ศักยภาพการทนเค็มของไม้ยืนต้นบางชนิด

Potential for Salinity Tolerance of some Perennial Plants

สุพัตรา สารแสน[1], สกุลกานต์ สิมลา[2]*, สุรศักดิ์ บุญแต่ง[2], เบ็ญจพร กุลนิตย์[2]
Suputtra Sarasaen[1], Sakunkan Simla[2], Surasak Boontang[2], Benjaporn Kunlanit[2]
Received: 19 May 2017; Accepted: 22 August 2017

บทคัดย่อ

การปลูกพืชทนเค็ม หรือพืชชอบเกลือ เป็นวิธีการแก้ไขฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชได้ จึงมีการศึกษาหาชนิดของพืชที่สามารถปลูกในพื้นที่ดินเค็ม และหาระดับของความเค็มที่พืชชนิดนั้นๆ ทนได้ ผลจากการศึกษาในไม้ยืนต้น 9 ชนิด ได้แก่ มะนาวโห่ องุ่น ทับทิม หม่อน พุทรา มะขาม ฝรั่ง สบู่ดำ และยูคาลิปตัส พบว่าสามารถแบ่งศักยภาพการทนเค็มได้ 4 ระดับ คือ พืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มน้อย ได้แก่ ฝรั่ง และหม่อน พืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มปานกลาง ได้แก่ ทับทิม พุทรา และมะขาม พืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มมาก ได้แก่ มะนาวโห่ สบู่ดำ และยูคาลิปตัส และพืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มจัด ได้แก่ องุ่น ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวนี้สามารถใช้เป็นทางเลือกที่ทำให้เกษตรกรทราบชนิดของพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่เกษตรกรมีอยู่ และนำไปสู่การตัดสินใจเลือกชนิดพืชที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเค็มได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: ดินเค็ม น้ำทะเล พืชทนเค็ม พืชชอบเกลือ พืชดินกร่อย

Abstract

Growing salt-tolerant or salt-preference crops is a good way to rehabilitation saline soils in crop production. We studied the types of plants that can be grown in saline soils and investigated the level of salinity that the plant could tolerate. Results from the studies of nine perennial tree species comprising karandas, grape, pomegranate, mulberry, jujube, tamarind, guava, physic nut and eucalyptus indicated that the salinity tolerance of the nine species could be divided into 4 levels of salinity. First, low salt tolerant plants; guava and mulberry. Second, moderate salt tolerant plants; pomegranate, jujube and tamarind. Third, high salt tolerant plants; karandas, physic nut and eucalyptus. Fourth, extreme salt tolerant plants; grape. The results of this study can be used as an alternative way for farmers to know the type of plant suitable for their area and assist the decision to choose the proper type of plant to be grown in a saline area.

Keywords: saline soil, salt water, salt tolerance, halophyte, glycophytes

[1] นิสิตระดับปริญญาโท, [2]อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1] Master Degree Student, [2]Lecturer of Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150

** Corresponding author: Sakunkan Simla, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150 E-mail: sakunkans@gmail.com, sakunkan.s@msu.ac.th*

บทนำ

ดินเค็มเป็นดินที่มีปริมาณเกลือสูง เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แห้งแล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทั้งในเขตชลประทานและเขตอาศัยน้ำฝน[1] โครงการสิ่งแวดล้อมของสหประชาชาติระบุว่า พื้นที่ดินเค็มมีประมาณ 20% ของพื้นที่ทางการเกษตร และประมาณ 50% ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วโลก[2] ดินเค็มในประเทศไทยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และพื้นที่ชายทะเล มีพื้นที่ประมาณ 21.7 ล้านไร่[3] ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มมากที่สุด ประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งภาค คือ 17.8 ล้านไร่ และพื้นที่มีศักยภาพในการแพร่เกลืออีก 19.4 ล้านไร่[4] และยิ่งไปกว่านั้นพื้นที่ดินเค็มมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี[2] ในทางกายภาพแล้วพื้นที่ดินเค็มมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีการสูญเสียอินทรียวัตถุสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อพืช ผลกระทบของดินเค็มที่มีต่อพืชมี 2 ประการ คือ 1) ความเค็มของดิน มีผลต่อการดูดน้ำของพืช โดยต้องเพิ่มแรงดึงดูดจากความเข้มข้นที่ต่างกัน (Osmotic pressure) ของสารละลายดิน ทำให้พืชแสดงอาการขาดน้ำ การเจริญเติบโตของพืชลดลง หรืออาจตายไป และ 2) เกิดมีธาตุบางชนิดในดินเค็มที่เป็นพิษแก่พืชโดยตรง หรือทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เนื่องจากมีโซเดียม (Na) โบรอน (B) คลอไรด์ (Cl) หรือคาร์บอเนต (CO_3) มากเกินไป ผลกระทบทางอ้อมกับพืช คือ เกลือเข้าทำลายโครงสร้างของดิน ทำให้การซึมของน้ำในดินช้าลง คุณสมบัติทางกายภาพของดินเลวลง และยังทำให้คุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป[5] จะเห็นได้ว่าปัญหาดินเค็มมีผลกระทบต่อการเกษตร ทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพของพืชลดลง และพืชที่ไม่สามารถปรับตัวได้อาจต้องตายในที่สุด

การแก้ไขฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ ด้วยวิธีการลดระดับความเค็มดินลงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยวิธีการต่างๆ นั้น ต้องลงทุนสูงและใช้เวลานาน[(6)] แต่ยังมีอีกทางเลือกที่เกษตรกรที่มีพื้นที่ดินเค็มสามารถฟื้นฟูสภาพเสื่อมโทรมของพื้นที่ได้เอง ด้วยวิธีการไม่ยุ่งยาก โดยควรใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มตามสภาพที่เป็นอยู่ ไม่ปล่อยให้พื้นดินว่างเปล่า ด้วยการคลุมดิน หรือมีการเพิ่มผลผลิตพืชโดยเปลี่ยนเป็นพืชที่เหมาะสมกับระดับความเค็มและสภาพพื้นที่ ได้แก่ การปลูกพืชทนเค็ม หรือพืชชอบเกลือ[5] ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามที่จะศึกษาหาชนิดของพืชที่สามารถปลูกในพื้นที่ดินเค็ม และหาระดับของความเค็มที่พืชชนิดนั้นๆ ทนได้ เช่น การศึกษาในมะนาวโห่[(7)] องุ่น[8-10] ทับทิม[11-13] หม่อน[14] พุทรา[15] มะขาม[16] ฝรั่ง[17-18] สบู่ดำ[19] ยูคาลิปตัส[1,20] เป็นต้น

ผลการศึกษาดังกล่าวนี้สามารถใช้เป็นทางเลือกที่ทำให้เกษตรกรทราบชนิดของพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่เกษตรกรมีอยู่ เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดินเค็มต่อไป ดังนั้นจึงได้มีการรวบรวมเอกสารเพื่อให้ทราบแนวทางในการจัดการดินเค็ม และใช้ประโยชน์จากพื้นที่ที่มีความเค็ม เพื่อที่จะสามารถนำไปสู่การตัดสินใจเลือกชนิดพืชที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเค็มได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ดินเค็ม

ดินเค็ม (saline soil) หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือละลายอยู่ในสารละลายดินมากเกินไป มีกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งอาจรุนแรงถึงขั้นทำให้พืชตายได้ เนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช พืชเกิดอาการขาดน้ำและมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชมากเกินไป[5] โดยทั่วไปจะใช้วิธีการวัดความเค็มจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดิน ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าเกินกว่า 2 เดซิซีเมน/เมตร (decisemen/meter: dS/m) ที่อุณหภูมิ 25°C และสมาคมปฐพีศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดขอบเขตของดินเค็มไว้โดยพิจารณาระดับความเค็มที่วัดจากค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity: EC) อัตราส่วนของโซเดียมที่ถูกดูดซับ (sodium adsorption ratio: SAR) ที่วัดจากสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH)[21]

