อิทธิพลของ $CaCl_2$ ที่มีผลต่อความทนเค็มของข้าวในระยะงอก

The Influence of $CaCl_2$ Priming in Rice under Salinity Stress at Germination Stage

นงนุช จิรเสาวภาคย์[1)]

Nongnuch Jirasaowapak[1)]

Abstract

In the northeastern region of Thailand, saline soils cover an estimated areas of about 11.5 million rais where are mainly rice growing areas with low rice yields. The strategy to solve this problem is improving salinity tolerance in plants. One method is using seed priming technique which based on hydration seed control with low osmotic potential solutions in order to increase germination percentage and germination rate. The research aim was to investigate the effect of rice seed priming with calcium chloride solution ($CaCl_2$) on seed germination under salinity stress. Factorial in CRD (8x3x3) were conducted with 3 factors as followed: 1) eight rice varieties which had 4 hybrid rice varieties from China (Pao-Tou-Hung, ZHE733, Shai-Kuh and Guan-Yin-Tsan) and 4 inbred rice varieties from Thailand (RD41, RD43, RD73 and SPR60) 2) three rice seed priming methods (non-seed priming, seed priming with H_2O and $CaCl_2$) and 3) three concentration levels of NaCl (0 80 and 120 mM). Total 72 treatment combinations with 3 replications were carried out at Thailand Rice Science Institute during March-May 2018. The results showed that unprimed rice seeds had low seed germination rate, whilst seed priming with $CaCl_2$ enhanced rice seed germination. The results also showed that germination percentage and speed of germination index under salinity stress at 80 mM concentrations of NaCl were highest in the variety Guan-Yin-Tsan comparing with the others. Furthermore, germination rates of the varieties RD43, Pao-Tou-Hung and ZHE733 were better than those others. In addition, coefficients of germination of the varieties SPR60, RD73, ZHE733 and Pao-Tou-Hung were higher than the rest of the cultivars. It was also found that the mean germination time was shorter in the variety RD43, RD41 and Pao-Tou-Hung. The critical information derived from this study shows that rice seed priming with $CaCl_2$ enhance seed germination under salinity stress.

Keywords: rice, seed priming with $CaCl_2$, salinity stress, salinity tolerance, seed germination stage

บทคัดย่อ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีสภาพพื้นที่ที่เป็นดินเค็มประมาณ 11.5 ล้านไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนา ได้ผลผลิตข้าวต่ำ กลยุทธ์การแก้ปัญหาการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็ม คือ ปรับปรุงความทนทานของพืชต่อสภาพดินเค็ม วิธีการหนึ่ง คือ การเตรียมความพร้อมของเมล็ดพันธุ์ที่ปลูก (seed priming) เป็นการควบคุมความชุ่มชื้นของเมล็ด โดยการแช่น้ำหรือสารละลายที่มีศักยภาพออสโมติกต่ำ ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกและอัตราการงอก วัตถุประสงค์การวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ต่อความทนทานต่อความเค็มของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในข้าวระยะเมล็ดงอก ดำเนินการทดลองแบบ factorial in CRD (8x3x3) โดยมี 3 ปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ข้าว 8 พันธุ์ เป็นพันธุ์ข้าวลูกผสมของจีน 4 พันธุ์ (Pao-Tou-Hung, ZHE733, Shai-Kuh และ Guan-Yin-Tsan) และข้าวพันธุ์ผสมไทย 4 พันธุ์ (กข43 สุพรรณบุรี 60 กข41 และ กข73) การเตรียมความพร้อมของ

[1)] กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0-2561-4133

Rice Seeds Division, Rice Department, Chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0-2561-4133

เมล็ดพันธุ์ 3 วิธี (ไม่เตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ เตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่น และเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$) และความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 3 ระดับ (0 80 และ 120 มิลลิโมลาร์) มีทั้งหมด 72 กรรมวิธี (treatment combination) จำนวน 3 ซ้ำ ดำเนินการที่สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ ระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2561 ผลการทดลอง พบว่า ความเค็มมีผลทำให้เมล็ดที่ไม่เตรียมความพร้อมมีความงอกลดลง ส่วนเมล็ดที่มีการเตรียมความพร้อมด้วยสารละลาย $CaCl_2$ มีผลต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยที่ระดับความเค็มของสารละลาย NaCl 80 มิลลิโมลาร์ เปอร์เซ็นต์ความงอก และดัชนีความงอกของข้าวพันธุ์ Guan-Yin-Tsan สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ พบว่า อัตราการงอกของข้าวพันธุ์ กข43 Pao-Tou-Hung และ ZHE733 ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ สัมประสิทธิ์การงอกของข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 กข73 ZHE733 และ Pao-Tou-Hung ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ และเวลาเฉลี่ยในการงอกของข้าวพันธุ์ กข43 กข41 และ Pao-Tou-Hung น้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ กล่าวได้ว่า สารละลาย $CaCl_2$ มีผลต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายใต้สภาวะความเครียดจากความเค็มเกลือ

คำสำคัญ: ข้าว การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วย $CaCl_2$ ความเครียดจากความเค็มเกลือ ความทนเค็ม ระยะเมล็ดงอก

