อกิโลกรัมของน้ำหรือส่วนในพันส่วน (part per thousand, ppt) ใช้สัญลักษณ์ ‰ เกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเค็มของน้ำในมหาสมุทรอยู่ระหว่าง 3.5-3.7% หรือค่าเฉลี่ยประมาณ 3.5% (สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา, 2552)

ดินเค็ม (saline soils) คือ ดินที่มีเกลือละลายได้ในสารละลายดิน ปริมาณมากจนกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั่วไป ดินเค็มมีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สะกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) มากกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (deci siemens/metre, dS/m) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อรุณี ยูวะนิยม, 2551)

วธัญญู ทองเหลือ (2555) ได้วัดแบ่งระดับความเค็มของดินออกเป็น 3 ระดับ คือ
ดินเค็มน้อย หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.12 - 0.25 เปอร์เซ็นต์
ดินเค็มปานกลาง หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.25 - 0.50 เปอร์เซ็นต์
ดินเค็มจัด หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดิน ประมาณ 0.5 - 1.0 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้ คือ ดินจะมีลักษณะชื้นอยู่ตลอดเวลา หากเค็มมากๆ จะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดิน และมักเป็นที่ว่างเปล่าไม่ได้ทำการเกษตร มีวัชพืชทนเค็ม เช่น หนามแดง หนามปี เสมา เหงือกปลาหมอ ลำแพน ลำพู เป็นต้น ลักษณะอีกประการหนึ่งคือ ความเค็มจะไม่มีความสม่ำเสมอในพื้นที่เดียวกันและความเค็มจะแตกต่างกันระหว่างชั้นความลึกของดินซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล สำหรับนาข้าว ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ การแตกกอน้อย ต้นแคระแกรน ใบหนา ข้อสั้น ใบอาจมีสีเขียวเข้ม ขอบปลายใบไหม้และม้วนงอ ในพื้นที่ดินเค็มจัด ต้นข้าวจะตายเป็นหย่อมๆ ในช่วงที่ขาดน้ำผิวดินจะแห้งทาให้ดินมีความเค็มสูงขึ้น ซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลาที่ข้าวออกดอกออกรวงจะทำให้ดอกข้าวลีบ ไม่ติดเมล็ด หรือมีเมล็ดลีบ (วันชัย วงษา, 2553)

ตารางที่ 1 ระดับความเค็มของดินและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	ระดับความเค็ม	อาการของพืช
น้อยกว่า 2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่อพืช
2-4	เค็มน้อย	มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่ทนเค็ม
4-8	เค็มปานกลาง	มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8-15	เค็มมาก	เฉพาะพืชทนเค็มเท่านั้นจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้
มากกว่า 15	เค็มจัด	เฉพาะพืชทนเค็มจัดจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้

(ที่มา: อรุณี ยูวะนิยม, 2551)

การทนเค็มของพืช หมายถึง ความสามารถที่พืชจะทนต่อเกลือปริมาณมากในบริเวณรากพืช พืชชนิดต่างๆ มีความสามารถในการทนเค็มต่างกัน มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทนเค็มของพืชเช่น ชนิดของเกลือ ฟ้าอากาศ สภาพของดิน และอายุ พืชส่วนใหญ่มีผลผลิตลดลงเมื่อสารละลายดินมีค่าการนำ ไฟฟ้า (EC_e) มากกว่า 2 dS/m พืชบางชนิดทนเค็มได้ถึง 4-8 dS/m แต่เมื่อระดับความเค็มสูงถึง 16 dS/m พืชเกือบทุกชนิดแสดงอาการที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงความเค็มทำ ให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจาก

1) ความเครียดออสโมติก (osmotic stress)

2) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (ion toxicity)

3) ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (อรุณี ยูวะนิยม, 2551)

ตารางที่ 2 ค่าความเค็มของดินกับพืชที่ยังสามารถเจริญเติบโตได้และให้ผลผลิตลดลงไม่เกิน 50 %

ชนิดพืช	ระดับความเค็มและชนิดพืชที่เหมาะสำหรับเพาะปลูก (ค่า EC mmho/cm)					
	2.1 – 4.0	4.1 – 6.0	6.1 – 8.0	8.1 – 12.0	12.1 – 16.0	> 16.0
พืชสวน	ถั่วฝักยาว ผักกาดคื่นฉ่าย แตงร้าน	บวบ พริก ข้าวโพดหวาน	กะหล่ำปลี กระเทียม หอมแดง	ผักกาดหัว ถั่วพุ่ม มะเขือเทศ	หน่อไม้ฝรั่ง คะน้า กะเพรา ผักบุ้งจีน ชะอม	ชะคราม สะเม็ด แสม โกงกาง
ไม้ดอกไม้ประดับ	เยอบีร่า	กุหลาบ		บานบุรี บานไม่รู้โรย ชบา เฟื่องฟ้า	คุณนายตื่นสาย เข็ม เขียวหมื่นปี แพรเขียงไฮ้	
พืชไร่,พืชอาหารสัตว์	ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง งา	ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มัน สำปะหลัง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า		หญ้านวลน้อย มันเทศ หญ้าขน หญ้ากินนี	ฝ้าย ป่านศรนารายณ์	
ไม้ผล,ไม้โตเร็ว	กล้วย ลิ้นจี่ มะนาว ส้ม มะม่วง	ปาล์มน้ำมัน ชมพู่ แคร		กระถินณรงค์ ขี้เหล็ก ฝรั่ง ยูคาลิปตัส	ละมุด พุทธา มะขาม มะพร้าว สะเดา	

หมายเหตุ ช่องที่ลงชนิดพืชตรงกับค่าของความเค็มข้างบนแสดงว่าสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็มนั้นและให้ผลผลิตลดลงไม่เกิน 50%

(ที่มา: อุไรลักษณ์ ดวงฉวี, 2556)

ตารางที่ 3 แสดงระดับความเค็มดินและผลผลิตพืช

ระดับการทนเค็ม	การลดลงของการเจริญเติบโตหรือผลผลิตสัมพัทธ์ (%)			
	0	25	50	100
	ระดับความเค็ม (EC_e dS/m)			
ไม่ทนเค็ม	< 1.3	1.4-2.7	2.6-4.2	> 8.0
ทนเค็มน้อย	< 3.0	2.7-6.3	4.2-9.5	> 16.0
ทนเค็มปานกลาง	<6.0	6.3-10.5	9.5-15.0	> 24.0
ทนเค็มมาก	< 10.0	10.5-15.5	15.0-21.0	> 32.0

(ที่มา: วันชัย วงษา, 2553)

4. รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

สุจิตตรา ปะนันโต และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแยกเอนโดไฟติกแบคทีเรียจากรากข้าวเพื่อทดสอบความสามารถในการผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชพบว่า เอนโดไฟติกแบคทีเรียไอโซเลต KJHSB-9 มีความสามารถในการผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ สามารถละลายฟอสเฟต ผลิตออกซิน และผลิตจิบเบอเรลลินได้ 465.9 ไมโครกรัม/มล., 12.0 ไมโครกรัม/มล., 161.4 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ยีน 16S rDNA

ของแบคทีเรีย KJHSB-9 มีความคล้ายคลึงกับ *Bacillus safensis* strain FO-036b ที่ระดับความเหมือน 98 % และ สามารถเข้าสู่รากข้าวได้ทั้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ ข้าวเจ้าหอม สุพรรณบุรี นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เอนโดไฟติกแบคทีเรีย KJHSB-9 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัส ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยเพิ่มความสูง ปริมาณการแตกกอจำนวนรวงต่อกอและผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 5.83 %, 42.62 %, 43.27 % และ 38.42 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) และเพิ่มความสูง ปริมาณการแตกกอ จำนวนรวงต่อกอ และผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 3.15%, 22.56%, 2.55% และ 9.94% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เนื่องจากเอนโดไฟติกแบคทีเรียช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต ยับยั้งจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช ละลายฟอสเฟต และยังช่วยให้ไนโตรเจนอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืช (assimilable nitrogen) ตัวอย่างเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการให้ไนโตรเจนแก่พืช ได้แก่ *Serratia marcesens* อาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และ Aerenchyma ของราก ใบ และลำต้นข้าว นอกจากนี้ยังพบว่า มีเอนโดไฟติกแบคทีเรียบางกลุ่มช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยช่วยให้พืชหลั่ง phytohormones ไปสู่พื้นผิวราก ทำให้เพิ่มการดูดซึมธาตุอาหารอีกด้วย

ธนากร แสงสง่า (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มของไรโซแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือพีจีพีอาร์ (PGPR, plant growth promoting rhizobacteria) ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งเสริมและป้องกันพืชภายใต้สภาวะเครียด ผ่านกลไกทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยการผลิตฮอร์โมนพืช ละลายธาตุอาหารควบคุมการดูดซึมสารอาหาร และชักนำระบบความต้านทานในพืช แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ดำรงชีวิตอิสระในดินในกลุ่มพีจีพีอาร์มีลักษณะที่สำคัญได้แก่ (1) สามารถครอบครอง (colonize) รากพืชได้ (2) อยู่รอดและเพิ่มจำนวนในบริเวณรากพืช และสามารถแข่งกับจุลินทรีย์อื่นได้ (3) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยมีกลไกในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายแบบ ได้แก่ การตรึงไนโตรเจน การละลายธาตุอาหาร การสร้างซิเดอร์โรฟอร์ (siderophore) การสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การสร้างสารปฏิชีวนะและสารยับยั้งรา การเหนี่ยวนำระบบความต้านทาน(induced systemic resistance) นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันพืชจากความเครียดต่างๆได้อีกด้วย

สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร และบุญเทียม เลิศศุภวิทย์นภา (2552) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาคและสรีรวิทยาระหว่างพันธุ์ข้าวทนเค็มและพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในสภาวะความเครียดจากโซเดียมคลอไรด์ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าโซเดียมคลอไรด์ทำความเสียหายต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาค ทั้งในโครงสร้าง stele ที่ราก ท่อลำเลียงน้ำที่รากและลำต้น การสะสม silica knob และการเปลี่ยนแปลงจำนวน stoma ที่ผิวใบข้าว ทำให้

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี ลดลง การเพิ่มความต้านทานต่อการแพร่ที่ปากใบ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของข้าว ทั้งการลดพื้นที่ใบ การสร้างน้ำหนักแห้งทั้งในส่วนต้นและรากข้าว

งามนิจ นนทโส และวันเพ็ญ วิโรจนกูฏ (2556) ได้ทำการศึกษาการชักนำแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชจำนวน 6 ไอโซเลตให้มีความทนเค็ม โดยการทำให้คุ้นเคยกับความเค็มต่างระดับที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในสภาพที่ไม่เติมและเติม 0.5% yeast extract ทำให้ได้แบคทีเรียที่ทนเค็มที่ระดับ EC 9 ds/m การชักนำให้แบคทีเรียทนเค็มยังทำให้บางไอโซเลตซึ่งเดิมมีคุณสมบัติในสร้าง IAA เท่านั้นสามารถเพิ่มคุณสมบัติในการใช้ไนโตรเจนจากอากาศและการละลายฟอสเฟตอีกด้วย พบว่าแบคทีเรียทนเค็มทำให้ค่าดัชนีการงอกเมล็ดข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ชัยนาท 1 ลดลง แต่เมื่อเจือจางกล้าเชื้อในน้ำกลั่น (1:1 v/v) ไอโซเลต Rh16N ทำให้ค่าดัชนีการงอกเพิ่มขึ้นทั้งที่เพาะในน้ำกลั่นและในน้ำเกลือที่มีค่า EC 4 และ 9 ds/m และทำให้ต้นกล้าข้าวที่เจริญในน้ำเกลือที่มีค่า EC 9 ds/m มีค่าความสูงและค่าความยาวของราก สูงกว่าชุดควบคุม

Prathibha and Siddalingeshwara (2013) ได้ทำการศึกษาผลการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas fluorescens* ที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวฟ่างพบว่าทั้ง *B. subtilis* และ *P. fluorescens* มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ด เช่น การงอก ดัชนีความแข็งแรง และคุณค่าทางโภชนาการคือเพิ่มปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมีกิจกรรม peroxidase อีกด้วย โดยจากการทดลองพบว่าผลของการใช้แบคทีเรีย *B. subtilis* และ *P. fluorescens* ช่วยให้เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดข้าวฟ่างดีขึ้น 81 %, 84% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

Jha and Subramanian (2013) ได้ศึกษาการปลูกเชื้อไรโซแบคทีเรีย (PGPR) ลงในนาข้าวเพื่อแสดงถึงสรีรการเจริญเติบโตและสารอาหารภายใต้สภาวะความเค็ม ผลการทดลองพบว่าที่ระดับความเค็มเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ พืชที่ปลูกเชื้อด้วย PGPR แสดงให้เห็นถึงอัตราการงอก การอยู่รอด ความสูงและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับพืชควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อที่ปลูกภายใต้สภาวะความเค็ม สรุปได้ว่าการใช้แบคทีเรีย PGPR สายพันธุ์ *Bacillus pumilus* และ *Pseudomonas pseudoalcaligenes* ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกภายใต้สภาวะความเค็มสามารถลดผลกระทบความเครียดจะเกิดจากความเค็มได้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. พันธุ์ข้าว

    1.1 เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

    1.2 เมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1

2. จุลินทรีย์

    Bacillus subtilis แยกจากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* ชนิดผง ผลิตจำหน่ายโดยเครือข่ายกสิกรรมไร้สารพิษละโว้ธานี จังหวัดลพบุรี

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ

    3.1 Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP AGAR)

    3.2 Nutrient agar (NA)

4. สารเคมี

    4.1 Sodium chloride (NaCl)

    4.2 Alcohol 95%

    4.3 Alcohol 70%

5. อุปกรณ์

    5.1 ดิน

    5.2 ถาดเพาะกล้าขนาด 50 หลุม

    5.3 ภาชนะพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 39.5 x 53.5 x 13 เซนติเมตร

