



ปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบการทนเค็มในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อมีการกระตุ้นและไม่
กระตุ้นด้วยความเค็มอ่อนๆก่อนได้รับสภาพเครียดเค็ม

Comparison of Salt Tolerance in Various Rice by
Pretreatment and Non-Pretreatment from Salinity before
Salt Stress

นางสาวนิรนุช อิ่มเอิบ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
DEPARTMENT OF AGRONOMY
FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

.....วิทยาศาสตร์เกษตร.....

สาขา

.....พืชไร่นา.....

ภาควิชา

เรื่อง การเปรียบเทียบการทนเค็มในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อมีการกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยความเค็ม
อ่อน ๆ ก่อนได้รับสภาพเค็ม

Comparison of Salt Tolerance in Various Rice by Pretreatment and Non-
Pretreatment from Salinity before Salt Stress

นามผู้วิจัย นางสาวนිරนุช อิมเอิบ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

.....
(รองศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดาภูล Ph.D)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. 2563

ปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบการทนเค็มในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อมีการกระตุ้นและไม่กระตุ้น

ด้วยความเค็มอ่อน ๆ ก่อนได้รับสภาพเครียดเค็ม

Comparison of Salt Tolerance in Various Rice by Pretreatment and Non-Pretreatment
from Salinity before Salt Stress

โดย

นางสาวนีนุช อิ่มเอิบ

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

บทคัดย่อ

นิรันดร์ อิมเอิบ 2563: การเปรียบเทียบการทนเค็มในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อมีการกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยความเค็มอ่อนๆก่อนได้รับสภาพเครียดเค็ม ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก: รองศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย, วท.ด. 30 หน้า

ดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อข้าว เนื่องจากมีปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในดินมากจนมีผลกระทบต่อกระบวนการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ดินเค็มทำให้พืชเกิดสภาพขาดน้ำ สะสมไอออนที่เป็นพิษและเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความทนทานต่อความเค็มของข้าว 17 พันธุ์ ได้แก่ PTT1, KDML105, Pokkali, IR64, CH1, SPR1, RD43, RD23, RD15, RD41, SPR60, CH2, CNT1, SKN1, RD6, JHN และ RD49 วางแผนการทดลองแบบ Factorial Designs in CRD จำนวน 3 ซ้ำ เมื่อข้าวมีอายุ 2 สัปดาห์ ทดสอบด้วยการกระตุ้นความเค็มระดับต่ำที่ความเข้มข้น 5 mM (pre-treatment) และเมื่อข้าวอายุ 4 สัปดาห์ ทดสอบด้วยการกระตุ้นความเค็มที่ระดับความเข้มข้น 100 mM เปรียบเทียบกับการไม่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่ำ

(non-pretreatment) โดยเพิ่มสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 mM เมื่อข้าวอายุ 4 สัปดาห์ บันทึกผลโดยวิธีการประเมินความทนเค็มด้วย Standard evaluation system for rice (SES) of visual salt injury จากการทดลองพบว่าการกระตุ้นด้วยความเค็มที่ระดับต่ำทำให้ข้าวทนเค็มมากขึ้น 7 พันธุ์ ได้แก่ IR64, SPR1, RD43, RD41, SPR60, CNT1, RD49 ซึ่งมีระดับความทนเค็ม 7 (อ่อนแอ) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทนเค็มมาตรฐานพันธุ์ Pokkali ที่มีระดับความทนเค็ม 3 (ทนเค็ม) ส่วนการไม่กระตุ้นด้วยความเค็มระดับต่ำ พบว่าไม่มีพันธุ์ข้าวที่ทนเค็มซึ่งมีระดับความทนเค็ม 9 (อ่อนแอมาก) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทนเค็มมาตรฐาน Pokkali

ABSTRACT

Neeranuch Imerb 2020: Comparison of Salt Tolerance in Various Rice by Pretreatment and Non-Pretreatment from Salinity before Salt Stress. Special Problem, Bachelor's Degree (Agriculture), Major Field Agricultural Science Department of Agronomy Advisor. Special Problems Advisor: Associate Professor Tanee Sreewongchai, Ph.D. 30 Page

Saline soil is an important problem affecting rice because it has too many dissolved salts in the soil until affecting the growth and yield of rice. Saline soil causes plants to become dehydrated, accumulation of toxic ions and nutrient imbalances. The objective of this experiment was to evaluate the tolerance of salinity in 17 rice varieties, PTT1, KDML105, Pokkali, IR64, CH1, SPR1, RD43, RD23, RD15, RD41, SPR60, CH2, CNT1, SKN1, RD6, JHN, and RD49. This experiment using Factorial Designs in CRD 3 replication when rice grown at 2 weeks, tested with low salinity stimulation at a concentration of 5 mM (pre-treatment). After that, when rice grown at 4 weeks, add salt concentration at 100 mM compared with non-pretreatment. Evaluated using the Standard evaluation system for rice (SES) of visual salt injury. The result showed that pre-treatment makes the rice more tolerant 7 varieties such as IR64, SPR1, RD43, RD41, SPR60, CNT1, and RD49 which tolerance level is 7 (susceptible) when compared with Pokkali which tolerance level is 9. Non-pretreatment by add concentration at 100 mM when rice 4 weeks showed that 17 rice varieties were susceptible and tolerance level is 9 (highly susceptible) when compared with Pokkali.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

___/___/___

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก ที่ท่านได้
อบรม สั่งสอน และให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี ทั้งในด้าน
การศึกษา การทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ให้สำเร็จและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่
ถ่ายทอดความรู้ในด้านต่าง ๆ ตลอดจนประสบการณ์ต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งที่ข้าพเจ้าได้
นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับการดำเนินการวิจัยรวมถึงขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ ทุกคนที่ให้
ความช่วยเหลือ ตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดี ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าของ
ผลงานวิจัยทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้นำผลงานวิจัยของท่านมาใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการทำปัญหาพิเศษ
ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พี่ ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่านที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และ
ความช่วยเหลือในการทำการทดลองครั้งนี้ให้สำเร็จได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือ
ช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามมา ณ ที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านที่
ให้ความช่วยเหลือไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นิรุช อิมเอิบ

มีนาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3-15
อุปกรณ์และวิธีการ	16-17
อุปกรณ์	16
วิธีการ	17
สถานที่และระยะเวลาการทําวิจัย	19
ผลและวิจารณ์	20-23
สรุป	24
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	25-29
ภาคผนวก	30-33
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช	5
2	ตารางแสดงการกระจายของดินเค็มเมื่อพิจารณาจากคราบเกลือ	9
3	Standard evaluation system for rice (SES) of visual salt injury	14
4	ระดับคะแนน และระดับความทนเค็มที่ทำการกระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ สารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM โดยการประเิน	22
5	ระดับคะแนน และระดับความทนเค็มที่ไม่ทำการกระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ สารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM โดยการประเิน	23

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ประเทศที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มโดยใช้จุดสีแดง	6
2 พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทย	7
3 การแพร่กระจายดินเค็ม	8
4 การประเมินความทนเค็มของข้าว	18

ภาพผนวกที่

1 เมล็ดข้าว 17พันธุ์	30
2 เกลือสำหรับเตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM	30
3 เกลือสำหรับเตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 mM	30
4 สารละลายธาตุอาหารชนิด AและB	31
5 การเตรียมดินในกระบะเพาะข้าวสำหรับย้ายปลูกข้าวทดสอบ	31
6 การเพาะเมล็ดข้าว	31
7 การเตรียมกระตุนข้าวด้วยความเค็มต่ำๆสารละลายเกลือ ความเข้มข้น 5Mm	32
8 การเตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 Mm เพื่อเพิ่มสภาพเค็มเมื่อข้าวอายุ 4 สัปดาห์	32
9 การประเมินข้าวหลังจากได้รับสภาพเค็ม	33

การเปรียบเทียบการทนเค็มในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อมีการกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยความเค็ม อ่อน ๆ ก่อนได้รับสภาพเครียดเค็ม

Comparison of Salt Tolerance in Various Rice by Pretreatment and Non- Pretreatment from Salinity before Salt Stress

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นธัญพืชที่ประชากรทั่วโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชที่มีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสามทั่วโลก รองจากข้าวสาลีและข้าวโพด (FAO STAT, 2006) ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ ทั้งนี้ ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค (Smith, 1998) ทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย อีกทั้งยังส่งออกข้าวเป็นอันดับที่ 2 รองจากอินเดีย (The Rice Trader, 2016)