คำนำ

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์นับเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวประมาณร้อยละ 20-25 (Zhiqing *et al.*, 1994) และยังมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้นว่า ความแห้งแล้ง ความเค็ม ที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ และส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว โดยพบว่า สภาพพื้นที่แห้งแล้งทั่วโลกประสบปัญหาและแปรสภาพเป็นทะเลทราย ปัจจุบันสาธารณรัฐประชาชนจีนมีพื้นที่ดินเค็มประมาณ 625 ล้านไร่ (Liangyu, 2019) สำหรับประเทศไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คาดว่าดินที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเค็มและเกลือครอบคลุมพื้นที่ 11,506,882 ล้านไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำนามากที่สุด ทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) อีกทั้งพื้นที่ดินเค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี

ความเครียดจากความเค็มเกลือทำให้เมล็ดข้าวงอกเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมี ซึ่งพืชมีความไวต่อความเค็มมากและมีขีดจำกัดที่ 30 มิลลิโมลาร์ สำหรับต้นกล้ามีขีดจำกัดที่ 50 มิลลิโมลาร์ พันธุ์พืชที่ไวต่อเกลือส่วนใหญ่จะตายภายใน 10 วัน หลังจากที่ได้รับความเค็ม (USDA, 2013) ความเค็มของเกลือมีผลต่อการยับยั้งกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมี ที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมและการดูดซับสารอาหารของพืช ดังนั้น ในการปรับปรุงความทนทานต่อความเค็มในพืช จึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการแก้ปัญหาความเค็มในการเกษตร วิธีการหนึ่งในการปรับปรุงความทนทานต่อเกลือในพืช คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นเทคนิคการควบคุมความชุ่มชื้นของเมล็ดที่แช่ในน้ำหรือสารละลายที่มีศักยภาพออสโมติกต่ำถึงจุดที่กิจกรรมการเผาผลาญที่เกี่ยวข้องกับการงอกเริ่มต้นในเมล็ด

นอกจากนี้ เทคนิคการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ยังช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอก อัตราการงอก และเป็นผลดีต่อความเครียดต่อความเค็มในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด คาโนลา เป็นต้น ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เรียบง่าย มีประสิทธิภาพ ความเสี่ยงน้อย และต้นทุนต่ำ (Afzal *et al.*, 2011; Basra *et al.*, 2005; Bradford, 1986; Farooq *et al.*, 2006; Wahid *et al.*, 2007) ในสภาวะความเค็ม การเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี osmopriming เป็นการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ ด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลายที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำในระดับที่ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง สารเคมีที่นำมาใช้จะเพิ่มความหนืดของน้ำ วิธีการนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดซึมเข้าไปได้ (McDonald, 2000) ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของเซลล์และโมเลกุลของเมล็ด และส่งเสริมความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการงอกในพืชชนิดต่างๆ

Yousof (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ในสภาพความเค็ม พบว่า ข้าวที่ทำการกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย $CaCl_2$ (-1.00 MPa) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในข้าวพันธุ์แท้ของอียิปต์ (Giza 177) พบว่า สารละลาย $CaCl_2$ สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพความเค็มได้ ดังนั้น การศึกษาเรื่องการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ จึงมีความสำคัญ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีการเตรียมเมล็ดพันธุ์

ข้าวก่อนการหว่านโดยแช่น้ำหรือ hydropriming นานประมาณ 12-24 ชั่วโมง (กรมการข้าว, 2559ก) ซึ่งหากสารละลาย $CaCl_2$ สามารถช่วยให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีอัตราการงอกที่ดีขึ้นในสภาวะความเค็ม จะเป็นการช่วยลดผลกระทบจากความเค็มที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ ทำให้จำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ (สมศรี, 2539)

อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ในข้าวพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมในสภาพความเครียดต่อความเค็มปัจจุบัน กรมการข้าว (2559ข) ได้พัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสม กขผ1 ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวพันธุ์ผสม จึงควรศึกษาผลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ต่อข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์ผสมในสภาพความเครียดจากเกลือ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนางานวิจัย และเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรที่ปลูกข้าวในสภาพดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย และพื้นที่ดินเค็มอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ดำเนินการทดลองแบบ factorial in CRD (completely randomized design) (8x3x3) มี 3 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ พันธุ์ข้าว 8 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์ลูกผสมจีน 4 พันธุ์ ได้แก่ Pao-Tou-Hung (P-T-H), ZHE733, Shi-Khun (S-K) และ Guan-Yin-Tsan (G-Y-Ts) และข้าวพันธุ์ผสมไทย 4 พันธุ์ ได้แก่ กข43 สุพรรณบุรี 60 กข41 และ กข73 (Fig. 1) ปัจจัยที่สอง คือ การเตรียมความพร้อมของเมล็ดพันธุ์ 3 วิธีการ คือ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่เตรียมความพร้อม เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมความพร้อมด้วยน้ำกลั่น และเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมความพร้อมด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ปัจจัยที่สาม คือ ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 3 ระดับ ได้แก่ 0 80 และ 120 มิลลิโมลาร์ การทดลองนี้ประกอบด้วย 72 กรรมวิธี (treatment combination) จำนวน 3 ซ้ำ

2. การทดสอบความงอก ด้วยวิธี top of paper ตามวิธีการของ ISTA (2007) โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้เตรียมความพร้อม (control) เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เตรียมด้วยน้ำกลั่น และเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เตรียมด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1 MPa เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1) น้ำกลั่น (ไม่เติม NaCl) 2) น้ำกลั่น + NaCl 80 มิลลิโมลาร์ และ 3) น้ำกลั่น + NaCl 120 มิลลิโมลาร์ (Fig. 2)

