

ผลของเกลือสินเธาว์ที่มีต่อพัฒนาการของใบมะนาวให้

Effect of rock salt on development of Karanda leaves

สุพัตรา สารแสน¹, สกุนกานต์ สิมลา^{1*}, สุรศักดิ์ บุญแต่ง¹
และ เบ็ญพร กุลนิตย์¹

Suphattra Sarasean¹, Sakunkan Simla^{1*}, Surasak Boontang¹
and Benjaporn Kunlanit¹

บทคัดย่อ: การปลูกพืชทนเค็ม หรือพืชชอบเกลือ เป็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินเค็มโดยการหาพืชมาปลูก จึงได้ทำการประเมินผลของเกลือสินเธาว์ที่มีต่อพัฒนาการของใบมะนาวให้ ซึ่งเป็นขึ้นส่วนที่มีตลอดทั้งปี และมีสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ทางการแพทย์ คือ มีฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง ต้านอาการอักเสบและลดไข้ และมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยทำการประเมินความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ 6 ระดับ คือ 0, 0.15, 0.29, 0.44, 0.58 และ 0.73% ที่ 4 ระยะพัฒนาการของใบ คือใบอ่อน ใบเพสลาด ใบเจริญเต็มที่ และใบแก่ ผลการศึกษาพบว่า มะนาวให้สามารถทนความเค็มจากเกลือสินเธาว์ได้ถึงระดับความเข้มข้นที่ 0.29% โดยเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ($\leq 0.29\%$) ไม่ส่งผลให้ระยะเวลาการเกิดยอดใหม่ และระยะเวลาในการพัฒนาใบ 4 ระยะแตกต่างกัน และไม่ส่งผลให้ลักษณะความกว้าง ความยาว ขนาดพื้นที่ใบ น้ำหนักสด ค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ และค่าความสว่างของใบแตกต่างกัน แต่มีผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลือง และค่า SCMR แตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาสามารถใช้เป็นทางเลือกในการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดินเค็ม และยังเป็นการเพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกมะนาวให้ให้มากขึ้นอีกด้วย

คำสำคัญ: ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ, ระยะใบอ่อน ใบเพสลาด ใบเจริญเต็มที่ และใบแก่ของมะนาวให้, ค่าสีใบ และค่า SCMR ของใบ

ABSTRACT: Growing salt-tolerant or salt-preference crops were a good way to rehabilitation saline soils in crop production. The effect of rock salt on development of Karanda leaves were evaluated. Karanda leaves are available throughout the year. It also had the medical properties such as anti-cancer, anti-inflammatory and anti-microbial. Six concentration of rock salt consisting of 0, 0.15, 0.29, 0.44, 0.58 and 0.73% with four leaves developing stages such as leaflet, early mature, mature and late mature leaf were examined. The result founded that Karanda plant could tolerate to salinity from rock salt concentration at 0.29%. High concentrations of rock salt ($\leq 0.29\%$) was not effected to the days to bud burst and four stages of leaves unfolding and some morphological traits such as leaf width, leaf length, leaf area, leaf fresh weight, specific leaf area and L* value but it effected to a* value, b* value and SCMR. The results of this study can be used as an alternative way for salinity soil utilization of farmers and also increasing the planting area of Karandas.

Keywords: leaf morphology, leaflet, early mature, mature and late mature leaf developing stage, color value, leaf SCMR

Received December 26, 2018

Accepted May 23, 2019

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150

* Corresponding author: sakunkan.s@msu.ac.th, sakunkans@gmail.com

บทนำ

ดินเค็ม เป็นดินที่มีปริมาณเกลือสูง เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แห้งแล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทั้งในเขตชลประทานและเขตอาศัยน้ำฝน (ณัฐสิริ และคณะ, 2557) โครงการสิ่งแวดล้อมของสหประชาชาติ ระบุว่า พื้นที่ดินเค็มมีประมาณ 20% ของพื้นที่ทางการเกษตร และประมาณ 50% ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วโลก (สุมาลี, 2555) ดินเค็มในประเทศไทยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และพื้นที่ชายทะเล มีพื้นที่ประมาณ 21.7 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มมากที่สุด ประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งภาค คือ 17.8 ล้านไร่ และพื้นที่มีศักยภาพในการแพร่เกลืออีก 19.4 ล้านไร่ (อรุณี, 2547) และยิ่งไปกว่านั้นพื้นที่ดินเค็มมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี (สุมาลี, 2555) ในทางกายภาพแล้วพื้นที่ดินเค็มมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีการสูญเสียอินทรีย์วัตถุสูง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อพืช คือ 1) มีผลต่อการดูดน้ำของพืช โดยการเพิ่มแรงดันออสโมติกของสารละลายดิน ทำให้พืชแสดงอาการขาดน้ำ การเจริญเติบโตของพืชลดลง หรืออาจตายไป และ 2) เกิดมีธาตุบางชนิดในดินเค็มที่เป็นพิษแก่พืชโดยตรงหรือทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารเนื่องจากมีโซเดียม (Na) โบรอน (B) คลอไรด์ (Cl) หรือคาร์บอเนต (CO_3) มากเกินไป ผลกระทบทางอ้อมกับพืช คือ เกลือเข้าทำลายโครงสร้างของดิน ทำให้การซึมของน้ำในดินช้าลง คุณสมบัติทางกายภาพของดินเลวลง และยิ่งทำให้คุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป (วันชัย, 2555) ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกลือหินชั้นล่างสุดจะมีความหนาแน่นที่สุด และจากการที่ชั้นเกลือมีความหนาแน่นต่ำ (1.8-2.1 ตัน/ลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่ชั้นหินที่ปิดทับมีความหนาแน่นสูงกว่า (2.5-2.7 ตัน/ลูกบาศก์เมตร) จึงเกิดความแตกต่างของความหนาแน่น ระหว่างมวลทั้งสองชั้น ดังนั้นมวลเกลือจึงสามารถดันตัวเองให้ลอยขึ้นมา เกิดเป็นเนินเกลือ (salt pillow) โดมเกลือ (dome) หรือแท่งเกลือ (salt diapir) ซึ่งลำดับชั้นดั้งเดิมประกอบด้วย ชั้นเกลือหิน (rock salt) 3 ชั้นแทรกสลับกับหินตะกอนสีน้ำตาลแดง มีความหนาแน่นรวมกันประมาณ 300-400

เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) จะเห็นได้ว่าปัญหาดินเค็มมีผลกระทบต่อการเกษตร ทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพของพืชลดลง และพืชที่ไม่สามารถปรับตัวได้อาจต้องตายในที่สุด

การแก้ไขฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ ด้วยวิธีการลดระดับความเค็มดินลง และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยวิธีการต่างๆ นั้น ต้องลงทุนสูงและใช้เวลานาน (อรุณี, 2539) แต่ยังมีอีกทางเลือกที่เกษตรกรที่มีพื้นที่ดินเค็มสามารถฟื้นฟูสภาพเสื่อมโทรมของพื้นที่ได้เอง ด้วยวิธีการไม่ยุ่งยาก โดยควรใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มตามสภาพที่เป็นอยู่ ไม่ปล่อยให้พื้นดินว่างเปล่า ด้วยการคลุมดิน หรือมีการเพิ่มผลผลิตพืชโดยเปลี่ยนเป็นพืชที่เหมาะสมกับระดับความเค็มและสภาพพื้นที่ ได้แก่ การปลูกพืชทนเค็ม หรือพืชชอบเกลือ (วันชัย, 2555) ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามที่จะศึกษาหาชนิดของพืชที่สามารถปลูกในพื้นที่ดินเค็ม และหาระดับของความเค็มที่พืชชนิดนั้นๆ ทนได้ โดยมีรายงานการศึกษาว่ามะนาวโห่เป็นพืชที่มีศักยภาพในการทนเค็มมาก เนื่องจากสามารถทนเค็มได้ถึงความเค็มที่ระดับ 10 dS/m แสดงให้เห็นว่า มะนาวโห่เป็นพืชที่สามารถนำมาปลูกในพื้นที่ดินเค็มได้ มะนาวโห่เป็นผลไม้พื้นบ้านของไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Carissa carandas* Linn. อยู่ในวงศ์ Apocynaceae มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นไม้พุ่มยืนต้น สูงราว 2-5 เมตร ดอกมีสีชมพูหรือแดงอ่อน และมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ออกดอกตลอดปี ผลอ่อนจะมีสีชมพูอ่อนๆ และค่อยๆ เข้มขึ้นเป็นสีแดง จนกระทั่งสุกจึงกลายเป็นสีดำ เนื่องด้วยผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสีเข้มมากจนถึงดำ จึงจัดเป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่สำคัญ (สกุลกานต์ และคณะ, 2556) โดยต้นมะม่วงหาวมะนาวโห่มีส่วนต่างๆ ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย ได้แก่ ราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ผล เมล็ด น้ำยาง และยอดอ่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบที่มีตลอดทั้งปีมีสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ทางการแพทย์ คือ มีฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง การศึกษาถึงผลของสารสกัดมะนาวโห่ที่มีผลต่อเซลล์มะเร็งรังไข่ เซลล์มะเร็ง Caov-3 และเซลล์มะเร็งปอด โดยทำการ สกัดจาก 3 ชิ้นส่วน คือ ใบ ผลดิบ และผลสุก พบว่าสาร สกัดจากใบมะนาวโห่ด้วย chloroform สามารถต้าน กิจกรรมของเซลล์

มะเร็ง Caov-3 ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่สารสกัดจากผลดิบมะนาวให้ด้วย hexane สามารถต้านกิจกรรมของเซลล์มะเร็งปอดได้ (Sulaiman et al., n.d.; Philippine Medicinal Plants, 2012; Kumar et al., 2013) ต้านอาการอักเสบและลดไข้ในหนู สารสกัดที่ให้กับหนูที่ความเข้มข้น 200 มก./ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สามารถต้านอาการอักเสบจากการ บวมที่อุ้งเท้าของหนู ได้สูงถึง 72.10% ในส่วนของ ความสามารถในการลดอาการไข้ พบว่าที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สามารถลดอุณหภูมิที่เกิดจากอาการไข้ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถลดอาการได้นานถึง 4 ชั่วโมงหลังจากให้สาร สกัด (Hati et al., 2014) มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์การ ด้านเชื้อจุลินทรีย์ ในปัจจุบันนี้เชื้อยาที่เรียกว่ายา ปฏิชีวนะ ซึ่งมีผลข้างเคียงต่อมนุษย์ และทำให้จุลินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ตาย จึงมีความพยายามที่จะ หาสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้รักษาโรคติดเชื้อจากพืชสมุนไพร โดยมีรายงานการศึกษาถึงคุณสมบัติดังกล่าว ใน สารสกัดจากใบมะนาวให้ พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถต้านการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ดีกว่ายาปฏิชีวนะ Tetracycline (Agarwal et al., 2012) เป็นต้น ซึ่งมีรายงานในการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า เมื่อใบมะนาวให้จะมีระยะพัฒนาการเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารฟลูคาโนลิมเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกนำใบมะนาวให้ไปใช้ประโยชน์จึงควรพิจารณาที่ระยะใบแต่ละระยะ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากใบมะนาวให้ได้อย่างสูงสุด (ภานุวัฒน์ และคณะ, 2560) และนอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาเรื่องผลของการให้น้ำเค็มต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพการให้ผลผลิตของมะนาวให้ ซึ่งมีการให้น้ำกับพืช 3 รูปแบบ คือ การให้น้ำประปา ($EC_{iw}=0.6$ dS/m) การให้น้ำทะเลที่ความเข้มข้น 0.6% ($EC_{iw}=10$ dS/m) และ 0.8% ($EC_{iw}=13$ dS/m) พบว่า เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสูงต้นและปริมาตรทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยความสูงต้นเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในเดือนที่ 6 หลังจากให้น้ำเค็ม ส่วนปริมาตรทรงพุ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการใช้น้ำเค็มนาน 12 เดือน ในส่วนปริมาณของคลอโรฟิลล์ a และ b ในใบอัตราส่วนของคลอโรฟิลล์ a ต่อ b และอัตราส่วนของ