ปัญหาการผลิตข้าวที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ปัญหาดินเค็ม พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยมีทั้งหมด 21 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ดินเค็มมากที่สุดถึง 17 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลงเนื่องจาก ความเครียดออสโมติก (osmotic stress) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (ion toxicity) และความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (Bernstein, 1964) การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของข้าว อีกทั้งมีผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตข้าวหรืออาจรุนแรงถึงขั้นทำให้พืชตายได้ เนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เกิดอาการขาดน้ำ และมีการสะสมไอออนมากเกินไปจนความต้องการจนเกิดความเป็นพิษ

ดังนั้นจึงเกิดการทดลองความทนเค็มในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ในข้าว 17 พันธุ์ ได้แก่ PTT1, KDML105, Pokkali, IR64, CH1, SPR1, RD43, RD23 , RD15 ,RD41, SPR60, CH2, CNT1, SKN1, RD6 , JHN และ RD49 เพื่อประเมินความทนเค็มของข้าวเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็ม

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความทนเค็มของข้าว 17 พันธุ์ ได้แก่ PTT1, KDML105, Pokkali, IR64, CH1, SPR1, RD43, RD23, RD15, RD41, SPR60, CH2, CNT1, SKN1, RD6, JHN, RD49 ระหว่างกระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ สารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM ในข้าวอายุ 2 สัปดาห์ และไม่ทำการกระตุ้น

การตรวจเอกสาร

ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสามทั่วโลก รองจากข้าวสาลีและข้าวโพดข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น มีใช้ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค (FAO STAT, 2006)

ลักษณะทั่วไปของข้าว

ข้าว (rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. ข้าวเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Gramineae หรือ Poaceae พืชในสกุล *Oryza* มีทั้งหมด 23 ชนิด แบ่งออกเป็น ข้าวปลูก 2 ชนิด และข้าวป่า 21 ชนิด ข้าวปลูก 2 ชนิดคือ ชนิด *O. sativa* ซึ่งปลูกมากในเอเชีย และ *O. glaberrima* ปลูกมากในแอฟริกา โดย *O. sativa* ปลูกกันทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นของโลกมีอยู่ 3 สายพันธุ์ คือ indica, japonica และ javanica (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

1. ข้าว indica เป็นข้าวที่มีทรงต้นสูง ลำต้นไม่แข็งแรง ใบยาวและห้อยลง ใต้ออช่วงแสงและอุณหภูมิที่ต่ำ เมล็ดมีรูปร่างยาวเรียว ร่วงหล่นง่าย เมล็ดมีการพักตัวที่ยาวนาน ข้าวกลุ่มนี้ นิยมปลูกมากในประเทศแถบร้อน เช่น ไทย อินเดีย และปากีสถาน
2. ข้าว japonica หรือ temperate type เป็นข้าวที่มีทรงต้นเตี้ย (short straw) ช่วยป้องกันการหักล้มของต้นได้ ใบสั้นและตั้งตรง แตกกอปานกลาง ทนทานต่อสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ เมล็ดสั้นและกลม มีปริมาณอมิโลสต่ำทำให้ข้าวสุกมีลักษณะเหนียวเกาะติดกัน ข้าวกลุ่มนี้ นิยมปลูกมากในประเทศเขตอบอุ่น เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และไต้หวัน
3. ข้าว javanica หรือ tropical japonica เป็นข้าวที่มีทรงต้นสูง ลำต้นใหญ่และแข็งแรง ใบกว้างแข็ง แตกกอน้อย รวงยาว เมล็ดเหนียวไม่ร่วงหล่นง่าย เมล็ดมีรูปร่างป้อม (bold grain) ขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่นิยมปลูกในประเทศอินโดนีเซีย

ข้าวซึ่งเป็นอาหารสำคัญที่มีการผลิตมากเป็นอันดับสามของโลกและมีมูลค่าสูงสุดในตลาดโลก (Food and Agriculture Organization, 2014a) ได้รับผลกระทบจากสภาวะเครียดจากความเค็ม

โดยพบว่าในปัจจุบันพื้นที่ 6. 56 ของโลกได้รับผลกระทบจากความเค็ม และจากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินในพ. ศ. 2545 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ดินเค็มถึง 22 ล้านไร่ (เอิบ, 2550) โดยทั่วทั้งโลกมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ดินเค็มจากหลายสาเหตุทำให้พื้นที่เกษตรกรรมไม่เพียงพอในขณะเดียวกันจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นทำให้มีความต้องการด้านพืชอาหารเพิ่มมากขึ้น (Food and Agriculture Organization, 2009; United Nations, 2014) เกษตรกรจึงมีความจำเป็นต้องปลูกพืชรวมทั้งข้าวในพื้นที่ดินเค็มซึ่งการเพาะปลูกในสภาพดินเค็มทำให้ผลผลิตข้าวน้อยกว่าการปลูกในดินปกติ (Zeng *et al.*, 2001; Grattan *et al.*, 2002, Zeng *et al.*, 2003; Ali *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงต้องมีการวิจัยเพื่อพัฒนาข้าวสายพันธุ์ทนเค็มที่ให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี

ดินเค็มและปัญหาดินเค็ม

ดินเค็ม (saline soil) คือ ดินที่มีปริมาณเกลือชนิดต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ปะปนในเนื้อดินสูงจนเป็นอันตรายต่อพืช ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถดูดน้ำเข้าสู่ระบบรากได้สะดวก หรือเกิดสภาพที่เป็นพิษกับพืช ดังนั้นบริเวณที่เป็นดินเค็มจะมีลักษณะเป็นพื้นที่ว่างเปล่า ไม่มีพืชขึ้น หรือมีวัชพืชขึ้นอยู่เพียงเบาบางและในกรณีที่ดินเค็มจัด จะเห็นคราบเกลือสีขาวบนผิวดินเป็นบริเวณกว้าง (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) เกลือที่พบโดยทั่วไปในพื้นที่ดินเค็ม ได้แก่ เกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนใหญ่เป็นเกลือแกง โซเดียม (NaCl) ที่มากเกินไปมีผลเสียต่อโครงสร้างของดิน ทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย ปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญทางการเกษตร พบว่าประมาณร้อยละ 7 ของพื้นที่ทางการเกษตรได้รับผลกระทบจากความเค็มและมีแนวโน้มว่าพื้นที่ที่มีความเค็มมีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยมีทั้งหมด 21 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ดินเค็มมากที่สุดถึง 17 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

ดินเค็มคือดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำอยู่ในเนื้อดินในปริมาณมากจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเกลือส่วนใหญ่จะเป็นโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมซัลเฟตนอกจากนี้ยังประกอบด้วยเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมในปริมาณมากด้วย (Abrol *et al.*, 1988) ดินเค็มจะมี pH น้อยกว่า 8.2 มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical Conductivity, EC) มากกว่า 4 เดซิซีเมนต่อเมตรทั้งนี้สามารถแบ่งระดับดินเค็มได้ความเค็มของดินประเมินจากค่าการนำ ไฟฟ้าของสารละลายดิน (electrical conductivity; EC) ซึ่งผันแปรตามปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการนำไฟฟ้าของดินเรียกว่า conductivity meter ความต้านทานไฟฟ้า (electrical resistance; R) มีหน่วยเป็น ohm มีค่าเป็นส่วนกลับโดยตรงกับระยะทาง (L ซม.) ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดคู่ที่จุ่มอยู่ในสารละลาย

หรือสารละลายดิน และมีค่าผกผันกับพื้นที่หน้าตัด A ตร. ซม. ของสารละลายที่อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดคู่ นั้น ดังนั้น $R = rL/A$ เมื่อ r คือค่าคงที่ ที่เรียกว่า electrical resistivity ซึ่งมีหน่วยเป็น ohm-cm ค่าผกผันของ r หรือ $1/r$ ก็คือค่าการนำ ไฟฟ้า(electrical conductivity, EC) มีหน่วยเป็น mho/cm. สารละลายดินมีค่าการนำ ไฟฟ้าต่ำมาก หน่วยจึงเล็กลงเป็นมิลลิโมล/ซม. (mmol/cm) หรือเดซิซีเมน/ เมตร (dS/m) (ศุภมาศ, 2528)