3. การบันทึกข้อมูล บันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีความงอก อัตราการงอก สัมประสิทธิ์การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

3.1 เปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage, GP) โดยตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติทุกวันจนครบระยะเวลาที่กำหนด ตามมาตรฐานในการทดสอบความงอก (14 วัน)

3.2 ดัชนีความงอก (speed germination index, SGI) ตามมาตรฐาน ของ Association of Official Seed Analysis (AOSA, 1983) คำนวณดังนี้

$$SGI = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{วันแรกที่นับ}} + \frac{\text{.....}}{\text{.....}} + \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{วันสุดท้ายที่นับ}}$$

พิจารณาการงอกของเมล็ด รากต้องมีความยาวอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร

3.3 อัตราการงอกของเมล็ด (germination rate, GR) คำนวณตามสูตรของ Bartlett (1937) ดังนี้

$$GR = \frac{a+(a+b)+(a+b+c)+.....+(a+b+c+m)}{n(a+b+c)}$$

เมื่อ a, b, c คือ จำนวนของเมล็ดพันธุ์ที่งอกในครั้งแรก ครั้งที่สอง และครั้งที่สาม

m = จำนวนของต้นที่งอกในการนับครั้งสุดท้าย

n = จำนวนทั้งหมด

3.4 สัมประสิทธิ์การงอก (co-efficient of germination, CG) คำนวณตามสูตรของ Copeland (1976) ดังนี้

$$CG = \frac{100(A_1+A_2+.....+A_n)}{A_1T_1+A_2T_2+.....+A_nT_n}$$

เมื่อ A = จำนวนของเมล็ดพันธุ์ที่งอก

T = วันที่นับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอก (A)

n = จำนวนของวันที่นับครั้งสุดท้าย

3.5 เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT) คำนวณตามสูตรของ Ellis และ Roberts (1981) ดังนี้

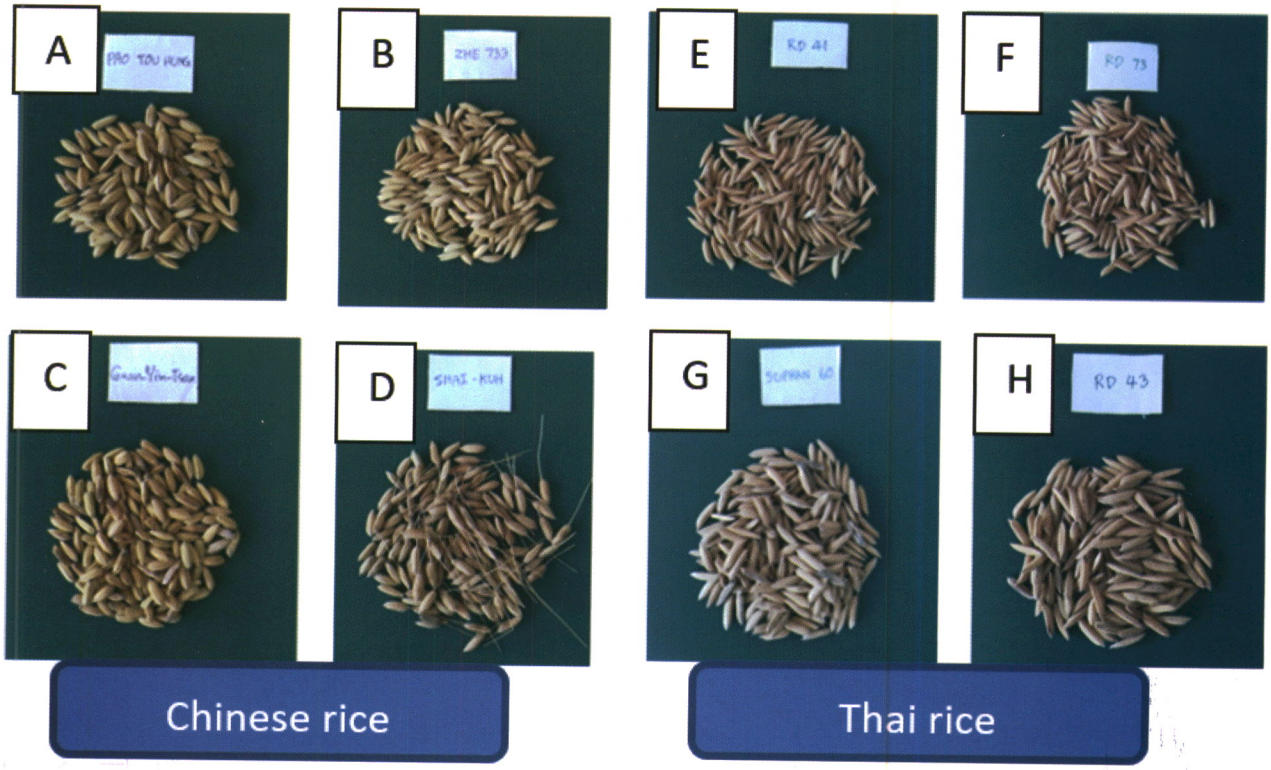

Fig. 1 Plant materials used in the study including 4 Chinese hybrid rice varieties: Pao-Tou-Hung (A), ZHE733 (B), Guan-Yin-Tsan (C) and Shi-Khun (D) and 4 Thai inbred rice varieties: RD41 (E), RD73 (F), SPR60 (G) and RD43 (H)

