

ผลของ *Streptomyces* sp. Strain SEF 11 ต่อการงอกและการเติบโตของต้นกล้า
ของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ภายใต้สารละลายเกลือ
Effect of *Streptomyces* sp. Strain SEF11 on Germination and Seedling Growth
of Glutinous Rice cv. RD6 and Peanut cv. Kasetart 50 under Salt Solution

ชนิษฐา สมตระกูล^{1*}, สุธาร์ตน์ เทียงสันเทียะ¹, สุธาสินี วงศ์ไชยา¹, อภิเดช แสงดี¹ และวราภรณ์ ฉุยฉาย²

Khanitta Somtrakoon^{1*}, Sudarat Thiangsanthia¹, Sutasinee Wongchaiya¹

Aphidech Sangdee¹ and Waraporn Chouychai²

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กันทรวิชัย มหาสารคาม 44150

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

¹Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai, Mahasarakham, Thailand 44150

²Biology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhonsawan Rajabhat University, Nakhonsawan, Thailand 60000

*Corresponding author: khanitta.s@msu.ac.th

Abstract

Received: September 20, 2019

Revised: December 23, 2019

Accepted: January 23, 2020

This study was performed to investigate the effect of indole-3-acetic acid producing bacteria, *Streptomyces* sp. strain SEF11 on germination and seedling growth of glutinous rice cv. RD6 and peanut cv. Kasetart 50 seedling in 2 concentrations of sterile sodium chloride solution that were slightly (2.37 ds/m) and moderately (7.25 ds/m) salt solution. The results showed that seed of glutinous rice cv. RD6 and peanut cv. Kasetart 50 germinated well in both slightly and moderately salt solution. Seeds immersion in bacterial suspension increased shoot length of peanut and root length of glutinous rice cv. RD6 and peanut cv. Kasetart 50 seedling when compared with control in all salt conditions. Seeds immersion in culture filtrate increased shoot length and root length of glutinous rice cv. RD6 seedling but there were no effect on peanut cv. Kasetart 50 seedling. Thus, *Streptomyces* sp. strain SEF11 were possible to use for promoting glutinous rice cv. RD6 and peanut cv. Kasetart 50 growth in saline soil.

Keywords: glutinous rice, peanut, salt stress, plant growth promoting bacteria

บทคัดย่อ

การศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของการใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้แบคทีเรีย (*Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11) ที่มีความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์ที่ละลายได้ในรูปของสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรียและน้ำเลี้ยงเซลล์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งเพาะในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ปราศจากเชื้อ 2 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ ระดับความเข้มข้น (ค่าความนำไฟฟ้า 2.37 เดซิซีเมนส์/เมตร) และระดับความเข้มข้นปานกลาง (ค่าความนำไฟฟ้า 7.25 เดซิซีเมนส์/เมตร) ผลการทดลองพบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียว กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 งอกได้ดีที่ระดับความเข้มข้นและระดับความเข้มข้นปานกลาง การแช่เมล็ดพันธุ์ในสารแขวนลอยแบคทีเรียส่งผลให้ความยาวยอดของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในทุกๆระดับความเข้มข้น ส่วนการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำเลี้ยงเซลล์ส่งผลให้ความยาวยอดและความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่ไม่ส่งผลต่อถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 ไปใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วเหลืองพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในสภาวะดินเค็ม

คำสำคัญ: ข้าวเหนียว ถั่วลิสง สภาวะเค็มเกลือ
แบคทีเรียกลุ่มสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

ดินเค็มตามความหมายของกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (USDA) หมายถึงดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมากกว่า 4 เดซิซีเมนส์/เมตร ที่อุณหภูมิ 25°C. ระดับความเค็มและปริมาณเกลือที่พบในดินขึ้นอยู่กับชนิดของดิน โดยดินที่มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวในปริมาณสูง มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเกลือสูงกว่าดินที่มีสัดส่วนของอนุภาคทราย เนื่องจากโซเดียมสามารถสร้างพันธะกับประจุลบที่พบเป็นปริมาณสูงบริเวณพื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว (Ilangumaran and Smith, 2017) สาเหตุหลักของปัญหาดินเค็ม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนน้อย การระเหยของน้ำบริเวณพื้นผิวดิน การผุกร่อนของหินต้นกำเนิด และการใช้น้ำที่มีเกลือปนเปื้อนในพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น ปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มทำให้พื้นที่ในการทำเกษตรกรรมได้รับผลกระทบเพิ่มกว้างขึ้น และส่งผลให้ผลผลิตของพืชลดลง (Shrivastava and Kumar, 2015) ความเค็มที่พบบริเวณรอบรากพืชส่งผลกระทบต่อพืชหลายประการ เช่น เกิดสภาวะเครียดจากแรงดันออสโมติก ภาวะขาดดุลของไอออนภายในเซลล์พืชถูกทำลายธาตุจำเป็น เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และไนโตรเจน ถูกนำเข้าสู่พืชลดลง เกิดการสะสมไอออนที่เป็นพิษ เช่น โซเดียม คลอไรด์ และโบรอน ซึ่งส่งผลยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้เอนไซม์เสียสภาพ และทำลายคลอโรพลาสต์ เป็นต้น (Machado and Serralheiro, 2017)

บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2.3 ล้านเฮกเตอร์ โดย

แบ่งเป็นบริเวณภายในประเทศที่ได้รับผลกระทบครอบคลุมพื้นที่ 1.9 ล้านเฮกเตอร์ ส่วนที่เหลือที่ได้รับผลกระทบจากเกลือเป็นพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล พื้นที่ภายในประเทศที่ได้รับผลกระทบจากเกลือมักมีลักษณะของดินเค็มเล็กน้อยจนถึงดินเค็มปานกลาง บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากภาวะดินเค็มเหล่านี้ยังคงเป็นพื้นที่ทำการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะถูกใช้เป็นพื้นที่ในการปลูกข้าวและพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ (Arunin and Pongwichian, 2015) แนวทางทั่วไปที่ใช้ในการแก้ไขสภาวะดินเค็มเล็กน้อยถึงปานกลางในพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ การปลูกพืชทนเค็มหรือปรับปรุงคุณภาพดินโดยใช้ปุ๋ยพืชสด (Arunin and Pongwichian, 2015)

อย่างไรก็ตามการใช้จุลินทรีย์กลุ่มสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีบทบาทช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในสภาวะที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็ม กลไกสำคัญเป็นได้หลายลักษณะ แบคทีเรียอาจมีบทบาทช่วยในการรักษาภาวะธำรงดุลของไอออน ช่วยสะสมออสโมไลต์เพิ่มระดับของเอนไซม์ ที่มีบทบาททำลายอนุมูลอิสระ ซึ่งมักถูกผลิตขึ้นเป็นจำนวนมากเมื่อพืชอยู่ในภาวะเครียด (Pan *et al.*, 2019) การผลิตเอนไซม์ 1 อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิเลต ดีอะมิเนส (1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase) ช่วยลดระดับเอทิลีนซึ่งถูกผลิตขึ้นเป็นปริมาณมากเมื่อพืชเผชิญกับความเครียด เอนไซม์จะทำหน้าที่ย่อยสลาย 1-อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิเลต ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เอทิลีน (Sarkar *et al.*, 2018) การผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิกโดยแบคทีเรียกลุ่มสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชเป็นอีกกลไกหนึ่งที่มีบทบาทสนับสนุนให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างปกติในภาวะเครียดจากเกลือ เนื่องจากมีรายงานว่าระดับของกรดอินโดล-3-แอซิดิกในพืช เช่น ถั่วลิสง จะลดปริมาณลงเมื่อเจริญเติบโตในสภาวะเครียด การได้รับแบคทีเรีย กลุ่มสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช (*Rhizobium*

japonicum สายพันธุ์ USDA-110) ช่วยปรับระดับกรดอินโดล-3-แอซิดิกให้เข้าสู่สมดุลทำให้พืชเจริญเติบโตได้ตามปกติ (Asim *et al.*, 2013)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถของ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 (มีความคล้ายคลึงกับ *Streptomyces thermotolerans* ร้อยละ 99 จากการวิเคราะห์ลำดับเบสบน 16S rDNA) ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่เพาะในสารละลายเกลือที่มีระดับความเค็มน้อยและปานกลาง โดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้นี้รายงานว่าแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 มีความสามารถในการผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิก ที่ระดับความเข้มข้นของไฮเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.55 (Somtrakoon *et al.*, 2019) ซึ่งจัดว่าเป็นปริมาณของเกลือที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 16 เดซิซีเมนส์/เมตร ซึ่งเป็นระดับความเค็มสูง (Shirokova *et al.*, 2000) หาก *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ได้ จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาเป็นหัวเชื้อเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรียและน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรีย

เตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 ทำโดยเพาะเลี้ยงบนจานอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ที่ลดสารอาหารลงครึ่งหนึ่ง บ่มที่อุณหภูมิ 37°C. เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นถ่ายเชื้อแบคทีเรียลงบนอาหาร Potato Dextrose Broth (PDB) ที่ลดสารอาหารลงครึ่งหนึ่ง บ่มในสภาวะหนึ่งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เก็บเกี่ยวเซลล์โดยนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ใช้ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็น

เวลา 10 นาที เก็บน้ำเลี้ยงเซลล์ใส่ภาชนะที่ปราศจากเชื้อ เพื่อเก็บไว้ใช้ในการทดลองต่อไป จากนั้นล้างเซลล์ด้วย สารละลายยวีน 80 ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่ปราศจาก เชื้อจำนวน 2 ครั้ง แล้วจึงเตรียมสารแขวนลอยของ แบคทีเรียในสารละลายยวีน 80 ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่ปราศจากเชื้อให้มีปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิต หลังจากตรวจสอบการเจริญบนอาหาร PDA ที่ลด สารอาหารลงครึ่งหนึ่งเป็น 10^6 cfu/มล. เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ ในการทดลอง

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่ว ลิสงเกษตรศาสตร์ 50

เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง เกษตรศาสตร์ 50 โดยพอกฆ่าเชื้อที่พื้นผิวด้วยการแช่เมล็ด พันธุ์ในสารละลายไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 2 ครั้ง ระหว่างการแช่เมล็ดพันธุ์ ให้เขย่าเป็นครั้งคราว จากนั้นแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ 50 ในน้ำกลั่นที่ ปราศจากเชื้อ จำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งให้เขย่า 1 นาที แล้วจึงเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ทำการศึกษาต่อไป

ทดสอบผลของสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. และน้ำเลี้ยงเซลล์ต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า ของข้าวเหนียว กข6 และถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ 50 ที่เพาะในสารละลายเกลือ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ 50 ที่พอก ฆ่าเชื้อที่พื้นผิวแล้วมาแช่ลงในสารแขวนลอยของ *Streptomyces* sp. ซึ่งผสมทริปโตเฟน 0.2 ก./ล. หรือ แช่ในน้ำเลี้ยงเซลล์เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ด พันธุ์ข้าวเหนียว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ 50 เพาะลงบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มด้วยสารละลายไฮโปคลอไรต์ ที่ปราศจากเชื้อ ซึ่งวัดค่าความนำไฟฟ้าได้ 0.04 (ไม่เค็ม)

2.37 (ความเค็มเล็กน้อย) และ 7.25 (ความเค็มปานกลาง) เดซิซีเมนส์/เมตร ที่อุณหภูมิ 28°C. เพาะเมล็ดพันธุ์ ข้าวเหนียว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ 50 จานละ 10 เมล็ด โดยแต่ละทริทเมนต์ทำการทดลอง ทั้งหมด 6 ซ้ำ รักษาความชื้นของกระดาษทิชชูให้คงที่ (บันทึกปริมาณสารละลายไฮโปคลอไรต์ผสม ทริปโตเฟนที่ปราศจากเชื้อ ซึ่งเติมลงไปเพื่อให้กระดาษทิชชู ชุ่มในวันแรก และบันทึกปริมาณน้ำกลั่นปราศจากเชื้อที่ เติมนในแต่ละวันเพื่อรักษาระดับความชื้น)

การทดลองในชุดควบคุมทำโดยแช่เมล็ดพันธุ์ ข้าวเหนียว กข6 และเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเกษตรศาสตร์ 50 ในสารละลายยวีน 80 ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ซึ่งผสม ทริปโตเฟน 0.2 ก./ล. หรืออาหารเลี้ยงเชื้อ PDB ที่ลด สารอาหารลงครึ่งหนึ่งและผสมทริปโตเฟน 0.2 ก./ล. ที่ปราศจากเชื้อ แล้วเพาะลงบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มด้วย สารละลายไฮโปคลอไรต์ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกับ ชุดทดสอบ บันทึกผลการทดลองวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของการทดลอง โดยบันทึกจำนวนต้น กล้าที่งอก ความยาวราก และความยาวยอดของต้นกล้า จากนั้นคำนวณร้อยละการงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอก ตามวิธีการของ Calvelo Pereira *et al.* (2010) และ Chuanren *et al.* (2004)