ดินเค็มและปัญหาดินเค็มดินเค็มคือดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำอยู่ในเนื้อดินในปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืชโดยเกลือส่วนใหญ่จะเป็นโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมซัลเฟตนอกจากนี้ยังประกอบด้วยเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมในปริมาณมากด้วย (Abrol *et al.*, 1988) ดินเค็มจะมี pH น้อยกว่า 8. 2 มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical Conductivity, EC) มากกว่า 4 เดซิซีเมนต่อเมตร ทั้งนี้สามารถแบ่งระดับดินเค็มได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดินเค็มระดับต่าง ๆ และผลกระทบที่มีต่อพืช

ระดับดินเค็ม	ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (เดซิซีเมนต่อเมตร, ds / m)	ผลกระทบต่อพืช
ดินปกติ (Non saline)	0 - 2	ไม่มีผลกระทบต่อพืช
ดินเค็มเล็กน้อย (Slightly saline)	2 - 4	พืชที่อ่อนแอต่อความเค็มมีผลผลิตลดลง
ดินเค็มระดับกลาง (Moderately saline)	4 - 8	พืชส่วนมากมีผลผลิตลดลง
ดินเค็มระดับสูง (Strongly saline)	8 - 16	มีเพียงพืชที่ทนต่อความเค็มที่ยังมีผลผลิตปกติ
ดินเค็มระดับสูงมาก (Very strongly saline)	>16	มีเพียงพืชบางชนิดที่ทนต่อความเค็มระดับสูงมากที่ยังให้ผลผลิตปกติ

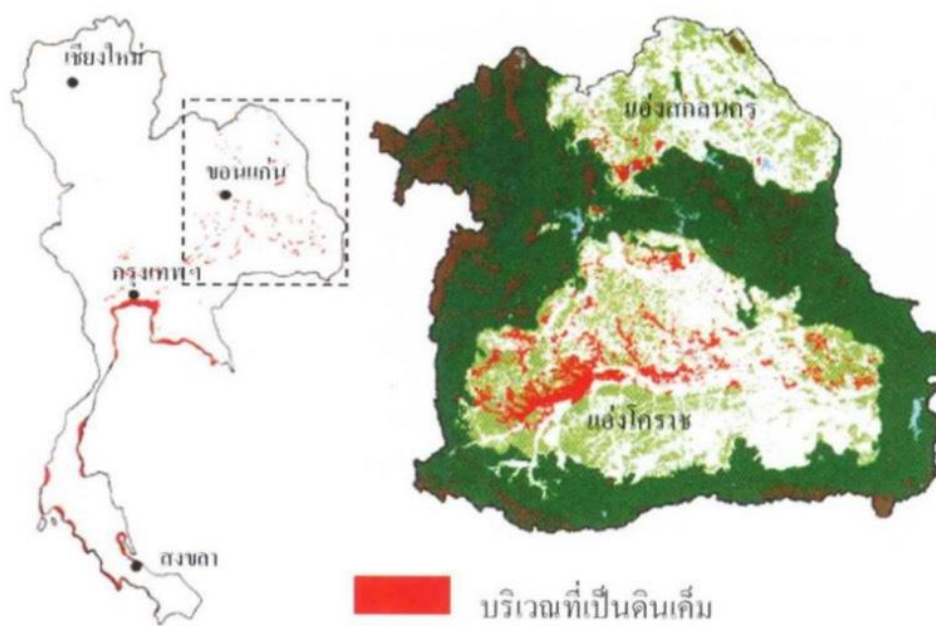
แหล่งที่มา: (Abrol *et al.*, 1988)

ดินเค็มมีสาเหตุมาจากธรรมชาติของดินและเกลือจากทะเลรวมทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์ (Verzandvoort, 2010) โดยมีสาเหตุหลัก 3 สาเหตุดังนี้ 1. น้ำผิวดินมีการระเหยทำให้เกิดการสะสมของเกลือน้ำใต้ดินขึ้นมาตามรูพรุนของดินด้วยแรง capillary ซึ่งน้ำใต้ดินมีเกลือสะสมอยู่แล้วตามปกติ น้ำใต้ดินที่ขึ้นมาบนผิวดินจะนำเกลือขึ้นมาด้วยทำให้เกลือสะสมอยู่ที่ผิวดินเพิ่มขึ้น 2. การใช้น้ำเพื่อการชลประทานในบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างแห้งแล้งน้ำที่นำมาใช้จะมีเกลือสะสมอยู่แล้วเมื่อมีการระเหยก็จะมีเกลือที่ผิวดินมากขึ้นและในสภาพที่แห้งแล้งนี้ธรรมชาติไม่มีน้ำมากพอที่จะชะล้างเกลือออกไป (เอิบ, 2550) 3. การรุกเข้ามาของน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งจากรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ระบุว่าทั่วทั้งโลกมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากเกลือในดินมากกว่า 831 ล้านเฮกแตร์คิดเป็น 6.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โลกโดยมีหลายประเทศทั่วโลกที่ได้รับผลกระทบจากภาวะดินเค็ม (ภาพที่ 1) (Verzandvoort, 2010) สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากเกลือประมาณ 19.7 ล้านไร่กระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ราบภาคกลางและบริเวณชายฝั่งโดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีดินเค็มกระจายอยู่แถบทุกจังหวัดกินเนื้อที่ประมาณ 17.8 ล้านไร่คิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ภาคซึ่งกระจายอยู่ในบริเวณแอ่งโคราชแอ่งสกลนครและที่ลุ่มต่ำตอนเหนือของภาค (ภาพที่ 2) (เอิบ, 2550)



ภาพที่ 1 ประเทศที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มแสดงโดยจุดสีแดง (●)

ที่มา: (Verzandvoort, 2010)

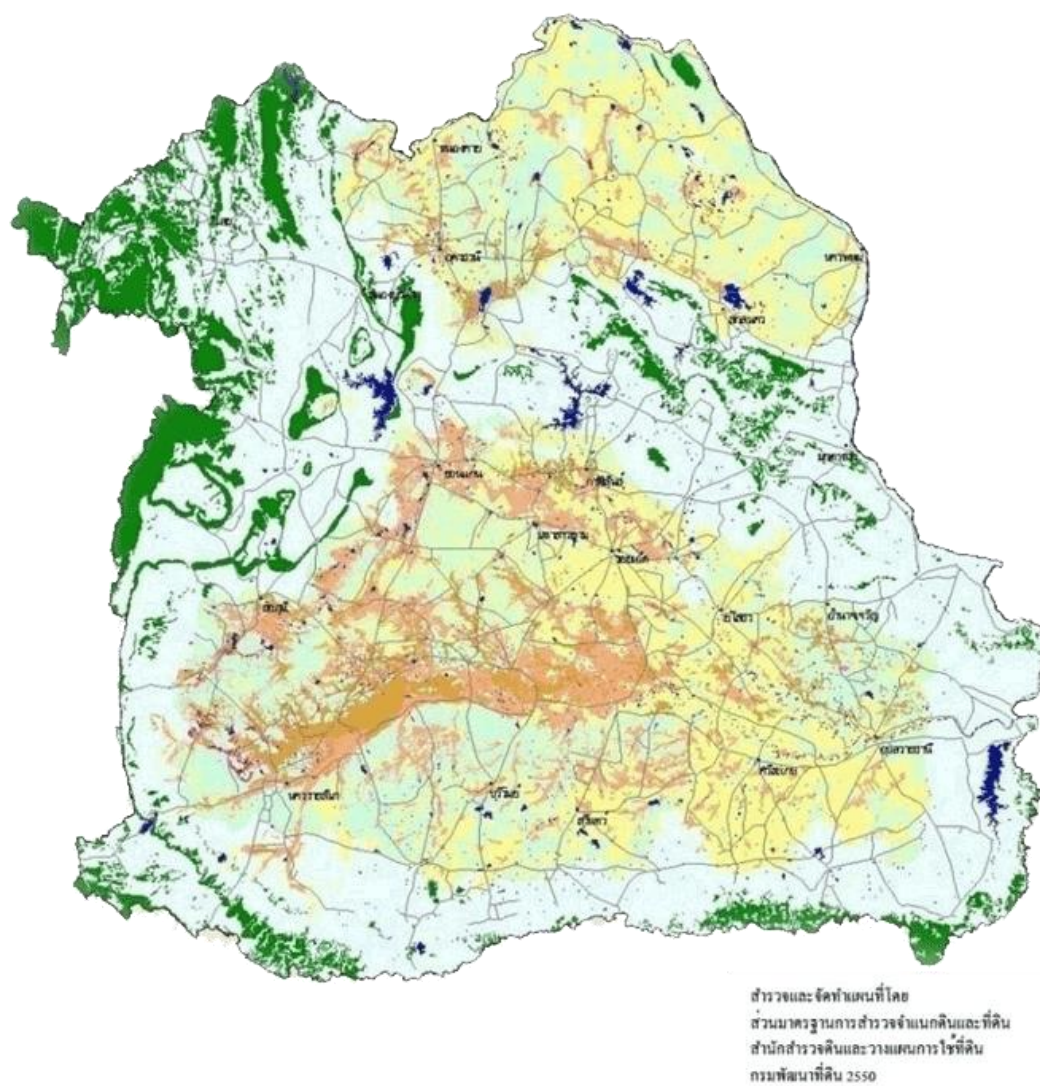


ภาพที่ 2 พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทย

ที่มา: (เอิบ, 2550)

