บทความ: ผลกระทบของการรุกล้ำน้ำเค็มต่อพื้นที่เกษตรกรรม

มนตรี ผลสินธ์ [1,*], ปิยากร ดำคุ้ม [1], มนัสชยา เนื่องจุ้ย [2], เพ็ญรดี จันทร์ภิวัฒน์ [1]

[1] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[2] กองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน 2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

* Email: Montree.Po@alumni.chula.ac.th

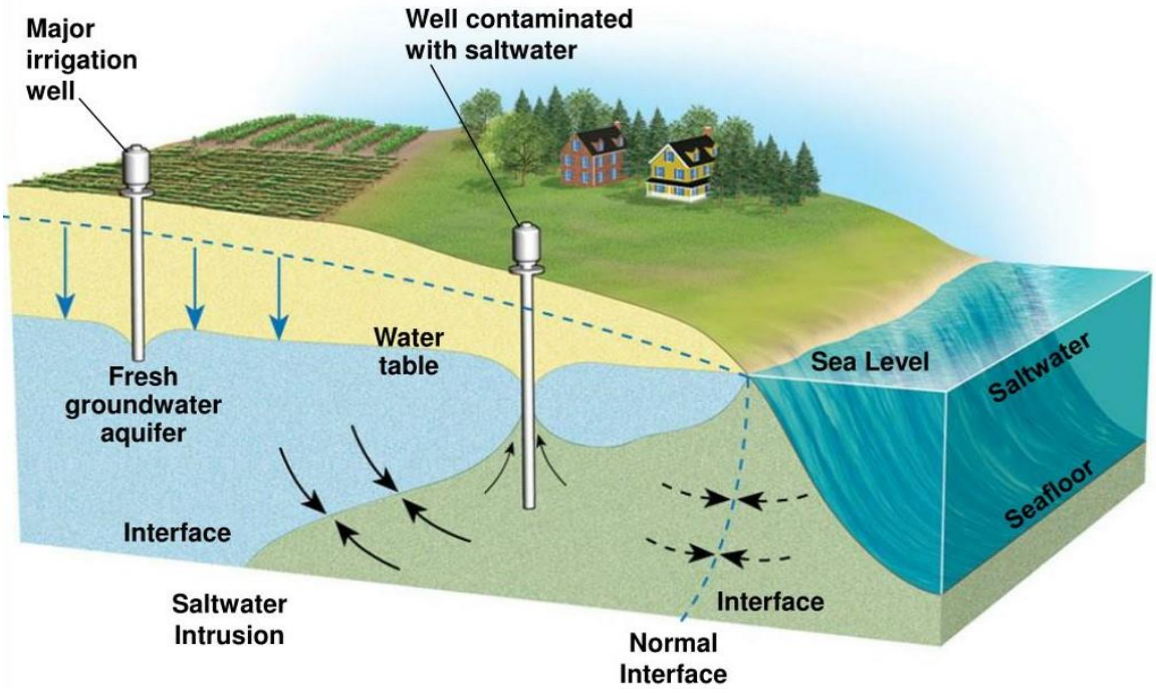
การอ้างอิง: มนตรี ผลสินธ์, ปิยากร ดำคุ้ม, มนัสชยา เนื่องจุ้ย, เพ็ญรดี จันทร์ภิวัฒน์. (2565). ผลกระทบของการรุกล้ำน้ำเค็มต่อพื้นที่เกษตรกรรม. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 26 (ฉบับที่ 2).