ร้อยละการงอก = (จำนวนเมล็ดที่งอกภายใน ระยะเวลาที่กำหนด/จำนวนเมล็ดที่เริ่มเพาะ) × 100

เวลาเฉลี่ยในการงอก = $\sum$ (จำนวนเมล็ดที่งอกในวันที่ บันทึกผล × ลำดับของวันที่บันทึกผล) / จำนวนต้นกล้าที่ งอกทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่าง ทริทเมนต์ของความยาวยอดและความยาวรากด้วย Two-way ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย แต่ละคู่ด้วย LSD โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความเค็มเป็นพิษต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชหลายประการ ทั้งการสังเคราะห์โปรตีน การสังเคราะห์ด้วยแสง เมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการสะสมไอออนต่างๆ และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากแรงดันออสโมติก และการเข้าไปรบกวนการทำงานระดับไอออนของ Na^+ และ Cl^- (Mohamed and Gomaa, 2012) ระดับความเค็มเล็กน้อยเป็นระดับความเค็มที่ส่งผลกระทบต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม เช่น ข้าว (*Oryza sativa* L.) ถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris* L.) และถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) R. wilcz) เป็นต้น (Annex 1, n.d.) ส่วนระดับความเค็มปานกลางเป็นระดับความเค็มที่ส่งผลกระทบต่อพืชหลายชนิด โดยเฉพาะพืชที่มีความไวต่อความเค็มปานกลาง (Shirokova et al., 2000) เช่น ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ถั่วชิกพี (*Cicer arietinum* L.) ข้าวโพด (*Zea mays* L.) และอัลฟาฟา (*Medicago sativa* L.) เป็นต้น (Annex1, n.d.) การศึกษานี้พบว่าระดับความเค็มเล็กน้อย (2.34 เดซิซีเมนส์/เมตร) และระดับความเค็มปานกลาง (7.25 เดซิซีเมนส์/เมตร) มีแนวโน้มไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการงอกของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (ระยะเวลาในการงอกเฉลี่ย 1.4-1.5 วัน) และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (ระยะเวลาในการงอกเฉลี่ย 1.1-1.2 วัน) การแช่เมล็ดพันธุ์ในสารแขวนลอยเซลล์หรือน้ำเลี้ยงเซลล์ของ *Streptomyces* sp. SEF11 มีแนวโน้มไม่กระตุ้นให้ระยะเวลาการงอกของพืชทั้งสองชนิดเกิดได้เร็วขึ้น (Table 1)

นอกจากนี้ระดับความเค็มเล็กน้อยและระดับความเค็มปานกลางไม่ส่งผลให้ร้อยละการงอกของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 แตกต่างจากร้อยละการงอกของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เมื่อเพาะในสภาวะที่ไม่เค็ม โดยเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในสภาวะที่แช่เมล็ดพันธุ์ในสารแขวนลอยเซลล์หรือน้ำเลี้ยงเซลล์ของ

Streptomyces sp. SEF11 และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้แช่ในสารแขวนลอยเซลล์หรือน้ำเลี้ยงเซลล์มีร้อยละการงอก 93.3-100.00 อย่างไรก็ตามระดับความเค็มน้อยและเค็มปานกลางมีแนวโน้มทำให้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มีร้อยละการงอกต่ำกว่าการข้าวเหนียวที่เพาะในสภาวะไม่เค็ม การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว กข6 ในสารแขวนลอยเซลล์หรือน้ำเลี้ยงเซลล์ของ *Streptomyces* sp. SEF11 มีแนวโน้มส่งเสริมให้ร้อยละการงอกของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 สูงขึ้นเมื่อเพาะในสารละลายที่มีระดับความเค็มเล็กน้อยและระดับเค็มปานกลาง โดยร้อยละการงอกของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เมื่อแช่ในสารแขวนลอยเซลล์หรือน้ำเลี้ยงเซลล์ที่เพาะในสภาวะที่มีความเค็มเล็กน้อยหรือเค็มปานกลางมีค่าระหว่าง 95.0-98.3 และ 98.0-100.0 ตามลำดับ