    5.4 จานอาหารเพาะเชื้อ

    5.5 ขวด Duran

    5.6 Autopipette+Tip

    5.7 ปิเปตปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 5 มิลลิลิตร

    5.8 ปากคีบ

    5.9 หลอดทดลองขนาด 16 x 150 เซนติเมตร

    5.10 เครื่องวัดความเค็ม Salinity Refractometer

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การนับและแยก *Bacillus subtilis* จากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ นำตัวอย่างชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ (บาซิลัสพืชผลิตและจำหน่ายโดยเครือข่ายกสิกรรมไร้สารพิษ ละโว้ธานี) จำนวน 1 กรัม เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 99 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเจือจางโดยวิธี serial dilution ตั้งแต่ 10^{-1} – 10^{-6} จากนั้นนำสารละลายชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ 0.1 มิลลิลิตร มาเกลี่ยลงบนอาหาร Nutrient agar (NA) ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนจุลินทรีย์ *B. subtilis* จากชีวภัณฑ์และแยกเชื้อบริสุทธิ์ให้ได้โคโลนีเดี่ยวนำโคโลนีไปย้อมแกรมและส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทดสอบทางชีวเคมี และนำมาขีดลงบนอาหาร Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP)

ตอนที่ 2 การทดสอบ *B. subtilis* กับเมล็ดและต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินเค็ม (สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร และบุญเทียม เลิศศุภวิทย์นภา, 2552)

2.1 ศึกษาผลของความเข้มข้น *B. subtilis* ต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าว

2.1.1 การเตรียมสารละลาย *B. subtilis*

นำ *B. subtilis* มาขีดเชื้อลงบนอาหาร Nutrient agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำเชื้อจากอาหาร Nutrient agar มาทำการเจือจางในสารละลาย 0.85% Normal saline ปรับความเข้มข้นของเชื้อที่ 10^6 10^7 และ 10^8 cfu/ml โดยการเทียบ 0.5 McFarland

2.1.2 การเตรียมเมล็ดข้าวทดสอบ

นำเมล็ดข้าวจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 มาลอยในน้ำสะอาด เลือกใช้เฉพาะเมล็ดข้าวที่จมน้ำห่อด้วยผ้าขาวบ้าง แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดข้าวมาแช่ต่อในสารละลาย *B. subtilis* ที่ความเข้มข้น 10^6 10^7 และ 10^8 cfu / ml เป็นเวลา 6 ชั่วโมงจากนั้นนำเมล็ดข้าวมาวางบนแผ่นกระดาษกรองในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 10 เมล็ดต่อจาน เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน บันทึกผลโดยการนับจำนวนเมล็ดข้าวที่งอกและวัดขนาดความยาวส่วนรากและใบของเมล็ดข้าวที่งอก สำหรับชุดควบคุม คือ เมล็ดข้าวที่แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำเช่นเดียวกันกับเมล็ดข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis*

2.2 ศึกษาผลของ *Bacillus subtilis* ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว (สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร และบุญเทียม เลิศศุภวิทย์นภา, 2552)

นำเมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ปทุมธานี 1) ที่แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มาแช่ในสารละลาย *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นของสารละลายเชื้อ 10^6 10^7 และ 10^8 cfu / ml เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่แช่ในสารละลายเชื้อมาเพาะลงในถาดเพาะกล้าขนาด 50 หลุมที่มีดิน โดยหยอดเมล็ดข้าวจำนวน 3 เมล็ดต่อหลุม นำถาดเพาะกล้าที่ปลูกเมล็ดข้าวทดสอบแล้วมาวางบนภาชนะพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 39.5 x 53.5 x 13 เซนติเมตร เติมน้ำเปล่าที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วลงในภาชนะพลาสติกประมาณ 1 ส่วน 3 ของความสูงของถาดเพาะกล้าปล่อยไว้เป็นเวลา 7 วัน โดยนับตั้งแต่วันที่เมล็ดข้าวงอก เมื่อครบเวลา 7 วัน ให้ถอนต้นกล้าข้าวให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในแต่ละกรรมวิธีการทดลอง ความเข้มข้น 0 %, 1 % และ 1.5 % ปล่อยให้ได้รับแสงแดดตามธรรมชาติอย่างทั่วถึง โดยตรวจวัดและปรับความเค็มให้คงที่ทุก 2 วัน ด้วยเครื่องวัดความเค็ม Salinity Refractometer เมื่อต้นกล้าข้าวอายุครบ 21 วัน ทำการสุ่มเลือกต้นกล้าข้าวจำนวน 30 ต้น จากแต่ละกรรมวิธี มาวัดความยาวราก ความยาวลำต้น ชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าทั้งต้น พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินและรากข้าว นำต้นกล้าข้าวที่วัดความยาวราก ความยาวลำต้น และชั่งน้ำหนักสดแล้ว โดยนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งคงที่ นำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล การวัดค่าการเจริญเติบโตให้นำตัวอย่างต้นข้าวมาวัดความยาวโดยการจัดลำต้นและใบที่ยาวที่สุดให้เป็นแนวตรงและวัดจากส่วนโคนต้นถึงปลายใบ การวัดความยาวรากทำในลักษณะเดียวกัน จากนั้นนำไปหาน้ำหนักสดโดยการแยกส่วนลำต้นที่มีใบและรากออกจากกัน นำไปชั่งบนเครื่องชั่ง

ตอนที่ 3 การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียจากรากและดิน (บูรณี พั่ววงษ์แพทย์, ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล, นาตยา จันทร์ส่อง และวงษ์ บุญสืบสุกล, 2553)

3.1 การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียจากดินบริเวณรากข้าว

สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากถาดหลุมจำนวนอย่างน้อย 3 หลุม / ถาด ในแต่ละกรรมวิธีทดลอง เมื่อเริ่มต้นการทดลองและเมื่อต้นกล้าอายุครบ 21 วันหลังจากได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ นำมาผึ่งให้แห้งแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน ชั่งดินจำนวน 25 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีผสมและนำสารละลายดินมาเจือจางโดยวิธี serial dilution ตั้งแต่ 10^{-1} – 10^{-3} จากนั้นนำสารละลายดินปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ของแต่ละความเข้มข้นมาเกลี่ยลงบน

ผิวหน้าอาหาร Nutrient agar ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียต่อน้ำหนักดิน 1 กรัม

3.2 การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียจากรากข้าว

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากต้นกล้าข้าวจำนวนอย่างน้อย 10 ต้นในแต่กรรมวิธี นำตัวอย่างรากจำนวน 1 กรัม ในแต่กรรมวิธีนำมาบดในโกร่งนึ่งฆ่าเชื้อให้ละเอียด เติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที เจือจางโดยวิธี serial dilution ตั้งแต่ 10^{-1} – 10^{-3} จากนั้นนำสารละลายรากข้าว 0.1 มิลลิลิตร ของแต่ละความเข้มข้นมาเกลี่ยลงบนผิวหน้าอาหาร Nutrient agar ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี (cfu / g) ของแบคทีเรียต่อน้ำหนักราก 1 กรัม

ตอนที่ 4 การตรวจสอบจุลินทรีย์ที่สร้างฮอร์โมนออกซิน (Indole-3-Acetic Acid : IAA) (พิมพ์ธิดา เรืองไพศาล และคณะ, 2555)

ทดสอบการสร้างฮอร์โมนออกซินของ *B. subtilis* โดยนำ *B. subtilis* บริสุทธิ์มาทดสอบการสร้าง Indole acetic acid โดยวิธี Indole test โดยเลี้ยงในอาหารtryticase broth ปริมาณ 5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบ Kovacs's reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร จุลินทรีย์ที่ให้ผล positive test จะเกิดสีแดงขึ้นในส่วนชั้นของ Kovacs's solution ซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์นี้สามารถสร้าง Indole acetic acid ได้ การทดสอบนี้ใช้ *E. coli* เป็นเชื้อเปรียบเทียบ

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป SPSS ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นกล้าทั้งต้น ปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ในดินและรากด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)

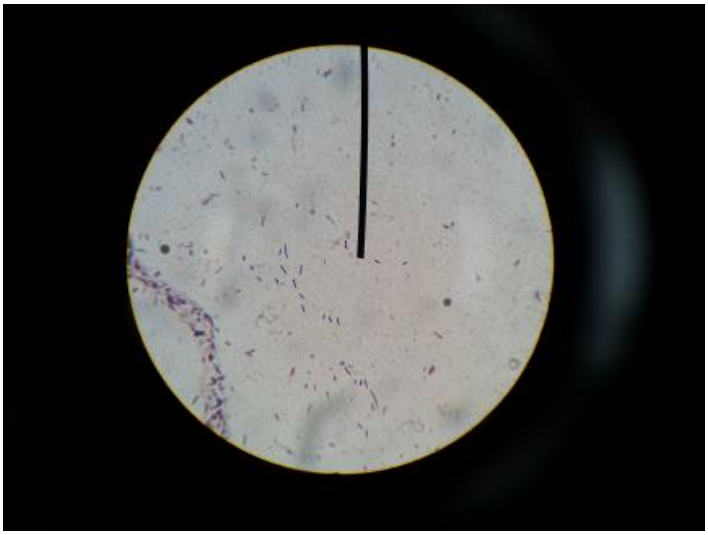
บทที่ 4

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การนับและแยก *Bacillus subtilis* จากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์

1.1 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ในชีวภัณฑ์และการยืนยันลักษณะของ *B. subtilis*

จากการนำตัวอย่างชีวภัณฑ์จุลินทรีย์จำนวน 1 กรัม เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 99 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเจือจางโดยใช้วิธี serial dilution จากนั้นนำสารละลาย 0.1 มิลลิลิตรมาเกลี่ยลงบนอาหาร Nutrient agar พบว่ามีแบคทีเรียที่นับได้จำนวน 3.6 x 10^9 cfu/g และเมื่อนำโคโลนีเดี่ยวไปย้อมแกรมส่องกล้องจุลทรรศน์และทำการทดสอบทางชีวเคมีเทียบกับ Bergey's manual of determintive bacteriology ดังแสดงในตารางที่ 4 สามารถจำแนกแบคทีเรียได้เป็น *Bacillus subtilis*



ภาพที่ 5 ลักษณะภาพใต้กล้องจุลทรรศน์ของเซลล์แบคทีเรียที่แยกได้จากชีวภัณฑ์จุลินทรีย์

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางชีวเคมีเทียบกับ Bergey's manual of determintive bacteriology

การทดสอบชีวเคมี	ผลการทดสอบ *B. subtilis* จาก Bergey's manual	ผลการทดสอบเชื้อทดสอบ
Catalase test	Positive	Positive
Oxidase test	Negative	Negative
Nitrate reduction	Positive	Positive
Citrate utilization	Positive	Positive
Vogous prausker test	Positive	Positive
Urease	Negative	Negative
NaCl 7% growth	Positive	Positive
Methyl red test	Negative	Negative
Indole production	Negative	Negative
Gelatin hydrolysis	Positive	Positive
Casein hydrolysis	Positive	Positive
Acid production form		
D-glucose	Positive	Positive
L-arabinose	Positive	Positive
D-xylose	Positive	Positive
D-mannitol	Positive	Positive

1.2 ผลของสารละลาย *Bacillus subtilis* ต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1

ผลของสารละลาย *Bacillus subtilis* ต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 จากตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 พบว่า ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีอัตราการงอกเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่แช่เมล็ดลงในน้ำกลั่นที่ไม่มีเชื้อ แสดงให้เห็นว่าสารละลาย *B. subtilis* ไม่มีผลต่ออัตราการงอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1

ตารางที่ 5 ผลของสารละลาย *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้นต่างๆต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์

พันธุ์ข้าว	10^6 cfu/ml	10^7 cfu/ml	10^8 cfu/ml	Control (H_2O)
ขาวดอกมะลิ 105	10/10	10/10	10/10	10/10
ปทุมธานี 1	10/10	10/10	10/10	10/10
การงอก (%)	100	100	100	100

ตอนที่ 2 การทดสอบ *B. subtilis* กับเมล็ดและต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินเค็ม

2.1 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณ *B. subtilis*, และพันธุ์ข้าวต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณ *B. subtilis*, และพันธุ์ข้าวต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วัน แสดงในตารางที่ 6 พบว่าความยาวราก ความยาวลำต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ปลูกในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ มีความยาวรากและความยาวลำต้นเพิ่มมากขึ้น เมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลายที่มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นและยังพบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่สูงขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ได้รับผลกระทบจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์มากกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กล่าวคือต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ตายทั้งหมดที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพันธุ์ข้าว ปริมาณเชื้อ และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์

ตารางที่ 6 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ *B. subtilis* และพันธุ์ข้าวต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว

พันธุ์ข้าว	เปอร์เซ็นต์เกลือ (%)	ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	ความยาวราก (ซม./ต้น)	ความยาวลำต้น (ซม./ต้น)	น้ำหนักสด (กรัม/30 ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/30 ต้น)
ขาวดอกมะลิ 105	0	10^6	11.8±4.9 c[1]	18.9±3.7 fgh	4.1±2.0	1.0±0.1
		10^7	13.7±4.1 b	20.9±2.6 cd	5.4±2.1	1.2±0.3
		10^8	17.0±5.6 a	24.8±3.8 a	6.7±0.5	1.4±0.1
	1	10^6	10.6±3.2 cd	19.9±2.6 de	3.4±2.2	0.9±0.2
		10^7	10.5±3.1 cd	19.8±2.1 def	4.1±1.4	1.0±0.1
		10^8	14.5±3.5 b	20.6±2.0 cd	5.2±0.4	1.1±0.07
	1.5	10^6	8.5±3.3 f	17.8±2.9 i	2.7±2.5	0.9±0.4
		10^7	8.0±2.4 f	17.5±2.9 i	3.1±1.4	0.8±0.1
		10^8	10.0±2.9 de	18.5±2.1 ghi	3.8±1.4	1.1±0.1
ปทุมธานี 1	0	10^6	13.9±2.0 b	17.7±4.5 i	3.6±1.2	1.2±0.5
		10^7	14.0±3.8 b	19.1±2.5 efg	5.5±2.3	1.5±0.9
		10^8	16.7±4.5 a	22.0±3.3 b	6.0±2.0	1.8±0.5
	1	10^6	13.4±3.8 g	5.1±5.4 l	0.4±0.5	0.3±0.4
		10^7	11.2±3.2 c	15.2±2.8 k	3.2±0.7	1.1±0.4
		10^8	11.4±3.7 c	18.1±2.5 hi	5.6±2.2	1.7±0.9
	1.5	10^6	NC[2]	NC	NC	NC
		10^7	NC	NC	NC	NC
		10^8	NC	NC	NC	NC