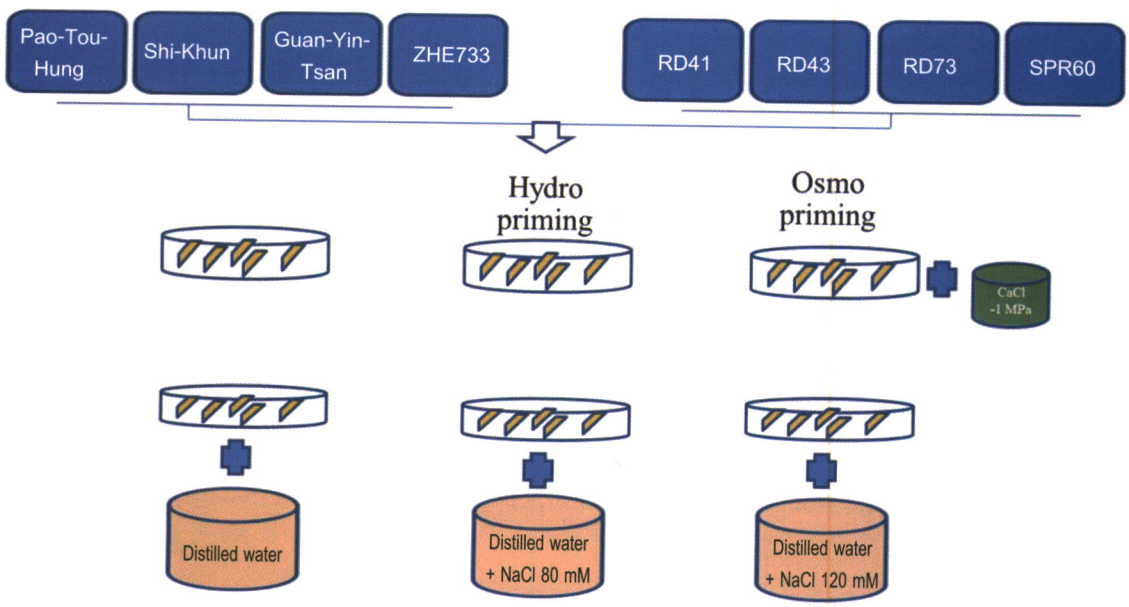

Fig. 2 Flow chart of three priming methods on Chinese and Thai rice under three salinity stresses

$$MGT\ (วัน) = \frac{(G_1 x\ D_1 + G_2 x D_2 + \ldots + G_n x D_n)}{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}$$

เมื่อ $G_1, G_2, \ldots, G_n$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n = 9)

$D_1, D_2, \ldots, D_n$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n = 9) หลังจากวันเพาะเมล็ดพันธุ์

ดำเนินการที่สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2561

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปัจจัยที่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ปัจจัยด้านความเค็ม (S) วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ (P) และพันธุ์ (V) รวมทั้งค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างแต่ละปัจจัย (SxP) (SxV) (PxV) และ (SxPxV) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก (GP) ค่าดัชนีความงอก (SGI) อัตราการงอกของเมล็ด (GR) สัมประสิทธิ์การงอก (CG) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (MGT) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความเค็ม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม x วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม x วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ x พันธุ์ข้าว ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว (Table 1)

ดัชนีความงอก อัตราการงอกของเมล็ด สัมประสิทธิ์การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก ที่ความเค็มเกลือ 3 ระดับ (0 80 และ 120 มิลลิโมลาร์) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) แสดงว่า ความเค็มมีผลต่อการงอก โดยปริมาณความเค็มที่เพิ่มขึ้น ค่าดัชนีความงอกจะลดลง (17.84 13.31 และ 11.49) ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0 80 และ120 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง (1.38 1.03 และ 0.78) ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0 80 และ120 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การงอกลดลง (30.83 27.99 และ 24.90) ที่ระดับความเข้มข้นของ NaCl 0 80 และ 120 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนเวลาเฉลี่ยในการงอกเพิ่มขึ้น (3.09 3.65 และ 4.18) ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0 80 และ 120 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ

นอกจากนี้ พบว่า วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์มีผลต่อการงอก (Table 3) โดยการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วย

Table 1 Analysis of variance (ANOVA) of germination percentage, speed germination index, germination rate, co-efficient of germination and mean germination time of rice seeds under salt stress

Source of variation	df	Mean square				
		GP	SGI	GR	CG	MGT
Salt stress (S)	2	95.80ns	770.21**	6.69**	635.33**	21.35**
Priming (P)	2	558.57**	116.53**	2.97**	372.22**	8.58**
Variety (V)	7	4438.64**	501.58**	2.64**	603.19**	8.27**
S×P	4	76.44ns	20.56**	0.12*	141.67**	1.96**
S×V	14	173.72**	32.08**	0.31**	146.49**	0.50**
P×V	14	322.15**	19.62**	0.24**	41.46**	0.58**
S×P×V	28	56.46ns	8.59**	0.10**	26.54**	0.21*
CV (%)		7.7	15.3	18.2	9.6	9.4

*, ** = significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

ns = not significant difference, GP = germination percentage,

SGI = speed germination index, GR = germination rate, CG = co-efficient of germination,

