ความสามารถของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในห้องปฏิบัติการ
The ability of potassium-solubilizing bacteria on germination of seeds Phitsanulok 2 rice under laboratory condition

กมลชนก ห่วงมี [1*], พิชญ์นันท์ กังแฮ [2], วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์ [1] และ วิภา หอมหวล [1]
Kamonchanok Huangmee [1*], Pichanan kanghae [2], Wanwisa Punsak [1] and Wipa Homhaul [1]

บทคัดย่อ

แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม (Potassium-solubilizing bacteria; KSB) เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืช มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่องอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แบคทีเรีย KSB ที่คัดเลือกได้จากดินบริเวณรากข้าวในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มาทำการทดสอบ แบคทีเรียที่ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นและแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว (Broth) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่เป็นน้ำกลั่นและอาหารเหลว MAB ทำการเพาะเมล็ดข้าวจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด โดยวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐานแบบ Between paper พบว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วยแบคทีเรีย KSB (Broth) ส่งเสริมให้ร้อยละการงอกสูงสุดร้อยละ 96.75 ส่วนเมล็ดที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) ทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดข้าวสูงเฉลี่ย 30.66 ต้นต่อวัน รวมทั้งเพิ่มความยาวรากและส่งเสริมการงอกของต้นอ่อนให้ค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (5.73 และ 4.68 เซนติเมตร ตามลำดับ) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แบคทีเรียละลายโพแทสเซียมที่คัดเลือกจากดินบริเวณรากข้าวจังหวัดเชียงใหม่กับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด ความยาวรากและความสูงต้นอ่อนเพิ่มขึ้น

Abstract

The potassium solubilizing bacteria (KSB) are a rhizospheric microorganism. It plays an important role for the growth of plants. The objectives of this experiment were to study the effects of KSB on seed germination of Phitsanulok 2 rice under laboratory room condition. KSB were isolated from rice rhizosphere soil

คำสำคัญ: โพแทสเซียม, แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม, การงอกของเมล็ด

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
[1] Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000
[2] ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดแพร่ แพร่ 54000
[2] Phare Rice Research Center, Phare, 54000
[*] Corresponding author : kamonchanokbird@gmail.com

samples Chiang Mai Province. Comparative efficiency of KSB by using KSB were washed with distilled water and KSB were inoculated in MAB at 72 including cells compared with distilled water (control) and MAB media without KSB inoculation. Then, rice seeds were conducted with 4 replications, 100 seeds/ replication by standard germination test method Between paper. The results showed that soaking rice seeds in KSB (Broth) could enhance both percentage (96.75%) and KSB (Cells) increased speed of seed germination (30.66 plants/days) include root length and height of seedling (5.73 and 4.68 cm. respectively). In conclusion, soaking rice seeds with KSB were isolated from rice rhizosphere soil samples Chiang Mai Province could be a promising seeds of germination, root length and height of seedling rice.

บทนำ

แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม (potassium solubilizing bacteria; KSB) เป็นแบคทีเรียที่สามารถละลายโพแทสเซียมจากแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นส่วนประกอบได้ เช่น แร่ไมกา มัสโคไวท์ ออร์โธเครส และไบโอไทต์ เป็นต้น โดยการผลิตกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดมาร์ลิค กรดฟอร์มิค และกรดออกซาลิค เป็นต้น ซึ่งการผลิตกรดอินทรีย์เหล่านี้จะช่วยเพิ่มการแตกตัวของสารประกอบอินทรีย์ โดยการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างกรดอินทรีย์และเมทัลไอออน ได้แก่ Fe^{2+}, Al^{3+} และ Ca^{2+} (Styriakova และคณะ, 2003; Sheng และคณะ, 2003; Sheng and He, 2006) ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถละลายโพแทสเซียม ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Bacillus extroquens* และ *Clostridium pasteurianum* เป็นต้น (Archana และคณะ, 2013)

ข้าว (Rice) เป็นธัญพืชหลักที่สำคัญที่สุดในโลก ข้าวมีการผลิตและบริโภคในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมากที่สุด (Carriger and Vallee, 2007) เป้าหมายของการผลิตข้าวคือการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตจึงจำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมและคัดเลือกต้นกล้าที่เจริญเติบโตได้อย่างแข็งแรง การงอกของเมล็ดเป็นพื้นฐานการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการทดสอบการงอกของเมล็ดเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของพืชปลูก การงอกของข้าวหมายถึงการเกิดและการพัฒนาของต้นอ่อนจากโครงสร้างของเมล็ดสำคัญเหล่านั้น มีรายงานว่า *Azospirilium* และ *Pseudomonas* sp. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด (Farooq และคณะ, 2011) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีหน้าที่ป้องกันเมล็ดและต้นอ่อนที่มีความละเอียดอ่อนต่อความเครียดและโรคพืชต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมในช่วงการงอก นอกจากนี้เอ็นโดไฟติกแบคทีเรีย เช่น Enterobacter, Rahnella, Rhodanobacter, Pseudomonas, Stenotrophomonas, Xanthomonas ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช โดยการผลิตฮอร์โมน (phytohormones) เช่น auxin, cytokinin หรือผลิตเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-

Keywords: Potassium, Potassium-Solubilizing Bacteria, Germination of seed

carboxylate (ACC) deaminase ซึ่งจะลดปริมาณเอทิลินในพืช และพบว่ามีการผลิตสาร indole acetic acid (IAA) ในบางสายพันธุ์และบางสายพันธุ์สามารถตรึงไนโตรเจนมาใช้ได้ (Madhaiyan และคณะ, 2006) จากความสำคัญและความสามารถของเชื้อดังกล่าวจึงนำแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมที่คัดแยกได้จากดินบริเวณรากข้าวมาทดสอบความสามารถต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์กับข้าวในสภาพโรงเรือนและแปลงทดลองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเซลล์แบคทีเรีย นำแบคทีเรีย KSB ซึ่งคัดเลือกได้จากดินบริเวณรากข้าวจังหวัดเชียงใหม่ (กมลชนก และคณะ, 2559) มาเลี้ยงบนอาหารแข็ง Modified solid Aleksandrov medium (MAMs) โดยวิธี Streak plate ขูดเซลล์ล้างด้วยน้ำกลั่น

การเตรียมแบคทีเรีย KSB ที่เลี้ยงในอาหารเหลว นำแบคทีเรียที่ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นไปวัดความขุ่นของเชื้อ (OD600) ให้ได้ 0.5 จากนั้นนำ 1 มิลลิลิตรของแบคทีเรีย เลี้ยงในอาหารเหลว Modified Aleksandrov Broth (MAB) 30 มิลลิลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การเตรียมเมล็ดข้าว นำเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มาฆ่าเชื้อด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อจำนวน 5 ครั้ง

การวางแผนการทดลอง นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แช่ตามตำรับการทดลองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด ได้แก่ ตำรับการทดลองที่ 1 น้ำกลั่น ตำรับการทดลองที่ 2 อาหารเลี้ยงเชื้อ MAB ตำรับการทดลองที่ 3 แบคทีเรีย KSB (Broth) และตำรับการทดลองที่ 4 แบคทีเรีย KSB (เซลล์) จากนั้นนำเมล็ดเพาะบนกระดาษเพาะเมล็ดตามวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐานแบบ Between paper ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน

การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลทุก 12 ชั่วโมง โดยกำหนดให้เมล็ดงอกคือเมล็ดที่มีแรดิเคิล (radicle) แทงออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 0.2 เซนติเมตร ตามวิธีการของ Egley (1974) อ้างโดย บุญรอด และคณะ 2557 โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่

- ร้อยละการงอกของเมล็ด ทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดตามสูตร (ดวงเดือน และคณะ, 2553) ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละการงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

- ความยาวรากและความสูงต้นอ่อน ทำการสุ่มวัดความยาวรากและความสูงต้นอ่อนซ้ำละ 20 ต้น ทั้งหมด 4 ซ้ำ รวม 80 ต้นต่อตำรับการทดลอง

- ความเร็วในการงอกของเมล็ด ทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความเร็วในการงอกตามวิธีแนะนำของจวงจันทร์ (2529) ตามสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอกของเมล็ด (ต้น/วัน)} = \sum \frac{\text{(จำนวนต้นกล้าที่งอกปกติในแต่ละวัน)}}{\text{(จำนวนวันที่ต้นกล้าใช้ในการงอก)}}$$

ผลและวิจารณ์

ร้อยละเมล็ดงอก จากผลการทดสอบด้านร้อยละการงอกของเมล็ดข้าว พบว่าเมล็ดข้าวที่แช่ด้วยแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว 72 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวสูงสุดที่ 168 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับตำรับการทดลองอื่น ยกเว้นเมล็ดที่แช่ในอาหารเหลว MAB ในช่วง 24 ชั่วโมง เนื่องจาก KSB สามารถละลายโพแทสเซียมจากแร่ไมกาในอาหารเหลว (Broth) อาจเกิดจากการผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดฟอร์มิค เป็นต้น โดยกรดอินทรีย์เหล่านี้ช่วยส่งเสริมการสลายตัวของแร่ (Sheng และคณะ, 2003) ซึ่งโพแทสเซียมช่วยกระตุ้นกลไกการงอกของเอมบริโอจึงส่งเสริมให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น การแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) ทำให้เมล็ดมีร้อยละการงอกสูงสุด ร้อยละ 5.75 ช่วง 36-72 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีร้อยละการงอกสูงสุดร้อยละ 92 รองลงมาคือการแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (Broth) มีการงอกร้อยละ 90.25 สอดคล้องกับ Fabiola และคณะ (2012) ที่พบว่า *Acinetobacter* sp. และ *Rhodopseudomonas palustris* สามารถสร้างโคโลนีและแผ่นฟิล์มเคลือบเมล็ดข้าวหลังจากบ่ม 3 วัน นอกจากนี้ยังสามารถผลิตกรดอินทรีย์และเอนไซม์จึงทำให้เมล็ดพืชมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่เชื้อ ช่วง 84-168 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (Broth) มีร้อยละการงอกสูงสุด (ร้อยละ 96.75) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่แช่ในน้ำกลั่น มีร้อยละการงอกต่ำกว่าอยู่ที่ร้อยละ 95.25 (Table 1)

ความเร็วในการงอกของเมล็ด จากผลของการทดสอบด้านความเร็วในการงอกแสดงให้เห็นว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (Broth) ทำให้เมล็ดข้าวมีความเร็วในการงอกสูงสุดที่ 72 ชั่วโมงหลังการเพาะ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแบคทีเรีย KSB สามารถผลิตฮอร์โมน IAA (indole-3-acetic acid) ได้ จึงกระตุ้นให้เมล็ดข้าวมีความยาวรากและต้นอ่อนงอกได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของอัจฉรียา (2557) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่ผลิตฮอร์โมน IAA สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว โดยพบว่าตั้งแต่ระยะงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สันป่าตอง และ กข 6 แบคทีเรียไม่มีความเป็นพิษต่อการงอกและความแข็งแรงของต้นอ่อน แต่สามารถเพิ่มความสูงของยอดและความยาวของรากข้าวซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียนั้นกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าวได้ ในชั่วโมงที่ 24 การแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) ส่งผลให้เมล็ดข้าวมีการงอกเร็วที่สุด เฉลี่ย 5.75 ต้นต่อวัน เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองอื่นที่ยังไม่พบการงอกของเมล็ดและเห็นความแตกต่างชัดเจนในชั่วโมงที่ 48 เฉลี่ย 43.25 ต้นต่อวัน อย่างไรก็ตาม ช่วง 60-72 ชั่วโมง เมล็ดที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีการงอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 30.66 ต้นต่อวัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการแช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่นที่มีความเร็วในการงอกเฉลี่ย 29.33 ต้นต่อวัน ส่วนช่วง 84-168 ชั่วโมง ความเร็วในการงอกของเมล็ดในทุกตำรับการทดลองมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Table 2)

ความยาวรากต้นอ่อน จากผลของการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (เซลล์) ส่งเสริมให้เมล็ดข้าวมีความยาวรากสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับตำรับการทดลองอื่น เช่นเดียวกับการใช้ *Rhodopseudomonas palustris* ในการปลูกข้าว พบว่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต

Table 1 Percentage of seed germination after incubation 0-168 hours

Treatment	Percentage of seed germination													
	Time (hr.)													
	0-12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0.00	14.00b	37.35c	82.25b	88.00b	91.00b	91.50c	93.00b	93.25b	94.25b	94.25ab	95.25ab	95.25b
MAB	0	0.00	13.25b	46.50b	86.00ab	90.00ab	92.75ab	94.75ab	95.25ab	95.25ab	95.25ab	95.25ab	95.25ab	96.00ab
CMI 4-2 (Broth)	0	0.00	14.00b	53.00b	85.50ab	90.25ab	94.50a	96.50a	96.50a	96.75a	96.75a	96.75a	96.75a	96.75a
CMI 4-2 (Cells)	0	5.75a	24.25a	86.50a	91.00a	92.00a	93.25ab	93.25bc	94.50ab	94.75ab	94.75ab	94.75b	94.75b	94.75b
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		47.48	33.47	35.51	5.56	2.31	2.11	2.49	2.26	2.11	1.61	1.32	1.32	1.13

Means with different letters were significantly different at the level $p<0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water

Table 2 Speed of seed germination after incubation 0-168 hours

Treatment	Speed of seed germination (plants)													
	Time (hr.)													
	0-12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0	9.33b	18.62c	32.90b	29.33b	25.99b	22.87c	20.66b	18.65b	17.13b	15.87ab	14.65ab	13.60b
MAB	0	0	8.83b	23.25b	34.4ab	30.00ab	26.49ab	23.68ab	21.16ab	19.05ab	17.31ab	15.87ab	14.65ab	13.71ab
CMI 4-2 (Broth)	0	0	9.33b	26.5b	34.2ab	30.08ab	26.99a	24.12a	21.44a	19.35a	17.59a	16.12a	14.88a	13.82a
CMI 4-2 (Cells)	0	5.75a	16.16a	43.25a	36.40a	30.66a	26.64ab	23.31bc	21.00ab	18.95ab	17.22ab	15.78b	14.58b	13.53b
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		47.48	33.47	35.51	5.56	2.31	2.11	2.49	2.26	2.11	1.61	1.32	1.32	1.13

Means with different letters were significantly different at the level $p<0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water

และการพัฒนาของระบบรากของเมล็ดข้าวในดินได้เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ (Fabiola และคณะ, 2012) ในช่วง 48-96 ชั่วโมง การแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (เซลล์) มีความยาวรากสูงสุด (1.90 เซนติเมตร) ส่วนการแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (Broth) แสดงผลรองลงมา (1.77 เซนติเมตร) ช่วง 108-168 ชั่วโมง ความยาวรากสูงที่สุด (5.73 เซนติเมตร) เมื่อแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (เซลล์) ส่วนการแช่เมล็ดข้าวด้วยน้ำกลั่นมีความยาวรากต่ำสุด มีความยาวอยู่ที่ 2.12 เซนติเมตร อาจเนื่องจากแบคทีเรียช่วยกระตุ้นรากงอกเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำกลั่น (Table 3)

ความสูงต้นอ่อน ผลของการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) กระตุ้นให้เมล็ดข้าวมีความสูงของต้นอ่อนสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่น จึงกล่าวได้ว่าจุลินทรีย์สามารถหลั่งฮอร์โมนพืชและสารอื่นๆ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Babu and Reddy, 2011) นอกจากนี้แบคทีเรียปฏิปักษ์อื่นๆ เช่น *Bacillus* sp. *Bacillus subtilis* TU-Orga1 และ *P. fluorescens* TU-Orga2 สามารถผลิตฮอร์โมนหรือสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน (cytokinin) โดยสามารถใช้แบคทีเรียเหล่านี้ฉีดพ่นที่ต้นและใบพืชเพื่อชักนำให้พืชผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Buensanteai และคณะ, 2008) ในช่วง 60 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีความสูงมากที่สุด (0.27 เซนติเมตร) ในขณะที่ตำรับการทดลองอื่นๆ ยังไม่พบการงอกของต้นอ่อน ช่วง 72-108 ชั่วโมง การแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) ต้นอ่อนมีแนวโน้มสูงสุด (1 เซนติเมตร) ส่วนการแช่เมล็ดน้ำกลั่นมีความสูงต้นอ่อนน้อยที่สุด (0.81 เซนติเมตร) ระยะเวลา 120-168 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีความสูงต้นอ่อนสูงสุด (4.68 เซนติเมตร) และการแช่เมล็ดข้าวด้วยน้ำกลั่นมีความสูงต้นอ่อนต่ำสุด คือ 3.1 เซนติเมตร (Table 4) ส่วนน้ำหนักเมล็ดลีบต่อกอมีมากที่สุดในตำรับการทดลองฉีดพ่นโพแทสเซียมฟูลเวต โดยมีค่าเท่ากับ 2.98 กรัมต่อกอ นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฟูลเวตยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวงต่ำที่สุด น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอต่ำที่สุด จึงส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 940.31 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปริมาณมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีมากที่สุดคือตำรับการทดลองฉีดพ่นโซเดียมฮิวมินและโซเดียมฮิวเมต เท่ากับ 83.75 และ 83.27 กรัม (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Osman และคณะ (2013) ที่พบว่าการฉีดพ่นของกรดฮิวเมตและกรดฟูลเวตนำไปสู่การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักเมล็ด อัตราผลผลิตข้าวเปลือก และฟางข้าว

สรุปผลการทดลอง

การใช้แบคทีเรียละลายโพแทสเซียมที่คัดแยกได้จากดินบริเวณรากข้าวในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่กับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ทำให้เมล็ดข้าวงอกเร็วขึ้นภายในเวลา 1 วันหลังเพาะ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นที่ยังไม่พบการงอกของเมล็ดและร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุด (96.75%) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความยาวรากต้นอ่อนและความสูงต้นอ่อนที่แข็งแรงและมีความเขียวมากกว่าตำรับควบคุม

Table 3 Root length after incubation 0-168 hours

Treatment	Root length (cm.)											
	Time (hr.)											
	0-36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0.21c	0.39c	0.91c	1.16c	1.33c	1.61b	1.78b	1.90c	1.93c	2.00c	2.12c
MAB	0	0.23bc	0.46c	1.05bc	1.32bc	1.63b	1.98b	2.62a	2.80b	3.22b	3.86b	4.79c
CMI 4-2 (Broth)	0	0.25ab	0.55b	1.09b	1.33b	1.77ab	1.96b	2.06ba	2.14c	2.15c	2.21c	2.26c
CMI 4-2 (Cells)	0	0.26a	1.00a	1.67a	1.88a	1.90a	2.26a	2.95a	4.22a	4.78a	5.03a	5.73a
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		12.63	41.67	27.12	21.09	23.40	17.87	21.73	24.80	19.70	18.78	12.05

Means with different letters were significantly different at the level $p<0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water

Table 4 Height of seeding after incubation 0-168 hours

Treatment	Height of seeding (cm.)										
	Time (hr.)										
	0-48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0	0.36ab	0.39b	0.54b	0.81b	1.03b	1.43b	2.27b	2.65b	3.10c
MAB	0	0	0.28b	0.42b	0.55b	0.95ab	1.39ab	1.75b	2.36b	2.64b	3.28c
CMI 4-2 (Broth)	0	0	0.36ab	0.43b	0.85a	0.98a	1.63a	1.82b	2.55b	2.76b	3.68b
CMI 4-2 (Cells)	0	0.27a	0.46a	0.68a	0.79a	1.00a	1.23b	2.35a	3.27a	3.67a	4.68a
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		44.44	68.49	66.67	43.96	43.85	27.27	31.02	29.86	25.60	20.62

