



ผลของความเครียดเกลือต่อการงอกและการเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าว (*Oryza sativa* L.)

ธนากร แสงสง่า*, ชโลธร อู่แก้ว และกฤษฎา รอดสันเทียะ

Effects of Salt Stress on the Germination and Early Seedling Growth of Rice (*Oryza sativa* L.)

Thanakorn Saengsanga*, Chalotorn Aukaew and Krissada Rodsanthia

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ต.ในเมือง อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000

Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nai Muang,
Muang, NaKhon Ratchasima 30000

* Corresponding author. E-mail address: thanakorn.s@nrru.ac.th

Received: 7 March 2016; Accepted: 10 August 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเครียดเกลือต่อการงอกและการเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าว ศึกษาการตอบสนองต่อความเค็ม 6 ระดับ (0, 4, 8, 12, 16 และ 20 dS m⁻¹) ในข้าว 8 สายพันธุ์ ผลการทดลอง พบว่าความเค็มมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความเร็วการงอกและพลังงานการงอกลดลง และส่งผลให้ความยาวและน้ำหนักแห้งรากและยอดลดลงอย่างมากเมื่อความเค็มเพิ่มมากขึ้น ข้าวทุกสายพันธุ์ยกเว้นเหลืองประทิวสามารถทนทานต่อความเครียดเกลือได้ดีโดยสามารถงอกได้มากกว่า 85% ที่ความเค็ม 16 dS m⁻¹ และที่ 20 dS m⁻¹ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถงอกได้แต่ข้าวเหลืองทองและเหลืองประทิวถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ แต่เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักแห้งที่ลดลง ข้าวพันธุ์เหลืองปลาวงทองทนทานต่อความเครียดเกลือโดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งลดลงน้อยที่สุด จากเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่ลดลงข้าวพันธุ์เหลืองปลาวงทองจัดเป็นสายพันธุ์ทนเค็ม (T) ที่ 12 dS m⁻¹ ส่วนขาวดอกมะลิ 105 เหลืองทอง ขาวตาแห้ง ลอยเกษตร หอมโคราช และเหลืองประทิวเป็นสายพันธุ์ทนเค็มที่ 4 dS m⁻¹ และสะกอกเป็นสายพันธุ์ทนเค็มปานกลาง (MT)

คำสำคัญ: ข้าว ความเครียดเกลือ ทนเค็ม

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of salt stress on the germination and early seedling growth of rice. The response of eight rice varieties against six salinity levels (0, 4, 8, 12, 16 and 20 dS m⁻¹) were studied. The results showed that salinity significantly decreasing final germination percentage, speed of germination, germination energy and led to decreasing in shoot and root length and dry weight in all varieties when increased salinity level. All varieties except Leuang Pratew exhibited greater salt tolerance which was >85% germination at 16 dS m⁻¹ salinity. At 20 dS m⁻¹ salt concentration, germination was found in Khao Dawk Mali 105 but completely arrested in Leuang Tong and Leuang Pratew. Based on dry matter reduction, Leuang Pratew showed greater degree of salt tolerance than those of rice and it was classified as tolerant (T) plant at 12 dS m⁻¹ salinity level. In case, Khao Dawk Mali 105, Leuang Tong, Khao Ta Heang, Loy Kaset, Hom Korat and Leuang Pratew were categorized to be tolerant and Sa Khor was also classified as moderately tolerant plant at 4 dS m⁻¹.

Keywords: *Oryza sativa*, salt stress, salt tolerance



บทนำ

ดินเค็ม (saline soil) เป็นปัญหาสำคัญต่อภาคเกษตรกรรมในประเทศไทย ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ดินเค็มประมาณ 17.8 ล้านไร่ หรือ 29% ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งภาค และยังมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่เกลือที่ส่งผลกระทบต่อดินเค็มในภาคการเกษตรอีกกว่า 31 ล้านไร่ (Yuwanityom, 2003) ซึ่งในอนาคตจะทำให้ปัญหาดินเค็มยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ลุ่มที่มีน้ำขัง จึงเป็นแหล่งรวมสิ่งต่างๆ ที่ละลายและไหลมากับน้ำทำให้พื้นที่เหล่านี้ประสบปัญหาจากการละลายของสารพิษ เช่น เหล็ก กรด ต่าง และเกลือต่างๆ พื้นที่นาหลายแห่งได้รับผลกระทบจากเกลือทั้งในดินและน้ำ (Suriyaarunroj, Mansujarit, Hinlek, & Chinsa-ard, 2013) ที่ระดับความเค็มต่ำอาจยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช แต่เมื่อความเค็มเพิ่มสูงขึ้นอาจเป็นสาเหตุทำให้พืชตาย (Michael, Peel, Waldron, & Kevin, 2004) เนื่องจากเกลือก่อให้เกิดความเครียดออสโมติก (osmotic stress) ทำให้ค่าศักย์กัม (water potential) ของดินต่ำลงกว่าปกติ ลดการดูดน้ำของพืชทำให้พืชแสดงอาการขาดน้ำ และทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้ อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษของไอออน (ion toxicity) จากโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) (Saengsanga, 2013) มีผลยับยั้งการงอกและชะลอการเจริญเติบโต จากการจัดจำแนกพืชทนเค็ม ข้าวจะไวอย่างมากต่อความเค็มในระยะงอก ระยะต้นอ่อน และระยะแรกของการพัฒนา (Heenan, Lewin, & McCaffery, 1988; Lutts, Kinet, & Bouharmon, 1995) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ทนเค็มได้ที่ระดับ 0–8 dS m^{-1} (Maas, Hoffman, Chaba, Poss, & Shannon, 1986) ความไม่ทนทานต่อความเครียดเกลือของข้าวแตกต่างกัน

ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยระดับความเค็มสูงสุด (salinity threshold level) ที่ไม่ทำให้ผลผลิตลดน้อยลงคือ 3 dS m^{-1} (Maas & Hoffman, 1977) อย่างไรก็ตามยังมีรายงานว่าข้าวสามารถทนทานต่อความเค็มได้ถึง 16.3 dS m^{-1} (Khan, Hamid, & Karim, 1997) แต่จะมีผลชะลอการงอกของข้าวให้ช้าลง (Hakim et al., 2010) และการงอกของเมล็ดข้าวถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ที่ความเค็ม 20 dS m^{-1} (Anbumalarnathi & Mehta, 2013) จังหวัดนครราชสีมาเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศและพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินเค็มกระจายอยู่ทั่วไปและทำให้พืชโตช้าและผลผลิตลดลง (Suriyaarunroj, Mansujarit, Hinlek, & Chinsa-ard, 2013) การทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากความเครียดเกลือต่อการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวจึงจำเป็น เพื่อเสนอทางเลือกการป้องกันปัญหาสำหรับการผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็ม ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ศึกษาผลกระทบของความเค็มต่อการงอกและการเติบโตในระยะต้นกล้า และจัดจำแนกสายพันธุ์ทนเค็มของพันธุ์ข้าวที่รวบรวมจากพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการการวางแผนการใช้ที่ดินการทำการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาบริบททั่วไปเกี่ยวกับการผลิตข้าวในจังหวัดนครราชสีมา

รวบรวม ทบทวนเอกสารข้อมูลการทำนาในจังหวัดนครราชสีมาจากเอกสาร รายงานมาตีความให้ความหมายอธิบายความและเรียบเรียง

2. พันธุ์ข้าว

ข้าวที่ใช้ทดลองในครั้งนี้รวบรวมได้จากเกษตรกรในพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา จำนวนทั้งสิ้น 8 สายพันธุ์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

พันธุ์ข้าว	สถานที่รวบรวม
1. ชาวดอกมะลิ 105	อ. สูงเนิน
2. สะกอ	อ. โนนไทย
3. เหลืองทอง	อ. ด่านขุนทด
4. ขาวตาแห้ง	อ. พิกุล



ตารางที่ 1 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สถานที่รวบรวม
5. ลอยเกษตร	อ. พิมาย
6. หอมโคราช	อ. เมืองนครราชสีมา
7. เหลืองปลาข้าว	อ. ประทาย
8. เหลืองประทิว	อ. สูงเนิน

3. การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวและสารละลาย NaCl

แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำประปาเลือกเฉพาะเมล็ดที่จมน้ำมาฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการแช่ในสารละลาย 6% NaOCl นาน 30 นาที จากนั้นแช่ใน 70% alcohol นาน 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 3 ครั้ง ก่อนนำไปใช้ในการศึกษา เตรียมสารละลาย NaCl ให้มีระดับความเค็ม 20 dS m^{-1} (640 mg L^{-1} หรือ 10.9 mM มีระดับความเค็มเท่ากับ 1 dS m^{-1}) แล้วเจือจางเป็น 16, 12, 8, และ 4 dS m^{-1} ตามลำดับ

4. การเพาะเมล็ด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ในแต่ละชุดการทดลองมีจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาอัตราการงอกและเติบโตของข้าวในระยะต้นกล้า นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อจากข้อ 2 มาเพาะในถาดใน Petri dish ที่รองด้วยกระดาษกรองจำนวน 20 เมล็ด เทราดด้วยสารละลาย NaCl ที่ระดับความเค็ม 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 dS m^{-1} จำนวน 10 มิลลิลิตร บ่มภายใต้อุณหภูมิและช่วงแสงตามธรรมชาติ ในระหว่างการทดลองเติมน้ำกลั่นให้ท่วมเมล็ดตลอดการทดลอง นับจำนวนเมล็ดที่งอกหลังเพาะ (day after sowing, DAS) ทุกๆ วัน จนครบ 9 วัน

5. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.1 เปอร์เซ็นต์การงอกทั้งหมด (final germination percent, FGP) (Hakim et al., 2010)

$$FGP = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

5.2 พลังงานการงอก (Hakim et al., 2010)

$$GE\% = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกในวันที่ 4}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

5.3 การหาอัตราเร็วในการงอก (speed of germination, SG) (Hakim et al., 2010)

$$SG = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{วันที่แรกนับ}} + \dots + \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{วันที่สุดท้ายนับ}}$$

6. ความยาวและน้ำหนักรากและยอด

เลือกสุ่มข้าวอายุ 9 วัน จำนวน 10 ต้น/ชุด การทดลอง มาวัดความยาว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง โดยน้ำหนักแห้งนำชิ้นส่วนพืชไปอบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 72 ชั่วโมง ก่อนการนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

7. การจัดจำแนกข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม

จัดจำแนกความทนเค็มของข้าวตามมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้งยอดและราก) ที่ลดลง (% reduction) จัดเป็นสายพันธุ์ทนเค็ม ($T = 0.00-20.99\%$) ทนเค็มปานกลาง ($MT = 21.00-40.99\%$) ค่อนข้างไม่ทนเค็ม ($MS=41.00-60.99\%$) และไม่ทนเค็ม ($S=61.00-100.00\%$) ตามวิธีการของ Fageria (1985)