การแพร่กระจายดินเค็ม

1. การแพร่กระจายดินเค็มที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ การที่เกลือเคลื่อนย้ายขึ้นมาบนผิวดินตามธรรมชาติ เมื่อเกิดการผุพังสลายตัวของหินดินดานหรือหินทรายที่มีเกลือ หรือการระเหยของน้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ตื้นใกล้ผิวดินและพาเกลือขึ้นมาสะสมที่ผิวดิน
2. การแพร่กระจายดินเค็มที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ ได้แก่ การตัดไม้ทำลายป่าบนเนินพื้นที่เนินรับน้ำ การทำเกลือ การใช้น้ำชลประทานที่ไม่เหมาะสม และเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น การทำลายป่าแล้วนำพื้นที่มาปลูกมันสำปะหลัง ทำให้เกิดความไม่สมดุลของระบบน้ำใต้ดินในพื้นที่นั้น น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ใกล้ผิวดิน ยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน มีคราบเกลือบนผิวดินมากขึ้น



ภาพที่ 3 การแพร่กระจายดินเค็ม

ที่มา: (กรมพัฒนาที่ดิน,2550)

ตารางแสดงการแพร่กระจายดินเค็มเมื่อพิจารณาจากคราบเกลือในจังหวัดต่างๆของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ(ไร่)

จังหวัด	ดินเค็มจัด	ดินเค็มมาก	ดินเค็มปานกลาง	ดินเค็มน้อย	รวม	พื้นที่รับน้ำที่ ทำให้เกิดการ แพร่เกลือ
นครราชสีมา	69,974	115,872	1,473,636	1,346,508	3,005,990	3,366,550
ชัยภูมิ	5,867	32,046	203,800	289,843	541,556	856,251
บุรีรัมย์	104	1,412	113,635	681,173	796,324	2,389,932
สุรินทร์	121	557	139,845	746,214	886,737	1,054,537
ขอนแก่น	2,487	26,464	265,319	1,056,535	1,350,805	1,227,943
มหาสารคาม	611	2,517	356,596	681,514	1,051,238	1,202,353
กาฬสินธุ์	342	554	157,686	42,693	301,275	319,552
อุดรธานี	4,623	10,467	281,441	278,492	575,023	2,230,675
หนองคาย	990	2,078	18,880	268,044	289,992	1,766,382
สกลนคร	6,912	1,345	55,475	378,001	437,773	1,240,941
หนองบัวลำภู	-	-	-	-	-	-
อุบลราชธานี	693	7,275	223,869	120,672	352,499	1,502,215
ศรีสะเกษ	137	232	30,345	355,371	386,058	393,912
ยโสธร	-	79	70,824	71,737	1 42,640	502,567
ร้อยเอ็ด	880	15,691	357,701	858,262	1,232,543	695,324
อำนาจเจริญ	-	1,491	66,917	11,609	80,017	454,733
นครพนม	278	158	20,463	55,221	76,120	1,346,111
มุกดาหาร	-	-	-	-	-	-
เลย	-	-	-	-	-	-
รวมพื้นที่	104,019	228,234	3,836,342	7,338,289	11,506,884	20,549,221

ตารางที่ 2 แสดงการกระจายของดินเค็มเมื่อพิจารณาจากคราบเกลือ

ที่มา: (สมศักดิ์, 2548)

ผลกระทบต่อน้ำพืชจากดินเค็ม

ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลงเนื่องจากความเครียดออสโมติก ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด และความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (Bernstein, 1964)

1. ความเครียดออสโมติก

พืชที่ขึ้นบนพื้นที่ดินเค็มจะต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) เพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ลดลง เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำและอาจถึงตายได้ เพราะน้ำจะไหลจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช พืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลรวมของเกลือทุกชนิดมากกว่าผลของชนิดของเกลือตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ

2. ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด

ความเป็นพิษเนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินไปจนเกินความต้องการ พืชแสดงอาการขอบใบไหม้ และลูกกลมเข้าเส้นกลางใบในที่สุด (FAO, 1976) ไอออนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ Na^+ , Mg^{+2} , Cl^- , CO_3^{-2} และ SO_4^{-2} (USSL, 1954) โซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Wyn Jones, 1981) และสังเคราะห์โปรตีนได้ลดลง โซเดียมที่สะสมในใบมีผลทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อตามขอบใบตาย ในสภาพอากาศร้อนและแห้งจะแสดงความเสียหายรวดเร็ว เกิดที่ใบแก่ก่อน เริ่มที่ปลายใบ ขอบใบ แล้วลามมาที่เส้นกลาง ในต้นอโวคาโด ส้ม แอปเปิล เกิดอาการเมื่อดินและน้ำมีโซเดียมเพียง 5 กรัมสมมูล/ลิตร โซเดียมมีผลทางอ้อมในแง่ที่ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช โซเดียมปริมาณมากทำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม และการทำให้โครงสร้างของดินเสีย (Hanson *et al.*, 1993) คลอไรด์ที่พืชดูดเข้าไปจะถูกสะสมใน vacuole เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้คลอไรด์ทำปฏิกิริยากับน้ำย่อยเนื่องจากคลอไรด์มีการแข่งขันกับตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น น้ำตาล จึงมีผลต่อการสะสมน้ำตาลในเซลล์สะสมอาหารคลอไรด์ทำให้โพแทสเซียมในต้นอ้อยไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้ใบอ้อยขาดโพแทสเซียม มีโพแทสเซียมไม่พอใช้สังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต (Hardter, 1992) พืชที่ไม่ทนคลอไรด์แสดงอาการเมื่อดินมีคลอไรด์เกิน 5 ถึง 10 กรัมสมมูล/ลิตร ขณะที่พืชทั่วไปจะทนได้ถึง 30 กรัมสมมูล/ลิตร (Hanson *et al.*, 1993)

1. ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร

การที่ดินมีระดับ pH สูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางตัวลดลง เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ที่ระดับ pH ระหว่าง 6-7 ฟอสเฟตอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับ pH มากกว่า 7 ธาตุอาหารพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโคบอลต์ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้น้อยการเป็นพิษและการขาดธาตุอาหารพืช (specific ion effect) จะเกิดขึ้นเมื่อในสารละลายดินมีความเข้มข้นของประจุธาตุบางชนิดมากกว่าระดับปกติ ไปขัดขวางหรือยับยั้งการดูดธาตุอาหารและขบวนการทางสรีรวิทยาบางอย่างของพืชได้ ยกตัวอย่าง เช่น โบรอน (B) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการปริมาณน้อยมาก ถ้าในสารละลายดินมีโบรอนมากกว่า 1 mg/l ก็ทำให้พืชเสียหายได้ เช่น ใบแก่ของส้ม อะโวคาโด และพลับ มีอาการปลายใบและขอบใบไหม้ พื้นที่ระหว่างเส้นใบมีสีซีด ฝ้าย อุ่น มัถรี ถั่ว มีอาการปลายใบไหม้และใบห่อตัวคล้ายถ้วย