บทนำ

ปัจจุบันการรุกล้ำของน้ำเค็ม (Saltwater Intrusion) นับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่นักวิจัยทั่วโลกให้ความสนใจมาอย่างต่อเนื่อง (Dasgupta et al., 2015) เนื่องจากในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมานั้น ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ความแห้งแล้งและการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ส่งผลให้เกิดปัญหา การรุกล้ำของน้ำเค็มในแม่น้ำสายหลักจนก่อให้เกิดปัญหาดินเค็มแพร่กระจายเป็นวงกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรกรรมจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตทางการเกษตร (Tully et al., 2019) โดยน้ำที่ระดับความเค็ม 3 ppt (mg/L) นั้น จะไม่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร เนื่องจากจะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (Ayers and Westcot, 1985; Rahi and Halihan, 2010) การรุกล้ำของน้ำเค็มในแม่น้ำสายหลักนี้พบได้ในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปากแม่น้ำ ชายฝั่ง และแม่น้ำที่มีทางออกสู่ทะเลหรือมีทางเชื่อมออกสู่มหาสมุทร (Thomas and Jakeman 1985; Van der Zaag 2007) ในส่วนของประเทศไทยนั้นพบว่าแม่น้ำสายหลัก เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นหนึ่งในแม่น้ำหลายสายของประเทศไทยที่มีทางออกเชื่อมสู่ทะเลนั้น กำลังประสบกับปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็มเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณตอนล่างหรือพื้นที่ปลายน้ำของลำน้ำ ปัญหาดังกล่าวนี้ ส่งผลทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวเกิดการ ขาดแคลนน้ำจืดเพื่อใช้สำหรับการเกษตรกรรมในฤดูแล้ง จนก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณสองฝั่งของลำน้ำ (กรมชลประทาน, 2561)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรุกล้ำของน้ำเค็ม

โดยทั่วไปแล้ว การรุกล้ำของน้ำเค็ม มีสาเหตุทั้งจากธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่ส่งผลให้เกิดระดับของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น การเกิดการกัดเซาะชายฝั่ง รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ รูปแบบ และการกระจายตัวของฝน และระยะเวลาของฤดูแล้งที่ยาวนานขึ้น และสาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การสูบเจาะน้ำบาดาลมาใช้ในพื้นที่อยู่อาศัย การประกอบอุตสาหกรรม และการทำการเกษตรที่ขยายตัวเพิ่มมากขึ้น การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินไปนี้ ส่งผลทำให้ระดับของน้ำใต้ดินและแรงดันน้ำใต้ดินลดลง ทำให้น้ำบาดาลเค็มสามารถรุกและดันตัวเข้าไปในน้ำบาดาลจืด จนเกิดการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่เกษตรกรรม (รูปที่ 1) (Barlow, 2003; Mohamed, 2018) รวมไปถึงการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) และแหล่งน้ำผิวดินที่มีทางออกหรือทางเชื่อมสู่ทะเลหรือมหาสมุทร (Werner et al., 2013)



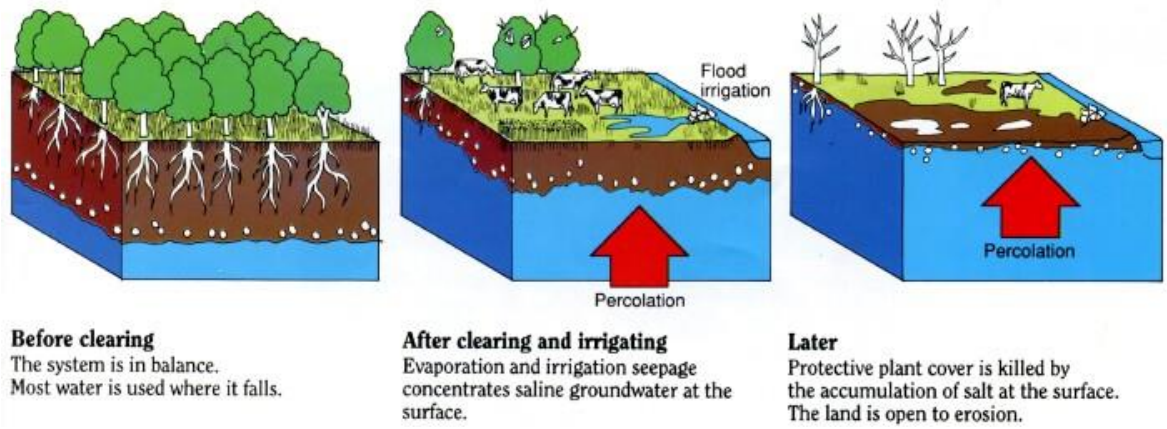
รูปที่ 1 การรุกล้ำของน้ำเค็มสู่บ่อน้ำบาดาลจืด

ที่มา: Abd-Elaty et al. (2018)

ผลกระทบของการรุกล้ำของน้ำเค็มต่อพืชและผลผลิตทางการเกษตร

การรุกล้ำของน้ำเค็มเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรม จนส่งผลให้เกิดการสะสมของเกลือที่ละลายน้ำในดินมากขึ้นนี้ ส่งผลให้ค่าความเค็มของดินมีค่าสูงขึ้น ทำให้พืชที่เพาะปลูกในพื้นที่ดังกล่าวเกิดการขาดน้ำ อีกทั้งยังทำให้การหมุนเวียนของธาตุอาหารพืชในดินเสียสมดุล ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเสียไป จนคุณภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชและขาดความสามารถในการผลิต พืชที่เพาะปลูกในดินที่มีความเค็มสูงจึงไม่เจริญเติบโต และมี

ผลผลิตที่ลดลง อีกทั้งยังอาจเกิดการเสื่อมโทรมของระบบนิเวศในดินตามมาได้ (รูปที่ 2) (Alshareef and Tester, 2019; โกศล เคนทะ, 2563) ด้วยเหตุนี้ จึงอาจกล่าวได้ว่าการรุกล้ำของน้ำเค็มและปัญหาความเค็มของดินที่ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินนี้ นับเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในปัจจุบัน โดยผลกระทบของความเค็มที่เกิดขึ้นนั้นอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 2 ผลกระทบของความเค็มของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

ที่มา: William Chen (2014)

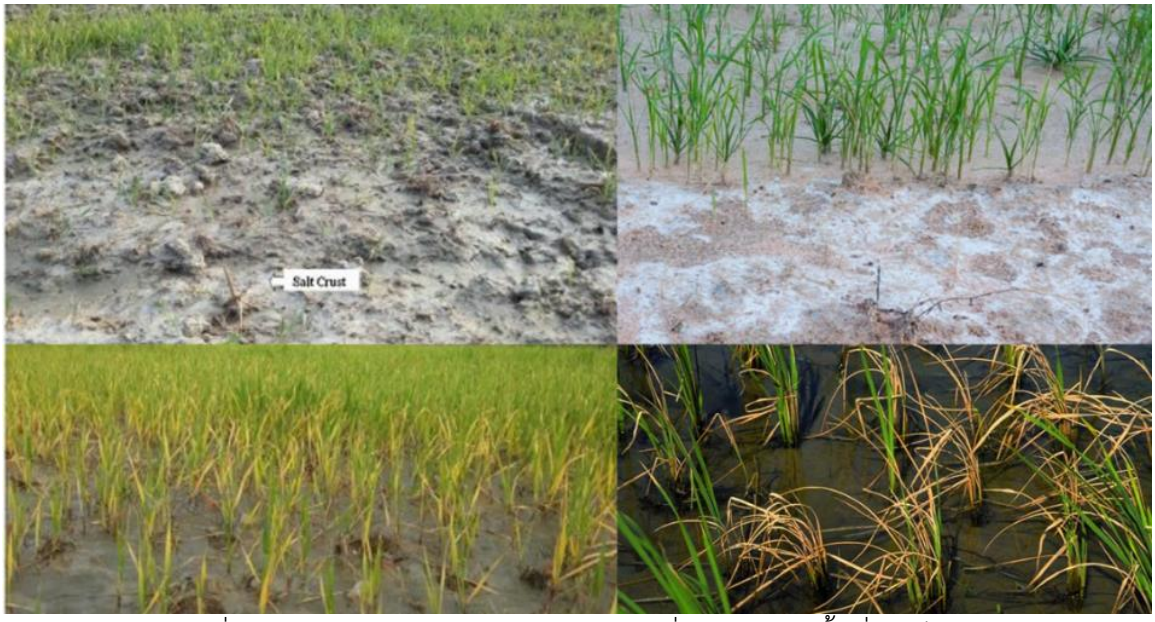
ระดับความเค็มของดิน (Soil Salinity) นั้น สามารถจำแนกได้โดยใช้ค่าความเค็มในหน่วยเดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) โดยที่ระดับความเค็มที่แตกต่างกันนั้น จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชต่างกัน อีกทั้งยังมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกต่างชนิดกันอีกด้วย (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ดี โดยทั่วไปนั้นพบว่าความเค็มนั้นจะส่งผลทำให้เกิดความเครียดในพืช ซึ่งจะส่งผลต่อการดูดน้ำของพืชด้วยกระบวนการออสโมซิส (Osmosis) เนื่องจากในดินที่มีความเค็มสูงนั้น น้ำในรากพืชจะไหลย้อนกลับไปสู่ดิน จึงทำให้พืชขาดน้ำ และไม่สามารถดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ส่งผลให้รากไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ เกิดการไหม้ของใบและขอบใบ ยับยั้งการออกดอก ความแข็งแรงของพืชลดลงจนทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (Sonon et al., 2015)

ตารางที่ 1 การตอบสนองของพืชที่ระดับความเค็มของดินต่าง ๆ (Khaier, 2003)

ระดับความเค็ม (Salinity EC, dS/m)	**การตอบสนองของพืช (Plant Response)**	**พืชที่เจริญเติบโตได้**
0 – 2 (ไม่เค็ม)	โดยทั่วไปไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Mostly negligible)	พืชทุกชนิดเจริญเติบโตได้
2 – 4 (เค็มน้อย)	ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชที่ไวต่อความเค็ม (Growth of sensitive plants may be restricted)	ถั่วฝักยาว ขึ้นฉ่าย มะเขือ แตงกวา แตงไทย กล้วย มะนาว ส้ม มะม่วง ถั่วเขียว ถั่วลิสง งา
4 – 8 (เค็มปานกลาง)	ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด (Growth of many plants is restricted)	ข้าว หอมแดง พริก ผักกาดหอม ข้าวโพดหวาน หอมใหญ่ น้ำเต้า บวบ บรอคโคลี่ แตงโม ชมพู่ แคทับทิม
8 – 16 (เค็มมาก)	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ (Only tolerant plants grow satisfactorily)	มะเขือเทศ ผักโขม ผักกาดหัว แคนตาลูป ขี้เหล็ก กระถินณรงค์ ฝรั่ง ยูคาลิปตัส หญ้ากินนี
>16 (เค็มจัด)	พืชทนเค็มบางชนิดที่เจริญเติบโตได้ (Only a few, very tolerant plants grow satisfactorily)	หน่อไม้ฝรั่ง คะน้า กะเพรา มะขาม มะพร้าว มะขามเทศ ละมุด

การเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ ที่เพาะปลูกในดินที่มีความเค็มนั้น จะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระดับความทนเค็มของพืช ตัวอย่างเช่น อรุณี ยูวะนิยม และคณะ (2536) ศึกษาพบว่าถั่วลิสงและถั่วเหลืองนั้น มีระดับความทนเค็ม อยู่ในช่วง 2.1–3.5 dS/m ส่วนต้นฝ้าย พืชตระกูลหญ้า และตระกูลกะหล่ำ มีระดับความทนเค็ม อยู่ในช่วง 4–8 dS/m นอกจากนั้นยังพบว่าความเค็มในดินมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง อันเป็นผลสืบเนื่องทำให้ผลผลิตของพืชลงลดตามไปด้วย (Paul, 2012) ในขณะที่ Alberta Agriculture and Rural Development (2001) รายงานว่าที่ความเค็มของดินประมาณ 20 dS/m นั้น จะมีเพียงพืชตระกูลหญ้าเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนข้าวไรย์ป่ารัสเซีย ข้าวไรย์อัลไต และต้นข้าวสาลี สามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่ความเค็มประมาณ 16 dS/m ในส่วนของผลกระทบต่อพืชนั้น Kumari et al (2017) ศึกษาผลของความเค็มที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างที่เพาะปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 4.0, 8.0 และ 12.0 dS/m นั้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างที่ปลูกในชุดควบคุม (ระดับความเค็ม 0.25 dS/m) ถึง 1.05–1.31 เท่า ส่วนผลผลิตของข้าวฟ่างนั้นพบว่าลดลงถึง 1.34–2.03 เท่า

เช่นเดียวกับ ไพรัช พงษ์วิเชียร และคณะ (ม.ป.ป) ซึ่งได้ศึกษาผลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความเค็มในดินจะส่งให้ทำให้ใบของต้นข้าวมีลักษณะเหี่ยวที่ขอบใบ และทำให้การแตกกอลดลง ออกดอกช้า เมล็ดข้าวลีบ อีกทั้ง Fitzgerald et al. (2010) ยังได้รายงานเพิ่มเติมว่าต้นข้าวที่ปลูกในดินเค็มนั้นมักจะแก่ช้า การแก่ไม่สม่ำเสมอ มีการเจริญเติบโตที่ลดลงจึงทำให้ผลผลิตลดลงด้วย (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ลักษณะความผิดปกติทางใบของข้าวที่เพาะปลูกในพื้นที่ดินเค็มสูง

ที่มา: Dobermann and Fairhurst (2000)

กรณีศึกษาผลกระทบของการรุกล้ำน้ำเค็มในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่กำลังประสบปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็มเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่บริเวณตอนล่างของแม่น้ำสายหลักหลายสายที่มีทางเชื่อมออกสู่ทะเล โดยสภาพปัญหานี้นับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น และส่งผลกระทบโดยตรงต่อการขาดแคลนน้ำจืดเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง จนก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่และผลผลิตทางการเกษตรเป็นอย่างมาก ดังตัวอย่างกรณีศึกษาในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีน รายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

1) กรณีศึกษา: แม่น้ำเจ้าพระยา

แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นแม่น้ำสายหนึ่งของภาคกลางที่มีความสำคัญต่อการประกอบกิจการของหลายภาคส่วน ทั้งต่อการอุปโภคบริโภค การรักษาระบบนิเวศ การอุตสาหกรรม และการเกษตรกรรม แม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำสายหลัก 2 สายของภาคเหนือ คือ แม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน ที่ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ มีความยาวประมาณ 372 กิโลเมตร ไหลผ่านจังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี

อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และกรุงเทพมหานคร ก่อนไหลลงสู่อ่าวไทยที่ปากแม่น้ำ บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ การรุกล้ำของน้ำเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยานี้ ได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยพบระดับความเค็มของน้ำบริเวณเหนือเขื่อนเจ้าพระยา ที่อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (ช่วงกิโลเมตรที่ 142–157) ที่ระดับความเค็ม เท่ากับ 0.38–0.45 g/L ส่วนที่ตำบลประตูชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (กิโลเมตรที่ 133) นั้นพบว่าน้ำมีค่าความเค็ม เท่ากับ 0.25 g/L ระดับความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้ ส่งผลทำให้พื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะพื้นที่สวนทุเรียนและสวนมะม่วง ในจังหวัดนนทบุรี ได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะใน พ.ศ. 2563 โดยพบว่าต้นทุเรียนและต้นมะม่วงเริ่มมีอาการผิดปกติทางใบ เช่น ขอบใบไหม้ ผลผลิตลดลง และมีการยืนต้นตาย เนื่องจากทุเรียนและมะม่วงนั้นเป็นพืชชนิดที่ไม่ทนเค็ม (Wongsa, 2015)

2) กรณีศึกษา: แม่น้ำท่าจีน

แม่น้ำท่าจีน เป็นแม่น้ำสายหลักอีกหนึ่งสายที่แยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ตำบลท่าซุง อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี มีความยาวประมาณ 325 กิโลเมตร ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม และสมุทรสาคร ก่อนจะไหลลงสู่อ่าวไทย ที่ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมืองสมุทรสาคร ปัจจุบันแม่น้ำท่าจีนตอนล่างมักประสบปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ การขาดแคลนน้ำจืดเพื่อการอุปโภคบริโภค และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรุกล้ำของน้ำเค็มในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปี เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้ง จึงทำให้น้ำในแม่น้ำที่สามารถผลักดันน้ำเค็มมีปริมาณน้อยลง ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรม (ณัฐวุฒิ อินทรบุตร และวิษุวัฒก์ แต้สมบัติ, 2557) โดยใน พ.ศ. 2564 พบว่าระดับความเค็มของน้ำในแม่น้ำท่าจีนนี้มีค่าสูงถึง 2.29 g/L ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานเพื่อการผลิตน้ำประปา (ต้องไม่เกิน 0.05 g/L) ถึง 45.8 เท่า ระดับความเค็มในแม่น้ำท่าจีนที่เพิ่มขึ้นนี้ ส่งผลทำให้พื้นที่นาข้าว สวนผลไม้ แปลงผัก รวมไปถึงบ่อเลี้ยงปลาได้รับผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำจืด และพบการรุกล้ำของน้ำเค็มที่ส่งผลอย่างมากต่อสวนส้มโอและสวนมะม่วง ในพื้นที่อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ทำให้ผลผลิตลดลง ต้นส้มโอและมะม่วงเหี่ยวเฉาเนื่องจากการขาดน้ำ (ณัฐวุฒิ อินทรบุตร และวิษุวัฒก์ แต้สมบัติ, 2557) นอกจากนั้นแล้ว Atiharuthaisook and Kanasut (2017) ยังรายงานพบการไหม้ของใบกล้วยไม้เมื่อระดับความเค็มของน้ำในแม่น้ำท่าจีน มีค่ามากกว่า 0.75 g/L อีกด้วย

ด้วยเหตุนี้จึงควรมีการดำเนินการแก้ไขปัญหาการสูบเจาะน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์ รวมไปถึงการป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้ง เพื่อช่วยบรรเทาและป้องกันปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำแม่น้ำสายหลักและพื้นที่เกษตรกรรม การดำเนินการที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็ม ประกอบด้วย กำหนดปริมาณการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประโยชน์ สร้างเขื่อนกั้นน้ำเค็มที่ปากแม่น้ำ ผันน้ำจากแหล่งน้ำใกล้เคียงมาเพื่อผลักดันน้ำเค็มและเจือจางค่าความเค็มในแม่น้ำให้อยู่ในระดับปกติ สำหรับแนวทางการดำเนินการเพื่อบรรเทาผลกระทบของความเค็มในพื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย มีการจัดหาแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ขุดลอกคลองส่งน้ำเพื่อ

ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร มีการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านในการปรับปรุงดินเค็มเพื่อการเกษตร จัดระบบการใช้น้ำบนพื้นที่รับน้ำเพื่อลดระดับน้ำใต้ดินเค็ม รวมไปถึงการปลูกพืชให้เหมาะสมกับระดับความเค็มของดิน

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการศึกษาการจัดการทรัพยากรน้ำทางการเกษตรอย่างยั่งยืนภายใต้แพลตฟอร์มด้านความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รหัสโครงการ 764002-ENV) ระยะที่ 1

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2561. สถานการณ์ความเค็มในแม่น้ำบางปะกง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://hydrology.rid.go.th/sediment-wq/index.php/th/water-quality/saltcriteria-ref-2/salinity-quality/bangpakong-2561/maeklong-2 [สืบค้นวันที่ 22 มกราคม 2565]

โกศล เคนทะ. 2563. การศึกษาลักษณะและสมบัติดินบางประการในพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการรุกล้ำน้ำทะเล กรณีศึกษาจังหวัดนนทบุรีและจังหวัดปทุมธานี [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www1.ldd.go.th/WEB_PSD/Employee%20Assessment/wean/2563/35-63/no1.pdf [สืบค้นวันที่ 22 มกราคม 2565]

ณัฐวุฒิ อินทรบุตร และวิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. 2557. การรุกล้ำของความเค็มและการแพร่กระจายความเค็มตามความยาวของลำน้ำในแม่น้ำท่าจีนเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3(2), 71–86.

ไพรัช พงษ์วิเชียร. (ม.ป.ป.). อิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105. กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

อรุณี ยูวะนิยม, ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ และสมศรี อรุณินท์. 2536. ผลของคุณภาพน้ำเค็มต่อคุณสมบัติของดินและการทนเค็มของพืช. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาพืช 3-6 กุมภาพันธ์ 2536, หน้า 450–460: ทบวงมหาวิทยาลัย.

Alberta Agriculture and Rural Development. 2001. Salt tolerance of plants. AGRI-FACTS Practical Information for Alberta's Agriculture Industry. [Online]. Available from: https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex3303/$file/518-17.pdf?OpenElement [Accessed 15 February 2022]

Alshareef, N., and Tester, M. 2019. Plant salinity tolerance. John Wiley & Sons Singapore Ltd. [Online]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/331910353 [Accessed 15 February 2022]

Abd-Elaty, I. M., Abd-Elhamid, H. F., and Negm, A. M. 2018. Investigation of saltwater intrusion in coastal aquifers. Groundwater in the Nile Delta (73): 329–354.

Atiharuthaisook, K. and Kanasut, J. 2017. Salinity intrusion analysis in Thachin River. Thaicid National Symposium: 137–154.

Ayers, R. S. and Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Barlow, P.M. 2003. Groundwater in freshwater-saltwater environments of the Atlantic Coast. Science for a Changing World.

Dasgupta, S., Kamal, F. A., Khan, Z. H., Choudhury, S. and Nishat, A. 2015. River salinity and climate change: Evidence from Coastal Bangladesh. Asia and the World Economy Actions on Climate Change by Asian Countries. World Scientific Reference on Asia and the World Economy: 205–242.

Dobermann A, Fairhurst T. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. Handbook series. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. 191.

Fitzgerald, TL, Ean Waters DL, Brooks LO, Henry RJ. 2010. Fragrance in rice (Oryza sativa) is associated with reduced yield under salt treatment. Environmental and Experimental Botany 68(3): 292–300.

Khaier, F.A. 2003. Soil salinity detection using satellite remote sensing. M.Sc. Thesis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Netherlands.

Kumari, P., Pahuja, S.K., Sheooran, R.S., Arya, S. and Joshi, U.N. 2017. Effect of varying levels of salinity on growth, yield and quality of forage sorghum genotypes. An International Journal 43(1): 64–66.

Sonon, L.S., Saha U. and David E. Kissel. 2015. Soil salinity testing, data interpretation and recommendations. UGA Cooperative Extension Circular 1019. [Online]. Available from: https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201019_3.PDF [Accessed 15 February 2022]

Mohamed, H. E. 2018. Effect of sea water intrusion on Nile delta and possible suggested solutions. [Online]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/327833959 [Accessed 1 February 2022]

Paul, D. 2012. Osmotic stress adaptations in rhizobacteria. Journal of Basic Microbiology Environment-Health-Techniques (2)53: 101–110.

Rahi, A. K. and Halihan T. 2010. Changes in the salinity of the Euphrates River system in Iraq. Regional Environmental Change 10: 27–35.

Thomas G. and Jakeman A. 1985. Management of salinity in the river Murray Basin. Land Use Policy 2(2):87–101.

Tully, K. L., Weissman, D., Wyner, W. J. and Miller, J. 2019. Soils in transition: Saltwater intrusion alters soil chemistry in agricultural fields. Biogeochemistry 142: 339–356.

Van der Zaag, P. 2007. Asymmetry and equity in water resources management; Critical institutional issues for Southern Africa. Water Resources Management 21(12): 1993–2004.

Werner, A. D., Bakker, M., Post, V. E. A., Vandenbohede, A., Lu, C., Ataie-Ashtiani, B. 2013. Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. Advances in Water Resources 51: 3–26.

William, C. 2014. Effects on the environment. [Online]. Available from: https://soilsalinitywesternaustralia.weebly.com/effects-on-the-environment.html [Accessed 28 February 2022]

Wongsa, S. 2015. Impact of climate change on water resources management in the lower Chao Phraya Basin, Thailand. Journal of Geoscience and Environment Protection 3: 53–58.