[1] ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย DMRT ($P<0.05$)

[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน

2.2 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากและลำต้นของต้นกล้าข้าว

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วัน แสดงในตารางที่ 7 พบว่าความยาวรากเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกันมีผลต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากเฉลี่ย 13.5$\pm$5.1 และ 13.5$\pm$4.2 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากเฉลี่ย 8.9$\pm$6.1 และ 6.5$\pm$5.89 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากเฉลี่ย 6.6$\pm$4.6 เซนติเมตรต่อต้น ในขณะที่ต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ตายทั้งหมดภายในเวลา 14 วัน หลังการเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จากตารางที่ 8 พบว่าต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 20.2$\pm$4.3 และ 18.4$\pm$4.2 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ปลูกสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 15.1$\pm$8.9 และ 9.6$\pm$8.1 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 6.6$\pm$4.6 เซนติเมตรต่อต้น แต่สำหรับต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า ต้นกล้าตายทั้งหมดภายในเวลา 14 วัน หลังการเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นมีผลต่อความยาวของรากและลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้งสองสายพันธุ์ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อย 95 ($P<0.05$) โดยที่ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวรากและความยาวลำต้นมากกว่าต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 และ 1.5 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 7 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์

ความเข้มเกลือ (%)	ความยาวรากเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	
	ขาวดอกมะลิ 105	ปทุมธานี 1
0 %	13.5±5.1 a[1]	13.5±4.2 a
1 %	8.9±6.1 b	6.5±5.8 c
1.5 %	6.6±4.6 c	NC[2]

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

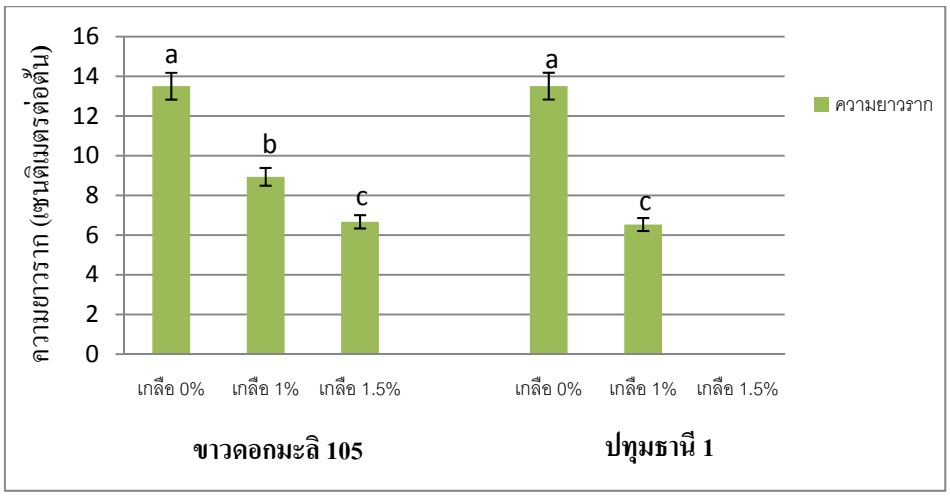
[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน

ตารางที่ 8 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์

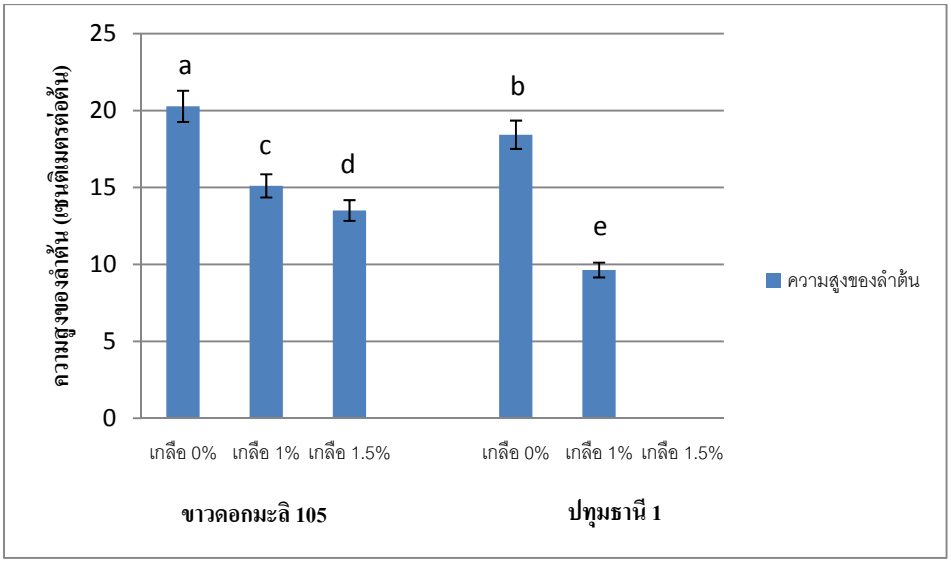
ความเข้มเกลือ (%)	ความสูงของลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	
	ขาวดอกมะลิ 105	ปทุมธานี 1
0 %	20.2±4.3 a[1]	18.4±4.2 b
1 %	15.1±8.9 c	9.6±8.1 e
1.5 %	13.5±8.1 d	NC[2]

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน



ภาพที่ 6 ความยาวรากเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่ปลูกใน สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (P<0.05)



ภาพที่ 7 ความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ แตกต่างกันแสดงถึงความ แตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (P<0.05)

2.3 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* ที่มีต่อความยาวรากและลำต้นของต้นกล้าข้าว

ผลของปริมาณ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูก พบว่ามีผลต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* ทุกระดับความเข้มข้น มีความยาวรากมากกว่ารากของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9 ที่แสดงความยาวรากเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 โดยที่ปริมาณเชื้อ 10^6 cfu/ml ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกพบว่า ในต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 มีความยาวรากเฉลี่ย 10.3$\pm$4.1 และ 5.8$\pm$6.4 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ปทุมธานนี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลายที่มีปริมาณ *B. subtilis* 10^7 cfu/ml มีความยาวรากเฉลี่ย 10.7$\pm$4.0 และ 8.4$\pm$6.7 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวที่แช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลายที่มีปริมาณ *B. subtilis* 10^8 cfu/ml มีความยาวรากเฉลี่ย 13.8$\pm$5.0 และ 9.4$\pm$7.7 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ส่วนความยาวของลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อแช่ในปริมาณ *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยที่ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* ทุกระดับความเข้มข้น มีความยาวลำต้นมากกว่าลำต้นของต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากตารางที่ 10 พบว่าต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่แช่ในสารละลายที่มีปริมาณ *B. subtilis* 10^6 cfu/ml มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 18.9$\pm$3.2 และ 7.6$\pm$8.5 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่แช่ในสารละลายที่มีปริมาณ *B. subtilis* 10^7 cfu/ml มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 10.7$\pm$4.0 และ 8.4$\pm$6.7 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่แช่ในสารละลายทีมีปริมาณ *B. subtilis* 10^8 cfu/ml มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 13.8$\pm$5.0 และ 9.4$\pm$7.7 เซนติเมตรต่อต้น จะเห็นได้ว่าเมื่อมีปริมาณ *B. subtilis* ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มความยาวรากและความยาวของลำต้นเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ตารางที่ 9 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ที่มีผลต่อความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าข้าว ทั้ง 2 สายพันธุ์

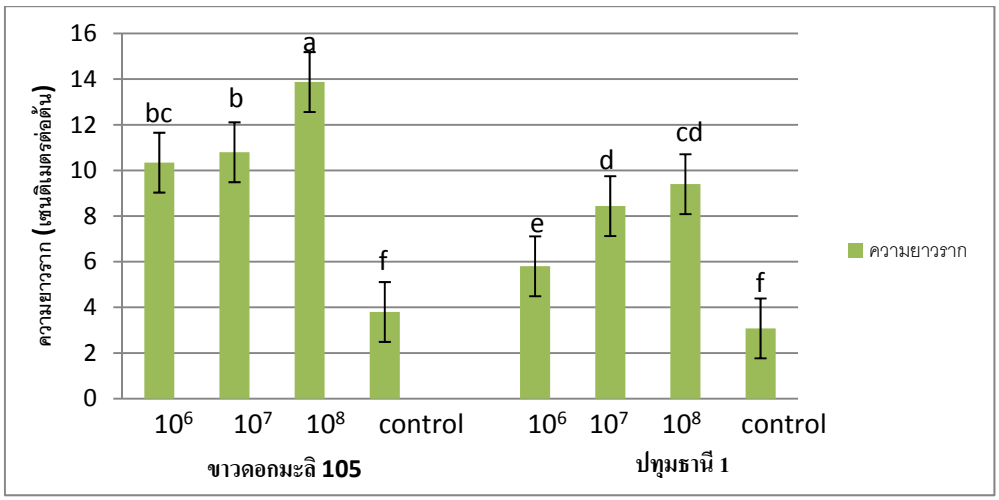
ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	ความยาวรากเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	
	ขาวดอกมะลิ 105	ปทุมธานี 1
10^6	10.3±4.1 bc[1]	5.8±6.4 e
10^7	10.7±4. b	8.4±6.7 d
10^8	13.8±5.0 a	9.4±7.7 cd
control	3.8±5.8 f	3.0±4.5 f

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

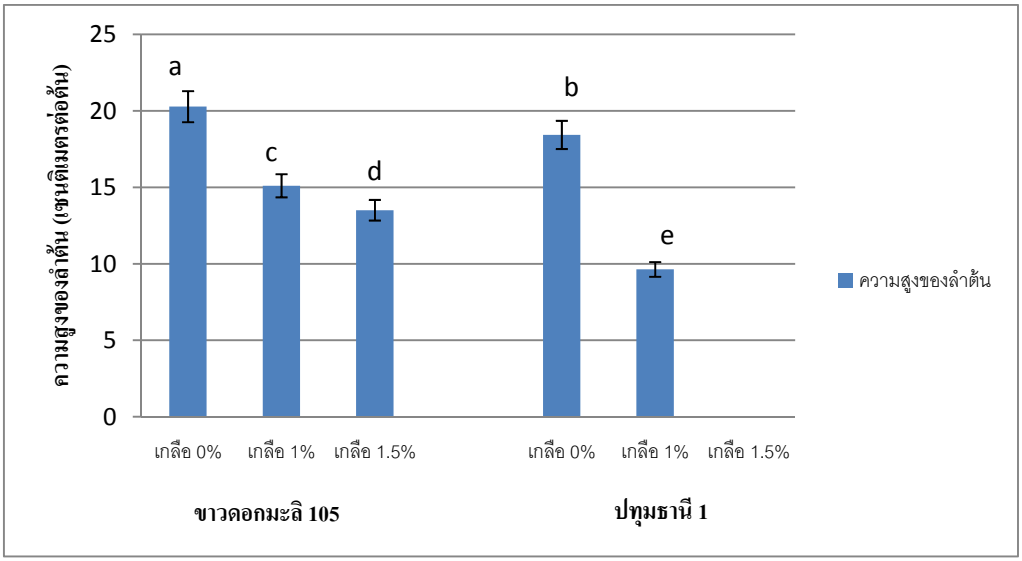
ตารางที่ 10 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ที่มีผลต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าว ทั้ง 2 สายพันธุ์

ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	ความสูงลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อต้น)	
	ขาวดอกมะลิ 105	ปทุมธานี 1
10^6	18.9±3.2 b[1]	7.6±8.5 e
10^7	19.4±2.9 b	11.4±8.5 d
10^8	21.3±3.8 a	13.4±9.9 c
Control	5.4±7.0 f	4.9±7.0 f

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)



ภาพที่ 8 ความยาวรากเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดก่อนปลูกด้วยสารละลาย *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้นต่างๆ แท่งกราฟที่ กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความ แตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95



ภาพที่ 9 ความยาวลำต้นเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่แช่ เมล็ดก่อนปลูกด้วยสารละลาย *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้นต่างๆ แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

2.4 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณ *Bacillus subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากและลำต้นของต้นกล้าข้าว

ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงในตารางที่ 11 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และปริมาณ *B. subtilis* มีผลต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากเฉลี่ย 12.8$\pm$3.9, 7.0$\pm$5.0 และ 4.2$\pm$4.9 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml นำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวรากเฉลี่ย 13.8$\pm$3.9, 10.3$\pm$3.2 และ 4.0$\pm$4.3 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวรากเฉลี่ย 16$\pm$5.0, 12.9$\pm$3.9 และ 5.0$\pm$5.4 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ส่วนความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าว พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และปริมาณ *B. subtilis* มีผลต่อความยาวลำต้นของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากตารางที่ 12 แสดงความยาวลำต้นเฉลี่ย พบว่าต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 18.3$\pm$4.1, 12.5$\pm$8.5 และ 8.9$\pm$9.2 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 20.0$\pm$2.7, 17.5$\pm$3.3 และ 8.7$\pm$9 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 19.3$\pm$2.6, 19.3$\pm$2.6 และ 9.2$\pm$9.4 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณ *B. subtilis* เพิ่มขึ้นมีผลต่อความยาวรากและลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวซึ่งแตกต่างจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นความยาวรากและลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ตารางที่ 11 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์

ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	ความเข้มเกลือ (%)	ความยาวรากเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)
10^6	0 %	12.8±3.9 b[1]
	1 %	7.0±5.0 d
	1.5 %	4.2±4.9 e
10^7	0 %	13.8±3.9 b
	1 %	10.3±3.2 c
	1.5 %	4.0±4.3 e
10^8	0 %	16±5.0 a
	1 %	12.9±3.9 b
	1.5 %	5.0±5.4 e
control	0 %	10.3±3.2 c
	1 %	NC[2]
	1.5 %	NC