การจำแนกดินเค็ม

การจำแนกดินเค็มมีหลายระบบแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานในแต่ละประเทศ โดยในประเทศไทยนิยมจำแนกดินเค็มตามคุณสมบัติทางเคมี แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (Table 1)[21] ได้แก่

1. **ดินเค็ม (saline soil)** หมายถึง ดินที่มีเกลือละลายได้ในดินมากเกินไป จนเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช
2. **ดินโซดิก (sodic soil)** หมายถึง ดินที่มีโซเดียมแลกเปลี่ยนได้มาก จนเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช
3. **ดินเค็มโซดิก (saline sodic soil)** หมายถึง ดินที่มีเกลือละลายได้ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มาก จนเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

Table 1 Classification of saline soil by chemical properties [22]

Soil Type	Electrical Conductivity (dS/m)	Soil pH	Exchangeable Sodium Percentage (%)	Sodium Adsorption Ratio
Saline soil	>2	<8.5	<15	<13
Sodic soil	<2	>8.5	>15	>13
Saline sodic soil	>2	>8.5	>15	>13

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช สามารถจำแนกได้ 4 ระดับ คือ ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง ดินเค็มมาก และดินเค็มจัด (Table 2)

Table 2 Classification of salinity effects on plants [2,23]

Salinity Level	Electrical Conductivity (dS/m)	Salt Percentage in Soil (%)	Plant Response
Non saline soil	< 2	< 0.1	No effect on plants
Low saline soil	2-4	0.1-0.2	Effect on growth of non-salt tolerant plants
Moderate soil salinity	4-8	0.2-0.4	Effect on growth of several plants
High soil salinity	8-15	0.4-0.8	Only salt tolerant plants grow and produce
Extreme soil salinity	> 15	>0.8	High salt tolerant plants grow and produce

สาเหตุของการเกิดดินเค็ม มี 2 ประการ[24] คือ

1. มาจากการแพร่ของน้ำเค็มจากทะเลหรือน้ำเค็มใต้ดิน เช่น ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2. มาจากพาหะที่พาเกลือแพร่กระจายไปสู่ที่ต่าง ๆ เช่น มนุษย์ ลม และ น้ำ

สำหรับในประเทศไทยมีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้ชัดเจนจะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดิน

การวัดค่าความเค็มดิน

โดยทั่วไปใช้วิธีวัดจากค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งค่าของความเค็มขึ้นอยู่กับปริมาณหรือความเข้มข้นของเกลือที่ละลายได้ นิยมวัดจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation) เพื่อความสะดวกและรวดเร็วอาจใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:5 แต่ต้องมีการระบุอัตราส่วนนี้ไว้ด้วย นอกจากความเข้มข้นของเกลือที่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าแล้ว อุณหภูมิก็มีผลเช่นเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิระหว่าง 15-30°C จะเพิ่มขึ้นประมาณ 2% ต่ออุณหภูมิ 1°C ดังนั้นการวัดความเค็มด้วยวิธีการวัดจากค่าการนำไฟฟ้าจึงใช้ค่าที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเกณฑ์[21]

หน่วยของความเค็ม

ค่าของความเค็มที่วัดได้เรียกว่า EC ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิซิเมนต่อเมตร (desi Siemen/meter, dS/m) หรือมิลลิโมห์/เซนติเมตร (millimoh/centimeter, mmho/cm) โดย 1000 µS/cm มีค่าเท่ากับ 1 dS/m เท่ากับ 1 mS/cm หรือเท่ากับ 640 ppm โดยค่า EC_e ที่ 4 dS/m มีค่าเท่ากับโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 40 mM[25]

แนวทางการแก้ปัญหาความเค็ม

วิธีการป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายดินเค็มเพิ่มมากขึ้นต้องพิจารณาจากสาเหตุการเกิด ดำเนินการได้โดยวิธีการทางวิศวกรรม วิธีทางชีววิทยา และวิธีผสมผสานระหว่างทั้ง 2 วิธี [(5)] ดังนี้

1. วิธีทางวิศวกรรม ต้องมีการออกแบบพิจารณาเพื่อลดหรือตัดกระแสการไหลของน้ำใต้ดินให้อยู่ในสมดุลของธรรมชาติมากที่สุด ไม่ให้มีการเพิ่มระดับน้ำใต้ดินเค็มในพื้นที่ลุ่ม

2. วิธีทางชีววิทยา โดยใช้วิธีการทางพืช เช่น การปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม มีการกำหนดพื้นที่รับน้ำที่จะปลูกป่า ปลูกไม้ยืนต้น หรือไม้โตเร็ว มีรากลึกใช้น้ำมากบนพื้นที่รับน้ำที่กำหนด เพื่อทำให้เกิดสมดุลการใช้น้ำบนดินและน้ำใต้ดินในพื้นที่ สามารถแก้ไขลดความเค็มของดินในพื้นที่ลุ่มที่เป็นพื้นที่ให้น้ำได้

3. วิธีผสมผสาน การแก้ไขลดระดับความเค็มของดินลงให้สามารถปลูกพืชได้ โดยการใช้น้ำชะล้างเกลือจากดินและการปรับปรุงดิน ดินที่มีเกลืออยู่สามารถกำจัดออกไปได้โดยการชะล้างด้วยน้ำ การให้น้ำสำหรับล้างดินมีทั้งแบบต่อเนื่องและแบบขังน้ำเป็นช่วงเวลา แบบต่อเนื่อง วิธีนี้ใช้เวลาในการแก้ไขดินเค็มได้รวดเร็วกว่าแต่ต้องใช้ปริมาณน้ำมาก ส่วนแบบขังน้ำต้องใช้เวลาในการแก้ไขดินเค็มนานกว่าแต่ประหยัดน้ำ นอกจากนี้ควรมีการใช้พื้นที่ดินเค็มให้เกิดประโยชน์ตามสภาพที่เป็นอยู่ ไม่ปล่อยให้พื้นดินว่างเปล่า ด้วยการคลุมดิน หรือมีการเพิ่มผลผลิตพืชโดยเปลี่ยนเป็นพืชที่เหมาะสม เช่น พืชทนเค็ม หรือพืชชอบเกลือ

การทนเค็มของพืช

การทนเค็มของพืช หมายถึง ความสามารถของพืชที่จะทนต่อเกลือในปริมาณมากบริเวณรากพืช พืชต่างชนิดกัน

มีความสามารถในการทนเค็มต่างกัน มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทนเค็มของพืช เช่น ชนิดของเกลือ สภาพฟ้าอากาศ สภาพของดิน และอายุพืช ส่วนใหญ่พืชมีผลผลิตลดลงเมื่อสารละลายดินมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 2 dS/m พืชบางชนิดทนเค็มได้ถึง 4-8 dS/m แต่เมื่อระดับความเค็มสูงถึง 15 dS/m พืชเกือบทุกชนิดแสดงอาการที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง[26] เมื่อพืชไม่ทนเค็มหรือทนเค็มน้อยได้รับผลกระทบจากความเค็มจะแสดงอาการคล้ายกับการที่พืชขาดน้ำ เช่น ชะงักการเจริญเติบโต พืชมีขนาดเล็กกว่าพืชที่ปลูกในดินธรรมดา แต่จะไม่แสดงอาการผิดปกติทางใบ ใบห่อลงเพื่อลดการคายน้ำทางปากใบ พืชบางชนิดอาจมีสีเขียวเข้มแกมน้ำเงิน (bluish green) มากกว่าพืชที่ขึ้นในดินปกติที่ปลูกในสภาพคล้ายคลึงกัน สีของใบพืชเปลี่ยนเป็นสีเข้มกว่าเนื่องจากใบมีคลอโรฟิลล์มากและมีสารเคลือบใบ (cuticle) หนาเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ในบางครั้งอาจพบอาการปลายใบไหม้ (tip burn) เกิดจุดประ (mottles) บนใบ ใบม้วนและใบเหลืองเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปลายใบและขอบใบแห้งกรอบ การทนเค็มในช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชก็แตกต่างกัน ผันแปรไปตามระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่งอกจนกระทั่งสุกแก่ และอาจผันแปรตามระยะของการพัฒนาด้วย พืชที่ปลูกส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายตั้งแต่ระยะงอกหรือในการเจริญเติบโตช่วงแรก ทำให้พืชขึ้นไม่ได้หรือเกิดเป็นหย่อมๆ ในแปลงปลูก เมื่อพ้นระยะกล้าไปแล้วพืชจะทนเค็มได้ดีขึ้น[6]