MGT = mean germination time

Table 2 Means of germination percentage, speed germination index, germination rate, co-efficient of germination and mean germination time of rice seeds under different salt stress

Salt stress NaCl (mM)	GP	SGI	GR	CG	MGT
0	89.47	17.84 a	1.38 a	30.83 a	3.09 c
80	88.39	13.31 b	1.03 b	27.99 b	3.65 b
120	87.17	11.49 c	0.78 c	24.90 c	4.18 a
LSD (0.05)	2.26	0.71	0.06	0.89	0.11
CV (%)	7.7	15.3	18.2	9.6	9.4

GP = germination percentage, SGI = speed germination index, GR = germination rate, CG = co-efficient of germination, MGT = mean germination time

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 0.05 level by LSD

Table 3 Means of germination percentage, speed germination index, germination rate, co-efficient of germination and mean germination time of rice seeds under salt stress with difference priming method

Priming method	GP	SGI	GR	CG	MGT
NP	86.06 b	12.78 b	0.84 c	25.30 b	4.30 a
H_2O	87.53 b	14.66 a	1.11 b	28.98 a	3.52 b
$CaCl_2$	91.44 a	15.21 a	1.24 a	29.45 a	3.37 c
LSD (0.05)	2.26	0.71	0.06	0.89	0.11
CV (%)	7.7	15.3	18.2	9.6	9.4

NP = no priming, GP = germination percentage, SGI = speed germination index, GR = germination rate, CG = co-efficient of germination, MGT = mean germination time

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 0.05 level by LSD

สารละลาย $CaCl_2$ ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด ดัชนีความงอก อัตราการงอกของเมล็ด และสัมประสิทธิ์การงอก มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (91.44 15.21 1.24 และ 29.45) ตามลำดับ ส่วนการไม่เตรียมเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกสูงสุด (4.30)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม x วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ (Table 4) พบว่า ในน้ำกลั่นไม่ใส่สารละลาย NaCl ดัชนีความงอก และสัมประสิทธิ์การงอกใน 3 วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด และอัตราการงอกของเมล็ด จากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (91.67 และ 1.61 ตามลำดับ)

ส่วนปัจจัยด้านความเค็ม สารละลาย NaCl ที่ระดับ 80

Table 4 Means of germination percentage, speed germination index, germination rate, co-efficient of germination and mean germination time of rice seeds under different salt stress and priming method

Salt stress NaCl (mM)	Priming method	GP	SGI	GR	CG	MGT
0	NP	89.25 b	17.27 a	1.20 c	31.40 a	3.13 f
	H_2O	87.50 b	18.27 a	1.34 b	30.73 a	3.16 e
	$CaCl_2$	91.67 a	17.99 a	1.61 a	30.38 a	2.97 g
80	NP	86.08 b	12.04 d	0.79 e	23.98 d	4.08 b
	H_2O	87.58 b	13.25 c	1.10 c	29.26 b	3.54 d
	$CaCl_2$	91.50 a	14.64 b	1.21 c	30.73 a	3.34 e
120	NP	82.83 c	9.03 f	0.54 f	20.51 e	4.87 a
	H_2O	87.50 b	12.45 d	0.89 d	26.95 c	3.87 b
	$CaCl_2$	91.17 a	12.99 d	0.91 d	27.22 c	3.79 c
LSD (0.05)		2.26	0.71	0.06	0.89	0.11
CV (%)		7.7	15.3	18.2	9.6	9.4

NP = no priming, GP = germination percentage, SGI = speed germination index, GR = germination rate, CG = co-efficient of germination, MGT = mean germination time
Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 0.05 level by LSD

มิลลิโมลาร์ พบว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด (91.50) และเวลาเฉลี่ยในการงอกต่ำสุด (3.34) ส่วนที่ระดับ สารละลาย NaCl 120 มิลลิโมลาร์ พบว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด (91.17) และเวลาเฉลี่ยในการงอกต่ำสุด (3.79)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม x วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ x พันธุ์ข้าว (Table 5) พบว่า

ในสภาพสารละลาย NaCl 80 มิลลิโมลาร์ ข้าวพันธุ์ G-Y-Ts การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่น และ สารละลาย $CaCl_2$ เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียม การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ข้าวพันธุ์ G-Y-Ts ดัชนีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียม และในข้าวพันธุ์ กข43, P-T-H และ ZHE733 อัตราการงอกของเมล็ดสูงกว่าในสภาพน้ำกลั่น (ไม่ใส่ NaCl) นอกจากนี้ พบว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60, กข73, P-T-H และ ZHE733 สัมประสิทธิ์การงอกของเมล็ดสูงกว่าในสภาพน้ำกลั่น ตรงกันข้าม ในข้าวพันธุ์ กข43 กข41 และ P-T-H เวลาเฉลี่ยในการงอกต่ำกว่าในสภาพน้ำกลั่น โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในสภาพสารละลาย NaCl 120 มิลลิโมลาร์ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และ G-Y-Ts การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียม ในข้าวพันธุ์ กข43 และ กข73 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่น และสารละลาย $CaCl_2$ ดัชนีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียม ข้าวพันธุ์ กข43 กข73 และ P-T-H การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ อัตราการงอกของเมล็ดสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียม ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข43, กข47, P-T-H และ ZHE733 สัมประสิทธิ์การงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียม ในทางตรงกันข้าม ข้าวพันธุ์ กข43 กข41 กข73 P-T-H, ZHE733 และ G-Y-Ts การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่นและสารละลาย $CaCl_2$ เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยกว่า