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

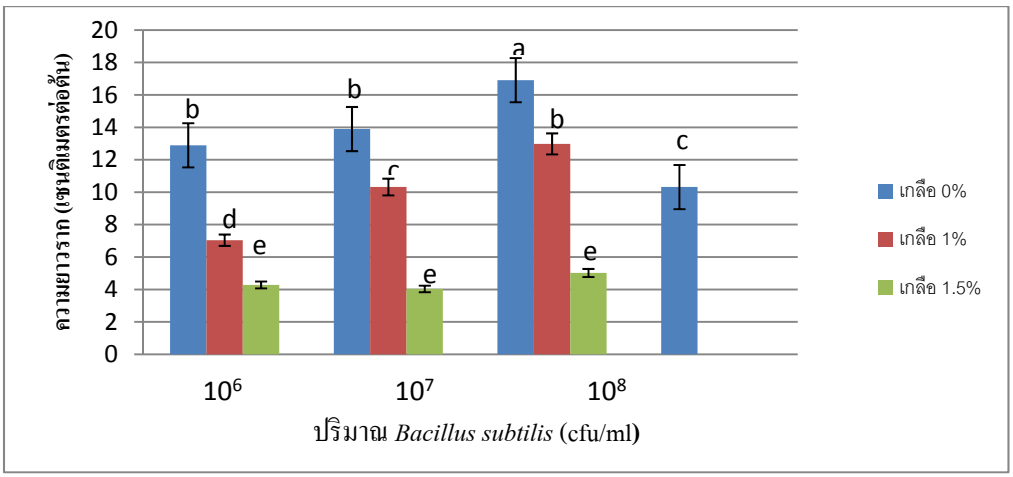
[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน

ตารางที่ 12 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์

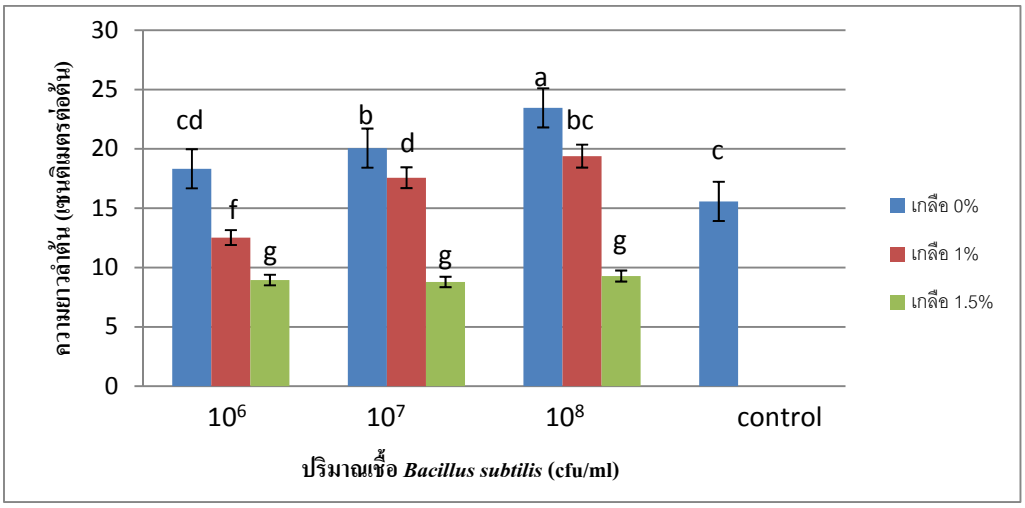
ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	ความเข้มเกลือ (%)	ความยาวลำต้นเฉลี่ย/ต้น (เซนติเมตรต่อต้น)
10^6	0 %	18.3±4.1 cd[1]
	1 %	12.5±8.5 f
	1.5 %	8.9±9.2 g
10^7	0 %	20.0±2.7 b
	1 %	17.5±3.3 d
	1.5 %	8.7±9.0 g
10^8	0 %	23.4±3.8 a
	1 %	19.3±2.6 bc
	1.5 %	9.2±9.4 g
control	0 %	15.5±3.2 c
	1 %	NC[2]
	1.5 %	NC

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน



ภาพที่ 10 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ย แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)



ภาพที่ 11 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ย แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)

2.5 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณ *Bacillus subtilis*, สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวรากและลำต้นของต้นกล้าข้าว

ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูก,สารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วัน แสดงในตารางที่ 13 พบว่าปริมาณ *B. subtilis*, ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าว มีผลต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวรากเฉลี่ย 11.8$\pm$4.9, 10.6$\pm$3.2 และ 8.5$\pm$3.3 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวรากเฉลี่ย 13.7$\pm$4.1, 10.5$\pm$3.1 และ 8.0$\pm$2.4 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวรากเฉลี่ย 17.0$\pm$5.6, 14.5$\pm$3.5 และ 10.0$\pm$2.9 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ส่วนต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากเฉลี่ย 13.9$\pm$2.0 และ 13.4$\pm$3.8 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมทั้ง 2 ระดับ มีความยาวรากเฉลี่ย 14.0$\pm$3.8 และ 11.2$\pm$3.2 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 2 ระดับ มีความยาวรากเฉลี่ย 16.7$\pm$4.5 และ 11.4$\pm$3.7 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทุกความเข้มข้นของปริมาณเชื้อ ตายทั้งหมดหลังจากที่ปลูกภายในเวลา 14 วัน

ส่วนผลของปริมาณ *B. subtilis* , สารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในปริมาณ *B. subtilis*, สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 14 พบว่า ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 18.9$\pm$ 3.7, 19.9$\pm$2.6 และ 17.8$\pm$2.9 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลาย

โซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 20.9±2.6, 19.8±2.1 และ 17.5±2.9 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 24.8±3.8, 20.6±2.0 และ 18.5±2.1 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ส่วนข้าวปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 17.7±4.5 และ 5.1±5.4 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลายเชื้อ *B. subtilis* 10^7 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 19.1±2.5 และ 15.2±2.8 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml แล้วนำมาปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 22.0±3.3 และ 18.1±2.5 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทุกความเข้มข้นของปริมาณเชื้อตายทั้งหมดหลังจากที่ปลูกภายในเวลา 21 วัน จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณ *B. subtilis* เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความยาวรากและลำต้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นความยาวรากและลำต้นเฉลี่ยจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ตารางที่ 13 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าว ที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ย

เปอร์เซนต์เกลือ	**ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)**	**ความยาวรากเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อต้น)**	
		พันธุ์ข้าว	
		ขาวดอกมะลิ 105	**ปทุมธานี 1**
เกลือ 0%	0	11.4±3.8 c[1]	9.2±1.8 ef
	10^6	11.8±4.9 c	13.9±2.0 b
	10^7	13.7±4.1 b	14.0±3.8 b
	10^8	17.0±5.6 a	16.7±4.5 a
เกลือ 1%	0	NC[2]	NC
	10^6	10.6±3.2 cd	13.4±3.8 g
	10^7	10.5±3.1 cd	11.2±3.2 c
	10^8	14.5±3.5 b	11.4±3.7 c
เกลือ 1.5%	0	NC	NC
	10^6	8.5±3.3 f	NC
	10^7	8.0±2.4 f	NC
	10^8	10.0±2.9 de	NC

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

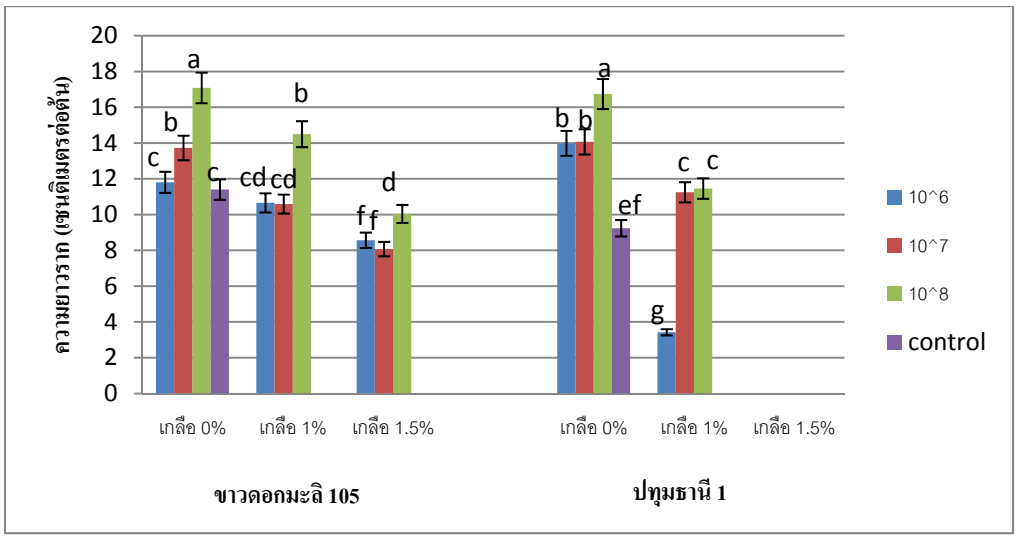
[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน

ตารางที่ 14 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าว ที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ย

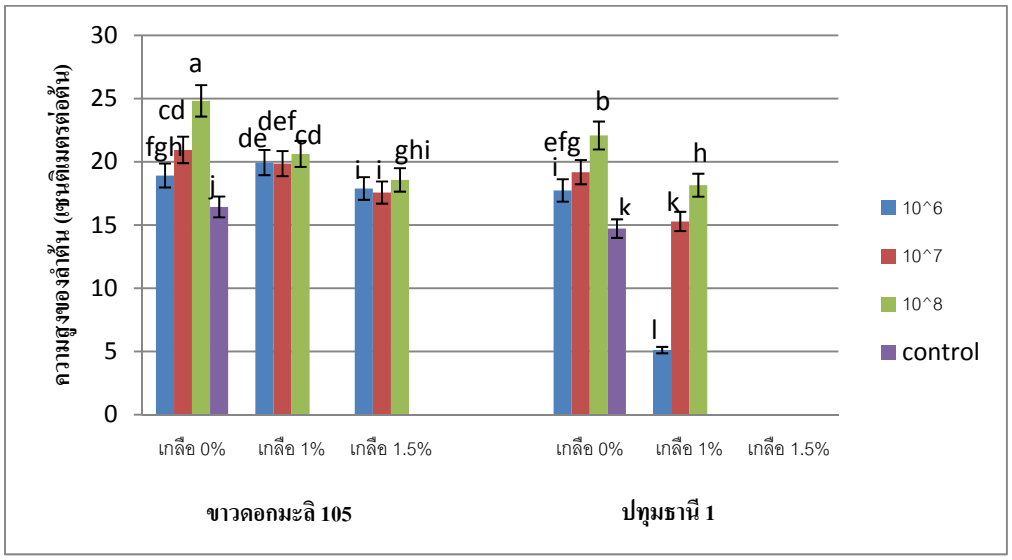
เปอร์เซนต์เกลือ	**ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)**	**ความยาวลำต้นเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อต้น)**	
		พันธุ์ข้าว	
		ขาวดอกมะลิ 105	**ปทุมธานี 1**
เกลือ 0%	0	16.4±2.0 j[1]	14.7±2.3 k
	10^6	18.9±3.7 fgh	17.7±4.5 i
	10^7	20.9±2.6 cd	19.1±2.5 efg
	10^8	24.8±3.8 a	22.0±3.3 b
เกลือ 1%	0	NC[2]	NC
	10^6	19.9±2.6 de	5.1±5.4 l
	10^7	19.8±2.1 def	15.2±2.8 k
	10^8	20.6±2.0 cd	18.1±2.5 hi
เกลือ 1.5%	0	NC	NC
	10^6	17.8±2.9 i	NC
	10^7	17.5±2.9 i	NC
	10^8	18.5±2.1 ghi	NC

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน



ภาพที่ 12 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวรากเฉลี่ย แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความ แตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)



ภาพที่ 13 ผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความยาวลำต้นเฉลี่ย แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางค่านัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P<0.05$)

2.6 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักสด พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงในตารางที่ 15 พบว่าน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าวมีน้ำหนักลดลงเมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ โดยที่สารลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสด 4.86 2.75 และ 1.21 กรัมต่อ 30 ต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว

ความเข้มข้นเกลือ(%)	น้ำหนักสด (กรัมต่อ 30 ต้น)
0	4.86 a[1]
1	2.75 b
1.5	1.21 c

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (P < 0.05)

2.7 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว

ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าว พบว่าความเข้มข้นของปริมาณ *B. subtilis* มีผลต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงในตารางที่ 16 พบว่าน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลายที่มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น โดยที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 10^7 และ 10^6 cfu/ml มีน้ำหนักสด 4.57 3.59 และ 2.40 ตามลำดับ

ตารางที่ 16 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักสดของต้นกล้า

ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	น้ำหนักสด (กรัมต่อ 30 ต้น)
10^6	2.40 c[1]
10^7	3.59 b
10^8	4.57 a
Control	1.21 c

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (P < 0.05)

2.8 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักแห้ง พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงในตารางที่ 17 พบว่าน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวมีน้ำหนักลดลงเมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ โดยที่สารลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้ง 1.23 0.77 และ 0.36 กรัมต่อ 30 ต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว

ความเข้มข้นเกลือ(%)	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อ 30 ต้น)
0	1.23 a[1]
1	0.77 b
1.5	0.36 c

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (P < 0.05)

2.9 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว

ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว พบว่าความเข้มข้นของปริมาณ *B. subtilis* มีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงในตารางที่ 18 พบว่าน้ำหนักสดของต้นกล้าข้าวมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลายที่มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น โดยที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 10^7 และ 10^6 cfu/ml มีน้ำหนักแห้ง 1.19 0.96 และ 0.73 ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้า

ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อ 30 ต้น)
10^6	0.73 ab[1]
10^7	0.96 a
10^8	1.19 a
Control	0.27 b

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (P < 0.05)

2.10 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วัน แสดงในตารางที่ 19 พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกันมีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในความเข้มข้นของสารลายโซเดียมคลอไรด์ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อกรัม 1.1$\pm$0.2, 0.7$\pm$0.4 และ 0.7$\pm$0.4 กรัมต่อ 30 ต้น ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อกรัม 1.3$\pm$0.6 และ 0.7$\pm$0.8 กรัมต่อ 30 ต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตายทั้งหมดภายในเวลา 21 วันหลัง จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นมีผลต่อน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ตารางที่ 19 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และพันธุ์ข้าวที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าว

