

อิทธิพลการรุกกล้ำน้ำเค็มต่อคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทอง

Effects of Seawater Intrusion on Water Quality in 'Namdokmai Sithong' Mango Orchards

ทราย ห้วยหงษ์ทอง และ สุกัญญา แยมประชา^{*}
Sai Huaihongthong and Sukunya Yampracha^{*}

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

^{*}Corresponding author: Email: sukunya.ya@kmitl.ac.th

(Received: 27 February 2023; Accepted: 11 May 2023)

Abstract: The objective of this study was to investigate the effect of seawater intrusion on the water quality of 'Namdokmai Sithong' mango orchards. The water samples of 7 mango orchards along the Bang Pakong River in Khlong Khuean Sub-district, Khlong Khuean District, Chachoengsao Province, Thailand were sampled from November 2021 to May 2022. The distance of all mango orchards far from the Bang Pakong River estuary is around 88 - 93 km. The results showed that the seawater mixing ratio (F) in the orchard 1, 2, 4, and 5 values were higher than 2 % since February affecting the electrical conductivity (EC), salinity, sodium ion concentration (Na), sodium adsorption ratio (SAR) and soluble sodium percentage (SSP) exceeded the acceptable limits for the agricultural water use. The F values in orchards 3 and 7 were 1.20 % and 1.87 %, respectively causing the water quality e.g., EC, Salinity, Na, SAR and SSP to be higher than the accepted value. The value of seawater mixing ratio in orchard 6 was 0.57 %, which was suitable for agricultural water use except EC. Therefore, it was concluded that the seawater mixing ratio of the mango orchard is higher than 2 %, impacting the water properties associated with water salinity which are not suitable for the growth of 'Namdokmai Sithong' mango.

Keywords: Salinity, seawater intrusion, water quality

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบการรุกรานน้ำทะเลต่อคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 7 สวน ในตำบลคลองเขื่อน อำเภอลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง 88 - 93 กิโลเมตร ศึกษาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2565 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ผลการศึกษาพบว่า สวนที่ 1, 2, 4 และ 5 เริ่มมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ทำให้สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน สัดส่วนการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ เกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเกษตร สวนที่ 3 และ 7 มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 1.20 และ 1.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน สัดส่วนการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเกษตร ในขณะที่สวนที่ 6 มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 0.57 เปอร์เซ็นต์ สมบัติของน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้า จึงอาจสรุปได้ว่าหากสัดส่วนของน้ำเค็มในสวนมะม่วงมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้สมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็มไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

คำสำคัญ: ความเค็ม การรุกรานของน้ำทะเล คุณภาพน้ำ

คำนำ

สภาวะโลกร้อน (global warming) ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น (sea level rise: SLR) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญต่อการรุกรานของน้ำเค็มจากมหาสมุทรไหลเข้าสู่แม่น้ำ (Alfarrah and Walraevens, 2018; Bayabil *et al.*, 2021) ประเทศไทยมีแม่น้ำสายสำคัญจำนวนมากที่ปากแม่น้ำติดอ่าวไทย แม่น้ำบางปะกงเป็น 1 ใน 4 ของแม่น้ำที่มีปากแม่น้ำติดอ่าวไทยตอนบน มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในภาคตะวันออก และเป็นแม่น้ำสายหลักของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีการใช้ประโยชน์ทั้งการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม เป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปา เป็นเส้นทางคมนาคมทางน้ำที่สำคัญ เป็นสายน้ำหล่อเลี้ยงชุมชนที่ตั้งถิ่นฐานสองฝั่งแม่น้ำ แหล่งทำการประมง และแหล่งปลูกพืชที่สำคัญ ได้แก่ นาข้าว ไม้ผล และไม้ยืนต้น (Hydro Informatics Institute, 2012) ไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญคือ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (geographical indication: GI) ของจังหวัดฉะเชิงเทรา (Land Development Department, 2021) ในปี พ.ศ. 2563 จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่เพาะปลูก 22,654 ไร่ ซึ่งมากที่สุดภาคตะวันออก โดยแหล่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีชื่อเสียงคือ

อำเภอลองเขื่อน มีพื้นที่เพาะปลูก 2,556 ไร่ หรือ 11 เปอร์เซ็นต์ ของจังหวัดฉะเชิงเทรา (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2021) การรักษาคุณภาพผลผลิตให้อยู่ในระดับมาตรฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาการดูแลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองยุ่งยากกว่าในอดีต เนื่องจากในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของทุกปี น้ำทะเลจะหนุนน้ำจืดขึ้นไปถึงจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดนครนายก ทำให้น้ำจืดใช้ ต้องรอถึงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม น้ำจืดจะผลักดันน้ำเค็มออกสู่อ่าวไทย (Arunpark, 2005) ในปัจจุบันนี้พบว่า ในช่วงฤดูแล้งสถานการณ์การรุกรานของน้ำเค็มรุนแรงมากขึ้นประกอบกับสภาวะโลกร้อน ทำให้อัตราการขึ้นน้ำทะเลสูงขึ้น ปริมาณน้ำจืดที่ได้จากการระบายน้ำในช่วงประมาณเดือนธันวาคมถึงมกราคมของทุกปี จากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จำนวน 6 เขื่อน ได้แก่ อ่างเก็บน้ำสิยัด อ่างเก็บน้ำระบม อ่างเก็บน้ำขุนด่านปราการชล อ่างเก็บน้ำพระสทิ อ่างเก็บน้ำพระปรอง และอ่างเก็บน้ำนฤปดินทรจินดา (Royal Irrigation Department, 2022) ไม่สามารถผลักดันน้ำเค็มออกสู่อ่าวไทยได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้เกิดการรุกรานของน้ำทะเลเข้าสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ หหนอง บึง แหล่งน้ำชลประทานเป็นบริเวณ

กว้าง จึงสร้างความเดือนร้อนแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่สองฝั่งแม่น้ำบางปะกง ทำให้ขาดแคลนน้ำจืดสำหรับอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรม และการเกษตรเป็นสำคัญ เกษตรกรที่เพาะปลูกไม้ผลหรือไม่ยืนต้นบริเวณฝั่งแม่น้ำบางปะกง จึงมีวิธีการจัดการกับปัญหาโดยการยกทรงเพื่อเก็บน้ำจืดไว้ใช้ในช่่วงฤดูแล้ง และเมื่อถึงช่่วงการรูก้าน้ำของน้ำทะเลเกษตรกรจะมีการปิดประตูระบายน้ำเพื่อไม่ให้น้ำเค็มเข้าสวนได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความเค็มได้เต็มประสิทธิภาพจึงทำให้น้ำทะเลรูก้าน้ำเข้ามาในสวนได้