ในขณะที่ร้อยละการงอกของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ที่ไม่ได้รับสารแขวนลอยเซลล์และน้ำเลี้ยงเซลล์มีร้อยละการงอกเพียง 83.3-86.7 และ 75.0-78.3 เมื่อเพาะในสารละลายที่มีความเค็มน้อยและเค็มปานกลาง ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าการงอกของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ได้รับผลกระทบจากความเค็มน้อยกว่าเพราะเป็นกลุ่มของพืชที่ทนเค็มได้มากกว่าข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 นอกจากนั้นในน้ำเลี้ยงเซลล์ที่มีส่วนผสมของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ผลิตแล้วขับออกมาในอาหารเลี้ยงเซลล์ รวมทั้งสารแขวนลอยเซลล์ที่ผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ สามารถส่งเสริมการงอกและช่วยปรับสมดุลของระดับฮอร์โมนภายในเนื้อเยื่อของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ได้ดีกว่าถั่วเหลืองเกษตรศาสตร์ 50 อีกทั้งกลไกและกระบวนการในการงอกของข้าวเหนียวที่สะสมอาหารในเอ็นโดสเปิร์มยังแตกต่างจากในถั่วลิสงที่สะสมอาหารในใบเลี้ยง (Mohr and Schopfer, 1995) ซึ่งกลไกภายในเมล็ดพันธุ์พืชระดับสรีรวิทยาและโมเลกุลในประเด็นดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่ควรศึกษาต่อไป

Table 1 Seed germination of glutinous rice and peanut immersed in spore suspension and culture filtrate of *Streptomyces* sp. strain SEF11 under different conductivities

Treatment	Rice cv. RD6		Peanut cv. Kasetsart 50	
	Mean time to germinate (day)	Total germination (%)	Mean time to germinate (day)	Total germination (%)
0.04 ds/m				
Tween 80 + Tryptophane	1.4 ± 0.07	91.7 ± 3.07	1.0 ± 0.02	100.0 ± 0.0
Tryptophane + Cell suspension	1.2 ± 0.10	85.0 ± 6.20	1.3 ± 0.04	100.0 ± 0.0
2.34 ds/m				
Tween 80 + Tryptophane	1.5 ± 0.11	83.3 ± 6.15	1.1 ± 0.03	96.7 ± 3.33
Tryptophane + Cell suspension	1.5 ± 0.08	98.3 ± 1.67	1.1 ± 0.07	98.3 ± 1.67
7.25 ds/m				
Tween 80 + Tryptophane	1.4 ± 0.07	86.7 ± 4.22	1.1 ± 0.03	98.3 ± 1.67
Tryptophane + Cell suspension	1.5 ± 0.09	95.0 ± 2.24	1.0 ± 0.02	96.7 ± 2.11
0.04 ds/m				
PDB + Tryptophane	1.3 ± 0.11	80.0 ± 5.77	1.0 ± 0.02	100.0 ± 0.0
Tryptophane + Culture filtrate	1.0 ± 0.02	98.3 ± 1.67	1.1 ± 0.04	96.7 ± 2.11
2.34 ds/m				
PDB + Tryptophane	1.4 ± 0.11	78.3 ± 3.07	1.2 ± 0.06	100.0 ± 0.0
Tryptophane + Culture filtrate	1.5 ± 0.08	98.3 ± 1.67	1.2 ± 0.09	98.3 ± 1.67
7.25 ds/m				
PDB + Tryptophane	1.4 ± 0.11	75.0 ± 3.41	1.1 ± 0.03	96.7 ± 2.11
Tryptophane + Culture filtrate	1.4 ± 0.11	100.0 ± 0.00	1.0 ± 0.04	93.3 ± 3.33

Data showed as mean ± SE.

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองใน Table 2 พบว่าที่ระดับความเค็มเล็กน้อยและเค็มปานกลางส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มากกว่าการเจริญเติบโตของยอด ในสภาวะที่ไม่ได้รับสารละลายเซลล์นั้น ความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มีค่าเพียง 4.33 และ 4.67 ซม. เมื่อเพาะที่ระดับความเค็มเล็กน้อยและเค็มปานกลาง ส่วนความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เมื่อเพาะในสภาวะไม่เค็ม มีค่าถึง 7.16 ซม. การแช่เมล็ด

ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรีย *Streptomyces* sp. SEF11 ส่งเสริมให้มีความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เพิ่มขึ้นเป็น 6.73 และ 6.69 เมื่อเพาะในสภาวะเค็มเล็กน้อยและเค็มปานกลาง ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างจากความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ที่เพาะในสภาวะไม่เค็มทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับสารแขวนลอยเซลล์ และเป็นค่าที่มากกว่าความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ที่เพาะระดับความเค็มเดียวกันแต่ไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ในสาร

แขวนลอยเซลล์ ในขณะที่การเจริญเติบโตของรากถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยสารแขวนลอยเซลล์ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทั้งยอดและรากของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยความยาวยอดและความยาว

รากของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่แช่เมล็ดพันธุ์ในสารแขวนลอยเซลล์มีค่ามากกว่าความยาวยอดและรากของถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ในสารแขวนลอยเซลล์ที่ทุกระดับความเค็มที่ทดสอบ (Table 2)

Table 2 Seedling growth of glutinous rice and peanut which seed immersed in cell suspension of *Streptomyces* sp. strain SEF11 under different conductivities

Treatment	Rice cv. RD6		Peanut cv. Kasetsart 50	
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
0.04 ds/m				
Tween 80 + Tryptophane	6.40 ± 0.19A	7.16 ± 0.21Aa	1.54 ± 0.09b	2.20 ± 0.10Ab
Tween 80 + Tryptophane + Cell suspension	6.61 ± 0.16A	7.14 ± 0.13Aa	2.08 ± 0.11a	3.65 ± 0.17Aa
2.34 ds/m				
Tween 80 + Tryptophane	5.96 ± 0.10B	4.33 ± 0.06Bb	1.65 ± 0.03b	2.33 ± 0.07Ab
Tween 80 + Tryptophane + Cell suspension	6.21 ± 0.08A	6.73 ± 0.11Aa	2.02 ± 0.06a	2.77 ± 0.12Ba
7.25 ds/m				
Tween 80 + Tryptophane	6.26 ± 0.19AB	4.67 ± 0.20Bb	1.57 ± 0.07b	2.25 ± 0.09Ab
Tween 80 + Tryptophane + Cell suspension	6.28 ± 0.14A	6.69 ± 0.21Aa	1.83 ± 0.11a	2.70 ± 0.11Ba
NaCl	*	**	ns	**
Spore	ns	**	**	**
NaCl*Spore	ns	**	ns	**

Values with different lowercase letter are statistically different between same NaCl concentration ($P < 0.05$); Values with different capital letter are statistically different between different NaCl concentration at 0.05; ns, *, ** denote non-significance ($P > 0.05$), statistically significance ($P < 0.05$), and highly statistically significance ($P < 0.01$) of each factor, respectively.

Data showed as mean ± SE.

ผลของน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 ต่อการเจริญเติบโตภายหลังการงอกของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (Table 3) พบว่าน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรีย *Streptomyces*

sp. SEF11 ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของรากและยอดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ที่ทุกระดับความเค็มที่ทดสอบ โดยการแช่เมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรีย ส่งผลให้ความยาวยอดและความยาวรากของ

ข้าวพันธุ์ กข6 ที่ปลูกในสภาวะที่ไม่เค็ม เค็มเล็กน้อย และ เค็มปานกลาง มีค่ามากกว่าความยาวยอดและความยาว รากของข้าวเหนียวพันธุ์กข6 ที่เพาะในสภาวะเดียวกันแต่ ไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำเลี้ยงเซลล์ของแบคทีเรีย โดยความ ยาวยอดของข้าวเหนียวพันธุ์กข6 ที่แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำเลี้ยง เซลล์แบคทีเรียมีค่าสูงถึง 5.22 ซม. เมื่อเพาะในสภาวะ ที่มีความเค็มเล็กน้อยและเค็มปานกลาง ในขณะที่ความยาว ยอดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ที่ไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ ในน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียมีค่าเพียง 1.20 และ 1.57 ซม. เมื่อเพาะในสภาวะที่มีความเค็มเล็กน้อยและเค็มปาน กลาง สำหรับความยาวรากของ ข้าวเหนียวพันธุ์กข6 ที่

แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำเลี้ยงเซลล์ของแบคทีเรีย มีค่า 2.86 และ 3.60 ซม. เมื่อเพาะในสภาวะเค็มเล็กน้อยและเค็ม ปานกลาง ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าความยาวราก ของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ที่ไม่ได้แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำเลี้ยง เซลล์ซึ่งมีค่าเพียง 1.47 และ 1.50 ซม. เมื่อเพาะใน สภาวะเค็มเล็กน้อยและเค็มปานกลางเช่นกัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าน้ำเลี้ยงเซลล์ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของ ยอดและรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 อย่างชัดเจน แต่กลับ ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของยอดและรากของถั่ว ลิสงที่เพาะในสภาวะที่ไม่เค็ม เค็มเล็กน้อย และเค็มปาน กลาง

Table 3 Seedling growth of glutinous rice and peanut which seed immersed in culture filtrate of *Streptomyces* sp. strain SEF11.