ความเข้มเกลือ (%)	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม/30 ต้น)	
	ขาวดอกมะลิ 105	ปทุมธานี 1
0 %	1.1$\pm$0.2 ab[1]	1.3$\pm$0.6 a
1 %	0.7$\pm$0.4 b	0.7$\pm$0.8 b
1.5 %	0.7$\pm$0.4 b	NC[2]

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน

ตอนที่ 3 การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียในดินและราก

3.1 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณ *B. subtilis* และพันธุ์ข้าวที่มีต่อแบคทีเรียในดินและรากของต้นกล้าข้าว

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณ *B. subtilis*, และพันธุ์ข้าวที่มีต่อแบคทีเรียในดินและรากของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ หลังจากที่ปลูกไว้เป็นเวลา 21 วัน แสดงในตารางที่ 20 พบว่ามีแบคทีเรียที่พบในดินระหว่าง 5.3 log cfu/g ถึง 6.1 log cfu/g ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบแบคทีเรียที่บริเวณรากต้นกล้าข้าวระหว่าง 2.9 log cfu/g ถึง 6.1 log cfu/g ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 20 ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ *B. subtilis* และพันธุ์ข้าวที่มีต่อแบคทีเรียในดินและรากของต้นกล้าข้าวของต้นกล้าข้าว 2 สายพันธุ์

พันธุ์ข้าว	เปอร์เซนต์เกลือ(%)	ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	จำนวนแบคทีเรียที่พบในดิน (log cfu/g)	จำนวนแบคทีเรียที่พบในราก (log cfu/g)
ขาวดอก	0	10^6	5.9±0.07	6.0±0.05 a
มะลิ 105		10^7	6.0±0.2	6.1±0.01 a
		10^8	6.1±0.01	6.2±0.03 a
	1	10^6	5.9±0.03	5.9 a
		10^7	5.9±0.1	5.9±0.1 a
		10^8	6.0±0.01	6.0±0.09 a
	1.5	10^6	5.8±0.01	5.8 a
		10^7	5.8±0.1	5.8±0.01 a
		10^8	6.0±0.09	5.9±0.04 a
ปทุมธานี	0	10^6	5.6±0.06	6.0±0.02 a
1		10^7	6.1	6.1±0.02 a
		10^8	6.1±0.03	6.2 a
	1	10^6	5.4±0.07	2.9±4.1 b
		10^7	5.9±0.09	6.0±0.08 a
		10^8	6.1±0.06	6.1±0.09 a
	1.5	10^6	5.3±0.1	NC
		10^7	5.7±0.07	NC
		10^8	5.9±0.09	NC

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

[2] NC หมายถึง ต้นกล้าข้าวที่ตายทั้งหมดภายในระยะเวลาการปลูก 21 วัน

3.2 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อแบคทีเรียที่พบในดิน

ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อแบคทีเรียที่พบในดินพบว่า ความเข้มข้นของปริมาณ *B. subtilis* มีผลต่อแบคทีเรียที่พบในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงในตารางที่ 21 พบว่าแบคทีเรียที่พบในดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลายที่มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น โดยที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่แช่ในสารละลาย *B. subtilis* 10^8 10^7 และ 10^6 cfu/ml พบแบคทีเรียในดิน 1.04 0.88 และ 0.67 log cfu/g ตามลำดับ

ตารางที่ 21 ผลของปริมาณ *B. subtilis* ต่อแบคทีเรียที่พบในดิน

ปริมาณเชื้อ (cfu/ml)	แบคทีเรียที่พบในดิน
10^6	0.67 b
10^7	0.88 a
10^8	1.04 a
Control	0 c

[1] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ตอนที่ 4 ผลการทดสอบการสร้างฮอร์โมนออกซินของ *Bacillus subtilis*

จากการทดสอบการสร้างฮอร์โมนออกซินของ *B. subtilis* โดยนำเชื้อ *B. subtilis* บริสุทธิ์มาทดสอบการสร้าง Indole acetic acid โดยวิธี Indole test โดยนำมาทดสอบกับ Kovacs's reagent แบคทีเรีย *B. subtilis* ให้ผลเป็นลบ (negative)

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของปริมาณ *Bacillus subtilis* ต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าว

จากการศึกษาปริมาณ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวนาน 6 ชั่วโมงต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 พบว่า *B. subtilis* ที่ปริมาณความเข้มข้น 10^6 10^7 และ 10^8 cfu/ml ที่ใช้ในการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวนาน 6 ชั่วโมง ก่อนนำไปปลูกไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อแช่เมล็ดพันธุ์ข้าว

2. การศึกษาผลของ *Bacillus subtilis* ต่ออัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็มระดับต่างๆที่ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อที่แตกต่างกัน

การศึกษาผลของ *B. subtilis* ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 ในสภาพดินเค็มที่มีการเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0, 1 และ 1.5 เปอร์เซนต์ และสารละลาย *B. subtilis* ความเข้มข้น 10^6 10^7 และ 10^8 cfu/ml พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์, ปริมาณ *B. subtilis* และเมล็ดพันธุ์ข้าวต่อความยาวรากและความยาวลำต้นของพันธุ์ข้าวทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่การปลูกต้นกล้าข้าวในชุดควบคุม (เกลือ 0 เปอร์เซ็นต์) มีความยาวรากและความยาว ลำต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มากขึ้นเมื่อแช่เมล็ดข้าวในสารละลาย *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความยาวรากและความยาวลำต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่ามีเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทนต่อความเค็มได้ดีกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 (ซึ่งต้นกล้าข้าวจะตายลงเมื่อความเข้มข้นสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซนต์) ปริมาณ *Bacillus subtilis* มีผลในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์

3. การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียจากรากและดิน

การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียจากรากและดินหลังการปลูก พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในดินและรากมีปริมาณลดลงเมื่อความความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น

4. ผลการทดสอบการสร้างฮอร์โมนออกซินของ *Bacillus subtilis*

B. subtilis ให้ผลการทดสอบเป็นลบ

อภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษานี้พบว่า การปลูกต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยให้ได้รับความเค็มจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ส่งผลให้ต้นกล้าข้าวนั้นเกิดความเครียดซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว เช่น ความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยเมื่อต้นกล้าข้าวได้รับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์มากขึ้น ความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งจะลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องตามรายงานของ ธนากร แสงสง่า (2557) ที่ได้รายงานว่า ความเค็มในดินเป็นสาเหตุของความเครียดที่พบและเป็นปัญหามากและส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการทำเกษตรกรรมในประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พืชที่ปลูกในสภาพดินเค็มมีความเครียดที่เกิดจากการสะสมเกลือละลายน้ำได้ในดินเป็นสาเหตุของความเครียดออสโมติก (osmotic stress) ทำให้พืชดูดน้ำจากภายนอกมาใช้ได้ยากขึ้น และเกิดความเป็นพิษของไอออน (ion toxicity) จากโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ดังนั้นการปลูกพืชในพื้นที่ดินเค็มจึงมีสภาวะเครียดรุนแรงกว่าเมื่อเทียบเทียบกับพืชที่ปลูกในสภาพแห้งแล้ง

มีรายงานว่าความเข้มข้นของเกลือในระดับสูงส่งผลลบต่ออัตราการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว เนื่องจาก ความเค็มไปมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมหลายกระบวนการ เช่น กระบวนการทางสรีรวิทยา การผลิตฮอร์โมนของพืช ความไม่สมดุลด้านสารอาหารในพืช เป็นต้น (Nadeem, Naveed, Nawaz, & Zahir, 2013) การลดผลกระทบของความเค็มในช่วงระยะต้นเหล่านี้จึงน่าจะช่วยเพิ่มโอกาสของการรอดชีวิตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็ม ในการศึกษานี้ได้ทดสอบการลดความเครียดจากความเค็มในต้นกล้าข้าว โดยใช้จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ แช่ลงในสารละลายเชื้อ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้น 10^6 10^7 และ 10^8 cfu/ml ก่อนนำไปปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันเป็นเวลา 14 วัน มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเมื่อนำไปปลูกในสารละลาย

โซเดียมคลอไรด์ได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลาย *B. subtilis*

ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรค์ต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 ลดลงเมื่อเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มสูงขึ้น และค่าความเข้นข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ยับยั้งการเจริญของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เริ่มตั้งแต่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายโซเดียมคลอไรด์มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชให้ลดลง เนื่องจากแรงดันเต่งและค่าชลศักย์ (water potential) ลดลงเมื่อปลูกพืชในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชและทำให้พืชตาย (ธนากร แสงสง่า, 2552; Flowers, 2004) สอดคล้องกับผลการทดลองของ สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร และบุญเทียม เลิศศุภวิทย์นภา (2552) ที่รายงานว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ส่งผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของต้นกล้าข้าว โดยรบกวนระบบการทำงานของท่อลำเลียงน้ำที่รากและลำต้น การสะสม silica knob รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงจำนวน stoma ที่ผิวใบข้าว ทำให้การคายน้ำ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีลดลง และการสังเคราะห์แสงลดลง การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะความเครียดจากโซเดียมคลอไรด์ การสร้างน้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นและรากข้าว การเพิ่มความต้านทานต่อการแพร่ที่ปากใบซึ่งสามารถอธิบายการทนเค็มของข้าวเมื่อได้รับความเครียดจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ได้

ผลของปริมาณเชื้อ *Bacillus subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ก่อนนำไปปลูก พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของปริมาณเชื้อ *B. subtilis* เพิ่มสูงขึ้น และค่าความเข้นข้นของปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเริ่มตั้งแต่ความเข้มข้นปริมาณเชื้อ *B. subtilis* 10^6 cfu/ml ซึ่งสอดคล้องตามรายงานของ จตุพร บุณณดากุล และดุสิต อธินุวัฒน์ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาผลของ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ TU-Orga1 ที่แยกจากดินบริเวณรอบรากข้าว ผสมกับเชื้อปฏิปักษ์ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และประสิทธิภาพในการควบคุมโรค โดยนำมาฉีดพ่นดินก่อนปลูก พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว ช่วยให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น จำนวนต้น การแตกกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และผลผลิตเพิ่มขึ้น

แบคทีเรียปฏิปักษ์สกุล *Bacillus* เป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่นิยมนำมาใช้ในการส่งเสริมการเติบโตของพืชเนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นหลายอย่าง เช่น การทนความร้อนได้ดีกว่าเซลล์ปกติ การสร้างเอนโดสปอร์ (endospore) ซึ่งทำให้ทนต่อรังสี สารเคมี และมักพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ สามารถทนความเค็มเกลือ NaCl ได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ เจริญได้ใน pH กว้างระหว่าง 2 ถึง 8 และมีความทนต่อการเจริญช่วงอุณหภูมิกว้างตั้งแต่ -5 ถึง 75 องศาเซลเซียส (กุศล ถมมา และพิศาล ศิริธร, 2555)

นอกจากนี้ แบคทีเรียสกุล *Bacillus* ยังมีกลไกการเป็นปฏิปักษ์ที่สำคัญหลายรูปแบบ เช่น ความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะและเอนไซม์ได้ (พิศาล ถมมา, 2551) นอกจากนั้นยังมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ glucanase ที่สามารถย่อยสลาย glucans และ chitinase ที่ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราได้ (นิตยา สุขทวี, 2549) นอกจากนี้ยังพบว่า แบคทีเรีย *Bacillus* หลายชนิดมีคุณสมบัติเป็น Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดที่ปลูกภายใต้สภาวะความเครียด (ธนากร แสงสง่า, 2557)

ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนนำไปปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า เมื่อปริมาณสารละลายเชื้อ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่แตกต่างกันเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์เพิ่มขึ้นซึ่งในทางตรงกันข้ามกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความยาวราก ความยาวลำต้น และน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยแตกต่างกับต้นกล้าข้าวในกรรมวิธีควบคุมที่แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในน้ำกลั่นแทนการแช่ในสารละลายเชื้อ แสดงให้เห็นว่า *B.subtilis* สามารถลดผลกระทบจากความเครียดที่เกิดจากการปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ดังแสดงได้จากการศึกษาทดลองนี้ที่ใช้แบคทีเรีย *B. subtilis* ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาพดินเค็ม โดยการเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้เชื้อ *B. subtilis* แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนนำไปปลูกภายใต้สภาวะความเครียดที่มาจากความเค็มของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การใช้เชื้อ *B. subtilis* ที่ความเข้มข้น 10^6 - 10^8 cfu/ml ยังเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ได้ ซึ่งความเครียดจากความเค็มชักนำให้เกิดการสร้างและสะสมสารอนุมูลอิสระ การสังเคราะห์กรดแอบไซซิส (abscisic acid) ทำให้ปากใบปิด การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดน้อยลง ทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดน้อยลง ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนภายในเซลล์จึงลดน้อยลง (ธนากร แสงสง่า, 2557) และปริมาณโซเดียมไอออนที่มากเกินไปบริเวณรากพืชจะส่งผลต่อการดูดซึมโพแทสเซียมเข้าสู่เซลล์ ซึ่งการดูดซึมโพแทสเซียมของพืชจะมีทั้งระบบ low และ high-affinity ถ้าพืชมีการดูดซึมโพแทสเซียมแบบ low-affinity จะทำให้เกิดความเสียหายมากขึ้น เนื่องจากมีการดูดซึมโซเดียมมากกว่าโพแทสเซียมและธาตุอื่นๆ เช่น การดูดซึมแคลเซียมและแมกนีเซียมลดน้อยลง ทำให้พืชหยุดชะงักการเจริญเติบโต เนื่องจากโพแทสเซียมนั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตในการรักษาแรงดันเต่งในเซลล์พืชและการทำงานของเอนไซม์บางชนิด (Jouyban, 2012)