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช สมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็มที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียม ความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่แสดงในรูปสัดส่วนการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (Brindha and Elango, 2011; Kumar *et al.*, 2016; Mastoi *et al.*, 2022) โดยสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำใช้เพื่อการเกษตรไม่ควรเกิน 1.25 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (Chaiyapinan, 2005) จัดอยู่ในประเภทของน้ำเค็มสูง (Richard, 1954) มาตรฐานค่าความเค็มสำหรับการเกษตรไม่ควรเกิน 2.0 กรัมต่อลิตร (Chaiyapinan, 2005; Rasmeemasmuang *et al.*, 2022) สัดส่วนการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ไม่ควรเกิน 4 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Chaiyapinan, 2005) ในขณะที่ Kumar *et al.* (2016) รายงานว่าคุณภาพน้ำของน้ำใต้ดินและน้ำชลประทานที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเกษตรควรมีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ หากสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม สัดส่วนการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ มีค่าเกินค่ามาตรฐานจะส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชโดยเฉพาะพืชไม้ทนเค็ม อย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง หากเกิดการสะสมเกลือในดินบริเวณรากพืช ทำให้พืชไม่สามารถดึงน้ำจากดินได้ตามปกติ เนื่องจากความดันออสโมติกที่รากพืชสัมผัสกับสารละลายที่มีเกลือในความเข้มข้นสูงทำให้เกิดความแตกต่างของศักย์ (water potential)

จึงเป็นผลให้พืชนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลงตามความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มสูงขึ้น (Mateo-Sagasta and Burke, 2010; Phuphanutada and Lapcharoensuk, 2017) พืชมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง มีอาการคล้ายพืชขาดน้ำ เช่น ใบเหี่ยว ใบหนาขึ้น และใบเหลือง เป็นต้น (Bernstein, 1975; Pessarakli, 1999) นอกจากความเค็มแล้วนั้น การรูก้าน้ำของน้ำทะเล ยังส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของไอออนในแหล่งน้ำ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ และซัลเฟตเพิ่มสูงขึ้นทำให้เป็นพิษต่อพืช เนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของไอออนหรือมีปริมาณมากเกินไปจนความต้องการของพืชจนเป็นพิษ ผลกระทบที่อันตรายของความเครียดที่เกิดจากความเค็มคือการสะสมของโซเดียมไอออนในเนื้อเยื่อพืช ดังนั้น พืชที่ไวต่อการได้รับโซเดียมมากเกินไปจนความต้องการ พืชแสดงอาการใบไหม้ หรือขอบใบแห้ง เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณนั้นถูกทำลาย (Isayenkov and Maathuis, 2019) และการสะสมคลอไรด์ไอออนในเนื้อเยื่อพืช (Gupta and Huang, 2014) ทำให้เป็นพิษต่อพืช คลอไรด์เป็นไอออนลบเช่นเดียวกับไนเตรท (NO_3^-) และฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ดังนั้น เมื่อสารละลายดินมีคลอไรด์อยู่มากทำให้เกิดการยับยั้งการดูดใช้ในเตรท และฟอสเฟตของพืช (Geilfus, 2018) การสะสมคลอไรด์ไอออน ทำให้พืชลดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชเกิดอาการใบเหลือง (chlorosis) หรือใบไหม้ ส่งเสริมให้เกิดการสังเคราะห์อนุมูลอิสระในรูปแบบของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species: ROS) และการตายของเนื้อเยื่อ (necrosis) (Tavakkoli *et al.*, 2010) ด้วยเหตุนี้การรูก้าน้ำของน้ำเค็ม จึงทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพดินและการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง ดังนั้น แหล่งน้ำจืดในพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำบางปะกง ย่อมได้รับผลกระทบโดยตรงไม่มากนักน้อย งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของความเค็มจากการหนุนของน้ำทะเลต่อคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 7 ส่วน โดยทั้ง 7 ส่วน เป็นพื้นที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพียงพันธุ์เดียว ทุกส่วนมีการจัดการเพาะปลูกแบบยกร่อง ส่วนที่ 1 ถึง 5 ได้รับน้ำจากแม่น้ำบางปะกงโดยตรง ส่วนที่ 6 และ 7 ได้รับน้ำจากคลองชลประทาน ทั้ง 7 ส่วนห่างจากริมฝั่งแม่น้ำบางปะกงไม่เกิน 3 กิโลเมตร และห่างจากปากแม่น้ำ

บางปะกง 88 - 93 กิโลเมตร (Figure 1b) เก็บตัวอย่างน้ำทะเล บริเวณอ่าวไทยที่ตำบลสองคลอง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา (Figure 1a) เพื่อนำไปคำนวณสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มระยะเวลาการศึกษา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ปริมาณน้ำฝนรวมตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ 938.3 มิลลิเมตร เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดคือเดือนธันวาคม เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร เดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 585.9 มิลลิเมตร (Figure 2)

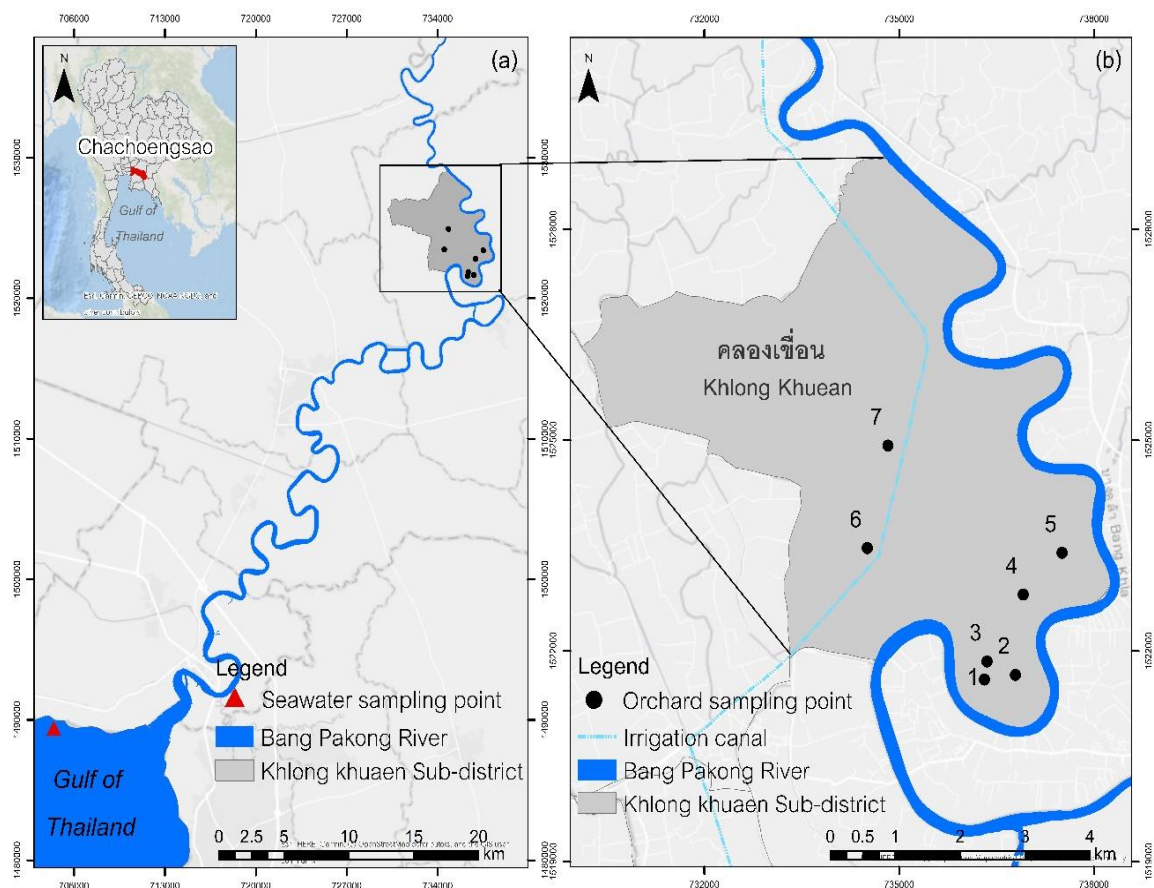


Figure 1. Seawater sampling point in Gulf of Thailand (a) and water sampling point in 'Namdokmai Sithong' mango orchards in Khlong Khuuan district, Chachoengsao province (b)

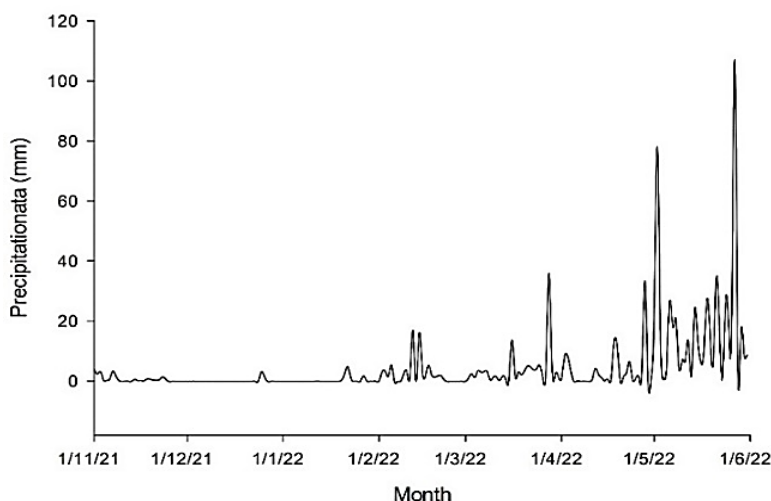


Figure 2. The daily changes of precipitation in Khlong Khuean district, Chachoengsao province during November 2021 - May 2022

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำทะเล 1 จุด (Figure 1a) ตัวอย่างน้ำทั้งหมด 7 สวน (Figure 1b) ตัวอย่างละ 2 ขั้ว โดยใช้ขวดแก้ว Duran® (borosilicate glass) ขนาด 1 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำทะเล ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 100 เซนติเมตร ตัวอย่างน้ำในสวนมะม่วง เลือกตำแหน่งที่อยู่กึ่งกลางความกว้างของร่องมะม่วง ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 50 เซนติเมตร (Pollution Control Department, 2010) เก็บตัวอย่างน้ำภายใน สัปดาห์แรกของแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ในช่วงเวลา 9.00 - 12.00 น. ในแต่ละครั้งตรวจวัดคุณภาพน้ำใน ภาคสนาม ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ด้วย pH meter (HANNA รุ่น HI 8424) และสภาพการนำไฟฟ้า โดยใช้ electrical conductivity meter (HANNA รุ่น HI 8733) ตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมีในห้องปฏิบัติการ โดยเก็บตัวอย่างน้ำบรรจุภาชนะที่รักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ทันทีเมื่อถึงห้องปฏิบัติการ โดยกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 Whatman™ เพื่อ วิเคราะห์ปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และโซเดียม (Na^+) โดยใช้ เครื่อง inductively coupled plasma-optical emission

spectrometer (ICP-OES) และคลอไรด์ (Cl) วิเคราะห์ ด้วยวิธี Mohr's titration method (Motsara and Roy, 2008) ทุกพารามิเตอร์วิเคราะห์ 2 ขั้ว คำนวณความเค็ม (salinity) (สมการที่ 1) สัดส่วนการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio: SAR) (สมการที่ 2) (Estefan *et al.*, 2013) เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (soluble sodium percentage: SSP) (สมการที่ 3) (Kumar *et al.*, 2016) และสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (seawater mixing ratio: F) (สมการที่ 4) (Arslan and Demir, 2013)

$$\text{Salinity (g L}^{-1}\text{)} = \text{EC(mS cm}^{-1}\text{)} \times 0.64 \quad (1)$$

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}{2}}} \quad (2)$$

$$\text{SSP(\%)} = \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+]} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{F(\%)} = \frac{[\text{Cl}_{\text{sample}}] - [\text{Cl}_{\text{Fresh}}]}{[\text{Cl}_{\text{sea}}] - [\text{Cl}_{\text{Fresh}}]} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ F = สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม หน่วย เปอร์เซ็นต์
 $\text{Cl}_{\text{Sample}}$ = ความเข้มข้นคลอไรด์ของตัวอย่าง
 หน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร

Cl_{Fresh} = ความเข้มข้นคลอไรด์ของน้ำจืด หน่วย
มิลลิกรัมลิตร

Cl_{Sea} = ความเข้มข้นคลอไรด์ในน้ำทะเล หน่วย
มิลลิกรัมลิตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance: ANOVA) ระหว่างเดือนภายในสวนเดียวกัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออน สัดส่วนการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ และสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างเดือนภายในสวนเดียวกันและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสวนโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความเป็นกรดต่าง

ความเป็นกรดต่างของน้ำทั้ง 7 สวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกเดือน พบว่า สวนที่ 1 มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สวนที่ 6 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) และความแตกต่างระหว่างเดือนมีผลต่อความเป็นกรดต่างของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า สวนที่ 1 และ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเดือนธันวาคมสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 7.08 และ 7.50 ตามลำดับ สวนที่ 3 มีแนวโน้มสูงสุดในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 7.48 แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 7.26 และ 7.26 ตามลำดับ สวนที่ 4 และ 6 มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 7.22 และ 8.41 ตามลำดับ สวนที่ 5 มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่นมีค่าเท่ากับ 7.38 และสวนที่ 7 มีแนวโน้มสูงสุดเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 7.70 แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 7.44 (Figure 3) จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำ

ของทุกสวนมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะปลูกพืชอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5 มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (Royal Irrigation Department, 2015) ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษอยู่ที่ 5 ถึง 9 มีสภาพเป็นกรดจัดถึงด่างจัด เห็นได้ว่า ความเป็นกรด-ด่างของน้ำทุกสวนตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะปลูกพืช

สภาพการนำไฟฟ้า

สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทั้ง 7 สวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกเดือน พบว่า สวนที่ 1 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือสวนที่ 4 และ 5 ตามลำดับ (Figure 4) ในขณะที่สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทั้งหมด 7 สวน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (Figure 4) พบว่า เดือนมีนาคมมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เท่ากับ 4.09, 2.20, 1.69, 2.86 และ 2.77 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ สภาพการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม และสูงสุดเดือนมีนาคม จากนั้นลดลงในเดือนเมษายนและพฤษภาคม ตามลำดับ โดยพบว่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมของทุกสวนสูงกว่า 1.25 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งเกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเพาะปลูกพืช (Chaiyapinan, 2005) จัดอยู่ในสภาพที่น้ำมีความเค็มสูงตามการจัดแบ่งคุณภาพน้ำของ USDA (Richard, 1954) ค่าความเค็มในแม่น้ำบางปะกงซึ่งห่างจากปากแม่น้ำบางปะกงเป็นระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ.2553 - 2562) เท่ากับ 6.28 กรัมต่อลิตร และพบว่า บางปีนั้นมีค่าเกือบถึง 20 กรัมต่อลิตร ขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากการหนุนของน้ำทะเล (Chitradon, 2016; Hensawang and Chanpiwat, 2021) นอกจากนี้ เห็นได้ว่าสภาพการนำไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาทั้งสิ้น 7 เดือนของสวนที่ 6 และ 7 มีแนวโน้มต่ำกว่าสวนอื่น อาจเนื่องจากทั้ง

2 สวนได้รับน้ำจากคลองชลประทาน ในขณะที่พื้นที่สวนที่ 1 ถึง 5 ห่างจากแม่น้ำบางปะกงไม่เกิน 1 กิโลเมตร และได้รับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำบางปะกง สอดคล้องกับการศึกษาของ Marine Department (2021) ได้รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง มีสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำลดลงตามระยะห่างจาก

ปากแม่น้ำบางปะกงตรวจวัดในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 โดยบริเวณอำเภอกลองเชื่อนมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าประมาณ 12 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 แม่น้ำบางปะกงบริเวณอำเภอกลองเชื่อน มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 6.80 - 13.90 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (Shwe *et al.*, 2022)

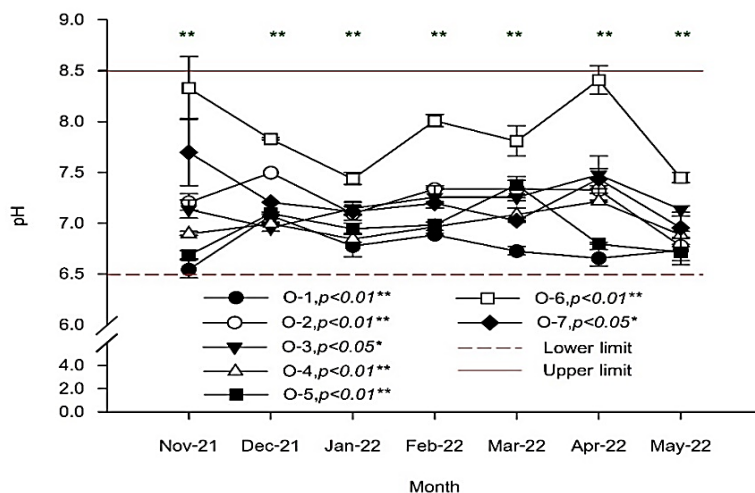


Figure 3. The monthly changes of pH value from water samples in orchards during November 2021 - May 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively **means significant difference at $P < 0.01$ in each month
Remark: The suitable range of agricultural water is 6.5-8.5 (Royal Irrigation Department, 2015)

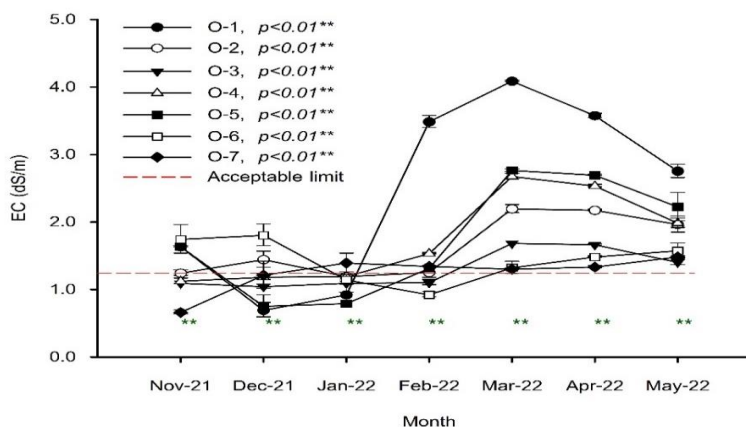


Figure 4. The monthly changes of EC value from water samples in orchards during November 2021 - May 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively **means significant difference at $P < 0.01$ in each month
Remark: The acceptable limit of EC for agricultural water is not over 1.25 dS/m (Chaiyapinan, 2005)

ความเค็ม

ผลการศึกษาความเค็มสอดคล้องกับสภาพการนำไฟฟ้า พบว่า ค่าความเค็มของน้ำทั้ง 7 สวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกเดือน (Figure 5) โดยเดือนมีนาคมมีความเค็มสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.62, 1.40, 1.08, 1.72 และ 1.77 กรัมต่อลิตรตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่าความเค็มของสวนที่ 2, 3 และ 5 เดือนมีนาคมไม่แตกต่างทางสถิติกับเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 1.40, 1.07 และ 1.73 กรัมต่อลิตรตามลำดับ พบได้ว่าตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนค่าความเค็มของสวนที่ 1 มากกว่า 2 กรัมต่อลิตร (Figure 5) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานความเค็มสำหรับน้ำใช้เพื่อการเกษตร (Chaiyapinan, 2005) ซึ่งสวนที่ 4 และ 5 มีความเค็มประมาณ 1.72 และ 1.77 กรัมต่อลิตรตามลำดับ มีแนวโน้มที่สูงเกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร จึงอาจจะส่งผลให้เกิดการสะสมเกลือในดิน และส่งผลให้พืชที่ปลูกได้รับผลกระทบต่อความเค็มของน้ำโดยตรง เนื่องจากสาเหตุ 3 ประการ ได้แก่ ความเค็มของดิน ความเค็มทำให้พืชขาดแคลนธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และเกิดความเป็นพิษของโซเดียมและคลอไรด์ ที่พืชดูดไปสะสม (Carillo *et al.*, 2011; Kotuby-Amacher *et al.*, 2000) มะม่วงจัดอยู่ในกลุ่มไม้ผลทนเค็มน้อย (Kenta, 2021) จึงพบอาการเหี่ยวใบไหม้จากปลายใบเข้าไปในสวนที่ 1 ดังนั้น อาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ ในขณะที่สวนที่ 6 ค่าความเค็มมีแนวโน้มสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 1.16 กรัมต่อลิตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเดือนพฤศจิกายน และพฤษภาคม มีค่าเท่ากับ 1.12 และ 1.01 กรัมต่อลิตรตามลำดับ สวนที่ 7 เดือนพฤศจิกายนมีความเค็มต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น เท่ากับ 0.43 กรัมต่อลิตร ในขณะที่เดือนพฤษภาคมมีความเค็มสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.95 กรัมต่อลิตร จากผลการศึกษาพบว่าค่าความเค็มของทุกสวนยกเว้นสวนที่ 1 ตลอดระยะเวลาการศึกษา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทาง

การเกษตร กรณีที่สวนที่ 1 มีค่าความเค็มสูงกว่าสวนอื่น อาจเนื่องมาจากใช้น้ำโดยตรงจากแม่น้ำบางปะกง และตำแหน่งของสวนอยู่ใกล้ปากแม่น้ำกว่าสวนอื่น (Figure 1) และเจ้าของสวนที่ 1 มีการสูบน้ำเข้าสวนในเดือนมกราคม และเดือนมีนาคมครั้ง ในขณะที่ยสวนที่ 2, 3, 6 และ 7 มีการสูบน้ำเข้าสวนในช่วงเดือนมกราคม สวนที่ 4 และ 5 สูบน้ำเข้าสวนในช่วงเดือนมีนาคมเพียงครั้งเดียว ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 แม่น้ำบางปะกงบริเวณอำเภอดงเค็งมีค่าความเค็มเท่ากับ 0.15 - 0.30 กรัมต่อลิตร ในขณะที่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 มีค่าความเค็มเท่ากับ 0.20 - 11.58 กรัมต่อลิตร (Shwe *et al.*, 2022)

ความเข้มข้นของโซเดียม

ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออนของทั้ง 7 สวน และแต่ละเดือนภายในสวนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 6) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออนของสวนที่ 1 สูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น และมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 24.57 และ 4.63 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในขณะที่สวนที่ 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 13.07, 9.82, 14.96 และ 16.02 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออนเดือนเมษายนของสวนที่ 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 14.35 และ 14.94 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ สวนที่ 6 มีปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 8.63 มิลลิกรัมต่อลิตร (Figure 6) เห็นได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไอออนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน และลดลงในเดือนพฤษภาคม เนื่องจากช่วงเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาต่ำสุด และเพิ่มสูงขึ้น โดยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม (Figure 2) สวนที่ 1, 2, 4 และ 5 ช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน มีปริมาณความเข้มข้น

ของโซเดียมไอออนสูงกว่า 10 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่อันตรายต่อพืช ไม่เหมาะสำหรับใช้น้ำเพื่อการเกษตร (Chaiyapinan, 2005) เนื่องจากโซเดียม (Na^+) ไม่ได้จัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชตามเกณฑ์ของ Arnon and Stout (1939) ดังนั้นหากพืชได้รับโซเดียมในปริมาณที่มากเกินไปความต้องการจะเป็นพืชต่อพืชได้ ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้และพืชคายน้ำออก โซเดียมจะถูกเคลื่อนย้ายไปสะสมอยู่ที่ใบ ทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อแห้งตามขอบใบ (Ayers

and Westcot, 1985) และกรณีที่สารละลายในดินหรือน้ำมีปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมสูง โซเดียมยับยั้งการดูดใช้ธาตุอาหารอื่น เช่น โพแทสเซียม (K^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ซึ่งทั้ง 3 ธาตุจัดเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช ดังนั้น การที่พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารดังกล่าวได้ลดลง มีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงตลอดจนส่งผลให้พืชตายในที่สุด (Barker and Pilbeam, 2015; Gupta and Huang, 2014)

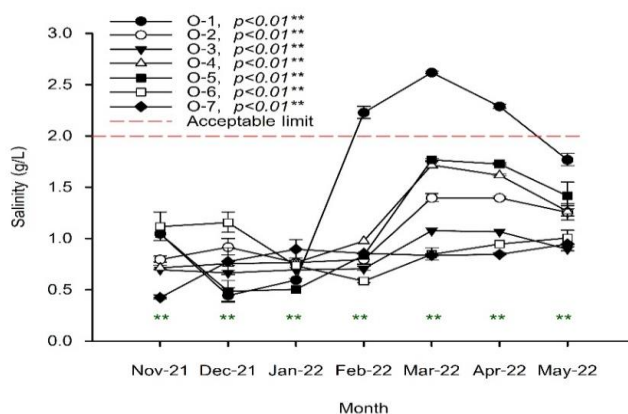


Figure 5. The monthly changes of salinity value from water samples in orchards during November 2021 - May 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively ** means significant difference at $P < 0.01$ in each month

Remark: The acceptable limit of salinity for agricultural water is not over 2.0 g/L (Chaiyapinan, 2005)

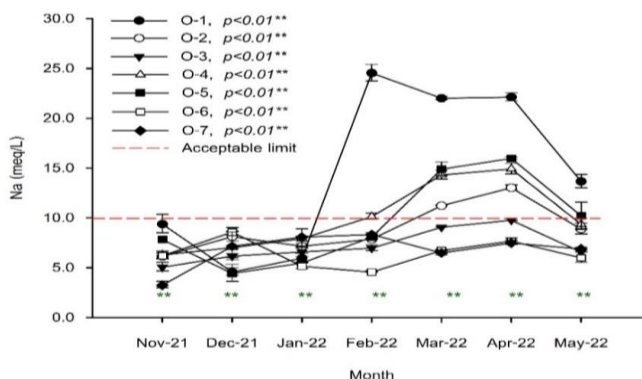


Figure 6. The monthly changes of sodium (Na^+) value from water samples in orchards during November 2021 - May 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively. ** means significant difference at $P < 0.01$ in each month

Remark: The acceptable limit of sodium for agricultural water is not over 10 meq/L (Chaiyapinan, 2005)

สัดส่วนการดูดซับโซเดียม

สัดส่วนการดูดซับโซเดียมของทั้ง 7 สวน และแต่ละเดือนภายในสวนเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$ พบว่า เดือนเมษายนมีสัดส่วนการดูดซับโซเดียมสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 11.65, 7.90, 6.67, 9.28, 9.76, 4.15 และ 5.53 ตามลำดับ (Figure 7) พบว่า สัดส่วนการดูดซับโซเดียมสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ของการเกษตร ซึ่งไม่ควรเกิน 4 จัดเป็นขีดจำกัดของการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด โดยเฉพาะพืชที่ไวต่อความเค็ม (Chaiyapinan, 2005) ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของน้ำเพื่อการชลประทานไม่ควรเกิน 6 (Salinity Management Guide, 2007) สัดส่วนการดูดซับโซเดียมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมกับแคลเซียมและแมกนีเซียม วัตถุประสงค์กล่าวควรมีปริมาณความเข้มข้นที่สมดุลกัน กรณีที่น้ำมีความเข้มข้นของโซเดียมสูง ย่อมส่งผลเสียต่อสมบัติดิน เช่น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน โดยเฉพาะดินเหนียว ส่งผลให้โครงสร้างดินถูกทำลาย และแน่นทึบ ทำให้อัตราการแทรกซึมของน้ำและอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านดินลดลง (Mateo-Sagasta and Burke, 2010; Wetvithan *et al.*, 2022) ในทางตรงกันข้ามสัดส่วนการดูดซับโซเดียมของทุกสวนมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม อาจเนื่องจากในช่วงเดือนธันวาคม มีการระบายน้ำจืดจากอ่างเก็บน้ำสิียด อ่างเก็บน้ำขุนด่าน ปรากฏชล อ่างเก็บน้ำพระสทั้ง อ่างเก็บน้ำพระปรอง อ่างเก็บน้ำนฤปดินทรจินดา และอ่างเก็บน้ำระบม เพื่อช่วยผลักดันน้ำเค็มกลับเข้าสู่อ่าวไทย (Royal Irrigation Department, 2022)

เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้

เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เป็นเกณฑ์สำคัญในการประเมินคุณภาพน้ำสำหรับการเกษตร (Sarker *et al.*, 2000) ความเป็นพิษของโซเดียม (Na^+) มีความสัมพันธ์กับแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) โดยที่ความเป็นพิษของโซเดียมจะลดลง ถ้ามีแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ด้วย กรณีที่ความเข้มข้น

ของแคลเซียมหรือแมกนีเซียมมากพอ จะช่วยลดความเป็นอันตรายที่เกิดจากโซเดียมได้ จากการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่า เดือนเมษายนมีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้สูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 75.39, 70.45, 69.41, 74.23, 74.82, 52.70 และ 67.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ของทุกสวนมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 65.98, 6.78, 60.55, 67.42, 60.62, 40.65 และ 60.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 8) แสดงให้เห็นว่าน้ำมีปริมาณความเข้มข้นระหว่างโซเดียม แคลเซียมและแมกนีเซียมโอออนไม่สมดุลกัน ซึ่งเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ไม่ควรเกิน 60 เปอร์เซ็นต์ (Chaiyapinan, 2005) จากผลการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือนของทุกสวน ยกเว้นสวนที่ 6 มีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช ไม่ควรใช้น้ำเพื่อการเกษตร กรณีที่น้ำที่มีปริมาณโซเดียมสูงเกินไป โซเดียมในน้ำจะไปแทนที่แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน ส่งผลให้ดินมีลักษณะแข็ง แข็งและทำให้การซึมซาบของน้ำในดินลดลง (Chiemchaisri, 2007) และเห็นได้ว่าสวนที่ 6 มีค่าสัดส่วนการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ต่ำกว่าสวนอื่นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้น้ำจากคลองชลประทาน และการจัดการสูบน้ำของเจ้าของสวนในเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ซึ่งเป็นช่วงที่แม่น้ำบางปะกงมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มน้อยกว่า 0.45 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 0.7 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (Shwe *et al.*, 2022)

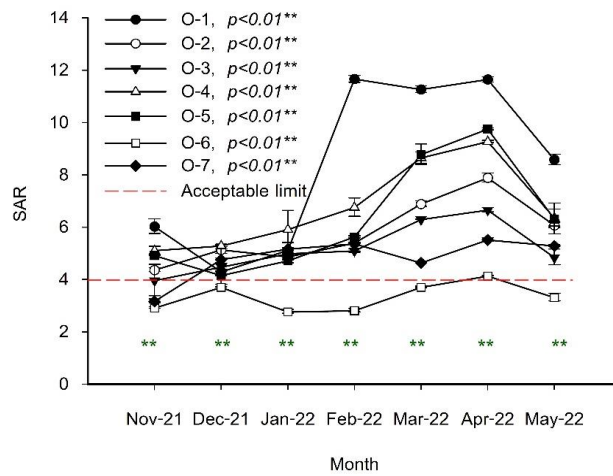


Figure 7. The monthly changes of SAR value from water samples in orchards, November 2021 - May 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively **means significant difference at $P < 0.01$ in each month

Remark: The acceptable limit of SAR for agricultural water is not over 4 (Chaiyapinan, 2005)

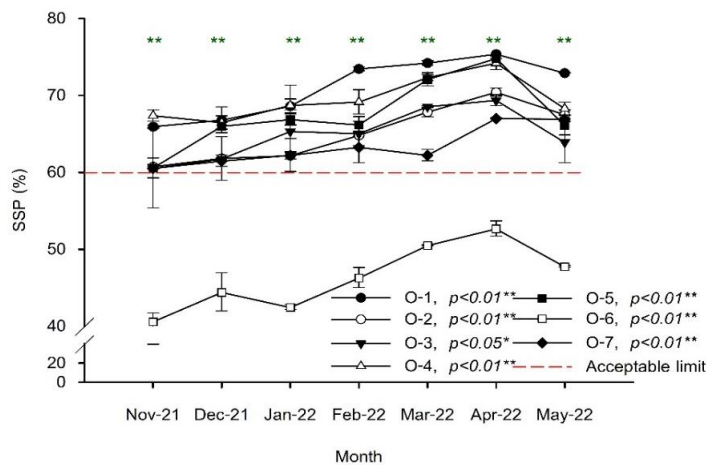


Figure 8. The monthly changes of SSP value in water samples for orchards during November 2021 - May, 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, **means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively **means significant difference at $P < 0.01$ in each month

Remark: The acceptable limit of SSP for agricultural water is not over 60% (Chaiyapinan, 2005)

สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม

จากการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 แสดงผลเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 โดยกำหนดค่าความเข้มข้นคลอไรด์ในน้ำจืดแต่ละส่วนของเดือนพฤศจิกายนเพื่อใช้คำนวณในสมการที่ 4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำทะเล เท่ากับ 459.25 มิลลิกรัมวาลีนซ์ต่อลิตร ความแตกต่างระหว่างเดือนมีผลต่อสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$ โดยพบว่า สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มของสวนที่ 1 และ 7 เดือนกุมภาพันธ์สูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 6.36 และ 1.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สวนที่ 3, 4 และ 6 สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 1.20, 2.67 และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สวนที่ 2 และ 5 สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 2.06 และ 3.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เห็นได้ว่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมีแนวโน้มสูงขึ้นช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และลดลงในเดือนพฤษภาคม (Figure 9) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม สัดส่วนการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ของน้ำในสวนมะม่วง เกินค่ามาตรฐานน้ำใช้เพื่อการเกษตร ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าน้ำที่มีค่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มที่มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ นั้นไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร อันตรายต่อพืช และอาจส่งผลกระทบต่อสมบัติดิน Abou Zakhem and Hafez (2007) กำหนดให้พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลการรุกรานของน้ำทะเล มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลการรุกรานของน้ำทะเล มีค่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม 2 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ Somay and Gemici (2009) สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้นจากช่วงฤดูฝน เนื่องจากอิทธิพลจากการหนุนของน้ำทะเล สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สวนที่ 1, 2, 4 และ 5 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้า ความเข้มข้นของโซเดียม สัดส่วนการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ เกินค่ามาตรฐานสำหรับใช้ประโยชน์ทางการเกษตร และ

สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม น้ำทะเลมีองค์ประกอบของไอออน 6 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ โซเดียม (Na^+) 55%, คลอไรด์ (Cl^-) 31%, ซัลเฟต (SO_4^{2-}), แมกนีเซียม (Mg^{2+}) 4%, แคลเซียม (Ca^{2+}) 1% และโพแทสเซียม (K^+) 1% (Lu and Wang, 2018) จึงส่งผลให้น้ำในร่องสวนที่ 1, 2, 4 และ 5 เกิดการสะสมไอออนดังกล่าว ซึ่งขณะที่น้ำในแม่น้ำบางปะกงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 มีค่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 25.40 และ 3.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Shwe *et al.*, 2022) เห็นได้ว่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.350* (Table 1) อาจเนื่องจากการที่น้ำทะเลทำปฏิกิริยาทางเคมีกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นกรดของน้ำเพิ่มขึ้น (Humphreys *et al.*, 2022; Marion *et al.*, 2011) ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียม สัดส่วนการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ และปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.867*, 0.867**, 0.923**, 0.901**, 0.598** และ 0.925** ตามลำดับ (Table 1) มีการศึกษาก่อนหน้าได้รายงานไว้ว่า พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลการรุกรานของน้ำทะเล มีปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และคลอไรด์ไอออนสูงขึ้น เนื่องจากน้ำทะเลมีองค์ประกอบของธาตุดังกล่าว (Chae *et al.*, 2012; Mondal *et al.*, 2010; Sarwade *et al.*, 2006) จึงเป็นสาเหตุให้สัดส่วนการรุกรานของน้ำเค็ม (F) มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับไอออนของโซเดียม และคลอไรด์

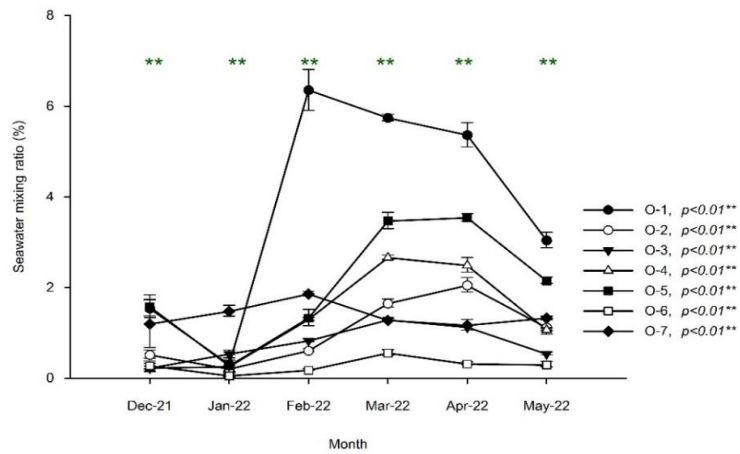


Figure 9. The monthly changes of seawater mixing ratio value from water samples in orchards during December 2021 - May 2022. Standard error bars are the mean $\pm$ SD, *, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in each orchard, respectively. ** means significant difference at $P < 0.01$ in each month

Table 1. Pearson's correlation coefficients between seawater mixing ratio (F) and water quality parameters

Parameter	pH	EC _w	Salinity	Na ⁺	SAR	SSP	Cl ⁻
F	-0.350*	0.867**	0.867**	0.923**	0.901**	0.598**	0.925**

*, ** means significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively

สรุป

จากข้อมูลการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 7 สวน พบว่า คุณภาพของน้ำในสวนขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ระยะห่างระหว่างสวนกับแม่น้ำบางปะกง แหล่งน้ำที่สวนใช้ และการจัดการดูแลสวน โดยเฉพาะช่วงเวลาสูบน้ำ หากสูบน้ำในช่วงที่แม่น้ำบางปะกงมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มสูง จะทำให้คุณภาพน้ำในสวนไม่เหมาะสมสำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และหากน้ำในสวนมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียม ไออน สัดส่วนการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร พบในสวนที่ 1, 2, 4 และ 5 ในขณะที่สวนที่ 3 และ 7 มี

สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 1.20 และ 1.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้สภาพการนำไฟฟ้า สัดส่วนการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร สวนที่ 6 มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 0.57 เปอร์เซ็นต์ และมีเพียงสภาพการนำไฟฟ้าเกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร ซึ่งใช้น้ำจากคลองชลประทาน ดังนั้นชาวสวนต้องมีการจัดการวางแผนการสูบน้ำเข้าสวนให้เหมาะสม ไม่ควรใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงในช่วงที่มีความเค็มเกินค่ามาตรฐาน เพื่อป้องกันการนำน้ำเค็มเข้าสวน ก่อให้เกิดการสะสมสารละลายเกลือในดิน อันตรายต่อการเจริญเติบโต และลดผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง นอกจากนี้ควรมีระบบแจ้งเตือนคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง และหากใช้สัดส่วนการรุกรานของน้ำเค็มเป็นดัชนีแจ้งเตือน จะครอบคลุม คุณภาพน้ำด้านความเค็มได้ดีกว่าการใช้ค่าความเค็มเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

- Abou Zakhem, B. and R. Hafez. 2007. Environmental isotope study of seawater intrusion in the coastal aquifer (Syria). *Environmental Geology* 51(8): 1329-1339.
- Alfarrah, N. and K. Walraevens. 2018. Groundwater overexploitation and seawater intrusion in coastal areas of arid and semi-arid regions. *Water* 10(2): 143, doi: 10.3390/w10020143.
- Arnon, D.I. and P.R. Stout. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology* 14(2): 371-375.
- Arslan, H. and Y. Demir. 2013. Impacts of seawater intrusion on soil salinity and alkalinity in Bafra Plain, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 185(2): 1027-1040.
- Arunpark, K. 2005. Bang Pa Kong diversion dam: A failure in water resources management. *Damrong Journal of the Faculty of Archaeology Silpakorn University* 4(2): 1-16. (in Thai)
- Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. *Water Quality for Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 174 p.
- Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2015. *Handbook of Plant Nutrition*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton. 743 p.
- Bayabil, H.K., Y. Li, Z. Tong and B. Gao. 2021. Potential management practices of saltwater intrusion impact on soil health and water quality: A review. *Journal of Water and Climate Change* 12(5): 1327-1343.
- Bernstein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Annual Review of Phytopathology* 13(1): 295-312.
- Brindha, K. and L. Elango. 2011. Hydrochemical characteristics of groundwater for domestic and irrigation purposes in Madhuranthakam, Tamil Nadu, India. *Earth Sciences Research Journal* 15(2): 101-108.
- Carillo, P., M.G. Annunziata, G. Pontecorvo, A. Fuggi and P. Woodrow. 2011. Salinity stress and salt tolerance. pp. 21-38. *In*: A.K. Shanker and B. Venkateswarlu (eds.). *Abiotic Stress in Plants-Mechanisms and Adaptations* InTech, Rijeka.
- Chae, G.T., S.T. Yun, S.M. Yun, K.H. Kim and C.S. So. 2012. Seawater-freshwater mixing and resulting calcite dissolution: an example from a coastal alluvial aquifer in eastern South Korea. *Hydrological Sciences Journal* 57(8): 1672-1683.
- Chaiyapinan, A. 2005. Study on water quality of Tha Chin River for agriculture. (Online). Available: <http://www.llb.doa.go.th/multim/B00574.pdf> (October 5, 2022). (in Thai)
- Chiemchaisri, W. 2007. *Water Quality for Agriculture*. Kasetsart University, Bangkok. 31 p. (in Thai)
- Chitradon, R. 2016. Saline water intrusion status in Thailand and desalination technology for water sustainability. (Online). Available: https://www.nstda.or.th/nac/2016/indexf535.html?page_id=612 (October 5, 2022). (in Thai)
- Estefan, G., R. Sommer and J. Ryan. 2013. *Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A Manual for the West Asia and North Africa Region*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Beirut. 243 p.

- Geilfus, C-M. 2018. Chloride: From nutrient to toxicant. *Plant and Cell Physiology* 59(5): 877-886.
- Gupta, B. and B. Huang. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics* 2014: 701596, doi: 10.1155/2014/701596.
- Hensawang, S. and P. Chanpiwat. 2021. The salinity value of the Bang Pakong River: the main river in the eastern economic corridor. *Environmental Journal* 25(2): 1-7. (in Thai)
- Humphreys, M.P., Y. Artioli, D.C. E. Bakker, S.E. Hartman, P. Leon, S. Wakelin, P. Walsham and P. Williamson. 2022. Air-sea CO₂ exchange and ocean acidification in UK seas and adjacent waters. *Marine Climate Change Impacts Partnership* 54-75, doi: 10.14465/2020.arc03.oac.
- Hydro Informatics Institute. 2012. Collecting and analyzing data for developments of 25 watersheds database and flood and drought model of Bang Pakong river (Online). Available: <https://tiwrm.hii.or.th/web/attachments/25basins/16-bangpakong.pdf> (October 1, 2022). (in Thai)
- Isayenkov, S.V. and F.J.M. Maathuis. 2019. Plant salinity stress: Many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science* 10: 80, doi: 10.3389/fpls.2019.00080.
- Kenta, K. 2021. Effect of seawater intrusion on soil properties in agricultural areas of Nonthaburi and Pathum Thani provinces. (Online). Available: http://www.oss101.idd.go.th/osr_data&service/OSR_PDF/TB_SSK_Distribute/D_SSK64-001.pdf (October 2, 2022). (in Thai)
- Kotuby-Amacher, J., R. Koenig and B. Kitchen. 2000. Salinity and plant tolerance. (Online). Available: https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1042&context=extension_histall (October 5, 2022).
- Kumar, P.M., S.A. Kumar, T. Pradeep, M. Sureshand and S. Ramesh. 2016. Assessment of the groundwater quality for irrigation purposes in Rasipuram Taluk, Tamilnadu, India. *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities* 6(10): 547-553.
- Land Development Department. 2021. Suitable agriculture promotional process for database on agri-map of Chachoengsao. (Online). Available: <https://www.idd.go.th/Agri-Map/Index.html> (October 1, 2022). (in Thai)
- Lu, G.Y. and W.X. Wang. 2018. Water analysis: Seawater inorganic compounds. *Encyclopedia of Analytical Science* 2: 283-289.
- Marine Department. 2021. Water quality monitoring in Thailand's eight major rivers. (Online). Available: <https://www.md.go.th/> (April 1, 2023). (in Thai)
- Marion, G.M., F.J. Millero, M.F. Camoes, P. Spitzer, R. Feistel and C.T. Chen. 2011. pH of seawater. *Marine Chemistry* 126(1): 89-96.
- Mastoi, S.T., A.S. Channa, K.M. Qureshi and W.A. Khokhar. 2022. Assessment of water quality and quantity of surface and subsurface drainage system in the command area of Bareji Distributary Mirpurkhas, Sindh, Pakistan. *Quest Research Journal* 20(01): 127-137.
- Mateo-Sagasta, J. and J. Burke. 2010. Agriculture and water quality interaction: A global

- overview. (Online). Available: <https://www.fao.org/3/bl092e/bl092e.pdf> (October 6, 2022).
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2021. Product information of Chachoengsao Province: Mango. (Online). Available: <https://www.opsmoac.go.th/chachoengsao-dwl-files-441991791201> (April 16, 2023). (in Thai)
- Mondal, N.C., V.P. Singh, V.S. Singh and V.K. Saxena. 2010. Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology* 388(1): 100-111.
- Motsara, M.R. and R.N. Roy. 2008. Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 204 p.
- Pessarakli, M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York. 1198 p.
- Phuphanutada, J. and R. Lapcharoensuk. 2017. Study of water quality changes of lower Tha Chin River in dry season for agriculture. pp. 346-349. *In: Proceedings of the 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference. IMPACT, Muang Thong Thani, Bangkok.* (in Thai)
- Pollution Control Department. 2010. Procedure guide for water sampling. (Online). Available: <https://www.pcd.go.th/publication/12187> (October 1, 2022). (in Thai)
- Rasmeemasuang, T., C. Ekkawatpanit, S. Sethaputra and C. Kalakan. 2022. Field investigation of salinity intrusion characteristic patterns in the vicinity of Bangpakong estuary. *Engineering Journal of Research and Development* 33(2): 9-24. (in Thai)
- Richard, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. *Agriculture Handbook No 60*. United States Department of Agriculture, Washington, D.C. 166 p
- Royal Irrigation Department. 2015. Irrigation water quality report according to section 8 of the fiscal year 2015. (Online). Available: <http://www.qwater.rid.go.th/report/file45/REPORT2558.pdf> (October 1, 2022). (in Thai)
- Royal Irrigation Department. 2022. Water management. (Online). Available: <https://www.khundan.com/tour/watermanagement> (October 1, 2022). (in Thai)
- Salinity Management Guide. 2007. Learn about salinity and water quality: sodium adsorption ratio. (Online). Available: https://www.watereuse.org/salinity-management/le/le_5.html (April 1, 2023). (in Thai)
- Sarker, B.C., M. Hara and M.W. Zaman. 2000. Suitability assessment of natural water in relation to irrigation and soil properties. *Soil Science and Plant Nutrition* 46(4): 773-786.
- Sarwade, D.V., M.V. Nandakumar, M.P. Kesari, N.C. Mondal, V.S. Singh and B. Singh. 2007. Evaluation of sea water ingress into an Indian atoll. *Environmental Geology* 52: 1475-1483.
- Shwe, K.K., S. Huaihongthong and S. Yampracha. 2022. Assessment of water quality variation for agriculture in Bang Pakong River of Thailand. *International Journal of Agricultural Technology* 18(5): 2241-2254.
- Somay, M.A. and U. Gemici. 2009. Assessment of the salinization process at the coastal area with hydrogeochemical tools and geographical information systems (GIS): Selcuk plain, Izmir, Turkey. *Water Air, and Soil Pollution* 201: 55-74.

Tavakkoli, E., P. Rengasamy and G.K. McDonald. 2010. High concentrations of Na^+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany* 61(15): 4449-4459.

Wetvithan, N., N. Phankamolsil and K. Sonsri. 2022. Influence of seawater intrusion on the properties of paddy soils in Lower Central Plain, Thailand. *King Mongkut's Agricultural Journal* 40(1): 7-17. (in Thai)
