

เอกสารวิชาการ

เรื่อง

แนวทางการวางระบบการพัฒนาพื้นที่ดินเค็ม

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Guideline for planning the rehabilitation of
saline soil in the northeast

โดย

นายชัยนาม ดิสถาพร

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3

กรมพัฒนาที่ดิน

มิถุนายน 2556

เอกสารวิชาการ

เรื่อง

แนวทางการวางระบบการพัฒนาพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
Guideline for planning the rehabilitation of saline soil
in the northeast

โดย

นายชัยนาม ดิสถาพร

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3

กรมพัฒนาที่ดิน

มิถุนายน 2556

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	5
บทที่ 3 การเกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	9
บทที่ 4 การจำแนกชนิดของดินเค็มและการแพร่กระจาย	17
บทที่ 5 การจำแนกพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินเค็ม	24
บทที่ 6 การวางระบบการพัฒนาพื้นที่ดินเค็มตามระดับความเค็มของดิน	30
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่ดินเค็มจัดมากที่มีความเค็มของดินในสนามมากกว่า 240 ไมโครซีเมนต่อเมตร และมีเนื้อที่มากกว่า 1,000 ไร่ ขึ้นไปที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ (ชัยนาม, 2546)	38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมพัฒนาที่ดิน ไม่ระบุปีที่พิมพ์)	18
2	การแพร่กระจายดินเค็มด้วยค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 7.5 เมตรจากผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Dissataporn <i>et al.</i> , 2002d)	21
3	การแพร่กระจายดินเค็มด้วยค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 15 เมตรจากผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Dissataporn <i>et al.</i> , 2002d)	22
4	การแพร่กระจายดินเค็มด้วยค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 30 เมตรจากผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Dissataporn <i>et al.</i> , 2002d)	23
5	พื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ (Dissataporn <i>et al.</i> , 2001)	25
6	รูปแบบการฟื้นฟูและการป้องกันการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ชัยนาม , 2546)	37
7	ดินเค็มจัดมากที่สามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ (ชัยนาม, 2546)	40

บทที่ 1

บทนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือนอกจากที่มีพื้นที่มากที่สุดแล้ว ยังมีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศอีกด้วย ประชากรส่วนใหญ่ทำการเกษตรเป็นอาชีพหลัก โดยปลูกข้าว มันสำปะหลัง ปอ และอ้อย (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2546ก) แต่เนื่องจากทรัพยากรธรรมชาติในภาคนี้มีการเสื่อมโทรมสูง ดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีการชะล้างพังทลายสูง รวมไปถึงปริมาณของน้ำฝนและการกระจายของน้ำฝนไม่ดีทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำกว่าภาคอื่นๆ จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตโดยการขยายพื้นที่การเกษตรไปในพื้นที่ป่า (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541) ก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน การเสื่อมโทรมความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมไปถึงการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มและน้ำเค็มในบริเวณที่ลุ่มที่ใช้ในการปลูกข้าว (Panichapong, 1983) ความเค็มที่เกิดขึ้นในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักของประชากร การลดลงของผลผลิตของข้าวมีผลโดยตรงต่อรายได้และความเป็นอยู่ของประชากร จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของประชากรภาคเกษตรไปเป็นภาคแรงงานและบริการในตัวเมืองใหญ่และในเมืองหลวงของประเทศทำให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2546ข)

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกิดในบริเวณที่ลุ่ม พื้นที่มีปัญหาดินเค็มมีอยู่ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค (Arunin, 1984) การขยายตัวของพื้นที่ดินเค็มเกิดขึ้นเนื่องจากการพัฒนาพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำโดยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ (Recharge area) จากป่าไม้ยืนต้น ใช้น้ำตลอดปีมาเป็นพืชไร่อายุสั้น ใช้น้ำน้อย การปลูกข้าวนาดอน การสร้างอ่างเก็บน้ำ หรือมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ (Discharge area) โดยการทำนาเกลือ การเลี้ยงสัตว์น้ำโดยการใช้ความเค็ม และการก่อสร้างแหล่งน้ำในบริเวณพื้นที่ให้น้ำที่มีน้ำใต้ที่มีความเค็ม ซึ่งการกระทำเหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ เกิดการเติมน้ำของน้ำฝนลงไปยังแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ แล้วทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ให้น้ำทำให้น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นมาอยู่ในระดับที่น้ำใต้ดินสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาทะลุบริเวณผิวดินได้ แล้วทำให้เกิดการสะสมของเกลือในชั้นดินและบริเวณผิวดิน ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวที่ขึ้นในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจะลดลงหรือไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวได้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความเค็มของดิน ปริมาณของน้ำฝนและการกระจายตัวของฝน พื้นที่นาบางแห่งไม่สามารถทำการปักดำข้าวได้เนื่องจากดินมีความเค็มสูงทำให้เกิดการปล่อยพื้นที่ให้กลายเป็นพื้นที่นาร้าง (สมศรี และคณะ, 2532ก; ชัยนาม และคณะ, 2533) นอกจากความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวแล้ว ยังไปมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในบริเวณใกล้เคียงซึ่งเป็นแหล่งของน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคและการเพาะปลูกในบริเวณพื้นที่มีการแพร่กระจายของดินเค็ม (ชัยนาม และปราโมทย์, 2543) ดังนั้นจึง มีความจำเป็นต้อง จัดแก้ปัญหาของการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มเป็นปัญหาอันหนึ่งที่สำคัญต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของเกษตรกร และประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การนำเอาพืชชนิดอื่นๆ ที่มีความสามารถในการทนเค็มที่สูงกว่าข้าวมาปลูกในบริเวณพื้นที่ดินเค็มไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากดินเค็มเกิดในบริเวณที่ลุ่มซึ่งมีน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝน และใน

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิด การแพร่กระจายของดินเค็มขึ้นมาเกิดจากบริเวณนั้นๆ เป็น บริเวณที่ดินมีการระบายน้ำทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินต่ำทำให้ดินมีสภาพน้ำท่วมขัง (Waterlogging condition) ในฤดูฝนหรือมีน้ำใต้ดินอยู่ในระดับตื้นทำให้ดินมีสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated soil) แต่เป็นน้ำที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากมีเกลือที่ละลายน้ำเจือปนอยู่สูงทำให้ไม่สามารถนำเอา พืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ที่มีความสามารถในการทนเค็มแต่ไม่ทนสภาพน้ำขังมาปลูกได้ เนื่องจากการ เกิดสภาพน้ำท่วมขังหรือสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำทำให้ออกซิเจนในดินซึ่งใช้ในการหายใจของรากพืชลด น้อยลงทำให้ผลกระทบของความเค็มของดินต่อพืชเพิ่มมากขึ้นด้วย (ชัยนาม และคณะ, 2536ก; ชัย นาม และคณะ, 2536ข) และอีกประการหนึ่งที่สำคัญได้แก่พื้นที่ที่เกิดปัญหาดินเค็มอย่างรุนแรงจะ เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของภาครวมไปถึงการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอและมี การระบายน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินต่ำทำให้เกิดการสะสมของสารละลายเกลือในชั้นดิน

การใช้พันธุ์ข้าวทนเค็มมาปลูกในพื้นที่ดินเค็ม หรือการใช้สารปรับปรุงดินในรูปของ อินทรีย์วัตถุและ อนินทรีย์วัตถุ รวมไปถึงการใช้พืชปุ๋ยสดปลูกแล้วไถกลบลงในดินเพื่อปรับปรุงสมบัติ ทางกายภาพและเคมีของดินเค็ม รวมไปถึงการปลูกไม้ยืนต้นตระกูลถั่วทนเค็มแต่ไม่ทนน้ำท่วมขัง *Acacia ampliceps* มาปลูกบนคันนาเพื่อให้ส่วนร่วลงไปในนาหรือการสับกลบใบลงไปในดินเพื่อ พื้นฟูดินเค็มและการปรับปรุงวิธีการเกษตรกรรมได้มีการแนะนำกันอย่างกว้างขวาง (ชัยนาม และคณะ, 2524; ชัยนาม และคณะ, 2527ข; ชัยนาม และคณะ, 2535; สมศรี และคณะ, 2524; สมศรี และ คณะ, 2532ข; สมศรี และคณะ, 2534; พรรณี และคณะ, 2524; อรุณี และคณะ, 2527; Arunin *et al.*, 1989) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็ม แต่วิธีการเหล่านี้เป็นการ แก้ปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น ความเค็มของดินในบริเวณรากพืชลดลงและให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อ การเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น แต่สารละลายเกลือที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ยังคงเคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่ในชั้นดิน และระบบรากพืช (Redistribution) เนื่องจากยังคงมีน้ำใต้ดินที่เค็ม และอยู่ในระดับตื้นทำให้น้ำใต้ดินสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบนผิวดินได้ (Dissataporn, 2002a) หรือบางบริเวณที่น้ำใต้ดินที่เค็มและอยู่ภายใต้แรงกดดัน (Artesian groundwater) ทำให้สามารถ เคลื่อนที่ขึ้นมาบริเวณผิวดินแล้วเกิดการสะสมของสารละลายเกลือขึ้น ในชั้นดินทำให้เกิดดินเค็มขึ้น (Williamson *et al.*, 1989)

การเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มสามารถควบคุมได้โดยการป้องกันไม่ให้เกิดการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ และควบคุมระดับน้ำใต้ดินที่เค็มในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ หรือพื้นที่ดินเค็มให้อยู่ในระดับความลึกที่น้ำใต้ดินเค็มไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบนผิวดิน หรือบริเวณรากพืชได้ วิธีการเหล่านี้ได้แก่ การใช้วิธีการทางด้านพืชและวิธีการทางด้านวิศวกรรมหรือ การใช้วิธีการทั้งสองด้านร่วมกันในบริเวณพื้นที่รับน้ำ พื้นที่ให้น้ำหรือพื้นที่ให้น้ำและพื้นที่รับน้ำร่วมกัน (ชัยนาม, 2527ก; Ghassemi *et al.*, 1989)

วิธีการทางวิศวกรรมเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม โดยการพัฒนาแบบ ระบายน้ำทั้งระบบระบายน้ำผิวดินและระบบระบายน้ำใต้ดินซึ่งมีหลายรูปแบบเพื่อที่จะระบายน้ำใต้ ดินให้ลดระดับลงไปในระดับความลึกที่ต้องการ ในการดำเนินการฟื้นฟูจะต้องมีการดูแลรักษาและ ทำนุบำรุงเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ ดังนั้นจึง มีค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบสูง ต้องการองค์ ความรู้ในการดูแลและงบประมาณในการทำนุบำรุงหรืองบประมาณในการดำเนินการ และมีปัญหาใน

ด้านการกักน้ำเค็มที่ระบายออกมากจากระบบซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ใกล้เคียง และแหล่งน้ำธรรมชาติได้ (ชัยนาม และคณะ, 2540; ชัยนาม, 2544ก; ชัยนาม, 2544ข)

การปลูกป่ากลับเข้าไปในบริเวณพื้นที่รับน้ำได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นการจัดการดินและน้ำที่ปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมและยังเป็นการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมไปในเวลาเดียวกัน ด้วยซึ่งสามารถกระทำได้โดยการปลูกไม้ยืนต้นที่มีรากลึก เจริญเติบโตได้รวดเร็ว และใช้น้ำมากมาปลูกในบริเวณพื้นที่รับน้ำ โดยพื้นที่รับน้ำต้องเป็นพื้นที่ที่น้ำใต้ดินมีการตอบสนองต่อน้ำฝนที่ตกลงมาอย่างรวดเร็ว ต้นไม้ที่ปลูกป้องกันไม่ให้น้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่รับน้ำเคลื่อนที่ลงไปในดินโดยส่วนของทรงพุ่มจะรับน้ำฝนไว้บางส่วนแล้วระเหยไป ส่วนน้ำที่ผ่านทรงพุ่มซึมผ่านผิวดินลงไปในชั้นดิน ต้นไม้ที่มีความสามารถในการใช้น้ำสูงจะดูดน้ำไปใช้ ทำให้น้ำที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นดินไปเพิ่มเติมน้ำใต้ดินในปริมาณที่น้อยลง หรือต้นไม้ที่มีระบบรากที่ยังลึกลงไปชั้นดินในระดับลึกทำให้สามารถดูดน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ได้โดยตรง ดังนั้นเมื่อมีการลดการเติมน้ำลงไปยังแหล่งน้ำใต้ดินที่เป็นแหล่งของน้ำในกระบวนการเกิดดินเค็ม น้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ให้น้ำมีการเคลื่อนที่ออกไปยังแหล่งระบายน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ หรือลำห้วย ทำให้น้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำค่อยๆ ลดระดับลง ในขณะเดียวกันกระบวนการล้างดิน (Leaching) โดยน้ำฝนซึ่งจะชะล้างเกลือให้เคลื่อนที่ผ่านระบบรากพืชลงไปในชั้นดิน เมื่อระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลงจนถึงระดับที่น้ำใต้ดินไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบริเวณผิวดินได้ และมีการชะล้าง เกลือที่ละลายน้ำได้โดยน้ำฝนให้เคลื่อนที่กลับลงไปยังน้ำใต้ดิน ดินเค็มก็จะค่อยๆ กลับมาเป็นดินที่มีความสามารถในการผลิตดั้งเดิม (Dissataporn *et al.*, 1992)

ในการจัดการดินเค็ม สิ่งสำคัญที่สุดในการเริ่มต้นดำเนินการจำเป็นต้องมีการจำแนกพื้นที่ที่รับน้ำ และพื้นที่ให้น้ำ หรือพื้นที่ดินเค็ม รวมไปถึงการจำแนกความรุนแรงของความเค็มของดิน เนื่องจากพื้นที่ดินเค็มที่มีความรุนแรงต่างกัน การจัดการย่อมแตกต่างกันออกไปโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของวิธีการจัดการด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจวัดค่าความเค็มของดินและน้ำรวมไปถึงน้ำใต้ดินเพื่อที่จะได้ทราบถึงความเค็มของดิน ความเค็มของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน รวมไปถึงทิศทางของการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินซึ่งวิธีการที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าว จำเป็นต้องอาศัยเวลา เครื่องมือ และความชำนาญของบุคลากร รวมไปถึงงบประมาณในการติดตามการเปลี่ยนแปลง (Dissataporn *et al.*, 2001; Dissataporn *et al.*, 2002c) นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือตัวเกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากการเกิดปัญหาดินเค็ม เกษตรกรผู้ก่อให้เกิดปัญหาดินเค็มเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ หรือเกษตรกรที่ดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็มโดยไม่รู้ตัวว่าเป็นผู้ทำให้เกิดขึ้น รวมไปถึงประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มเนื่องจากปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงเนื่องจากความเค็มจะมีผลกระทบต่อดิน น้ำ และพืช ดังนั้นประชาชนที่อยู่ในชุมชนจะต้องได้รับผลกระทบเมื่อมีการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มไม่ว่าจะอยู่ในรูปของผลผลิตพืชที่ได้น้อยลง หรือการอุปโภคและบริโภคน้ำซึ่งอาจจะได้รับผลกระทบต่อเศรษฐกิจของชุมชนเมื่อเกษตรกรซึ่งเป็นคนหนุ่มมากของชุมชนไม่สามารถทำการผลิตพืชออกมาได้ย่อมไม่สามารถไปใช้จ่ายปัจจัยที่จำเป็นต่อการครองชีพได้ รวมไปถึงการจ้างงานทางด้านการเกษตรก็จะลดลง ดังนั้นในการจัดการปัญหาดินเค็มจะต้องอาศัยความร่วมมือจากคนเหล่านี้เพื่อให้มาร่วมในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มเนื่องจากการฟื้นฟูดินเค็มไม่ใช่แต่เพียงการลดระดับน้ำใต้ดินลงไปใน

ระดับที่น้ำใต้ดินไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาบริเวณผิวดิน ยังต้องการการลดการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งอาจจะอยู่ไกลออกไปจากพื้นที่ให้น้ำที่มีปัญหาดินเค็ม รวมไปถึงความร่วมมือในการไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายความเค็มของดินอันเนื่องมาจากการทำกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายดินเค็ม ท้ายที่สุดได้แก่เกษตรกรที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ให้น้ำซึ่งเป็นที่ปัญหาการเกิดดินเค็มขึ้น โดยความรุนแรงอาจจะเกิดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและการเรียงตัวของชั้นดินว่าจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นมาของน้ำใต้ดินโดยเกษตรกรบางรายอาจจะรู้สึกตัวเองไม่ได้รับผลกระทบจากความเค็มจึงไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมการฟื้นฟูจากเหตุผลดังกล่าวก่อนที่จะดำเนินการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจะต้องมีการบอกกล่าวแก่ชุมชนที่มีส่วนร่วมในการก่อให้เกิดปัญหาดินเค็มและชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาดินเค็มให้ทราบถึงปัญหาของการเกิดดินเค็ม และวิธีการแก้ไข แล้วให้ร่วมกันตัดสินใจว่ามีความจำเป็นจะต้องดำเนินการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มหรือไม่ เนื่องจากปัญหาดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เกิดมาเป็นระยะเวลายาวนานเกษตรกรหรือคนในชุมชนอาจจะคุ้นเคยกับดินเค็มและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีดินเค็มอยู่ทำให้ไม่เห็นความจำเป็นในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มได้

การแก้ไขปัญหาดินเค็มสามารถกระทำได้โดยการใช้พันธุ์ข้าวทนเค็ม พืชชอบเกลือ สารปรับปรุงบำรุงดิน ทั้งที่อยู่ในรูป สารอินทรีย์และ สารอนินทรีย์ และวิธีการเพาะปลูกเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตของพืชที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็ม แต่การใช้วิธีการเหล่านี้ไม่สามารถแก้ไข หรือปรับปรุงดินเค็มได้อย่างถาวร เพียงแต่เป็นการลดความรุนแรงของปัญหาดินเค็มลงเท่านั้น จำเป็นต้องมีการควบคุมระดับน้ำใต้ดินที่เค็มให้อยู่ในระดับที่น้ำใต้ดินไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบริเวณผิวดินและเกิดการสะสมเกลือในชั้นดิน ซึ่งวิธีการที่จะสามารถนำมาใช้ได้อาจเป็นวิธีการทางวิศวกรรม และวิธีการทางชีววิทยา ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือของเกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากความเค็มและเกษตรกรผู้ไม่ได้รับผลกระทบรวมทั้งผู้ที่อยู่ในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดดินเค็มเข้ามามีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนขบวนการในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม

แนวทางการวางระบบการพัฒนาพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดยุทธศาสตร์ นโยบาย แผนงาน และโครงการของกรมพัฒนาที่ดิน โดยนำเอาไปใช้เพื่อพัฒนาหรือแก้ไขปัญหาระบบการเกษตรและที่ดิน รวมทั้งทางภาคการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ดินเค็ม สามารถใช้ในการ ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการวางระบบพัฒนาที่ดิน การแก้ไขปัญหาทรัพยากรดินและที่ดิน แก่ผู้บริหารผู้สนใจ นักวิชาการ เกษตรกร ผู้สนใจผ่านการถ่ายทอดทางด้านสิ่งพิมพ์ เว็บไซต์ (Website) แผ่นพับและใช้เป็นแนวทางในการวางโครงการพัฒนาพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

บทที่ 2

ลักษณะทางภูมิศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์

ทิศเหนือ จดประเทศลาว มีแม่น้ำโขงเป็นเส้นเขตแดนบางตอน ด้านตะวันออก จดประเทศลาว โดยมีแม่น้ำโขงและทิวเขาพนมดงรักเป็นเส้นกั้นอาณาเขต ส่วนทางด้านทิศใต้จดภาคตะวันออกของประเทศไทยและประเทศกัมพูชา มีทิวเขาพนมดงรักเป็นเส้นกั้นเขตแดน และทิศตะวันตก ติดต่อกับภาคกลาง มีเทือกเขาตงพญาเย็นและเทือกเขาเพชรบูรณ์เป็นเส้นกั้นเขต

พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะเป็นที่ราบสูง กว้างใหญ่ เรียกกันทั่วไปว่า ที่ราบสูงโคราช (Khorat Plateau) มีลักษณะเป็นแอ่งตื้นๆ หรือคล้ายกระทงหงายลาดเอียงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เล็กน้อย ประกอบด้วยแอ่ง 2 แอ่ง คือแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครโดยมีเทือกเขาภูพานกั้นไว้ พื้นผิวเป็นส่วนใหญ่ที่เหลื่อมค้ำจากการกัดกร่อนมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด (Undulating) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 100 เมตร ถึง 200 เมตร ส่วนบริเวณขอบของที่ราบสูง ได้ถูกยกตัวขึ้นทำให้เกิดภูเขาและหน้าผาชันล้อมรอบที่ราบสูงทางด้านใต้และตะวันตกของภาค มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 200 ถึง 1000 เมตร บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของที่ราบสูงเป็นเทือกเขาภูพานทอดตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือไปยังตะวันออกเฉียงใต้ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 600 เมตร แม่น้ำที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำมูล ชี และแม่น้ำสงคราม (สวัสด์, 2529)

สภาพภูมิอากาศ

ภูมิอากาศเป็นแบบเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical savannah climate) โดยในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากประเทศจีน ทำให้มีอากาศหนาว แห้งแล้ง ฤดูฝนมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน นำเอาอากาศชื้นอบอู่น จากมหาสมุทรอินเดียเข้ามา แต่เนื่องจากการมีเทือกเขาเพชรบูรณ์ เทือกเขาดงพญาเย็น เทือกเขาพนมดงรักกีดขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของลมมรสุมทำให้ฝนมีปริมาณน้อย น้ำฝนส่วนมากได้มาจากพายุดีเปรสชันที่กำเนิดในทะเลจีนใต้ พายุนี้เกิดในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ทิศทางของการเคลื่อนที่ไม่แน่นอนและมักมีปริมาณของน้ำฝนมากทำให้เกิดน้ำท่วม ฤดูร้อน เริ่มจากกลางเดือนกุมภาพันธ์จนถึงปลายเดือนพฤษภาคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งพัดมาจากทะเลจีนใต้และอ่าวไทย แต่ในช่วงเวลานี้ได้รับแสงแดดมากทำให้มีอากาศร้อนและแห้งแล้งมาก (Mekong Secretariat, 1991)

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีแตกต่างกันมากโดยบริเวณทางด้านตะวันตก และทางตอนใต้ของภาคเป็นบริเวณที่มีฝนตกน้อย ส่วนบริเวณทางตอนเหนือและตะวันออกของภาคมีปริมาณฝนตกปานกลาง และบริเวณตอนเหนือสุดของภาคที่ติดกับแม่น้ำโขงมีปริมาณฝนตกมากที่สุด ค่าเฉลี่ยของน้ำฝนตลอดปีเท่ากับ 1400 มิลลิเมตร ส่วนค่าการระเหยน้ำเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 1,795 มิลลิเมตร โดยปริมาณของน้ำฝนมากกว่าการระเหยในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเท่านั้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อยู่ในช่วง 67-75 เปอร์เซ็นต์ โดยการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศเป็นไปในทำนองเดียวกันกับปริมาณของน้ำฝน ในส่วนของอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.72 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 28.55 และ 20.90 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2547)

สภาพทางธรณีวิทยา

ที่ราบสูงโคราชเกิดจากการยกตัวของผิวโลก และโค้งงอของหินต้นกำเนิด ทำให้เกิดที่ราบสูง และ เทือกเขา โดยบริเวณขอบทางทิศตะวันตก ทิศเหนือ และทิศใต้ถูกยกตัวขึ้นสูงกว่าตรงกลางของที่ราบสูง ซึ่งเกิดขึ้นในยุคเทอเชียรี (Tertiary) การโค้งงอของหินในบริเวณตอนกลางทางด้านเหนือของที่ราบสูงโคราช และการยุบตัวทางตอนกลางของที่ราบสูงโคราชทำให้เกิดแอ่งโคราช แอ่งสกลนคร และเทือกเขาภูพาน ภายหลังการยกตัวจะเกิดการชะล้างทำให้มีตะกอนที่เกิดจากการกัดกร่อนและผุพังลงไปสะสมในบริเวณที่ต่ำ (Thiamongkol, 1978)

หินที่มีผลต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ราบสูงโคราชเป็นหินหินตะกอนที่เกิดในมหายุคมีโซโซอิก เรียกว่า หินชุดโคราช (Mesozoic sedimentary rocks of Khorat Group) และตะกอนลำนํ้า (Alluvium deposit) ซึ่งเกิดในยุคควอเตอร์นารี (Quaternary) โดยหินชุดโคราชประกอบด้วยหินทราย (Sandstone) หินทรายแป้ง (Siltstone) หินดินดาน (Shale) และหินเกลือครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ที่ราบสูงโคราช พื้นที่ที่เหลือเป็นตะกอนลำนํ้า หินปูนชุดราชบุรีและหินแปร (Haworth *et al.*, 1966)

การลำดับชั้นหินในหินชุดโคราชตามอายุ (Stratigraphy) ได้แก่ หินหน่วยภูกระดึง หินหน่วยพระวิหาร หินหน่วยภูพาน หินหน่วยโคกกรวด หินหน่วยมหาสารคาม และหินหน่วยภูทอก หน่วยหินที่สำคัญที่สุดของหินชุดโคราชคือหินหน่วยมหาสารคามเกิดทับถมอยู่บนหินหน่วยโคกกรวดและถูกปิดทับด้วยหินตะกอนของหมวดหินภูทอก หรือ ตะกอนดินทรายยุคปัจจุบัน พบบริเวณตอนกลางของแอ่งสกลนครและแอ่งโคราชเป็นหินพวกหินทราย หินดินดานเนื้อหยาบและหินซิลต์สโตนมีสีแดงซีดถึงน้ำตาลปนแดง และมีหน่วยหินเกลือระเหยที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 หน่วย ได้แก่หน่วยตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง ซึ่งเกลือทั้ง 3 หน่วยจะซ้อนกันอยู่โดยแทรกด้วยหิน และดินเหนียวสีน้ำตาลแดง (Sattayarak, 1983)

สภาพทางอุทกวิทยา

แหล่งน้ำผิวดิน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลุ่มน้ำที่สำคัญคือ ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำโขง โดยลุ่มน้ำมูลมีพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่ที่สุด รองลงมาลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำชี ตามลำดับ ลุ่มน้ำโขงมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีมากที่สุด 22,746 ล้านลูกบาศก์เมตร ลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชีมีประมาณ 20,408 และ 11,135 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ปริมาณน้ำท่าส่วนใหญ่เกิดในฤดูฝน แต่มีศักยภาพน้ำท่าต่ำเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชีไม่มีทำเลที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งได้ตลอดลำนํ้า การพัฒนาแหล่งน้ำจึงเป็นเพียงการสร้างฝายกั้นแม่น้ำเป็นระยะ ๆ ตามลำนํ้า ทำให้มีปัญหาขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง (วีรพล, 2542)

แหล่งน้ำบาดาล

น้ำบาดาลพบในบริเวณกรวดทรายตะกอนแม่น้ำของลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำมูลและบางส่วนของลุ่มน้ำชีสามารถพัฒนาเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคได้เป็นอย่างดี ส่วนน้ำบาดาลที่อยู่ในหินแข็งโดยน้ำใต้ดินแทรกอยู่ตามช่องว่างของรอยแตก รอยแยก รูโพรง หรือตามช่องว่างระหว่างชั้นต่อชั้นของหินแข็งของหินชุดโคราช หินชุดราชบุรี หินแปร และหินอัคนี ชั้นหินที่มีการแตกหักและผุ แต่ปริมาณน้ำจะม้น้อยกว่าน้ำบาดาลที่พัฒนาตามบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำและมีปัญหาเกี่ยวปริมาณหลักค่อนข้างสูง แต่น้ำ

บาดาลในบริเวณที่ลุ่มกลางแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครมีความเค็มสูงไม่สามารถพัฒนามาใช้ประโยชน์ได้ (Pianchareon, 1982)

ดิน

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่เกิดจากสลายตัวผุพังของหินทรายเป็นส่วนใหญ่ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีความเป็นกรดสูง นอกจากนี้บริเวณที่ราบลุ่มยังมีเกลืออยู่ในชั้นดินในระดับตื้นๆ บางบริเวณมีน้ำบาดาลที่กร่อยถึงน้ำเค็ม สามารถจำแนกออกเป็น 29 กลุ่มชุดดิน ดินในบริเวณที่ดอนเป็นพวก Paleustults ส่วนดินในที่ลุ่มเป็น Paleaquults ดินทั้งสองมักจะพบเป็นส่วนมากในภูมิภาคนี้โดยมีลักษณะเป็นดินทราย ส่วนดินพวก Tropaquepts และ Tropepts ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์เกิดเป็นบริเวณเล็กๆ ตามที่ลุ่มที่น้ำท่วมถึง ส่วนดินในบริเวณภูเขาไม่มีการสำรวจและได้จัดให้เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope complex) (Mitsuchi, 1986) ดินประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 70 ล้านไร่ เป็นดินที่เหมาะสมต่อการเกษตรแต่มีข้อจำกัดบางประการที่มีผลต่อผลผลิตของพืชในด้านสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน โดยเป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ มีปริมาณ แร่ดินเหนียว น้อย ความสามารถในการดูดยึดประจุบวก (CEC) ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำ (Buffer capacity) และ ปริมาณ ธาตุอาหารในดินต่ำ ดินมีความเป็นกรดสูง และมีความสามารถในการดูด ยึดน้ำต่ำ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดอื่นๆ อีก เช่นดินมีการชะล้างโดยน้ำสูง โดยดินที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตรมีอยู่ประมาณ 23.75 ล้านไร่ หรือ 22 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด การนำมาใช้ประโยชน์ต้องมีการจัดการที่ดี ดินที่มีปัญหาเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นทุกขณะเนื่องจากการกระทำของมนุษย์ เช่นดินเค็ม ดินตื้น และดินทรายจัด เป็นต้น (Moormann *et al.*, 1964; Morcharoen *et al.*, 1987; Panichapong, 1983)

สภาพเศรษฐกิจและสังคม

ประชากรใน พ.ศ. 2 546 เท่ากับ 20,825,000 คน โดยประชากรส่วนใหญ่จะอยู่ในจังหวัด นครราชสีมา อุบลราชธานี อุตรธานี และขอนแก่น (สำนักงานสถิติแห่งชาติ , 2546ก) เศรษฐกิจของภาคขึ้นอยู่กับการเกษตรโดยภาคการเกษตรมีผลต่อ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในภาค (Gross Regional Product-GRP) ถึง 22.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของประเทศเท่ากับ 8.50 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันมากที่สุดโดยมีพื้นที่ปลูก 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูก อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง อ้อยและพืชอื่นๆ ปัญหาและอุปสรรคของการเกษตรในภาคนี้ได้แก่ในช่วงฤดูแล้งจะประสบปัญหาสภาพแห้งแล้ง ขาดแคลนน้ำเป็นระยะเวลายาวนานและในช่วงฤดูฝนพื้นที่ราบลุ่มจะประสบปัญหาน้ำท่วม นอกจากนี้ดินยังมีปัญหาในด้านความเป็นกรดสูง และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินมากเกินไปและมีความเค็ม จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการเคลื่อนย้ายของประชากรในภาคเกษตรไปเป็นการรับจ้างในเมืองใหญ่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2546ข)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือกระทำโดยการขยายพื้นที่ปลูกไปในพื้นที่ป่าไม้ Mitsuchi (1986) รายงานว่าในช่วง พ.ศ. 2473 ถึง พ.ศ. 2493 พื้นที่นา มีอยู่ 13.75 ล้านไร่ หรือ 13 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ปลูกพืชไร่มีอยู่เพียง 37,000 ไร่ หรือ 0.35 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ปลูกของพืชทั้งสองชนิดค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในช่วงนี้

ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มของประชากรจาก 4 ล้านคน เป็น 7 ล้านคนก็ตาม โดยข้าวจะปลูกตามบริเวณที่ราบลุ่มริมแม่น้ำในฤดูฝนเท่านั้น (Montrakun, 1964)

ในช่วงเวลาจาก พ.ศ. 2493 ถึง พ.ศ. 2518 พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลดลงจาก 65.19 ล้านไร่ หรือ 61.8 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด เป็น 28.81 ล้านไร่ หรือ 27.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ในขณะเดียวกันพื้นที่ใช้ในการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นจาก 27.25 ล้านไร่ เป็น 47.50 ล้านไร่ โดย 34.06 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าว หรือพื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่า สาเหตุเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรจาก 7 ล้านคน เป็น 15 ล้านคน ทำให้มีความจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตโดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกไปในพื้นที่ป่าไม้ (Rigg, 1985)

ในช่วง พ.ศ. 2518 ถึง พ.ศ. 2528 นั้น พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 28.81 ล้านไร่ เป็น 13.13 ล้านไร่ แต่พื้นที่การเกษตรมีการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ทั้งนี้เนื่องจากการนำเอาพื้นที่ไปใช้ในด้านอื่นๆ มากกว่าทางด้านการเกษตรและยังมีการเปลี่ยนรูปแบบในการผลิตพืช โดยการเปลี่ยนจากการปลูกพืชไร่ใช้พื้นที่มากมาเป็นการปลูกพืชผักซึ่งต้องการการดูแลรักษาสูง ทำให้การขยายตัวของพื้นที่การเกษตรไม่สูงขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541) หลังจากนั้นมีการห้ามทำไม้ในเขตป่าสงวนทำให้การลดลงของป่าไม้มีน้อยลง จากตัวเลขของป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือใน พ.ศ. 2543 เหลืออยู่ 17.21 ล้านไร่ หรือ 16.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547; ส่วนวิเคราะห์การใช้ที่ดิน 2, 2548)

บทที่ 3

การเกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การเกิดของดินเค็ม

ดินเค็ม (Saline soil) คือดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำได้ (Soluble salt) อยู่มากในสารละลายดิน (Soil solution) และเมื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือที่สกัดออกมาจากดินที่อยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation) (Electrical conductivity - E_c) จะมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส (Deci siemens per meter - dS/m) ความชื้นที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกับความชื้นในดินที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ แต่ในกรณีที่ต้องการความรวดเร็วและมีจำนวนตัวอย่างเป็นจำนวนมากใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2 หรือ 1:5 ความเค็มของดินขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายเกลือในสารละลายดิน โดยมากจะพบว่าคราบของเกลือปรากฏอยู่บนผิวดิน เกลือที่ละลายน้ำได้ที่พบ ได้แก่ โซเดียม (Na^+) แคลเซียม (Ca^{+2}) แมกนีเซียม (Mg^{+2}) ส่วนพวกที่มีประจุลบ ได้แก่ คลอไรด์ (Cl^-) ซัลเฟต (SO_4^{-2}) คาร์บอเนต (CO_3^{-2}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

ผลกระทบของเกลือที่อยู่ในดินเค็มขึ้นกับชนิดของเกลือที่ละลายน้ำได้ การละลายได้ของเกลือ ใช้การละลายได้ของยิปซัม (Gypsum - $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) เป็นค่ามาตรฐานในการกำหนดความสามารถในการละลายได้ของเกลือ โดยเกลือที่มีการละลายน้ำได้มากกว่ายิปซัมจัดเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ เช่น โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) และ โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ส่วนเกลือที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยกว่ายิปซัม เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จัดเป็นพวกเกลือที่ไม่ละลายน้ำซึ่งไม่ก่อให้เกิดปัญหาดินเค็ม ลำดับของการละลายน้ำได้ของเกลือที่มีประจุบวก คือแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ส่วนพวกที่มีประจุลบได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟต และไบคาร์บอเนต (Rhoades, 1982)

ดินเค็มประเภทที่มีสารละลายเกลืออยู่มาก ในสารละลายดินไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างของดิน เรียกว่าดินเค็ม แต่ในกรณีที่ดินมีโซเดียมที่ละลายได้อยู่ในสารละลายดินเป็นจำนวนมากและมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว โซเดียมที่ละลายได้ที่อยู่ในสารละลายดินจะไปไล่ที่ แคลเซียมที่ละลายได้ที่ถูกดูดยึดไว้โดยอนุภาคดินเหนียว (Clay particle) ให้ออกมาอยู่ในสารละลายดิน แต่เนื่องจากแรงดูดยึดของโซเดียมไอออน จะน้อยกว่า แคลเซียมไอออน ทำให้แรงถูกยึดระหว่าง อนุภาคดินเหนียว น้อยลง และเนื่องจากโซเดียมไอออน มีความสามารถในการดูดน้ำให้มาอยู่รอบตัวมันสูงจึงทำให้ดินเกิดสภาพฟุ้งกระจายโดยส่วนประกอบของดินคือ ดินทราย (Sand) ดินทรายแป้ง (Silt) ดินเหนียว (Clay) และอินทรีย์วัตถุแยกตัวออกจากกันทำให้ดินเกิดการฟุ้งกระจาย (Dispersion) เมื่อดินเปียกทำให้ดินเกิดการขยายตัวสูง (Swelling) เกิดสภาพน้ำท่วมขัง การระบายน้ำเลว และเมื่อแห้งดินจะแข็งตัวมาก ดินเค็มที่มีโซเดียมไอออนอยู่มากจนมีผลกระทบต่อโครงสร้างของดินจัดเป็นดินเค็ม โซดิก (Sodic soil) โดยดินเค็มชนิดนี้มี เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage - ESP) มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ (Tanjji, 1990)

สาเหตุของการเกิดดินเค็มเกิดจากการใช้น้ำที่มีสารละลายเกลือเจือปนอยู่ หรือมีน้ำใต้ดินที่มีสารละลายเกลือเจือปนอยู่ในระดับตื้น การเกิดดินเค็มในบริเวณที่ไม่มีการชลประทานสามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะที่ไปส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่เค็มเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบบนผิวดินและเกิดการสะสมของเกลือในชั้นดิน นอกจากนี้เกลืออาจมาจากน้ำ

ทะเล การใช้สารเคมีที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบเป็นจำนวนมาก และจากหินตะกอนที่เกิดจากการระเหยของน้ำทะเล (Tanji, 1990)

ความเค็มเป็นปัญหาหลักในทุกๆ พื้นที่เกษตรกรรม มีผล กระทบต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินและน้ำ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยทำให้เกิดการชะล้างธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินออกไปปนเปื้อนสภาพแวดล้อม เมื่อธาตุเหล่านี้ลงไปสะสมในแหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้คุณภาพของน้ำลดลง หรือทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืชน้ำ ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา ความเค็มทำให้โครงสร้างของดินเสียไป ดินแน่นทึบ มีการระบายน้ำน้อยลง และทำให้เกิดสภาพน้ำท่วมขัง และทำให้ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินลดน้อยลง โดยถึงแม้ว่าดินมีความชื้นอยู่แต่พืชไม่สามารถนำเอาน้ำเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ได้ และมีผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน (Ghassemi *et al.*, 1995)

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบกระจายอยู่ตามทีลุ่มโดยจะเห็นคราบเกลือขึ้นมาหย่อมๆ ความเค็มของดินแตกต่างกันไปตลอดทั้งพื้นที่ที่ไม่มีความสม่ำเสมอ และในบางพื้นที่ที่เป็นรอยต่อระหว่างเนินดินกับน้ำท่วมพบคราบเกลือตรงเชิงเนิน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมีการไหลลงมาของน้ำใต้ดินที่เค็มตามความลาดชัน (Saline seep) ของเนินดิน เมื่อน้ำใต้ดินที่เค็มมาไหลบริเวณเชิงเนินน้ำเกิดการระเหยและทิ้งเกลือไว้ให้เห็นเป็นคราบอยู่บนผิวดิน (Sinanuwong and Takaya, 1974) หรือน้ำใต้ดินที่เค็มและอยู่ในระดับตื้นเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยในบริเวณเชิงเนินเนื่องจากน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ของน้ำ (Hydraulic head) สูงไปยังบริเวณที่มีศักย์ของน้ำต่ำกว่าทำให้เกิดการระเหยบริเวณเชิงเนินมากกว่าบริเวณพื้นราบ จึง เกิดเป็นคราบเกลือบริเวณเชิงเนิน (Freeze and Cherry, 1979)

สมบัติทางเคมีของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการนำไฟฟ้าของดินมากกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร ปริมาณของอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ก็เป็นไปในทางเดียวกันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เกลือที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่เป็นโซเดียมและคลอไรด์ โดยมีแมกนีเซียม แคลเซียมรองลงมา ส่วนไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตมีน้อยจนไม่สามารถตรวจวัดได้ ปฏิบัติการความเป็นกรดและด่างของดิน พบว่าอยู่ในระดับเป็นกรด ค่าความสามารถในดูดซับประจุบวก ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากพื้นที่ดินเค็มส่วนมากเกิดในดินทราย ยกเว้นในบางพื้นที่ที่พบดินเค็มเกิดในดินเหนียวมีค่าความเป็นด่างค่อนข้างสูง และ เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้สูงกว่า 15 นอกจากสมบัติทางเคมีดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในบริเวณพื้นที่ดินเค็ม น้ำใต้ดินมีการนำไฟฟ้าสูง มีเกลือคลอไรด์ โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมละลายอยู่มากและระดับน้ำใต้ดินอยู่ ที่ 1.00-1.50 เมตร จากผิวดินตลอดทั้งปี และความเค็มของดิน และน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดิน (Dissataporn *et al.*, 2002c)

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าการเกิดและการแพร่กระจายอยู่ประมาณ 17.8 ล้านไร่ หรือประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค โดยพื้นที่ดินเค็มจัดมีอยู่ประมาณ 1.5 ล้านไร่ ดินเค็มปานกลาง ประมาณ 3.7 ล้านไร่ และดินเค็มน้อยประมาณ 12.6 ล้านไร่ (Arunin, 1984) ความเค็มของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้การใช้ประโยชน์ของที่ดินมีแต่เฉพาะการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มน้อยและดินเค็มปานกลาง ความเค็มทำให้ผลผลิตของข้าวลดต่ำลงจนถึงไม่สามารถให้ผลผลิตได้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความเค็มของดิน ส่วนพื้นที่ดินเค็มจัดและจัดมากไม่สามารถ

นำเอามาใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรมได้ ถูกปล่อยทิ้งไว้ว่างเปล่า หรือมีการใช้ในการทำนาเกลือสินเธาว์ในบางพื้นที่ (ชัยนาม และคณะ, 2528)

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเกิดขึ้นมาแล้วตั้งแต่ยุคเทอเชียรี (Tertiary) โดยเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เนื่องจากหลังการสิ้นสุดการสะสมเกลือของทะเลโคราชและทะเลสกลนคร มีการทับถมของตะกอนต่างๆ และการกัดเซาะรวมไปถึงการสลายตัวตามธรรมชาติของหินที่ปกคลุมเกลืออยู่จึงเกิดการละลายเกลือออกมาปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดินและดินทำให้เกิดดินเค็มขึ้นในบางพื้นที่ มีรายงานว่ามีการนำเอาเกลือมาใช้ประโยชน์ เป็นการเกิด ดินเค็ม แบบปฐมภูมิ (Primary salinization) (Gardner *et al.*, 1967)

สาเหตุของการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันของนักวิชาการ โดยการเกิดการแพร่กระจายของดินเค็มอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าไม้ที่มีการใช้น้ำตลอดปีมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ใช้ในการปลูกพืชอายุสั้น เช่น มันสำปะหลัง ปอ และอ้อย หรือการปลูกข้าวนาดอนในบริเวณพื้นที่รับน้ำ แล้วทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็ม ขึ้นมาใกล้ผิวดิน และทำให้เกิดดินเค็มในที่สุด โดยมีรายงานเกี่ยวกับการเริ่มเข้าไปตั้งถิ่นฐานของประชากรเพื่อทำการเกษตรในบริเวณพื้นที่ป่าไม้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งในขณะนั้นพบว่ามีบางบริเวณเท่านั้นที่เป็นพื้นที่ดินเค็มอยู่แล้วโดยมีการทำเกลือจากบริเวณพื้นที่ดินเค็มในฤดูแล้ง แต่เนื่องจากสภาพอุทกธรณีวิทยาในช่วงเวลาดังกล่าว น้ำฝนที่ตกลงมาถูกใช้ไปโดยป่าไม้ และในฤดูแล้งน้ำส่วนที่เหลือถูกใช้ไปโดยรากของต้นไม้ที่มีระบบรากลึก ทำให้ระดับน้ำใต้ดินที่เค็มอยู่ในระดับลึก และปริมาณน้ำผิวดินจำนวนมากที่มาจากน้ำฝนชะล้างเอาความเค็มของดินแล้วพัดพาไปสู่ทะเลตามระบบลำน้ำของกลุ่มน้ำโขงทำให้ไม่เกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม (Hisao, 1992) แต่ภายหลังจากนั้น มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มขึ้น โดยจากการสอบถามเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ดินเค็มในหลายๆ พื้นที่พบว่าเกิดการเกิดดินเค็มเกิดภายหลังการตัดป่าบนที่สูงออกไป หลังจากนั้นประมาณ 40-50 ปี จึงเกิดดินเค็มขึ้น และจากการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอุทกธรณีวิทยา (สมศรี และคณะ, 2538) และการศึกษาผลของไม้ยืนต้นโตเร็วที่ปลูกในบริเวณพื้นที่รับน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดิน (ชัยนาม และคณะ, 2533) ก็เป็นเครื่องยืนยันได้เป็นอย่างดีว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินจากป่าไม้ที่มีระบบรากลึก ใช้น้ำมาก มีการเจริญเติบโตยาวนานหลายๆ ปีมาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอายุสั้น ใช้น้ำน้อย มีผลทำให้เกิดการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดิน และทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินเค็มและน้ำเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่ามี เกลือโซเดียม และ คลอไรด์ที่ละลายได้ เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเกลือที่พบอยู่ในสารละลายดินและน้ำใต้ดินโดยอัตราส่วนของ เกลือโซเดียม และคลอไรด์ที่ละลายได้ มีอัตราส่วน 1:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนของ เกลือโซเดียมและคลอไรด์ที่ละลายได้ในหินเกลือ (Rock salt) ที่พบในหน่วยหินมหาสารคาม (Mahasarakham Formation) ที่รองรับพื้นที่ในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร (Williamson *et al.*, 1989) ดังนั้นการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงมีความเชื่อว่าดินเค็มที่เกิดอยู่ในแอ่งสกลนครและโคราชมีแหล่งของเกลือ (Source of salt) ในการเกิดดินเค็มมาจากชั้นหินเกลือที่รองรับอยู่ข้างใต้แอ่งสกลนครและแอ่งโคราช

เนื่องจากไม่พบการแพร่กระจายของดินเค็มในบริเวณนอกแอ่งโคราชและสกลนคร (Wongsawat and Junrawongsa, 1987) แต่เนื่องจากหินเกลือดังกล่าวอยู่ในระดับลึก การที่เกลือเคลื่อนที่ขึ้นมาปนเปื้อนน้ำใต้ดินและทำให้เกิดดินเค็มขึ้นเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ยากมากจึงได้มีการเสนอขบวนการในการที่เกลือจากหน่วยหินมหาสารคามก่อให้เกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายขบวนการได้แก่

เกลือที่พบอยู่ในดินและน้ำใต้ดินในปัจจุบันเกิดจากชั้นหินเกลือที่ถูกยกตัวขึ้นมาแล้วถูกละลายไปปนเปื้อนน้ำใต้ดินและดิน โดยพบหินหมวดโคกกรวดในบริเวณภูเขาทางด้านทิศตะวันตกและบนเทือกเขาภูพานซึ่งหินชั้นนี้รองรับหินในหมวดหินมหาสารคาม ดังนั้นชั้นเกลือหินที่อยู่ในหมวดหินมหาสารคามได้ถูกละลายออกไปปนเปื้อนยังสภาพแวดล้อมหมดแล้ว บางส่วนถูกชะล้างออกไปตามทางระบายน้ำตามธรรมชาติ บางส่วนตกตะกอนอยู่ในชั้นดิน และบางส่วนลงไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน แล้วทำให้เกิดดินเค็มและน้ำเค็มขึ้น หรือเกลือชั้นบนและเกลือชั้นกลางในบางพื้นที่จะถูกชะลายหมดไป เช่น บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งปัจจุบันเหลือแต่ชั้นเกลือหินชั้นล่างที่อยู่ในระดับลึกจากผิวดินไม่มีอิทธิพลต่อความเค็มของน้ำใต้ดินและดินเค็ม (Haworth *et al.*, 1966)

ยังมีการพบว่าในหลายๆ พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เกลือชั้นล่างที่อยู่ภายใต้แรงดันสามารถเคลื่อนไหวได้เนื่องจากเกลือนี้ได้อยู่ในสภาพพาสติก (Plastic) เมื่อถูกแรงดันกดดันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นมายังผิวดินเป็นรูปโดม โดยพบโดมเกลือที่ระดับความลึก 10-20 เมตรจากผิวดิน เมื่อชั้นของดินเหนียวที่ซ้อนทับโดมเกลือเหล่านี้มีช่องว่างให้น้ำผิวดินเคลื่อนที่ลงไปละลายเกลือจากโดมเกลือ ทำให้เกิดการปนเปื้อนของความเค็มจากโดมเกลือต่อน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับตื้น เมื่อเกลือในโดมละลายออกไปทำให้เกิดการยุบตัวกลายเป็นอ่างน้ำหรือทะเลสาบ ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำหรือเป็นพื้นที่ที่เติมน้ำผิวดินลงไปแหล่งน้ำใต้ดินอีกทางหนึ่ง น้ำใต้ดินที่ถูกปนเปื้อนด้วยเกลือจากโดมเกลือแพร่กระจายต่อไปยังดินทำให้เกิดดินเค็มขึ้น รวมทั้งทำให้เกิดการปนเปื้อนน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป (Japakasetr and Suwanich, 1984)

Sinanuwong and Takaya (1974) ได้เสนอว่าแหล่งของเกลือในการเกิดดินเค็มนั้นมาจากหินดินดานและหินทรายของหินชุดมหาสารคามโดยหินเหล่านี้มีเกลือแทรกอยู่ในชั้นหิน พบในบริเวณที่สูงและอยู่ในระดับที่ไม่ลึกจากผิวดิน ดังนั้นเมื่อมีฝนตกลงมา น้ำฝนชะล้างเกลือที่แทรกอยู่ในหินออกมาแล้วเคลื่อนที่ไปปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณที่ลุ่มทำให้เกิดดินเค็มขึ้น

บางทฤษฎีได้เสนอว่ามีการเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำแล้วน้ำใต้ดินที่สัมผัสกับชั้นหินเกลือในหมวดหินมหาสารคามละลายเกลือหินให้ออกมาปนเปื้อนอยู่ในน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับลึก และน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับลึกส่วนมากอยู่ภายใต้แรงกดดัน (Confined aquifer) และหินชั้นบนของแหล่งน้ำใต้ดินมีรอยแตก หรือรอยเลื่อนทำให้น้ำใต้ดินที่เค็มและอยู่ภายใต้แรงกดดันเคลื่อนที่ผ่านรอยแตก (Fault) ขึ้นมาปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่อยู่ในส่วนที่ใกล้ผิวดิน และเกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินให้เข้ามาใกล้ผิวดินจนสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยอบริเวณผิวดินโดยขบวนการ ชาบซึมน้ำตามแนวตั้ง (Capillary rise) ทิ้งเกลือให้สะสมในชั้นดิน (Srisuk and Toth, 1994) หรืออาจจะกล่าวได้ว่าแหล่งของน้ำ (Source of water) และแหล่งของเกลือในขบวนการเกิดดินเค็มมาจากหินเกลือและน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับลึก แต่ Imaizumi *et al.* (1996) ได้เสนอว่าการเกิดดินเค็มเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่เค็ม ที่สัมผัสกับหินเกลือของหน่วยหินมหาสารคาม และอยู่ภายใต้แรงกดดันเคลื่อนที่ผ่านรอยเลื่อนของหินขึ้นมาปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับตื้นและทำให้เกิดการยก

ตัวของน้ำใต้ดินทำให้เกิดดินเค็มขึ้น แต่รอยเลื่อนทุกรอยเลื่อนไม่จำเป็นต้องเป็นช่องทางของการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่เค็มและอยู่ภายใต้แรงกดดัน

Tuckson *et al.* (1982) ศึกษาขบวนการในการเกิดดินเค็มในบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้เสนอว่าพื้นที่รับน้ำอยู่บริเวณขอบของตัวทุ่งกุลาร้องไห้ น้ำใต้ดินที่เพิ่มเติมลงมาในแหล่งน้ำใต้ดินจะมาปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่เค็มในบริเวณพื้นที่ให้น้ำในบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้แล้วทำให้เกิดดินเค็มขึ้น

จากการศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยาในบริเวณอำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่นโดยความช่วยเหลือขององค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency - JICA) ต่อมการพัฒนาที่ดินได้เสนอว่าการเกิดดินเค็มในบริเวณที่ทำการศึกษาก่อเกิดจากการเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณที่สูงที่ดินมีความสามารถในการให้น้ำฝนเคลื่อนที่ลงไปแหล่งน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับลึก และน้ำใต้ดินเหล่านี้จะลงไปละลายเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม แล้วเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ผิวดินเนื่องจากน้ำใต้ดินอยู่ภายใต้แรงกดดัน (JICA, 1991)

จากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าทุกทฤษฎีมีแหล่งของเกลือในการเกิดดินเค็มมาจากหินเกลือโดยหินเกลือบนเนินดิน หินเกลือจากโดมเกลือ หินเกลือที่อยู่ลึกลงไปชั้นดิน และหินเกลือที่ถูกละลายแล้วไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำใต้ดิน

จากการรวบรวมข้อมูลของการศึกษาอุทกธรณีวิทยาของน้ำใต้ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถกล่าวได้ว่า แหล่งของเกลือในขบวนการการเกิดดินเค็มมาจากการละลายของเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งได้แก่ฮาไลต์ (Halite – NaCl) เนื่องจากการศึกษาคุณภาพของน้ำใต้ดินจากพื้นที่ศึกษาอุทกธรณีวิทยาของน้ำใต้ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำใต้ดินและดินเค็มเป็น เกลือโซเดียมและคลอไรด์ที่ละลายได้เป็นส่วนใหญ่ และอัตราส่วนของโซเดียมต่อคลอไรด์ใกล้เคียง 1 (Dissataporn *et al.*, 1996a; Dissataporn, 2002c) และจากการวิเคราะห์ไอโซโทป (Isotope) ของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำก็ยืนยันได้ว่าน้ำใต้ดินมาจากน้ำฝนที่เพิ่มเติมลงไปแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ (Williamson *et al.*, 1989) ปัญหาเกี่ยวกับแหล่งของเกลือว่ามาจากใต้ดินหรือมาจากเกลือที่แทรกตัวอยู่ในหิน ดินดาน และหินทรายที่อยู่บนที่สูงนั้น จากข้อมูลคุณภาพของน้ำใต้ดินในบริเวณต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าคุณภาพของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำมีค่า การนำไฟฟ้า ต่ำ แต่ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำมีความเค็มของน้ำใต้ดินสูง จึงอาจจะกล่าวได้ว่าแหล่งของเกลือที่พบบริเวณที่สูงมีอยู่เพียงบางที่เท่านั้น หรืออาจจะเป็นไปได้ว่าเกลือซึ่งแทรกอยู่ในหินดังกล่าวได้ถูกละลายออกไปหมดแล้วและลงไปสะสมอยู่ในน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่รับน้ำ และจากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินกับการมีชั้นหิน ดินดานและหินทรายพบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการมีชั้นหิน ดินดานและ หินทรายแสดงว่าชั้นหิน ดินดานและหินทรายของหน่วยหินมหาสารคามในชั้นดินไม่ได้เป็นแหล่งของเกลือในการเกิดดินเค็ม (Dissataporn, 2002a) และจากการตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับการศึกษาอุทกธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีการบันทึกลำดับของชั้นหิน แต่ไม่มีรายงานเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหิน ดินดาน หินทรายและหินทรายแป้ง แต่มีรายงานว่าเมื่อนำเอาหินเหล่านี้มาชิม หรือปล่อยให้แห้งจะพบคราบเกลือหรือนำมาแช่น้ำแล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะพบว่าน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าสูง ทำให้สรุปว่าหินเหล่านี้มีเกลือแทรกอยู่ แต่ความเค็มเหล่านั้นน่าจะมาจากน้ำใต้ดินที่เค็ม โดยเมื่อทำการพัฒนาท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน และนำหินที่เก็บมาจากหลุมเจาะจะเปียกด้วยน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาเพื่อพิสูจน์

ความเค็ม ทำให้เข้าใจว่าหินเหล่านั้นมีเกลือแทรกอยู่ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงเนื้อหินจะพบว่า มีลักษณะอัดแน่น ดังนั้นการที่จะมีเกลือเข้าไปแทรกอยู่จึงเป็นไปได้ยาก

ในบริเวณพื้นที่ดินเค็มหรือพื้นที่ให้น้ำ น้ำใต้ดินมีค่าความเค็มสูงและมีระดับตื้นจากผิวดิน ค่าความต่างศักย์ของน้ำทางด้านแนวตั้ง ของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 10 และ 15 เมตร จากผิวดิน มีทิศทางในการเคลื่อนที่ขึ้น แต่ค่า ความต่างศักย์ของน้ำทางด้านแนวตั้ง ไม่สูงมากนัก (Dissataporn, 2002a) ยกเว้นมีเพียงบางบริเวณในพื้นที่ศึกษาอุทกธรณีวิทยาของน้ำใต้ดินในบริเวณจังหวัด นครราชสีมาเท่านั้นที่น้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 30 20 และ 10 เมตร จากผิวดิน มีค่าศักย์ของน้ำตามแนวตั้งสูงเกินผิวดินขึ้นมา 2-3 เมตร จากผิวดิน (สมศรี และคณะ, 2532ก) แต่เมื่อพิจารณาถึงหินในบริเวณนั้นพบว่า เป็นหิน ดินดาน หรือ หินทราย ที่มีลักษณะอัดแน่นไม่มีรอยเลื่อน ดังนั้นในสภาพธรรมชาติ น้ำใต้ดินที่มีแรงดันนี้อาจไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาถึงผิวดินได้โดยตรงเหมือนกับที่วัดได้จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน แต่อาจจะเคลื่อนที่ขึ้นมาจากชั้นเกลือหินที่อยู่ในระดับลึกได้ในระดับหนึ่ง แล้วทำให้น้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับนั้นเค็มก่อน หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพอุทกธรณีวิทยาของน้ำใต้ดินทำให้สมดุลของน้ำใต้ดินในบริเวณนั้นเสียไป โดยเกิดการเติมน้ำในบริเวณพื้นที่รับน้ำที่มีการปลูกมันสำปะหลังเข้ามาในระบบมากขึ้น น้ำที่เพิ่มเติมเข้ามาในระบบน้ำใต้ดิน ทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาใกล้ผิวดิน แล้วทำให้เกิดดินเค็มขึ้นในที่สุด

การที่จะพิสูจน์ว่าแหล่งของเกลือและขบวนการในการเกิดดินเค็มใดว่าถูกต้องจำเป็นต้องทำการติดตามย้อนกลับไปยังแหล่งของเกลือนั้นๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องใช้ความรู้ และเครื่องมือที่ทันสมัย แต่จากข้อเสนอทั้งหมดจะตรงกันคือเกลือหินถูกละลายแล้วมาปนเปื้อนน้ำใต้ดิน แต่หลังจากนั้นการทำให้เกิดดินเค็มจะเกี่ยวข้องกับการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็ม ดังนั้นจึงจะสามารถสรุปได้ว่าการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกิดจากการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มอยู่แล้วให้มาอยู่ในระดับที่น้ำใต้ดินสามารถเคลื่อนที่มาระเหยบนผิวดินแล้วเกิดดินเค็มขึ้นในที่สุด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกในบริเวณพื้นที่รับน้ำ ระดับน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำมีการเพิ่มขึ้นภายหลังจากที่มีฝนตก และระดับน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำจะมีการตอบสนองต่อการเติมน้ำของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ โดยจะมีช่วงเวลาห่างกันออกไป (Time lag) ทั้งนี้การตอบสนองของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำต่อปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงมาในแต่ละพื้นที่รับน้ำ และการตอบสนองของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำต่อปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมลงมาในแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ ขึ้นกับสมบัติของดินและหินในบริเวณพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ (Williamson *et al.*, 1989) จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้เป็นข้อยืนยันได้ในระดับหนึ่งว่าน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำมาจากการเติมน้ำของน้ำฝนในบริเวณพื้นที่รับน้ำ แต่ควรมีการศึกษายืนยันโดยการติดตามการเคลื่อนที่ของน้ำฝนจากบริเวณพื้นที่รับน้ำมายังบริเวณพื้นที่ให้น้ำโดยใช้ ตัวติดตาม (Tracer) เพื่อเป็นการยืนยันถึงการกระบวนการในการเกิดดินเค็ม เพราะถ้าแหล่งของน้ำในขบวนการเกิดดินเค็มไม่ได้มาจากการเติมน้ำของน้ำฝนในบริเวณพื้นที่รับน้ำ แล้วเคลื่อนที่ลงมาเพิ่มเติมน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ แต่เป็นน้ำที่มาจากน้ำใต้ดินที่อยู่ภายใต้แรงกดดันและอยู่ในระดับลึกซึ่งสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาตามรอยเลื่อนของชั้นหินแล้วมาเติมน้ำยังน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ การแก้ไขหรือการป้องกันการเกิดดินเค็มแตกต่างกันออกไป โดยต้องใช้วิธีทางวิศวกรรมในการระบายน้ำเค็มออกไป

และควบคุมให้ระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่น้ำใต้ดินไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาจะเหยบริเวณผิวดินได้ และปล่อยให้มีการชะล้างเกลือออกไปโดยน้ำฝนหรือน้ำชลประทาน (Dissataporn *et al.*, 1996a)

ดังนั้นในการป้องกันการเกิด และการแพร่กระจายของดินเค็มในพื้นที่เกษตรกรรมจึง เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินในระดับที่ไม่ลึกมากนัก ส่วนที่เกี่ยวข้องมากที่สุดในการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มคือ การยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มอยู่แล้วแต่อยู่ในระดับลึกให้ขึ้นมาใกล้ระดับผิวดิน ดังนั้นในการป้องกันการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมจึงอยู่ที่การควบคุมปริมาณน้ำที่เติมลงไปแหล่งน้ำ ใต้ดินซึ่งมีผลทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มมากกว่า เนื่องจากพบว่าในบริเวณพื้นที่ที่ดินมี ความเค็มน้อยนั้น ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณนั้นเพิ่มขึ้นตามความลึกโดยของชั้นดิน ดังนั้นหาก ไม่สามารถควบคุมการเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินที่มีความเค็มอยู่แล้วสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมา แล้วทำให้เกิดการสะสมของเกลือในชั้นดินได้ สิ่งที่สำคัญที่สุดในการป้องกันการเกิดและการ แพร่กระจายของดินเค็มคือการจำแนกให้ได้ว่าน้ำที่ทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มมาจาก บริเวณใด แล้วจึงควบคุมปริมาณน้ำที่เติมลงไปแหล่งน้ำใต้ดินจะปฏิบัติได้ง่ายกว่า และไม่มี ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเมื่อเทียบกับการควบคุมระดับน้ำใต้ดินที่เค็มในบริเวณพื้นที่ดิน การ ระบายน้ำที่เค็มออกไปซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้

ผลกระทบของความเค็มของดินต่อพืชและการผลิตพืช

- 1) ความเค็มของดินที่เกิดขึ้นทำให้ดินลดความสามารถในการผลิตของดินลงและมีผลในการ ลดลงของผลผลิตของพืชด้วย
 - 2) ในการแก้ไขปัญหาความเค็มของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเกษตรกรรม มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มปัจจัยในการผลิตทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้น เช่น สารปรับปรุงบำรุงดิน ปุ๋ย และเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น
 - 3) การตอบสนองของดินและพืชต่อปัจจัยการผลิตที่ใส่ลงไปดินเค็มจะน้อยกว่าดินปกติ ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุน
 - 4) ความสามารถในการดูดน้ำของพืชลดน้อยลง โดยพืชจำเป็นต้องดูดเอาโซเดียมไอออนเข้าไปสะสมในตัวเองเพื่อลดค่าศักย์ออสโมซิส (Osmotic potential) ภายในพืชให้ต่ำลงเพื่อให้สามารถ ดูดน้ำเข้าไปได้ โซเดียมไอออน ที่เข้าไปสะสมในพืช ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้ (Nutrient imbalance)
 - 5) เกษตรกรไม่สามารถเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นๆ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ในการผลิตเป็น ข้อจำกัดเนื่องจากปัญหาดินเค็มทำให้รายได้ของเกษตรกรลดน้อยลง
 - 6) เมื่อเกิดปัญหาดินเค็มขึ้นปัญหาอื่นๆ จะตามมา เช่น เกิดการกัดกร่อนโดยน้ำและลม
 - 7) ดินเค็มที่เกิดขึ้นเมื่อแพร่กระจายออกไปมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำน้ำที่อยู่ ใกล้เคียงเนื่องจากการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินที่เค็ม
 - 8) การฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มมีค่าใช้จ่ายสูงโดยเมื่อคิดถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแล้วจะไม่ คุ้มค่าในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม (Ghassemi *et al.*, 1995; Tanji, 1990)
- พืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพดินเค็มจะมีใบที่สีเขียวเข้ม ใบมีความหนาและอวบน้ำ (Succulence) มากกว่าพืชที่ขึ้นอยู่ในดินที่ไม่เค็ม ในกรณีที่เป้นไม้ยืนต้นทำให้เกิดอาการใบไหม้และ ใบร่วงหล่นในที่สุด ความสามารถในการทนเค็มของพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและยังขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยอีกหลายประการ โดยพืชจำพวกไม้ผล ผัก และไม้ประดับ มีความอ่อนแอต่อความเค็มมากกว่าพืชไร่หรือพืชอาหารสัตว์ ความสามารถในการทนเค็มของพืชเปลี่ยนไปตามช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโต โดยพืชมีความอ่อนแอต่อความเค็มในช่วงเริ่มงอกหรือช่วงปักดำ หลังจากนั้นความสามารถในการทนเค็มจะสูงขึ้น แล้วไปอ่อนแออีกครั้งหนึ่งในช่วงออกดอก สภาพภูมิอากาศและการชลประทานก็มีผลต่อความสามารถในการทนเค็มของพืช ดังนั้นในสภาพอากาศร้อนและแห้ง พืชจะได้รับผลกระทบจากความเค็มมากกว่าสภาพอากาศเย็นและชุ่มชื้น การให้น้ำจำนวนบ่อยครั้งและในปริมาณที่มากกว่าความต้องการของพืชช่วยเพิ่มความสามารถในการทน (Ghassemi *et al.*, 1995)

ผลกระทบของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับระดับความเค็มของดิน โดย

- 0-2 เดซิซีเมนต่อเมตร ไม่มีผลกระทบจากความเค็มของดิน
- 2-4 เดซิซีเมนต่อเมตร การเจริญเติบโตของพืชที่อ่อนแอต่อความเค็มของดินได้รับผลกระทบ
- 4-8 เดซิซีเมนต่อเมตร การเจริญเติบโตของพืชส่วนมากได้รับผลกระทบ
- 8-16 เดซิซีเมนต่อเมตร พืชที่มีความสามารถในการทนเค็มเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้
- > 16 เดซิซีเมนต่อเมตร มีเพียงพืชบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโต (U.S. Salinity

Laboratory staff, 1954)

ผลกระทบต่อสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

- 1) ทำให้เกิดปัญหาการปล่อยพื้นที่การเกษตร เกิดพื้นที่รกร้างเมื่อดินกลายเป็นดินเค็มที่ไม่สามารถทำการผลิตทางการเกษตรได้
- 2) ลดความสามารถในการผลิตอาหารอาจจะก่อให้เกิดความอดอยากได้
- 3) ทำให้ต้องใช้แรงงานในการปลูกหรือฟื้นฟูดินเค็มมากขึ้น
- 4) เกษตรกรมีรายได้จากการทำการเกษตรน้อยลงทำให้เกษตรกรต้องไปรับจ้างทำงานไปที่อื่นๆซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการอพยพแรงงานไปในเมืองใหญ่ (Ghassemi *et al.*, 1995; Zekri and Albisu, 1993)

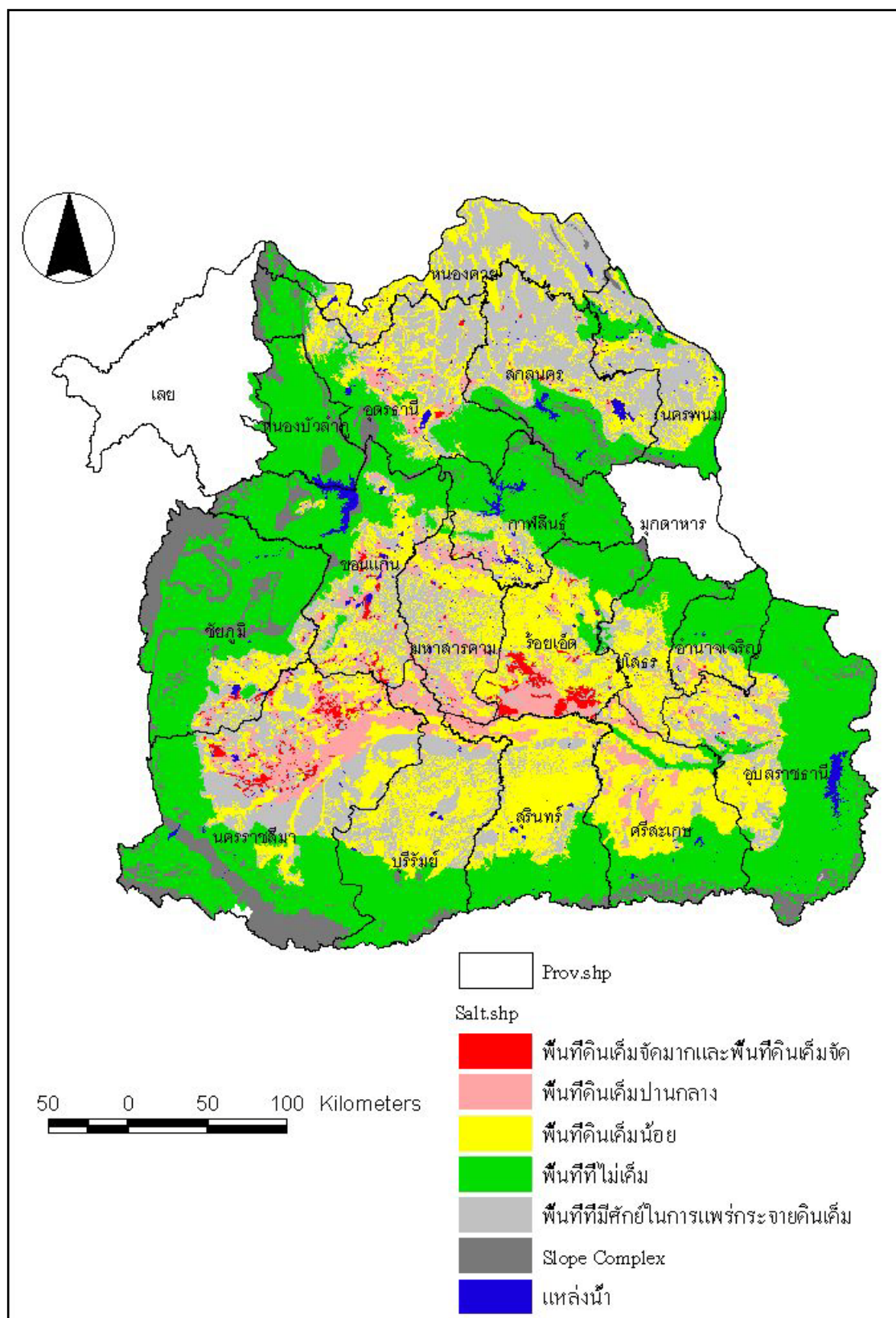
บทที่ 4

การจำแนกชนิดของดินเค็มและการแพร่กระจาย

ในการจัดการปัญหาดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตพืชในพื้นที่ดินเค็ม การฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม และการป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็ม ได้แก่ การทราบถึงขนาดของการแพร่กระจายของดินเค็ม และการเปลี่ยนแปลงของขนาดของการแพร่กระจายเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานการจัดการดินเค็ม เนื่องจากการจัดการดินเค็มที่มีความรุนแรงของความเค็มของดินแตกต่างกันย่อมแตกต่างกัน และในการจัดการดินเค็มซึ่งมีความสามารถในการผลิตต่ำต้องคำนึงถึงต้นทุนของการจัดการด้วย

การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ แผนอุทกธรณี แผนที่ดิน และการเก็บตัวอย่างดิน สามารถใช้ในการหาแผนที่การแพร่กระจายของดินเค็มได้ในระดับหนึ่ง โดยการสังเกตคราบของเกลือบนผิวดิน ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนในช่วงฤดูแล้งหรือในช่วงที่ฝนมีการทิ้งช่วง จากปริมาณของคราบเกลือที่ปรากฏอยู่บนผิวดิน และผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินซึ่งเก็บจากบริเวณพื้นที่ดินเค็ม และข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยา สามารถนำมาจัดเป็นหน่วยแผนที่ดินเค็ม (สมศรี และคณะ , 2523; Arunin *et al.*, 1994; กรมพัฒนาที่ดิน ไม่ระบุปีที่พิมพ์) (ภาพที่ 1) โดย

1. ดินเค็มจัดมาก มีคราบของเกลือมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าของดินมากกว่า 16 เดซิซีเมนต่อเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ว่างเปล่า มีนาข้าวเป็นส่วนน้อย พืชที่ขึ้นได้มักเป็นไม้ทรงพุ่มมีหนาม เช่น หนามแดง หนามพรม หนามปี เป็นต้น น้ำใต้ดินมีความเค็มสูงและอยู่ในระดับตื้นมาก
2. ดินเค็มจัด พบคราบเกลือเป็นหย่อมๆ บนผิวดิน 10-50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 8-16 เดซิซีเมนต่อเมตร ส่วนใหญ่ใช้ปลูกข้าวแต่มีผลผลิตต่ำมาก พืชที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติได้แก่ ต้นสะแก ตาล และต้นไม้ทนเค็มบางชนิด น้ำใต้ดินเป็นน้ำเค็ม และอยู่ในระดับค่อนข้างตื้น
3. ดินเค็มปานกลาง มีคราบของเกลือ 1-10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 4-8 เดซิซีเมนต่อเมตร ใช้ทำนา พืชที่ขึ้นอยู่เป็นพวกไม้เต็งรัง น้ำใต้ดินเป็นน้ำกร่อย และอยู่ลึกประมาณ 1-2 เมตรจากผิวดิน
4. ดินเค็มน้อย มีคราบของเกลือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 2-4 เดซิซีเมนต่อเมตร น้ำใต้ดินเป็นน้ำกร่อย หรือน้ำเค็มอยู่ลึกมากกว่า 2 เมตรจากผิวดิน บริเวณนี้มีโอกาสที่จะเป็นดินเค็มปานกลางได้ ถ้าระดับน้ำใต้ดิน ยกตัวสูงขึ้น
5. พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็ม ไม่พบคราบของเกลือบนผิวดิน เป็นที่ดอนที่มีหินดินดานและหินทรายที่มีเกลือแทรกอยู่ ใช้ในการปลูกพืชไร่ต่างๆ ไป ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก บางแห่งก็เป็นน้ำกร่อย หรือน้ำเค็ม มีบางแห่งที่เป็นน้ำจืด เมื่อหินดินดานและหินทรายที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบสลายตัว และมีการตัดไม้ทำลายป่าทำให้สมดุลของน้ำเสียไปเกิด การไหลของน้ำเค็มจากบริเวณที่มีหินอมเกลือลงไปบริเวณที่ลุ่มและเกิดการสะสมเกลือที่ละลายน้ำได้แล้วเกิดดินเค็มขึ้น
6. ดินไม่เค็ม ไม่พบคราบเกลือเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตของชั้นหินห้วยมหาสารคาม น้ำใต้ดินเป็นน้ำจืด



ภาพที่ 1 การแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมพัฒนาที่ดิน ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

นอกจากการจัดทำแผนที่การแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แล้วยังมีการออกมาตรการในการจัดการและควบคุมปัญหาดินเค็มตามหน่วยแผนที่ ดินเค็ม โดยในบริเวณเค็มน้อยถึงปานกลาง แนะนำให้ใช้สารอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์วัตถุรวมทั้งการไถกลบพืชปุ๋ยสดเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และผลผลิตของข้าว ส่วนในบริเวณที่เป็นดินเค็มจัดให้ใช้ในการปลูกพืชทนเค็มและพืชชอบเกลือ ส่วนการควบคุมปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มนั้นแนะนำให้ปลูกไม้ยืนต้นที่มีอายุยาวนาน มีการใช้น้ำมากและเจริญเติบโตรวดเร็วปลูกในบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็ม เพื่อลดการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดิน (Dissataporn and Yamclee, 1995)

ในการศึกษาการแพร่กระจายของดินเค็มสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้คราบเกลือที่ปรากฏอยู่บนผิวดิน การมีพืชพื้นเมืองที่ชอบเกลือขึ้น และอาการที่พืชเศรษฐกิจได้รับผลกระทบจากความเค็ม (Arunin, 1984) แต่วิธีการที่ได้รับการยอมรับได้แก่ การวิเคราะห์ความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้ของตัวอย่างดิน แต่เพื่อความสะดวกใช้วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่ได้จากการสกัดดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยดินเค็มจะมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

เนื่องจากต้นทุนการเก็บตัวอย่างดินลดลงไปในชั้นดิน ดังนั้นการศึกษการแพร่กระจายของดินเค็มโดยการเก็บตัวอย่างดินด้วยสว่านเจาะดินสามารถกระทำได้ในระดับความลึกหนึ่งเท่านั้น นอกจากนี้เนื่องจากดินเค็มมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้จำเป็นต้องมีการเก็บตัวอย่างดินบ่อยครั้ง หรือในกรณีที่มีการสำรวจในบริเวณพื้นที่กว้างใหญ่ทำให้มีจำนวนตัวอย่างดินที่จะต้องวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก ในการศึกษการแพร่กระจายของดินเค็มจึงมีความจำเป็นต้องใช้วิธีการที่สามารถวัดค่าความเค็มของดินได้อย่างรวดเร็ว สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการสำรวจและวิเคราะห์ตัวอย่างดินน้อย สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของดินได้ และสามารถวัดการแพร่กระจายของดินเค็มบนผิวดินและในชั้นดินได้ เครื่อง วัดความต้านทานของดินแบบสี่ขั้ว (Four-electrode resistivity meter) และ เครื่องวัดการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic induction terrain conductivity meter) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการศึกษการแพร่กระจายของดินเค็ม (Rhoades, 1992)

การสำรวจการแพร่กระจายของดินเค็มโดยใช้เครื่อง วัดการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการวัดค่าเฉลี่ยของเกลือที่ละลายน้ำได้ในชั้นดินที่ระดับความลึก 7.5 15 และ 30 เมตร จากผิวดิน ค่าที่วัดได้มีหน่วยวัดเป็นไมโครซีเมนต่อเมตร (mS/m) โดย 1 ไมโครซีเมนต่อเมตร เท่ากับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 25 หน่วยในล้านหน่วย (ppm) (McNeil, 1980)

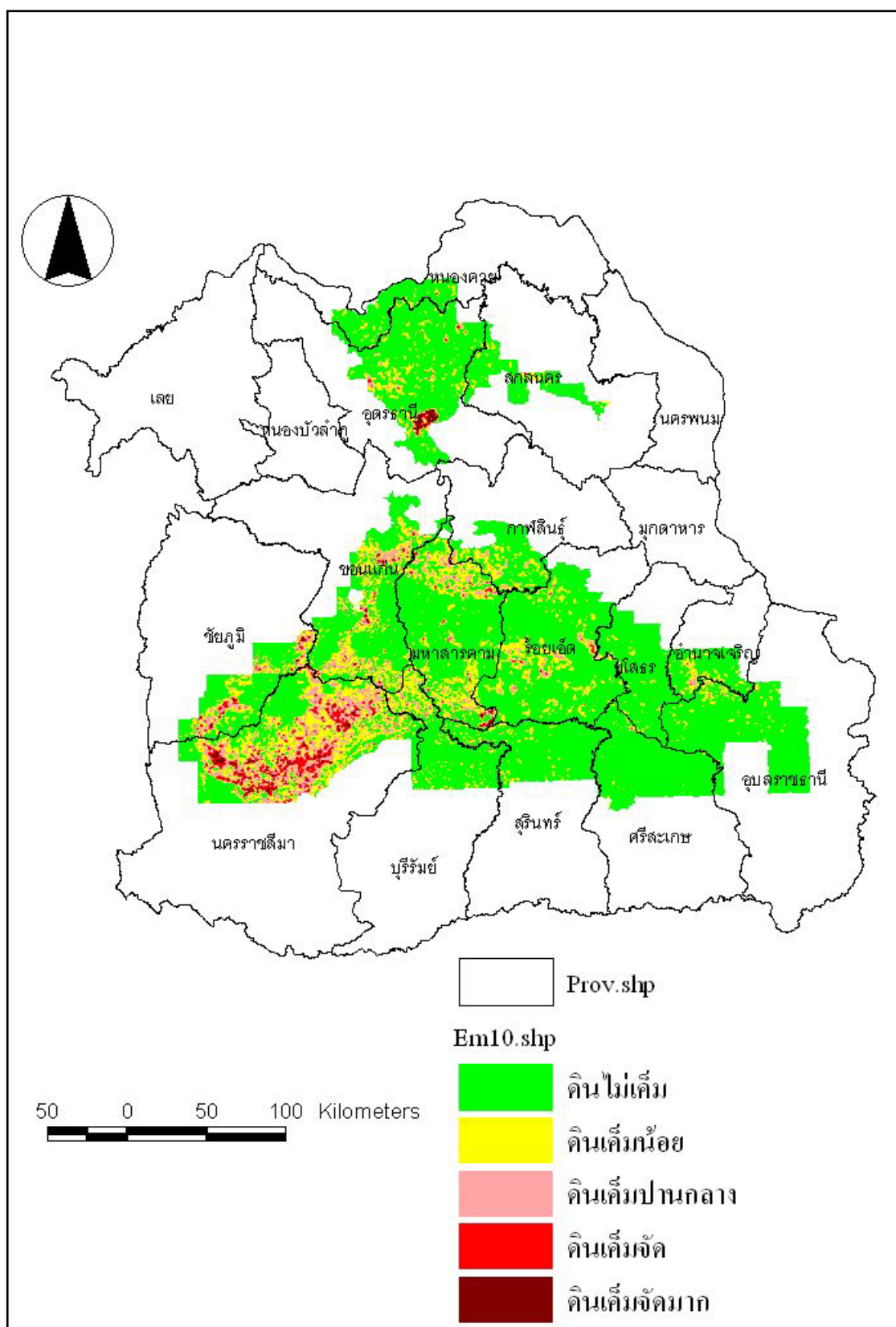
วิธีการวัดการเหนี่ยวนำกระแสแม่เหล็กไฟฟ้านี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการศึกษการแพร่กระจายของดินเค็ม (Carreron *et al.*, 1981; McFalane *et al.*, 1987; Williams and Hoey, 1987; Dixon, 1989; Canon *et al.*, 1994) Cook and Walk (1992) ได้พัฒนสมการเชิงเส้นระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดินในห้องปฏิบัติการกับค่า การเหนี่ยวนำกระแส สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม (Apparent electromagnetic conductivity - E_c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม กับค่าการนำไฟฟ้าของดินในห้องปฏิบัติการเป็นสิ่งที่ควรมีการพัฒนาสมการในการเปลี่ยนค่า การเหนี่ยวนำกระแส สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม เป็นค่าการนำไฟฟ้าของดินในห้องปฏิบัติการ โดยค่าเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม 1 ไมโครซีเมนต่อเมตร

มีค่าเท่ากับโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 25 หน่วยในล้านหน่วยและสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้น 640 หน่วยในล้านหน่วยมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1 เดซิซีเมนต่อเมตร แต่เหตุที่ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างดินจากผิวดินลงไปในระดับความลึก 7.5 15 และ 30 เมตร จากผิวดิน

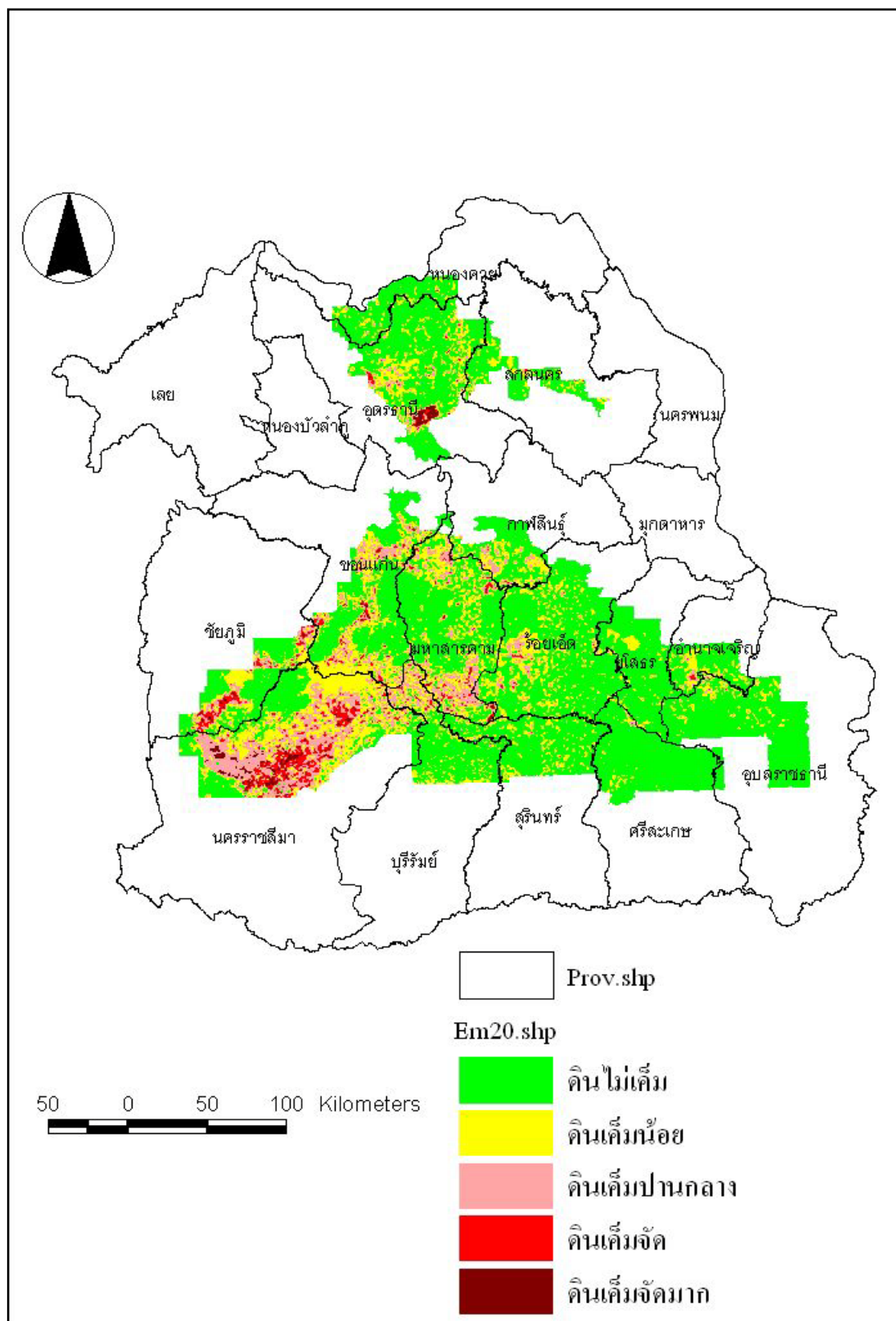
Dissataporn *et al.* (2002d) แบ่งชั้นค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามเพื่อใช้ทำแผนที่ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 7.5 15 และ 30 เมตร จากผิวดิน ซึ่งแผนที่การเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม สามารถบอกถึงการแพร่กระจายของดินเค็มบริเวณผิวดินถึงระดับความลึก 7.5 เมตร จากผิวดิน (ภาพที่ 2) และจากผิวดินลึกลงไปในพื้นที่ระดับความลึก 15 และ 30 เมตร (ภาพที่ 3 และภาพที่ 4) บริเวณที่เป็นดินเค็มค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามจะเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดิน

หน่วยของแผนที่ ดินเค็มโดย ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามแบ่งออกเป็น

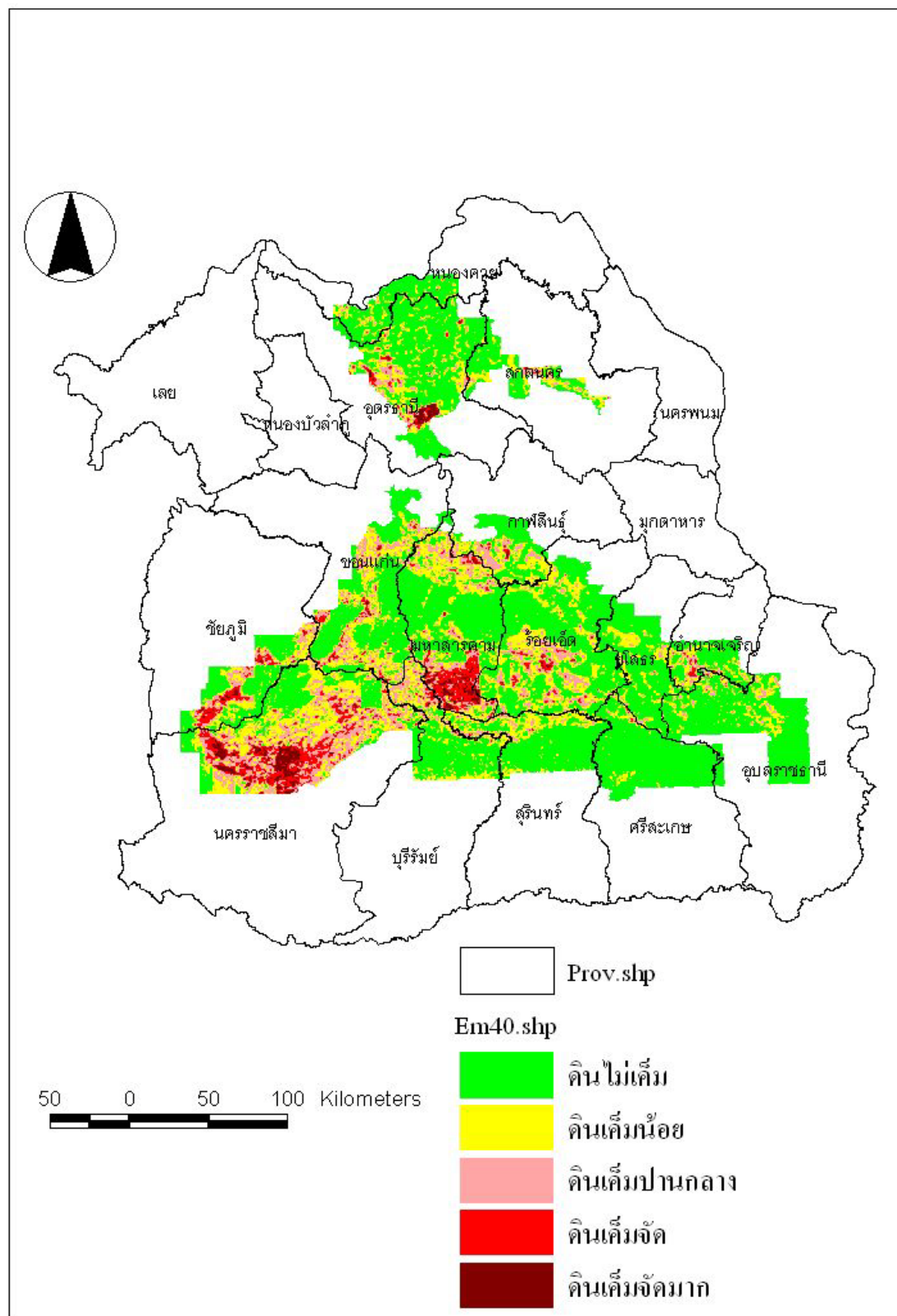
1. ดินเค็มจัดมาก ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามมากกว่า 200 ไมโครซีเมนต่อเมตร
2. ดินเค็มจัด ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามมีค่า 160-200 ไมโครซีเมนต่อเมตร
3. ดินเค็มปานกลาง ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามมีค่า 120-160 ไมโครซีเมนต่อเมตร
4. ดินเค็มน้อย ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามอยู่มีค่า 80-120 ไมโครซีเมนต่อเมตร
5. ดินไม่เค็ม ค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามน้อยกว่า 80 ไมโครซีเมนต่อเมตร



ภาพที่ 2 การแพร่กระจายดินเค็มด้วยค่าการเหนี่ยวนำกระแสแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม ที่ระดับความลึก 7.5 เมตรจากผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Dissataporn *et al.*, 2002d)



ภาพที่ 3 การแพร่กระจายดินเค็มด้วยค่าการเหนี่ยวนำกระแสแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 15 เมตรจากผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Dissataporn *et al.*, 2002d)



ภาพที่ 4 การแพร่กระจายดินเค็มด้วยค่าการเหนี่ยวนำกระแสแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 30 เมตรจากผิวดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Dissataporn *et al.*, 2002d)

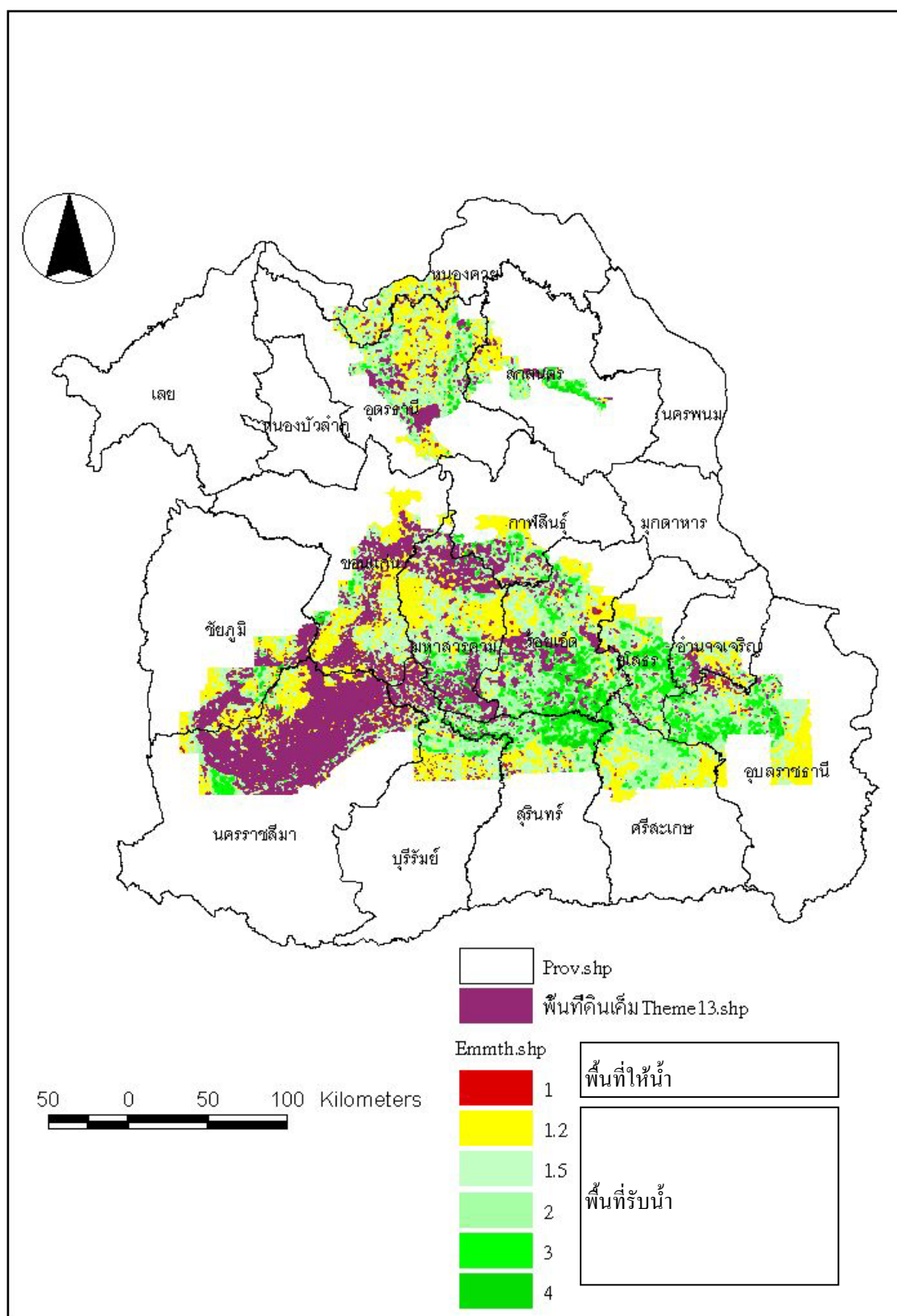
บทที่ 5

การจำแนกพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินเค็ม

ในการเกิดดินเค็มต้องประกอบไปด้วยแหล่งของเกลือ แหล่งของน้ำ และขบวนการในการเกิดดินเค็มโดยขบวนการดังกล่าวเกิดในบริเวณพื้นที่รับน้ำ พื้นที่ให้น้ำ และพื้นที่ที่อยู่ระหว่างพื้นที่รับน้ำ และพื้นที่ให้น้ำ (Transmission area) โดยพื้นที่รับน้ำ คือพื้นที่ที่น้ำสามารถเคลื่อนที่ผ่านชั้นดินลงไปยังแหล่งน้ำใต้ดิน พื้นที่รับน้ำส่วนมากเป็นที่เนิน ดินเป็นดินร่วน มีความสามารถในการซาบซึมสูง และมีค่าความต่างศักย์ของน้ำทางด้านแนวดิ่งเป็นบวกตลอดทั้งปีหรือเกือบตลอดทั้งปี ส่วนพื้นที่ให้น้ำเป็นบริเวณที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวดิน การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำจะอยู่ใกล้เคียงกับระดับผิวดินตลอดทั้งปี ค่า ความต่างศักย์ของน้ำทางด้านแนวดิ่ง มีค่าเป็นลบตลอดทั้งปี ส่วนพื้นที่ที่อยู่ระหว่างพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ เป็นบริเวณที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ไปตามแนวระดับมากกว่าแนวดิ่งโดยค่า ความต่างศักย์ของน้ำทางด้านแนวระดับ (Horizontal hydraulic gradient) จะมากกว่าค่าความต่างศักย์ของน้ำทางด้านแนวดิ่ง การมีพื้นที่ให้น้ำในระบบอุทกธรณีวิทยาแสดงให้เห็นว่ามีความไม่สมดุลของน้ำที่เข้ามาในระบบน้ำใต้ดินกับน้ำที่ออกไปจากระบบน้ำใต้ดิน (Freeze and Cherry, 1979)

Bullock and William (1987) พบว่าค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ต่ำจะพบในบริเวณพื้นที่สูงเป็นบริเวณ พื้นที่ที่รับน้ำ ส่วนค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่สูงจะพบในบริเวณที่ต่ำเป็นบริเวณพื้นที่ให้น้ำ William and Arunin (1990) จำแนกบริเวณพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำโดย ใช้ค่าความลาดชันของค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม (EM slope) ซึ่งได้จาก ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน ระหว่าง ค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม ที่ระดับลึกต่อระดับตื้น ค่าที่มากกว่า 1 หรือน้อยกว่า 1 เป็นพื้นที่รับน้ำ และพื้นที่ให้น้ำ ตามลำดับ

Dissataporn *et al.* (2001) ใช้ค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับลึกและระดับตื้นมาหาค่าความลาดชันของค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามและนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 พื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ (Dissataporn *et al.*, 2001)

การคาดคะเนความเค็มของน้ำใต้ดิน

เนื่องจากพื้นที่ที่มีผลกระทบจากเกลือถูกรองรับโดยหน่วยหินมหาสารคาม แหล่งน้ำผิวดิน และชั้นน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ จึงมีโอกาสน้ำเค็มหรือน้ำกร่อยที่มีเกลือปะปนอยู่สูง ดังนั้นน้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภคและการเกษตรกรรมในพื้นที่ดังกล่าว ส่วนใหญ่จึงต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก (JICA, 1991) การพัฒนาบ่อน้ำตื้นหรือบ่อบาดาลบางพื้นที่ไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากเกิดน้ำเค็มไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ Dissataporn *et al.* (1996b) ใช้ค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม ในการคาดคะเนค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดิน (EC_w) ที่ระดับความลึกเดียวกัน โดยการนำค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน (Piezometer) โดยวิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) ซึ่งจากการหาค่าความสัมพันธ์พบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแบบไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Simple nonlinear regression) ที่ระดับนัยสำคัญยิ่งและมีค่าสหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.80 0.77 และ 0.81 ตามลำดับ โดยมีสมการในการคาดคะเน คือ

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 7.5 เมตรจากผิวดิน

$$EC_{w7.5} = 8.47 - 0.167EC_{a7.5}V_1 + 0.0013EC_{a7.5}^2$$

$$r^2 = 0.80^{**} (r = 0.89)$$

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 เมตรจากผิวดิน

$$EC_{w15} = 9.82 - 0.202EC_{a15} + 0.0014EC_{a15}^2$$

$$r^2 = 0.77^{**} (r = 0.88)$$

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 30 เมตรจากผิวดิน

$$EC_{w30} = 11.28 - 0.35EC_{a30}V_3 + 0.003EC_{a30}^2$$

$$r^2 = 0.81^{**} (r = 0.90)$$

แต่ค่าความเค็มของน้ำใต้ดินที่สามารถคาดคะเนได้จากค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 7.5 15 และ 30 เมตร จากผิวดิน มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.14 4.02 และ 2.31 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งเป็นค่าความเค็มของน้ำที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ (FAO, 1985) ดังนั้นการใช้วิธีการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาคาดคะเนความเค็มของน้ำใต้ดิน จำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากค่าการเหนี่ยวนำกระแส สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามไม่ได้ขึ้นกับความเค็มของน้ำใต้ดินเพียงอย่างเดียว อาจจะต้องมีจำนวนตัวอย่างน้ำใต้ดิน และความเค็มของดินในสนามมากขึ้นเพื่อให้ผลการวิเคราะห์สถิติสามารถคาดคะเนความเค็มของน้ำใต้ดินลงไปในระดับความเค็มของน้ำใต้ดินน้อยกว่า 1 เดซิซีเมนต่อเมตร

อย่างไรก็ตามจากความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นอย่างน้อยก็สามารถนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์พื้นฐานในการประเมินคุณภาพของน้ำใต้ดินในระดับความลึก 0-30 เมตร ก่อนที่จะมีการพัฒนาแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ดินเค็ม ใช้เป็นพื้นฐานในการป้องกันการแพร่กระจายความเค็มของดินและน้ำ และนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจและวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานต่างๆ เพื่อที่จะลดผลกระทบจากความเค็มให้น้อยที่สุด และใช้เป็นข้อมูลในการหาแหล่งน้ำใต้ดินที่มีคุณภาพดีพอสำหรับใช้อุปโภค ปศุสัตว์ และการเกษตรกรรมในพื้นที่ดินเค็ม ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการเจาะสำรวจ

การปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม

การลดปริมาณน้ำที่จะเพิ่มเติมลงไปในแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำสามารถกระทำได้ โดยการปลูกไม้โตเร็ว ใช้น้ำมาก และสามารถเจริญเติบโตได้ดีภายหลังการตัดสางโดยไม่ต้องมีการปลูกใหม่ กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมให้มีการปลูกไม้โตเร็วเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็มในจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาตั้งแต่ พ.ศ. 2525 แต่เนื่องจากงบประมาณในการปลูกป่าการจัดกระจายไปในหลายพื้นที่ทำให้ไม่สามารถเห็นผลของการปลูกป่าในบริเวณพื้นที่รับน้ำในการป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็ม

โครงการการปลูกป่าเพื่อป้องกันการเกิด และการแพร่กระจายดินเค็มในพื้นที่ผืนใหญ่ในบริเวณ อ.ขามทะเลสอ จ.นครราชสีมา ครอบคลุมพื้นที่ 12,000 ไร่ ได้ดำเนินการในระหว่าง พ.ศ. 2539-2542 และบริเวณบ้านเมืองเพี้ย อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 จนถึงปัจจุบัน กรมพัฒนาที่ดินได้จัดสรรงบประมาณเป็นค่าต้นกล้าไม้โตเร็ว ใช้น้ำมาก และเป็นที่ต้องการของเกษตรกร เช่น ยูคาลิปตัส และสะเดา ค่าวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน เช่น แกลบ และปุ๋ยคอก รวมไปถึงค่าปลูก และดูแลรักษา (รังสรรค์ และปราโมทย์, 2548)

ตามนโยบายของรัฐบาลปัจจุบันที่ต้องการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้มอบหมายให้กรมพัฒนาที่ดินเสนอโครงการ การปลูกต้นไม้เพื่อการป้องกันการแพร่กระจายดินเค็มในพื้นที่ ลุ่มน้ำโขง-ชี-มูล ในการจัดทำโครงการดังกล่าวจะต้องมีการกำหนดพื้นที่ และชนิดของต้นไม้ที่เหมาะสมในการปลูกต้นไม้เพื่อป้องกันการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม โดย (Dissataporn, *et al.*, 1992; Dissataporn, *et al.*, 1995; Dissataporn, *et al.*, 1996b; Dissataporn, *et al.*, 2001; Dissataporn, *et al.*, 2002b; Dissataporn, *et al.*, 2002d)

1) หลักเกณฑ์ในการจำแนกพื้นที่รับน้ำ

เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม สามารถจำแนกโดยการใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ค่าศักยภาพของน้ำของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ลงไปในชั้นดิน
2. ค่าการเหนียวนากระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 7.5 เมตรจากผิวดิน มีค่าไม่เกิน 80 ไมโครซีเมนต่อเมตร
3. ค่าความชันของค่าการเหนียวนากระแสน้ำแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามมากกว่า 1
4. มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายดินเค็มอยู่ใกล้เคียง
5. ดินอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ดอน
6. การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นนาดอน มันสำปะหลัง อ้อย และพืชอื่นๆ ตามลำดับ
7. ชนิดของต้นไม้ที่เหมาะสม กระถินเทพา กระถิน กระถินยักษ์ ชีเหล็ก ก สะเดา มะขาม มะขามเทศ และยูคาลิปตัส และ ไม้ผลเศรษฐกิจ รวมทั้งแถบหญ้าแฝก

2) หลักเกณฑ์ในการจำแนกพื้นที่ให้น้ำ

เป็นพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของดินเค็ม สามารถจำแนกโดยการใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ค่าศักยภาพของน้ำของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวดิน

2. ค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามที่ระดับความลึก 7.5 เมตร จากผิวดิน มีค่ามากกว่า 80 ไมโครซีเมนต่อเมตร
3. ค่าความชื้นของค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามน้อยกว่า 1
4. ดินอยู่ในกลุ่มชุดดินในที่ลุ่ม
5. การใช้ประโยชน์ที่ดิน นา และ นาร้าง
6. ชนิดของต้นไม้ *A. ampliceps* กล้วยาทนเค็ม และกล้วยาชอบเกลือ

จากการศึกษาผลของการปลูกป่าในการป้องกันการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มในบริเวณอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็มนั้นจะต้องดำเนินการปลูกต้นไม้ที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตรวดเร็ว มีระบบรากลึก ใช้น้ำมาก โดยมีวัตถุประสงค์ให้ต้นไม้ทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้น้ำฝนเคลื่อนที่ผ่านระบบรากพืชลงไปเพิ่มเติมน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ และพื้นที่ให้น้ำ ในการดำเนินการสำรวจการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็มโดยวิธีการทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการจำแนกพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำหรือพื้นที่ดินเค็มโดยวิธีการทางติดตั้งท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินร่วมกับการใช้วิธีการทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการจำแนกพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ ผลของการดำเนินการพบว่าพื้นที่ปลูกป่าส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่ดินเค็ม เนื่องจากเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำกินอยู่ในบริเวณพื้นที่รับน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ไม่เค็ม ไม่มีความสนใจในการที่จะปลูกต้นไม้เพื่อป้องกันการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มเนื่องจากเกษตรกรเหล่านั้นไม่ได้รับผลกระทบจากการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม นอกจากนี้การปลูกไม้ยืนต้นโตเร็ว และใช้น้ำมากในบริเวณพื้นที่รับน้ำซึ่งส่วนใหญ่ใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจไม่ได้รับการยอมรับจากเกษตรกรเนื่องจากผลตอบแทนแตกต่างกันมาก ส่วนเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำกินอยู่ในบริเวณพื้นที่ให้น้ำหรือพื้นที่ดินเค็ม จะร่วมในโครงการปลูกไม้โตเร็ว โดยจะแบ่งพื้นที่ที่เป็นดินเค็มที่เกษตรกรทราบอยู่แล้วว่าไม่สามารถนำมาใช้ในการปลูกข้าวได้มาปลูกต้นไม้เท่านั้น การปลูกต้นไม้ในบริเวณพื้นที่รับน้ำเพียงบางส่วนได้รับการพิสูจน์มาแล้วว่าไม่สามารถลดการเติมน้ำของน้ำฝนลงไปในแหล่งน้ำใต้ดินได้ ส่วนการปลูก *A. ampliceps* ซึ่งเป็นต้นไม้ในตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ในบริเวณพื้นที่ให้น้ำซึ่งมีสภาพเป็นดินเค็มสูงมีสภาพน้ำท่วมขัง และในบางโอกาสอาจจะเกิดน้ำท่วมได้เป็นเวลานาน จากการศึกษาค้นคว้าของ *A. ampliceps* ในบริเวณพื้นที่ดินเค็มต่อการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินพบว่าน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีการปลูกต้นไม้มีการเคลื่อนที่ลงไปในชั้นดิน ส่วนในบริเวณพื้นที่ดินเค็มที่ไม่มีการปลูกต้นไม้ น้ำใต้ดินจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวดิน แสดงว่าการปลูกต้นไม้ในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ หรือ พื้นที่ดินเค็ม ช่วยในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม โดยป้องกันไม่ให้น้ำใต้ดินที่เค็มเคลื่อนขึ้นมาระเหยบริเวณผิวดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการอาศัยส่วนร่วนหล่นของใบต้นไม้ และทำให้เกิดการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดินสูงขึ้น แต่เนื่องจาก *A. ampliceps* มีความสามารถในการทนเค็มในระดับหนึ่งเท่านั้นและไม่สามารถทนสภาพน้ำท่วมขัง ดังนั้นจำนวนต้นที่รอดตายของ *A. ampliceps* จึงค่อนข้างต่ำ ซึ่งจะไปมีผลต่อความสามารถในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มเมื่อมองโดยภาพรวมของทั้งโครงการ (Dissataporn, et al., 1992)

การพัฒนาบ่อน้ำดินและบ่อบาดาลเพื่อการป้องกันการแพร่กระจาย

นอกจากนี้จากการศึกษาอุทกธรณีวิทยาของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำพบว่าน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำมีสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการเกษตรได้เป็นอย่างดี เนื่องจากน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำเป็นน้ำฝนซึ่งตกในบริเวณพื้นที่รับน้ำแล้วแทรกซึมผ่านผิวดินลงไปในชั้นดิน และ

เคลื่อนที่ลงไปเพิ่มเติมยังแหล่งน้ำใต้ดินที่เป็นน้ำเค็มในบริเวณพื้นที่ให้น้ำต่อไป ดังนั้นในบริเวณพื้นที่รับน้ำจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาบ่อน้ำตื้น หรือบ่อบาดาล ซึ่งสามารถนำเอาน้ำเหล่านี้มาใช้ในการอุปโภค บริโภค และการเกษตรได้ มีการนำเอาน้ำเหล่านี้ขึ้นมาใช้อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องเท่ากับเป็นการลดการเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งจะมีประโยชน์มากกว่าการปลูกต้นไม้โตเร็วและใช้น้ำมาก และวิธีการนี้น่าจะทำให้เกษตรกรในบริเวณพื้นที่รับน้ำซึ่งปลูกพืชเศรษฐกิจอยู่ในปัจจุบันสามารถที่ยอมรับได้ การทำการเกษตรในระบบนี้ควรจะต้องประกอบด้วยไม้ผลยืนต้นเป็นพืชหลัก และพืชผักอายุสั้นเป็นพืชเสริมซึ่งจะทำให้มีการใช้น้ำอย่างสม่ำเสมอ และเกษตรกรมีรายได้ในระหว่างที่รอไม้ผลเจริญเติบโต (Dissataporn *et al.*, 2002c)

บทที่ 6

การวางระบบการพัฒนาพื้นที่ดินเค็มตามระดับความเค็มของดิน

จากการพิจารณาการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มจากแผนที่การแพร่กระจายดินเค็มพบว่าดินเค็มเกิดในบริเวณที่ลุ่มของกลุ่มน้ำนั้นๆ ดังนั้นในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มในบริเวณลุ่มน้ำใดๆ ควรกระทำเป็นระบบทั้งลุ่มน้ำ โดยการควบคุมปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมลงไปแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำของกลุ่มน้ำนั้นๆ มากกว่าจะควบคุมปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมลงไปแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำย่อย โดยการทำการเกษตรอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ไม่ปล่อยให้พื้นที่ว่างเปล่า หรือโดยการปลูกพืชที่มีอายุยืนยาว มีรากลึกเพื่อให้มีการคลุมดินตลอดทั้งฤดูกาล และมีการใช้น้ำอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี หรือโดยการป้องกันไม่ให้น้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่รับน้ำเคลื่อนที่ลงไปในชั้นดิน โดยการรวบรวมน้ำฝนแล้วระบายน้ำเหล่านี้ให้ออกไปจากพื้นที่รับน้ำไปเก็บไว้ในบริเวณที่ดินมีความสามารถในการซาดซึมต่ำ แล้วนำเอาไปใช้ประโยชน์ต่อไป หรือโดยการดักจับน้ำใต้ดินเหล่านั้นก่อนที่จะเคลื่อนที่ลงเพิ่มเติมแหล่งน้ำใต้ดินที่เค็ม

ในส่วนของพื้นที่ดินเค็มนั้น การนำเอามาใช้ประโยชน์ในการเกษตรสามารถกระทำได้โดยการใช้พืชทนเค็มร่วมกับการปรับปรุงบำรุงดินและการควบคุมระดับน้ำใต้ดินซึ่งวิธีการดังกล่าวมีการลงทุนที่สูงกว่าการปลูกพืชในดินปกติ นอกจากความเค็มของดินแล้วยังมีข้อจำกัดบางประการเกี่ยวกับสภาพน้ำขังในพื้นที่ดินเค็ม ทำให้การปลูกพืชในพื้นที่ดินเค็มสามารถปลูกได้บางชนิดเท่านั้น (ภาพที่ 6) ดังนั้นรูปแบบของการจัดการดินตามค่าการเหนี่ยวนำกระแสมแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม จึงแบ่งออกเป็น

1) ดินเค็มน้อย มีค่าการเหนี่ยวนำกระแสมแม่เหล็กไฟฟ้าในสนาม อยู่ในช่วง 80-120 ไมโครซีเมนต่อเมตร

1.1 รูปแบบการจัดการแบบข้าวอย่างเดียวในดินเค็มน้อย

ในการปลูกข้าวในดินเค็มน้อยนั้นแนะนำให้ใช้พันธุ์ข้าวทนเค็ม ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็ม ทั้งนี้ควรใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือเกลบในอัตรา 2 ตันต่อไร่ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน นอกจากนี้อาจใช้พืชปุ๋ยสดปลูกตอนต้นฤดูฝนแล้วไถกลบเมื่ออายุ 60 วัน พืชปุ๋ยสดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็มและสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้แก่ โสนอัฟริกัน เนื่องจากมีความสามารถในการทนเค็มสูงและทนยังทนสภาพน้ำขังด้วย

1.2 รูปแบบการจัดดินเค็มแบบเกษตรผสมผสานในดินเค็มน้อย

การทำการเกษตรแบบผสมผสานทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ทำกินได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังเป็นการลดความเสี่ยงจากการผลิตเนื่องจากการเป็นเกษตรที่มีการปลูกพืชและหรือมีการเลี้ยงสัตว์หลายชนิด ในพื้นที่เดียวกัน โดยที่กิจกรรมแต่ละชนิดต่างเกื้อกูลประโยชน์ต่อกันในพื้นที่ดินเค็มน้อยนั้นการทำการเกษตรแบบผสมผสานสามารถกระทำโดยการแบ่งพื้นที่ส่วนที่ข้าวมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยกว่าบริเวณอื่นๆ มาทำการยกร่องเพื่อควบคุมระดับน้ำใต้ดินที่เค็มโดยการระบายน้ำในร่องออกไปและดินส่วนที่ยกร่องขึ้นมาเท่ากับเป็นการเพิ่มระยะห่างของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดินที่เค็มอีกด้วย หลังจากการยกร่องควรมีการปลูกพืชปุ๋ยสดเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินซึ่งขุดขึ้นมาจากร่องระบายน้ำ เมื่อปรับปรุงคุณภาพของดินและควบคุมระดับน้ำใต้ดินทำให้ส่งเสริมการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดินทำให้สามารถนำเอาพื้นที่มาใช้ในการปลูกไม้ผล ปลูกผักสวนครัวได้ รวมไปถึงการเลี้ยงสัตว์ ส่วนในบริเวณนาข้าวที่ไม่ได้รับผลกระทบจากความเค็มก็ควรปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้มูลสัตว์ หรือปุ๋ยหมักที่ได้จากกิจกรรมการเกษตรอื่นๆ ใน

ระบบการเกษตรแบบผสมผสานมาใช้เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินส่งผลในการเพิ่มผลผลิตของข้าว ส่วนในร่องน้ำสามารถใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงปลาได้โดยความเค็มของน้ำในช่วงฤดูฝนจะต่ำทำให้สามารถใช้ในการเลี้ยงปลาได้ เมื่อหมดฤดูฝนน้ำในร่องจะลดน้อยลงจึงจับปลาออก ดังนั้นในระบบการเกษตรแบบผสมผสานซึ่งมีข้าว ปลา ผัก ไม้ผล อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันทำให้สามารถนำเอาพื้นที่ดินเค็มน้อยมาใช้ในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมความเค็มของดินได้ดี

2) ดินเค็มปานกลาง มีค่าการเหนียวนำกระแสมะเกลือไฟฟ้าในสนาม อยู่ในช่วง 120-160 ไมโครซีเมนต่อเมตร

2.1 รูปแบบการจัดการแบบข้าวอย่างเดียวในดินเค็มปานกลาง

การจัดการดินเค็มดินเค็มปานกลางในการปลูกข้าวอย่างเดียวสามารถใช้วิธีการในการจัดการดินในการปลูกข้าวอย่างเดียวเหมือนดินเค็มน้อยทุกประการ แต่เนื่องจากข้าวได้รับผลกระทบจากความเค็มของดินมากกว่า โดยความเค็มทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง ดังนั้นควรใส่วัสดุปรับปรุงดินเช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และแกลบในอัตราที่มากกว่า 2 ตันต่อไร่ ใช้กล้าข้าวที่มีอายุมากกว่าปกติเป็น 30-40 วัน เพิ่มจำนวนต้นปักดำ เป็น 4-6 ต้นต่อจับ และลดระยะปักดำข้าวเป็น 20 x 20 เซนติเมตร และควรปักดำในช่วงที่มีฝนตกติดต่อกันหลายวันจะทำให้ข้าวสามารถตั้งตัวในดินเค็มได้ดีขึ้น นอกจากนี้อาจจะมีการขุดร่องระบายน้ำบริเวณริมกระตังนาเพื่อช่วยในการระบายเกลือออกไป หรือในบริเวณที่มีผลกระทบของความเค็มของดินมากอาจจะใช้วิธีการปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วไถกลบในช่วงออกดอก โดยการปลูกหมุนเวียนกับการปลูกข้าวจะทำให้การใช้พืชปุ๋ยสดในการปรับปรุงดินเค็มมีประสิทธิภาพขึ้นกว่าการปลูกแล้วไถกลบเมื่ออายุ 60 วัน นอกจากนี้ในกรณีที่ปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วในช่วงอายุ 60 วันแล้วเกิดสภาวะฝนแล้งก็ควรจะปล่อยให้พืชปุ๋ยสดเจริญเติบโตต่อไปแล้วไปไถกลบในช่วงออกดอก

2.2 รูปแบบการจัดดินเค็มแบบเกษตรผสมผสานในดินเค็มปานกลาง

การทำเกษตรผสมผสานในพื้นที่ดินเค็มปานกลางสามารถปฏิบัติเหมือนการทำเกษตรในพื้นที่ดินเค็มน้อยคือมีการแบ่งพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มมากกว่าบริเวณอื่นมาพัฒนาระบบระบายน้ำแบบร่องเปิดแล้วมีการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในสันร่องแต่ในการปลูกไม้ผลหรือเลี้ยงปลาจะต้องใช้พันธุ์ไม้และพันธุ์ปลาที่มีความสามารถในการทนเค็ม เช่น พุทรา มะขาม ปลาไนล์ ปลาหมอ เป็นต้น ส่วนการปลูกข้าวให้ปฏิบัติเหมือนการปลูกข้าวอย่างเดียวในดินเค็มปานกลางในการปลูกผักกินใบไม่แนะนำให้ปลูกเนื่องจากอาจมีปัญหาในด้านความเหนียวเมื่อนำมาปรุงอาหาร แต่สามารถปลูกพวกที่กินผลเช่นมะเขือเทศ ในระบบระบายน้ำแบบร่องเปิดควรมีการระบายน้ำออกไปจากพื้นที่เป็นครั้งคราวเพื่อควบคุมระดับน้ำใต้ดินและช่วยในการชะล้างเกลือออกไปจากพื้นที่และควรปลูกพืชคลุมดินหรือพืชปุ๋ยสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดินในส่วนที่เป็นสันร่องหรือใช้เป็นวัสดุในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการบำรุงไม้ผล

3) ดินเค็มจัด มีค่าการเหนียวนำกระแสมะเกลือไฟฟ้าในสนาม 160-200 ไมโครซีเมนต่อเมตร

3.1 รูปแบบการจัดการแบบข้าวอย่างเดียวในดินเค็มจัด

การปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มจัดสามารถกระทำได้เหมือนการปลูกข้าวในดินเค็มปานกลางทุกประการแต่ผลผลิตที่ได้จะน้อยกว่าเนื่องจากผลของความเค็มหรืออาจจะไม่ได้รับผลผลิตในกรณีที่มีการกระจายตัวของฝนไม่ดี อย่างไรก็ตามหากต้องการที่จะใช้พื้นที่ไปในการปลูกข้าวควรใช้ระบบการปลูกข้าวหมุนเวียนกับการปลูกพืชปุ๋ยสดเพื่อให้พืชปุ๋ยสดที่ไถกลบลงไปในฤดูก่อนหน้าที่จะปลูกข้าวลด

ความรุนแรงของความเค็มของดินลง หรือโดยการแบ่งพื้นที่สำหรับปลูกโสน และปลูกข้าวหมุนเวียนกัน และอาจใช้ร่องระบายน้ำผิวดินช่วยในการชะล้างเกลือออกไปจากนาข้าว

3.2 รูปแบบการจัดดินเค็มแบบเกษตรผสมผสานในดินเค็มจัด

การทำเกษตรแบบผสมผสานในบริเวณดินเค็มจัดจำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำแบบร่องเปิดมาช่วยในการควบคุมระดับน้ำใต้ดินและส่งเสริมให้มีการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดิน ในปีแรกของการทำระบบระบายน้ำควรมีการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนโดยการปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วไถกลบเมื่อระยะออกดอก และมีการระบายน้ำออกไปจากระบบอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกมากทำให้ไม่ไปส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

ในการทำเกษตรแบบผสมผสานสามารถใช้พื้นที่หลังร่องปลูกข้าวได้เนื่องจากการปลูกข้าวเท่ากับเป็นการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดินโดยน้ำที่ขังในนาข้าว ส่วนไม้ผลนั้นต้องใช้ไม้ผลที่มีความสามารถในการทนเค็มสูงเช่น มะขาม พุทรา แต่ควรปลูกภายหลังการปลูกพืชปุ๋ยสดไปแล้ว 1 ปี แล้วตรวจเช็คความเค็มของดินก่อนปลูก เนื่องจากถ้าไม้ผลมีราคาสูง อาจจะตายได้ พื้นที่บนสันร่องอาจจะปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบในช่วงออกดอก ในส่วนของการเลี้ยงปลานิลหรือปลาหมอในร่องระบายน้ำจะมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดี อาจเลี้ยงปลาน้ำเค็มหรือปลาน้ำกร่อยแทน เช่น ปลากระพงขาว

3.3 รูปแบบการจัดการแบบไม้ยืนต้นทนเค็ม และหญ้าทนเค็ม

เนื่องพื้นที่ดินเค็มจัดมีความเค็มของดินสูงและมีสภาพน้ำท่วมขัง ดังนั้นการนำเอาพื้นที่ไปใช้ในการผลิตพืชเศรษฐกิจเมื่อพิจารณาผลตอบแทนแล้วจะไม่คุ้ม แต่สามารถนำเอาไปใช้ในการปลูกไม้ทนเค็มและหญ้าทนเค็มซึ่งไม่ต้องการลงทุนสูง รวมไปถึงการดูแลรักษา แต่ควรมีระบบระบายน้ำผิวดินเพื่อช่วยในการป้องกันน้ำท่วมขัง ผลของการจัดการดินโดยการปลูกไม้ทนเค็มและหญ้าทนเค็มในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจัดยังอาจจะช่วยในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจัดรวมไปถึงสภาพแวดล้อมด้วย โดย

1. ไม้ยืนต้นทนเค็ม

พันธุ์ไม้ยืนต้นที่ปลูกต้องมีความสามารถในการทนเค็มและทนน้ำท่วมขัง สามารถใช้น้ำใต้ดินที่มีความเค็มสูงได้ พันธุ์ไม้ที่ใช้ในการส่งเสริมในการปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดในปัจจุบัน ได้แก่ *A. ampliceps* เป็นพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็มในระดับหนึ่งเท่านั้น มีลักษณะเป็นไม้ทรงพุ่ม ไม่สามารถทนน้ำท่วมขังได้ ระบบรากจะไม่หยั่งลึกลงไปใต้น้ำใต้ดิน แต่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยอาศัยปมที่ราก และมีส่วนร่วนหล่นมาก ซึ่งส่วนร่วนหล่นจะปกคลุมพื้นที่ได้ทรงพุ่มทำให้ช่วยในการลดการระเหยน้ำของดิน เนื่องจากเป็นพืชที่ผสมข้ามพันธุ์ ดังนั้นการนำเมล็ดไปปลูกจึงมีโอกาสกลายพันธุ์โดยอาจจะได้ต้นที่มีความสามารถในการทนเค็มเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลง ดังนั้นควรมีการศึกษาความสามารถในการทนเค็ม การเจริญเติบโตของ *A. ampliceps* ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติเพื่อคัดเลือกลักษณะที่มีความสามารถในการทนเค็มสูง แล้วนำมาขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแทนที่จะใช้เมล็ดพันธุ์ปลูก คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของ *A. ampliceps* ที่สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ในดินเค็มได้แก่ เมล็ดจะมีการแตกกระจายออกไป และสามารถงอกขึ้นมาได้ และเจริญเติบโตได้ดี ส่วนรากสามารถงอกออกมาเป็นต้นใหม่ได้อีกด้วย การเพิ่มจำนวนต้นของ *A. ampliceps* ในสภาพธรรมชาติทำให้สามารถขยายเนื้อที่ปลูกเพิ่มขึ้น โดยในตอนเริ่มต้นของการปลูกอาจจะคัดเลือกพื้นที่ปลูกที่มีความเค็มของดินที่วัดด้วยเครื่อง วัดการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามรุ่น EM 38 วัดค่าการเหนี่ยวนำกระแสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามจากผิวดินลงไปในพื้นที่ระดับ 1.20 เมตร มีค่าไม่เกิน 120 ไมโครซีเมนต่อเมตร เนื่องจากความเค็มใน

ระดับนี้ *A. ampicaps* สามารถเจริญเติบโต และมีเปอร์เซ็นต์รอดตายสูง หลังจากนั้นเมื่อ *A. ampicaps* สามารถเจริญเติบโต และฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจากการเติมอินทรีย์วัตถุ และการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติก็จะได้พื้นที่ปลูกมากขึ้น เนื่องจากเป็นไม้ทรงพุ่ม และมีเนื้อไม้เนื้อนุ่มการนำเอาไปใช้ประโยชน์จึงน้อย ส่วนของใบและกิ่งอ่อนสามารถใช้เป็นอาหารของสัตว์บางชนิด เช่น แพะ หรือแกะ แต่สัตว์ทั้งสองชนิดไม่ได้เป็นสัตว์เศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือทำให้การใช้ประโยชน์ของ *A. ampicaps* จำกัดอยู่เพียงในด้านการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มเท่านั้น แต่เนื่องจากในช่วงออกดอกจะมีจำนวนดอกมากจึงมีแนวทางที่สามารถนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงผึ้งได้

จากการคัดเลือกพันธุ์ไม้ทนเค็มที่มีในประเทศไทยไม่พบว่ามีพันธุ์ที่เหมาะสมในการปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดเนื่องจากผลของความเค็มและสภาพน้ำท่วมขัง มีเพียงบางสายพันธุ์ที่สามารถอยู่รอดในดินเค็มจัดได้แต่มีการเจริญเติบโตช้ามากและไม่สามารถนำเอามาใช้ประโยชน์ได้ แต่มีรายงานว่ายูคาลิปตัสพันธุ์ลูกผสมของต่างประเทศมีความสามารถในการเจริญเติบโตในดินเค็มและทนสภาพน้ำท่วมขังจึงควรมีการนำเข้ามาศึกษาต่อไป

2. หญ้าทนเค็ม

การใช้พื้นที่ดินเค็มจัดในการผลิตพืชอาหารสัตว์ ได้มีการศึกษาพันธุ์พืชอาหารสัตว์ทนเค็ม และพืชชอบเกลือเพื่อที่จะนำมาใช้ปลูกในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจัด โดยมีรายงานถึงหญ้า คาลาร์ (*Kallar grass*) เป็นหญ้าที่มีความสามารถในการทนเค็มที่สูง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็ม ทนสภาพน้ำท่วมขังและสามารถใช้น้ำใต้ดินที่มีความเค็มสูงเป็นน้ำสำหรับการชลประทานอีกด้วยและมีคุณสมบัติในการนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงวัวและควายได้ แต่เนื่องจากการขยายพันธุ์ของหญ้า คาลาร์จะต้องแยกหน่อทำให้เป็นอุปสรรคสำคัญในการส่งเสริมให้มีการปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัด (ชัยนาม และคณะ, 2536 ข) นอกจากนี้ยังมีการรายงานเกี่ยวกับพืชชอบเกลือ เช่น หญ้า *Sporobolus virginicus* และหญ้า *Spartina patens* ซึ่งมีความสามารถในการทนเค็มสูงเนื่องจากสามารถขับเกลือออกมาจากต้นได้ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินเค็มจัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่เนื่องจากใบค่อนข้างแข็งทำให้การนำเอาไปใช้เป็นอาหารสัตว์ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ส่วนพืชชอบเกลืออื่น เช่น *Atriplex* spp. ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเค็มจัดแต่เนื่องจากไม่ทนสภาพน้ำท่วมขังจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการปลูกเพื่อเป็นพืชอาหารสัตว์ในดินเค็มจัดได้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำเอาพื้นที่ดินเค็มจัดที่ส่วนมากถูกปล่อยรกร้างกลับมาใช้ประโยชน์ในการผลิตได้อีกควรมีการมองหาพืชทนเค็ม หรือพืชชอบเกลือที่มีความสามารถในการทนเค็ม ทนสภาพน้ำขัง และใบสามารถนำมาใช้เป็นอาหารของวัว และควายได้ แต่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นั้น ยังมีปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการนำพื้นที่ดินเค็มจัดมาใช้ประโยชน์ได้แก่การมีน้ำท่วมในช่วงฤดูฝนซึ่งอาจจะไปมีผลทำให้พืชอาหารสัตว์ดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นพืชอาหารสัตว์ที่จะนำมาจะต้องสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพน้ำท่วมขังในระยะเวลานั้นๆ ได้ ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาถึงการนำเอา ยีนส์ของข้าวป่าที่มีความสามารถในการทนเค็มสูงมาผสมกับพันธุ์ข้าวที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในกรณีของพื้นที่ดินเค็มจัด ถ้าข้าวป่าสามารถเจริญเติบโต และปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มของดิน และน้ำในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจัด และสามารถขยายพันธุ์ตามธรรมชาติโดยการร่วงหล่นของเมล็ดและมีการพักตัวของเมล็ดซึ่งเป็นลักษณะของพืชป่า แล้วสามารถงอกเป็นต้นใหม่ในช่วงที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็อาจจะเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มจัด

4) ดินเค็มจัดมาก มีค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำเกลือไฟฟ้าในสนาม มากกว่า 200 ไมโครซีเมนต่อเมตร

พื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีค่าความเค็มอยู่ในช่วงเค็มน้อยและเค็มปานกลาง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบของการปลูกข้าวแบบปักดำ เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีน้ำท่วมขัง และยังมีความสามารถในการทนเค็มได้ปานกลาง ทำให้สามารถนำเอามาปลูกในพื้นที่ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลางได้ นอกจากนี้ความเค็มของดินในดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลางมีความเค็มที่ไม่สม่ำเสมอเกินไปเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจะทราบเป็นอย่างดีว่าบริเวณใดที่ดินมีความเค็มมากน้อยเพียงใด บริเวณที่ข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตหรือได้รับผลกระทบจากความเค็ม เกษตรกรจะใช้ปุ๋ยคอกที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นมาใส่ในบริเวณนั้น หรือเกษตรกรจะไม่ปักดำข้าวในบริเวณนั้น แต่พื้นที่ดินเค็มจัดหรือเค็มจัดมากนั้น ดินจะมีความเค็มค่อนข้างสม่ำเสมอ การนำเอามาใช้ประโยชน์ในทางการผลิตทางการเกษตรต้องการการจัดการแบบพิเศษ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ความสามารถ และค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นพื้นที่ดินเค็มจัดมากและเค็มจัดจึงถูกปล่อยทิ้งไว้เป็นที่รกร้าง แต่จากการศึกษาถึงขบวนการในการเกิดดินเค็มแล้วพบว่าน่าจะมีช่องทางที่สามารถนำเอาพื้นที่ดินเค็มจัดมากมาใช้ในการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่การเกษตรหรือสภาพแวดล้อม ทำให้สามารถนำเอาพื้นที่รกร้างกลับมาทำให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจต่อเจ้าของพื้นที่ โดยพื้นที่ดินเค็มจัดที่สมควรนำมาใช้ประโยชน์ควรเป็นพื้นที่ที่

1. เป็นพื้นที่ดินเค็มจัดมากที่ไม่สามารถนำเอามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรแล้ว เนื่องจากดิน และน้ำใต้ดินมีความเค็มสูง
2. ระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระดับ 1-2 เมตร ตลอดทั้งปีซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจัดมากมีการระบายออกไปแหล่งระบายน้ำตามธรรมชาติได้น้อยมาก ระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งจึงไม่แตกต่างกัน ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการแพร่กระจายของความเค็มของดิน น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินไปยังพื้นที่การเกษตรที่อยู่ใกล้เคียงจึงมีน้อย
3. พื้นที่ดินเค็มจัด ดินเค็มจัดมากเกิดในบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม บริเวณดังกล่าวนี้มีการระบายน้ำผิวดินน้อย โดยไม่มีแม่น้ำขนาดใหญ่ไหลผ่าน หรืออยู่ใกล้เคียง จึงไม่มีการระบายน้ำผิวดิน รวมไปถึงการระบายน้ำใต้ดินไปยังแม่น้ำ นอกจากนี้หากมีลำห้วยไหลผ่านก็เป็นลำห้วยขนาดเล็ก และต้น ไม่มีน้ำตลอดทั้งปี ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นลักษณะที่ส่งเสริมให้เกิดดินเค็มขึ้น ดังนั้นการแพร่กระจายของความเค็มของดิน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินจึงมีน้อย

จากการจำแนกพื้นที่ดินเค็มจัดมากและพื้นที่ดินเค็มจัดจากแผนที่การแพร่กระจายดินเค็มของภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยการใช้วิธีการทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าพื้นที่ดินเค็มที่มีค่าการเหนี่ยวนำกระแสน้ำเกลือไฟฟ้าในสนามตั้งแต่ 240 ไมโครซีเมนต่อเมตร ขึ้นไปมีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000-13,000 ไร่ มีทั้งหมด 42 พื้นที่ โดยกระจายอยู่ในจังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา มหาสารคาม และอุดรธานี (ตารางที่ 1) โดยพื้นที่ดินเค็มเหล่านี้จะล้อมรอบด้วยพื้นที่ดินเค็มจัดมากที่มีความเค็มของดินในสนาม 200-240 ไมโครซีเมนต่อเมตร และดินเค็มจัดที่มีความเค็มของดินในสนาม 160-200 ไมโครซีเมนต่อเมตร ดังนั้นการกระทำกิจกรรมใดๆ ในบริเวณพื้นที่ที่คัดเลือกไว้ที่น่าจะมีผลต่อการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม และน้ำเค็มจึงไม่น่าจะมีผลกระทบต่อดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากพื้นที่ดินเค็มที่ได้คัดเลือกไว้ล้อมรอบไว้ด้วยพื้นที่ดินเค็มจัดมากและพื้นที่ดินเค็มจัด ถึงแม้ว่าการทำกิจกรรมใดๆ จะก่อให้เกิดและการแพร่กระจายดินเค็ม และน้ำเค็ม

การแพร่กระจายของความเค็มออกไปยังพื้นที่ดินเค็มจัดมากและพื้นที่ดินเค็มจัดที่โอบล้อมไว้ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรอยู่แล้ว (ภาพที่ 7)

กิจกรรมที่สมควรนำมาประกอบกิจการในบริเวณพื้นที่ดินเค็มที่มีค่าการเหนี่ยวนำกระแสแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามมากกว่า 240 ไมโครซีเมนต่อเมตร ได้แก่

1. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aquaculture) ในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจัดมากน้ำใต้ดินมีความเค็มสูงและอยู่ในระดับตื้นเพียง 1-2 เมตร จากผิวดินตลอดทั้งปี ดังนั้นการขุดบ่อเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยง เช่น การเพาะเลี้ยงสาหร่าย หรือ ปลาน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย กุ้งน้ำเค็ม หรือกุ้งน้ำกร่อย รวมไปถึงการเพาะเลี้ยง *Artemia* sp. เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ นับว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มจัดมากให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจโดยมีผลกระทบต่อพื้นที่การเกษตร และสภาพแวดล้อมน้อย ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ดินเค็มเหล่านี้อยู่ในสภาพที่เป็นระบบปิดโดยธรรมชาติอยู่แล้ว โดยเป็นบริเวณที่มีการสะสมของเกลือมากที่สุด น้ำใต้ดินมีการระบายออกไปยังแหล่งระบายน้ำตามธรรมชาติได้น้อยจึงทำให้ระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี แหล่งระบายน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีน้อย ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่ทำให้เกิดดินเค็มขึ้นเนื่องจากการมีการระบายน้ำตามธรรมชาติน้อย ดังนั้นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็มหรือสาหร่ายทะเลโดยการขุดบ่อแล้วใช้น้ำใต้ดินที่เค็มหรือโดยการนำน้ำใต้ดินจากระบบระบายน้ำที่ใช้ในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัดมาใช้ประโยชน์แทนที่จะกำจัดโดยวิธีการอื่นๆ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อพื้นที่การเกษตรที่อยู่ใกล้เคียงหรือมีผลกระทบกับแหล่งน้ำธรรมชาติที่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ ดังนั้น การพัฒนาระบบ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ดินเค็มจัดมาก ร่วมกับระบบระบายน้ำแบบวิศวกรรมในบริเวณพื้นที่ดินเค็มปานกลางหรือดินเค็มจัดทำให้สามารถฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มได้ และมีการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มจัดให้สามารถนำมาใช้ในการผลิตได้

2. การแยกเกลือออกมาใช้ประโยชน์ (Salt harvest) จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วว่าพื้นที่ดินเค็มจัดมากเป็นพื้นที่ปิด ดังนั้น การใช้ประโยชน์พื้นที่ดินโดยการฟื้นฟูให้กลับมาใช้ในการผลิตทางการเกษตร จะไม่คุ้มค่า การนำเอาพื้นที่ดินเค็มจัดมากมาทำนาเกลือ หรือ เป็นที่ในการกำจัดน้ำเค็มจากระบบระบายน้ำที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้สามารถนำเอาพื้นที่ดินเค็มจัดมากมาใช้ในการทำประโยชน์ได้สูงสุด นอกจากนี้เกลือที่ได้มาจากน้ำใต้ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีคุณภาพสูงกว่าเกลือทะเลทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับผลตอบแทนในการผลิตเกลือในบริเวณพื้นที่ดินเค็มกับในบริเวณชายทะเลจะไม่แตกต่างกันมากนักและยังสามารถฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มที่อยู่ใกล้เคียงอีกด้วย

5) พื้นที่รับน้ำ เป็นบริเวณที่สูง และมีค่า ความชันของค่าการเหนี่ยวนำกระแส สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสนามมากกว่า 1

1. วนเกษตร เป็นบริเวณพื้นที่รับน้ำที่มีน้ำใต้ดินในระดับตื้นที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 1 เดซิซีเมนต่อเมตร

การควบคุมการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถกระทำได้โดยการปลูกต้นไม้ที่โตเร็ว และใช้น้ำมากในบริเวณพื้นที่รับน้ำ เพื่อให้มีการใช้น้ำฝนที่ซึมลงไปในพื้นที่ดินให้หมดหรือน้อยลงก่อนที่น้ำเหล่านี้จะไปเพิ่มเติมแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ ซึ่งจะไม่มีผลทำให้น้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำซึ่งมีความเค็มสูงลดระดับลงทำให้ความรุนแรงของความเค็มของดินลดน้อยลง แต่การปลูกไม้ยืนต้นโตเร็ว และใช้น้ำมากในบริเวณพื้นที่รับน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ปลูกพืช

เศรษฐกิจที่มีอายุสั้น มีการใช้น้ำน้อย และมีระบบรากตื้น ไม่ได้รับการยอมรับจากเกษตรกรที่อยู่ในบริเวณพื้นที่รับน้ำ เนื่องจากผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแตกต่างกันมาก

การนำเอาระบบวนเกษตรเข้ามาแก้ปัญหาการยอมรับของเกษตรกรที่จะเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพืชไร่มาเป็นการปลูกไม้ยืนต้นร่วมกับการผลิตทางการเกษตรเช่นการปลูกพืชไร่ พืชสวน หรือเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและในเวลาเดียวกัน การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบนี้จะทำให้เกษตรกรมีรายได้อย่างสม่ำเสมอเนื่องจากจะมีผลผลิตจากกิจกรรมที่แตกต่างกันออกมาตลอดเวลา

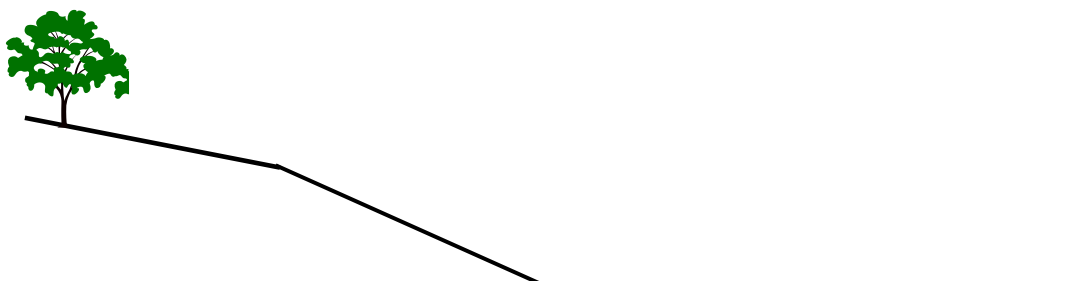
รูปแบบของวนเกษตรที่สามารถนำมาใช้ได้อาจจะมีไม้ยืนต้นเช่น ไม้ผล ยางพารา หรืออาจจะนำเอาเต็งรังซึ่งเป็นไม้ดั้งเดิมกลับเข้ามาปลูก แต่เนื่องจากยางพารามีแนวโน้มของราคาค่อนข้างดีในปัจจุบันและในอนาคตและยังเป็นพืชที่ได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลดังนั้นการใช้ยางพารามาปลูกในระบบวนเกษตรในบริเวณพื้นที่รับน้ำน่าจะเป็นไปได้สูงในการยอมรับของเกษตรกร โดยในระหว่างแถวของไม้ยืนต้นสามารถปลูกพืชไร่ หรือพืชสวนครัวที่มีอายุสั้นเพื่อเป็นรายได้ของเกษตรกร ในระหว่างที่รอผลผลิตจากไม้ยืนต้นรวมไปถึงการปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่ว เช่น คาโลโปโกเนียม มูคุนอยดิส เช่นโตรซีมา พิวเบสเซ็น เพอราเรีย คาโลโปโกเนียม และซีรูลีเยม และการหมุนเวียนปลูกพืชปุ๋ยสดเช่น ปอเทืองจะเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินและเป็นการปรับปรุงบำรุงดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินในระบบวนเกษตรจะทำให้มีการใช้น้ำฝนที่ตกลงมาในบริเวณพื้นที่รับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากในระบบจะประกอบด้วยทรงพุ่มที่ระดับความสูงแตกต่างกันและระบบรากที่ระดับความลึกแตกต่างกันทำให้สามารถลดการเคลื่อนที่ของน้ำฝนลงไปยังแหล่งน้ำใต้ดินได้ดีกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่อย่างเดียว การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบนี้ควรใช้ในพื้นที่รับน้ำที่มีน้ำใต้ดินที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำไม่สามารถนำเอามาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้

2. สูบน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้น (Pump well) เป็นบริเวณพื้นที่รับน้ำที่มีน้ำใต้ดินในระดับตื้นที่มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า รวมไปถึงบ่อบาดาลที่น้ำมีคุณภาพ

ในบริเวณพื้นที่รับน้ำที่มีน้ำใต้ดินที่มีคุณภาพเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภคควรนำเอาระบบการสูบน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้นหรือบ่อบาดาลมาใช้ควบคู่ไปกับระบบวนเกษตรในการควบคุมการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดินเนื่องจากน้ำที่สูบขึ้นมาสามารถนำไปใช้ในการผลิตพืช สัตว์ หรือเพื่อการอุปโภคบริโภคได้

การพัฒนาบ่อน้ำตื้น ในบริเวณพื้นที่รับน้ำเพื่อสูบน้ำเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรทั้งในบริเวณพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ ก่อนที่น้ำเหล่านี้จะเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินและเพิ่มเติมปริมาณน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ให้น้ำหรือพื้นที่ดินเค็ม ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการควบคุมปัญหาดินเค็ม และการนำเอาระบบการปลูกยางพาราที่มีการจัดการทางการเกษตรในแบบต่างๆ เช่น การอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยหญ้าแฝก การปรับปรุงบำรุงดินด้วยพืชปุ๋ยสด การเสริมรายได้ของเกษตรกรด้วยการปลูกพืชแซมหรือพืชร่วมยางพารา มาใช้ร่วมกับระบบการป้องกันดินเค็มด้วยบ่อน้ำตื้นในบริเวณพื้นที่รับน้ำอาจจะสามารถทดแทนความต้องการน้ำในดินและความชื้นในอากาศของยางพาราได้ และยังเป็นการประกันว่าพืชไร่และพืชสวนที่ปลูกไว้จะไม่ขาดน้ำในระหว่างการปลูก



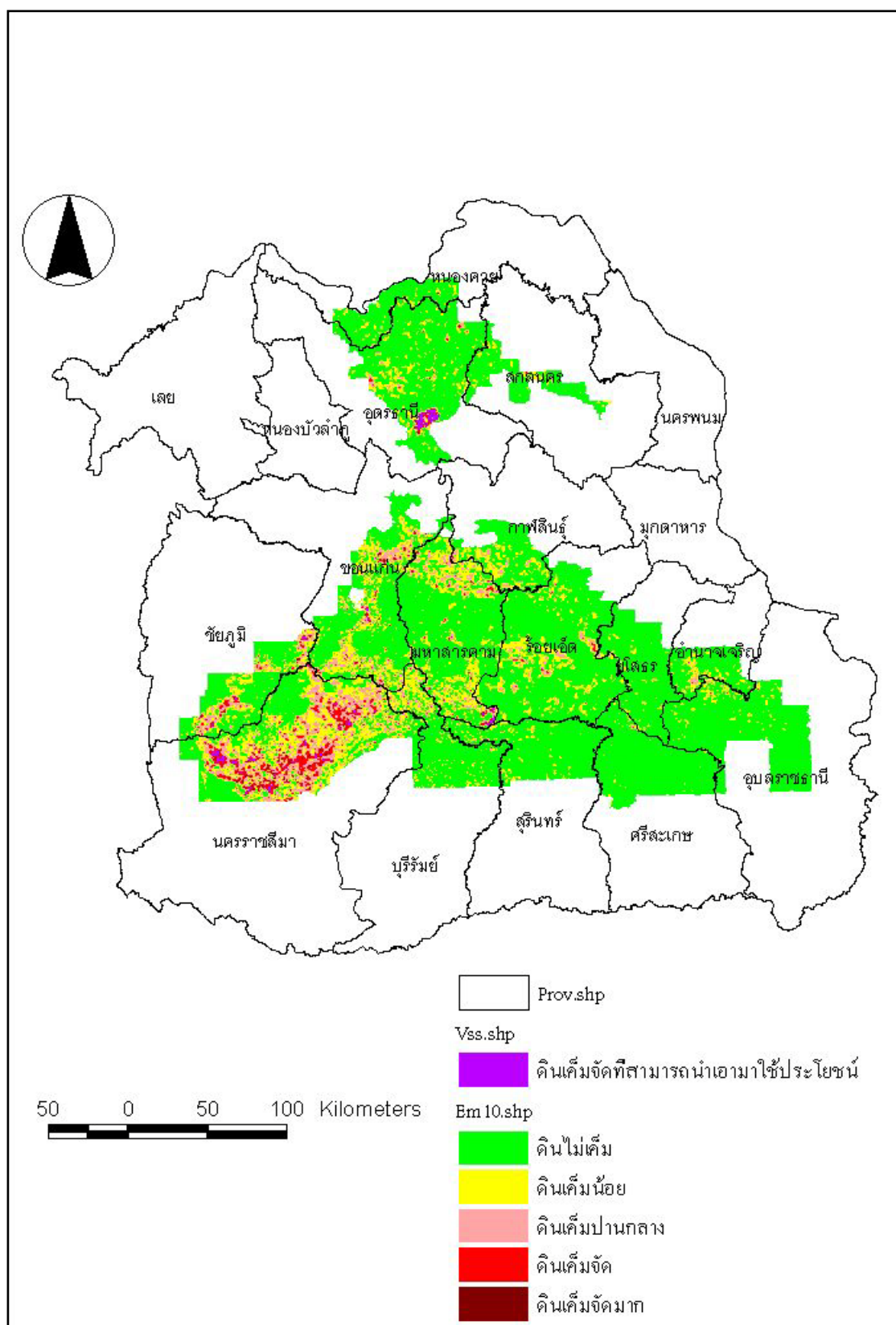
ภาพที่ 6 รูปแบบการฟื้นฟูและการป้องกันการกัดและการแพร่กระจายดินเค็มในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ (ชัยนาม, 2546)

ตารางที่ 1. พื้นที่ดินเค็มจัดมากที่มีความเค็มของดินในสนามมากกว่า 240 ไมโครซีเมนต่อเมตรและมีเนื้อที่มากกว่า 1,000 ไร่ ขึ้นไปที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ (ชียนาม, 2546)

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ไร่)
พังงู	หนองหาน	อุดรธานี	3,014
อุ่มจาน	ประจักษ์ศิลปาคม (กิ่ง อ.)	อุดรธานี	8,232
เชียงแหว	กุมภวาปี	อุดรธานี	13,189
ค้อใหญ่	กุँแกว (กิ่ง อ.)	อุดรธานี	2,651
คอนสาย	กุँแกว (กิ่ง อ.)	อุดรธานี	3,726
แซแล	กุมภวาปี	อุดรธานี	7,927
แซแล	กุมภวาปี	อุดรธานี	2,332
พันดอน	กุมภวาปี	อุดรธานี	5,629
กุมภวาปี	กุมภวาปี	อุดรธานี	2,930
เมืองเตา	พยัคฆภูมิพิสัย	มหาสารคาม	1,378
เมืองเตา	พยัคฆภูมิพิสัย	มหาสารคาม	6,433
เมืองเตา	พยัคฆภูมิพิสัย	มหาสารคาม	1,126
ราษฎร์เจริญ	พยัคฆภูมิพิสัย	มหาสารคาม	1,762
โนนสำราญ	แก้งสนามนาง	นครราชสีมา	1,395
กุดจอก	บัวใหญ่	นครราชสีมา	1,030
วังหิน	โนนแดง	นครราชสีมา	2,708
ทุ่งสว่าง	ประทาย	นครราชสีมา	1,140
สำพะเนียง	โนนแดง	นครราชสีมา	1,597
ดอนยาวใหญ่	โนนแดง	นครราชสีมา	1,778
โนนแดง	โนนแดง	นครราชสีมา	3,136
พลสงคราม	โนนสูง	นครราชสีมา	1,891
พังเทียม	พระทองคำ (กิ่ง อ.)	นครราชสีมา	4,238
หนองบัวละคร	ด่านขุนทด	นครราชสีมา	4,054
กระเบื้องใหญ่	พิมาย	นครราชสีมา	1,763

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ไร่)
กุดพิมาน	ด่านขุนทด	นครราชสีมา	8,564
หนองบัวตะเกียด	ด่านขุนทด	นครราชสีมา	10,863
ธารปราสาท	โนนสูง	นครราชสีมา	2,098
ธารปราสาท	โนนสูง	นครราชสีมา	1,725
ธารปราสาท	โนนสูง	นครราชสีมา	1,597
ลำคองษ์	โนนสูง	นครราชสีมา	2,438
จันอัด	โนนสูง	นครราชสีมา	1,089
ด่านจาก	โนนไทย	นครราชสีมา	1,387
บ้านวัง	โนนไทย	นครราชสีมา	1,413
กำปิง	โนนไทย	นครราชสีมา	2,651
โคกสูง	เมือง	นครราชสีมา	4,187
พันดุง	ขามทะเลสอ	นครราชสีมา	4,864
โคกมั่งงอย	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ	1,199
คอนสวรรค์	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ	2,039
ละหาน	จัตุรัส	ชัยภูมิ	1,389
หัวทะเล	บำเหน็จณรงค์	ชัยภูมิ	1,759
เมืองเพีย	บ้านไผ่	ขอนแก่น	1,614
เมืองเพีย	บ้านไผ่	ขอนแก่น	1,401



ภาพที่ 7 ดินเค็มจัดมากที่สามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง (ชยันนาม, 2546)

บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

1. ปัญหาทางด้านการเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สำคัญได้แก่ การขาดแคลนน้ำ และการกระจายของฝนที่ไม่ดี ดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีความเป็นกรดสูง ดินมีการชะล้างพังทลายและดินในที่ลุ่มมีปัญหาด้านดินเค็ม
2. การเกิดดินเค็มมีผลกระทบต่อดิน น้ำ พืช รวมไปถึงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและสภาวะเศรษฐกิจและสังคม
3. การเกิดการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าไม้ เป็นพืชไร่ทำให้สมดุลของระบบอุทกธรณีวิทยาบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป มีผลทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็มให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบบริเวณผิวดินแล้วทำให้เกิดการสะสมเกลือในชั้นดิน
4. พื้นที่ดินเค็มน้อยและดินเค็มปานกลางสามารถนำมาใช้ในการปลูกข้าวและการทำเกษตรแบบผสมผสาน ส่วนพื้นที่ดินเค็มจัดการนำมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวจะต้องมีการลงทุนสูงแต่สามารถนำไปใช้ในการปลูกไม้ทนเค็มและพืชอาหารสัตว์ทนเค็มได้ ส่วนพื้นที่ดินเค็มจัดมากอาจนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ และทำระบบบำบัดน้ำเค็มโดยการตาก
5. พื้นที่รับน้ำที่มีน้ำใต้ดินที่มีความเค็มของน้ำใต้ดินค่อนข้างสูง การนำมาใช้ในการเกษตร จะทำให้มีปัญหาความเค็มของดินสะสมในชั้นดินควรป้องกันการเพิ่มเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดินโดยการปลูกไม้ยืนต้นโตเร็ว หรือไม้เศรษฐกิจที่เกษตรกรสามารถเก็บผลผลิตทำให้มีการปลูกเป็นระยะเวลายาวนานเช่น ไม้ผล ยางพารา เป็นต้น
6. พื้นที่รับน้ำที่มีน้ำใต้ดินในบริเวณดังกล่าวมีสมบัติที่สามารถนำเอาใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภคและการเกษตร การป้องกันการเพิ่มเติมน้ำไปแหล่งน้ำใต้ดินควรใช้ระบบการสูบน้ำใต้ดินเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์
7. การใช้วิธีการทาง กระแสแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถใช้ในการจำแนกการแพร่กระจายของดินเค็ม พื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ คาดคะเนคุณภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน
8. การจัดการดินเค็มที่ดีจำเป็นต้องกำจัดแหล่งของเกลือหรือแหล่งน้ำซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขบวนการในการเกิดดินเค็ม หรือโดยการควบคุมไม่ให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาระเหยบบนผิวดิน หรือโดยการลดปริมาณน้ำที่จะเพิ่มเติมลงไปแหล่งน้ำใต้ดินที่เค็มในบริเวณพื้นที่รับน้ำด้วยการปลูกต้นไม้ที่มีความสามารถในการใช้น้ำสูง ซึ่งวิธีการนี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นวิธีการที่สามารถควบคุมการเพิ่มเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดินได้
9. การปฏิบัติการใดๆ ในบริเวณพื้นที่รับน้ำ เช่น การปล่อยให้พื้นที่ว่างเปล่าไม่มีการเกษตรกรรม การสร้างอ่างเก็บน้ำ หรือการทำนาดอน ควรจะต้องหลีกเลี่ยงไปจากบริเวณนี้เพื่อป้องกันการเพิ่มเติมน้ำลงไปแหล่งน้ำใต้ดิน การปลูกต้นไม้ในบริเวณพื้นที่รับน้ำซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรใช้ในการปลูกพืชเศรษฐกิจ ทำให้ไม่สามารถมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูง ดังนั้นบริเวณพื้นที่ที่อยู่ระหว่างพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ ควรนำเอามาใช้ในการปลูกป่าเพื่อใช้ในการลดระดับน้ำใต้ดินก่อนที่น้ำเหล่านั้นจะเคลื่อนไปถึงพื้นที่ให้น้ำ

10. การปลูกไม้โตเร็วร่วมกับพืชเศรษฐกิจ เป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งเกษตรกรน่าจะยอมรับได้นอกจากวิธีนี้แล้ว การปลูกต้นไม้กลับเข้าไปในพื้นที่ให้น้ำ หรือพื้นที่ดินเค็ม และพื้นที่ที่อยู่ระหว่างพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำซับ ควรจะนำเอาหญ้าทนเค็มมาปลูกร่วม เพื่อที่จะช่วยในการใช้น้ำให้หมดไปก่อนที่จะนำเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปถึงบริเวณพื้นที่ให้น้ำ และยังเป็นการทำพื้นที่ดินเค็มสามารถให้ผลผลิตด้วย

11. การใช้วิธีการทางวิศวกรรมเช่น การขุดคูและคลองระบายน้ำ เป็นการช่วยในการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดิน และสามารถนำเอาน้ำเหล่านี้ไปใช้ในการชลประทานกับพืชทนเค็มได้

ข้อเสนอแนะ

1. ต้องมีการให้ความรู้แก่ชุมชนถึงผลกระทบของดินเค็มที่มีต่อชุมชนและคนในชุมชนรวมไปถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคม
2. มาตรการใด ๆ ที่กำหนดลงไปในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจะต้องรับการยอมรับจากเกษตรกรที่ร่วมในภายในแผนงานนั้น รวมไปถึงชุมชน
3. การฟื้นฟูดินเค็มโดยการจัดรูปแปลงนา และปรับปรุงดินเป็นวิธีการที่ช่วยเพิ่มการชะล้างเกลือไปในชั้นดิน แต่เมื่อการชะล้างโดยน้ำฝนหรือน้ำชลประทานหยุดลงสารละลายเกลือจากน้ำใต้ดินอาจจะเคลื่อนที่ขึ้นมาสะสมในชั้นดิน
4. การวางระบบการพัฒนาพื้นที่ดินเค็มจะต้องวางแผนเป็นลุ่มน้ำแล้วจึงดำเนินการไปตามงบประมาณที่ได้รับมาโดยจัดลำดับความสำคัญทั้งในพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ให้น้ำ
5. หน่วยงานท้องถิ่น และหน่วยงานเอกชนที่มีความปรารถนาจะช่วยเหลือเกษตรกรในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มควรเข้ามาร่วมกับหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม
6. ควรมีการปรับตัวของหน่วยงานราชการที่ดูแลทางด้านสิ่งแวดล้อมกับมาตรการบางมาตรการในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถอยู่ร่วมกับดินเค็มได้อย่างยั่งยืน
7. จัดตั้งเครือข่ายชุมชนเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) แผนเพื่อการแพร่กระจายของดินเค็ม โครงการพัฒนาพื้นที่ดินเค็ม กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. แผนการใช้ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 177 หน้า
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2547. ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ รายปี กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- ชัยนาม ดิสถาพร. 2527ก. วิธีป้องกันและควบคุมปัญหาดินเค็ม ใน เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ เรื่องดินเค็ม กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 268 หน้า
- ชัยนาม ดิสถาพร. 2544ก. เปรียบเทียบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในการสูบน้ำกับการใช้น้ำของไม้ยืนต้นโตเร็วบริเวณพื้นที่รับน้ำในการควบคุมการแพร่กระจายดินเค็มในบริเวณพื้นที่ให้น้ำ รายงานความก้าวหน้าประจำปี 2544 กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กองอนุรักษ์ดินและน้ำ หน้า 7
- ชัยนาม ดิสถาพร. 2544ข. ผลของขนาดของท้องร่องและสันร่องระบายน้ำแบบเปิดต่อการปรับปรุงดินเค็มจัด รายงานผลงานวิชาการ ปี 2544 กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กองอนุรักษ์ดินและน้ำ หน้า 5
- ชัยนาม ดิสถาพร. 2546. โครงการสาธิตและทดสอบการประยุกต์ใช้หญ้าแฝก่วมกับการระบบการเกษตรเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน 36 หน้า
- ชัยนาม ดิสถาพร และปราโมทย์ แยมคลี. 2543. การประเมินคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รายงานบทคัดย่อ ผลงานวิจัยกองอนุรักษ์ดินและน้ำ พ.ศ. 2533-2542 กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน หน้า 23-25
- ชัยนาม ดิสถาพร ปราโมทย์ แยมคลี และไพรัช พงษ์วิเชียร. 2528. พืชทนเค็มและแนวทางในการพัฒนาและการใช้ประโยชน์ในอนาคต วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 28:74-80
- ชัยนาม ดิสถาพร สมศรี อรุณินท์ และสุจินต์ นิลประดับแก้ว. 2535. การคัดเลือกพันธุ์ไม้ยืนต้นและวิธีการปลูกในดินเค็ม การประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิจัยของศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อการพัฒนาการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 13-16 มกราคม 2535 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น หน้า 259-284
- ชัยนาม ดิสถาพร สมศรี อรุณินท์ และสุจินต์ นิลประดับแก้ว. 2536ก. การใช้เครื่อง EM 34 ในการกำหนดพื้นที่ปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม การประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ครั้งที่ 4 19-20 พฤษภาคม 2536 ณ โรงแรมเวลคัม จอมเทียน เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี หน้า 234-246
- ชัยนาม ดิสถาพร อังสนา โตกิจกล้า และสมศรี อรุณินท์. 2536ข. ความสามารถในการทนเค็มของหญ้าคาลาร์ *Leptochloa fusca* (L.) Kunth การประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิจัยของศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อการพัฒนาการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1-3 กันยายน 2536 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น หน้า 207-226

- ชัยนาม ดิสถาพร สมศรี อรุณินท์ พิชัย วิชัยดิษฐ์ และปราโมทย์ แยมคลี่. 2533. อุทกวิทยาของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดขอนแก่น รายงานประจำปีกองอนุรักษ์ดินและน้ำ 2531-2533
- ชัยนาม ดิสถาพร ปราโมทย์ แยมคลี่ ไพรัช พงษ์วิเชียร และประสิทธิ์ ตันประภาส. 2540. การเปลี่ยนแปลงระบบอุทกวิทยาในพื้นที่โพลเดอร์ รายงานวิชาการประจำปี 2540. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ หน้า 238-239
- ชัยนาม ดิสถาพร อรุณี ยูวะนิยม อนงค์ สุทธาวาส พรรณี รุ่งแสงจันทร์ และธรรมศักดิ์ สิงห์พงษ์. 2527ข. อิทธิพลของการคลุมดินต่อการปรับปรุงดินเค็ม รายงานวิชาการประจำปี 2527. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ หน้า 489-494
- ชัยนาม ดิสถาพร สมศรี อรุณินท์ พรรณี รุ่งแสงจันทร์ วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ อรุณี ยูวะนิยม เกรียงศักดิ์ หงษ์โต และอนงค์ สุทธาวาส. 2524. ผลของจำนวนต้นปักดำต่อจับที่มีต่อผลผลิตของข้าวในดินเค็ม รายงานวิชาการประจำปี 2524 กองอนุรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 574 หน้า 392-400
- พรรณี รุ่งแสงจันทร์ วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ อรุณี ยูวะนิยม เกรียงศักดิ์ หงษ์โต ชัยนาม ดิสถาพร อนงค์ สุทธาวาส และสมศรี อรุณินท์. 2524. ผลของระยะปลูกต่อผลผลิตข้าวในดินเค็ม รายงานวิชาการประจำปี 2524. กองอนุรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ หน้า 430-435
- รังสรรค์ อิมเอิบ และปราโมทย์ แยมคลี่. 2548. การปลูกไม้ยืนต้นเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม รายงานผลการวิจัย กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ
- วีระพล แต่สมบัติ. 2542. ทรัพยากรน้ำผิวดินของประเทศไทย วารสารชมรมนักอุทกวิทยา 3:105-128
- สมศรี สีนอนวงศ์ พิชัย วิชัยดิษฐ์ ไพบุลย์ ประโมทญ์ และพร้อมจิต ตระกูลดิษฐ์. 2523. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการติดตามการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 13:227-237
- สมศรี อรุณินท์ อรุณี ยูวะนิยม และชัยนาม ดิสถาพร. 2532ข. การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกโสนเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดบนพื้นที่ดินเค็มในเขตน้ำฝน รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (วจ.3) กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. 35 หน้า
- สมศรี อรุณินท์ ชัยนาม ดิสถาพร และปราโมทย์ แยมคลี่. 2538. การศึกษาคุณภาพและระดับน้ำใต้ดินอันเนื่องมาจากการปลูกป่ายูคาลิปตัสบนเนินที่เป็นแหล่งในการแพร่กระจายดินเค็ม การประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิชาการพัฒนาที่ดินครั้งที่ 3 20-23 มิถุนายน 2538 ณ โรงแรมเอเชียพัทยา เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี หน้า 346-361
- สมศรี อรุณินท์ พิชัย วิชัยดิษฐ์ พรรณี รุ่งแสงจันทร์ อรุณี ยูวะนิยม และชัยนาม ดิสถาพร. 2532ก. อิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 22:256-277

- สมศรี อรุณินท์ พรธณี รุ่งแสงจันทร์ ชัยนาม ดิสถาพร อรุณี ยูวะนิยม และอนงค์ สุทธาวาส. 2534. ผลของปุ๋ยพืชสดต่อการปรับปรุงดินเค็ม รายงานวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำประจำปี 2528-2530 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ หน้า 166-170
- สมศรี อรุณินท์ พรธณี รุ่งแสงจันทร์ วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ อรุณี ยูวะนิยม เกรียงศักดิ์ หงษ์โต ชัยนาม ดิสถาพร และอนงค์ สุทธาวาส. 2524. การศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวทนเค็ม รายงานวิชาการประจำปี 2524. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ หน้า 357-373
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2541. สถิติการเกษตรประจำปี 2539/40 หนังสือสถิติการเกษตร เล่มที่ 18/2541 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2546ก. สำมะโนการเกษตร พ.ศ. 2546 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2546ข. สรุปสถานการณ์สังคมไทย พ.ศ. 2546 กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- ส่วนวิเคราะห์การใช้ที่ดินที่ 2. 2548. แผนที่ประเภทการใช้ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2543/2544. สำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน 65 หน้า
- สวัสดี้ เสนาณรงค์. 2529. แผนที่ประเทศไทย ไทยวัฒนาพานิช กรุงเทพฯ 379 หน้า
- อรุณี ยูวะนิยม พรธณี รุ่งแสงจันทร์ ชัยนาม ดิสถาพร อนงค์ สุทธาวาส และสมศรี อรุณินท์. 2527. อิทธิพลของสารอินทรีย์บางชนิดในการปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว รายงานวิชาการประจำปี 2527 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ หน้า 474-480
- Arunin, S. 1984. Characteristics and management of salt affected soil in the Northeast of Thailand. In Ecology and management of problem soils in Asia. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Rep. of China. Pp.336-351.
- Arunin S., C. Dissataporn and Y. Anuluxtipun. 1994. Salt affected soil map in Southeast Asia. Paper presented at the International Congress of Soil Science. July 10-16, 1994. Acapulco, Mexico.
- Arunin, S., C. Dissataporn, Y. Anuluxtipan and D. Nana. 1989. Potential of Sesbania as a green manure in saline rice soils in Thailand, pp. 83-95. *In* Green Manure in Rice Farming. IRRI. Philippines.
- Cameron, D. R., E. de Jong, D. W. L. Read and M. Oosterveld. 1981. Mapping salinity using resistivity and electromagnetic inductive techniques. Canadian Journal of Soil Science. 61:67-78.
- Cannon, M.E., R.C. Mckenzie and G. Lachapelle. 1994. Soil salinity mapping with electromagnetic induction and satellite-based navigation methods. Canadian Journal of Soil Science. 24:335-343.

- Cook, P.G. and G.R. Walk. 1992. Depth profile of electrical conductivity from linear combination of electromagnetic induction measures. *Journal of Soil Science Society of America*. 56:1015-1024.
- Dissataporn, C. 2002a. Application of Electromagnetic Method to Detect Soil Salinity and the Rehabilitation of Salt-affected Soils in Northeastern Thailand. Ph.D. Thesis Tokyo University of Agriculture, Tokyo Japan.
- Dissataporn, C. and P. Yamclee. 1995. Reforestation for salinity control. Thai International Co-Sharing Program, International Training Course on Soil Management Techniques, March 6, 1995- May 31, 1995, Agriculture Development Research Center, Khonkaen, Thailand.
- Dissataporn, C., S. Arunin and S. Ninpradapkaew. 1992. The role of trees on salinity control. International Symposium on Strategies for Utilizing Salt-Affected Lands. February 17-25, 1992. Bangkok, Thailand.
- Dissataporn, C., P. Yamclee and S. Arunin. 1996b. Prediction of groundwater salinity by geonic technique. Poster presented at Hydrology and water resources symposium 1996. "Water and the environment". May 21-24, 1996. Wrest Point Hotel Casino, Hobart, Tasmania.
- Dissataporn, C., P. Yamclee and H. Narioka. 2001. Application of electromagnetic technique to identify recharge and discharge area for reforestation in northeast Thailand. *Journal of the Japanese Society of Soil Physics*. No.88, pp. 27-35.
- Dissataporn, C., S. Arunin, H. Narioka and M. Anase. 1996a. Groundwater hydrology in the polder system in northeast Thailand. *In Rehabilitation and Development of Upland and Highland Ecosystem*. Edited by Makoto Anase, Tineke Mandang and Rodel Lasco. Tokyo University of Agriculture Press, Japan.
- Dissataporn, C., H. Narioka, P. Yamclee and S. Arunin. 2002b. Application of electromagnetic induction terrain conductivity meter to salinity assessment in salt-affected soils. Regional salt-affected soils map in northeastern Thailand. Poster presented at Symposium 33 Salt affected soils and the environment. World Congress of Soil Science. Queen Sirikit National Convention Center. 14-21 August 2002, Thailand.
- Dissataporn, C., H. Narioka, P. Yamclee and S. Arunin. 2002c. Application of electromagnetic induction terrain conductivity meter to salinity assessment in salt-affected soils. Regional salt-affected soils map in northeastern Thailand. *Journal of the Japanese Society of Soil Physics*. No.89, pp. 43-53.

- Dissataporn, C., K. Yacouba, M. Mihara and R. Yasutomi. 2002d. Effect of groundwater content and environment land classification. *Journal of the Japanese Society of Soil Physics*. No.89, pp. 35-42.
- Dixon, P. 1989. Dryland salinity in a subcatchment at Glenhompson, Victoria. *Australia Geographer*. 20:144-152.
- FAO. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 174 pp.
- Freeze, R.A. and J.A. Cherry. 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632
- Gardner, L.S., H.F. Haworth and P. Na Chiangmai. 1967. Salt Resources of Thailand. Report of Investigation. No. 11. Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Ghassemi, F., A.J. Jakeman and G.A. Thomas. 1989. Ground-Water Modeling for Salinity Management: An Australian Case Study. *Groundwater*.27:384–392.
- Ghassemi, F., A.J. Jakeman and H.A. Nix. 1995. Salinisation of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. UNSW Press, Sydney, Australia, and CAB International, Wallingford, UK.
- Haworth, H.F., P. Na Chiangmai and C. Phiancharoen. 1966. Groundwater resources development of northeast Thailand. *Groundwater Bulletin*, no. 2, Department of Mineral Resources, Thailand.
- Hisao, Furukawa. ed. 1992. Finalized working documents on application of reforestation and agro- forestry to soil management in Khorat plateau. Mekong Secretariat.
- Imaizumi, M., P. Wichaidit, S. Sukchan and K. Srisuk. 1996. Mechanism of salinization of groundwater in Phra Yuen area, northeast Thailand. *Proceeding of Seminar on Geophysical Prospective for Groundwater Development and Hazard Prevention*. 12 December 1996, Chareon Thani Hotel, Khon Kaen, Thailand.
- Japakasetr, T. and P. Suwanich. 1984. Potash and rock salt in Thailand. *Mineral Bulletin* no. 2. Department of Mineral Resources. Thailand.
- JICA. 1991. The master plan study on the integrated rural development of salt-affected land in northeast Thailand.
- McFarlane, D. J., R. Engel and A. T. Ryder. 1987. Investigation of a saline valley on Allandale Research Farm. Technical report Western Australia Department of Agriculture. No.58:16 pp.
- McNeil, J.D. 1980. Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Tech. Note TN 6. Geonics Ltd. 15 pp.

- Mekong Secretariat. 1991. Environmental assessment of Mekong irrigation projects in the Korat Plateau in the Lao PDR and Thailand, Final Report. Mekong Secretariat, Bangkok, Thailand.
- Mitsuchi M., P. Wichaidit and S. Jeungnijirund. 1986. Outline of soils of the Northeast Plateau, Thailand-Their characteristics and constraints. Technical Paper No.1. Agricultural Development Research Center in Northeast Thailand, Khon Kaen, 76 pp.
- Mocharoen, L., T. Vearasilp and H. Eswaran. 1987. Benchmark soils of Thailand. Department of Land Development, Thailand, Soil Management Support Service, USA.
- Montrakun, S. 1964. Agriculture and soils of Thailand, compilation of soil reports and laboratory and laboratory analysis of the soils in Thailand. Technical Division, Department of Rice, Ministry of Agriculture. Government House Printing Office, Bangkok, Thailand.
- Moormann, F.R., S. Montrakun and S. Panichapong. 1964. Soil of the northeast Thailand, A key to their identification and survey. Soil Survey Division Report No. 72, Soil Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Co-operative, Thailand.
- Panichapong, S. 1983. Distribution and utilization of problem soils in Thailand. Tropical Agriculture Research. No. 15. Tropical Agriculture Research Center. Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery, Tatabe, Ibanaki, Japan.
- Piancharoen, C. 1973. Hydrogeological Map of Northeastern Thailand (Scale 1:500,000). Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Phiancareon, C., 1982. Hydrogeology and Groundwater Resources of Thailand, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Rhodes, J.D. 1982. Soluble Salts. In: A.L. Page (ed.) Method of soil analysis, Part 2 Chemical and microbiological properties, 2nd edition. Agronomy. 9:143-152.
- Rhodes, J.D. 1992. Recent advances in the methodology for measuring and mapping soil salinity. Proceeding of the International Symposium on Strategies for Utilization Salt Affected Lands. 15-17 February 1992, Central Plaza, Bangkok, Thailand.
- Rigg, J. 1987. Forces and Influences behind the Development of Upland Cash Cropping in north-east Thailand. The Geographical Journal. 153:370-382.
- Sattayarak, N. 1983. Review of the continental Mesozoic stratigraphy of Thailand. Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia. Technical Papers Volume 1 p. 127-148.

- Sinanuwong, S. and Y. Takaya. 1974. Saline soil in Northeast Thailand. *Southeast Asian Studied*. 12:105-120.
- Srisuk, K. and J. Toth. 1994. Groundwater salinity and three-dimensional groundwater flow model at Ban Khai Nun, Khon Kaen, Northeast Thailand. Paper presented at Technology and development of northeast, 19-20 August 1994, Kosa hotel, Thailand.
- Tanji, K.K. 1990. Natural and extent of agriculture salinity. Chapter 1. K.K. Tanji, eds. pp.1-17. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71.
- Thiamongkol, N. 1978. Notes on the origin of Potash in the northeast. *Mineral Resources Gazette*. 23:25-40.
- Tuckson, M., G. Hunter and W. Thompson. 1982. Salinization of landforms in part of Northeast Thailand. 1st International Symposium on Soil, Geology and Landforms: Impact on Land Use Planning in Developing Countries. Bangkok, Thailand
- US Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. Agricultural Handbook No.66. US Government Printing Office. Washington DC.
- Williams, B.G. and D. Hoey. 1987. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay contents of soils. *Australian Journal of Soil Research*. 25: 21-27.
- Williams, B.G. and S. Arunin. 1990. Inferring recharge/discharge areas from multi frequency electromagnetic induction method. Technical Memorandum 90/11, CSIRO.
- Williamson, D.R., J.V. Turner, A.J. Peck and S. Arunin. 1989. Groundwater hydrology and salinity in a valley in Northeast Thailand. In *Groundwater Contamination*. IAHS.Pub. No. 185.
- Wongsawat, S. and J. Junrawongsa. 1987. Geologic of the northeast. Paper presented at the Geologic and the development of the Green Esarn.
- Zekri, S. and L.M. Albisu. 1993. Economic impact of soil salinity in agriculture. A case study of Bardenas area, Spain. *Agricultural Systems*. 41:369–386.