Table 5 Means of germination percentage, speed germination index, germination rate, co-efficient of germination and mean germination time of rice seeds under different salt stresses, priming methods and varieties

Salt Stress NaCl (mM)	Priming method	Variety	GP	SGI	GR	CG	MGT
0	No priming	RD43	98.00 ab	22.53 bc	1.36 de	39.14 ab	2.56 fg
		SPR60	53.33 d	5.95 g	0.50 fg	20.00 ef	4.18 cd
		RD41	94.00 ab	14.58 de	1.00 ef	29.41 cd	3.43 ef
		RD73	93.33 ab	21.12 c	1.59 cd	23.79 e	3.16 ef
		P-T-H	100.00 a	19.75 cd	1.30 de	35.65 bc	2.81 fg
		ZHE733	98.67 ab	22.11 bc	1.34 de	37.77 b	2.65 fg
		S-K	98.67 ab	20.47 c	1.63 cd	37.48 bc	2.67 fg
		G-Y-Ts	78.00 bc	11.64 ef	0.88 ef	27.93 de	3.58 de
	H_2O	RD43	96.00 ab	25.19 b	1.58 cd	43.12 a	2.32 g
		SPR60	48.00 d	6.34 fg	0.87 ef	24.48 de	4.14 cd
		RD41	94.67 ab	16.86 de	1.28 de	34.58 bc	2.90 f
		RD73	86.00 b	29.83 a	2.22 b	14.66 fg	3.19 ef
		P-T-H	94.67 ab	13.25 ef	1.07 e	26.75 de	3.74 de
		ZHE733	100.00 a	23.67 bc	1.36 de	38.89 ab	2.57 fg
		S-K	92.00 ab	17.61 cd	1.43 cd	35.13 bc	2.85 fg
		G-Y-Ts	88.67 ab	13.39 e	0.89 ef	28.21 d	3.55 de
	$CaCl_2$	RD43	98.67 ab	23.22 bc	1.66 cd	39.07 ab	2.56 fg
		SPR60	70.00 c	8.19 fg	0.81 ef	22.56 ef	3.52 de
		RD41	93.33 ab	16.11 de	1.69 cd	34.17 bc	2.93 ef
		RD73	82.00 b	28.67 a	2.93 a	12.07 g	2.91 ef
		P-T-H	100.00 a	17.83 cd	1.71 cd	34.97 bc	2.86 fg
		ZHE733	98.67 ab	18.00 cd	1.71 cd	34.91 bc	2.87 fg
		S-K	94.00 ab	15.33 de	1.22 de	31.97 cd	3.13 ef
		G-Y-Ts	96.67 ab	16.55 de	1.17 de	33.34 c	3.00 ef
80	No priming	RD43	91.33 ab	14.23 de	0.86 ef	29.01 cd	3.46 e
		SPR60	67.33 cd	6.21 g	0.44 fg	17.72 f	5.02 bc
		RD41	92.00 ab	11.44 ef	0.77 ef	24.04 de	4.16 cd
		RD73	96.67 ab	17.67 cd	1.25 de	19.73 ef	3.70 de
		P-T-H	94.67 ab	11.92 ef	0.69 f	24.37 de	4.11 cd
		ZHE733	96.00 ab	13.57 de	0.85 ef	26.77 de	3.74 de
		S-K	89.33 ab	14.96 de	1.01 ef	30.27 cd	3.37 ef
		G-Y-Ts	61.33 cd	6.28 g	0.47 fg	19.92 ef	5.09 bc

Table 5 (cont.)

Salt Stress NaCl (mM)	Priming method	Variety	GP	SGI	GR	CG	MGT
80	H_2O	RD43	100.00 a	17.22 cd	1.69 cd	34.09 bc	2.93 ef
		SPR60	62.00 cd	7.38 fg	0.78 ef	23.11 ef	4.33 cd
		RD41	88.00 b	14.28 de	1.14 de	31.82 cd	3.15 ef
		RD73	97.33 ab	16.92 d	1.30 de	33.67 bc	3.10 ef
		P-T-H	92.00 ab	11.52 ef	0.79 ef	24.82 de	4.03 d
		ZHE733	94.00 ab	15.72 de	1.39 d	33.29 c	3.01 ef
		S-K	83.33 b	13.51 de	1.13 de	31.46 cd	3.18 ef
		G-Y-Ts	84.00 b	9.43 fg	0.56 fg	21.79 ef	4.63 c
	$CaCl_2$	RD43	98.00 ab	17.89 cd	1.57 cd	34.84 bc	2.87 fg
		SPR60	66.00 cd	8.07 fg	0.91 ef	23.78 e	4.21 cd
		RD41	97.33 ab	15.46 de	1.04 e	31.19 cd	3.21 ef
		RD73	97.33 ab	16.22 de	1.49 cd	33.72 bc	3.04 ef
		P-T-H	97.33 ab	16.17 de	1.24 de	32.67 c	3.07 ef
		ZHE733	96.00 ab	16.56 de	1.69 cd	34.13 bc	2.93 ef
		S-K	96.00 ab	16.06 de	1.09 de	31.81 cd	3.17 ef
		G-Y-Ts	84.00 b	10.66 ef	0.63 fg	23.73 e	4.22 cd
120	No priming	RD43	95.33 ab	11.75 ef	0.66 f	23.42 e	4.27 cd
		SPR60	58.00 a	4.62 g	0.32 g	15.51 fg	5.24 b
		RD41	82.67 b	8.62 fg	0.51 fg	20.27 ef	4.96 bc
		RD73	96.67 ab	9.81 f	0.63 fg	19.77 ef	5.24 b
		P-T-H	98.00 ab	11.12 ef	0.57 fg	21.98 ef	4.57 cd
		ZHE733	98.67 ab	10.39 ef	0.52 fg	20.42 ef	4.90 bc
		S-K	86.67 b	11.85 ef	0.78 ef	25.70 de	3.90 de
		G-Y-Ts	46.67 d	4.10 g	0.30 g	17.03 f	5.87 a
	H_2O	RD43	98.67 ab	17.05 cd	1.39 d	33.33 c	3.00 ef
		SPR60	47.33 d	5.21 g	0.68 f	21.25 ef	4.72 bc
		RD41	87.33 b	12.41 ef	0.82 ef	27.42 de	3.65 de
		RD73	96.00 ab	16.18 de	1.05 e	31.80 cd	3.21 ef
		P-T-H	89.33 ab	11.24 ef	0.86 ef	24.97 de	4.01 de
		ZHE733	99.33 ab	16.46 de	1.16 de	32.82 c	3.05 ef
		S-K	94.67 ab	12.59 ef	0.72 f	25.11 de	3.98 de
		G-Y-Ts	87.33 b	8.50 fg	0.41 fg	18.92 f	5.34 a