Treatment	Rice cv. RD6		Peanut cv. Kasetsart 50	
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
0.04 ds/m				
PDB + Trp	2.22 ± 0.08b	3.56 ± 0.20Ab	1.64 ± 0.04A	2.20 ± 0.08
PDB + Trp + Culture filtrate	4.94 ± 0.06a	4.64 ± 0.06Aa	1.46 ± 0.04B	2.42 ± 0.09
2.34 ds/m				
PDB + Trp	1.20 ± 0.07b	1.47 ± 0.08Bb	1.78 ± 0.09A	2.28 ± 0.10
PDB + Trp + Culture filtrate	5.22 ± 0.21a	2.86 ± 0.10Ca	1.62 ± 0.05A	2.24 ± 0.09
7.25 ds/m				
PDB + Trp	1.57 ± 0.09b	1.50 ± 0.05Bb	1.44 ± 0.04B	2.53 ± 0.10
PDB + Trp + Culture filtrate	5.22 ± 0.20a	3.60 ± 0.12Ba	1.63 ± 0.04A	2.25 ± 0.08
NaCl	ns	**	**	ns
Culture filtrate	**	**	ns	ns
NaCl* Culture filtrate	**	**	**	*

Values with different lowercase letter are statistically different between same NaCl concentration ($P < 0.05$); Values with different capital letter are statistically different between different NaCl concentration at 0.05; ns, *, ** denote non-significance ($P > 0.05$), statistically significance ($P < 0.05$), and highly statistically significance ($P < 0.01$) of each factor, respectively.

Data showed as mean ± SE.

การใช้แบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 ทั้งในรูปน้ำเลี้ยงเซลล์ และสารแขวนลอยเซลล์ แบคทีเรีย สามารถกระตุ้นความยาวรากของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงได้ทั้งในสถานะที่มีและไม่มีเค็ม ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าการส่งเสริมการเจริญเติบโตดังกล่าวเป็นผลมาจากออกซินที่แบคทีเรียสร้างขึ้นเนื่องจากออกซินเป็นฮอร์โมนธรรมชาติที่ช่วยส่งเสริมการสร้างและการพัฒนาของรากในพืช (Tanimoto, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการใช้แบคทีเรียกลุ่มสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชที่ผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิกได้ในการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่นในสถานะที่มีความเค็ม เช่น เมล็ดพันธุ์ผักกาดหัวที่ผสมกับแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิก ได้แก่ *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas fluorescens* พบว่าเมื่อนำไปปลูกในดินและรดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 75–150 มิลลิโมลาร์ จะช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากและใบเพิ่มปริมาณรงควัตถุ โพรลีน กรดอะมิโนอิสระ และปริมาณโปรตีนทั้งหมดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นพืชที่เพาะมาจากเมล็ดที่ไม่เติมแบคทีเรียกลุ่มสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช (Mohamed and Gomaa, 2012)

การเติมแบคทีเรีย *Bacillus aquimaris* สายพันธุ์ DY-3 ซึ่งผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิกได้ ให้กับรากข้าวโพดที่ปลูกในทรายและสัมผัสกับโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าการเติมแบคทีเรียช่วยให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ การสะสมน้ำตาลที่ละลายได้ โพรลีน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และปริมาณโซเดียมไอออนลดลง (Li and Jiang, 2017) และการผสมแบคทีเรีย *Klebsiella* sp. สายพันธุ์ SBP-8 ให้กับเมล็ดข้าวสาลีพันธุ์ C309 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไวต่อเกลือและนำมาเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ระหว่าง 150-200 มิลลิโมลาร์ หลัง