การจำแนกพืชทนเค็ม

พืชเป็นดัชนีบอกสภาพความเค็มของดินได้ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนเค็มได้ต่างกัน เมื่ออยู่ในสภาพที่มีความเค็มการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชจะลดลง เนื่องจากพืชนำพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตมาปรับตัวต่อสภาพความเครียดออสโมติกที่เกิดขึ้น สามารถจำแนกพืชออกได้เป็น 3 จำพวก[6,23] คือ

พืชทนเค็ม (salt tolerance) ได้แก่ พืชที่มีความสามารถเจริญเติบโตได้ครบวงจรชีวิตในสภาพเค็ม เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตและผลผลิตจะลดลง ในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ พืชมีความสามารถในการทนเค็มแตกต่างกัน พืชหลายชนิดมีความอ่อนแอในระยะงอกซึ่งงอกได้ดีในสภาพที่มีความเค็มน้อยกว่า พืชทนเค็มส่วนมากจะมีความทนทานต่อความเค็มสูงในระยะการเจริญเติบโตได้มากกว่าระยะอื่น

พืชชอบเกลือ (halophyte) ได้แก่ พืชที่สามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ในความเค็มระดับสูง รอดตายได้มากกว่า 75% ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride: NaCl) 540 mol/m^3 (40 ppt) หรือในสารละลายที่มีเกลือมากกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ miohalophyte เจริญเติบโตได้ในความเค็มระดับน้ำกร่อย และ euhalophyte เจริญเติบโตได้ในความเค็มระดับน้ำทะเล พืชพวกนี้ดูดเกลือเข้ามาสะสมในต้นเพื่อปรับความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์ ทำให้สามารถดูดน้ำจากดินได้

พืชดินกร่อย (glycophytes) ได้แก่ พืชที่ไม่ได้เกิดในสภาพเค็ม แต่มีกลไกที่พัฒนาให้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพเค็ม รอดตายได้มากกว่า 75% ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 180 mol/m^3 (10 ppt) หรือในน้ำกร่อย พืชพวกนี้ไม่สะสมเกลือในต้น แต่จะผลิตน้ำตาลหรือกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาเพื่อเพิ่มความเข้มข้นในเซลล์ของราก ซึ่งต้องใช้พลังงานมาก ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง

กลไกการทนเค็มของพืช

พืชที่ขึ้นได้ในดินเค็มต้องมีกลไกบางอย่างเพื่อบรรเทาความเป็นพิษของเกลือ อาจแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆ คือ **1) การไม่ดูดเกลือเข้าไป** พืชที่จัดอยู่ในประเภทที่ไม่ดูดเกลือเข้าไป หรือการหลีกเลี่ยงหรือการหนีความเค็ม พืชจะพยายามปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพดินเค็ม ได้แก่ การปรับระบบโครงสร้างของรากให้แผ่กระจายไปยังจุดที่เค็มน้อยกว่า หรือปรับตัวเองให้มีการออกดอกช้าหรือเร็วกว่าปกติ เพื่อหนีช่วงที่เค็มจัดหรืออาจมีการฟื้นตัวอย่างรวดเร็วในขณะที่ความเค็มลดลง **2) การดูดเกลือเข้าไปแล้วสะสมเอาไว้** สำหรับพืชทนเค็มประเภทที่ดูดเกลือเข้าไป เมื่อดูดเกลือเข้าไปอาจจะนำไปสะสมอยู่ในส่วนที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช เช่น สะสมในแวคิวโอล เพิ่มความหนาของใบ มีกลไกอวบน้ำ เพิ่มปริมาณของน้ำในเซลล์เพื่อให้ความเข้มข้นของเกลือลดลง เพิ่มความเครียดของปากใบ ใบมีขนาดเล็กลงเพื่อให้คายน้ำน้อยลง นอกจากนี้มีการเลือกดูดธาตุโพแทสเซียมเข้าไปมากขึ้นหรือดูดธาตุโซเดียมน้อยลง มีการขนย้ายธาตุโซเดียมจากใบอ่อนไปใบแก่หรือสามารถสะสมธาตุโซเดียมไว้ตามลำต้น และราก เป็นต้น และ **3) การคายเกลือออกมา** พืชบางประเภทมีต่อมเกลือ (salt gland) เพื่อคายเกลือออกมาได้[23]

ผลของความเค็มที่มีต่อพืช

พืชที่ขึ้นในดินเค็มโดยมากมักตายเป็นหย่อมๆ ต้นแคระแกร็น การเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ในแปลงไม่สม่ำเสมอกัน อาการที่พบส่วนใหญ่คือมีขนาดใบเล็กลงและใบมีสีเขียวเข้มกว่าปกติ ใบหนาหรืออวบน้ำ ใบกรอบกระด้าง ใบไหม้จากปลายใบมายังโคนใบ และใบแก่ไหม้ก่อนใบอ่อน[23] พืชที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจะเกิดสภาวะเครียดเกลือ 3 รูปแบบ[2] คือ

1) ความเครียดออสโมติก เมื่อพืชได้รับเกลือโซเดียม (sodium: Na^+) จะเกิดการแข่งขันกับโพแทสเซียม (potassium: K^+) ในการเข้าสู่รากพืช ทำให้พืชได้รับ K^+ ลดลง ซึ่งส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง เนื่องจาก K^+ มีผลต่อแรงดันเต่งในเซลล์พืชและการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ดังนั้นพืชจึงพยายามรักษาระดับของ K^+ ให้สูง และควบคุมปริมาณ Na^+ ให้ต่ำในไซโทพลาสซึม นอกจากนี้ดินเค็มยังส่งผลให้ค่าชลศักย์ (water potential) ในดินลดลง และทำให้ค่าความดันออสโมซิสเพิ่มขึ้นจากการที่มีไอออนในดินสูง ทำให้พืชดูดน้ำได้น้อยลงและลดแรงดันเต่งของเซลล์พืช การเจริญเติบโตของพืชจึงลดลง ผลผลิตของพืชก็ลดลงด้วย

2) ความเครียดจากการสะสมไอออนที่เป็นพิษ พืชจำเป็นต้องรักษาสมดุลไอออน โดยเซลล์จะสะสมไอออนที่จำเป็นและกำจัดไอออนที่เป็นพิษเพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ได้รับอันตราย ในสภาวะเครียดเกลือสัดส่วนระหว่าง K^+/Na^+ ในไซโทพลาสซึมยิ่งมีความสำคัญมาก ปกติในเซลล์พืชจะมีปริมาณ K^+ สูง (100-200 mM) ปริมาณ Na^+ ต่ำ (1-10 mM) ดังนั้นพืชจึงพยายามกำจัด Na^+ ที่มากเกินไปออกจากไซโทพลาสซึม เพื่อทำให้ K^+/Na^+ สูงขึ้น

3) ความเครียดที่เกิดจากการสร้างและสะสมสารอนุมูลอิสระ เมื่อพืชเครียดจะชักนำให้เกิดการสร้างสารอนุมูลอิสระ เช่น superoxide radicals (O_2^-), hydrogen peroxide (H_2O_2) และ hydroxyl radicals (OH^-) ซึ่งจะทำลายส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก ไขมันบริเวณต่าง ๆ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์

นอกจากความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางการเจริญเติบโตและผลผลิตแล้ว ความเค็มยังมีผลทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ ถึงแม้มีน้ำเพียงพอ แต่พืชดูดไปใช้ไม่ได้ เนื่องจากมีแรงดันออสโมติกที่ผันแปรตามความเค็ม ถ้าความเค็มสูงขึ้นแรงดันออสโมติกก็สูงด้วย พืชก็ดูดน้ำได้น้อยลง ผลกระทบอีกประการหนึ่งคือ เกิดความเป็นพิษของธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเกลือที่ละลายออกมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุโซเดียมและคลอไรด์ นอกจากนี้ธาตุโซเดียมยังมีผลทำให้โครงสร้างของดินเลว ดินแน่น และรากพืชชอนไชได้ยาก[23]

ศักยภาพการทนเค็มในไม้ยืนต้นบางชนิด

ความเค็มมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง การใช้พืชทนเค็มจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง และเป็นวิธีการที่เกษตรกรยอมรับและนำไปใช้ได้ ดังนั้นการวิจัยพืชทนเค็มจึงมีความสำคัญเพื่อหาพืชที่เหมาะสมและทนเค็มได้สูงที่มีศักยภาพในอนาคตนั้นคือให้ผลตอบแทนสูงด้วย พืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มที่รวบรวมได้มีรายละเอียดดังนี้

มะนาวโห่ (***Carissa carandas*** L.)