Table 5 (cont.)

Salt Stress NaCl (mM)	Priming method	Variety	GP	SGI	GR	CG	MGT
120	$CaCl_2$	RD43	98.00 ab	17.11 cd	1.70 cd	34.43 bc	2.90 f
		SPR60	70.00 c	6.03 g	0.42 fg	16.81 f	4.73 bc
		RD41	88.00 b	10.47 ef	0.42 fg	22.50 ef	4.46 cd
		RD73	98.00 ab	15.89 de	1.04 e	32.32 cd	3.29 ef
		P-T-H	98.67 ab	16.24 de	1.29 de	32.55 cd	3.07 ef
		ZHE733	96.67 ab	15.41 de	0.96 ef	31.33 cd	3.19 ef
		S-K	96.00 ab	14.15 de	0.79 ef	28.12 de	3.56 de
		G-Y-Ts	84.00 b	8.63 fg	0.49 fg	19.71 ef	5.08 bc
LSD (0.05)			11.05	3.47	0.31	4.34	0.55
CV (%)			7.7	15.3	18.2	9.6	9.4

P-T-H = Pao-Tou-Hung, S-K = Shai-Kuh, G-Y-Ts = Guan-Yin-Tsan, SPR60 = Suphan Buri 60

GP = germination percentage, SGI = speed germination index, GR = germination rate, CG = co-efficient of germination, MGT = mean germination time

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 0.05 level by LSD

และแตกต่างกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อนึ่ง จากการศึกษานี้ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลาย NaCl เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ค่าดัชนีความงอก อัตราการงอก สัมประสิทธิ์การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก ลดลง ชี้ให้เห็นว่าความเค็มจากเกลือมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง ทั้งนี้เกิดจาก 2 สาเหตุ คือ 1) การลดการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ด เนื่องจากขาดการสมดุล ของออสโมติก และ 2) การดูดซึมและการสะสมไอออนที่เป็นพิษ (Debez *et al.*, 2001) ซึ่ง Khajeh-Hosseini และคณะ (2003) กล่าวว่า Na^+ และ Cl^- เป็นพิษต่อกระบวนการงอก

นอกจากนี้ ยังพบว่า ในสภาพความเครียดจากสารละลาย NaCl 80 มิลลิโมลาร์ การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีความงอกของเมล็ด อัตราการงอกของเมล็ด สัมประสิทธิ์การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมความพร้อม แสดงให้เห็นว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญของเมล็ดในระยะงอก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shannon และ Francois (1977) ที่พบว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ช่วยให้เมล็ดงอกในสภาพความเค็มได้ดี และอาจเนื่องจาก Ca^{2+} ควบคุมการแลกเปลี่ยนไอออน และช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของ Ca^{2+} สามารถลดความรุนแรงจากการได้รับไอออนที่เป็นพิษ Na^+ และเกี่ยวข้องกับการลด Na^+ โดยช่วยบรรเทาการขาดของผนังเซลล์ และป้องกันไม่ให้เกลือเพิ่มขึ้นในกระบวนการผลิตเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ (Dianati-Tilaki *et al.*, 2011; Marcum, 2006; Mozafari *et al.*, 2008; Rengel, 1992)

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Yousuf (2013) ที่พบว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ที่มีความต่างศักย์ของน้ำ -1 MPa เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีความงอก อัตราการงอกของเมล็ด สัมประสิทธิ์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้าของพืชดีขึ้นในสภาพความเครียดจากความเค็มเกลือ ซึ่งจากการทดลองนี้ ก็พบว่าในสภาพความเค็มเกลือจากการเตรียมเมล็ดด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ที่มีความต่างศักย์ของน้ำ -1 MPa เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถ

ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์ ทั้งในข้าวลูกผสมและพันธุ์ผสมได้