กลไกหนึ่งที่อาจจะนำมาอธิบายการที่ *B. subtilis* สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์อาจเกิดจากการสร้าง IAA การตรึงไนโตรเจนจากอากาศและการละลายฟอสเฟตในดินของแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่มีคุณสมบัติถูกชักนำให้มีคุณสมบัติดังกล่าวเมื่ออยู่ในสภาพดินเค็มแสดงไว้ในรายงานของ งามนิจ นนทโส และวันเพ็ญ วิโรจนกูฏ (2556) สอดคล้องกับรายงานของสุวรรณี แทนธานี (2555) ที่รายงานว่า จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ พีจีพีอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชโดยการสร้างสารกระตุ้นการเจริญของพืช เช่น ซิเดอร์โรฟอร์(siderophore) ซึ่งมีคุณสมบัติในเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxins) ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์การแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มพีจีพีอาร์ได้แก่ *Azospirillum Streptomyces Bacillus Pseudomonas* และ *Trichoderma* เป็นต้น แต่ในการศึกษานี้ *B. subtilis* ที่นำมาศึกษาไม่สร้างฮอร์โมนออกซิน จึงเป็นไปได้ว่าการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวอาจเกิดจากกลไกอื่นๆเช่น การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) การละลายฟอสฟอรัส (phosphorus solubilization) การสร้างซิเดอร์โรฟอร์ (siderophore production) และการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ (ธนากร แสงสง่า, 2557; งามนิส และวันเพ็ญ, 2556; สุวรรณี แทนธานี, 2555)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้มีความเป็นไปได้ที่จะนำ *B. subtilis* มาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็ม แต่เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้ *B. subtilis* กับข้าวในระยะต้นกล้า อาจไม่สามารถสรุปผลได้อย่างแน่ชัดเจนนัก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาต่อไปอีกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อเป็นการยืนยันผลของการใช้แบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตให้กับข้าว และเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์อินทรีย์จากแบคทีเรียเพื่อลดการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีทางด้านเกษตร

สรุป (Summary)

ชีวภัณฑ์ *B. subtilis* ที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปทุมธานี 1 แต่มีผลความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักแห้งของต้นกล้าข้าวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสภาวะที่ปลูกในดินที่มีความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และยังพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในดินและรากของต้นกล้าข้าวลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น

ผลผลิต (Output) ที่เกิดขึ้นในช่วงที่รับทุน

1) บทความวิจัย

Pasura, A. and Khun-ard ,T. Use of microbial product *Bacillus subtilis* for growth promotion of rice seedlings in salinity soil. *Plant and Soil.* (in preparation). วารสารอยู่ในเกณฑ์ ก.พ.อ.

2) อนุสิทธิบัตร/สิทธิบัตร –

3) หนังสือ จำนวน – เล่ม

4) สื่อการเรียนการสอน จำนวน 2 เรื่อง ได้แก่ บทปฏิบัติการในรายวิชา 305361 จุลชีววิทยาทางการเกษตร (Agricultural Microbiology)

เรื่องที่ 1 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว

เรื่องที่ 2 การทดสอบหาแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

5) การเผยแพร่ผลงานในสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร เป็นต้น

กำลังเตรียมบทความวิทยุรายการวิทยาศาสตร์เพื่อประชาชนจำนวน 1 เรื่องในบทความชื่อ “จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว” เพื่อออกอากาศในสถานีวิทยุทั่วประเทศกว่า 50 สถานี

6) ผลงานวิชาการที่ถ่ายทอดสู่สังคม ภาคการผลิตหรือภาคบริการ ซึ่งส่งผลให้เกิดประโยชน์เชิงประจักษ์ จำนวน 1 เรื่องในรูปแบบของบทความที่กำลังเตรียมบทความวิทยุรายการวิทยาศาสตร์เพื่อประชาชนจำนวน 1 เรื่องในบทความชื่อ “จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว” เพื่อออกอากาศในสถานีวิทยุทั่วประเทศกว่า 50 สถานี

รายงานสรุปการเงิน ประจำปีงบประมาณ 2557
รหัสโครงการ (NRPM 13 หลัก) 2557A10862011
โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ชื่อโครงการ การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร. อนุเทพ ภาสุระ
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 **ถึงวันที่** 30 กันยายน 2557
ระยะเวลาดำเนินการ จำนวน ....1.....ปี.....-.....เดือน

<u>รายจ่าย</u>

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ(บาท)	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน(บาท)	คงเหลือ(หรือเกิน)(บาท)
1. ค่าตอบแทน	6,400	6,400	0
2. ค่าจ้าง	12,000	12,000	0
3. ค่าวัสดุ	163,000	165,000	-2,000
4. ค่าใช้สอย	43,600	42,000	1,400
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ค่าสาธารณูปโภค)	25,000	25,000	0
รวม	250,000	250,000	-600

<u>จำนวนงบประมาณที่ได้รับ</u>

- งวดที่ 1 จำนวน .....125,000.....บาท
  เมื่อ .....
- งวดที่ 2 จำนวน .....125,000.....บาท
  เมื่อ .....

รวม .....500,000.....บาท

....
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

วันที่..... วันที่.....

เอกสารอ้างอิง

Flowers, T. J. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55, 307-319.

Hernandez, J., Olmos, E., Corpas, F. J., Sevilla, F., & Del Rio, L. A. (1995). Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science*, 105, 151-167

Jha, Y., & Subramanian, R. B. (2013). Paddy plants inoculated with PGPR show better growth physiology and nutrient content under saline conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research,* 73(3), 213-219.

Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied and Sciences*, 29(1), 7-10.

Kumer, K, Reddy, M.S., Kloepper, J. W., Yellareddygari, S. KR., Lawrence, K. S., Zhou, X. G., Sudini, H., Miller, M. E., Podile, A. R., Surendranatha, E. C., Niranjana S. R., & Nayak, S. (2011). Plant growth-promoting activities of *Bacillus subtilis* MBI 600 (integral®) and its compatibility with commonly used fungicides in rice sheath blight management. *International Journal of Microbiology Research*, 3(2), 120-130.

Marcelis, L. F. M., & Vanhooijdonk, J. (1999). Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (*Raphanus sativus* L.). *Plant Soil*, 215, 57- 64.

Nadeem, S. M., Naveed. M., Nawaz. S., & Zahir. Z. A. (2013). Mitigation of salinity-induced negative impact on the growth and yield of wheat by plant growth-promoting rhizobacteria in naturally saline condition. *Institute of Soil & Environmental Sciences,* 63, 225-232.

Prathibha, K. S., & Siddalingeshwara, K. G. (2013). Effect of plant growth promoting *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescence* as rhizobacteria on seed quality of sorghum. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(3), 11-18

Sakamoto, A., & Murata, N. (2002). The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. *Plant Cell Environ*, 25, 163-171.

Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A., & Abdelly, C., (2006). Effects of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 231-238.

Socias, F. X., Cooreai, M. J., Chaves, M. M., & Medrano, H. (1997). The role of abscisic acid and water relations in drought response of subterranean clover. *Journal of Experimental Botany*, 48, 1281-1288.

Zahir, Z. A., Naveed, M., Nadeem, S. M., & Naveed, S. (2013). Mitigation of salinity-induced negative impact on the growth and yield of wheat by plant growth-promoting rhizobacteria in naturally saline. *Institute of Soil & Environmental Sciences*, 63, 225-232.

กรมการข้าว. (2550). *องค์ความรู้เรื่องข้าว*. วันที่สืบค้นข้อมูล 6 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.brrd.in.th

กุศล ถมมา และพิศาล ศิริธร. (2555). ผลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* B006 ในการเคลือบเมล็ดเพื่อควบคุม เชื้อรา *Botryosphaeria rhodina* สาเหตุโรคยางไหลของแตง. *แก่นเกษตร*, 40(1), 61-68.

คู่มือเกษตรกร. (2552). *การจัดการดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. วันที่ค้นข้อมูล 3 ตุลาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://www.ldd.go.th

งามนิจ นนทโส และวันเพ็ญ วิโรจนกูฏ. (2556). การชักนำให้เป็นไรโซแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืช. *แก่นเกษตร*, 44(2), 95-102.

จตุพร บุณณดากุล และดุสิต อธินุวัฒน์. (2555). ประสิทธิภาพของเชื้อปฏิปักษ์ผสมสายพันธุ์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตข้าวอินทรีย์และควบคุมโรค. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 1(3), 189-196.

ชลิดา เล็กสมบูรณ์ และนัฐพร จำปี. (2550). ผลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย. ในเอกสารการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550. โรงแรมอมรินทร์ลากูน. พิษณุโลก.

ธนากร แสงสง่า. (2557). พีจีพีอาร์ : บทบาทในการส่งเสริมและป้องกันพืชภายใต้สภาวะเครียด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(4), 554-570.

นิตยา สุขทวี. (2549). *การโคลนยีนไคติเนสจากเชื้อ Bacillus* spp. *ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาสาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บูรณี พั่ววงษ์แพทย์, ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล, นาตยา จันทร์ส่อง และวงษ์ บุญสืบสุกล. (2553). *การคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ Bacillus subtilis ในการควบคุมเชื้อ Ralstonia*

solanecearum สาเหตุโรคเหี่ยวในพริก. วันที่สืบค้นข้อมูล 9 ตุลาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://at.doa.go.th

พิมพ์ธิดา เรืองไพศาล, ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์ และดารารัตน์ โฮตาก้า. (2555). *การพัฒนาผลิตเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างฮอร์โมนเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช*. วันที่ค้นข้อมูล 24 ตุลาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://osb.ldd.go.th

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2554). *Bacillus subtilis*. วันที่สืบค้นข้อมูล 6 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com

พิศาล ศิริธร. (2551). การใช้แบคทีเรีย *Bacillus* ควบคุมโรคพืชในระบบการผลิตพืชที่ยั่งยืน. *โรคพืช มหาวิทยาลัยแขนแก่นปริทรรศน์*, 2, 226-36.

มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2556). *เมนูเด็ดอาหารข้าว*. วันที่ค้นข้อมูล 5 ตุลาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://www.thairice.org

วธัญญู ทองเหลือ. (2555). *เกษตรชีวภาพ*. วันที่ค้นข้อมูล 8 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.triamudomsouth.ac.th

วันชัย วงษา. (2553). *ดินเค็มและการปรับปรุงแก้ไข*. วันที่ค้นข้อมูล 8 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://bophloi.kanchanaburi.doae.go.th

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2552). *คู่มือที่ 13 การจัดการดินเค็มเพื่อการเพาะปลูก*. (2). กรุงเทพฯ : มูฟเม้นท์เจนทรี.

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

สุวรรณี แทนธานี. (2555). จุลินทรีย์เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 60 (190), 36-39.

สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา. (2552). *งานวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ*. วันที่สืบค้นข้อมูล 6 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com

สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร และบุญเทียม เลิศศุภวิทย์นภา. (2552). การเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยากายวิภาค และสรีระวิทยาระหว่างข้าวพันธุ์ทนเค็มและพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในสภาวะความเครียดโซเดียมคลอไรด์. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 11 (4), 1-10.

อรุณี ยูวะนิยม. (2551). *การจัดการแก้ปัญหาดินเค็ม*. วันที่ค้นข้อมูล 8 มกราคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.ldd.go.th

ประวัตินักวิจัยและคณะ พร้อมหน่วยงานที่สังกัด

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายอนุเทพ ภาสุระ (Mr. Anuthep Pasura)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

โทร. 038-103032 e-mail: anuthep@buu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อเต็มและอักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2532	ตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)	กีฏวิทยาและโรคพืช	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2537	โท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.)	จุลชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2551	เอก	Doctor of Philosophy (Ph.D.)	Plant Science	University of Connecticut, USA

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- การควบคุมเชื้อก่อโรคโดยชีววิธี และการผลิตชีวภัณฑ์จุลินทรีย์

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

อนุเทพ ภาสุระ และ วรรณวิมล จิ๋วแย้ม. 2557. ผลของยีสต์ปฏิปักษ์และสารแอมโมเนียมโมลิบเดตที่มีต่อการเจริญและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (ฉบับพิเศษ)*. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6. หน้า 123 – 129.

Chairat, Y. and **Pasura A.** 2013. Isolation and identification of rhizobacteria having inhibitory capability on pathogenic fungi, *Pythium* sp. *Journal of Science, Technology, and Humanities.* 11 (2): 117-127.