การตอบสนองทางสรีรวิทยา

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชต่อภาวะเค็มการที่ในดินมีสารละลายเกลือละลายอยู่ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้พืชเกิดภาวะเครียดจากความเค็มซึ่งแบ่งได้เป็นภาวะเครียดที่เกิดจากไอออนเกลือที่มากเกินไปและภาวะเครียดจากการขาดน้ำเนื่องจากเกลือในดินที่มากเกินไปจะทำให้ น้ำในดินมีค่าศักย์ (water potential) ต่ำลงพืชดูดน้ำไปใช้ได้ยากขึ้นจึงเกิดภาวะการขาดน้ำของเซลล์พืช (Taiz and Zeiger, 2010, Oliveira *et al.*, 2013) ภาวะเครียดเหล่านี้ทำให้การถ่ายทอดอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์และไมโทคอนเดรียเสียสมดุลมีอิเล็กตรอนถ่ายทอดไปยังออกซิเจนมากขึ้นทำให้เกิดรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ (reactive Oxygen species, ROSs) เช่น O_2^- , H_2O_2 และ OH เพิ่มขึ้น (Vaidyanathan *et al.*, 2003) โซเดียมไอออนที่พืชได้รับมากเกินไปมีผลต่ออัตราส่วนโซเดียม-โพแทสเซียมและโซเดียมโปรตอนแอนติพอร์เตอร์ (Shabala and Cuin, 2007; Morales *et al.*, 2012) ซึ่งมีผลต่อการรักษาสมดุลไอออนในเซลล์

การเจริญเติบโตของพืชที่ได้รับภาวะเค็ม

ผลของภาวะเค็มต่อการเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระดับความเค็มที่พืชได้รับ (Munns, 2002) แบ่งการเจริญเติบโตของพืชในภาวะเค็มออกเป็น 2 ระยะระยะแรกการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการขาดน้ำเพราะการมีเกลือในดินที่สูงจะลดการดูดน้ำของพืช

เซลล์พืชจะขยายขนาดได้น้อยลงเนื่องจากการสูญเสียแรงดันเต่ง (Kateri *et al.*, 2005, Lauchli and Grattan, 2007) และเกิดการแบ่งเซลล์ได้น้อยลงทำให้ลดการเจริญเติบโตของต้นและรากระยะที่สองเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จากการสะสมไอออนของเกลือในใบซึ่งเป็นพิษต่อพืชเนื่องจากทำให้พืชเสียสมดุลไอออนส่งผลให้เกิดการแห้งตายของใบลดการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้ผลผลิตลดลงพืชในภาวะเค็มจะลดอัตราการขยายขนาดและการแบ่งเซลล์ลงซึ่งการให้แคลเซียมเพิ่มเติมแก่พืชที่ได้รับภาวะเค็มจะสามารถช่วยรักษาอัตราการขยายขนาดและอัตราการแบ่งเซลล์ไว้ได้ทั้งนี้แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มซึ่งจะมีการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้น้อยลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโซเดียมในภาวะเค็ม (Lauchli and Grattan, 2007)

พืชโดยส่วนมากจะอ่อนแอต่อความเค็มอย่างมากในระยะต้นกล้าและในระยะแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบพืชบางชนิดอ่อนแอต่อความเค็มมากในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและในช่วงแรกของระยะสืบพันธุ์มีความอ่อนแอเล็กน้อยในระยะออกดอกและมีความอ่อนแอน้อยที่สุดในระยะให้เมล็ด (Hasanuzzaman *et al.*, 2013) ต้นกล้าข้าวจะมีน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งทั้งในส่วนต้นและรากลดลงน้อยกว่าปกติเมื่อได้รับภาวะเค็มรวมทั้งมีความยาวต้นและความยาวรากที่น้อยลงด้วย (Cha-um *et al.*, 2009, Amirijani, 2010, Abbas *et al.*, 2013) นอกจากนี้มีรายงานพบว่าภาวะเค็มทำให้ดอกเป็นหมันเพิ่มขึ้นและละอองเรณูมีความมีชีวิตน้อยลง (Khatun and Flowers, 1995) รวมทั้งมีผลผลิตลดลง (Zeng *et al.*, 2001; Grattan *et al.*, 2002) Zeng *et al.*, 2003; Ali *et al.*, 2004; Hasanuzzaman *et al.*, 2013)

ปริมาณรงควัตถุในพืชที่ได้รับภาวะเค็ม

ปริมาณรงควัตถุในพืชเป็นค่าที่สามารถใช้วัดผลกระทบของความเค็มที่มีต่อพืชได้เนื่องจากเมื่อพืชได้รับภาวะเค็มแล้วไม่สามารถทนต่อภาวะเค็มได้จะมีการลดลงของปริมาณรงควัตถุทั้งคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a) คลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และจะเห็นภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorosis) เริ่มเกิดขึ้นจากใบแก่ในพืชที่ได้รับภาวะเค็ม (Ali *et al.*, 2004; Cha-um *et al.*, 2009 and Brix, 2009) ซึ่งเป็นผลทั้งจากการยับยั้งการสร้างรงควัตถุเหล่านี้และความเสียหายของระบบรับแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสง ในพืชที่ได้รับภาวะเค็มจะมีการ

สลายของคลอโรฟิลล์เอนามากกว่าคลอโรฟิลล์พีทำให้อัตราส่วนคลอโรฟิลล์เอให้แมกนีเซียมและแคลเซียมเพิ่มแก่พืชที่ได้รับภาวะเค็มสามารถทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นมากกว่าพืชที่ปลูกในภาวะเต็มโดยไม่ได้รับแมกนีเซียมและแคลเซียมเพิ่มเติมเนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เป็นแกนหลักในโมเลกุลคลอโรฟิลล์ส่วนแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่จะช่วยรักษาสภาพเยื่อหุ้มในพืช (Yildirim *et al.*, 2009) นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในพืชเนื่องจากไนโตรเจนในต้นพืชส่วนใหญ่อยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์มีบทบาทสำคัญในการรับแสงและการปกป้องระบบแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงแคโรทีนอยด์มีบทบาทในการต้านการเกิดออกซิเดชันโดยจะกำจัด singlet Oxygen เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดจากออกซิเดชันและทำให้ triplet chlorophyll และ excited chlorophyll กลับมาอยู่ในสถานะพื้นเพื่อปกป้องระบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแคโรทีนอยด์ยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการตอบสนองต่อภาวะเครียดแคโรทีนอยด์มีความสามารถในการป้องกันการเกิด triplet chlorophyll ได้เนื่องจากแคโรทีนอยด์มีสายของโมเลกุลไอโซพรีนซึ่งมีพันธะเดี่ยวสลับคู่เป็นสายยาวทำให้ง่ายต่อการรับพลังงานจากโมเลกุลที่อยู่ในสถานะกระตุ้นและสามารถสลายพลังงานที่มากเกินไปได้ (Sharma *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตามมักพบว่าพืชที่ได้รับภาวะเค็มจะมีการลดลงของแคโรทีนอยด์ (Cha-um *et al.*, 2009, Jampeetong and Brix, 2009) การสลายของแคโรทีนอยด์ในภาวะเครียดจากความเค็มจะนำไปสู่การสลายของเบต้า-แคโรทีนและการสร้างซีแซนทิน (zeaxanthin) ซึ่งจะช่วยปกป้องระบบแสงในพืชจากการยับยั้งด้วยแสง (photoinhibition) การลดลงของอัตราส่วนคลอโรฟิลล์เอ/แคโรทีนอยด์ในภาวะเครียดจากความเค็มแสดงให้เห็นว่าระบบแสงเกิดความเสียหาย

กลไกการทนเค็มของพืช

กลไกการทนเค็มของพืช คือ ความสามารถของพืชที่ปรับตัวต่อความเค็ม เพื่อให้อยู่รอดและเจริญเติบโตอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีความเค็มสูงได้ การตอบสนองของพืชบางชนิดเพื่อแก้ปัญหาเนื่องจากผลของไอออนที่มีมากจนเกิดความเป็นพิษ ได้แก่ ไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ และผลของแรงดันออสโมติกที่สูง และนำไปสะสมไว้ในใบเพื่อปรับแรงดันออสโมติกให้มีค่าชดเชยต่ำกว่าในดิน ทำให้พืชสามารถดูดน้ำจากสารละลายดินเข้าสู่รากได้ สิ่งสำคัญสำหรับการปรับแรงดันออสโมติกคือการสะสมเกลือในแวคิวโอลของเซลล์ใบ เพื่อทำให้ความเข้มข้นของเกลือหรือไอออนต่ำในไซโตพลาสซึม จึงไม่เกิดความเป็นพิษของไอออน พืชที่พบการสะสมไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ มากในแวคิวโอลของเซลล์พืชจะตรวจพบว่ามียาไอออนของโซเดียมสูงในใบแต่ใบยังคงความปกติไว้ (อรุณี, 2546; Munns and Tester, 2008)