ของแคโรทีนอยด์ต่อคลอโรฟิลล์ พบว่าเมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณแคโรทีนอยด์กลับเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้น้ำทะเลที่ 0.6% ในลักษณะปริมาณของน้ำตาล และโปรตีนก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เมื่อมีความเค็มมากขึ้น ทำให้มีปริมาณลดลง ในขณะที่สารประกอบฟีนอลกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับความเค็ม และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระดับความเค็มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้จำนวนดอกและผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น (สดและแห้ง) และขนาดผล (ความกว้างและความยาว) ลดลง ในขณะที่มีการหลุดร่วงของดอกเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยมะนาวให้เป็นพืชที่มีสรรพคุณมากมายดังที่กล่าวไว้ข้างต้น อีกทั้งยังมีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็ม จึงได้ทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาที่มีต่อพัฒนาการในใบมะนาวให้ โดยผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นทางเลือกในการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดินเค็มได้ และยังเป็นทางเลือกในการเพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกมะนาวให้ให้มากขึ้น เพื่อให้เป็นที่รู้จักและนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายมากขึ้น

วิธีการศึกษา

การเตรียมต้นมะนาวให้

นำดินร่วน ปุ๋ยหมักเต็มอากาศ และเกล็ดดิบ อัตราส่วน 8: 2: 1 ผสมให้เข้ากัน โดยดินที่ใช้มีความจุสนามเท่ากับ 29.06% จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilt point) เท่ากับร้อยละ 16.82% และความสามารถในการเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ของดิน 12.24 มิลลิเมตร นำดินใส่ในกระถางพลาสติกขนาด 17 นิ้ว มีน้ำหนักรวม 35 กิโลกรัมต่อกระถาง ปรับระดับดินให้สม่ำเสมอ จากนั้นทำการย้ายปลูกต้นมะนาวให้ อายุ 2 ปี ที่เพาะเมล็ดจากต้นเดียวกัน และมีขนาดต้นใกล้เคียงกันลงในกระถางที่เตรียมวัสดุปลูกไว้ นำกระถางไปบนถาดรองกระถางวางในโรงเรือนที่มุงหลังคาพลาสติก โดยวางกระถางให้มีระยะห่างระหว่างต้น 1 เมตร และระยะห่างระหว่างแถว 0.75 เมตรดูแลต้นหลังย้ายปลูกโดยการให้น้ำประปาในปริมาณที่เท่ากันทุกกระถาง และมีการพรวนดินพร้อมกำจัดวัชพืช โรคและแมลงตามความเหมาะสม

การให้ความเค็มกับต้นมะนาวโห่

หลังจากปลูกต้นมะนาวโห่ใน 6 เดือน ทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อเตรียมให้ความเค็ม หลังจากนั้น 1 เดือน ทำการให้ความเค็ม โดยการชั่งเกลือสินเธาว์น้ำหนัก 0, 51.14, 102.28, 153.42, 204.56 และ 255.70 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร ลงในกระถางมะนาวโห่ที่มีการรดการให้น้ำ 3 วัน ตามค่าความจุสนามของดินในกระถางจะได้รับความเค็มตามสิ่งทดลอง คือ 0, 0.15, 0.29, 0.44, 0.58 และ 0.73% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อให้สารละลายเกลือสินเธาว์ลงในดินแล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าได้ 0.26, 0.88, 2.02, 2.25, 2.94 และ 3.32 ds/m ตามลำดับ

การดูแลรักษาภายหลังให้ความเค็ม

ดูแลโดยการให้น้ำประปาในปริมาณที่เท่ากันทุกกระถาง ในอัตรา 2 ลิตร/กระถาง โดยเป็นปริมาณที่น้ำซึมถึงก้นกระถางไม่ล้นออกจากกระถาง และมีการพรวนดินพร้อมกำจัดวัชพืช โรค และแมลงตามความเหมาะสม

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

อัตราการรอดชีวิต โดยนับจำนวนต้นที่รอดชีวิตหลังให้สารละลายเกลือสินเธาว์ 1 เดือน แล้วนำมาหาค่าอัตราการรอดชีวิตเทียบกับจำนวนต้นทั้งหมด มีหน่วยเป็น %

ค่าความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการตาย 50% (50% lethal dose: LD₅₀) โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างความเข้มข้นของ

สารละลายเกลือและจำนวนต้นที่รอดชีวิต แล้วคำนวณหาสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression: $y = a + bx$) โดย y คืออัตราการรอดชีวิต และ x คือความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ จากนั้นแทนค่าอัตราการรอดชีวิต (ค่า y) ด้วย 50 เพื่อหาค่าความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ (ค่า x) ที่ทำให้มีอัตราการรอดชีวิต 50% ได้เป็นค่า LD50

ระยะเวลาการเกิดยอดใหม่ และระยะเวลาในการพัฒนาใบ 4 ระยะ (Figure 1) ตามวิธีการของภานุวัฒน์ และคณะ (2560) ดังนี้

1) ระยะใบอ่อน (leaflet) คือ ระยะที่มีการพัฒนาใบจำนวน 3 คู่ โดยนับจากยอด (apical leaf) ลงมา ประกอบด้วยใบคู่ที่ 1 ถึงใบคู่ที่ 3 ซึ่งเป็นการเทียบเคียงกับการเก็บใบชา

2) ระยะใบเพสลาด (early mature leaves) คือ ระยะที่ใบไม่อ่อนหรือไม่แก่เกินไป เป็นใบคู่ที่ 5 นับจากปลายยอดลงมา

3) ระยะใบเจริญเติบโตเต็มที่ (mature leaves) คือ ระยะที่ใบมีการเจริญเติบโตเต็มที่ เป็นใบคู่ที่ 7 นับจากปลายยอดลงมา

4) ระยะใบแก่ (late mature leaves) คือ ระยะที่ใบเริ่มมีการเสื่อมสภาพ แต่ยังไม่เปลี่ยนสีใบ ซึ่งเป็นใบคู่ที่ 11 นับจากปลายยอดลงมา

ลักษณะสัณฐานวิทยาของใบทั้ง 4 ระยะ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว พื้นที่ใบ น้ำหนักสดใบ และน้ำหนักแห้งใบ ค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะ (specific leaf area: SLA) ค่า $L^* a^*$ และ b^* และค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ของใบ



Figure 1 Four developmental stage of Karanda leaves.