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทุกการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ (10 ต้น/ซ้ำ) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความคาดเคลื่อนจากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนวิธี ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's test

ผลการวิจัย

1. บริบททั่วไปเกี่ยวกับการผลิตข้าวในจังหวัด

นครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมาตั้งอยู่บนที่ราบสูงโคราช สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ปลูกคั่นลอนต้นและพื้นที่ปลูกคั่นลอนลึก มีพื้นที่ประมาณ 12.8 ล้านไร่ จากสถิติข้อมูลการปลูกข้าวย้อนหลัง 5 ปี (รอบปี 52/53 ถึง 56/57) พบว่ามีพื้นที่ทำนาเฉลี่ยประมาณ 3.8 ล้านไร่ โดยอำเภอที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ อ.โนนสูง อ.พิมาย อ.คง คิดเป็น 8.83, 8.25 และ 7.32% ของพื้นที่ตามลำดับ มีผลผลิตประมาณ 350-370 กิโลกรัม/ไร่ (ข้อมูลปี 2556-2557) จากการจัดเขตที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าว

โดยเป็นพื้นที่เหมาะสมสูง (S1) เหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสมคิดเป็น 5.04, 20.21, 10.28 และ 64.47% ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ

2. ผลของความเค็มต่ออัตราการงอกของข้าว

จากการศึกษาอัตราการงอกของข้าวที่รวบรวมได้จากจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 8 สายพันธุ์ โดยเพาะเมล็ดที่แช่น้ำที่มีความเค็ม 6 ระดับ คือ 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 dS m⁻¹ จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกสุดท้าย (FGP) หลังการการเพาะเมล็ด 9 วัน โดยวัดความยาวของรากอ่อน (radicle) ที่ยาวมากกว่า 2 มิลลิเมตรพบว่า ความเค็ม 0-8 dS m⁻¹ ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว ($p < 0.05$) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 12 dS m⁻¹ ข้าวทุกสายพันธุ์ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 85% ความเค็ม 16 dS m⁻¹ มีผลยับยั้งการงอกของข้าวเหลือประมาณ 50% และความเค็ม 20 dS m⁻¹ มีข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพียงสายพันธุ์เดียวที่งอกได้ดี ($86.66 \pm 2.89\%$) แต่ความเค็มระดับเดียวกันนี้ยับยั้งการงอกของข้าวพันธุ์เหลืองทองและเหลืองประทิว

อย่างสมบูรณ์ (100%) (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ความเค็มยังทำให้พลังงานการงอก (germination energy) ของข้าวลดน้อยลง (ตารางที่ 3) โดยความเค็มที่ 4 dS m⁻¹ ทำให้พลังงานการงอกของข้าวหอมโคราชและเหลืองประทิวลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 และสะกอลดลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่มีความเค็ม 16 dS m⁻¹ อย่างไรก็ตามผลทดลองแสดงให้เห็นว่าความเค็มเพียง 4 dS m⁻¹ ก็มีผลชะลอการงอกของข้าวได้ และข้าวแต่ละสายพันธุ์สามารถทนทานต่อความเค็มได้แตกต่างกัน จากค่าอัตราเร็วในการงอก (speed of germination) (ตารางที่ 4) พบว่า ความเค็มมีผลต่ออัตราเร็วในการงอกโดยเมื่อความเค็มเพิ่มมากขึ้นทำให้อัตราเร็วในการงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วในการงอกจะลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่าสูงสุดพบได้ในกลุ่มควบคุม (0 dS/m) และเมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการงอกระหว่างสายพันธุ์ข้าวพบว่าข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราเร็วในการงอกเร็วกว่าข้าวทุกสายพันธุ์ในทุกระดับความเค็ม

ตารางที่ 2 ผลของความเค็มต่อเปอร์เซ็นต์การงอกสุดท้ายของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

สายพันธุ์ข้าว	ระดับความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
ขาวดอกมะลิ 105	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	96.66±0.00 ^{ab}	93.33±2.89 ^b	96.66±5.77 ^{ab}	86.66±2.89^c
สะกอ	95.00±0.00 ^a	98.33±2.89 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	93.33±2.89 ^a	37.58±12.58^b
เหลืองทอง	98.33±2.89 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	95.00±0.00 ^a	86.66±5.77^b	0.00±0.00
ขาวตาแห้ง	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.33±2.89 ^a	96.66±5.77 ^a	50.00±8.66^b
ลอยเกษตร	100.00±0.00 ^a	96.66±2.89 ^a	100.00±0.00 ^a	98.33±2.89 ^a	96.66±2.89 ^a	10.00±5.00^b
หอมโคราช	100.00±0.00 ^a	98.33±2.89 ^a	100.00±0.00 ^a	96.66±2.89 ^a	86.66±2.89^b	3.33±5.77 ^c
เหลืองปลาชิว	98.33±5.77 ^a	98.30±2.89 ^a	96.65±2.89 ^a	96.66±2.89 ^a	90.00±10.00 ^a	45.00±8.66 ^b
เหลืองประทิว	90.00±5.00 ^a	90.00±8.66 ^a	90.00±5.00 ^a	85.00±5.00 ^a	43.33±20.20^b	0.00±0.00