เป็นพืชปลูกง่ายทนต่อสภาพแล้ง มีประโยชน์และสรรพคุณต่าง ๆ มากมาย เพื่อเพิ่มรูปแบบในการผลิตมะนาวโห่ให้มีความหลายหลายมากขึ้น จึงมีการศึกษาผลการใช้น้ำเค็มต่อการเจริญเติบโตและศักยภาพในการให้ผลผลิตของมะนาวโห่ โดยมีการให้น้ำกับพืช 3 รูปแบบ คือ การใช้น้ำประปา (EC_{iw}=0.6 dS/m) การใช้น้ำทะเลที่ความเข้มข้น 0.6% (EC_{iw}=10 dS/m) และ 0.8% (EC_{iw}=13 dS/m) พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสูงต้นและปริมาตรทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยความสูงต้นเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในเดือนที่ 6 หลังจากใช้น้ำเค็ม ส่วนปริมาตรทรงพุ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการใช้น้ำเค็มนาน 12 เดือน (Figure 1)

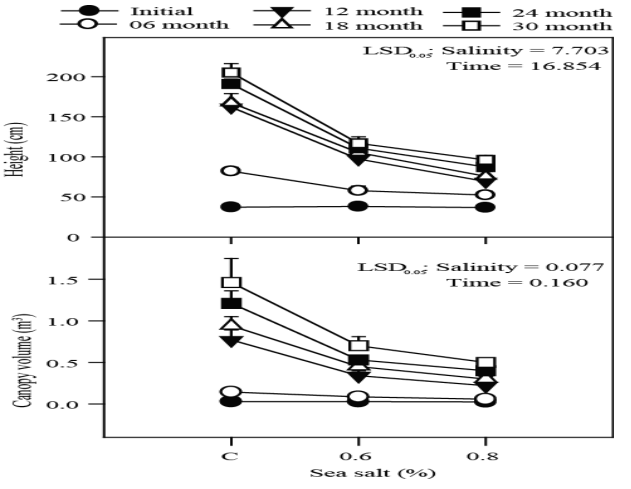

Figure 1 Vegetative growth in terms of height and canopy volume of *C. carandas* growing under different saline treatments for 30 months (June, 2009 to December, 2011)[7]

ในส่วนปริมาณของคลอโรฟิลล์ a และ b ในใบ อัตราส่วนของคลอโรฟิลล์ a ต่อ b และอัตราส่วนของแคโรทีนอยด์ต่อคลอโรฟิลล์ พบว่าเมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากขึ้นทำให้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณแคโรทีนอยด์กลับเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้น้ำทะเลที่ 0.6% (Figure 2)

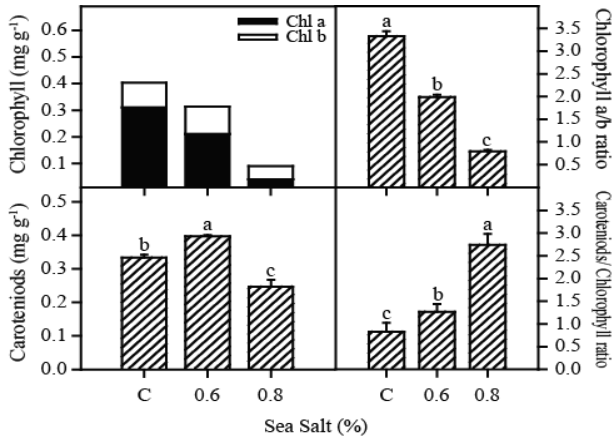

Figure 2 Chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids contents of *C. carandas* growing under salinities created by irrigation of different dilutions of sea salt. Significance among the treatments was recorded at $p<0.05$ [7]

ในส่วนของปริมาณของน้ำตาล และโปรตีนก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เมื่อมีความเค็มมากขึ้นทำให้มีปริมาณลดลง ในขณะที่สารประกอบฟีนอลกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับความเค็มสูงขึ้น (Figure 3)

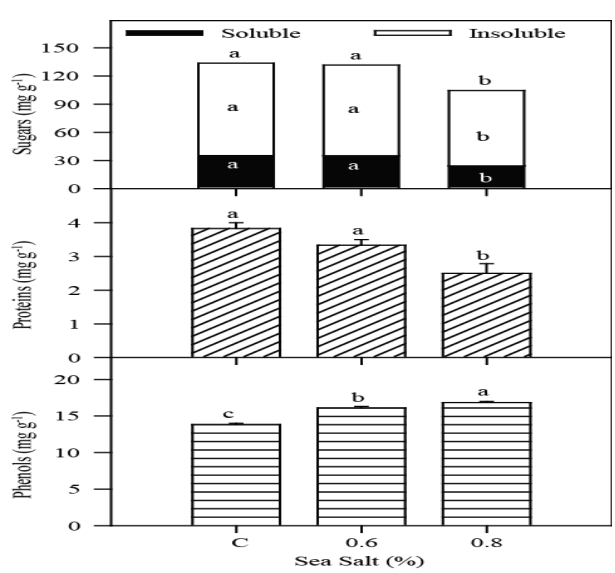

Figure 3 Total protein, sugars and phenolic contents of *C. carandas* growing under salinities created by irrigation of different dilutions of sea salt. Significance among the treatments was recorded at $p<0.05$. [7]

และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระดับความเค็มเพิ่มสูงขึ้นทำให้จำนวนดอกและผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น (สดและแห้ง) และขนาดผล (ความกว้างและความยาว) ลดลง ในขณะที่มีการหลุดร่วงของดอกเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ[7] (Figure 4)

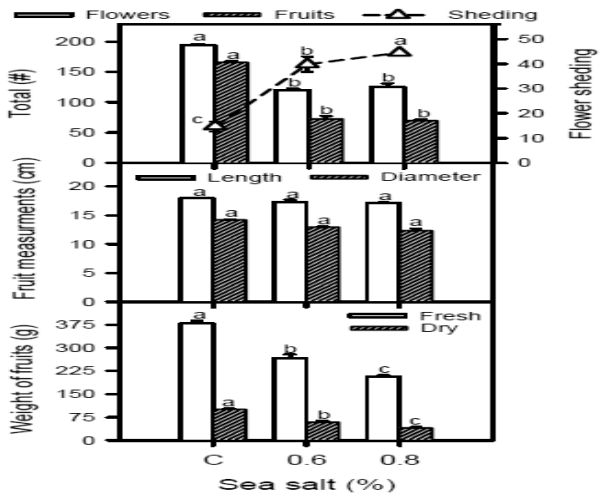

Figure 4 Reproductive growth in terms of flowers and fruits numbers, flower shedding, length, diameter, fresh and dry weight of fruits of *C. carandas* growing under different salinity treatments. Significance among the treatments was recorded at $p<0.05$[7]

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ศักยภาพในการให้ผลผลิตของมะนาวโห่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีการให้ผลผลิตอยู่มากกว่า 60% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามะนาวโห่เป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มได้

องุ่น (***Vitis vinifera*** L.)

องุ่นเขียวมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น catechin และ petrostilbene ส่วนในองุ่นแดงมี resveratrol ที่สามารถช่วยป้องกันมะเร็ง และยังมีสาร saponin ซึ่งเป็นสารช่วยลดการดูดซึมคลอเลสเตอรอลในกระแสเลือด นอกจากนี้ยังมีสาร ฟลาโวนอยด์ที่ช่วยเพิ่มระดับไขมันดี (HDL) ที่มีสาร pholyphenols ที่เป็นตัวลดระดับไขมันเลว (LDL) และมีสาร anthocyanin ช่วยชะลอความแก่และควบคุมการทำงานของระบบประสาท[27] เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตองุ่น จึงได้มีการศึกษาผลของความเค็มต่อสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาในองุ่น 2 สายพันธุ์ ที่ความเค็ม 6 ระดับ คือ 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 mM พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้ความสูง น้ำหนักสดและแห้งของลำต้น ปริมาณโพรลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ a และ b อัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) โดยองุ่นทั้งสองสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อความเค็มต่างกัน องุ่นสายพันธุ์ Soltanin ตอบสนองดีกว่าองุ่นสายพันธุ์ Fakhri แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์

Soltanin มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มได้มากกว่า[8]

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของระดับความเค็ม 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 mM ในองุ่นไร้เมล็ด 2 สายพันธุ์ คือ Askari และ Yaghuti พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นความยาวต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดและแห้งใบ น้ำหนักแห้งราก ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ขององุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาณโพรลีน และปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 4) โดยพันธุ์ Yaghuti มีความสามารถในการทนความเค็มได้ดีกว่าพันธุ์ Askari ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและพันธุ์ พบว่า ในองุ่นทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อมีระดับความเค็มเพิ่มขึ้นทำให้ความยาวต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง แต่มีปริมาณโพรลีน และปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น[10] การตอบสนองลักษณะเช่นนี้ยังพบในการศึกษาของ Mohammadkhani et al. ที่ศึกษาการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตขององุ่นรับประทานสด 2 พันธุ์ คือ Shirazi และ Gharashani ภายใต้สภาวะความเค็มที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 4 ระดับ คือ 0, 25, 50 และ 100 mM พบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความยาวและน้ำหนักแห้งราก ความยาวและน้ำหนักแห้งยอด และจำนวนและขนาดใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ[9]

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ศักยภาพในการเจริญเติบโตขององุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยองุ่นเป็นพืชที่มีกลไกการปรับตัวต่อสภาพเค็มด้วยการสร้างสารโพรลีน ซึ่งเป็นสาร osmoprotectants ทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของน้ำและแรงดันออสโมติกภายในเซลล์กับสิ่งแวดล้อม ช่วยลดแรงดันออสโมติก และส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตได้ภายใต้ภาวะที่มีความเครียดจากเกลือ[28] และยังมีการสร้างปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ เพื่อเพิ่มความเข้มข้นภายในเซลล์ให้สูงขึ้น ทำให้รากพืชสามารถดูดน้ำเข้ามาใช้ประโยชน์ได้ แสดงให้เห็นว่าองุ่นเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มได้มากในระดับหนึ่ง

ทับทิม (***Punica granatum*** L.)

เป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ มีประโยชน์และสรรพคุณมากมาย มีวิตามินซีและเกลือแร่ต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคได้[29] เพื่อศึกษาความสามารถในการทนเค็มของทับทิม จึงมีการทดสอบในทับทิม 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธ์ Wounderful และพันธุ์ Manfalouty ต่อสภาวะความเค็มภายใต้ระบบไฮโดร- โปนิกส์ ที่ระดับความเค็ม 6 ระดับ คือ 500, 750, 1,000, 1,250, 1,500 และ 1,750 ppm พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ทำให้ความยาวยอด และพื้นที่ใบของทับทิม 2 สายพันธุ์ ทั้งในปี 2014 และ 2015 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเข้มข้น 1,250 ppm เป็นระดับที่เริ่มทำให้ความยาวยอดและพื้นที่ใบลดลงอย่างเห็นได้ชัด (Table 5) โดยสายพันธุ์ Wounderful มีศักยภาพในการทนเค็มดีกว่าสายพันธุ์ Manfalouty[13]

Table 3 Effect of salinity and cultivar on different characteristics of grape[8]

Salinity Levels	Cultivar	Height (cm)		Stem Fresh Weight (g)		Stem Dry Weight (g)		Proline (mg/g)		Chlorophyll a		Chlorophyll b		Photosynthesis (µmol.m^2/s)		Transpiration Rate (µmol/m^2/s)		RWC (%)	
0 NaCl	Soltanin	21.5	a	75.4	a	21.5	a	16.2	f	6.1	a	4.8	a	9.8	a	0.49	a	98	a
	Fakhri	19.3	b	65.2	b	17.1	b	15.3	g	5.8	b	3.5	b	8.7	b	0.38	b	82	ab
50 mM	Soltanin	19.1	b	65.3	b	17.2	b	18.6	e	5.1	b	3.6	b	8.2	c	0.38	c	78	b
	Fakhri	15.2	c	56.2	c	14.2	c	17.2	f	4.6	c	3.8	c	6.8	d	0.29	c	61	b
100 mM	Soltanin	15.2	c	55.2	c	11.6	d	26.6	d	4.0	c	3.2	c	7.2	d	0.30	c	69	bc
	Fakhri	13.3	d	46.1	d	11.2	e	24.4	e	3.4	d	2.7	d	6.2	e	0.26	d	56	d
150 mM	Soltanin	12.4	d	48.6	d	9.6	e	28.4	c	3.1	d	2.6	d	5.1	f	0.26	d	58	e
	Fakhri	11.3	e	36.2	e	9.2	f	27.2	c	2.8	e	2.5	e	4.8	g	0.20	e	46	e
200 mM	Soltanin	11.2	e	36.1	e	8.2	g	32.2	b	2.1	e	2.1	e	3.1	g	0.20	e	42	g
	Fakhri	10.6	ef	35.1	f	7.4	g	31.1	b	1.9	f	2.0	f	2.8	h	0.16	f	34	f
250 mM	Soltanin	6.8	f	26.8	f	7.1	g	36.8	a	1.9	f	1.4	f	1.1	h	0.18	f	30	g
	Fakhri	5.4	f	25.1	f	6.1	i	35.4	a	1.6	f	1.3	f	1.0	h	0.14	g	26	h

Table 4 Mean comparison of traits related to effect of salinity levels on measured traits[10]

Treatments	Stem length (cm)		Leaf number		Leaf area (cm^2)		Fresh weight leaf (g)		Dry weight leaf (g)		Root dry weight (g)		Relative water content (%)		Chlorophyll (SPAD unit)		Proline (µmol/gFW)		Sugar soluble (mg/gFW)	
Salinity Levels																				
0 mM	1.99	a	11.83	a	568.30	a	149.10	a	73.11	a	72.08	a	79.60	a	25.45	a	1.82	e	33.35	e
25 mM	1.45	b	10.83	b	547.30	a	134.80	b	63.17	b	64.27	b	73.52	b	23.43	b	2.34	d	41.02	d
50 mM	1.32	c	7.16	c	532.00	ab	118.70	c	54.82	c	61.25	c	69.22	c	18.95	c	3.82	c	50.57	c
75 mM	1.28	c	6.33	d	505.50	b	97.80	d	38.47	d	49.40	d	59.00	d	15.82	d	7.74	b	61.18	b
100 mM	1.00	d	5.00	e	501.80	b	71.05	e	29.38	e	43.97	e	42.72	e	15.15	e	11.62	a	71.21	a
Cultivars																				
Yaghuti	1.45	a	9.00	a	530.39	a	116.66	a	59.58	a	67.57	a	60.21	a	22.07	a	6.00	a	55.91	a
Askari	1.36	b	7.47	b	531.53	a	111.91	b	43.91	b	48.82	b	49.41	b	11.45	b	4.95	b	48.22	b

Table 5 Effect of salinity level on the main shoot length (cm) and leaf area of Wounderful and Manfalouty pomegranate cultivars grown hydroponically[13]

Salinity Level (B)	Shoot Length (cm)								Leaf Area (cm^2)							
	2014			2015					2014			2015				
	Wounderful	Manfalouty	Mean B	Wounderful	Manfalouty	Mean B			Wounderful	Manfalouty	Mean B	Wounderful	Manfalouty	Mean B		
500 ppm	109.8 ab	115.3 a	112.5 a	103.9 a	107.5 a	105.7 a			12.7 ab	12.9 a	12.8 a	11.4 a	12.1 a	11.8 a		
750 ppm	107.2 ab	102.1 ab	104.7 ab	101.4 ab	102.3 ab	101.4 a			12.6 ab	12.8 a	12.7 a	11.8 a	11.4 a	11.6 a		
1,000 ppm	104.7 ab	99.3 b	102.0 b	88.5 b	82.9 bc	85.7 b			11.6 ab	11.2 bc	11.4 b	10.7 ab	10.2 ab	10.5 b		
1,250 ppm	100.3 b	78.6 c	89.5 c	82.9 bc	70.8 c	76.9 b			11.4 ab	10.2 cd	10.8 c	9.5 b	8.3 bc	8.9 c		
1,500 ppm	85.1 c	62.2 d	79.6 d	71.3 c	53.1 d	62.2 c			10.9 c	8.1 d	9.5 d	9.1 bc	7.6 c	8.4 c		
1,750 ppm	35.7 e	22.2 f	28.9 e	55.9 d	42.6 d	49.3 d			8.9 d	7.6 d	8.3 e	8.2 bc	7.1 c	7.7 c		
Mean A	**90.5 A**	**79.9 B**		**83.9 A**	**76.3 B**				**11.4 A**	**10.5 B**		**10.2 A**	**9.5 B**			
$LSD_{0.05}$	A=10.2	B=9.5	AB=13.4	A=6.2	B=10.2	AB=14.3			A=0.5	B=0.11	AB=1.5	A=0.4	B=0.9	AB=1.3		

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากภัยแล้งและความเค็มต่อผลผลิตของทับทิม โดยพบว่าเมื่อปริมาณของความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตของทับทิมมีแนวโน้มลดลง หากพิจารณาร่วมกับระดับการให้น้ำ พบว่า ที่การให้น้ำในระดับปกติ เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ผลผลิตมีเปอร์เซ็นต์ลดลงในอัตราที่มากกว่าการให้น้ำในระดับขาดน้ำ ในส่วนของปัจจัยแต่ละปัจจัย พบว่า ระดับความเค็มที่ต่างกัน ไม่ทำให้ผลผลิตทับทิมแตกต่างกันทางสถิติ แต่ระดับการให้น้ำที่ต่างกันทำให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้น้ำระดับปกติและระดับที่ขาดน้ำ 10% ให้ผลผลิตไม่ต่างกัน แต่เมื่อเริ่มขาดน้ำ 20-40% ผลผลิตกลับลดลง ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำแบบปกติ[30] จะเห็นได้ว่าทับทิมเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มได้ เนื่องจากเมื่อมีความเค็มมากถึง 5.8 dS/m ทับทิมยังมีการให้ผลผลิตไม่ต่างกับสภาพที่ไม่มีความเค็ม จึงจัดได้ว่าทับทิมเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในดินเค็มระดับปานกลาง

หม่อน (***Morus alba*** L.)

เป็นพืชปลูกได้ง่าย มีสาร Anthocyanins ในปริมาณมากช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ มีวิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนหลายชนิดที่เป็นประโยชน์[31] เนื่องจากหม่อนเป็นพืชที่ปลูกง่าย ได้มีการศึกษาผลของความเค็มต่อการสังเคราะห์แสงของหม่อน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ M-5, BC2-59 และ S-30 ที่ความเค็ม 6 ระดับ คือ 0, 1, 2, 4, 8 และ 12 dS/m พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มสูงขึ้น จาก 0-4 dS/m ทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ กรดอะมิโนอิสระ ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลซูโครส แป้ง ฟีนอล โพรลีน ไกลซีน และเบทาอีนเพิ่มสูงขึ้น และจะลดลงเมื่อระดับความเค็มสูงที่ระดับ 8 และ 12 dS/m โดยหม่อนพันธุ์ BC2-59 เป็นพันธุ์ที่ทนเค็มได้ดีกว่าพันธุ์ S-30 และพันธุ์ M-5 ตามลำดับ[14] จะเห็นได้ว่าเมื่อระดับความเค็มสูงขึ้น องค์ประกอบทางเคมีจะลดลง ส่งผลให้ศักยภาพในการเจริญเติบโตของหม่อนลดลง แต่ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ดินเค็มระดับปานกลาง เห็นได้จากปริมาณของโพรลีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มสูงขึ้นในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าหม่อนเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มน้อย

พุทรา (***Zizyphus mauritiana*** Lam.)

เป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ ปลูกง่ายและอายุยืน[32] ถ้าเราสามารถเพิ่มพื้นที่ในการปลูกพุทราได้มากขึ้นผลผลิตก็ย่อมเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของความเครียดจากเกลือและน้ำในต้นพุทรา ศึกษาในแหล่งน้ำ 2 แหล่ง แหล่งที่ 1 มีค่า EC ปริมาณโซเดียม และปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 3.68 dS/m, 30.27 mg/l และ

6.17 mg/l ตามลำดับ และแหล่งที่ 2 มีค่า EC ปริมาณโซเดียม และปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 6.80 dS/m, 58.13 mg/l และ 10.58 mg/l ตามลำดับ เห็นได้ว่าแหล่งที่ 2 มีความเค็มมากกว่าแหล่งที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ต้นพุทราที่ได้รับน้ำในแหล่งที่ 2 มีการเจริญเติบโตของต้น (ความสูงต้น ความยาวยอด เส้นผ่านศูนย์กลางยอด ขนาดลำต้น จำนวนยอด/ต้น และพื้นที่ใบ) และคุณภาพของผล (ขนาด อายุการเก็บรักษา ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก ปริมาตร น้ำหนักเนื้อ และความชื้น) น้อยกว่าต้นพุทราที่ได้รับน้ำจากแหล่งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ[15] จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ศักยภาพในการให้ผลผลิตของพุทรามีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีการเจริญเติบโตลดลง แต่ยังมีการให้ผลผลิตอยู่ซึ่งอาจจะมากถึง 50% เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักผล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพุทราเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มได้ในระดับปานกลาง

มะขาม (***Tamarindus indica*** Linn.)

มะขามเป็นไม้ผลที่มีประโยชน์และมีสรรพคุณมากมาย กำลังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศเป็นอย่างมาก[33] ซึ่งหากเราสามารถเพิ่มพื้นที่ปลูกได้จะทำให้เพิ่มผลผลิตได้อีกมาก จากการศึกษาเปรียบเทียบการทนเค็มของมะขามในระยะต้นกล้า ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 5 ระดับ ได้แก่ 0, 20, 40, 60 และ 80 mM พบว่าพื้นที่ใบ ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้ามะขามลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น 80 mM ทำให้พื้นที่ใบ ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าลดลง 3-4 เท่า[16] จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ศักยภาพในการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะขามลดลงในระดับหนึ่ง ซึ่งในระยะต้นกล้า หรือระยะที่เมล็ดงอกเป็นระยะที่พืชส่วนใหญ่อ่อนแอต่อความเค็มมากที่สุด เมื่อพืชสามารถทนความเค็มและเจริญเติบโตผ่านช่วงระยะนี้ไปได้ พืชก็จะมีความสามารถในการทนต่อความเค็มในระยะการเจริญเติบโตต่อไปเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อมะขามเจริญเติบโตผ่านระยะต้นกล้าได้ ก็จะสามารถเจริญต่อไปจนถึงขั้นให้ผลผลิตได้ ในการศึกษานี้มะขามสามารถทนเค็มได้ถึงความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ 80 mM ซึ่งเทียบเป็นค่า EC เท่ากับ 8 dS/m[25] แสดงให้เห็นว่ามะขามเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มปานกลางได้

ฝรั่ง (***Psidium guajava*** Linn.)

เป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด[34] ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความเค็ม 5 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.5, 3.0, 4.5 และ 6.0 dS/m ในฝรั่ง 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Pentecoste, Paluma, Surubim และ IPA B-38 ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของบราซิล พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นถึง 4.5 dS/m ต้นกล้าฝรั่งที่อายุ 180 วันตายทุกพันธุ์ ดังนั้นจึงทำการศึกษาในความเค็มเพียง 3 ระดับ คือ 0.5, 1.5 และ 3.0 dS/m พบว่าเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ต้นกล้าฝรั่งที่อายุ 180 วันมีน้ำหนักแห้งราก ลำต้น และใบของต้นกล้าลดลง โดยฝรั่งพันธุ์ Pentecoste มีความสามารถในการทนความเค็มดีกว่าพันธุ์ Surubim, Paluma และ IPA B-38 ตามลำดับ[17] จะเห็นได้ว่าฝรั่งเป็นพืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มต่ำ (ค่า EC ไม่เกิน 3 dS/m) โดยปกติแล้วความเค็มจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในทุกๆ ระยะ แต่ในระยะที่เมล็ดงอก ซึ่งเป็นระยะที่มีความสำคัญมากระยะหนึ่งต่อการประเมินการทนเค็ม เนื่องจากแกนต้น (embryonic axis) เป็นส่วนที่มีความอ่อนแอเมื่อสัมผัสเกลือโดยตรง (Mauromicale and Licandro, 2002) นอกจากนี้ยังมีในรายงานการศึกษาของ da Silva et al. ที่ทำการศึกษาในกิ่งปักชำฝรั่ง Paluma ในความเค็มของ 70 %NaCl และ 30 %$CaCl_2$ 5 ระดับ คือ 0, 2, 4, 6 และ 8 dS/m พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งราก ต้น ใบ และผลลดลง โดยลดลงอย่างมากเมื่อความเค็มถึง 6 และ 8 dS/m และเมื่อพิจารณาถึงการ partitioning ของน้ำหนักแห้งทั้ง 4 ส่วน พบว่า เมื่อต้นฝรั่งได้รับความเค็ม สัดส่วนของน้ำหนักแห้งรากจะลดลง ในขณะที่สัดส่วนน้ำหนักแห้งของใบเพิ่มมากขึ้น[18] แสดงให้เห็นว่าต้นฝรั่งมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดจากการที่รากไม่สามารถดูดน้ำได้เมื่ออยู่ในสภาวะเค็ม ฝรั่งจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มน้อยได้

สบู่ดำ (***Jatropha curcas*** L.)

เป็นพืชน้ำมันที่ได้รับความสนใจจากทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากน้ำมันที่ได้จากเมล็ดสามารถนำมาใช้เป็นน้ำมันสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลได้ และยังใช้เป็นพืชสมุนไพรได้ด้วย [(35)] ถ้าสามารถนำสบู่ดำมาปลูกในพื้นที่ดินเค็มได้จะเป็นการเพิ่มศักยภาพในด้านการผลิตเพิ่มขึ้น จึงได้มีการคัดเลือกสบู่ดำทนเค็มในระยะงอก ในสบู่ดำ 9 สายพันธุ์ได้แก่ KUBP 16, KUBP 20-4, KUBP 33-1, KUBP 34-8, KUBP 74, KUBP 78-9, KUBP 80-3, India และ Mexico ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 3 ระดับ ได้แก่ 0, 0.4 และ 0.8% พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสบู่ดำทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับโซเดียมคลอไรด์ 0.4 และ 0.8% โดยที่ความเข้มข้น 0.4% พันธุ์ KUBP 33-1, KUBP 74, KUBP 78-9 และ KUBP 80-3 มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าชุดควบคุม และที่ความเข้มข้น 0.8% ทุกพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำกว่าชุดควบคุม ขณะ

ที่พันธุ์ Mexico ไม่มีการงอกของเมล็ดเลย และเมื่อความเข้มข้น เพิ่มขึ้นจาก 0.4 เป็น 0.8% ทำให้ดัชนีการงอกลดลง และค่าเฉลี่ยเวลาของการงอกเพิ่มขึ้น ในส่วนของการเจริญเติบโต พบว่าแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความยาวราก ความยาวต้น และน้ำหนักสดของต้นกล้าสบู่ดำทุกพันธุ์ลดลงเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น[19] จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ศักยภาพในการงอกของเมล็ดสบู่ดำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่มากกว่า 69% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสบู่ดำเป็นพืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มสูงได้ในระยะงอก

ยูคาลิปตัส (***Eucalyptus globulus*** Labill.)

ลำต้นยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี เป็นที่ต้องการของตลาด หากเราสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ ยูคาลิปตัสที่มีความทนทานต่อความเค็มได้ จะสามารถเพิ่มปริมาณของต้นยูคาลิปตัสในพื้นที่ของดินเค็มได้เพิ่มขึ้น จึงมีการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นยูคาลิปตัสในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทดสอบความทนทานของต้นยูคาลิปตัสเมื่อเติมเกลือลงในอาหารเพาะเลี้ยงให้ได้ความเข้มข้น 0, 2, 4, และ 6% หลังการเติมเกลือเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ อัตราส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง และมีปริมาณลดลงต่ำที่สุดในอาหารที่เติมเกลือ 6%[20] และยังพบว่ายูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วที่สามารถเจริญเติบโตได้เร็วที่สุดภายใต้สภาวะที่มีความเค็ม เมื่อเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่นอีก 8 ชนิด[(1)] จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ศักยภาพในการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสจะลดลง แต่ยังสามารถงอกในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่มีความเค็ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายูคาลิปตัสเป็นพืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มสูงได้ในระยะงอก

จะเห็นได้ว่าพืชต่างชนิดกันและต่างพันธุ์กันมีความสามารถในการทนเค็มได้ต่างกัน (Table 6) ดังนี้

Table 6 Salinity level of nine perennial plant

Plant	Variety	Concentration of original research	Electrical Conductivity (dS/m)	Salinity Tolerance Level
Karandas	-	0.8% sea water	10 dS/m	High salinity tolerance
Grape	Soltanin, Fakhri	200 mM	20 dS/m	Extreme salinity tolerance
Seedless Grape	Yaghuti, Askari	100 mM	10 dS/m	High salinity tolerance
Pomegranate	Wounderful, Manfalouty	1,750 ppm	2.73 dS/m	Moderate salinity tolerance
Mulberry	S-30, M-5	8 dS/m	8 dS/m	Low salinity tolerance
Jujube	-	6.8 dS/m	6.8 dS/m	Moderate salinity tolerance
Tamarind	-	80 mM	8 dS/m	Moderate salinity tolerance
Guava	Pentecoste	3 dS/m	3 dS/m	Low salinity tolerance
	Paluma	8 dS/m	8 dS/m	Moderate salinity tolerance
Physic nut	KUBP 16, KUBP 20-4, KUBP 33-1, KUBP 34-8, KUBP 74, KUBP 78-9, KUBP 80-3, India, Mexico	0.8% NaCl	12.5 dS/m	High salinity tolerance
Eucalyptus	-	6% NaCl	93.75 dS/m	High salinity tolerance

สรุป

ศักยภาพการทนเค็มของพืชแต่ละชนิด จะมีศักยภาพการทนเค็มที่ต่างกัน โดยปัจจัยหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องคือ พันธุ์พืช จากการศึกษาศักยภาพการทนเค็มของไม้ยืนต้น 9 ชนิด สามารถแบ่งศักยภาพการทนเค็มได้ 4 ระดับ ดังนี้

1. ชนิดที่มีศักยภาพในการทนเค็มน้อย ได้แก่ ฝรั่ง และหม่อน
2. ชนิดที่มีศักยภาพในการทนเค็มปานกลาง ได้แก่ ทับทิม พุทรา และมะขาม
3. ชนิดที่มีศักยภาพในการทนเค็มมาก ได้แก่ มะนาวโห่ สบู่ดำ และยูคาลิปตัส
4. ชนิดที่มีศักยภาพในการทนเค็มจัด ได้แก่ องุ่น

เอกสารอ้างอิง

1. ณัฏฐ์สิริ ลักษณะอารีย์, มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์, ยุทธนา บรรจง, เอกพงษ์ ธนะวัติ. การคัดเลือกไม้โตเร็วทนเค็มด้วยวิธีการปลูกในสารละลายอาหาร. วารสารวนศาสตร์. 2557; 33(1) : 11-17.
2. สุมาลี ชูกำแพง. พืชในสภาวะเครียดเกลือ. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย. 2555; 4(1) : 15-24.
3. กรมพัฒนาที่ดิน. แผนที่การแพร่กระจายดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตราส่วน 1: 500,000 กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ; 2535.
4. อรุณี ยูวะนิยม. การจัดการดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. [Online].; 2547 [สืบค้นเมื่อ 2560 มกราคม 20. จาก : http://www.sri.cmu.ac.th/~environment/Download/050505.pdf.]
5. วันชัย วงษา. ดินเค็มและการปรับปรุงแก้ไข. [Online]; 2555 [สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2559. จาก: http://bophloi.kanchanaburi.doae.go.th/content/new%2057/005.pdf.]
6. อรุณี ยูวะนิยม. กลไกความทนเค็มของพืชชอบเกลือ. [Online]; 2536 [สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2559. จาก: http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Research/Full_Research_pdf/Full_Research_gr03/R3903F002.pdf.]
7. Tayyab, Azeem M, Qasim M, Ahmad R. Effect of sea salt irrigation on plant growth, yield potential and some biochemical attributes of *Carissa carandas*. Pak. J. Bot. 2016; 3: 853-859.
8. Bybordi A. Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. Life Sci. J. 2012; 9(4): 1092-1101.
9. Mohammadkhani N, Heidari R, Abbaspour N, Rahmani F. Growth responses and aquaporin expression in grape genotypes under salinity. Iranian J. Plant Physio. 2012; 2(4): 497-507.
10. Alirezanezhad A, Mohammadi A, Mohammadi N. Effect of different levels of salinity on two seedless grape cultivars 'Askari' and 'Yaghuti'. Int. J. Agr. Crop Sci. 2013; 5(6): 632-637.
11. Karimi HR, Hasanpour Z. Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). J. Plant Nutri. 2014; 37: 1-15.
12. Kaveh F, Alizadeh A, Babazadeh H, Tehranifar A, Tavousi M. Effects of drought and salinity on yield and water use efficiency in pomegranate tree. J. Mater. Environ. Sci. 2015; 6(7): 1975-1980.
13. Ibrahim HIM. Tolerance of two pomegranates cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress under hydroponic culture conditions. J. Basic. Appl. Sci. Res. 2016; 6(4): 38-46.
14. Agastian P, Kingsley SJ, Vivekanandan M. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica. 2000; 38(2): 287-290.
15. Abdel-Hameed AA, Ali FS. Effect of Salt and Water Stresses on Jujube Trees under Ras Sudr Conditions. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. 2015; 8(1): 92-107.
16. Gebauer J, Ebert G. Comparison of the salt tolerance of the two under-utilised fruit species, baobab (*Adansonia digitata* L.) and tamarind (*Tamarindus indica* L.). In Conference on International Agricultural Research for Development; 2005; Stuttgart-Hohenheim. p. 1-4.
17. Cavalcante ÍHL, Cavalcante LF, Hu Y, Beckmann-Cavalcante MZ. Water salinity and initial development of four guava (*Psidium guajava* L.) cultivars in northeastern Brazil. J. Fruit Orna. Plant Res. 2007; 15: 71-80.
18. da Silva A, Fernandes P, Gheyi H, Blanco F. Growth and yield of guava irrigated with saline water and addition of farmyard manure. Rev. Bras. Ciene. Agrar. Recife. 2008; 3(4): 354-359.
19. ณัฐวุฒิ ไชยวุฒิ, วีระพันธุ์ สรีดอกจันทร, อรุณศิริ กำลัง, แอนนา สายมณีรัตน์. การคัดเลือกสบู่ดำทนเค็มในระยะงอก. ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7; 2553; นครปฐม. 247-255.
20. สุริยันต์ ฉะอุ่ม, กัลป์ยาณี สามิภักดิ์, เกรียงไกร โมสาลียานนท์, รื่นฤดี วนัสสกุล, กัณยารัตน สุไพบูลย์วัฒน, เฉลิมพล เกิดมณี. ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นยูคาลิปตัสในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37; 2542;

กรุงเทพฯ. 205-210.

21. รังสรรค์ อิ่มเอิบ การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการดินเค็มในประเทศไทย กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2547.
22. อรุณี ยูวะนิยม. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน: 2546; 101 หน้า.
23. สมศรี อรุณินท์. ดินเค็มในประเทศไทย กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2539.
24. วิชิตพล มีแกว, ณัฐพล ขันธปราบ, สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. การปรับตัวของพืชภายใต้ภาวะที่มีความเค็ม. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 2553; 10(2): 28-37
25. Munns R, Cramer GR, Ball MC. Interaction between Rising CO_2 soil salinity and plant growth. *In*: Luo Y, Mooney HA. Carbon Dioxide and Environmental stress. 2013; 139-163.
26. ธวัชชัย ลีหน้าน้อย, ภูวดล โกมณเฑียร. พืชทนเค็มและพืชชอบเกลือบางชนิดที่พบในพื้นที่ดินเค็ม. สารวิจัยเพื่อชุมชน. 2557; 4(2): 33-37.
27. ASTV ผู้จัดการออนไลน์. องุ่นมีประโยชน์มากกว่าที่คุณคิด [Online]; 2557 [สืบค้นเมื่อ 6 เมษายน 2560. จาก: http://www.manager.co.th/Home/ViewNews.aspx?NewsID=9570000077481]
28. เจนนี่ เจา, สายสุณีย์ ลิ้มชูวงศ์, สมเกียรติ พรพิมลสุทธิมาศ, สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. ผลของความเครียดจากเกลือต่อปริมาณโพรลีนในแคลลัสสละ. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 2553; 1(2): p. 103-107.
29. MedThai. ทับทิม สรรพคุณและประโยชน์ของทับทิม 40 ข้อ. [Online]; 2559 [สืบค้นจาก 6 เมษายน 2560. จาก: https://medthai.com/ทับทิม/]
30. Tavousi, Kaveh F, Alizadeh. Effects of Drought and Salinity on Yield and Water Use Efficiency in Pomegranate Tree. J. Mater. Environ. Sci. 2015; 6(7): p. 1975-1980.
31. MedThai. หม่อน สรรพคุณและประโยชน์ของต้นหม่อน ใบหม่อน 50 ข้อ. [Online]; 2559 [สืบค้นจาก 6 เมษายน 2560. จาก: https://medthai.com/หม่อน/]
32. พรชัย ฝนทิพย์. ต้นพุทรา. [Online]; 2559 [สืบค้นจาก 6 เมษายน 2560. จาก: http://manmna123.blogspot.com/2016/01/zizyiphus-mauritiana-lamk.html]
33. MedThai. มะขาม สรรพคุณและประโยชน์ของมะขาม 42 ข้อ. [Online]; 2559 [สืบค้นจาก 6 เมษายน 2560. จาก: https://medthai.com/มะขาม/]
34. MedThai. ฝรั่ง สรรพคุณและประโยชน์ของฝรั่ง 33 ข้อ. [Online]; 2559 [สืบค้นจาก 6 เมษายน 2560. จาก: https://medthai.com/ฝรั่ง/]
35. MedThai. สบู่ดำ สรรพคุณและประโยชน์ของสบู่ดำ 64 ข้อ. [Online]; 2559 [สืบค้นจาก 6 เมษายน 2560. จาก: https://medthai.com/สบู่ดำ/