ผู้ช่วยวิจัย

1. นายทวีศักดิ์ ขุนอาจ นิสิตปริญญาตรีสาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. นางสาวชยาภา นิลโกศล นิสิตปริญญาตรีสาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP AGAR) (Oxoid)

ชั่งอาหารสำเร็จรูป MYP AGAR 21.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 450 มิลลิลิตร ผสมให้ละลายจากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหมอนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นเติม Egg Yolk Emulsion 50 มิลลิลิตร และยา Polymyxin B Supplement 1 ขวด จากนั้นผสมให้เข้ากันเทลงในจานอาหารที่ ฆ่าเชื้อแล้ว

การเตรียม Egg Yolk Emulsion

แช่ไข่ในเอทานอลเข้มข้น 70% นาน 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดเชื้อที่เปลือก แยกไข่แดงออกจากไข่ขาวโดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 1 ส่วน ลงในไข่แดง 1 ส่วนผสมให้เข้ากัน

การเตรียม Polymyxin B Supplement

เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อลงในขวด Polymyxin B 5 มิลลิลิตร(Polymyxin B 1 ขวดใช้กับอาหาร 500 มิลลิลิตร)

2. Nutrient agar

ส่วนผสม

Beef extract	3 กรัม
Peptone	5 กรัม
Agar	15 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมเข้าด้วยกันต้มจนวุ้นละลาย จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

3. McFarland Standard No. 0.5

Sulfuric acid 1%	0.05 มิลลิลิตร
Barium chloride 1.175%	9.95 มิลลิลิตร

ผสมละลาย sulfuric acid 1% ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร และสารละลาย barium chloride 1.175% ปริมาตร 9.95 มิลลิลิตร ผสมสารทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 16×150 มิลลิเมตร เก็บไว้ในที่มืดระวังอย่าให้ถูกแสง

ภาคผนวก ข

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความยาวรากเฉลี่ย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:ความยาวราก

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50578.729[a]	23	2199.075	229.658	.000
Intercept	96642.007	1	96642.007	10092.680	.000
strain	3290.596	1	3290.596	343.649	.000
nacl	24975.213	2	12487.607	1304.127	.000
cell	13139.322	3	4379.774	457.396	.000
strain * nacl	2743.011	2	1371.506	143.231	.000
nacl * cell	3132.041	6	522.007	54.515	.000
strain * cell	914.349	3	304.783	31.830	.000
strain * nacl * cell	2384.196	6	397.366	41.498	.000
Error	13558.844	1416	9.575		
Total	160779.580	1440			
Corrected Total	64137.573	1439			

a. R Squared = .789 (Adjusted R Squared = .785)

ความยาวราก

Duncan[a,,b]

		Subset			
cell	N	1	2	3	4
4.00	360	3.4403			
1.00	360		8.0731		
2.00	360			9.6181	
3.00	360				11.6375
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

ความยาวราก

Duncan[a,,b]

nacl	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	480	3.3354		
2.00	480		7.7354	
1.00	480			13.5058
Sig.		1.000	1.000	1.000

ความยาวราก

Duncan[a,,b]

naclcell	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4	Subset 5	Subset 6
11.00	120	.0000					
12.00	120	.0000					
6.00	120		4.0375				
3.00	120		4.2833				
9.00	120		5.0208				
2.00	120			7.0417			
10.00	120				10.3208		
5.00	120				10.9208		
1.00	120					12.8942	
8.00	120					12.9792	
4.00	120					13.8958	
7.00	120						16.9125
Sig.		1.000	.072	1.000	.246	.066	1.000

ความยาวราก

Duncan[a,,b]

straincell	N	Subset 1	2	3	4	5	6
8.00	180	3.0806					
4.00	180	3.8000					
5.00	180		5.8028				
6.00	180			8.4389			
7.00	180			9.4000	9.4000		
1.00	180				10.3433	10.3433	
2.00	180					10.7972	
3.00	180						13.8750
Sig.		.233	1.000	.111	.118	.451	1.000

ความยาวราก

Duncan[a,,b]

strainnacl	N	Subset 1	2	3	4
6.00	240	.0000			
5.00	240		6.5333		
3.00	240		6.6708		
2.00	240			8.9375	
1.00	240				13.5033
4.00	240				13.5083
Sig.		1.000	.754	1.000	.991

ความยาวราก

Duncan[a,,b]

		Subset					
strainnaclcell	N	1	2	3	4	5	6
11.00	60	.0000					
12.00	60	.0000					
15.00	60	.0000					
18.00	60	.0000					
21.00	60	.0000					
23.00	60	.0000					
24.00	60	.0000					
14.00	60		3.4250				
6.00	60			8.0750			
3.00	60			8.5667			
22.00	60			9.2417	9.2417		
9.00	60				10.0417	10.0417	
5.00	60					10.5917	10.5917
2.00	60					10.6583	10.6583
17.00	60						11.2500
10.00	60						11.4000
20.00	60						11.4583
1.00	60						11.8050
4.00	60						
13.00	60						
16.00	60						
8.00	60						
19.00	60						
7.00	60						
Sig.		1.000	1.000	.050	.157	.307	.059

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความยาวลำต้นเฉลี่ย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:height

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	114067.820[a]	23	4959.470	720.565	.000
Intercept	236885.446	1	236885.446	34417.234	.000
strain	17349.308	1	17349.308	2520.692	.000
nacl	38255.284	2	19127.642	2779.067	.000
cell	31020.066	3	10340.022	1502.308	.000
nacl * cell	7729.209	6	1288.201	187.164	.000
strain * nacl	8542.879	2	4271.440	620.600	.000
strain * cell	5544.897	3	1848.299	268.540	.000
strain * nacl * cell	5626.179	6	937.696	136.239	.000
Error	9745.984	1416	6.883		
Total	360699.250	1440			
Corrected Total	123813.804	1439			

a. R Squared = .921 (Adjusted R Squared = .920)

height

Duncan[a,,b]

		Subset		
nacl	N	1	2	3
3.00	480	6.7531		
2.00	480		12.3708	
1.00	480			19.3538
Sig.		1.000	1.000	1.000

height

Duncan[a,,b]

cell	N	Subset 1	2	3	4
4.00	360	5.1917			
1.00	360		13.2653		
2.00	360			15.4722	
3.00	360				17.3744
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

height

Duncan[a,,b]

naclcell	N	Subset 1	2	3	4	5	6
11.00	120	.0000					
12.00	120	.0000					
6.00	120		8.7833				
3.00	120		8.9458				
9.00	120		9.2833				
2.00	120			12.5250			
10.00	120				15.5750		
5.00	120					17.5708	
1.00	120					18.3250	18.3250
8.00	120						19.3875
4.00	120						
7.00	120						
Sig.		1.000	.528	1.000	1.000	.308	.151

height

Duncan[a,,b]

straincell	N	Subset 1	2	3	4	5	6
8.00	180	4.9056					
4.00	180	5.4778					
5.00	180		7.6139				
6.00	180			11.4889			
7.00	180				13.4111		
1.00	180					18.9167	
2.00	180					19.4556	
3.00	180						21.3378
Sig.		.437	1.000	1.000	1.000	.464	1.000

height

Duncan[a,,b]

strainnacl	N	Subset 1	2	3	4	5	6
6.00	240	.0000					
5.00	240		9.6354				
3.00	240			13.5063			
2.00	240				15.1063		
4.00	240					18.4292	
1.00	240						20.2783
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

height

Duncan[a,,b]

		Subset					
strainnaclcell	N	1	2	3	4	5	6
11.00	60	.0000					
12.00	60	.0000					
15.00	60	.0000					
18.00	60	.0000					
21.00	60	.0000					
23.00	60	.0000					
24.00	60	.0000					
14.00	60		5.1083				
22.00	60			14.7167			
17.00	60			15.2833			
10.00	60				16.4333		
6.00	60					17.5667	
13.00	60					17.7333	
3.00	60					17.8917	
20.00	60					18.1500	18.1500
9.00	60					18.5667	18.5667
1.00	60						18.9167
16.00	60						
5.00	60						
2.00	60						
8.00	60						
4.00	60						
19.00	60						
7.00	60						
Sig.		1.000	1.000	.237	1.000	.062	.131

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าน้ำหนักสดเฉลี่ย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:wieght

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	245.596[a]	23	10.678	5.276	.000
Intercept	417.071	1	417.071	206.057	.000
strain	18.863	1	18.863	9.319	.005
nacl	107.443	2	53.721	26.541	.000
cell	76.454	3	25.485	12.591	.000
strain * nacl	8.753	2	4.376	2.162	.137
nacl * cell	17.637	6	2.940	1.452	.237
strain * cell	5.018	3	1.673	.826	.492
strain * nacl * cell	11.429	6	1.905	.941	.484
Error	48.577	24	2.024		
Total	711.245	48			
Corrected Total	294.174	47			

a. R Squared = .835 (Adjusted R Squared = .677)

weight

Duncan[a,,b]

		Subset		
nacl	N	1	2	3
3.00	16	1.2175		
2.00	16		2.7581	
1.00	16			4.8675
Sig.		1.000	1.000	1.000

weight

Duncan[a,,b]

cell	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
4.00	12	1.2158		
1.00	12	2.4042	2.4042	
2.00	12		3.5917	3.5917
3.00	12			4.5792
Sig.		.197	.198	.283

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าน้ำแห้งเฉลี่ย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:weight

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.745[a]	23	.728	4.885	.000
Intercept	30.099	1	30.099	201.943	.000
strain	.234	1	.234	1.569	.222
nacl	6.184	2	3.092	20.745	.000
cell	5.609	3	1.870	12.544	.000
nacl * cell	1.050	6	.175	1.174	.353
strain * nacl	2.140	2	1.070	7.180	.004
strain * cell	.404	3	.135	.903	.454
strain * nacl * cell	1.124	6	.187	1.257	.314
Error	3.577	24	.149		
Total	50.421	48			
Corrected Total	20.322	47			

a. R Squared = .824 (Adjusted R Squared = .655)

weight

Duncan[a,,b]

nacl	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3.00	16	.3606		
2.00	16		.7756	
1.00	16			1.2394
Sig.		1.000	1.000	1.000

weight

Duncan[a,,b]

cell	N	Subset 1	Subset 2
4.00	12	.2717	
1.00	12	.7325	.7325
2.00	12		.9692
3.00	12		1.1942
Sig.		.057	.070

wieght

Duncan[a,,b]

strainnacl	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
6.00	8	.0000		
3.00	8		.7213	
2.00	8		.7588	
5.00	8		.7925	
1.00	8		1.1050	1.1050
4.00	8			1.3738
Sig.		1.000	.194	.316

weight

Duncan[a,,b]

straincell	N	Subset 1	Subset 2
4.00	6	.2583	
8.00	6	.2850	
5.00	6	.5100	.5100
6.00	6	.9117	.9117
1.00	6	.9550	.9550
2.00	6	1.0267	1.0267
7.00	6		1.1817
3.00	6		1.2067
Sig.		.054	.080

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแบคทีเรียในดิน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:B.subtilis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.161[a]	23	.398	7.050	.000
Intercept	20.462	1	20.462	362.206	.000
strain	.379	1	.379	6.705	.016
nacl	.299	2	.149	2.646	.092
cell	7.660	3	2.553	45.194	.000
nacl * cell	.107	6	.018	.314	.923
strain * nacl	.168	2	.084	1.483	.247
strain * cell	.482	3	.161	2.846	.059
strain * nacl * cell	.067	6	.011	.197	.974
Error	1.356	24	.056		
Total	30.979	48			
Corrected Total	10.516	47			

B.subtilis

Duncan[a,,b]

cell	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1.00	12	.0000		
2.00	12		.6748	
3.00	12			.8897
4.00	12			1.0472
Sig.		1.000	1.000	.137

.

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแบคทีเรียในราก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:bacterialroot

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	402.573[a]	23	17.503	23.834	.000
Intercept	640.590	1	640.590	872.286	.000
strain	34.578	1	34.578	47.085	.000
nacl	52.231	2	26.115	35.561	.000
cell	216.272	3	72.091	98.165	.000
nacl * cell	21.500	6	3.583	4.879	.002
strain * nacl	45.032	2	22.516	30.660	.000
strain * cell	13.549	3	4.516	6.150	.003
strain * nacl * cell	19.412	6	3.235	4.405	.004
Error	17.625	24	.734		
Total	1060.788	48			
Corrected Total	420.198	47			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .918)

bacterialroot

Duncan[a,,b]

		Subset	
nacl	N	1	2
3.00	16	2.2039	
2.00	16	4.1393	4.1393
1.00	16		4.6163
Sig.		.062	.639

bacterialroot

Duncan[a,,b]

		Subset	
cell	N	1	2
4.00	12	.0000	
1.00	12		4.4822
2.00	12		5.0347
3.00	12		5.0958
Sig.		1.000	.516

bacterialroot

Duncan[a,,b]

naclcell	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
10.00	4	.0000		
11.00	4	.0000		
12.00	4	.0000		
3.00	4	2.9153	2.9153	
6.00	4	2.9215	2.9215	
9.00	4	2.9788	2.9788	
2.00	4		4.4573	4.4573
5.00	4			6.0090
1.00	4			6.0740
8.00	4			6.0910
4.00	4			6.1735
7.00	4			6.2178
Sig.		.057	.304	.260

bacterialroot

Duncan[a,,b]

strainnacl	N	Subset 1	Subset 2
6.00	8	.0000	
5.00	8		3.7950
3.00	8		4.4078
2.00	8		4.4836
1.00	8		4.6144
4.00	8		4.6183
Sig.		1.000	.583

bacterialroot

Duncan[a,,b]

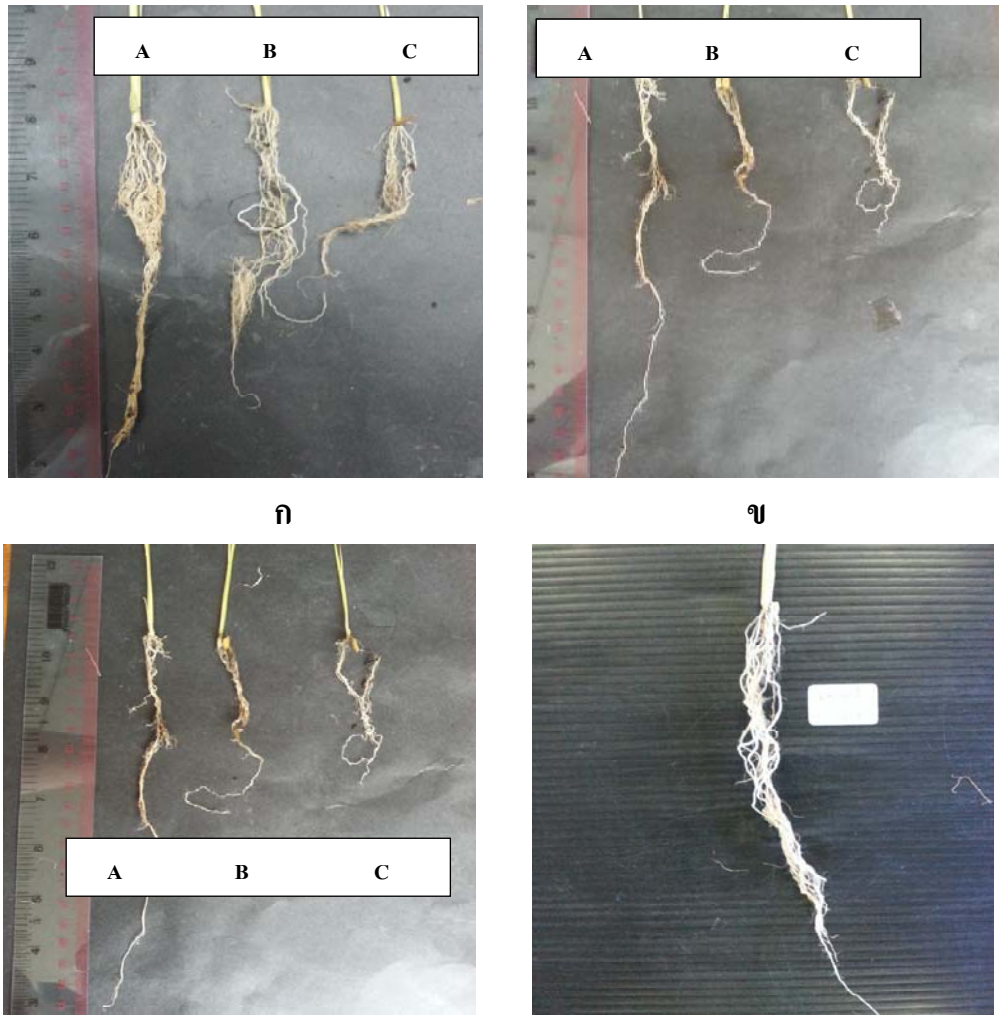
straincell	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
4.00	6	.0000		
8.00	6	.0000		
5.00	6		3.0155	
6.00	6		4.0810	4.0810
7.00	6		4.1212	4.1212
1.00	6			5.9488
2.00	6			5.9883
3.00	6			6.0705
Sig.		1.000	.367	.127

bacterialroot

Duncan[a,,b]

strainnaclcell	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
10.00	2	.0000		
11.00	2	.0000		
12.00	2	.0000		
15.00	2	.0000		
18.00	2	.0000		
21.00	2	.0000		
22.00	2	.0000		
23.00	2	.0000		
24.00	2	.0000		
14.00	2		2.9645	
3.00	2			5.8305
6.00	2			5.8430
5.00	2			5.9360
2.00	2			5.9500
9.00	2			5.9575
8.00	2			6.0485
1.00	2			6.0660
13.00	2			6.0820
17.00	2			6.0820
20.00	2			6.1335
16.00	2			6.1610
4.00	2			6.1860
7.00	2			6.2055
19.00	2			6.2300
Sig.		1.000	1.000	.688