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละแถวในแนวนอน

ตารางที่ 3 ผลของความเค็มต่อพลังงานการงอกของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

สายพันธุ์ข้าว	ระดับความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
ขาวดอกมะลิ 105	96.67±2.89a	95.00±5.00a	95.00±5.00a	91.67±5.77a	65.00±5.00b	21.67±16.07c
สะกอ	91.67±2.89a	93.33±5.77a	98.33±2.89a	93.33±5.77a	45.00±5.00b	5.00±5.00c
เหลืองทอง	91.67±10.41a	91.67±7.64a	50.00±31.22b	25.00±10.00bc	0.00±0.00d	0.00±0.00d
ขาวตาแห้ง	98.33±2.89a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	83.33±17.32b	5.00±0.00c	0.00±0.00d
ลอยเกษตร	93.33±11.55a	88.33±5.77a	86.67±7.64a	35.00±17.32b	5.00±0.00c	0.00±0.00d
หอมโคราช	98.33±2.89a	91.67±2.89b	90.00±5.00b	21.67±2.89c	0.00±0.00d	0.00±0.00d



ตารางที่ 3 (ต่อ)

สายพันธุ์ข้าว	ระดับความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
เหลืองปลาชิว	93.33±2.89a	90.00±5.00a	70.00±18.03b	41.67±14.43c	8.33±10.41d	1.67±2.89d
เหลืองประทิว	75.00±10.00a	58.33±7.64b	35.00±5.00c	21.67±11.55c	3.33±5.77d	0.00±0.00e

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละแถวในแนวนอน

3. ผลของความเค็มต่ออัตราการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า

3.1 ความยาวยอด (plumule) และราก (radicle)

ผลการศึกษาผลของความเค็มต่ออัตราการเจริญเติบโตของยอดของข้าวระยะต้นกล้า โดยเฉพาะเมล็ดข้าวใน Petri dish แล้วเทราดด้วยสารละลาย NaCl ที่ระดับความเค็ม 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 dS m⁻¹ พบว่า ความยาวของยอดจะลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 1) โดยความยาวยอดสูงสุด (8.19 ± 1.10 เซนติเมตร) พบในข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเจริญเติบโตในสภาวะที่ไม่มีเกลือ (กลุ่มควบคุม 0 dS m⁻¹) ที่ระดับความเค็ม 4 dS m⁻¹ ข้าวขาวตาแห้งและเหลืองปลาชิวสามารถทนทานต่อ

ความเค็มได้ดีที่สุดโดยลดลงเพียง 2.3 และ 6.5 % ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เหลืองประทิวลดลงถึง 37.2 % เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่ระดับความเค็ม 8 และ 12 dS m⁻¹ ความยาวยอดของข้าวทุกสายพันธุ์ลดลงประมาณ 35.1–84.7 % และ 61.6–100 % ตามลำดับ นอกจากนี้ความเค็มสูง (16 dS m⁻¹) มีผลทำให้ความยาวของยอดลดลงมากกว่า 90 % ในข้าวทุกสายพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์เหลืองปลาชิว (75.6%) อย่างไรก็ตาม ภายใต้สภาวะเครียดรุนแรง (severe stress) ที่ความเค็ม 20 dS m⁻¹ มีข้าวเพียง 2 สายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตและสร้างยอดอ่อนได้เล็กน้อย คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และเหลืองปลาชิว

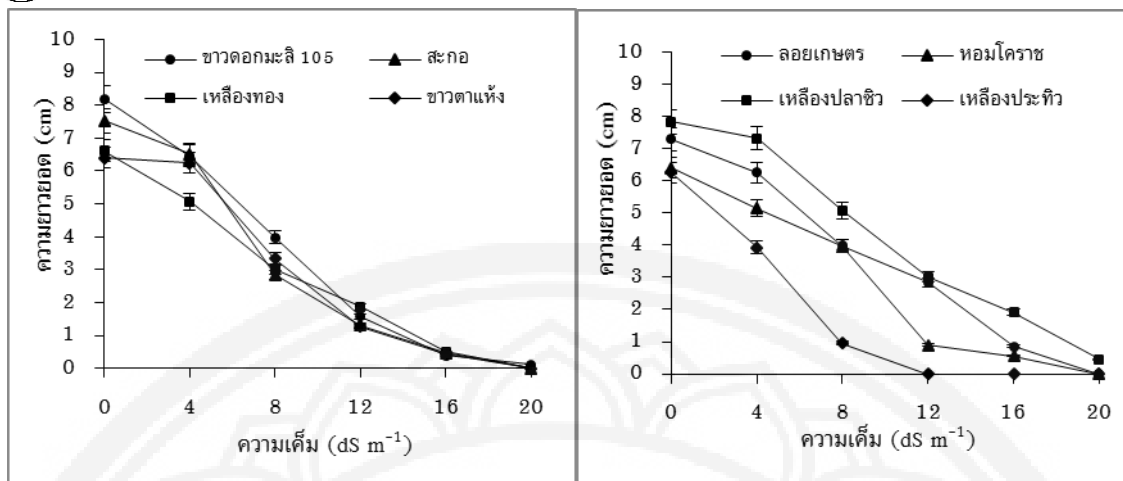
ตารางที่ 4 ผลของความเค็มต่อความเร็วการงอกของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