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะระยะเวลากการเกิดยอดใหม่ และระยะเวลาในการพัฒนาใบ 4 ระยะ ตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ 6 ต้น

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยา ปริมาณของสารพฤกษเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ วางแผนการทดลองแบบ 6×4 factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ 2 ต้น มี 2 ปัจจัย คือ ระดับความเค็ม 6 ระดับ ได้แก่ 0, 0.15, 0.29, 0.44, 0.58 และ 0.73% และระยะพัฒนาการของใบ 4 ระยะ คือ ระยะใบอ่อน ระยะใบเฟสลาด ระยะใบเจริญเต็มที่ และระยะใบแก่ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในลักษณะที่มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ผลการศึกษา

อัตราการรอดชีวิต

จากการประเมินผลของเกลือสินเธาว์ที่มีต่อการพัฒนาใบมะนาวให้ พบว่า เมื่อให้เกลือสินเธาว์ที่ความเข้มข้นมากขึ้นทำให้มีอัตราการรอดชีวิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ต้นมะนาวให้สามารถทนความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ได้ที่สูงที่สุดที่ 0.29% ซึ่งมีอัตราการรอดชีวิต 50% ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.44-0.73% ต้นมะนาวให้ไม่สามารถรอดชีวิตได้ มีอัตราการตาย 100% ของจำนวนต้นทั้งหมด (Figure 2) ดังนั้นผลการศึกษาในส่วนที่เหลือจึงทำการประเมินผลของเกลือสินเธาว์ที่ 3 ระดับ คือ 0, 0.15 และ 0.29% เท่านั้น

จากอัตราการรอดชีวิต พบว่า ความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ทำให้มีค่า LD_{50} เท่ากับ 0.29% (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าถ้ามีการให้เกลือสินเธาว์ที่ความเข้มข้น 0.32% ทำให้ต้นมะนาวให้มีอัตราการตาย 50%

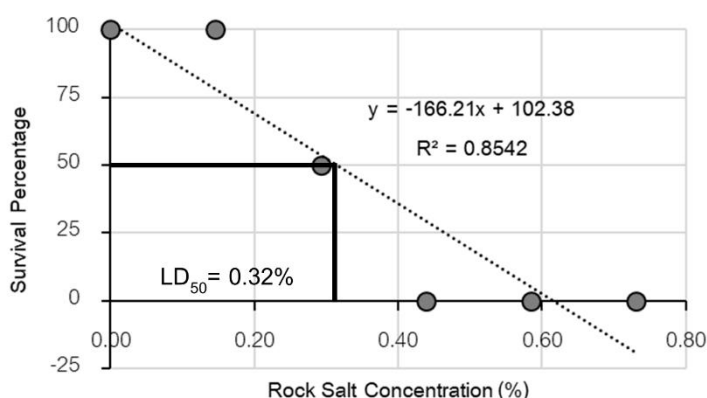


Figure 2 Effect of six rock salt concentrations (%) on survival percentage of Karandas plant.

ระยะเวลากการเกิดยอดใหม่ และระยะเวลาในการพัฒนาใบ 4 ระยะ

หลังจากให้เกลือสินเธาว์นาน 2 สัปดาห์ พบว่าใบของต้นมะนาวให้ที่ได้รับสารละลายเกลือเริ่มเปลี่ยนสี และร่วง และเกิดยอดใหม่ขึ้น โดยพบว่าระยะเวลากการเกิดยอดใหม่ของต้นมะนาวให้ที่ได้รับสารละลายเกลือทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ความเข้มข้น 0, 0.15 และ 0.29% มีจำนวนวันที่เกิดยอดใหม่เท่ากับ 10.5, 14.2 และ

10.5 วันหลังตัดแต่งกิ่ง ตามลำดับ (Table 1) ส่วนระยะพัฒนาการของใบทั้ง 4 ระยะ คือระยะใบอ่อน ระยะใบเฟสลาด ระยะใบเจริญเต็มที่ และระยะใบแก่ พบว่าการให้เกลือไม่มีผลต่อระยะพัฒนาการของใบมะนาวให้ โดยมีระยะเวลากการพัฒนาไปเป็นใบอ่อน ระยะเวลากการพัฒนาไปเป็นใบเฟสลาด ระยะเวลากการพัฒนาไปเป็นใบเจริญเต็มที่ และระยะเวลากการพัฒนาไปเป็นใบแก่ ที่ 11.7, 19.5, 44.5, 53.5 และ 68.2 วันหลังตัดแต่งกิ่ง ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effect of three rock salt concentrations (%) on days to bud burst and four stages of leaves unfolding

Rock Salt Concentration (%)	Day to Bud Burst (DAC ^{1/})	Day to Leaflet Unfolding (DAC)	Day to Early Mature Leaves Unfolding (DAC)	Day to Mature Leaves Unfolding (DAC)	Day to Late Mature Leaves Unfolding (DAC)
0	10.5	16.3	37.9	51.0	66.2
0.15	14.2	26.7	44.6	54.4	70.5
0.29	10.5	15.5	51.0	55.0	68.0
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	25.1	33.0	24.1	11.0	4.5

^{1/} DAC: Days after shoot cutting, ns: non-significant.

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบมะนาวให้หลังได้รับสารละลายเกลือในครั้งนี้ ทำการศึกษาในลักษณะความกว้าง และความยาวใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดใบ น้ำหนักแห้งใบ ค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะ ค่า $L^* a^*$ และ b^* และค่า SCMR ของใบ

ลักษณะความกว้าง และความยาวใบ พบว่า ความเข้มข้นของเกลือ จาก 0-0.29% ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวใบของต้นมะนาวให้ โดยมีความกว้างและความยาวใบระหว่าง 2.17-2.19 และ 3.53-3.64 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อใบมีระยะพัฒนาการเปลี่ยนไปจากระยะใบอ่อนไปเป็นระยะใบเจริญเต็มที่ พบว่า ความกว้างและความยาวใบมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) โดยมีความกว้างใบ 1.64, 2.24 และ 2.50 เซนติเมตร และความยาวใบ 2.91, 3.83 และ 4.32 เซนติเมตร ที่ใบระยะใบอ่อน ใบเพสลาด และใบเจริญเต็มที่ ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเข้าสู่ระยะใบแก่ความกว้าง (2.36 เซนติเมตร) มีค่าคงที่ ส่วนความยาวใบลดลง (3.27 เซนติเมตร) และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือและพัฒนาการของใบพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ($P > 0.05$) (Table 2)

ลักษณะพื้นที่ใบ พบว่า ต้นมะนาวให้ที่ได้รับความเข้มข้นของเกลือแตกต่างกันมีพื้นที่ใบไม่ต่างกัน แต่ระยะพัฒนาการที่ต่างกันทำให้ขนาดพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะพัฒนาการจากระยะใบอ่อนไปเป็นระยะใบเจริญเต็มที่ ใบมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจาก

4.06 ตารางเซนติเมตร ไปเป็น 9.52 ตารางเซนติเมตร (Table 2) และลดพื้นที่ใบลงเมื่อเข้าสู่ระยะใบแก่ (6.70 เซนติเมตร) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์และระยะพัฒนาการของใบในลักษณะพื้นที่ใบ ($P \leq 0.01$) โดยใบมะนาวให้ที่ระยะใบเจริญเต็มที่เมื่อได้รับความเข้มข้น 0.29% มีพื้นที่ใบมากที่สุด ที่ 13.20 ตารางเซนติเมตร ส่วนใบอ่อนที่ไม่ได้รับเกลือมีพื้นที่ใบน้อย คือ 3.71 ตารางเซนติเมตร (Table 2)

ลักษณะน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใบ พบว่า ความเค็มที่ต่างกันส่งผลให้น้ำหนักแห้งใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำหนักแห้งใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) ที่ความเค็ม 0.29% มีน้ำหนักแห้งใบเท่ากับ 56.81 มิลลิกรัมต่อใบ ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่มีน้ำหนักมากที่สุด (Table 2) และเมื่อระยะพัฒนาการของใบเปลี่ยนแปลงจากระยะใบอ่อนไปเป็นระยะใบแก่ พบว่า ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยน้ำหนักสดใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใบมีพัฒนาการจากระยะใบอ่อนเป็นระยะใบเพสลาด (84.71 และ 149.21 มิลลิกรัม ตามลำดับ) จากนั้นน้ำหนักสดใบคงที่เมื่อมีพัฒนาการไปจนถึงระยะใบแก่ ส่วนในลักษณะน้ำหนักแห้งใบพบว่าน้ำหนักแห้งใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใบมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นจากระยะใบอ่อนเป็นระยะใบเจริญเต็มที่ (25.07, 46.83 และ 53.27 มิลลิกรัม ตามลำดับ) จากนั้นน้ำหนักแห้งใบคงที่เมื่อพัฒนาการเป็นใบแก่ที่ 48.01 มิลลิกรัม (Table 2) และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์และระยะ

พัฒนาการของใบเฉพาะในลักษณะน้ำหนักแห้งใบเท่านั้น ($P \leq 0.01$) โดยใบเจริญเต็มที่ที่มีความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์ระดับ 0% เป็นระยะที่มีน้ำหนักแห้งใบมากที่สุด คือ 62.86 มิลลิกรัม (Table 2)

ลักษณะค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะ พบว่า ความ

เข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้นและระยะการพัฒนารูปของใบที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือสินเธาว์และระยะพัฒนาการของใบต่อค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะ (Table 2)

Table 2 Effect of three rock salt concentrations (%) with four development leaf stage on Karanda leaves morphology

Treatment	Leaf Width (cm)	Leaf Length (cm)	Leaf Area (cm ²)	Leaf Fresh Weight (mg)	Leaf Dry Weight (mg)	Specific Leaf Area (cm ² /mg)
Rock Salt Concentration (%)						
0	2.19	3.58	6.63	116.52	47.44 a	0.14
0.15	2.17	3.53	6.74	134.97	46.61 a	0.16
0.29	2.19	3.64	7.23	145.79	38.06 b	0.14
Leaf Stage Development						
Leaflet	1.64 b	2.91 c	4.06 c	84.71 b	25.07 c	0.15
Early Mature Leaves	2.24 a	3.83 ab	7.19 b	149.21 a	46.83 b	0.17
Mature Leaves	2.50 a	4.32 a	9.52 a	155.43 a	56.24 a	0.12
Late Mature Leaves	2.36 a	3.27 bc	6.70 b	140.38 a	48.01 ab	0.14
Treatment Combination						
0 % at Leaflet Stage	1.45	2.57	3.71 e	63.71	19.95 f	0.16
at Early Mature Leaves	2.48	4.02	8.32 b	147.59	59.69 ab	0.14
at Mature Leaves	2.44	4.16	8.01 b	147.29	62.86 a	0.13
at Late Mature Leaves	2.40	3.56	6.50 bcd	107.49	47.27 bc	0.14
0.15% at Leaflet Stage	1.60	2.88	3.99 e	78.64	26.26 ef	0.14
at Early Mature Leaves	2.28	3.65	7.38 bc	141.38	41.31 cde	0.22
at Mature Leaves	2.34	3.99	7.36 bc	161.64	60.88 ab	0.12
at Late Mature Leaves	2.44	3.59	8.23 b	158.24	58.00 ab	0.14
0.29% at Leaflet Stage	1.87	3.28	4.49 de	111.78	29.00 def	0.16
at Early Mature Leaves	1.96	3.81	5.88 b-e	158.65	39.50 cde	0.15
at Mature Leaves	2.71	4.81	13.20 a	157.35	45.00 bcd	0.11
at Late Mature Leaves	2.23	2.67	5.37 cde	155.40	38.75 cde	0.14
F-Test: NaCl	ns	ns	ns	ns	*	ns
Stage	**	**	**	**	**	ns
NaCl*Stage	ns	ns	**	ns	*	ns
CV (%)	16.70	21.09	27.64	28.36	25.79	34.47

ns: non-significant, **: significant at $P \leq 0.01$.

Mean with the same letter(s) of the same column in each factor and treatment combination was not significant different at $P \leq 0.05$, when comparing means with LSD method

Table 3 Effect of three rock salt concentrations (mM) with four development leaf stage on Karanda leaves color

Treatment		L* Value		a* Value		b* Value		SCMR (SPAD Unit)
		Dorsal Side	Ventral Side	Dorsal Side	Ventral Side	Dorsal Side	Ventral Side	
Rock Salt Concentration (mM)								
0		35.56	42.43	-5.73 a	-6.12 a	15.56 b	20.09 b	32.71 a
0.15		36.21	44.50	-6.23 a	-6.76 ab	19.38 a	23.90 a	26.86 b
0.29		37.17	42.48	-7.59 b	-7.20 b	21.60 a	24.90 a	31.96 a
Leaf Stage Development								
Leaflet		28.43 b	30.23 c	1.33 a	1.63 a	11.80 c	14.19 b	16.10 b
Early Mature Leaves		40.09 a	50.33 a	-10.01 c	-9.27 b	24.07 a	26.64 a	34.53 a
Mature Leaves		38.96 a	48.23 a	-7.91 b	-9.23 b	18.32 b	25.81 a	33.47 a
Late Mature Leaves		37.77 a	43.76 b	-9.49 c	-9.89 b	21.19 ab	25.22 a	37.93 a
Treatment Combination								
0 % at Leaflet Stage		23.01 d	22.73 f	4.56 a	5.50 a	2.37 e	0.49 d	11.03 d
	at Early Mature Leaves	40.32 a	50.87 a	-10.41 f	-9.96 d	23.35 ab	27.47 a	38.01 ab
	at Mature Leaves	40.07 a	50.11 ab	-8.26 de	-9.95 d	17.12 c	25.71 ab	37.36 ab
	at Late Mature Leaves	38.84 a	46.02 bc	-8.82 def	-10.07 d	19.41 bc	26.69 ab	44.43 a
0.15% at Leaflet Stage		29.08 c	30.92 e	2.66 b	0.99 b	11.30 d	14.67 c	11.21 d
	at Early Mature Leaves	39.86 a	50.90 a	-9.79 ef	-9.18 d	23.70 ab	27.26 a	29.77 bc
	at Mature Leaves	39.15 a	49.56 ab	-8.25 de	-9.10 d	20.85 abc	26.97 ab	31.24 bc
	at Late Mature Leaves	36.76 ab	46.62 abc	-9.54 ef	-9.76 d	21.66 abc	26.69 ab	35.22 b
0.29% at Leaflet Stage		33.20 bc	37.02 d	-3.22 c	-1.61 c	21.74 abc	27.42 a	26.08 c
	at Early Mature Leaves	40.09 a	49.22 abc	-9.83 ef	-8.69 d	25.16 a	25.20 ab	35.80 b
	at Mature Leaves	37.67 ab	45.02 c	-7.22 d	-8.64 d	16.99 c	24.74 ab	31.80 bc
	at Late Mature Leaves	37.72 ab	38.65 d	-10.10 f	-9.85 d	22.51 abc	22.26 b	34.15 bc
F-Test:	NaCl	ns	ns	**	*	**	**	*
	Stage	**	**	**	**	**	**	**
	NaCl*Stage	*	**	**	**	**	**	**
CV (%)		9.21	6.98	18.39	16.25	20.45	14.74	18.85

ns: non-significant, * and ** were significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively.

Mean with the same letter(s) of the same column in each factor and treatment combination was not significant different at $P \leq 0.05$, when comparing means with LSD method

ลักษณะค่าสีใบ พบว่า ความเข้มข้นของเกลือที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลือง (ค่าสี a^* และ b^*) ทั้งในหลังใบและท้องใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่มีผลทำให้ค่าความสว่าง (ค่า L^*) ของใบทั้งในหลังใบและท้องใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) โดยเมื่อมีความเข้มข้นของเกลือเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลืองของใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ความเค็มของเกลือที่ระดับ 0.29% เป็นระดับที่ทำให้ใบมีความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุดทั้งในส่วนหลังใบและท้องใบ (Table 3) ในส่วนของระยะพัฒนาการของใบ พบว่าระยะพัฒนาการของใบที่ต่างกันทำให้มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียว และค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพบว่าใบในระยะใบเพสลาดทั้งในหลังใบและท้องใบมีค่าความสว่างมากที่สุด ที่ 40.09 และ 50.33 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าความสว่างทั้งในหลังใบและท้องใบของใบในระยะใบเจริญเต็มที่ ที่ 40.07 และ 48.23 ตามลำดับ ส่วนใบอ่อนเป็นระยะที่มีค่าความสว่างทั้งในหลังใบและท้องใบน้อยที่สุด ที่ 28.43 และ 30.23 ตามลำดับ ส่วนลักษณะค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลือง พบว่า ในระยะใบเพสลาดเป็นระยะที่ใบมีค่าความเป็นสีเขียว และค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด (Table 3) และพบว่ามีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือดินเฮอร์และระยะพัฒนาการของใบในลักษณะค่าสีใบ ($P \leq 0.01$) โดยพบว่าใบในทุกความเข้มข้น เมื่อใบมีพัฒนาการจากใบอ่อนไปเป็นใบเพสลาด ทำให้มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียว และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นมีค่าคงที่ ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.29% ที่ค่าความเป็นสีเขียวของหลังใบมีค่ามากที่สุดในระยะใบแก่ (-10.10) (Table 3)

ค่า SCMR ของใบมะนาวโห่ ผลจากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่า SCMR มีความแตกต่างกัน โดยที่ความเข้มข้นของเกลือที่ 0 และ 0.29% เป็นระดับที่ทำให้มีค่า SCMR สูงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ 32.71 และ 31.96 SPAD unit ตามลำดับ และระยะพัฒนาการของใบที่ต่างกันก็ส่งผลให้ค่า SCMR ที่แตกต่างกัน โดยเมื่อใบมีระยะพัฒนาการเพิ่มมากขึ้น

ส่งผลให้มีค่า SCMR เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือดินเฮอร์และระยะพัฒนาการของใบต่อค่า SCMR โดยค่า SCMR ของแต่ละความเข้มข้นของเกลือมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะพัฒนาการของใบที่เพิ่มขึ้น โดยใบที่ระยะใบแก่ที่ไม่ได้รับเกลือเป็นใบที่มีค่า SCMR มากที่สุด ที่ 44.43 SPAD unit (Table 3)

วิจารณ์ผล

ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อให้ความเค็มแก่ต้นมะนาวโห่เพิ่มมากขึ้นถึง 0.44-0.73% ต้นมะนาวโห่ไม่สามารถทนทานต่อความเค็มถึงระดับนี้ได้ จึงทำให้แสดงอาการใบเหลือง ร่วง และตายในที่สุด โดยมะนาวโห่สามารถทนความเค็มได้ในระดับความเข้มข้นเพียง 0.29% ที่ความเค็มในระดับนี้มะนาวโห่มีอัตราการรอดชีวิต 50% ผลการศึกษาที่ได้มีความแตกต่างจากรายงานการศึกษาผลการใช้น้ำเค็มต่อการเจริญเติบโตและศักยภาพในการให้ผลผลิตของมะนาวโห่ที่ศึกษาการให้น้ำ 3 รูปแบบ คือ การให้น้ำประปา ($EC_{iw}=0.6$ dS/m) การให้น้ำทะเลที่ความเข้มข้น 0.6% ($EC_{iw}=10$ dS/m) และ 0.8% ($EC_{iw}=13$ dS/m) ซึ่งเป็นการใช้น้ำทะเลเพื่อทดแทนการให้น้ำจืดในการรดน้ำต้นมะนาวโห่ พบว่า เมื่อมีการให้น้ำทะเลที่มีความเค็มเพิ่มมากขึ้น ไม่พบการตายของต้นมะนาวโห่ แต่ศักยภาพในการให้ผลผลิตของมะนาวโห่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยยังมีการให้ผลผลิตอยู่มากกว่า 60% แสดงให้เห็นว่ามะนาวโห่เป็นพืชที่มีศักยภาพในการปลูกบนพื้นที่ดินเค็มได้ (Tayyab et al., 2016) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากรูปแบบการให้ความเค็มในการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Tayyab et al. (2016) ในเรื่องของกรให้ความเค็มที่ทำการให้ความเค็มทีละน้อยแต่ให้ตลอดการศึกษา แต่ในการศึกษานี้เป็นการให้ความเค็มเพียงครั้งแรกรั้งเดียว ซึ่งเป็นการให้ความเค็มในอัตราที่สูง จึงอาจเป็นสาเหตุให้พืชไม่สามารถปรับตัวให้รับกับความเค็มที่มีมากขึ้นอย่างทันที่ไม่ได้ ต่างจากงานที่มีการให้ความเค็มทีละน้อย ซึ่งการให้แบบนี้ต้นพืชสามารถปรับตัวให้รับกับความเครียดจากความเค็มที่เกิดขึ้นได้ จึงสามารถมีชีวิตรอดและสามารถให้ผลผลิตได้

ในส่วนของคุณลักษณะระยะเวลาการเกิดยอดใหม่ และระยะเวลาในการพัฒนาใบ 4 ระยะพบว่าความเค็มไม่มีผลทำให้ระยะเวลาดังกล่าวแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากเนื่องจากการปรับตัวของต้นมะนาวให้ทนทานต่อสภาพความเค็ม โดยพืชที่ขึ้นได้ในดินเค็มต้องมีกลไกบางอย่างเพื่อบรรเทาความเป็นพิษของเกลือ โดยอาจแบ่งกลไกออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ 1) การไม่ดูดเกลือเข้าไปหรือการหลีกเลี่ยงหรือการหนีความเค็ม โดยพืชจะพยายามปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพดินเค็ม ได้แก่ การปรับระบบโครงสร้างของรากให้แผ่กระจายไปยังจุดที่เค็มน้อยกว่า หรือปรับตัวเองให้มีการออกดอกช้าหรือเร็วกว่าปกติ เพื่อหนีช่วงที่เค็มจัดหรืออาจมีการฟื้นตัวอย่างรวดเร็วในขณะที่ความเค็มลดลง 2) การดูดเกลือเข้าไปแล้วสะสมเอาไว้ โดยเมื่อดูดเกลือเข้าไปแล้วอาจจะนำไปสะสมอยู่ในส่วนที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช เช่น สะสมในแวคิวโอล เพิ่มความหนาของใบ มีกลไกอุกวนน้ำ เพิ่มปริมาณของน้ำในเซลล์เพื่อให้ความเข้มข้นของเกลือลดลง เพิ่ม

ความเครียดของปากใบ ใบมีขนาดเล็กลงเพื่อให้คายน้ำน้อยลง นอกจากนี้มีการเลือกดูดธาตุโพแทสเซียมเข้าไปมากขึ้นหรือดูดธาตุโซเดียมน้อยลง มีการขนย้ายธาตุโซเดียมจากใบอ่อนไปใบแก่หรือสามารถสะสมธาตุโซเดียมไว้ตามลำต้น และราก เป็นต้น และ 3) การคายเกลือออกมา พืชบางประเภทมีต่อมเกลือ (salt gland) เพื่อคายเกลือออกมาได้ (สมศรี, 2539) ซึ่งในกรณีของมะนาวให้น่าจะใช้กลไกการคายเกลือออกมา ซึ่งเห็นได้จากการมีคราบเกลือเกาะอยู่ที่ผิวใบของมะนาวให้ โดยเฉพาะในต้นที่ได้รับความเค็มในปริมาณมาก (Figure 2) และเมื่อมีการขับเกลือออกมาแล้ว ต้นพืชจึงปรับตัวได้ ทำให้มีระยะเวลาในการพัฒนาใบในแต่ละระยะไม่แตกต่างกัน ส่วนต้นที่ได้รับความเค็ม 0.44% ขึ้นไป ที่พบว่าต้นมะนาวให้ไม่สามารถทนต่อความเค็มได้ทั้งหมด ถึงแม้ว่าจะมีความสามารถในการขับเกลือออกมา แต่ก็คายเกลือออกมาไม่มากพอ จึงก่อให้เกิดสภาวะเครียดเกลือ และตายในที่สุด

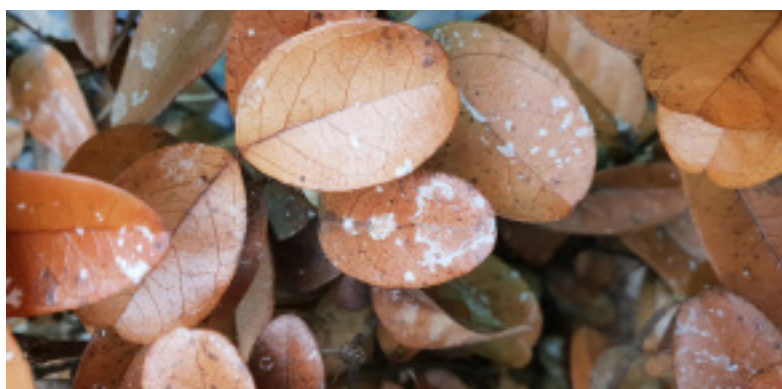


Figure 2 Salt flakes on Karandas leaves at 0.44% centration.

ผลของความเค็มที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าความเค็มไม่มีผลทำให้ลักษณะความกว้าง ความยาว ขนาดพื้นที่ใบ น้ำหนักสด ค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ และค่าความสว่างของใบแตกต่างกัน แต่มีผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลือง และค่า SCMR แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการที่ต้นมะนาวให้เกิดการปรับตัวโดยมีกลไกเพื่อบรรเทาความเป็นพิษของเกลือด้วยการคายเกลือออกมามากกว่าที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงทำให้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาส่วนใหญ่ของใบไม่แตกต่างกันเมื่อได้รับความเค็มเพิ่มมากขึ้น แต่การที่เมื่อได้รับความเค็มเพิ่มมากขึ้นแล้วมีผลทำให้ผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลือง และค่า SCMR เพิ่มมากขึ้นนั้น ตรงกับข้อมูลที่ถูกกล่าวไว้ว่าโดยส่วนใหญ่แล้วอาการที่พบเมื่อพืชได้รับความเค็มคือ คือ ใบมีขนาดเล็กลง ใบมีสีเขียวเข้มกว่าปกติ ใบหนาหรืออวบขึ้น ใบกรอบกระด้าง ใบไหม้จากปลายใบมายังโคนใบ และใบแก่ใหม่มาก่อนใบ

อ่อน (สมศรี, 2539) และลักษณะความเป็นสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับรายงานของ Tayyab et al. (2016) ที่พบว่า ความเค็มที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นด้วย

สรุป

ผลจากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่ามะนาวให้สามารถทนความเค็มจากเกลือสินเธาว์ได้ถึงระดับความเข้มข้นที่ 50 mM โดยเมื่อมีความเค็มเพิ่มมากขึ้นไม่ส่งผลให้ระยะเวลาการเกิดยอดใหม่และระยะเวลาในการพัฒนาใบ 4 ระยะแตกต่างกันและไม่ส่งผลให้ลักษณะความกว้าง ความยาว ขนาดพื้นที่ใบ น้ำหนักสด ค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ และค่าความสว่างของใบแตกต่างกัน แต่มีผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวและค่าความเป็นสีเหลือง และค่า SCLR แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2550. ดินเค็มในภาคอีสาน กับปัจจัยทางธรณีวิทยา. http://www.dmr.go.th/ewt_news.php?nid=1094&filename=saline_soil. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2560.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. แผนที่การแพร่กระจายดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตราส่วน 1: 500,000. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ณัฐสิริ ลิขณะอารีย์, มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ, ยุทธนา บรรจง และเอกพงษ์ ธนะวิติ. 2557. การคัดเลือกไม้โตเร็วทนเค็มด้วยวิธีการปลูกในสารละลายอาหาร. วารสารวนศาสตร์ 33: 11-17.
- ภานุวัฒน์ สีพันธ์, สกฤต กานต์ สิมลา, พัชรศิริ ตรีตระกูลศักดิ์ และ ชฎาพร เสนาคณ. 2560. ระยะพัฒนาการต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบมะนาวให้. วารสารแก่นเกษตร 45: 336-341.
- วันชัย วงษา. 2555. ดินเค็มและการปรับปรุงแก้ไข. <http://bophloi.kanchanaburi.doae.go.th/content/new%2057/005.pdf>. ค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2559.
- สกฤต กานต์ สิมลา, สรุศักดิ์ บุญแต่ง และ พัชรศิริ ตรีตระกูลศักดิ์. 2556. การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระใน *Carissa carandas* L. แก่นเกษตร 41 (ฉบับพิเศษ 1): 602-606.
- สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สุมาลี ชูกำแพง. 2555. พืชในสภาวะเครียดเกลือ. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 4: 15-24.
- อรุณี ยูวะนิยม. 2539. กลไกความทนเค็มของพืชชอบเกลือ. http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Research/Full_Research_pdf/Full_Research_gr03/R3903F002.pdf. ค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2559.
- อรุณี ยูวะนิยม. 2547. การจัดการดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. <http://www.sri.cmu.ac.th/~environment/Download/050505.pdf>. ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2560.
- Agarwal, T., R. Singh, A.D Shukla, and I. Waris. 2012. In vitro study of antibacterial activity of *Carissa carandas* leaf extracts. Asian J Plant Sci Res. 2: 36-40.
- Hati, M., B.K. Jena, S. Kar, and A.K. Nayak. 2014. Evaluation of anti-inflammatory and anti-pyretic activity of *Carissa carandas* L. leaf extract in rats. J. Pharm. Chem. Bio. Sci. 1(1): 18-25.
- Kumar, S., P. Gupta, and V. Gupta K.L. 2013. A critical review on Karamarda (*Carissa carandas* Linn.). Int. J. Pharm. Bio. Arch. 4: 637 -642
- Philippine Medicinal Plants. 2012. Caranda. <http://goo.gl/kBShxE>. Accessed Aug. 6, 2014.
- Sulaiman, S.F., W.S. Teng, O.K. Leong, S.R. Yusof, and T.S.T. Muhammad. (n.d.). Anticancer study of *Carissa carandas*

extracts. <http://goo.gl/W2WjSG>.

Accessed May 16, 2014.

Tayyab, M. Azeem, M. Qasim and R. Ahmad.
2016. Effect of sea salt irrigation on
plant growth, yield potential and some
biochemical attributes of *Carissa*
carandas. Pak. J. Bot. 3: 853-859.