ภาคผนวก ค ภาพการทดลอง



ก ข

ค ง

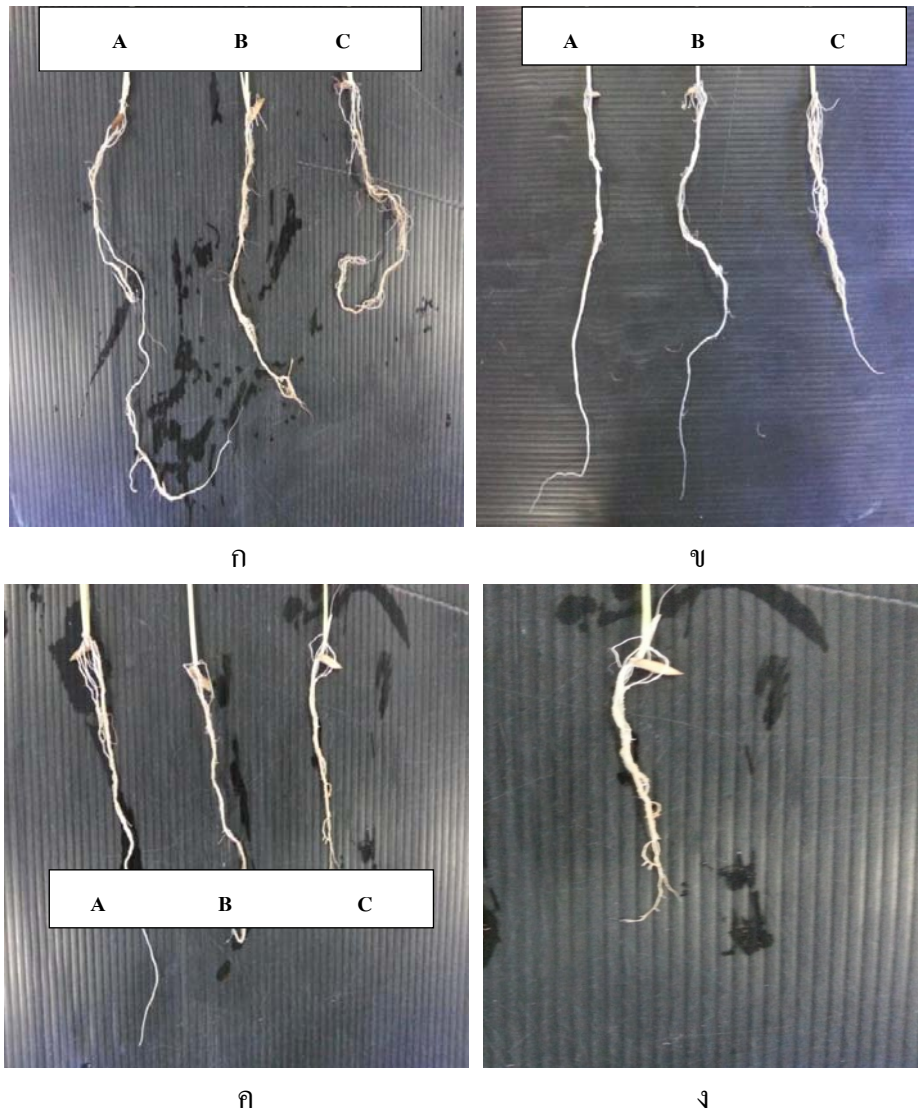
ภาพที่ 14 ความยาวของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

ก. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml

ข. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml

ค. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml

ง. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกลงในดินโดยไม่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์และไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในเชื้อ *B. subtilis* (กรรมวิธีควบคุม)



ก ข

ค ง

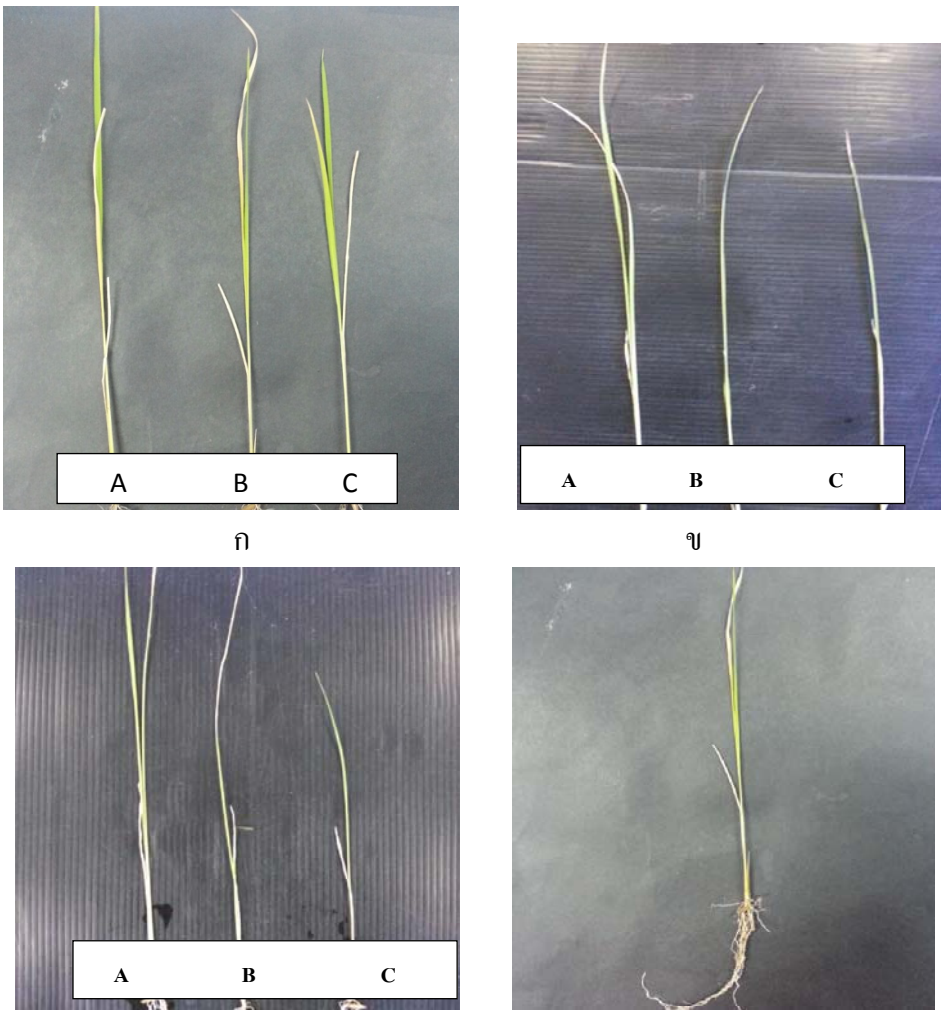
ภาพที่ 15 ความยาวของรากข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

ก. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml

ข. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml

ค. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml

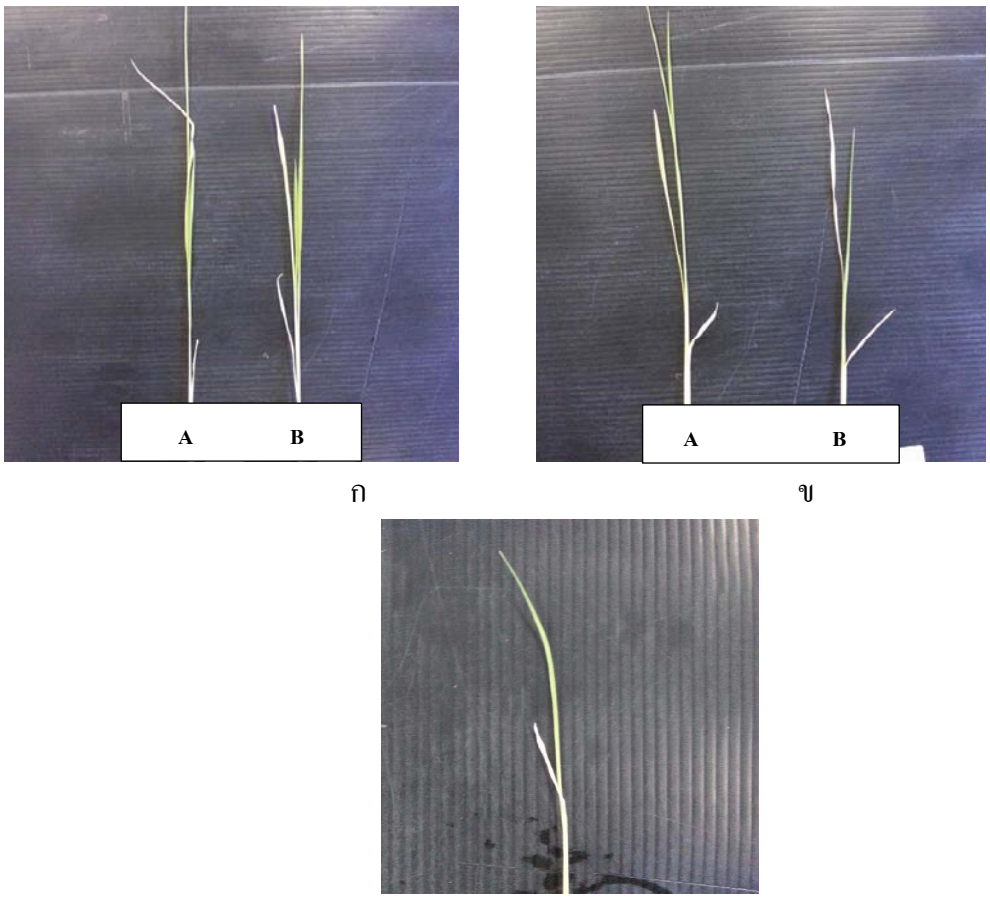
ง. รากของต้นกล้าข้าวที่ปลูกลงในดินโดยไม่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์และไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในเชื้อ *B. subtilis* (กรรมวิธีควบคุม)



ก ข

ค ง

ภาพที่ 16 ความยาวของลำต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่แช่เมล็ดในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ก. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml ข. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml ค. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1%, และ (C) 1.5% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^6 cfu/ml ง. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกลงในดินโดยไม่ได้รับสารลายโซเดียมคลอไรด์และไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในเชื้อ *B. subtilis* (กรรมวิธีควบค



ก ข

ค

ภาพที่ 17 ความยาวของลำต้นข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แช่เมล็ดในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ความเข้มข้นต่างๆและปลูกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

ก. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^8 cfu/ml

ข. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในดินที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (A) 0 %, (B) 1% โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* 10^7 cfu/ml

ค. ลำต้นของต้นกล้าข้าวที่ปลูกลงในดินโดยไม่ได้รับสารลายโซเดียมคลอไรด์และไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวลงในเชื้อ *B. subtilis* (กรรมวิธีควบคุม)

ภาพที่ 18 ถาดเพาะต้นกล้าและภาชนะที่ใช้ปลูก อายุต้นกล้า 3 วัน

ภาพที่ 19 ต้นกล้าข้าวอายุ 14 วัน

ประวัตินักวิจัยและคณะ พร้อมหน่วยงานที่สังกัด

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายอนุเทพ ภาสุระ (Mr. Anuthep Pasura)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

โทร. 038-103032 e-mail: anuthep@buu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อเต็มและอักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2532	ตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)	กีฏวิทยาและโรคพืช	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2537	โท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.)	จุลชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2551	เอก	Doctor of Philosophy (Ph.D.)	Plant Science	University of Connecticut, USA

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- การควบคุมเชื้อก่อโรคโดยชีววิธี และการผลิตชีวภัณฑ์จุลินทรีย์

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

อนุเทพ ภาสุระ และ วรรณวิมล จิ๋วแย้ม. 2557. ผลของยีสต์ปฏิปักษ์และสารแอมโมเนียมโมลิบเดตที่มีต่อการเจริญและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา (ฉบับพิเศษ)*. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6. หน้า 123 – 129.

Chairat, Y. and **Pasura A.** 2013. Isolation and identification of rhizobacteria having inhibitory capability on pathogenic fungi, *Pythium* sp. *Journal of Science, Technology, and Humanities.* 11 (2): 117-127.

ผู้ช่วยวิจัย

1. นายทวีศักดิ์ ขุนอาจ นิสิตปริญญาตรีสาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. นางสาวชยาภา นิลโกศล นิสิตปริญญาตรีสาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา