

**ลักษณะทางนิเวศวิทยาและการปรับตัวบางประการของพรรณพืชธรรมชาติ
ในดินเค็ม อำเภอกхамทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา**

**Some Ecological Characteristics and Adaptations of Natural Vegetation
in Saline Soil, Amphoe Kham Thale So, Changwat Nakhon Ratchasima**

คำนำ

ในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเรื่องดินเค็มซึ่งมีการแพร่กระจายมากขึ้นทุกปี พื้นที่รวมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 107 ล้านไร่ ในจำนวนนี้มีพื้นที่ซึ่งเป็นดินเค็มประมาณ 17.8 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 17 ของพื้นที่ทั้งภาค นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการที่จะกลายเป็นดินเค็มอีกประมาณ 19.4 ล้านไร่ (สมศรี, 2539) สาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม คือ การตัดไม้ทำลายป่าซึ่งทำให้ขาดสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม ทำให้เกลือที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติได้ดินขึ้นมาสู่ผิวดินมากขึ้น ทำให้พื้นที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ต้องปล่อยเป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่า ท้ายที่สุดประชาชนจำเป็นต้องทิ้งถิ่นฐานเพื่อไปประกอบอาชีพอื่นทดแทนอาชีพการเกษตรกรรมที่เคยทำมาก่อน

การแก้ปัญหาดินเค็มที่เกิดขึ้นมีหลายหน่วยงานพยายามหาวิธีการแก้ไข อาทิ กรมพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ และกรมทรัพยากรธรณี โดยส่วนมากใช้วิธีการคัดเลือกชนิดพืชที่คาดว่าทนเค็มได้มาปลูกในพื้นที่บางแห่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการทดลองปลูกพืชในดินเค็ม โดยปลูกยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) สะเดา (*Azadirachta indica* var. *siamensis* Valetton) และกระถินออสเตรเลีย (*Acacia ampliceps* Maslin) ด้วยวิธีขุดยกร่องสันคู่และปลูกระหว่างสันร่อง ใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีรองกันหลุม และคลุมโคนต้นด้วยแกลบ ซึ่งเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายสูงและทำการทดลองในช่วงสั้น ๆ สรุปว่าได้ผลดี แต่ไม่มีการติดตามผลในระยะยาวว่าพืชนั้นเติบโตต่อไปได้ดีเพียงใด (สมศรี, 2544) นอกจากนี้ กรมพัฒนาที่ดินทดลองปลูก ยูคาลิปตัส สะเดา กระถินออสเตรเลีย มะขามเทศ (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth) มะขาม (*Tamarindus indica* L.) และซีเหี้ย (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby) ในดินเค็มอำเภอกхамทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา เมื่อพ.ศ. 2539 และติดตามผลเมื่อพ.ศ. 2542 พบว่า กระถินออสเตรเลียรอดตายในพื้นที่มากที่สุดแต่มีกล้าไม้น้อยมาก เนื่องจากมีการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติไม่ดี (อรุณี, 2542)

จากความพยายามที่จะหาพรรณพืชชนิดต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศมาปลูก เพื่อปรับปรุงดินเค็ม ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูง และผลสำเร็จที่ได้รับจากการทดลองปลูกนั้นอาจไม่ยั่งยืน และอาจไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป

งานวิจัยเรื่องนี้ได้หันมาให้ความสำคัญต่อพรรณพืชธรรมชาติซึ่งขึ้นได้อยู่แล้วในดินเค็ม เนื่องจากพรรณพืชเหล่านั้นได้ผ่านการปรับตัวจนสามารถอยู่รอด และเจริญเติบโตได้ในดินเค็ม ตรวจสอบชนิดพรรณพืชธรรมชาติที่ควรส่งเสริมให้มีการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ หรือที่ควรขยายพันธุ์ปลูกในดินเค็ม และหาวิธีการใช้ประโยชน์ต่อไป แม้ว่าพืชเหล่านั้นจะเป็นที่รู้จักกันน้อย (lesser-known species) แต่ถ้าสามารถขึ้นได้ในดินเค็ม ก็ควรศึกษาหาวิธีการใช้ประโยชน์จากพืชเหล่านั้น เนื่องจากอาจจะมีสรรพคุณทางยา รักษาโรค หรือเป็นสมุนไพรได้ พรรณพืชที่รู้จักกันน้อยในต่างประเทศกำลังให้ความสนใจกันมาก

การที่จะทราบชนิดของพรรณพืชธรรมชาติที่ควรส่งเสริมให้มีการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ หรือที่ควรขยายพันธุ์ปลูกในดินเค็ม และหาวิธีการใช้ประโยชน์ต่อไปนั้น จำเป็นต้องศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางนิเวศวิทยา และการปรับตัวของพรรณพืชธรรมชาติในดินเค็ม ก่อนว่ามีพืชชนิดใดที่ขึ้นได้ และปรับตัวอยู่ได้ในพื้นที่ดังกล่าว วิธีนี้อาจเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และมีความยั่งยืนมากกว่าวิธีการคัดเลือกชนิดพืชมาปลูกในดินเค็มดังที่เคยปฏิบัติมา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของพรรณพืชธรรมชาติซึ่งขึ้นในดินเค็ม อำเภอลำดวน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ลักษณะทางนิเวศวิทยาที่ทำการศึกษา คือ ชนิดพรรณพืช ดัชนีค่าความสำคัญ (important value index) รูปแบบการกระจาย (distribution pattern) การเปลี่ยนแปลงความเค็มของดินระหว่างฤดูกาล และการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural regeneration) ของพรรณพืช

2. เพื่อศึกษาการปรับตัวบางประการของพรรณพืชธรรมชาติในดินเค็ม อำเภอลำดวน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

การปรับตัวที่ทำการศึกษา คือ การปรับตัวทางสัณฐานวิทยาและทางกายวิภาคของชนิดพืชที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูง

การตรวจเอกสาร

งานวิจัยเรื่องนี้ได้ตรวจเอกสารในหัวข้อดังต่อไปนี้ คือ ลักษณะทางนิเวศวิทยาของสังคมพืช ดินเค็ม การปรับตัวของพรรณพืชธรรมชาติในดินเค็ม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองปลูกพืชในดินเค็มของประเทศไทย และข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ที่ทำการวิจัย

ลักษณะทางนิเวศวิทยาของสังคมพืช

1. ลักษณะทางนิเวศวิทยาที่ใช้ในการศึกษาและการบรรยายสังคมพืช

ลักษณะทางนิเวศวิทยาที่ใช้ในการศึกษาและการบรรยายสังคมพืช แบ่งออกได้ 2 ลักษณะ (อุทิส, 2542 อ้างถึง Wittaker, 1970) คือ

1. ลักษณะเพื่อการวิเคราะห์ (Analytical Characteristics)
2. ลักษณะการอยู่ร่วมกัน (Synthetical Characteristics)

1.1 ลักษณะเพื่อการวิเคราะห์

แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้ คือ

1.1.1 ลักษณะในเชิงปริมาณ (Quantitative Characteristics)

การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาในเชิงปริมาณนั้น ทำการศึกษา และบรรยายสังคมพืช ในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) รายชื่อชนิดไม้ (plant species lists) หมายถึง รายชื่อชนิดไม้ที่ปรากฏอยู่ในสังคมพืช ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

2) ความหนาแน่น (density: D) หมายถึง จำนวนต้นทั้งหมดของชนิดไม้ A ต่อเนื้อที่ทั้งหมดที่ทำการศึกษา

$$D_A (\text{จำนวนต้น/เนื้อที่}) = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดของชนิดไม้ A}}{\text{เนื้อที่แปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}}$$

3) ความถี่ (frequency: F) หมายถึง ค่าร้อยละของจำนวนแปลงตัวอย่างที่พบชนิดไม้ A ต่อจำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ

$$F_A (\%) = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่พบชนิดไม้ A}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}} \times 100$$

4) ความเด่น (dominance: D_o) หมายถึง พื้นที่ที่ปกคลุม หรือยึดครองโดยชนิดไม้ A ต่อเนื้อที่แปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ

$$\text{ความเด่น (\%)} = \frac{\text{พื้นที่ที่ปกคลุมโดยชนิดไม้ A}}{\text{เนื้อที่แปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}} \times 100$$

5) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density: RD) หมายถึง ความหนาแน่นของชนิดไม้ A ต่อค่าความหนาแน่นของไม้ทุกชนิดในสังคมพืช

$$RD_A (\%) = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดไม้ A}}{\text{ความหนาแน่นของไม้ทุกชนิดในสังคมพืช}} \times 100$$

6) ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency: RF) หมายถึง ความถี่ของชนิดไม้ A ต่อค่าความถี่ของไม้ทุกชนิดในสังคมพืช

$$RF_A (\%) = \frac{\text{ความถี่ของชนิดไม้ A}}{\text{ความถี่ของไม้ทุกชนิดในสังคมพืช}} \times 100$$

7) ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance: RD_o) หมายถึง ความเด่นของชนิดไม้ A ต่อค่าความเด่นของไม้ทุกชนิดในสังคมพืช

$$RD_{OA} (\%) = \frac{\text{ความเด่นของชนิดไม้ A}}{\text{ความเด่นของไม้ทุกชนิดในสังคมพืช}} \times 100$$

8) ดัชนีค่าความสำคัญ (importance value index: IVI) หมายถึง ผลรวมของค่าสัมพัทธ์ต่าง ๆ ของชนิดไม้ A ในสังคมพืช ซึ่งมียค่าสูงสุดเท่ากับ 300 เปอร์เซนต์

$$IVI_A (\%) = RD_A + RF_A + RD_{OA}$$

1.1.2 ลักษณะในเชิงคุณภาพ (Qualitative Characteristics)

ลักษณะทางนิเวศวิทยาในเชิงคุณภาพนั้น ทำการศึกษาและบรรยายสังคมพืชในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) ช่วงฤดูกาล (periodicity) หมายถึง ช่วงเวลาหรือช่วงฤดูกาลที่ชนิดไม้แสดงกิจกรรมต่าง ๆ ออกมาให้เห็นได้ชัดเจน เช่น ชีพวัฏจักร (phenology) ซึ่งหมายถึง ช่วงเวลาหรือช่วงฤดูกาลในรอบปีที่ชนิดไม้แตกใบอ่อน ออกดอก ออกผล โปรงเมล็ด และผลัดใบ
- 2) ความสามารถที่จะมีชีวิตอยู่ได้ (vitality) หมายถึง ความสามารถของชนิดไม้ที่จะอยู่ในสังคมพืชหนึ่งได้ เช่น สามารถงอกและเติบโตได้ ออกดอกได้ ให้เมล็ดได้ งอกได้ แข่งกับไม้ชนิดอื่นได้ หรือมีความสมบูรณ์ทุกประการสามารถคงอยู่ในสังคมได้ตลอดไป
- 3) แบบแผนการกระจาย (distribution pattern) หมายถึง รูปแบบการเรียงตัวของไม้ชนิดหนึ่งในสังคมพืชหนึ่ง รูปแบบการกระจายมีรูปแบบหลัก 3 รูปแบบ คือ การเรียงตัวแบบจับกลุ่ม (clump, contagious) การเรียงตัวแบบสุ่ม (random) และการเรียงตัวแบบเท่าเทียมกัน (regular)
- 4) การขึ้นร่วมกันของชนิดไม้ (associability) หมายถึง การปรากฏอยู่ร่วมกันของชนิดไม้ในสังคมพืช ซึ่งมีลักษณะ 3 แบบ คือ ชนิดไม้ที่มีแนวโน้มที่จะขึ้นอยู่ร่วมกัน ชนิดไม้ที่มีแนวโน้มที่ไม่เกี่ยวข้องต่อกันหรือไม่มีอิทธิพลต่อกัน และชนิดไม้ที่มีแนวโน้มที่จะไม่ขึ้นอยู่ร่วมกัน

1.2 ลักษณะการอยู่ร่วมกัน

ลักษณะการอยู่ร่วมกันของชนิดไม้ในสังคมพืชส่วนมากเป็นการศึกษาลักษณะในเชิงปริมาณ โดยทำการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.2.1 การปรากฏ (presence: P) หมายถึง การหาค่าความสัมพันธ์ของจำนวนหมู่ไม้ที่ชนิดไม้หนึ่งปรากฏอยู่ เมื่อเทียบกับจำนวนหมู่ไม้ทั้งหมดที่ทำการศึกษา

$$P = \frac{\text{จำนวนหมู่ไม้ที่ชนิดไม้หนึ่งปรากฏอยู่}}{\text{จำนวนหมู่ไม้ทั้งหมดที่ทำการศึกษา}}$$

1.2.2 ความคงที่ (constancy: C₀) หมายถึง การวัดการเข้าร่วมอยู่ในสังคมพืชของชนิดไม้หนึ่ง หากชนิดไม้นั้นปรากฏในจำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการศึกษากว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า constants species (K) หากปรากฏอยู่ระหว่าง 25 – 50 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า accessory species (A) หากปรากฏอยู่น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า other species (O)

1.2.3 การจัดลำดับ (ordination) หมายถึง การจัดลำดับตัวอย่างไม่ว่าหมู่ไม้หรือสังคม ตามความคล้ายคลึงกันในลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือหลายลักษณะบนแนวแกนในเชิงกราฟ เพื่อแสดงแบบแผนความสัมพันธ์ต่อกัน

2. การประเมินความเด่นโดยการวัดพื้นที่ที่ชนิดไม้ปกคลุมอยู่

การวัดพื้นที่ที่ชนิดไม้ปกคลุมอยู่ หมายถึง การลากเส้นบนพื้นดินตามขอบเรือนยอดหรือขอบเรือนราก และวัดพื้นที่ภายในเส้นรอบรูปนั้น พื้นที่ที่ชนิดไม้ปกคลุมอยู่ จัดว่ามีความสำคัญทางนิเวศวิทยาอย่างหนึ่ง เนื่องจากมีส่วนเกี่ยวข้องกับการประเมินมวลชีวภาพในสังคมพืช ซึ่งมวลชีวภาพมีความสำคัญต่อความเป็นไป และการใช้ประโยชน์ของสังคมพืช นอกจากนี้พื้นที่ที่ชนิดไม้ปกคลุมยังสามารถใช้เปรียบเทียบพืชได้ทุกรูปชีวิต (life-form) ไม่ว่าจะเป็นไม้ยืนต้น (tree) ไม้พุ่ม (shrub) ลงไปจนถึงมอสส์ (moss)

โดยทั่วไป สังคมพืชที่ขึ้นอยู่บนดินเค็มนั้นมีไม้หลายรูปชีวิต ทั้งที่เป็นไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม หญ้า และกก ดังนั้นการประเมินค่าความเด่นโดยการวัดพื้นที่ที่ชนิดไม้ปกคลุมจึงเหมาะสำหรับใช้ศึกษาพืชในดินเค็มได้ดีกว่าค่าพื้นที่หน้าตัดของลำต้น (basal area) การวัดพื้นที่ที่ชนิดไม้ปกคลุมทำได้โดยวัดระยะจากขอบด้านหนึ่งของเรือนยอดไปยังขอบอีกด้านหนึ่ง นิยมวัดสองด้านในแนวตั้งฉากกัน แล้วคำนวณโดยถือเอาค่าเฉลี่ยเป็นรูปวงกลม ตามสูตรพื้นที่วงกลม (πR^2) (อุทิศ, 2542)

3. แบบแผนการกระจาย

แบบแผนการกระจายของชนิดไม้มีการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การคำนวณหาแบบแผนการกระจายของชนิดไม้

แบบแผนการกระจาย (distribution pattern) ของชนิดไม้ เป็นลักษณะสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์และบรรยายสังคมพืช แบบแผนการกระจายของชนิดไม้ หมายถึง รูปแบบการวางตัวของต้นไม้นี้แต่ละต้นของไม้ชนิดหนึ่งที่สัมพันธ์กับการวางตัวของต้นไม้นชนิดอื่น ๆ ในสังคมพืช ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบแผนการกระจายของชนิดไม้มีหลายปัจจัย อาทิ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของชนิดไม้นั้น (หมายถึง การเกิดเป็นต้นเดี่ยว หรือการเกิดเป็นกลุ่มจากระบบรากเดียวกัน) ลักษณะทางสังคมพืช (หมายถึง การแก่งแย่ง หรือการพึ่งพาอาศัยกัน) และสภาพแวดล้อม

Greig-Smith (1983) กล่าวว่า การปรากฏของพืชในจุดใดจุดหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสองประเภท คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับชนิดพืช ซึ่งได้แก่ ลักษณะของพืช การกระจายเมล็ด และการสืบพันธุ์ และปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่ ปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงมาถึงพื้นดิน และลักษณะของดิน ปัจจัยสองประเภtdังกล่าว ทำให้เกิดแบบแผนการกระจายของชนิดไม้ 3 แบบ คือ การกระจายแบบสุ่ม (random pattern) หมายถึง การที่จะพบต้นไม้นั้นขึ้นอยู่กับโอกาสที่เป็นไปอย่างสุ่มทั่วพื้นที่ การกระจายแบบจับกลุ่ม (clumping pattern) หมายถึง ต้นไม้นี้แต่ละต้นเข้ามาจับกลุ่มอยู่ใกล้กัน เกิดเป็นหย่อม ๆ และการกระจายแบบเท่าเทียมกัน (regular pattern) หรือสม่ำเสมอ หมายถึง การกระจายของต้นไม้นี้ที่แต่ละต้นส่วนใหญ่มีระยะห่างใกล้เคียงกันทั่วพื้นที่ ปกติแล้วต้นไม้อายุส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะขึ้นกระจายแบบจับกลุ่มมากกว่า

วิธีการคำนวณหาแบบแผนการกระจายของชนิดไม้มีหลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันมาก ได้แก่ การทดสอบ coefficient of dispersion ซึ่งเป็นการหาค่าความแปรปรวนต่อค่าเฉลี่ย (variance/mean) โดยนำข้อมูลมาจัดเรียงแบบ Poisson เรียงลำดับจำนวนต้นในแปลงตั้งแต่ 0 ไปเรื่อย ๆ จนถึงจำนวนต้นในแปลงที่พบมากที่สุด แล้วจัดเรียงข้อมูลจำนวนแปลงและจำนวนต้น ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 1 (Greig-Smith, 1983)

ตารางที่ 1 การจัดเรียงข้อมูลจำนวนต้น และจำนวนแปลงตัวอย่างแบบ Poisson

จำนวนต้นในแปลง	0	1	2	3	4	5	6	7	8
จำนวนแปลงตัวอย่าง (N)	43	31*	17	5	1	0	0	2	1
จำนวนต้นทั้งหมด (X)	0	31	34	15	4	0	0	14	8
ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อแปลง (\bar{X})	1.06 ต้น/แปลง								

หมายเหตุ * จำนวนแปลงตัวอย่างที่พบว่าไม่มีเพียง 1 ต้น มีอยู่ 31 แปลงตัวอย่าง

ที่มา: Greig-Smith (1983)

คำนวณหาค่าดังต่อไปนี้:

- 1) Standard error: โดย $S = \sqrt{2/(N-1)}$
- 2) Mean: \bar{X}
- 3) Variance: โดย $\text{Variance} = \sum (X - \bar{X})^2 / (N-1)$
- 4) Variance/Mean: แล้วทำการแปลผลดังต่อไปนี้

หากได้ค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าชนิดไม้มีการกระจายแบบสุ่ม (random)

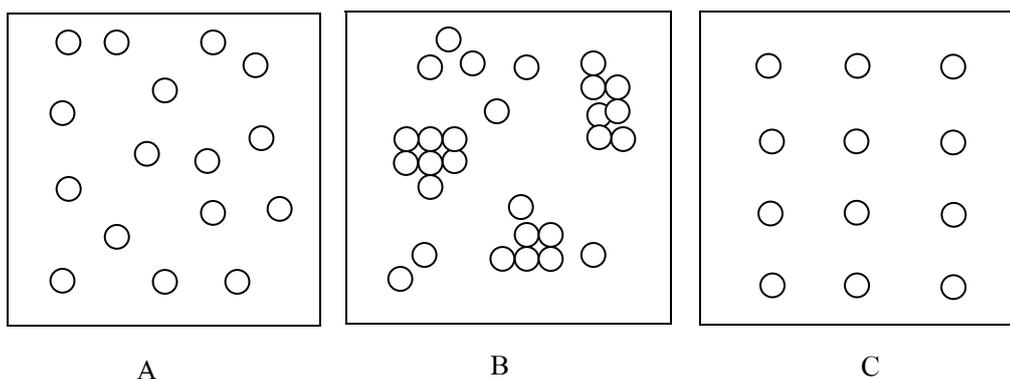
หากได้ค่ามากกว่า 1 แสดงว่าชนิดไม้มีการกระจายแบบจับกลุ่ม (clumping)

หากได้ค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าชนิดไม้มีการกระจายแบบเท่าเทียมกัน (regular)

5) การทดสอบความเชื่อมั่นด้วยค่า t-test ตามวิธีการทางสถิติ จากสูตร

$$t = (\text{variance}/\text{mean} - 1) / S$$

ทำการเปิดตารางค่า t ที่ degree of freedom เท่ากับ $N - 1$ ที่ความเชื่อมั่น 95 % ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มากกว่าค่าที่เปิดจากตาราง ถือว่าปฏิเสธสมมติฐาน ของ Poisson โดยถือว่าการกระจายแบบจับกลุ่ม แต่หากค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าที่เปิดจากตารางถือว่ายอมรับสมมติฐาน คือมีการกระจายสุ่ม ซึ่งค่า t นั้นสามารถทดสอบได้เพียงว่าชนิดไม่มีการกระจายแบบสุ่ม หรือจับกลุ่มเท่านั้น หากต้องการทราบว่าชนิดไม่มีการกระจายแบบเท่าเทียมกันหรือไม่ ให้ดูที่ค่า variance/mean ลักษณะการกระจายของชนิดไม่แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบแผนการกระจายของต้นไม้ในสังคมพืช A เป็นแบบ random B เป็นแบบ clumping และ C เป็นแบบ regular

ที่มา: Jerrold (1974)

3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบแผนการกระจายของชนิดไม้

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบแผนการกระจายของชนิดไม้นั้น นอกจากปัจจัยทางด้านลักษณะทางสัณฐานวิทยาของชนิดไม้ และลักษณะทางสังคมพืชแล้ว ยังมีปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย (Krebs, 1972)

3.2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของอากาศจัดเป็นปัจจัยที่สำคัญ สามารถตรวจวัดได้ง่าย และมีบทบาทต่อพืชในทุกกระบวนการเจริญเติบโต พืชจะตอบสนองต่ออุณหภูมิเดียวกันแตกต่างกันตามกระบวนการเจริญเติบโต อุณหภูมิจะจำกัดการกระจายของพืช เนื่องจากเกี่ยวข้องกับ การรอดตาย (survival) การสืบพันธุ์ (reproduction) การพัฒนาส่วนต่าง ๆ (development) และการแก่งแย่งแข่งขันกัน (competition) ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ทนทานต่ออุณหภูมิในช่วงใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ อุณหภูมิยังเป็นตัวกำหนดการกระจายของพืชในระดับใหญ่ คือ ในระดับภูมิภาค (region) ด้วย

3.2.2 ความชื้น (Moisture)

ความชื้นในที่นี้หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในอากาศและในดินเป็นหลัก น้ำมีผลทำให้พืชปรับตัวทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยา (morphological and physiological adaptation) ช่วงที่สำคัญของพืชที่ต้องการน้ำมากที่สุด คือ ช่วงการงอกของเมล็ด และการตั้งตัว (seed germination and establishment) ส่วนในระยะอื่น ๆ ของพืช หากขาดน้ำจะทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยว และตายในที่สุด นอกจากนี้ น้ำยังมีความสำคัญในการใช้แบ่งเขตภูมิอากาศ (climatic boundaries) โดยใช้ปริมาณธารากาศ (precipitation) และการคายระเหย (evapotranspiration) เป็นเกณฑ์

3.2.3 แสง (Light)

แสงเป็นปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์แสงของพืช สามารถแบ่งพืชตามปริมาณแสงที่พืชได้รับออกเป็น พืชทนร่ม (shade – tolerant species) และ พืชไม่ทนร่ม (shade – intolerant species) และแสงยังเป็นปัจจัยที่จำกัดการกระจายของพืชอีกด้วย

3.2.4 ความเป็นกรด – ด่าง และความเค็มของดิน (Soil pH and salinity)

ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดการกระจายของพืช เนื่องจากพืชจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่าง และความเค็มของดิน ทำให้เป็นปัจจัยที่จำกัดการกระจายของพืช

3.2.5 โครงสร้างดินและปริมาณธาตุอาหารในดิน (Soil structure and nutrients)

ปัจจัยนี้มีผลมาจากสภาพภูมิอากาศ สภาพดิน และพรรณพืชที่ปกคลุมดิน ปัจจัยนี้ไม่ใช่ปัจจัยหลักในการกำหนดการกระจายของพืช เนื่องจากพืชส่วนใหญ่จะมีช่วงกว้างในการเจริญเติบโตภายใต้สภาพดินหลายชนิด

3.2.6 ไฟ (Fire)

ไฟเป็นปัจจัยที่มีผลต่อพืชโดยตรง และเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการกระจายของพืช พืชบางชนิดมีราก หรือมีส่วนขยายพันธุ์ที่สามารถทนต่อไฟไหม้ได้ เมื่อปัจจัยแวดล้อมเหมาะสมก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ได้ แต่พืชบางชนิดเมื่อถูกไฟไหม้แล้วจะไม่สามารถมีชีวิตสืบต่อพันธุ์ได้ ทำให้พืชชนิดนั้นหายไปจากพื้นที่

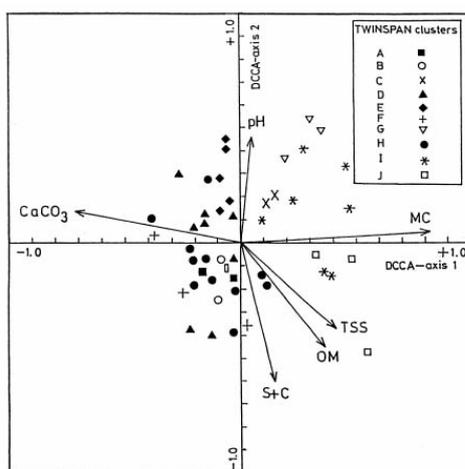
สำหรับแบบแผนการกระจายของพืชในดินเค็มนั้นส่วนใหญ่มีการกระจายแบบจับกลุ่ม (clump) เนื่องจากมีปัจจัยทางกายภาพที่ค่อนข้างเลว (poor) ทำให้พืชถูกจำกัดอยู่เฉพาะบริเวณที่มีสภาพเหมาะสมเท่านั้น หรืออาจเกิดจากการกระจายของเมล็ดพืชนั้น ๆ ไปได้ในระยะที่ไม่ไกลจากต้นแม่ ทำให้เกิดการรวมกลุ่มอยู่บริเวณเดียวกันใกล้ ๆ กับต้นแม่ (Waisel, 1972)

4. การจัดลำดับ

การจัดลำดับ (ordination) เป็นวิธีการหนึ่งในการศึกษาสังคมพืช โดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับสังคมพืชในด้านความต่อเนื่อง (continuum concept) ซึ่งเกี่ยวข้องกับช่วงความทนทานทางนิเวศ (amplitude of tolerant) ของชนิดไม้ แนวคิดนี้เชื่อว่าชนิดไม้มีช่วงความสำเร็จในการเข้าครองพื้นที่ และเข้าครองสมบูรณ์ได้ในปัจจัยแวดล้อมช่วงใดช่วงหนึ่ง และมีความสมบูรณ์มากที่สุดที่ระดับปัจจัยแวดล้อมหนึ่ง ส่วนในสภาพอื่น ๆ นั้นจะมีความสมบูรณ์ลดหลั่นกันไป (environmental gradient) จนถึงสภาพหนึ่งจะหายไป ด้วยเหตุนี้การขึ้นร่วมกันของพรรณพืชในท้องที่ใดท้องที่หนึ่งเป็นเพียงช่วงหนึ่งของความผันแปรที่ต่อเนื่องกันไป ไม่สามารถแยกเป็นหน่วยที่แตกต่างกันอย่างเด็ดขาดได้ (discrete entities) ดังนั้นกลุ่มพืชจึงสามารถนำมาจัดเรียงกันตามแนวของความผันแปรได้ การเรียงลำดับของกลุ่มพืชตามลักษณะที่ค่อย ๆ เปลี่ยนไปนี้เรียกว่าการจัดลำดับ (ordination) ซึ่งหมายถึง การจัดวางพืชชนิดต่าง ๆ ให้เป็นลำดับ นิยมใช้เทคนิคทาง multivariate โดยรวม กล่าวคือ

ทำการจัดเรียงจุดลงบนแกนหนึ่งหรือมากกว่าโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานของชนิดพืช (species composition) และเรียงตามปัจจัยแวดล้อมที่ลดหลั่นกันไป (Palmer, 1993) โดยปกตินิยมทำเป็น 3 แกน คือ X, Y และ Z และทำการเขียนกราฟแสดงจุดที่ตั้งของชนิดไม้ต่าง ๆ เรียกว่า การจัดลำดับชนิดไม้ในสามแนวแกน (three dimensional ordination)

การจัดลำดับเป็นการแสดงแบบจำลองของชนิดไม้ที่กระจายตามสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้เพื่ออธิบายถึงชนิดไม้ที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมนั้นเรียกว่า detrended canonical correspondence analysis ซึ่งเป็นวิธี direct gradient analysis โดยจะใช้ข้อมูลปัจจัยแวดล้อมภายนอก (external environment) ร่วมกับข้อมูลชนิดพรรณพืช (species composition) โดยพัฒนามาจากวิธีของ ter Braak (ter Braak and Prentice, 1988) วิธีนี้มีหลักการว่า การที่พืชมีการกระจายท่ามกลางปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ลดหลั่นกันไป จะลดผลกระทบของ arch effect ซึ่งหมายถึง การบิดเบี้ยว (distortion) ของการเรียงตัว (ordination diagram) ที่เกิดจากแกนที่สองทำต่อแกนที่หนึ่ง โดยใช้เทคนิคของสมการถดถอย (regression technique) ที่บอกถึงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ซึ่งผลที่ได้จะแสดงอยู่ในแกน โดยที่หัวลูกศรจะชี้ไปที่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ และมีชนิดไม้กระจายตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ชนิดไม้ใดที่ทำมุมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมน้อย หมายถึงจะมีความสัมพันธ์เป็นไปทางบวกมากกับปัจจัยนั้น ส่วนชนิดไม้ที่ทำมุมมาก จะมีความสัมพันธ์เป็นไปในทางลบมากกับปัจจัยนั้น (Palmer and White, 1994) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การจัดลำดับชนิดไม้โดยวิธี detrended canonical correspondence analysis
ที่มา: Palmer and White (1994)

จากการศึกษาของ Monier and El-Ghani (2000) ในประเทศอียิปต์พบว่าพืชมีการกระจายตามปัจจัยแวดล้อม เช่น ความเค็ม ปริมาณแคลเซียม ค่าความเป็นกรด - ด่าง เนื้อดิน ความชื้นของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยพบว่าความเค็ม และความชื้นในดินเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการจำกัดการกระจายของพืช ซึ่งคล้ายคลึงกับ Caballero *et al.*(1994) และ Maryam *et al.*(1995) ที่ศึกษาในอเมริกาพบว่าพืชกระจายตามความเค็มเป็นหลัก ส่วนการศึกษาของ Allen *et al.* (1997) ในนิวซีแลนด์พบว่าพืชมีการกระจายตามค่าความเป็นกรด - ด่างเป็นหลัก

5. การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพืช

ประเด็นในการศึกษาการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพืช (plant natural regeneration) มีดังต่อไปนี้ (สมบุญ, 2544)

5.1 อายุของเมล็ด

ในพืชมีดอก เมล็ดเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้พืชดำรงสายพันธุ์อยู่ได้ พืชบางชนิดมีเมล็ดขนาดเล็ก สร้างเมล็ดได้ครั้งละปริมาณมาก ๆ และสามารถแพร่กระจายไปในแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก พืชที่มีเมล็ดแพร่กระจายไปได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กัน สามารถงอกและปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ จะเป็นพืชเด่น (dominant plant species) ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เมล็ดพืชบางชนิดจะมีการปรับตัวให้มีระยะพักตัว (dormancy stage) เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมเมล็ดจึงจะงอกได้

พืชแต่ละชนิดมีช่วงอายุของเมล็ดแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพแวดล้อม เช่น เมล็ดเมเปิ้ล และเมล็ดไม้ในวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) มีอายุอยู่ได้ประมาณ 2 – 3 สัปดาห์ ในขณะที่พืชบางชนิดมีอายุของเมล็ดอยู่ได้นานเป็นปี เช่น ข้าว บัว พุทรา เป็นต้น

5.2 กระบวนการงอกของเมล็ด

การงอกของเมล็ด หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช โดยเริ่มจากการที่รากอ่อน (radicle) แทงผ่านเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ออกมา เมื่อเมล็ดได้รับความชื้นที่พอเหมาะพร้อมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีเกิดขึ้น ดังนี้

5.2.1 การดูดน้ำของเมล็ด (imbibition) เมล็ดแก่จะมีน้ำอยู่น้อย โดยมีความชื้นอยู่ประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่า ซึ่งในสภาพความชื้นที่ค่อนข้างต่ำนี้เมล็ดจะไม่งอก เมื่อเมล็ดได้รับความชื้นจากภายนอกเพียงพอ เปลือกหุ้มเมล็ดจะอ่อนตัวลง เมล็ดจะเกิดการดูดน้ำ ทำให้เมล็ดพองตัวขยายขนาดและเพิ่มน้ำหนัก ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกในเวลาต่อมา ทำให้น้ำและออกซิเจนผ่านเข้าไปในเมล็ดได้มากขึ้น

5.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึม ภายหลังจากการดูดน้ำของเมล็ด น้ำจะเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ด กระตุ้นการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายอาหารที่สะสมในเมล็ด มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น มีการปลดปล่อยพลังงาน ATP ไปใช้ในกระบวนการงอกและการลำเลียงสารต่าง ๆ ภายในเมล็ด ในขั้นแรกพบว่าการกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (gibberellin) ภายหลังจากการดูดน้ำของเมล็ด ฮอร์โมนนี้จะควบคุมการสร้างเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase) ในชั้นอะเลอโรน (aleurone layer) ซึ่งจะถูกส่งไปยังเอนโดสเปิร์ม (endosperm) เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล นอกจากนี้มีการสร้างเอนไซม์อื่น ๆ ได้แก่ นิวคลีเอส (nucleases) โปรตีเอส (proteases) และอะไมเลส (amylases) เพื่อย่อยสลายสารอาหารที่สะสมไว้ (เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) สารอาหารที่ถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กลง เช่น น้ำตาล และกรดอะมิโน จะถูกลำเลียงไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโต นั่นคือ ส่วนของเอ็มบริโอ (embryo) ส่วนพลังงานที่ได้จากการออกซิไดส์สารอาหารหรือจากการหายใจ จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ทั้งกระบวนการสร้างและการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้เอนไซม์นิวคลีเอสและโปรตีเอส ยังช่วยกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนไซโทไคนิน (cytokinin) และออกซิน (auxin) ที่เอนโดสเปิร์ม จากนั้นฮอร์โมนเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปยังเอ็มบริโอ เพื่อเร่งการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ได้

5.2.3 การเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ ภายหลังจากการสังเคราะห์เอนไซม์ ฮอร์โมน และการย่อยสลายสารต่าง ๆ ให้มีโมเลกุลเล็กลงและลำเลียงไปในส่วนของเอ็มบริโอแล้ว เอ็มบริโอจะมีการแบ่งตัวและขยายขนาดจนกระทั่งรากอ่อนแทงทะลุเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ในขั้นสุดท้าย ส่วนปลายยอดจะแทงพ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา และเมื่อส่วนยอดโผล่พ้นพื้นดินแล้ว ต้นกล้าจะมีการเจริญเติบโตและสร้างใบแท้ซึ่งมีสีเขียว ต้นอ่อนจะมีการสังเคราะห์แสงและเจริญเป็นต้นพืชปกติต่อไป ในขณะที่ใบเลี้ยงและเอนโดสเปิร์มจะมีขนาดเล็กและอาจหลุดร่วงไปในที่สุด

5.3 ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

5.3.1 น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการงอกและการรอดตายของต้นอ่อนภายหลังที่ต้นอ่อนโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาแล้ว เมล็ดสามารถงอกได้ในดินที่มีความชื้นของดินเท่ากับค่าความจุความชื้นสนาม (field capacity) จนถึงจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) โดยอัตราการงอกจะลดลงเมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่าจุดกึ่งกลางระหว่างค่าความจุความชื้นสนามและค่าจุดเหี่ยวถาวร โดยปกติเมล็ดควรมีความชื้นสูงถึง 30 – 60 เปอร์เซ็นต์ จึงจะงอก น้ำทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัว และช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ด ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส การสร้างเอนไซม์และฮอร์โมนต่าง ๆ ของเมล็ด น้ำเป็นตัวทำละลายของสารที่สะสมในเมล็ด และยังช่วยในการลำเลียงเคลื่อนย้ายสารตลอดจนธาตุอาหารภายในเมล็ดด้วย

5.3.2 ออกซิเจน เมล็ดที่กำลังงอกมีอัตราการหายใจสูง ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เมล็ดจะงอกได้ดีถ้ามีออกซิเจนเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า พืชบางชนิด เช่น พืชน้ำสามารถงอกได้ดีในสภาพออกซิเจนต่ำ และความชื้นสูง แต่เมล็ดที่ฝังลึกในดินมักจะไม่งอกเพราะออกซิเจนไม่เพียงพอ จะเกิดการพักตัวระยะหนึ่งจนกว่าจะพลิกขึ้นมาอยู่เหนือดินหรือใกล้ผิวดินจึงจะงอกได้

5.3.3 อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช พืชเขตร้อนมักต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำในการงอก ส่วนพืชเขตร้อนต้องการอุณหภูมิค่อนข้างสูงในการงอก หรือพืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิซึ่งต่างกันในช่วงกลางวันและกลางคืน หรือสลับระหว่างอุณหภูมิต่ำและสูงจะงอกได้ดี เช่น ถั่วเหลือง

5.3.4 แสง โดยปกติในสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหมาะสม เมล็ดจะงอกได้ทั้งในที่มืดและที่มีแสง เมล็ดพืชบางชนิดอาจต้องการแสงในการงอก ในขณะที่อีกหลายชนิดจะงอกได้ดีเฉพาะในที่มืดเท่านั้น เมล็ดพืชที่ต้องการแสงในการงอก ได้แก่ วัชพืชต่าง ๆ หญ้า ยาสูบ และพืชบิกน้า เป็นต้น

5.4 การพักตัวของเมล็ด

การพักตัว (dormancy) หมายถึง ระยะเวลาหนึ่งของวัฏจักรการดำรงชีพของพืชหรืออวัยวะของพืชหยุดการเจริญชั่วคราวเพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดจากสภาวะภายในของพืชเองหรือทั้งสองอย่างพร้อม ๆ กัน ทั้งนี้เพื่อความอยู่รอดของพืช เมล็ดพืชเมืองร้อนหรือเมล็ดพืชทะเลทราย จะมีระยะพักตัวในฤดูที่แห้งแล้งและอากาศร้อน ซึ่งเป็นผลดีต่อความอยู่รอดของพืชในสภาพที่อากาศร้อนและขาดน้ำ เมื่อถึงฤดูที่น้ำในดินมีเพียงพอและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสม เมล็ดพืชจะงอกและเจริญเติบโตต่อไปได้

5.5 ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดในดินเค็ม

ความเข้มข้นของเกลือจะไม่ส่งผลกระทบต่อการงอกมากนักหากยังมีน้ำเพียงพอ แต่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เค็มนั้นจะทำให้เกิดการยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ 2 ทาง คือการยับยั้งการดูดน้ำเนื่องจากค่าออสโมติกภายในดินมีค่าสูงขึ้นจากการที่มีเกลือละลายอยู่สูง และความเป็นพิษของธาตุที่มีอยู่ในดินมากเกินไป ซึ่งความเป็นพิษเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ $\text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{KCl} > \text{MgCl}_2 > \text{KNO}_3 > \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ โดยระดับความเป็นพิษของโซเดียม คือ ความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิโมลาร์ และระดับความเป็นพิษของคลอไรด์ คือ ความเข้มข้นมากกว่า 20 มิลลิโมลาร์ (ยงยุทธ, 2546) การงอกของเมล็ดพืชในที่แห้งแล้ง (xerohalophytic species) ถูกควบคุมด้วยปริมาณเกลือที่ละลายในดิน การงอกสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเพียงมีน้ำจากน้ำฝนมาละลายเกลือบริเวณดินที่อยู่รอบ ๆ หรือเพียงรินน้ำผ่านเมล็ดเพื่อล้างเกลือที่ติดอยู่กับเมล็ดออกไป ก็สามารถงอกได้ (Waisel, 1972)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และการทนเค็มของพืชที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมที่เค็ม โดยที่อุณหภูมิที่ผิดปกติ ระยะเวลาที่ได้รับ รวมทั้งระยะของการพัฒนาเมล็ดมีผลต่อการงอกของเมล็ด ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ความทนเกลือของเมล็ดพืชต่ำลง (Waisel, 1972)

ดินเค็ม

1. คำจำกัดความของดินเค็ม

ดินเค็ม (saline soil) หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือละลายอยู่ในสารละลายดินมากเกินไปจนมีผลกระทบต่อกรเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช ทั้งนี้เนื่องจากทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ และมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชมากเกินไป นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชด้วย (สมศรี, 2539) พื้นที่ซึ่งพบดินเค็มกระจายอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก แสดงในตารางที่ 2

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 17.8 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 17 ของพื้นที่ทั้งภาค นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ที่มีศักยภาพที่จะกลายเป็นดินเค็มอีก 19.4 ล้านไร่ (สมศรี, 2539) ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้ คือ พื้นที่เป็นที่ว่างเปล่าไม่มีพืชอื่นขึ้นได้ ยกเว้นวัชพืชน้ำเค็มบางชนิด พื้นที่ดินเค็มจัดบางแห่งมีน้ำเค็มใต้ดินอยู่ตื้นประมาณ 1 – 2 เมตรจากผิวดิน ลักษณะอีกประการหนึ่ง คือ พื้นที่เดียวกันมีความเค็มไม่สม่ำเสมอ และความเค็มจะแตกต่างกันระหว่างชั้นความลึกของดิน ความเค็มของดินมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือจะถูกชะล้างไปสะสมที่ชั้นล่างของดิน ฤดูแล้งเกลือจะระเหยขึ้นมากับน้ำสะสมอยู่ที่ดินชั้นบน เพราะลักษณะนี้ดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย การขึ้นลงของเกลือตามชั้นดินจึงเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 2 พื้นที่ดินเค็มในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก

ภูมิภาค	พื้นที่ทั้งหมด (ล้านเฮกตาร์)	ดินเค็ม		ดินโซดิก	
		ล้านเฮกตาร์	%	ล้านเฮกตาร์	%
แอฟริกา	1,899	39	2.0	34	1.8
เอเชียและออสเตรเลีย	3,107	195	6.3	249	8.0
ยุโรป	2,011	7	0.3	73	3.6
ลาตินอเมริกา	2,039	61	3.0	51	2.5
ตะวันออกกลาง	1,802	92	5.1	14	0.8
อเมริกาเหนือ	1,924	5	0.2	15	0.8
รวม	12,781	397	31.1	434	34

ที่มา : Ghassemi *et al.* (1995)

2. การจำแนกดินเค็ม

การจำแนกดินเค็มใช้ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าโซเดียมที่ดูดซับ (sodium absorption ratio) (สมศรี, 2544)

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity: EC) หมายถึง การวัดค่าความเค็มซึ่งเป็นผลมาจากประจุต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในดินที่อิ่มตัว ทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยคำนวณออกมาในหน่วย decisiemens per meter (dS/m) หรือ millimhos per centimeter (mmhos/cm) หรือ micromhos per centimeter (μ mhos/cm)

ค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percent: ESP) นั้น ต้องมีการวิเคราะห์หาค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยากซับซ้อน โดยใช้สูตร

$$ESP = \frac{Na}{CEC} \times 100$$

จากสูตรดังกล่าว ค่า CEC (cation exchangeable capacity) หมายถึง ประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ซึ่งจะแสดงถึงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่เป็นประจุบวก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ที่เกาะอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว เนื่องจากการหาค่า ESP เป็นวิธีการที่ยุ่งยาก จึงใช้การหาค่าโซเดียมที่ดูดซับ (sodium absorption ratio: SAR) ซึ่งค่า SAR มีความสัมพันธ์กับค่า ESP

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Sodium absorption ratio (SAR) เป็นค่าความเป็นอันตรายของโซเดียมโดยเป็นสัดส่วนของค่าโซเดียม ต่อ ค่าแคลเซียมบวกกับแมกนีเซียม โดยใช้หน่วย milliequivalents per liter (meq/L) ซึ่งได้มาจากการสกัดดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ถ้าต้องการเปลี่ยนค่า ppm (part per million) หรือ mg/L (milligram) ให้เป็น meq/L นั้นทำได้โดย หากเป็นโซเดียมหารด้วย 23 หากเป็นแคลเซียมหารด้วย 20 และหากเป็นแมกนีเซียมหารด้วย 12.2 (Hassett and Banwart, 1992)

ดินเค็มหรือดินที่มีอิทธิพลของเกลือเข้ามาเกี่ยวข้อง (salt affected soil) ส่วนใหญ่เกิดจาก โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ดินเค็มจากเกลือชนิดนี้ จำแนกออกได้ 3 ประเภทดังนี้ (สมศรี, 2544)

2.1 ดินเค็ม

ดินเค็ม (saline soil) หมายถึง ดินที่มีเกลือละลายน้ำได้ (soluble salt) มากพอที่จะลด ผลผลิตพืชลง ได้อย่างเด่นชัด ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำ (5:1 water:soil, saturation extract) วัดที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่า 4 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) มี เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) น้อยกว่า 15 หรือ SAR น้อยกว่า 13 และ ค่า pH น้อยกว่า 8.5 เกลือที่พบบ่อยมักเป็นเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

2.2 ดินโซดิก หรือดินด่าง

ดินโซดิก หรือดินด่าง (sodic soil) หมายถึง ดินที่มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium) มากพอที่จะเป็นอันตรายต่อพืชได้ เป็นดินที่มีอัตราส่วนของโซเดียมที่ดูดซับ (SAR) ที่วัดจากสารละลายของดินซึ่งสกัดดินจากดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าเท่ากับ 13 หรือสูงกว่า ดินชนิดนี้จะมีค่าความเป็นกรด – ด่าง สูง มีค่าเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่า 15 ค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 4 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ค่า pH อยู่ระหว่าง 8.5 – 10 มักพบใน เขตกึ่งแห้งแล้งและเขตแห้งแล้ง เกลือที่พบบ่อยมักเป็นเกลือคาร์บอเนตของโซเดียม ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน ทำให้ดินเปลี่ยนสภาพไปไม่เหมาะกับการเคลื่อนที่ของน้ำและการไหลพรวน นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายของเกลือจะเพิ่มการละลายของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น ในดินด่างจัดจะเกิดการฟุ้งกระจายและการละลายของอินทรีย์วัตถุออกมาที่ผิวดิน โดยการระเหยทำให้เกิดเป็นดินสีดำนขึ้น บางส่วนของอนุภาคดินเหนียวที่อิ่มตัวด้วยโซเดียมจะฟุ้งกระจายอย่างรุนแรงและอาจเคลื่อนที่ไปสะสมในดินล่าง ส่งผลให้ดินบนมีเนื้อหยาบร่วน แต่คุณสมบัติในการที่จะยอมให้น้ำผ่านของดินล่างลดลง อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินเดิม

อย่างไรก็ตามดินโซดิก ไม่จำเป็นต้องมี pH สูงเสมอไป เช่น ในอเมริกาตะวันตกมีค่า pH ต่ำกว่า 6 เนื่องจากมี exchangeable hydrogen แต่คุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินก็ยังคง ควบคุมโดยโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้และก็ยังจัดว่าเป็นดินโซดิก นอกจากนี้ยังเกิดความไม่สมดุลของธาตุ โดยเฉพาะเกิดความเป็นพิษของโบรอน และ โมลิบดีนัม หรือการขาดธาตุสังกะสี

2.3 ดินเค็มโซดิก

ดินเค็ม โซดิก (saline – sodic soil) หมายถึง ดินที่มีทั้งเกลือที่ละลายน้ำได้ง่ายและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่มากจนเป็นอันตรายต่อพืช มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 4 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่า 15 หรือ SAR มากกว่า 13 โดยการจำแนกดินเค็มสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำแนกดินเค็ม

ประเภทของลักษณะดินเค็ม	ค่าการนำไฟฟ้า	ค่าความเป็นกรด – ด่าง	Sodium absorption ratio (SAR) (meq/L)
Saline	> 4.0	< 8.5	< 13
Sodic	< 4.0	> 8.5	> 13
Saline-sodic	> 4.0	< 8.5	> 13

ที่มา: สมศรี (2544)

ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณเกลือและอิทธิพลของเกลือในดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชพอสังเขป ดังได้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณเกลือและอิทธิพลของเกลือในดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	ระดับความเค็ม	อิทธิพลต่อพืช
2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช
2 – 4	เค็มเล็กน้อย	มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม
4 – 8	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
8 – 16	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี
16	เค็มจัด	พืชทนเค็มน้อยชนิดหรือพืชชอบเกลือเจริญเติบโตได้ดี

ที่มา: สมศรี (2544)

3. ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดินเค็มพบได้ทั่วโลก โดยเฉพาะบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้ง (arid or semi-arid climate) ได้แก่ สหภาพโซเวียต สาธารณรัฐประชาชนจีน อิรัก อินเดีย บังกลาเทศ สเปน สหรัฐอเมริกา อียิปต์ ออสเตรเลีย ส่วนที่พบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีพื้นที่รวมกันประมาณ 19.9 ล้านเฮกตาร์ อยู่ในประเทศไทย อินโดนีเซีย เวียดนาม สาธารณรัฐประชาธิปไตยกัมพูชา

จากการสำรวจพื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ของกรมพัฒนาที่ดินสรุปว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ดินเค็มทั้งสิ้น 21.7 ล้านไร่ หรือร้อยละ 6.77 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2532)

พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยทั้งภาคมีพื้นที่รวมประมาณ 107 ล้านไร่ ในจำนวนนี้ร้อยละ 17 ของพื้นที่เป็นดินเค็ม แพร่กระจายใน 18 จังหวัด 94 อำเภอ 1,231 ตำบล 13,735 หมู่บ้าน (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2544) คิดเป็นพื้นที่ 17.8 ล้านไร่ โดยที่ 16.3 ล้านไร่ เป็นดินเค็มน้อยและปานกลางที่นำมาปรับปรุงและปลูกพืชทนเค็มได้ และ 1.5 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ที่ดินเค็มจัดมีคราบเกลือและปล่อยทิ้งร้างว่างเปล่าไม่สามารถทำการเกษตรได้ และยังมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็มอีก 19.4 ล้านไร่ (สมศรี, 2539)

ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้ คือ จะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดิน และเห็นได้ชัดเจนในฤดูแล้ง ดินมีความเค็มไม่สม่ำเสมอแม้จะอยู่ในพื้นที่เดียวกัน นอกจากนี้ความเค็มจะสะสมในดินชั้นต่าง ๆ ไม่เท่ากัน แตกต่างกันไปตามฤดูกาล โดยฤดูฝนจะถูกชะล้างไปสะสมที่ชั้นล่างของดิน ฤดูแล้งเกลือจะระเหยขึ้นมาสะสมอยู่ชั้นดินบนสลับกันไป และดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายทำให้การขี้นลงของเกลือเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีการซาบซึมน้ำที่ดี ทำให้ทิศทางการไหลของน้ำเปลี่ยนไปเกิดการสะสมของเกลือได้เร็ว ทำให้ความเค็มไม่สม่ำเสมอ

4. สาเหตุของการเกิดดินเค็มในประเทศไทย

สาเหตุของการเกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้น แบ่งออกได้เป็น 2 สาเหตุ คือ สาเหตุจากธรรมชาติ และสาเหตุจากกิจกรรมมนุษย์ (สมศรี, 2544)

4.1 สาเหตุจากธรรมชาติ

สาเหตุนี้เกิดจากกระบวนการสลายตัว (weathering processes) ของหินหรือแร่ที่อมเกลือทั้งทางด้านเคมีและกายภาพ ทำให้เกิดการปลดปล่อยเกลือออกมา เกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่ หรือเคลื่อนตัวไปกับน้ำแล้วซึมลงสู่ชั้นล่าง หรือซึมกลับขึ้นมาบนผิวดินจากการระเหยของน้ำเมื่อได้รับแสงแดด หรือถูกพืชนำไปใช้ เมื่อเกิดฝนตกลงบนดินที่มีเกลือสะสมอยู่ จะเกิดการละลายของเกลือ และทำให้ปริมาณน้ำใต้ดินที่มีความเค็มขึ้นมาอยู่ที่ระดับดินใกล้ผิวดิน เมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นมาที่ผิวดินจะนำเกลือขึ้นมาด้วย หลังจากนั้นน้ำระเหยแห้งไปแล้วก็จะมีการเกลือเหลือสะสมอยู่ที่ผิวดิน

กรมทรัพยากรธรณี เรียกหน่วยหินที่มีชั้นเกลือหินแทรกสลับว่า “หมวดหินมหาสารคาม (Maha Sarakham Formation)” ซึ่งลำดับชั้นดั้งเดิมประกอบด้วย ชั้นเกลือหิน (rock salt) สามชั้นแทรกสลับกับหินตะกอนสีน้ำตาลแดง มีความหนารวมกันประมาณ 300 – 400 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2546)

4.2 สาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์

มีกิจกรรมของมนุษย์หลายกิจกรรม ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ

4.2.1 การตัดไม้ทำลายป่า

การตัดไม้ทำลายป่าทำให้สภาพการรับน้ำของพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดปัญหาตามมาอย่างมากมาจากสภาพทางอุทกธรณีของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนพื้นที่ป่าซึ่งมีต้นไม้ระบบรากลึกและใช้น้ำมากตลอดทั้งปี มาเป็นการปลูกพืชอายุสั้นมีระบบรากตื้นและใช้น้ำน้อย ทำให้มีน้ำบางส่วนที่เหลือจากการใช้ จึงเกิดการคายระเหย (evapotranspiration) และน้ำดังกล่าวยังมีมากกว่าความสามารถของดินที่จะดูดซับไว้ได้ (field capacity) ดังนั้นน้ำส่วนนี้จึงเคลื่อนที่ลึกลงไปในดินที่มีเกลือละลายอยู่ (percolation) ไปเพิ่มเติมระดับน้ำใต้ดินที่เค็ม ก่อให้เกิดการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาอยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดปัญหาดินเค็ม (ปราโมทย์, 2544)

4.2.2 การทำการชลประทานที่ขาดการวางแผน

การชลประทานที่ขาดการวางแผนป้องกันเรื่องผลกระทบของดินเค็ม มักก่อให้เกิดปัญหาในพื้นที่ซึ่งใช้ประโยชน์จากระบบชลประทานนั้น เนื่องจากหากทำการชลประทาน โดยการใช้น้ำบาดาลที่อยู่ใต้ดิน ก็เท่ากับเป็นการเร่งการขึ้นมาของเกลือ และเมื่อนำน้ำที่เค็มนั้นมาใช้ในการเกษตรก็จะเป็นการกระจายความเค็มให้มากขึ้น แต่ถ้ามีการคำนึงถึงสภาพพื้นที่และศึกษาเรื่องปัญหาดินเค็ม ร่วมกับการใช้ระบบชลประทานก็จะเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาดินเค็ม ได้วิธีหนึ่ง

4.2.3 การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็มหรือที่มีน้ำใต้ดินเค็ม

การสร้างอ่างเก็บน้ำแบบนี้จะก่อให้เกิดการยกระดับของน้ำใต้ดินขึ้นมา ทำให้พื้นที่โดยรอบและบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มได้ เนื่องจากการสร้างอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อน นั้นจะมีการขังน้ำไว้ และน้ำที่ขังนั้นก็จะมีเกลือขึ้นมาสะสมในน้ำ ทำให้น้ำในอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนนั้นมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งน้ำหนักของน้ำที่มหาศาลจะดันให้เกิดแรงแคปิลารี (capillary) ดันเกลือขึ้นมาสะสมเป็นจุดบริเวณหน้าเขื่อน เป็นการขยายพื้นที่ดินเค็มให้เพิ่มมากขึ้น

4.2.4 การทำนาเกลือ

การทำนาเกลือ ทั้งวิธีการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตากหรือวิธีการขุดคราบเกลือจากผิวดินมาต้ม จะทำให้เกลือที่อยู่ในน้ำที่มีปริมาณมากพอที่จะทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็มหรือแหล่งน้ำเค็มได้ ซึ่งวิธีทำนาเกลือจะทำโดยการอัดน้ำลงไปให้ถึงชั้นหินเกลือจากนั้นจึงสูบน้ำเค็มนั้นขึ้นมาตากที่ผิวดิน ทำให้เกลือแพร่กระจายออกไปยังพื้นที่ข้างเคียง

5. การจำแนกพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ความเค็มของดินเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของน้ำ ในพื้นที่เดียวกันดินจะมีความเค็มไม่เท่ากันตลอดปีขึ้นอยู่กับฤดูกาล แม้ในฤดูเดียวกันดินในพื้นที่เดียวกันยังมีความไม่สม่ำเสมอขึ้นกับเนื้อดินที่แตกต่างกัน จึงเป็นการยุ่งยากที่จะใช้วิธีวัดความเค็มในภาคสนาม แต่เพื่อความสะดวกและรวดเร็วจึงมีการแบ่งประเภทของความเค็มของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 5 ประเภท คือ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

5.1 พื้นที่ลุ่มที่มีเกลือมาก (Heavily salt-affected lowland)

พื้นที่ประเภทนี้มีเกลือสะสมอยู่ในปริมาณมาก พบคราบเกลืออยู่ทั่วไปบนผิวดิน และในระดับต่าง ๆ ของดิน พื้นที่ส่วนใหญ่ว่างเปล่าเนื่องจากมีเกลือมาก มีพื้นที่ที่ปลูกข้าวได้เป็นหย่อมเล็ก ๆ พรรณพืชธรรมชาติที่ขึ้นได้มักเป็นไม้พุ่มมีหนาม เช่น หนามแดง หนามพรม หนามปี พื้นที่ประเภทนี้มีประมาณ 1.5 ล้านไร่

5.2 พื้นที่ลุ่มที่มีเกลือปานกลาง (Moderately salt-affected lowland)

พื้นที่ประเภทนี้พบใน alluvial valley มีคราบเกลือตามผิวดินเป็นหย่อม ยกเว้นส่วนที่ลึกจากผิวดินลงไป 1 เมตร พื้นที่ส่วนมากปลูกข้าวได้ พรรณพืชธรรมชาติมีไม้พวก Dipterocarps ขึ้นอยู่ พื้นที่ประเภทนี้มีประมาณ 3.7 ล้านไร่

5.3 พื้นที่ลุ่มที่มีเกลือน้อย (Slightly salt-affected land)

พื้นที่ประเภทนี้ไม่พบคราบเกลือตามผิวดินและในชั้นของดิน แต่พบว่าน้ำในแหล่งน้ำ เช่น สระ และบ่อน้ำตื้น ๆ มักจะเค็ม พื้นที่มักเป็นแบบ recent alluvial valley ของลุ่มน้ำมูล พื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกข้าวได้ และมีพรรณพืชธรรมชาติหลายชนิดขึ้นอยู่ประปราย พื้นที่ประเภทนี้มีประมาณ 12.6 ล้านไร่

5.4 ที่ราบสูงซึ่งประกอบด้วยหินมีเกลือ (Elevated ground composed of saline rocks)

พื้นที่ประเภทนี้พบในที่ดอนใน middle terrace ไม่พบคราบเกลือตามผิวดิน แต่ได้ดินเป็นหินชุด Mesozoic ที่มีเกลืออยู่ เมื่อหิน shale และ sandstone ที่มีเกลืออยู่ด้วยสลายตัวก็จะถูกน้ำชะและพัดพาไป ทำให้เกิดดินเค็มในพื้นที่ที่ต่ำกว่า พื้นที่ประเภทนี้มีประมาณ 19.4 ล้านไร่

5.5 พื้นที่ไม่มีเกลือ (Non-saline area)

พื้นที่ประเภทนี้อยู่ใน high terrace ไม่มีปัญหาจากเกลือใต้ดิน มีพื้นที่ประมาณ 67.4 ล้านไร่

การปรับตัวของพรรณพืชธรรมชาติในดินเค็ม

1. ผลของความเค็มต่อพืช

ความเค็มที่มากเกินไป สามารถส่งผลต่อพืชได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม พืชทนเค็มบางชนิดสามารถเจริญเติบโตในสภาพดินที่มีเกลือสะสมถึง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ส่วนใหญ่พืชจะสามารถเจริญได้ในสภาพที่มีเกลือสะสม 2 – 6 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (การประมาณค่าความเค็ม $0.05\% \text{ NaCl} \approx 1 \text{ dS/m} \approx 11 \text{ มิลลิโมลาร์} \approx 640 \text{ ppm}$) สำหรับความเค็มที่มีผลต่อความอยู่รอดของพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่น พืชที่ทนความเค็มได้ต่ำ ได้แก่ พืชจำพวกถั่ว พืชที่ทนความเค็มได้ปานกลาง ได้แก่ ธัญพืช เช่น ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ และพืชที่ทนความเค็มได้สูง ได้แก่ sudan grass, alfafa, ดอกทานตะวัน และอ้อย เป็นต้น (Levitt, 1972) ผลของความเค็มสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1.1 ผลทางตรง

เมื่อพืชขึ้นอยู่ในดินเค็ม เกลือที่มีอยู่ในดินจะก่อผลทางตรงแก่พืช ดังนี้

1.1.1 เยื่อหุ้มถูกทำลาย (membrane damage)

ดินที่มีโซเดียมปริมาณมาก โซเดียมนั้นจะเข้าไปแทนที่แคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเยื่อหุ้ม ทำให้ความสามารถของเยื่อหุ้มในการเลือกสารผ่านเข้าออกเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายสารถูกรบกวน เยื่อหุ้มประกอบด้วยชั้นไขมันสองชั้น (lipid bilayer) มีโปรตีนเกาะอยู่กับไขมัน และมีคาร์โบไฮเดรตเกาะอยู่ที่โปรตีน การที่มีเกลืออยู่มากเกินไปจะมีผลต่อองค์ประกอบและโครงสร้างของเยื่อหุ้ม ทำให้ไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักเสียหายและมีสัดส่วนที่ลดลง ซึ่งการที่ไขมันเสียสภาพ (lipid peroxidation) จะก่อให้เกิดการรั่วไหลของสารออกมาภายนอกเซลล์ (plasma membrane leakage) นอกจากนี้ยังมีผู้พบว่าพืชจะมีเวสซิเคิล (vesicle) ใน plasmalemma เพิ่มมากขึ้น รวมไปถึงมีเอนโดพลาสมิก เรติคิวลัมมากขึ้นด้วย (Orcutt and Nilsen, 2000)

1.1.2 รบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolic disturbance)

หากกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชถูกรบกวน (metabolic disturbance) การเจริญเติบโตของพืชจะถูกยับยั้ง การรบกวนนี้จะเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ ที่เรียกว่า plastic strain ความเค็มจะทำให้กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ลดลง เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และ กระบวนการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก แต่สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์นั้นบางตัวลดลง ในขณะที่บางตัวเพิ่มขึ้น (Levitt, 1972)

จากการศึกษาของ Cha-um *et al.* (2004) ที่ศึกษาผลการตอบสนองของ สะเดาต่อความเค็ม พบว่าสะเดามีการสังเคราะห์แสงลดลง เนื่องจากคลอโรฟิลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้ปริมาณและกิจกรรมของเอนไซม์ Rubisco ยังลดลงอีกด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการตรึง คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสังเคราะห์แสงลดลง เหล่านี้เป็นการตอบสนองทางสรีรวิทยาซึ่งส่งผลให้ การสังเคราะห์น้ำตาลและแป้งลดลง ทำให้มวลชีวภาพลดลงตามไปด้วย

Munns *et al.* (1982) ศึกษาในพืช *Hordeum vulgare* พบว่า ความเค็มยับยั้ง การขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งตัวของเซลล์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางส่วนยอดลดลง Waisel (1972) ศึกษาในพืช *Avicennia marina*, *Rhizophora mangle* และ *Eucalyptus occidentalis* พบว่าความเค็มทำให้การขยายตัวของใบลดลง

ความเค็มมีผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนขึ้นมาทดแทนลดลง ในขณะที่ การสลายโปรตีนที่เก็บไว้เพิ่มขึ้น ทำให้มีกรดอะมิโนสะสมมากขึ้น ถ้าสะสมกรดอะมิโนไว้ใน ปริมาณมากก็จะเกิดความเป็นพิษ นอกจากนี้ยังมีการสะสม cyclic amino acid ได้แก่ tyrosine และ proline เพิ่มขึ้นภายใต้ความเค็ม พืชบางชนิดจะมีการสะสม putrescine ที่ถูกนำหมู่อะมิโนออก (deamination) โดยเอนไซม์ diamine oxidase จะได้แอมโมเนียอิสระ และจากแอมโมเนียอิสระนี้เอง จะเป็นตัวสร้าง proline และ end product ต่าง ๆ ที่เป็นพิษ การขาดธาตุโปแตสเซียมจะทำให้มีการ สะสม putrescine เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งการขาดธาตุโปแตสเซียมนี้ มีสาเหตุมาจากการแก่งแย่งกับ โซเดียมนั่นเอง นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase มีเพิ่มมากขึ้นภายใต้สภาพความเค็ม ซึ่ง เป็นการตอบสนองต่อความเป็นพิษเนื่องจากการสะสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) (Hopkins and Norman, 2004)

ความเค็มมีผลต่อกระบวนการหายใจ พืชบางชนิดมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่พืชบางชนิดกลับลดลง Waisel (1972) ได้ศึกษาอัตราการหายใจของกล้าไม้พืชทนเค็ม ได้แก่ *Salicornia europaea*, *Aster tripolium* และ *Plantago maritime* และกล้าไม้ที่เป็นพืชไม่ทนเค็ม ได้แก่พืชสกุล *Plantago* และ *Aster* ชนิดอื่น พบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นพืชทนเค็มมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ส่วนพืชที่ไม่ทนเค็มจะมีอัตราการหายใจลดลง โดยที่ความเค็ม 600 mM พืชทนเค็มยังมีอัตราการหายใจที่อยู่ในระดับสูงอยู่ แต่พืชส่วนใหญ่กลับมีอัตราการหายใจที่ลดลง

1.2 ผลทางอ้อม

1.2.1 เพิ่มค่าออสโมติกในดิน

ค่าออสโมติก (osmotic potential: Ψ_{π}) หมายถึง ค่าความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารละลาย ค่านี้สัมพันธ์กับค่าพลังงานศักย์ของน้ำ (water potential : Ψ_w) จากสมการ

$$\Psi_w = \Psi_{\pi} + \Psi_p$$

โดยค่า Ψ_p คือ ค่าที่เกิดจากแรงดัน (pressure)

เมื่อค่าออสโมติกต่ำก็จะส่งผลให้ค่าพลังงานศักย์ของน้ำต่ำลงไปด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจะเคลื่อนที่จากด้านที่มีพลังงานศักย์ของน้ำสูงไปที่ต่ำกว่าเสมอ ดังนั้นในดินที่มีเกลือสะสมอยู่มากจะทำให้ค่าออสโมติกมีค่าติดลบมากขึ้น นั่นคือค่าออสโมติกยิ่งต่ำ (ค่าออสโมติกมีค่าสูงสุดที่เท่ากับศูนย์ เป็นสภาพของสารละลายบริสุทธิ์ไม่มีตัวถูกละลายเจือปน) ส่งผลให้ค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดินต่ำลง น้ำจึงไหลออกจากรากพืชที่มีค่าพลังงานศักย์ของน้ำสูงกว่า

Cha-um *et al.* (2004) ศึกษาค่าพลังงานศักย์ของน้ำในใบ (leaf water potential) และค่าออสโมติกในใบ (leaf solution potential) ของกล้าไม้สะเดา พบว่าค่าทั้งสองลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความดันในใบเป็นไปในทางตรงกันข้าม คือจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น ค่าพลังงานศักย์ของน้ำและค่าออสโมติกที่ลดลงนั้นเนื่องมาจากมีเกลือ โซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นตัวถูกละลายอยู่ในสารละลายในเซลล์พืช (cell sap) มาก ทำให้ค่า osmotic potential ลดต่ำลง ส่งผลต่อค่า water potential ให้ลดลงตามไปด้วย

ในสภาพที่พลังงานศักย์ของน้ำในดินมีค่าต่ำกว่าภายในเซลล์พืช พืชจะแสดงอาการขาดน้ำแม้ว่าจะมีน้ำอยู่ในดินก็ตาม เรียกว่า physiological drought (Sebanek, 1992) เนื่องจากดินจะดึงน้ำออกจากเซลล์พืช เรียกกระบวนการที่น้ำไหลออกจากเซลล์พืชไปสู่ดินนี้ว่าพลาสโมไลซิส (plasmolysis) (Orcutt and Nilsen, 2000) การขาดน้ำทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง และอัตราการคายน้ำลดลง ค่าออสโมติกมีความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณระหว่างค่าออสโมติกภายในเซลล์ของพืช (sap) กับสารละลายของรากพืช (root medium) โดยธรรมชาติแล้วพืชจะดูดเกลือจากภายนอกเซลล์เข้าสู่เซลล์เป็นจำนวนมากจนความเข้มข้นของเกลือภายในเซลล์สูงกว่าภายนอก แต่จากการตรวจสอบพบว่าความเข้มข้นของเกลือภายในเซลล์นั้นต่ำกว่าภายนอก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากพืชสะสมตัวถูกละลายอินทรีย์ (organic solute) ภายในเซลล์ เพื่อป้องกันไม่ให้ความเข้มข้นภายในเซลล์สูงจนเป็นอันตรายต่อพืช ในพืชพวกที่ไม่ทนต่อความเค็ม (salt-sensitive plants) ค่าออสโมติกจะเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดการเจริญเติบโต เนื่องจากพืชพวกนี้ไม่สามารถปรับค่าออสโมติกให้เพิ่มขึ้นได้ (Levitt, 1972)

1.2.2 ธาตุอาหารเป็นพิษ

ดินเค็มที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์อยู่มาก จะทำให้พืชขาดธาตุอาหารเนื่องจากการแก่งแย่ง (competition) ของประจุระหว่างโซเดียมและธาตุอื่น ๆ เช่นแคลเซียม และแมกนีเซียม โดยเฉพาะธาตุโปแตสเซียม (K) ด้วยเหตุนี้เองทำให้พืชที่อยู่ในดินเค็มมีการเจริญเติบโตลดลง เพราะพืชไม่สามารถดูดเอาธาตุอาหารที่จำเป็นเข้าไปได้เพียงพอ (Levitt, 1972) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่จำเป็นจากรากไปสู่ยอดอีกด้วย (Termaat and Munns, 1986) ขนิษฐศรี (2537) พบว่า โซเดียมคลอไรด์ลดการสะสมไนเตรต (NO_3) และแอมโมเนียม (NH_4) ที่เป็นแหล่งให้ไนโตรเจน ทำให้การสะสมไนโตรเจนถูกยับยั้ง และก่อให้เกิดความเป็นพิษของธาตุโซเดียมและคลอไรด์ที่มีอยู่มากอีกด้วย

1.2.3 เกิด Oxidative Stress

ความเค็มจะเป็นตัวชักนำให้เกิด reactive oxygen species (ROS) หรือ active oxygen species (AOS) ซึ่งเป็นออกซิเจนที่ไม่อยู่ในสภาพปกติ (non-ground state: O_2) ได้แก่ superoxide radical ($\text{O}_2^{\cdot-}$), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl radical (HO^{\cdot}) และ singlet oxygen ($^1\text{O}_2$) โดย ROS เหล่านี้จะสร้างความเสียหายให้กับเซลล์เนื่องจากมีความเป็นพิษ ในดินที่มีความเค็ม

มากขึ้นจะมีการผลิต ROS เพิ่มขึ้น อันตรายที่เกิดจาก ROS นั้นเรียกว่า oxidative stress ซึ่งโซเดียมคลอไรด์เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิด oxidative stress ในเซลล์ของพืช โดยจะไปยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (electron transport) และก่อให้เกิด ROS ในส่วนของคลอโรพลาสต์และไมโทคอนเดรีย (Trever and Rerl, 2002)

1.2.4 เป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ด

ดินเค็มเป็นดินที่มีปริมาณโซเดียมมาก ดังนั้นโซเดียมจะเข้าไปแทนที่แมกนีเซียม และแคลเซียมไอออนในบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนประจุ ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเลวลง เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวอยู่ในสภาพที่ฟุ้งกระจายไปอุดตันอยู่ตามช่องว่างของดิน เป็นผลให้การซบซึมน้ำลดลง เมื่อดินแห้งจะแน่นทึบ และอาจเกิดแผ่นแข็งปิดผิวดิน (soil crust) ซึ่งคุณสมบัติของดินเช่นนี้เป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ดพืช โดยจะทำให้เมล็ดงอกช้ากว่าปกติ และเปอร์เซ็นต์การงอกลดลง (สมศรี, 2539)

2. การปรับตัวของพรรณพืชธรรมชาติในดินเค็ม

พืชที่ขึ้นอยู่ในดินเค็มจะได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นพรรณพืชธรรมชาติที่ขึ้นอยู่ในดินเค็มจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อให้มีความต้านทานต่อความเค็ม (salt resistance) หากพิจารณาโดยอาศัยกลยุทธ์ของการปรับตัว อาจแบ่งการปรับตัวออกได้เป็น 2 ประเภท คือ (จินดา, 2524)

2.1 การปรับตัวด้วยการหลีกเลี่ยงความเค็ม (Salt avoidance)

พืชปรับตัวให้ขึ้นในดินเค็มได้ โดยใช้กลยุทธ์การหลีกเลี่ยงความเค็ม กล่าวคือ สร้างสภาพแวดล้อมภายในเซลล์ของพืชให้เหมาะสม ไม่ให้อยู่ในสภาวะกดดัน แม้ว่าสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นจะมีความเค็มมาก นอกจากนี้ ยังอาจมีการปรับช่วงเวลาการออกดอกให้ช้า หรือเร็วกว่าปกติ เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงที่ดินมีความเค็มจัด หรือให้มีการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อดินมีความเค็มลดลง

2.2 การปรับตัวด้วยการทนต่อความเค็ม (Salt tolerance)

พืชปรับตัวให้ขึ้นในดินเค็มได้โดยใช้กลยุทธ์ต้องอยู่ให้ได้ แม้ว่าสภาพแวดล้อมภายในเซลล์จะเหมือนกับสภาพแวดล้อมภายนอกก็ตาม ความสามารถเช่นนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและพันธุ์พืช

หากพิจารณาโดยอาศัยระดับของการปรับตัว แบ่งการปรับตัวออกเป็น 2 ประเภท คือ การปรับตัวระดับสรีรวิทยา และการปรับตัวระดับสัณฐานวิทยาและกายวิภาค

2.1 การปรับตัวทางระดับสรีรวิทยา

การปรับตัวของพืชในระดับนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1.1 การขับเกลือออกนอกเซลล์

พืชที่ทนเค็มได้ มีความสามารถในการสะสมโซเดียมไว้ในแวคิวโอล (vacuole) แต่พืชที่ทนเค็มไม่ได้จะไม่มีความสามารถนี้ แต่จะใช้วิธีการขับโซเดียมออกไปนอกเซลล์ (salt exclusion) แทน ซึ่งวิธีการขับโซเดียมออกนั้นมีทั้งกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานและไม่ต้องใช้พลังงาน พลังงานในที่นี้หมายถึง พลังงานจากการสลายสารพลังงานสูง คือ ATP (adenosine triphosphate hydrolysis) การขับโซเดียมออกสู่ภายนอกเซลล์รากโดยอาศัยพลังงานจากการสลาย ATP นั้น เกิดขึ้นเนื่องจากโซเดียมภายนอกเซลล์นั้นมีความเข้มข้นสูงกว่าภายในเซลล์ของราก ดังนั้นการขับโซเดียมออกนอกเซลล์จึงมีทิศทางสวนกับความต่างศักย์เคมีไฟฟ้า (against electrochemical gradient) จำเป็นต้องอาศัยพลังงานจากการสลาย ATP ช่วยขนย้ายโซเดียมออกไปนอกเซลล์ เป็นกระบวนการที่เรียกว่า active transport สำหรับวิธีขับโซเดียมออกนอกเซลล์โดยไม่ใช้พลังงานจากการสลาย ATP นั้น จะอาศัยพลังงานจากการขับเคลื่อนของโปรตอน (proton motive force) แทน โดยขับออกในทิศทางตรงกันข้าม (antiport system) ระหว่างโปรตอนและโซเดียม โดยโปรตอนจะขับเคลื่อนเข้ามาภายในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) และโซเดียมถูกขับออกไปสู่ภายนอกเซลล์ (Hopkins, 1999) นอกจากนี้พืชยังมีกระบวนการเลือกดูดสาร (selectivity) โดยไม่ดูดโซเดียมเข้าไปแต่จะเลือกดูดธาตุอาหารที่จำเป็น เช่น โพแทสเซียม เป็นต้น

2.1.2 การกักเก็บเกลือไว้ในแวคิวโอล

พืชที่ทนเค็มได้มีความสามารถในการกักเก็บเกลือทั้งโซเดียมที่เป็นประจุบวก และคลอไรด์ที่เป็นประจุลบเอาไว้ในแวคิวโอล (salt compartmentation) เพื่อไม่ให้เกลือสะสมภายในไซโตพลาสซึมมากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อเซลล์พืช โดยมีการผ่านเข้า – ออกของประจุทางเยื่อหุ้มแวคิวโอล (tonoplast) กระบวนการขับออกจากไซโตพลาสซึมนี้ไม่ต้องใช้พลังงานจากการสลาย ATP แต่อาศัยพลังงานจากการขับเคลื่อนโปรตอนเช่นเดียวกันกับการขับเกลือออกนอกเซลล์ จะมีความแตกต่างกันตรงที่เป็นการขับโซเดียมเข้าสู่แวคิวโอลโดยอาศัยโปรตีนตัวพา และอาศัยพลังงานขับเคลื่อนของโปรตอน ส่วนคลอไรด์นั้นผ่านเข้าทางช่อง (channel) เพื่อให้ประจุภายในแวคิวโอล เกิดความสมดุลกัน (Hopkins, 1999)

2.1.3 การสะสมสารอินทรีย์ภายในเซลล์

เมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาพความเค็ม และมีการกักเก็บเกลือไว้ในแวคิวโอลแล้ว จะทำให้ความเข้มข้นของสารภายในแวคิวโอลสูงขึ้น พืชจึงจำเป็นต้องสังเคราะห์สารขึ้นมาเพื่อช่วยทำให้ความเข้มข้นภายในและภายนอกแวคิวโอลเท่ากัน สารนั้นเรียกว่า compatible solute หรือ osmolyte หรือ organic solute ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ น้ำตาลรีดิวิซ (reducing sugar) กรดอะมิโน (amino acid) เช่น โพรลีน (proline) และ โปรตีน (protein) (Hasegawa *et al.*, 2000) โดยพืชส่วนใหญ่จะสะสมสารดังกล่าวในรูปของโพรลีน เนื่องจากเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาพที่เค็มและขาดน้ำนั้น โปรตีนจะถูกทำลาย (protein breakdown) ทำให้พืชจำเป็นต้องรักษากรดอะมิโนไว้ เพื่อว่าเมื่อพืชเข้าสู่ภาวะปกติแล้วจะนำกรดอะมิโนที่เก็บไว้ไปสร้างกลับเป็นโปรตีนใหม่ได้ วิธีการสังเคราะห์โปรตีนจากกรดอะมิโนนี้เรียกว่า *de novo* โดยที่โพรลีนจะเป็นกรดอะมิโนที่มีความคงทนต่อการสลายตัวสูง จึงทำให้พืชเก็บรักษาหมู่อะมิโน (NH_2) ไว้ในรูปของโพรลีนมากกว่าที่จะเก็บไว้ในรูปอื่น แต่พืชบางชนิดก็มีการเก็บไว้ในรูปอื่นบ้างแล้วแต่ชนิดของพืช (Orcutt and Nilsen, 2000)

2.1.4 การทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความคงทนแข็งแรง

เมื่อพืชอยู่ในดินเค็มเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) เป็นส่วนแรกของพืชที่จะได้รับผลกระทบจากความเค็ม พืชที่สามารถคงกิจกรรมของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้ปกติได้โดยไม่ถูกทำลายจากเกลือที่ผ่านเข้าไป ต้องสามารถรักษาเยื่อหุ้มเซลล์ไม่ให้ถูกทำลาย

หน้าที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ คือ เป็นทางผ่านของสารต่าง ๆ ที่จะเข้าหรือออกจากเซลล์ ซึ่งเยื่อหุ้มเซลล์สามารถเลือกให้สารใดผ่านเข้าหรือออกได้ เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วย ชั้นไขมันสองชั้นแทรกด้วยโปรตีน และมีคาร์โบไฮเดรตเกาะอยู่บนโปรตีน ไขมันดังกล่าวเป็นไขมันที่มีหมู่ฟอสเฟตเกาะอยู่ด้วย (phospholipids) ซึ่งมีผลต่อ โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และต่อการผ่านของสาร เกลือจะทำ ให้โครงสร้างของฟอสโฟลิปิดเปลี่ยนแปลงไป พืชที่ไม่ทนเค็มจะมีปริมาณฟอสโฟลิปิดน้อย แต่ใน พืชทนเค็มจะมีปริมาณมาก เพื่อทำให้น้ำผ่านออกจากเซลล์ได้น้อยลง เป็นการรักษาน้ำเอาไว้ใน เซลล์ นอกจากนี้ยังมีไกลโคลิปิด (glycolipid) เพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้โปรตีนและไขมันเกาะกันแน่น ยิ่งขึ้น (Orcutt and Nilson, 2000)

2.1.5 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารควบคุมการเจริญเติบโต

สารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulation: hormone) ในพืชที่เจริญใน สภาพปกติจะมีการสังเคราะห์ฮอร์โมนในระดับที่ปกติ แต่เมื่อพืชอยู่ในดินเค็มจะมีการสังเคราะห์ ฮอร์โมนที่ผลิตไปจากปกติ โดยฮอร์โมนบางตัวอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง ฮอร์โมนที่พืชผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อ อยู่ในดินเค็มได้แก่ abscisic acid (ABA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่รบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึม ส่งเสริมการพักตัว และช่วยในการปิดปากใบ เอทิลีน (ethylene) เป็นฮอร์โมนอีกชนิดหนึ่งที่ ส่งเสริมการร่วงหล่นของใบ ดอก ผล และเร่งการสุกของผล ฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้จะถูกผลิตเพิ่ม มากขึ้นเมื่อพืชอยู่ในดินเค็ม เพื่อเร่งให้พืชเข้าสู่สภาพพักตัวให้เร็วที่สุด เพื่อรักษาชีวิตของพืชให้อยู่ รอดภายใต้สภาพดินเค็ม และรองนกว่าสภาพแวดล้อมที่ขึ้นฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้จึงจะลดการผลิต ลง มีฮอร์โมนอีกสามชนิดที่ลดลงเมื่อพืชอยู่ในดินเค็ม ได้แก่ ออกซิน (auxin) จิบเบอเรลลิน (gibberellin) และไซโตไคนิน (cytokinin) ฮอร์โมนทั้งสามชนิดนี้เป็นเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมการ เจริญเติบโต สำหรับพืชทนเค็มจะมีการสะสมสาร organic solute เพื่อยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน เพื่อที่ว่า จะได้มีการสะสมเกลือให้มากพอก่อนที่ใบจะร่วงหล่นไป (Orcutt and Nilson, 2000)

2.2 การปรับตัวระดับสัณฐานวิทยาและกายวิภาค

การปรับตัวของพืชในระดับนี้ มีดังต่อไปนี้

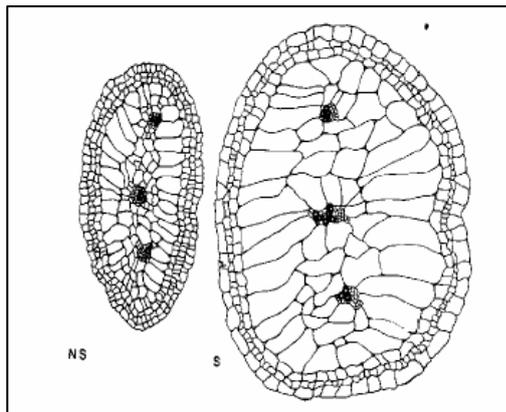
2.2.1 การหลีกเลี่ยงความเค็ม

พืชมีการปรับลักษณะของราก โดยพยายามพัฒนารากไปที่บริเวณซึ่งดินมีความเค็มน้อยกว่า โดยพยายามแทรกรากเข้าไปในดินที่เป็นแผ่นดิน เพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีความเค็มสูง การปรับการออกดอกให้ล่าช้าหรือเร็วกว่าปกติเพื่อหนีช่วงที่เค็มจัด และการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ดินมีความเค็มลดลง (สมศรี, 2539)

2.2.2 การรักษาน้ำไว้ในเซลล์

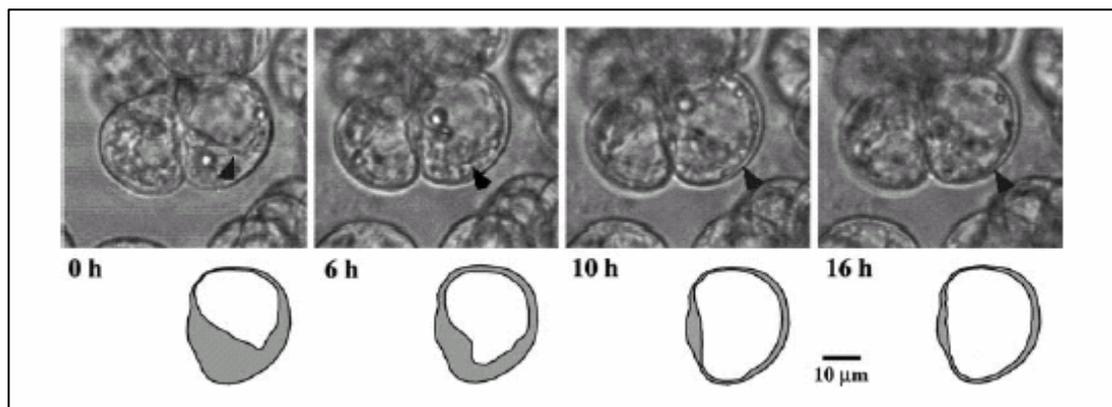
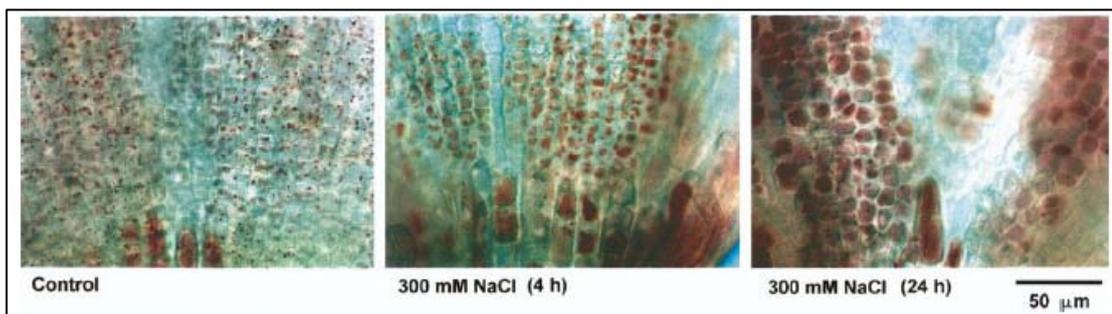
การสะสมน้ำไว้ให้มากภายในเซลล์ หรือการอวบน้ำ (succulence) หมายถึง การมีสัดส่วนของน้ำต่อน้ำหนักแห้งสูง หรือหมายถึง การที่มีสัดส่วนของแวกคิวโอลต่อไซโทพลาสซึมสูง พืชพยายามรักษาน้ำไว้ไม่ให้สูญเสียบนผิวใบ ด้วยการปิดปากใบ (Kozłowski, 1997) เพื่อสงวนน้ำไว้ในเซลล์ให้มากพอที่จะเจือจางเกลือที่สะสมอยู่ในเซลล์ (dilution) ไม่ให้เป็นพิษ จะมีการเพิ่มขนาดแวกคิวโอลเพื่อให้มีพื้นที่ในการสะสมน้ำและเกลือมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3

จากการศึกษาของ Tetsuro *et al.* (2003) พบว่าพืช *Bruguiera sexangula* ซึ่งเป็นไม้ป่าชายเลนมีจำนวนแวกคิวโอลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อสะสมน้ำ เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นภายในเวลาเพียง 16 ชั่วโมง แต่ในเนื้อเยื่อเจริญของข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare*) มีการเพิ่มขนาดของแวกคิวโอลภายใน 24 ชั่วโมงเท่า เพื่อเจือจางเกลือที่มีไม่ให้มากจนเป็นอันตรายต่อเซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ภาพตัดขวางของใบ *Suaeda monoica* แสดงขนาดของแวคิวโอลในสภาพที่ไม่มีเกลือ (ซ้าย) และในสภาพที่มีเกลือ (ขวา)

ที่มา: Waisel (1972)



ภาพที่ 4 การเพิ่มขนาดของแวคิวโอลของ *Hordeum vulgare* (บน) และ *Bruguiera sexangula* (ล่าง)
ที่มา: Tetsuro *et al.* (2003)

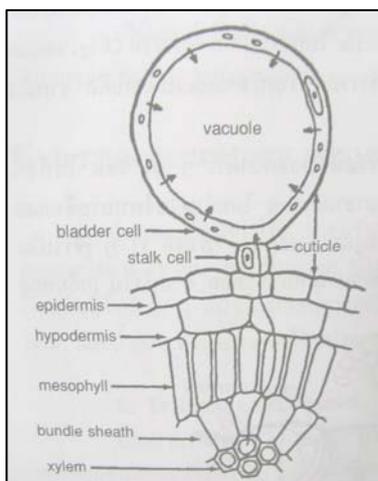
2.2.3 การมีต่อมเกลือเพื่อเก็บเกลือ

ต่อมเกลือ (salt gland, salt bladder) เป็นอวัยวะพิเศษที่พืชสร้างขึ้น เพื่อกำจัดเกลือที่สะสมอยู่มากเกินกว่าที่จะทำการขับออกนอกเซลล์ได้หมด (exclusion) ต่อมเกลือเป็นโครงสร้างที่เก็บเกลือที่ถูกขับออกมา (secretory structure) โดยทำหน้าที่เก็บเกลือที่ขับออกมาจากโพรโทพลาส (protoplast) ของพืชมาอยู่ในเซลล์ที่ไม่มีชีวิตในแวคิวโอลของเซลล์ และในช่องที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อของพืช ส่วนของพืชที่ทำหน้าที่เก็บเกลือที่ขับออกมานี้มีหลายลักษณะแตกต่างกันไป ที่มีโครงสร้างลักษณะพิเศษมากจะประกอบด้วยหลายเซลล์ที่เรียกว่าต่อม (gland) ส่วนที่มีโครงสร้างแบบธรรมดาเรียกว่า glandular ต่อมเกลือจะเป็นต่อมที่เก็บสารจำพวก hydrophilic ซึ่งส่วนมากมีไมโทคอนเดรีย และเอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม (endoplasmic reticulum) จำนวนมาก (เทียมใจ, 2546)

วิธีการขับเกลือออกมาภายนอกเซลล์มีหลายวิธี อาจเกิดที่ต่อมหรือขน (bladder or trichome) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเอพิเดอร์มิส (epidermis) หรืออาจประกอบด้วยเซลล์ที่อยู่ใต้เอพิเดอร์มิส (subepidermis) ซึ่งจะขับสารออกนอกเซลล์ โดยสารที่ถูกขับออกมาจะมาอยู่ที่ผนังเซลล์ก่อนแล้วจึงออกมาที่คิวติเคิล (cuticle) ต่อมาคิวติเคิลจะแตก สารเหล่านี้จึงออกมาสู่ภายนอก ในพืชบางชนิดจะเกิดปรากฏการณ์นี้เพียงครั้งเดียว แต่พืชบางชนิดจะมีคิวติเคิลใหม่ และสามารถขับสารออกมาภายนอกได้อีก พืช saltbush (*Atriplex* sp.) จะขับไอออนของเกลือออกจากไซเลม โดยผ่านไซโทพลาสซึมและพลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata) ออกมาที่เซลล์ที่มีลักษณะคล้ายถุงลม (stalk cell) ซึ่งติดอยู่กับเอพิเดอร์มิส เข้าไปใน central vacuole ขนาดใหญ่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นต่อมเกลือ (salt bladder) ดังแสดงในภาพที่ 5 เมื่อใบมีอายุมากขึ้นต่อมเกลือนี้จะค่อย ๆ แห้งไปเกลือที่อยู่ภายในจะเหลือติดอยู่บนผิวใบเป็นผงขาว ๆ การขับเกลือออกมามีในแวคิวโอลนี้จะใช้พลังงานจากความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเกลือในมิโซฟิลล์ (mesophyll) กับเซลล์ถุงลม

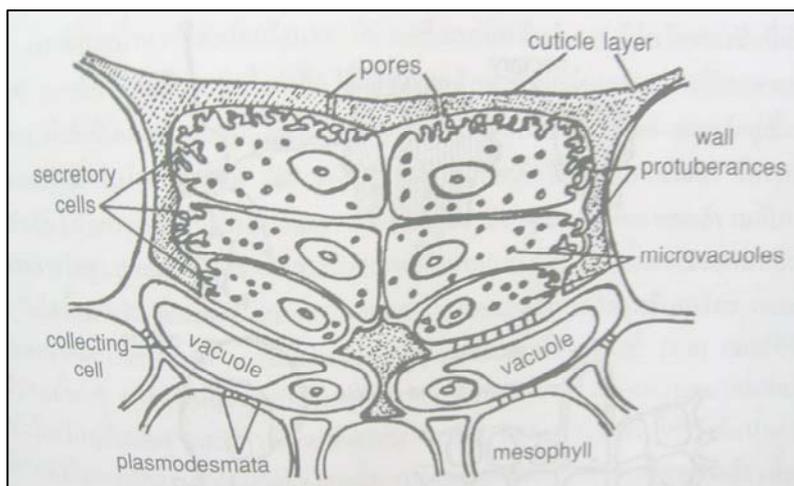
ส่วนในพืช *Tamarix aphylla* ต่อมเกลือจะประกอบด้วยเซลล์ 8 เซลล์ ซึ่ง 6 เซลล์จะทำหน้าที่ขับเกลือ (secretory cells) และอีก 2 เซลล์ทำหน้าที่เก็บเกลือไว้ (collecting cells) โดยเซลล์ที่ทำหน้าที่ขับเกลือทั้งหมดจะมีคิวติเคิลล้อมรอบ (ยกเว้นบริเวณส่วนล่างสุดของเซลล์) และต่อกับ 2 เซลล์ที่เก็บเกลือโดยตรงทางพลาสโมเดสมาตาที่อยู่ระหว่างเซลล์ที่เก็บเกลือกับมิโซฟิลล์ และเคลื่อนจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งของต่อมทางพลาสโมเดสมาตาเข้าไปสะสมอยู่ในแวคิวโอล ซึ่งต่อมาจะรวมกับพลาสโมเดสมาตาที่บุผนังเซลล์และที่เป็นส่วนยื่นของเซลล์

(protuberance) เกลือจะถูกขับออกมาอยู่ที่ผนังเซลล์ซึ่งมีเพคตินอยู่มาก และเคลื่อนสู่ด้านบนและออกสู่ภายนอกทางรู (pore) ซึ่งอยู่ที่ผิว โดยเกลือไม่สามารถกลับเข้าไปในมิโซพิลล์ได้อีก เนื่องจากมีชั้นของคิวตินปกคลุมไว้ เกลือจะขับออกมาภายนอกได้โดยตรง (ซึ่งต่างจากพืช *Atriplex* sp.) ต่อมเกลือของพืชชนิดนี้จะมีไซโทพลาสซึมหนาแน่น มีไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม และกอลจิบอดี (golgi bodies) ที่มีเวสิเคิล (vesicle) จำนวนมาก ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ต่อมเกลือของ saltbush (*Atriplex* sp.)