Standard Evaluation System for Rice (SES)

มาตรฐานระบบการประเมินผลสำหรับข้าว (SES) ระบุพันธุ์ข้าวที่มีแนวโน้มที่มีลักษณะที่เป็นประโยชน์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ที่มีศักยภาพทางพันธุกรรมของวัสดุเพาะพันธุ์ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาโดยการปรับปรุงพันธุ์ธรรมดาหรือพันธุ์วิศวกรรม ได้รับการประเมินตามการแสดงออกทางฟีโนไทป์ในสภาพแวดล้อมที่เป้าหมายกับความเครียดที่น่าสนใจ ดังนั้นวิธีการประเมินความถูกต้องและแม่นยำ อย่างรวดเร็วและในทางปฏิบัติควรจะนำไปใช้ประโยชน์ ระบบการประเมินผลมาตรฐานข้าว จะช่วยให้ในการประเมินผลลักษณะของข้าว คู่มือนี้มีสองฟังก์ชันหลัก อันดับแรกคือการเก็บรวบรวมข้อมูลการประมวผลและการวิเคราะห์การทดลองหลายสภาพแวดล้อม (METs) แม้ว่าความซับซ้อนของขนาดและวิธีการของการกำหนดขนาดแตกต่างกันระหว่างตัวลักษณะข้าว SES ยังคงเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการประเมินผลของการเพาะพันธุ์ (IRRI, 1997) (ตารางที่ 2) อันดับสองคือการส่งเสริมสหวิทยาการเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าว การหาขนาดและการปรับปรุงวิธีการที่ดีขึ้นและการประเมินวิธีการและการแปลผลต้องใช้ความร่วมมือของนักวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (IRRI, 2002)

ตารางที่ 3 Standard evaluation system for rice (SES) of visual salt injury at seedling stage.

Score	Score	Tolerant level
1	Normal growth, no left symptoms	Highly tolerant
3	Nearly normal growth, leaf tips or few leaves whitish and rolled	Tolerant
5	Growth severely retarded; most leaves rolled; only a few are elongating	Moderately tolerant
7	Complete cessation of growth most leaves dry; some plants dying	Susceptible
9	Almost all plants dead or dying	Highly susceptible

ที่มา: (Gregorio *et al.*, (1997)

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการทนทานต่อสภาวะเครียดเค็มด้วยสาตาในระยะต้นกล้า

คะแนน1 หมายถึง ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตปกติระดับความทนเค็มคือทนเค็มมาก

คะแนน 3 หมายถึง ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตเกือบปกติโดยมีปลายใบขาวซีดและ ม้วนเล็กน้อยระดับความทนเค็มคือทนเค็ม

คะแนน 5 หมายถึง ต้นข้าวถูกยับยั้งการเจริญเติบโตอย่างรุนแรงใบส่วนใหญ่ม้วน และมีใบเพียงเล็กน้อยที่มีการบิดตัวระดับความทนเค็มคือทนเค็มปานกลาง

คะแนน 7 หมายถึง ต้นข้าวการเจริญเติบโตของต้นข้าวหยุดชะงักอย่างสมบูรณ์ใบ ส่วนใหญ่แห้งบางส่วนเริ่มตายระดับความทนเค็มคืออ่อนแอ

คะแนน 9 หมายถึง ต้นข้าวแสดงอาการใบแห้งตายเกือบหมดระดับความทนเค็มคือ อ่อนแอมาก

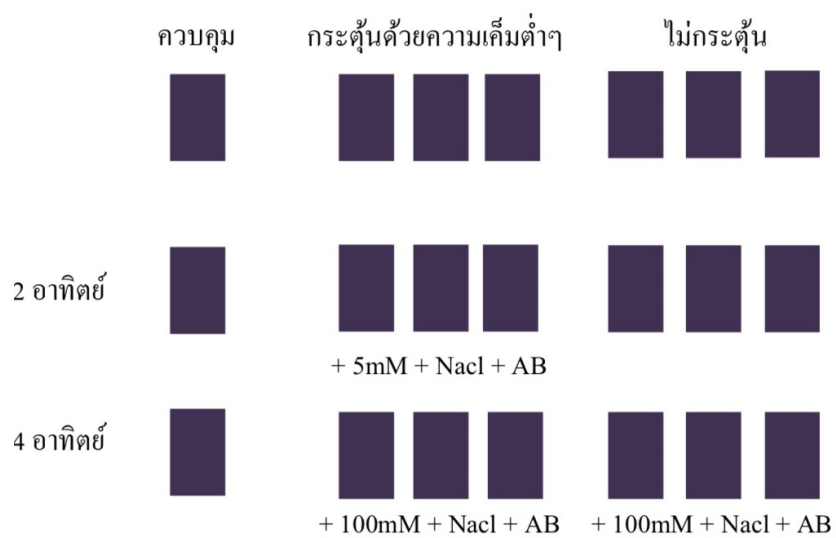
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ปากคีบ
2. เครื่องซั่งอิเล็กทรอนิกส์
3. เกลือแกง
4. กระบะปลูกข้าว
5. ถาดหลุมเพาะข้าวขนาด 20 หลุม
6. เมล็ดข้าว 17 พันธุ์ได้แก่ PTT1, KDML105, Pokkali, IR64, CH1, SPR1, RD43, RD23, RD1, RD41, SPR60, CH2, CNT1, SKN1, RD6 , JHN และ RD49
7. กระบอทดวง
8. ป้ายแท็ก
9. สารละลายธาตุอาหาร ชนิด A และ B

วิธีการ

1. เตรียมดิน สำหรับใช้เพาะข้าว ทั้ง 7 กระบะและทำการเติมน้ำในกระบะเพาะให้ดินชุ่มชื้นหลังจากนั้น
หนึ่งคืนให้ทำการเทน้ำทิ้ง
2. การเตรียมพืชทดสอบ คัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 17 พันธุ์ ที่ใช้ในการทดสอบ หลังจากนั้น นำเมล็ดแช่
น้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเทน้ำทิ้ง รอประมาณ 2-3 วันหลังจากรากงอกออกจากเมล็ดเล็กน้อย ให้
ทำการเพาะเมล็ด ลงในกระบะเพาะ พันธุ์ละ 10 หลุม หลุมละ 2 เมล็ดทั้งหมด 17 พันธุ์ ทั้งหมด 7 กระบะ
โดยมี 1 กระบะเป็นกระบะควบคุม (ภาพที่5) หลังจากนั้นคอยตรวจเช็คเมล็ดที่ทำการเพาะ หากเกิดความ
เสียหายให้ทำการแก้ไขทันที
3. เมื่อข้าวอายุ 2 สัปดาห์ กระตุ้นข้าวด้วยความเค็มต่ำ ๆ ใส่สารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 5 mM
(Pretreatment) และ สารละลายธาตุอาหารชนิด A และ B ลงในกระบะที่กระตุ้นด้วยความเค็มเปลี่ยน
สารละลายเกลือทุก ๆ 3 วัน หรือในกรณีที่ฝนตกให้ทำการเปลี่ยนทันที
4. เมื่อข้าวอายุ 4 สัปดาห์ ใส่สารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 100 mM (Non-pretreatment) และ
สารละลายธาตุอาหารชนิด A และ B ลงในกระบะที่กระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยความเค็มเปลี่ยน
สารละลายเกลือทุก 3 วันหรือในกรณีที่ฝนตกให้ทำการเปลี่ยนทันที
5. การประเมินความทนเค็มของข้าว ใช้แผนการทดลอง Factorial Designs in CRD แฟกเตอร์หนึ่ง คือ
พันธุ์ข้าว 17 พันธุ์ และแฟกเตอร์สอง คือ กระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ และไม่กระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ
จำนวน 10 ซ้ำ
6. บันทึกผลโดยใช้การประเมินผลจากตาราง Standard evaluation system for rice (SES) of visual
salt injury at seedling stage. (Gregorio *et al.* 1997.) (ตารางที่2)



ภาพที่ 4 การประเมินความทนเค็มของข้าว

สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

1. สถานที่ทำการทำวิจัย

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีว ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะเวลาทำวิจัย

กรกฎาคม 2562 – กันยายน 2562

ผลและวิจารณ์

จากการกระตุ้นข้าวด้วยความเค็มต่ำ ๆ สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 mM เมื่อข้าวอายุ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และใส่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 mM เมื่อข้าวอายุ 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ในกระบะที่ทำการกระตุ้น พบว่าข้าวพันธุ์เปรียบเทียบกับ Pokkali มีระดับคะแนนจากการประเมินผลกระทบจากความเค็มมีระดับคะแนนคือ 3 (ทนเค็ม) และข้าวพันธุ์ IR64, SPR1, RD43, RD41, SPR60, CNT1, RD49 อ่อนแอต่อความเค็ม โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 7 (ตารางที่ 3) และจากกระบะที่ไม่ทำการกระตุ้นโดยเมื่อข้าวมีอายุ 4 สัปดาห์ ทดสอบด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 mM พบว่า ในข้าวพันธุ์เปรียบเทียบกับ Pokkali ระดับคะแนนคือ 3 (ทนเค็ม) และพบว่าข้าวพันธุ์ PTT1, KDML105, IR64, CH1, SPR1, RD43, RD23, RD15, RD41, SPR60, CH2, CNT1, SKN1, RD6, JHN และ RD49 มีความสามารถในการทนเค็มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกระบะที่กระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ สารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM โดยมีระดับคะแนนลดลงจาก 7 (อ่อนแอ) เป็น 9 (อ่อนแอมาก) (ตารางที่ 4) ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองและเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ทนเค็ม กล่าวว่า ข้าวพันธุ์ KDML105 เป็นข้าวพันธุ์ที่มีความทนเค็มปานกลาง (สมศรีและคณะ, 2524) ซึ่งไม่น่ามีระดับความทนเค็มถึงระดับที่อ่อนแอ ซึ่งผลการทดลองที่แตกต่างนี้อาจเกิดขึ้นจาก ปัจจัยภายนอกที่นอกเหนือจากการควบคุม เช่น อุณหภูมิ แสง ศัตรูพืช ทำให้ผลที่ได้เกิดความแตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ที่อ่อนแอจะแสดงอาการผิดปกติโดยมีลักษณะการเจริญเติบโตลดลง ใบโดยมากเปลี่ยนสีเหลือง หรือมีสีขาว มีการยืดยาวเพียงเล็กน้อย มีใบเพียงเล็กน้อยที่บิดตัว มีระดับคะแนนเท่ากับ 5 และในพันธุ์ที่อ่อนแอพืชจะแสดงอาการหยุดการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ ใบส่วนใหญ่แห้ง ข้าวบางต้นแห้งตาย มีระดับคะแนนเท่ากับ และในพันธุ์ที่อ่อนแอมาก ต้นข้าวจะแสดงอาการแห้งตายเกือบหมด ระดับคะแนนคือ 9 (อ่อนแอมาก) ส่วนในพันธุ์ Pokkali ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบกับต้นข้าวจะมีการเจริญเติบโตปกติ โดยมีปลายม้วนงอเล็กน้อย โดยปกติข้าวพันธุ์ที่ sensitive ต่อความเค็มจะแสดงอาการปลายใบไหม้ม้วนงอและบางต้นก็ตายไปข้าวพันธุ์ที่ทนเค็มได้ดีกว่าก็จะมีอาการที่ได้รับอิทธิพลจากความเค็มน้อยลงเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้นจะทนต่อความเค็มได้ดีขึ้น (Pearson, 1965) ระดับคะแนนคือ 3 (ทนเค็ม) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีข้าว 7 พันธุ์ที่มีความทนเค็มมากขึ้นจากการกระตุ้น คือ IR64, SPR1, RD43, RD41, SPR60, CNT1, RD49 จากกระบะที่ทำการกระตุ้น มีระดับความทนเค็มคือ 7 (อ่อนแอ) และในกระบะที่ไม่ทำการกระตุ้น มี

ระดับความทนเค็มคือ 9 (อ่อนแอมาก) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทนเค็มมาตรฐานพันธุ์ Pokkali มีความทนเค็มและต้นสูง(Flowers and Yeo, 1981)ที่มีระดับความทนเค็มคือ 3 (ทนเค็ม) ส่วนการที่ข้าวได้รับสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 mM ทันทีที่อายุ 4 สัปดาห์ ไม่พบพันธุ์ที่ทนเค็มเมื่อเทียบกับพันธุ์ทนเค็มมาตรฐาน Pokkali เช่นเดียวกับผลการทดลองการเปรียบเทียบข้าวพันธุ์ทนเค็ม กล่าวว่า ข้าวพันธุ์ Pokkali แสดงระดับความทนเค็มได้ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ภายใต้สภาพความเค็ม(ศักดิ์ดาและคณะ, 2530)และพบว่าข้าวที่ทำการกระตุ้นด้วยความเค็มต่ำ ๆ สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 mM เป็นเวลา 2 อาทิตย์ ก่อนที่จะใส่สารละลายเกลือความเข้มข้น 100 mM ในสัปดาห์ที่ 4 ทำให้ข้าวมีกลไกกระตุ้นให้รับรู้ถึงความเครียดจากเกลือที่เจอจากก่อนในระยะแรกทำให้มีการปรับตัวให้ทนต่อความเค็มได้ในระดับหนึ่ง หลังจากนั้นเมื่อมีการกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นสูง ข้าวเมื่อเจอภาวะเครียดกระตุ้นมาแล้วจึงมีกลไกทำให้ทนเค็มได้มากขึ้น พบความทนเค็มแบบนี้ได้ในข้าว 7 พันธุ์ที่มีความทนเค็มมากขึ้นจากการกระตุ้น คือ IR64, SPR1, RD43, RD41, SPR60, CNT1, RD49 จากกระบะที่ทำการกระตุ้น มีระดับความทนเค็มคือ 7 (อ่อนแอ) และในกระบะที่ไม่ทำการกระตุ้น มีระดับความทนเค็มคือ 9 (อ่อนแอมาก) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวมีการปรับตัวได้ดียิ่งขึ้น ถึงแม้จะไม่ใช้ข้าวพันธุ์ทนเค็ม

ตารางที่ 4 ระดับคะแนน และระดับความทนเค็มที่ทำพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM โดยการประเมิน Standard evaluation system for rice (SES) of visual salt injury at seedling stage.

พันธุ์	ระดับคะแนน	ระดับความทนเค็ม
PTT1	9	Highly susceptible
KDML105	9	Highly susceptible
Pokkail	3	Tolerant
IR64	7	Susceptible
CH1	9	Highly susceptible
SPR1	7	Susceptible
RD43	7	Susceptible
RD23	9	Highly susceptible
RD15	9	Highly susceptible
RD41	7	Susceptible
SPR60	7	Susceptible
CH2	9	Highly susceptible
CNT1	7	Susceptible
SKN1	9	Highly susceptible
RD6	9	Highly susceptible
JHN	9	Highly susceptible
RD49	7	Susceptible

ตารางที่ 5 ระดับคะแนน และระดับความทนเค็มที่ไม่ทำพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM โดยการประเมิน Standard evaluation system for rice (SES) of visual salt injury at seedling stage.

พันธุ์	ระดับคะแนน	ระดับความทนเค็ม
PTT1	9	Highly susceptible
KDML105	9	Highly susceptible
Pokkail	3	Tolerant
IR64	9	Highly susceptible
CH1	9	Highly susceptible
SPR1	9	Highly susceptible
RD43	9	Highly susceptible
RD23	9	Highly susceptible
RD15	9	Highly susceptible
RD41	9	Highly susceptible
SPR60	9	Highly susceptible
CH2	9	Highly susceptible
CNT1	9	Highly susceptible
SKN1	9	Highly susceptible
RD6	9	Highly susceptible
JHN	9	Highly susceptible
RD49	9	Highly susceptible

สรุปผล

ข้าวที่กระตุ้นด้วยความเค็ม (Pretreatment) พบว่ามีข้าว 7 พันธุ์ที่มีความทนเค็มมากขึ้น จาก การกระตุ้น ได้แก่ IR64, SPR1, RD43, RD41, SPR60, CNT1, RD49 โดยมี ระดับความทนเค็ม คือ 7 (อ่อนแอ)

ข้าวที่ไม่ได้กระตุ้นด้วยความเค็ม (Non-pretreatment) พบว่า ข้าวทุกพันธุ์ อ่อนแอต่อความเค็ม โดยมีระดับความทนเค็ม คือ 9 (อ่อนแอมาก) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทนเค็มมาตรฐานพันธุ์ Pokkali ที่มีระดับความทนเค็มคือ 3 (ทนเค็ม)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรป้องกันและระมัดระวังสัตว์มากินเมล็ดพันธุ์ขณะทำการเพาะต้นกล้า
2. ควรควบคุมสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลองให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร, 2544. การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวและการวิจัยและการพัฒนาการผลิตข้าวลูกผสม. น. 32-35. ในรายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการวันที่ 27-29 กรกฎาคม 2544. บุรีรัมย์: กรมวิชาการเกษตร.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. ดินเค็มและปัญหาดินเค็ม. แหล่งที่มา
file:///C:/Users/Acer/Downloads/Documents/doc2.pdf, 25 มกราคม 2563
- ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2528. ศัพท์วิชาการชาวบ้านในหนังสือ 20 ปีปฏิวัติวิทยาโรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม. 321 หน้า
- ศักดิ์ดา ศิริภัทรโสภณ, ชัยฤกษ์ มณีพงษ์, ดวงพร วรสุนทรโสภณและสมศรี อรุณินท์. 2530. อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดในข้าว. น. 22-37. ในรายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 25 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมศรีอรุณินท์, พรณิรุ่งแสงจันทร์, วรณลดาสุนันทพงศ์ศักดิ์, อรุณียูวะนิยม, เกรียงศักดิ์หงษ์โต, ชัยนามดิ สถาพรและอนงค์ สุทธาวาส. 2524. การศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวทนเค็ม. น. 357-373. ใน รายงานวิชาการประจำปีพ. ศ. 2524. กองบริหารที่ดินกรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- สมศักดิ์ สุขจันทร์. 2548. ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : การสำรวจและทำแผนที่จากคราบเกลือ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 04/03/48 ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน สำนักสำรวจดิน และวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 114 หน้า.
- อรุณี ยูวะนิยม. 2546. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดินกรมพัฒนาที่ดิน 101 หน้า
- เอิบ เขียววีร์นรมณ์. 2550. พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abrol, I. P., Yadav, J. S. P. and Massoud, F. I. 1988. Salt-affected soils and their management. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M. Y. and Tahir, G. R. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. **International Journal of Environmental Science and Technology** 1: 221-225.
- Bernstein, L. 1964. Effect of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant Anal. Fert. Probl.** 42 : 25-45.
- Cha-um, S., Kirdmanee, C. and Supaibulwatanab, K. 2004. Biochemical and physiological responses of Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica* Cv. KDML105) to salt stress. **Science Asia** 30: 247-253.
- Cha-um, S., Trakulyingcharoen, T., Smitamana, P. and Kirdmanee, C. 2009. Salt tolerance in two rice cultivars differing salt tolerant abilities in responses to iso-osmotic stress. **Australian Journal of Crop Science** 3: 221-230.
- FAO. 1976. การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช. แหล่งที่มา <http://www.ddd.go.th>, 19 สิงหาคม 2562
- FAO. 1976. **Water Quality for Agriculture**. Irrigation and Drainage paper No.27.
- FAO STAT. 2006. ข้าว. แหล่งที่มา <http://www.fao.org/3/x6905e/x6905e04.htm>, 21 เมษายน 2563
- Food and Agriculture Organization. 2009. **High level expert forum - How to feed the world In 2050**. Available from http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf, 2015 February 11
- Food and Agriculture Organization. 2014a. **Food and agricultural commodities production**. Available from: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, 2015 May 20

Gregorio, G.B., Senadhira, D. and Mendoza, R.D. (1997). **Screening rice for salinity tolerance**, IRRI Discussion Paper Series no. 22. International Rice Research Institute LosBanos, Laguna, Philippines.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In Ahmad, P., Azooz, M. M. and Prasad, M. N. V. (eds.), **Ecophysiology and responses of plants under salt stress**, pp. 25-87. New York: Springer- Verlag

IRRI. 2002. **Standard evaluation system for rice**. แหล่งที่มา <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/rice-standard-evaluation-system.pdf>, 19 สิงหาคม 2562

IRRI. 2002. **Growth phases of rice**. แหล่งที่มา [http://ricepedia.org/plant/growth phases](http://ricepedia.org/plant/growth%20phases), 19 สิงหาคม 2562

Jampeetong, A. and Brix, H. 2009. Effects of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvinia natans*. **Aquatic Botany** 91: 181–186.

Khatun, S. and Flowers, T. J. 1995. Effects of salinity on seed set in rice. **Plant Cell and Environment** 18: 61-67.

Katerji, N., van Hoorn, J. W., Mastrorilli, M. and Hamdy, A. 2005. Crop sensitivity to salinity. In Hamdy, A., El Gamal, F., Lamaddalena, N., Bogliotti, C. and Guelloubi, R. (eds.). **Non-conventional Water Use: WASAMED Project**, pp. 43-51. Cairo, Egypt.

Läuchli, A. and Grattan, S. R. 2007. Plant growth and development under salinity stress. In Jenks, M. A., Hasegawa, P. M. and Jain, S. M. (eds.), **Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops**, pp. 1-32. Netherlands: Springer.

- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment** 25: 239-250.
- Morales, S. G., Trejo-Téllez, L. I., Merino, F. C. G., Caldana, C., Espinosa-Victoria, D. and Cabrera, B. E. H. 2012. Growth, photosynthetic activity, and potassium and sodium concentration in rice plants under salt stress. **Acta Scientiarum** 34: 317-324.
- Pearson, G. A., A. D. Ayers and D. L. Eberhard. 1965. **Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development**. Soil Sci. 102 (3): 151-156.
- Szablocs. 1994. ปัญหาดินเค็มทางการเกษตร. แหล่งที่มา <http://www.ddd.go.th>, 19 สิงหาคม 2562
- Shabala, S. and Cuin, T. A. 2007. Potassium transport and plant salt tolerance. **Physiologia Plantarum** 133: 651-669.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. and Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany** 2012: 1-26.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2010. **Plant physiology**. 5th ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Verzandvoort, S. 2010. **Tackling salinization of soils in arid and semi-arid regions**. [Online]. Available from: http://desire-project.eu/index3d3b.html?option=com_content&task=view&id=180&Itemid=1, 2015 January 10
- Yildirim, E., Karlıdag, H. and Turan, M. 2009. Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply. **Plant Soil and Environment** 55: 213- 221.
- Zeng, L., Lesch, S. M. and Grieve, C. M. 2003. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. **Agricultural Water Management**. 59: 67-75.

Zeng, L., Shannon, M. C. and Lesch, S. M. 2001. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. **Agricultural Water Management**. 48: 191- 206.

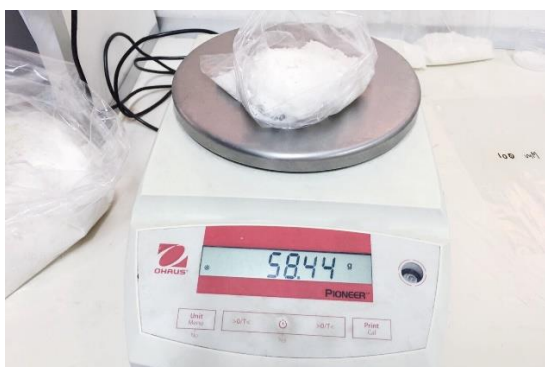
ภาคผนวก



ภาพที่ 1 เมล็ดข้าว 17พันธุ์



ภาพที่ 2 เกลือสำหรับเตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 5 mM



ภาพที่ 3 เกลือสำหรับเตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 mM



ภาพที่ 4 สารละลายธาตุอาหารชนิด A และ B



ภาพที่ 5 การเตรียมดินในกระบะเพาะข้าวสำหรับย้ายปลูกข้าวทดสอบ



ภาพที่ 6 การเพาะเมล็ดข้าว



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 7 การเตรียมกระถันข้าวด้วยความเค็มต่ำๆ สารละลายเกลือความเข้มข้น 5 Mm



(A)



(B)

ภาพที่ 8 การเตรียมสารละลายเกลือความเข้มข้น 100 Mm เพื่อเพิ่มสภาพเครียดเค็มเมื่อข้าวอายุ 4 สัปดาห์



(A)



(B)

ภาพที่ 9 การประเมินข้าวหลังจากได้รับสภาพเครียดเค็ม

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวนีนุช อิ่มเอิบ
วัน เดือน ปี เกิด	12 สิงหาคม 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-