สรุปผลการทดลอง

ความเค็มเกลือมีผลต่อดัชนีความงอก อัตราการงอกของเมล็ด สัมประสิทธิ์การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด ของข้าวพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมทุกพันธุ์ที่ทดลอง (8 พันธุ์) โดยในสารละลาย NaCl 80 และ 120 มิลลิโมลาร์ ทำให้ข้าวพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมมีค่าดัชนีความงอก และอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ ลดลง แต่เมื่อเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ที่มีความต่างศักย์ของน้ำ -1 MPa เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถช่วยให้เมล็ดมีการงอกดีขึ้น โดยเฉพาะในสภาพความเครียดจากความเค็มเกลือที่ระดับ 80 มิลลิโมลาร์ แต่ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่เตรียมความพร้อมด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ในสารละลาย NaCl 80 และ 120 มิลลิโมลาร์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอีก 2 วิธีการ อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่ามาตรฐาน อาจเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวมีอายุการเก็บเกี่ยวนาน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง

ขอขอบคุณ

ขอขอบคุณ กรมการข้าว และสถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ดำเนินการวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนร่วม ให้คำแนะนำและสนับสนุนการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณเพื่อนร่วมมหาวิทยาลัย China Agricultural University (CAU) ปักกิ่ง ที่ให้คำปรึกษาด้านการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2559ก. องค์ความรู้เรื่องข้าว : การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว. สืบค้นจาก: http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=115-2.htm. (7 เมษายน 2563)

_____. 2559ข. องค์ความรู้เรื่องข้าว : พันธุ์ข้าว. สืบค้นจาก: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=131.htm. (12 มีนาคม 2563)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ข้อมูลการจัดการดิน : การแจกกระจายพื้นที่ดิน. สืบค้นจาก: http://www.ldd.go.th/Web_Soil/salty.htm. (24 มีนาคม 2563)

สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 262 หน้า.

Afzal, I., S.M.A. Basra and N. Ahmad. 2011. Hormonal priming induces salt tolerance in wheat through enhanced antioxidant defense system. Cereal Research Communications 39: 334-342.

AOSA. 1983. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No.32 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysts. Springfield, IL. 88 p.

Basra, S.M.A., M. Farooq, R. Tabassum and N. Ahmed. 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology 33: 623-628.

Bartlett, M.S. 1937. Some samples of statically method of research in agriculture and applied biology. Journal of the Royal Statistical Society 4: 2.

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Horticultural Science 21: 1105-1112.

Copeland, L.O. 1976. Principles of Seed Science and Technology, Burgress Pub. Com, Minneapolis. Minnesota. 321 p.

Debez, A., W. Chaibi and S. Bouzid. 2001. Effect of NaCl and growth regulator on germination of *Atriplex halimus* L. Cahiers Agriculture 10: 135-138.

Dianati-Tilaki, G., B. Shakarami, M. Tabari and B. Behtari. 2011. The effect of NaCl priming on germination and early growth of seeds of *Festuca ovina* L. under salinity stress conditions. Iranian Journal of Range and Desert Research 18: 452-462.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seed. Seed Science and Technology 9: 373-407.

Farooq, M., S.M.A, Basra and W. Abdul. 2006. Priming of field-sown rice seed enhances germination,

seedling establishment, allometry and yield. Plant Growth Regulation 49: 285-294.

ISTA. 2007. International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. 21 p.

Khajeh-Hosseini, M., A.A. Powell and I.J. Bingham. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. Seed Science and Technology 31: 715-725

Liangyu. 2019. China accelerates rice cultivation in saline soil. Available source: http://www.xinhuanet.com/english/2019-05/16/c_138063409.htm. (May 16, 2019)

Marcum, K.B. 2006. Use of saline and no-potable water in the turfgrass industry: Constraints and developments. Agricultural and Water Management 80: 132-146.

Mcdonald, M.C. 2000. Seed priming. *In*: Seed Technology and Its Biologyl Basis. Blade, M. and J.D. Bewley (eds.) Sheffield Acad. Press, Sheffield, England. 287-326.

Mozafari, H., K.M. Kalantari, M.S. Olia'ie, M. Torkzadeh, H. Salari and S. Mirzaei. 2008. Role of calcium in increasing tolerance of *Descurainia sophia* to salt stress. Journal of Agriculture and Social Sciences 4: 53-58.

Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. Plant, Cell and Environment 15: 625-632.

Shannon, M.C. and L.E. Francois. 1977. Influence of seed pre-treatment on salt tolerance of cotton during germination. Agronomy Journal 69: 619-622.

USDA. 2013. Bibliography on Salt Tolerance. Fibres, Grains and Special Crops. Riverside, CA: George E. Brown, Jr. Salinity Lab. US Department Agriculture, Agriculture Research Service.

Wahid, A., M. Perveen, S. Gelani and S.M.A. Basra. 2007. Pretreatment of seed with H_2O_2 improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. Journal of Plant Physiology 164: 283-294.

Yousof, F. I. 2013. Effect of rice seed priming with calcium chloride ($CaCl_2$) on germination and seedlings vigor under salinity stress. Journal of Plant Production 4(4): 523-535.

Zhiqing, J., D. Ge, H. Chen and J. Fang. 1994. Effects of climate change on rice production and strategies for adaptation in southern China. China 1-26. *In*: C. Rosenzweig and A. Iglesias (eds.) Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modelling Study, U.S. Climate Change Division Report, EPA, 230-B-94-003.