งอกทำให้ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ โพรลีน และโปรตีนทั้งหมดเพิ่มขึ้น รวมทั้งยังช่วยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ (Singh and Jha, 2017) นอกจากนี้การใช้ 2,4-D ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 20-150 มก./ล. แซ่เมล็ดข้าวสาลีก่อนปลูกในดินเค็ม สามารถเพิ่มชีวมวลของรากในสถานะที่มีความเค็มได้เช่นกัน (Gulnaz *et al.*, 1999)

สรุปผลการวิจัย

แบคทีเรีย *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ SEF11 ซึ่งมีความสามารถในการผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิก มีศักยภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่เพาะในสถานะที่มีความเค็มเล็กน้อยและเค็มปานกลาง ดังนั้นการใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวเพื่อใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และ ถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในสถานะดินเค็มจึงมีความเป็นไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับสถานที่ดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Annex 1. n.d. **Crop salt tolerance data.**

[Online]. Available <http://www.fao.org/3/y4263e/y4263e0e.htm>

(23 December 2019).

Arunin, S. and P. Pongwichian 2015. Salt-affected soils and management in Thailand.

Bull. Soc. Sea Water Sci. 69: 319-325.

- Asim, M., M. Aslam, A. Bano, M. Munir, A. Majeed and S.H. Abbas. 2013. Role of phytohormones in root nodulation and yield of peanut under salt stress. **Am. J. Res. Commun.** 1: 191-208.
- Calvelo Pereira, R.C., C. Monterroso and F. Macias. 2010. Phytotoxicity of hexachlorocyclohexane: effect on germination and early growth of different plant species. **Chemosphere** 79: 326-333.
- Chuanren, D., W. Bochu, L. Wanqian, C. Jing, L. Jie and Z. Huan. 2004. Effect of chemical and physical factors to improve the germination rate of *Echinaceae angustifolia* seeds. **Colloids Surfaces B.** 37: 101-105.
- Gulnaz, A., J. Iqbal, S. Farooq and F. Azam. 1999. Seed treatment with growth regulators and crop productivity I. 2,4-D as an inducer of salinity-tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant and Soil** 210: 209-217.
- Ilangumaran, G. and D.L Smith. 2017. Plant growth promoting rhizobacteria in amelioration of salinity stress: a systems biology perspective. **Front. Plant Sci.** 8(1768): 1-14.
- Li, H.Q. and X.W. Jiang. 2017. Inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) improves salt tolerance of maize seedling. **Russ. J. Plant Physl.** 64: 235-241.
- Machado, R.M.A. and R.P. Serralheiro 2017. Soil salinity: effect on vegetable crop growth management practices to prevent and mitigate. **Horticulturae** 3(30): 1-13.
- Mohamed, H.I. and E.Z. Gomaa. 2012. Effect of plant promoting *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and pigment composition of radish plants (*Raphanus sativus*) under NaCl stress. **Photosynthetica** 50: 263-272.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. **Plant Physiology**. Berlin: Springer. 269 p.
- Pan, J., F. Peng, X. Xue, Q. You, W. Zhang, T. Wang and C. Huang. 2019. The growth promotion of two salt-tolerant plant groups with PGPR inoculation: a meta-analysis. **Sustainability** 11(378): 1-14.
- Sarkar, A., P.K. Ghosh, K. Pramanik, S. Mitra, T. Soren, S. Pandey, M.H. Mondal and T.K. Maiti. 2018. A halotolerant *Enterobacter* sp. displaying ACC deaminase activity promotes rice seedling growth under salt stress. **Res. Microbiol.** 169: 20-32.
- Shirokova, Y., I. Forkutsa and N. Sharafutdinova. 2000. Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in Central Asia. **Irrig. Drain. Sys.** 14: 199-205.

- Shrivastava, P. and R. Kumar. 2015. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi J. Biol. Sci.** 22: 123-131.
- Singh, R.P. and P.N. Jha. 2017. Analysis of fatty acid composition of PGPR *Klebsiella* sp. SBP-8 and its role in ameliorating salt stress in wheat. **Symbiosis** 73: 213-222.
- Somtrakoon, K., N. Sripasa, S. Ladsena, A. Sangdee and W. Chouychai. 2019. Optimum conditions for indole-3-acetic acid production by *Streptomyces* and its stimulation on seed germination of rice cv. KDML105. **Journal of Agricultural Research and Extension** 36(3): 12-22. [in Thai]
- Tanimoto, E. 2005. Regulation of root growth by plant hormones—roles for auxin and gibberellin. **Cri. Rev. Plant Sci.** 24: 249-265.