Means with different letters were significantly different at the level $p<0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก ห่วงมี, ทิวัตถ์ ปั้นศักดิ์, พิชญ์นันท์ กังแฮ, วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์ และวิภา หอมหวล. 2559. อิทธิพลของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่อการปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์, หน้า 1-7. *ใน* การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 (เกษตรและสุขภาพ). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงเดือน คุณยศยิ่ง, สตีเฟน เอลเลียต และประสิทธิ์ วังภคพัฒนวงศ์. 2553. การกระตุ้นการงอกของเมล็ดไม้ต้นหายากบางชนิดเพื่อการฟื้นฟูป่าในภาคเหนือของประเทศไทย. ว. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15(10): 14.

บุญรอด ชาติยานนท์, เฉลิมชัย วงศ์วัฒนะ และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2557. ผลของสารสกัดด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์กะเพราบางชนิดต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าขจรจบดอกเหลือง (*Pennisetum setosum* L.). ว.วิทยาศาสตร์ มศว. 6(3): 121-132.

อัจฉรียา ชมเชย. 2555. การพัฒนาหัวเชื้อแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญและการควบคุมโรคในข้าวสายพันธุ์เศรษฐกิจของไทย (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2555). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

Archana, D.S., M.S. Nandish, V.P. Savalagi and A.R. Alagawadi. 2013. Characterization of potassium solubilizing bacteria (KSB) from rhizosphere soil. Bioinfolet. 10: 248-257.

Babu, A.G. and M.S. Reddy. 2011. Dual inoculation of arbuscular mycorrhizal and phosphate solubilizing fungi contributes in sustainable maintenance of plant health in fly ash ponds. Water Air Soil Pollut. 219: 3-8.

Buensanteai, N., D. Athinuwat, T. Chatnaparat, G.Y. Yuen and S. Prathuangwong. 2008. Extracellular proteome of plant growth promoting-bacteria, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 and its effect on enhanced growth promotion and induced systemic resistance on soybean. KU Journal (Natural Science). 42: 13-26.

Carriger, S. and D. Vallee. 2007. More crop per drop. Rice Today. 6: 10-13.

Fabiola, G., Z. Mail, M.G. Miller, M.L. Aldana-Madrid, M.J. Hengel, N.W. Gaikwad, V. Tolstikov and A.G. Contreras-Cortes. 2012. Effect of Acinetobacter sp on Metalaxyl degradation and metabolite profile of potato seedlings (*Solanum tuberosum* L.) Alpha variety. Research Article.

Farooq, M., K.H.M. Siddique., H. Rehman., T. Aziz., D. J. Lee and A. Wahid. 2011. Rice direct seedling: Experiences, challenges and opportunities. Soil and Tillage Research. 111(2): 87-98.

Hu, X.F., J. Chen and Guo, J.F. 2006. Two phosphate and potassium solubilizing bacterial isolated from Tiannu Mountain, Zhijiang, China. World J. Microbiology and Biotechnology. 22: 983-990.

Madhaiyan M., S. Poonguzhali, J. Ryu and T. Sa. 2006 Regulation of ethylene levels in canola (*Brassica campestris*) by

1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase containing *Methylobacterium fujisawaense*. Planta. 224: 268-278

Osman, E., AA. Et-Masry and K.A. Khatab. 2013. Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and/or fulvic acids on yield and quality of rice plants. Advances in Applied Science Research 4(4): 174-183.

Sheng, X.F., J.J. Xia and J. Chen. 2003. Mutagenesis of the *Bacillus edaphicaus* strain NBT and its effect on growth of chili and cotton. Agri. Sci. in China. 2: 40-1.

Sheng, X.F. and L.Y. He. 2006. Solubilization of potassium bearing minerals by a wild type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Can. J. Microbial. 52(1): 66-72.

Styriakova, I., I. Styriak, D. Hradil and P. Bezdicka. 2003. The release of iron bearing minerals and dissolution of feldspar by heterotrophic bacteria of Bacillus species. Ceramic-Silicaty. 47(1): 20-26.