สายพันธุ์ข้าว	ความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
ขาวดอกมะลิ 105	34.86±0.72a	30.10±1.46b	27.60±1.07c	24.49±1.53c	20.28±0.34d	13.25±0.95e
สกล	27.96±2.35a	27.26±2.31a	27.27±1.83a	22.17±0.52b	15.88±1.78c	5.47±2.37d
เหลืองทอง	22.03±0.72a	22.16±1.52a	17.81±1.04b	13.42±0.55c	5.82±0.59d	0.00±0.00e
ขาวตาแห้ง	27.77±0.65a	27.13±0.98a	25.08±1.32b	19.98±1.04c	13.92±1.14d	6.73±1.34c
ลอยเกษตร	24.13±1.68a	21.39±1.05b	20.13±0.76b	14.50±2.29c	11.67±0.28d	0.12±0.20e
หอมโคราช	25.76±0.90a	24.32±1.22a	21.77±1.17b	14.53±0.43c	5.63±0.33d	1.83±0.26e
เหลืองปลาชิว	24.96±0.64a	22.46±1.46a	18.12±2.66b	16.30±0.99b	10.26±1.80c	3.04±0.57d
เหลืองประทิว	18.78±2.52a	17.49±1.48ab	14.72±1.51bc	11.80±1.45c	4.52±3.02d	0.00±0.00e

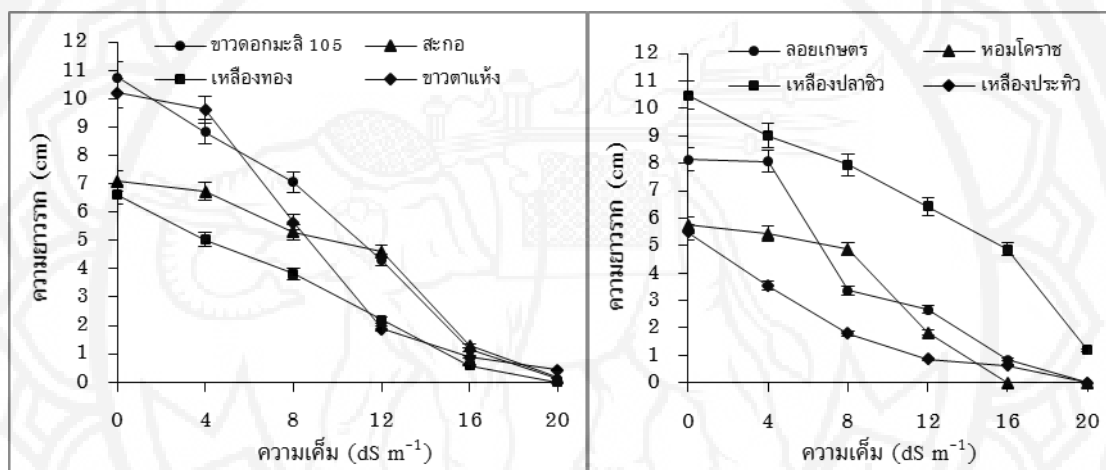
ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละแถวในแนวนอน

ในทำนองเดียวกันความยาวรากสูงสุด (10.75 ± 2.45 และ 10.48 ± 2.48 เซนติเมตร) พบได้ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และเหลืองปลาชิวในชุดควบคุม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มระดับความเค็มความยาวรากจะลดลง (รูปที่ 2) ข้าวที่ทนต่อความเค็มระดับ 4 dS m⁻¹ ได้ดี คือ สกล ขาวตาแห้ง ลอยเกษตร และหอมโคราช โดยมีความยาวรากลดลงประมาณ 5% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม

ตามระดับความเค็ม 8 และ 12 dS m⁻¹ ความยาวรากลดลง 5.3–67.4 % และ 35.1–84.3 % ตามลำดับ ที่ระดับความเค็ม 16 และ 20 dS m⁻¹ ทำให้ความยาวรากลดลงมากกว่า 80 % ในข้าวทุกสายพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง ยกเว้นพันธุ์เหลืองปลาชิวที่สามารถเจริญเติบโตและทนทานความเค็มได้ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่นโดยมีความยาวรากลดลง 53.6 และ 88.6 % ตามลำดับ



รูปที่ 1 ผลของความเค็มต่อความยาวยอดของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ



รูปที่ 2 ผลของความเค็มต่อความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

3.2 น้ำหนักแห้งยอดและราก

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเค็มที่เพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำหนักแห้งยอดและรากลดลง (ตารางที่ 5 และ 6) เมื่อข้าวเติบโตในที่มีความเค็ม 4, 8, 12, 16 และ 20 dS m^{-1} น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของยอดลดลง 11.1, 29.1, 56.2, 80.3 และ 98.2% ตามลำดับ ที่ระดับความเค็ม 8 dS m^{-1} ข้าวพันธุ์เกลือปลาชีวและข้าวดอกมะลิ 105 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนัก

แห้งน้อยที่สุด คือ 11.8 และ 18.3% ตามลำดับ และลดลงมากที่สุดพบได้ในข้าวพันธุ์เกลือปะทิว (57.9%) เมื่อเพิ่มความเค็มเป็น 12 dS m^{-1} มีผลทำให้น้ำหนักยอดข้าวทุกสายพันธุ์ลดลงกว่า 50% ยกเว้นพันธุ์เกลือปลาชีว (8.6%) อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งยอดลดลงอย่างมากเมื่อเติบโตในที่มีความเค็ม 16 dS m^{-1} และความเค็ม 20 dS m^{-1} มีผลยับยั้งทำให้ข้าวไม่เติบโต

ตารางที่ 5 ผลของความเค็มต่อน้ำหนักแห้งยอด (กรัม/10 ต้น) ของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	ความเค็ม (dS m^{-1})					
	0	4	8	12	16	20
ข้าวดอกมะลิ 105	0.0563	0.0440 (21.8)	0.0460 (18.3)	0.0277 (50.8)	0.0140 (75.1)	0.0020 (96.4)
สะกอ	0.0767	0.0567 (26.1)	0.0503 (34.4)	0.0283 (63.1)	0.0170 (77.8)	0.0000 (100.0)
เกลือทอง	0.0380	0.0327 (13.9)	0.0190 (50.0)	0.0127 (66.6)	0.0173 (54.5)	0.0000 (100.0)
ข้าวตาแห้ง	0.0460	0.0420 (8.7)	0.0370 (19.6)	0.0183 (60.2)	0.0050 (89.1)	0.0000 (100.0)



ตารางที่ 5 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
ลอยเกษตร	0.0270	0.0243 (10.0)	0.0243 (10.0)	0.0140 (48.1)	0.0037 (86.3)	0.0000 (100.0)
หอมโคราช	0.0293	0.0287 (2.0)	0.0203 (30.7)	0.0140 (52.2)	0.0020 (93.2)	0.0000 (100.0)
เหลืองปลาชีว	0.0533	0.0500 (6.2)	0.0470 (11.8)	0.0487 (8.6)	0.0180 (66.2)	0.0057 (89.3)
เหลืองประทิว	0.0380	0.0380 (0.0)	0.0160 (57.9)	0.0000 (100.0)	0.0000 (100.0)	0.0000 (100.0)

ตัวเลขในวงเล็บแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง (% reduction) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 dS m⁻¹)

ตารางที่ 6 ผลของความเค็มต่อน้ำหนักแห้งราก (กรัม/10 ต้น) ของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	ความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
ขาวดอกมะลิ 105	0.0557	0.0460 (17.4)	0.0310 (44.3)	0.0213 (61.8)	0.0080 (85.6)	0.0020 (96.4)
สะกอ	0.0607	0.0427 (29.7)	0.0310 (48.9)	0.0190 (68.7)	0.0067 (89.0)	0.0000 (100.0)
เหลืองทอง	0.0340	0.0243 (28.5)	0.0193 (43.2)	0.0187 (45.0)	0.0157 (53.8)	0.0000 (100.0)
ขาวตาแห้ง	0.0553	0.0430 (22.2)	0.0337 (39.1)	0.0130 (76.5)	0.0120 (78.3)	0.0000 (100.0)
ลอยเกษตร	0.0280	0.0288 (2.8)	0.0147 (49.0)	0.0047 (83.7)	0.0077 (73.3)	0.0000 (100.0)
หอมโคราช	0.0223	0.0157 (29.6)	0.0140 (37.2)	0.0027 (88.0)	0.0000 (100.0)	0.0000 (100.0)
เหลืองปลาชีว	0.0423	0.0390 (9.7)	0.0293 (32.2)	0.0277 (35.9)	0.0107 (75.2)	0.0047 (89.1)
เหลืองประทิว	0.0270	0.0203 (24.8)	0.0077 (71.5)	0.0000 (100.0)	0.0000 (100.0)	0.0000 (100.0)

ตัวเลขในวงเล็บแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง (% reduction) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 dS m⁻¹)

รากเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มที่มากกว่ายอด จากผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่ลดลงเปรียบเทียบกับชุดควบคุมได้ 20.6, 45.7, 69.9, 81.9 และ 98.2% ที่ระดับความเค็ม 4, 8, 12, 16 และ 20 dS m⁻¹ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ข้าวพันธุ์เหลืองปลาชีวทนทานต่อความเค็มได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากลดน้อยลง 32.2 และ 35.9% เมื่อเติบโตในสภาวะเค็ม 8 และ 12 dS m⁻¹ และพันธุ์ที่ไม่ทนทานคือ เหลืองประทิวลดลง 71.5 และ 100% ตามลำดับ เช่นเดียวกับยอดเมื่อข้าวเติบโตในสภาวะเค็มสูง (16 และ 20 dS m⁻¹) จะเห็นว่าน้ำหนักแห้งรากในข้าวทุกสายพันธุ์ลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะที่ 20 dS m⁻¹ ที่ยับยั้งการแบ่งเซลล์และการยืดยาวของรากในข้าวเกือบทุกสายพันธุ์

4. การจัดจำแนกสายพันธุ์ทนเค็ม

ข้าวสามารถทนทานต่อความเค็มได้แตกต่างกันในแต่ละความเค็ม (ตารางที่ 7) โดยข้าวเหลืองปลาชีว

ทนเค็ม (T) ได้สูงสุดที่ 12 dS m⁻¹ ส่วนขาวดอกมะลิ 105 เหลืองทอง ขาวตาแห้ง ลอยเกษตร หอมโคราช และเหลืองประทิวเป็นทนเค็มสูงสุดที่ 4 dS m⁻¹ และสะกอเป็นข้าวพันธุ์ทนเค็มปานกลาง (MT) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 8 dS m⁻¹ ข้าวจะมีความไวต่อความเค็มมากขึ้น โดยสายพันธุ์เหลืองปลาชีวทนทานต่อความเค็มได้ดีที่สุดจัดจำแนกได้เป็นสายพันธุ์ทนเค็ม (T) ส่วนสายพันธุ์ทนเค็มปานกลาง ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 ขาวตาแห้ง ลอยเกษตรและหอมโคราช ส่วนสะกอและเหลืองทองจัดจำแนกได้เป็นสายพันธุ์ค่อนข้างไม่ทนเค็ม (MS) ภายใต้สภาวะความเค็ม 12 dS m⁻¹ เหลืองปลาชีวยังคงจัดเป็นสายพันธุ์ทนเค็ม ขาวดอกมะลิ 105 และเหลืองทองถูกจัดเป็นสายพันธุ์ค่อนข้างไม่ทนเค็ม และสายพันธุ์อื่น ๆ ไม่สามารถทนทานได้ที่ความเค็มระดับนี้ จึงถูกจัดเป็นสายพันธุ์ไม่ทนเค็ม (S) นอกจากนี้ข้าวเกือบทุกสายพันธุ์ถูกจัดจำแนกเป็นสายพันธุ์ไม่ทนเค็มที่ระดับ 16 และ 20 dS m⁻¹

ตารางที่ 7 การจัดจำแนกสายพันธุ์ทนเค็มตามมวลน้ำหนักแห้งยอดและรากที่ลดลง (กรัม/10 ต้น)

พันธุ์ข้าว	ความเค็ม (dS m ⁻¹)					
	0	4	8	12	16	20
ขาวดอกมะลิ 105	0.1120	0.0900 (T)	0.0770 (MT)	0.0490 (MS)	0.0220 (S)	0.0040 (S)
สกล	0.1374	0.0994 (MT)	0.0813 (MS)	0.0473 (S)	0.0237 (S)	0.0000 (S)
เหลืองทอง	0.0720	0.0570 (T)	0.0383 (MS)	0.0314 (MS)	0.0330 (MS)	0.0000 (S)
ขาวตาแห้ง	0.1013	0.0850 (T)	0.0707 (MT)	0.0313 (S)	0.0170 (S)	0.0000 (S)
ลอยเกษตร	0.0558	0.0523 (T)	0.0390 (MT)	0.0187 (S)	0.0114 (S)	0.0000 (S)
หอมโคราช	0.0516	0.0444 (T)	0.0343 (MT)	0.0167 (S)	0.0020 (S)	0.0000 (S)
เหลืองปลาชิว	0.0965	0.0890 (T)	0.0763 (T)	0.0764 (T)	0.0287 (S)	0.0104 (S)
เหลืองปะทิว	0.0650	0.0583 (T)	0.0237 (S)	0.0000 (S)	0.0000 (S)	0.0000 (S)

T = ทนเค็ม, MT = ทนเค็มปานกลาง, MS = ค่อนข้างไม่ทนเค็ม, S = ไม่ทนเค็ม

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าพันธุ์ที่มีการปลูกข้าวเป็นอันดับต้นๆ ของจังหวัดในพื้นที่ อ.โนนสูง อ.พิมาย และ อ.คง ซึ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มและมีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวเป็นบริเวณกว้างและชัดเจน (Suriyaarunroj, Mansujarit, Hinlek, & Chinsard, 2013) เนื่องจากความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตตกต่ำ ในงานวิจัยนี้พบว่าข้าวที่เจริญเติบโตในสภาวะเครียดเกลือจะมีอัตราการงอกต่ำลง เช่นเดียวกับข้าวโพดที่พบว่าอัตราการงอกลดลงเมื่อเพาะภายใต้สภาวะความเค็ม (Carpici, Celik, & Bayram, 2009; Shtereva, Vassilevska-Ivanova, & Karceva, 2015) ทั้งนี้เนื่องจากเกลือทำให้เกิดมีผลแรงดันออสโมติก (osmotic potential) ต่ำลงไปถึงจุดที่ชะลอหรือยับยั้งการนำน้ำและสารอาหารที่จำเป็นต่อการงอกเข้าสู่เซลล์ และเกิดพิษจากไอออนของเกลือต่อเอ็มบริโอ (Khayatnezhad, Gholamin, Jamaati-e-Somarin, & Zabihie-Mahmoodabad, 2011) จึงทำให้การเติบโตของพืชลดลง ผลผลิตคุณภาพ และปริมาณสารอาหารลดลงด้วย (Thitisaksakul et al., 2015) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบอัตราการงอกของข้าวในการทดลองครั้งนี้กับอัตราการงอกของข้าวสายพันธุ์ทนเค็มมาตรฐาน Pokkali และพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของอินเดีย (Hakim et al., 2010; Anbumalarnathi & Mehta, 2013) ข้าวที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้สามารถงอกได้สูงกว่า 85% เมื่ออยู่ในสภาวะเค็มจัด นอกจากนี้บางสายพันธุ์ยังเติบโตได้เทียบเท่าหรือดีกว่าข้าวสายพันธุ์เค็ม

มาตรฐาน เช่น Pokkali และ IR 20 ซึ่งจัดเป็นข้าวสายพันธุ์ค่อนข้างไม่ทนเค็ม (MS) ที่ระดับความเค็ม 8 และ 12 dS m⁻¹ ตามลำดับ (Hakim et al., 2010) ข้าวสามารถทนเค็มได้ดีอาจเนื่องมาจากพืชมีการปรับตัวให้ทนทานต่อความเค็มซึ่งกลไกที่ใช้ในการปรับตัวนั้นยังต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป

ความยาว น้ำหนักแห้งรากและยอดของข้าวลดน้อยลงเมื่อความเข้มข้นของเกลือสูงขึ้น แม้ว่าข้าวจะสามารถงอกได้แต่เมื่อเจริญเติบโตภายใต้สภาวะเค็มมากกว่า 12 dS m⁻¹ ทำให้พืชเจริญเติบโตลดน้อยลงมากกว่า 50% ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับรายงาน Hakim et al. (2010) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าที่ระดับความเค็มต่ำ (≤ 2 dS m⁻¹) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Motamed, Asadi, Razaei, & Amiri, 2008) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นมีผลลดอัตราการเจริญเติบโต ความยาวและน้ำหนักของพืชได้ (Hakim et al., 2010; Hakim et al., 2014) ข้าวที่สามารถเจริญเติบโตได้จะมีการปรับตัวให้เจริญเติบโตได้พันธุ์ข้าวที่ปรับตัวดีจะสร้างกลไกที่เหมาะสมต่อการอยู่รอด การศึกษานี้สามารถจัดจำแนกกลุ่มทนเค็ม ทนเค็มปานกลาง ค่อนข้างไม่ทนเค็ม และไม่ทนเค็มได้จากการพิจารณาเปอร์เซ็นต์มวลชีวภาพที่ลดลง ซึ่งเป็นไปทิศทางเดียวกับ Hakim et al. (2010) และ Anbumalarnathi and Mehta (2013) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงสายพันธุ์ข้าวทนเค็มได้ ข้าวที่นำศึกษาในครั้งนี้เป็นข้าวนาปีที่เกษตรกรนิยมปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จากข้อมูลทำให้ทราบว่าข้าวพันธุ์เหลืองปลาชิวเป็นสายพันธุ์ทนเค็มที่ 12 dS m⁻¹ ส่วนสายพันธุ์ทนเค็มที่ 4 dS m⁻¹ มี 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ



105 เหลืองทอง ขาวตาแห้ง ลอยเกสร และเหลืองประทิว และสายพันธุ์ค่อนข้างทนเค็ม คือ สะกอก การศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในโครงการวางแผนการเพาะปลูก ตลอดจนการปรับปรุงพันธุ์ข้าวพื้นเมืองให้ทนต่อสภาวะความเครียดด้านกายภาพต่างๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Anbumalarmathi, J., & Mehta, P. (2013). Effect of salt stress on germination of indica rice varieties. *European Journal of Biological Sciences*, 6(1), 1-6.
- Carpici, E. B., Celik, N., & Bayram, G. (2009). Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(19), 4918-4922.
- Fageria, N. K. (1985). Salt tolerance of rice cultivars. *Plant Soil*, 88, 237-243.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Begum, M., Hanafi, M. M., Ismail, M. R., & Selamat, A. (2010). Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(13), 1911-1918.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Hanafi, M. M., Ali, E., Ismail, M. R., Selamat, A., & Karim, S. M. (2014). Effect of salt stress on morpho-physiology, vegetative growth and yield of rice. *Journal of Environmental Biology*, 35(2), 317-326.
- Heenan, D. P., Lewin, L. G., & McCaffery, D. W. (1988). Salinity tolerance in rice varieties at different growth stages. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28, 343-349.
- Khan, M. S. A., Hamid, A., & Karim, M. A. (1997). Effect of sodium chloride on germination and seedling characters of different types of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179, 163-169.
- Khayatnezhad, M., Gholamin, R., Jamaati-e-Somarin, S. H., & Zabihie-Mahmoodabad, R. (2011). The leaf chlorophyll content and stress resistance relationship considering in Corn cultivars (*Zea mays*). *Advances in Environmental Biology*, 5(1), 118-122.
- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, 46, 1843-1852.
- Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, 103, 115-134.
- Maas, E. V., Hoffman, G. J., Chaba, G. D., Poss, J. A., & Shannon, M. C. (1986). Salt sensitivity of corn at various growth stages. *Irrigation Science*, 4, 45-57.
- Michael, D., Peel, B., Waldron, L., & Kevin, B. (2004). Screening for salinity tolerance in alfalfa. *Crop Science*, 44, 2049-2053.
- Motamed, M. K., Asadi, R., Razaei, M. & Amiri, E. (2008). Response of high yielding rice varieties to NaCl salinity in greenhouse circumstances. *African Journal of Biotechnology*, 7, 3866-3873.



- Saengsanga, T. (2013). PGPR: the role in promoting and protecting plant under stress conditions. *Journal of Science and Technology*, 22(4), 553-570.
- Shtereva, L. A., Vassilevska-Ivanova, R. D., & Karceva, T. V. (2015). Effect of salt stress on some sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) genotypes. *Archives of Biological Science Belgrade*, 67(3), 993-1000.
- Suriyaarunroj, D., Mansujarit, S., Hinlek, U. & Chinsard, B. (2013). *Salinity paddy field in fifteen districts of Nakhon Ratchasima province. Proceedings of rice and temperate cereal crops annual conference 2013*, 19-21 March 2013. Nong Khai: Royal Mekong Nong Khai.
- Thitisaksakul, M., Tananuwong, K., Shoemaker, C. F., Chun, A., Tanadul, O., Labavitch, J. M., & Beckles, D. M. (2015). Effects of timing and severity of salinity stress on rice (*Oryza sativa* L.) yield, grain composition, and starch functionality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(8), 2296-2304.
- Yuwanityom, A. (2003). *Saline soil problem: solution and management*. Office of Land Management Research and Development. Bangkok: Land Development Department.