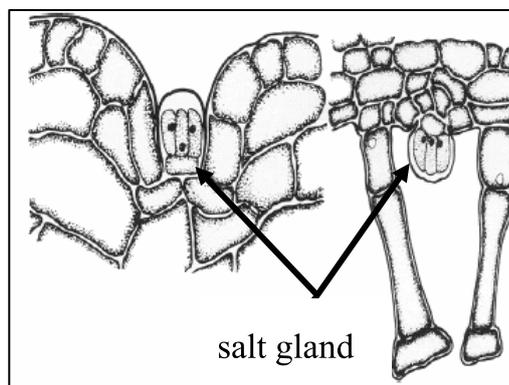
ที่มา: Esau(1977)



ภาพที่ 6 ต่อมเกลือของ *Tamarix aphylla*

ที่มา: Esau (1977)

ในแสมทะเล (*Avicennia marina*) ต่อมเกลือประกอบด้วยเซลล์ฐานที่มี
 แวกคิวโอลขนาดใหญ่ 1 – 2 เซลล์อยู่ในระดับเดียวกับเอพิเดอร์มิส เซลล์ก้าน 1 เซลล์ และเซลล์ขับ
 เกลืออยู่ด้านบนนอกเรียงอย่างน้อย 8 เซลล์ เซลล์ก้านและเซลล์ขับเกลือไม่มีแวกคิวโอล ไซโทพลาสซึม
 ชั้นที่ประกอบด้วยไรโบโซมจำนวนมาก มีนิวเคลียสใหญ่ และมีออร์แกเนลต่าง ๆ เช่น ไมโทคอน
 เดรีย ซึ่งแสดงว่าเป็นเซลล์ที่มีเมแทบอลิซึมมาก และมีพลาสมาเดสมาตาเป็นทางติดต่อกับมิโซฟิลล์
 ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ต่อมขับเกลือของแสมทะเล (*Avicennia marina*)

ที่มา: Waisel (1972)

ต่อมเกลือจะมีจำนวนมากขึ้นแตกต่างกันตามชนิดของพืช โดย Raghavendra (1991) พบว่าใน 1 ตารางเซนติเมตรของใบอาจมีต่อมเกลือมากถึง 900 ต่อม การขับเกลือออกทาง ต่อมเกลือจะใช้กระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ต และความเข้มข้นของเกลือที่ขับออกสูงกว่าใน น้ำเลี้ยงของใบ และจะหยุดการขับออกก็ต่อเมื่อมีตัวยับยั้งกระบวนการเมแทบอลิซึม ซึ่งกระบวนการ ขับออกนี้ก็เหมือนกับกระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ตอื่น ๆ ที่มีการเลือกขับออก มีผู้ศึกษา พบว่าในพืช *Aegialitis annulata* จะขับ Na/K ในอัตราส่วน 13/1 ซึ่งอัตราส่วนนี้มากกว่าในน้ำเลี้ยง ของใบและในน้ำเลี้ยงของไซเลม ที่มีอัตราส่วนเพียง 3/1 และ 8/1 ตามลำดับ สารที่ขับออกมาจะมี NaCl เป็นส่วนใหญ่ (Emanuel, 1972)

งานวิจัยเกี่ยวกับการทดลองปลูกพืชในดินเค็มของประเทศไทย

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดลองปลูกพืชในดินเค็มของประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่กระทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งใช้วิธีแก้ไขดินเค็มด้วยวิธีการทางชีวภาพ โดยการคัดเลือกพันธุ์พืชทนเค็มมาปลูก ดังนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่จึงได้จากกรมพัฒนาที่ดิน

อรุณี (2544) ได้ทำการทดลองนำพืชของไทยที่คาดว่าทนเค็มได้จากพื้นที่แถบชายทะเลและพืชจากต่างประเทศ จำนวน 13 ชนิด มาทำการเพาะในเรือนทดลองของกรมพัฒนาที่ดิน คือ ผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum* L.) เปลือกกระเทียมทราย (*Fimbristylis acuminata* Vahl) หญ้าชันอากาศ (*Panicum repens* L.) หญ้าแพรก (*Cynodon dactylon* Pers.) แพงพวยทะเล (*Jussiaea repens* L.) กก (*Fimbristylis monostachyos* Hassk.) หนวดปลาชุก (*Fimbristylis miliacea* Vahl) ผักบู่ทะเล (*Ipomea pes-carpae* Sweet) หนามพุงคอก (*Azima sarmentosa* Benth. & Hook.) Dixie (*Sporobolus virginicus*), Smyrna (*Sporobolus virginicus*), Georgia (*Spartina patens*) และ Seabrook (*Distichlis spicata*) แล้วปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับระดับความเค็มของสารละลายเป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 part per thousand (ppt) พบว่าพืชพื้นเมืองสามารถทนต่อความเค็มที่ระดับความเข้มข้น 20 ppt เท่านั้น ส่วนพืชจากต่างประเทศสามารถทนความเค็มที่ระดับสูงสุดคือ 40 ppt ได้ โดยมีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงคัดเลือกพืชที่รอดตายในระดับความเค็มที่สูงในเรือนทดลองไปทดลองปลูกในพื้นที่จริง โดยทดลองปลูกกับชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) ที่บ้านพันดุง อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา ที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย มีความเค็มในช่วงฤดูฝน 20 เดซิซีเมนต่อเมตร ค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 8 และในช่วงฤดูแล้งมีความเค็มมากกว่า 100 เดซิซีเมนต่อเมตร พบว่ามีเฉพาะ Dixie และ Smyrna เท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ตลอดปี ผู้วิจัยสรุปว่าพืชจากต่างประเทศมีความสามารถในการทนเค็มมากกว่าพืชพื้นเมืองของไทย และได้ทำการขยายพันธุ์หญ้า Dixie ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมของดินเค็มจัด

นอกจากพืชชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ยังมีการทดลองเกี่ยวกับ โสนแอฟริกัน (*Sesbania rostrata*) โดยสมศรี และ ไพรัช (2544) ทำการศึกษาโดยนำเมล็ดโสนแอฟริกันจากประเทศ Senegal แอฟริกาใต้ ในปี พ.ศ. 2526 โดยมั่นใจว่าโสนแอฟริกันมีศักยภาพสูงในการทำเป็นปุ๋ยพืชสด ปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวได้ เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดินเค็มน้อยถึงปานกลาง ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ครึ่งในโตรเจนได้ ง่ายต่อการสับกลบ และย่อยสลายปลดปล่อย

ธาตุอาหาร แต่วิธีนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมจากเกษตรกรเนื่องจากเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำ หากเมล็ดขาด เพิ่มแรงงานและต้นทุนในการผลิต มีแมลงศัตรูพืชรบกวน อีกทั้งทำให้การปักชำล่าช้ากว่าปกติ จึงทำให้วิธีการนี้ต่อมาไม่มีผู้ทำการทดลองต่อ

อรุณี (2542) ได้ทำการศึกษาการปลูกไม้ยืนต้นเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็มในอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา โดยทำการปลูกใน 5 พื้นที่ คือ พื้นที่ดินเค็มจัด พื้นที่ดินเค็มมาก พื้นที่ดินเค็มปานกลาง พื้นที่ดินเค็มน้อย พื้นที่ดินไม่เค็ม พืชที่ทดลองปลูกมี 6 ชนิด คือ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) สะเดา (*Azadirachta indica* var. *siamensis* Valetton) กระถินออสเตรเลีย (*Acacia ampliceps* Maslin) มะขามเทศ (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth) มะขาม (*Tamarindus indica* L.) และจี่เหล็ก (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby) ทำการประเมินผลในปี พ.ศ. 2539 และทำการประเมินอีกครั้งในปี พ.ศ. 2542 พบว่า กระถินออสเตเลียมีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมา คือ ยูคาลิปตัส และสะเดา ส่วนมะขามเทศรอดตายน้อยที่สุด ต้นไม้ที่รอดตายส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่รับน้ำ ต้นไม้ที่รอดตายน้อยอยู่บริเวณดินเค็มจัดและเค็มมาก และในปีพ.ศ. 2539 พบกล้าไม้พอสมควร แต่ในปีต่อมากกล้าไม้เหล่านั้นได้ลดลงไปเกือบหมด

นอกเหนือจากกรมพัฒนาที่ดินแล้ว กรมป่าไม้ยังเป็นอีกหนึ่งหน่วยงานที่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการทดลองปลูกพืชทนเค็มในประเทศไทย โดยเจษฎา และคณะ (2527) ทดลองปลูกไม้ท้องถิ่น 5 ชนิด ได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) ยางกราด (*Dipterocarpus intricatus* Dyer) และกระบาก (*Anisoptera costata* Korth.) และไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด ได้แก่ ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ยูคาลิปตัส บราสเซีย (E. *brassiana* S.T.Blake) ยูคาลิปตัส ไมโครธิคา (E. *microtheca* F. Muell.) ยูคาลิปตัส ไชเคอโรไซลอน (E. *sideroxylon* A. Cunn. ex Woolls) และ ยูคาลิปตัส เรนนิซีเฟรา (E. *resinifera* Sm.) ในจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า แม้จะมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ แต่ดินเค็มจัดมากจนเป็นพิษต่อกล้าไม้ ทำให้พรรณพืชส่วนใหญ่ที่ปลูกตายเกือบทั้งหมด ชนิดที่มีอัตราการรอดตายสูงสุดทั้งสองพื้นที่ คือ ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส และยูคาลิปตัส บราสเซีย

ในปัจจุบันกรมป่าไม้ มีโครงการส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้นป้องกันการแพร่กระจายดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องระยะยาว มีเป้าหมายในการปลูกไม้ยืนต้นจำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ จากพื้นที่ที่มีความเค็มน้อย ในพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็มทั้งหมด 19.4 ล้านไร่ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้ง 17 จังหวัด โดยเป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ

และพื้นที่ตามพ.ร.บ. ป่าไม้ พ.ศ. 2484 ที่ล้อมโทรม พื้นที่ดินกรรมสิทธิ์ที่ดินรกร้างว่างเปล่า และที่ดินสาธารณะประโยชน์ในความรับผิดชอบของสภาตำบล หรือส่วนราชการ วัด และ โรงเรียน จำนวน 2 ล้านไร่ ซึ่งในปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 – 2552 นี้ เจ้าหน้าที่ทำการจัดหากว่าไม้ ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส สะเดา กระจินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis* Cunn.) กระจินเทพา (*A. mangium* Willd.) แจกจ่ายเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการเพื่อนำไปปลูกในพื้นที่ดินเค็ม ดำเนินการโดยสำนักส่งเสริมการปลูกป่า ส่วนเพาะชำกล้าไม้ องค์การบริหารส่วนจังหวัด และองค์การบริหารส่วนตำบล ในแต่ละจังหวัด โดยจะทำการติดตามผลปีละ 2 ครั้ง (กรมป่าไม้, 2549)

นอกจากนี้ ยังมีโครงการปลูกป่าชายเลนในพื้นที่ดินเค็ม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเป็นโครงการที่เกิดจากความร่วมมือของมหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยโตเกียว ภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างองค์การส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย-สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (JSPS-NRCT) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินเค็มที่ถูกทิ้งให้รกร้างว่างเปล่าให้กลับคืนเป็นพื้นที่ที่สามารถทำการเกษตรได้อีก และเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ป่าพร้อมกับลดการแพร่กระจายของดินเค็มไปสู่บริเวณข้างเคียง โดยเริ่มทำการวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 จนถึง พ.ศ. 2534 ในหลายพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพรรณพืชที่นำมาใช้แตกต่างกันไปตามพื้นที่ ในช่วงระยะแรก ปี พ.ศ. 2525 – 2529 นำไม้ป่าชายเลน ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir.) โกงกางใบเล็ก (*R. apiculata* Bl.) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza* Lamk.) และโปรงแดง (*Ceriops decandra* Ding Hou) ที่เป็นชนิดที่ขึ้นได้ดีบริเวณริมฝั่งทะเล ซึ่งมีความเค็มสูงมาปลูกในพื้นที่ พบว่าผลการทดลองไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากในพื้นที่ไม่มีการระบายน้ำเข้าออกเหมือนสภาพธรรมชาติดั้งเดิมของพืช อีกทั้งเนื้อดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทราย มีความแข็ง แน่น และหนาหีบ มีความชื้นในดินต่ำในฤดูแล้ง แตกต่างจากดินเลนซึ่งอ่อนนุ่ม จึงทำให้พรรณพืชที่นำมาปลูกมีอัตราการรอดตายต่ำ ต่อมาในปี พ.ศ. 2532 จึงทดลองปลูกไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ได้แก่ ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum* Koen.) ตาคุ่มทะเล (*Excoecaria agallocha* L.) หงอนไก่ทะเล (*Heriteira littoralis* Dry.) และเสม็ด (*Melaleuca leucadendron* L.) บริเวณที่ดินเค็มบ้านหนองหลุม ตำบลแดงใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งก็ไม่ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์เท่าที่ควร แม้จะสามารถเจริญอยู่ในพื้นที่ได้ แต่การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติพบว่ามีน้อยมาก (บุปผา และคณะ, 2534)

ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ทำการวิจัย

1. ข้อมูลของจังหวัดนครราชสีมา

1.1 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดนครราชสีมาจัดอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (tropical savanna climat, Aw) ตามระบบการจำแนกของเคิเปิน (Koppen system) คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือนสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส มีระยะฝนชุกสั้นประมาณ 3 – 4 เดือน และมีระยะแห้งแล้งยาวนานชัดเจน มีฤดูกาลแบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ระหว่างเดือนมีนาคม – พฤษภาคม ฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน – ตุลาคม และฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปร้อนจัดในฤดูร้อน และหนาวจัดในฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี ประมาณ 27.0 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือน อยู่ระหว่าง 23.1 – 29.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ในเดือนเมษายน ประมาณ 36.5 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิสูงสุดที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 42.7 องศาเซลเซียส) ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.3 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิต่ำสุดที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 6.2 องศาเซลเซียส) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546)

จังหวัดนครราชสีมาอยู่ในเขตแห้งแล้ง มีฝนตกน้อยที่สุดของแ่งโคราช มีปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 1,034.7 มิลลิเมตร ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และพายุหมุน ในรูปของพายุดีเปรสชันและพายุโซนร้อน โดยทั่วไปฝนจะเริ่มตกในเดือนพฤษภาคม ทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายน และจะเริ่มตกอีกครั้งในเดือนกรกฎาคม เรื่อยไปจนถึงเดือนตุลาคม หลังจากนั้นปริมาณฝนจะลดลงในเดือนพฤศจิกายน เดือนที่มีปริมาณฝนมากที่สุดคือ เดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย 226.6 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม ประมาณ 3.0 มิลลิเมตร ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีอยู่ในช่วงร้อยละ 60 – 80 โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนมีนาคม ร้อยละ 37 และสูงสุดในเดือนกันยายน – ตุลาคม ร้อยละ 93 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546)

1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินในจังหวัดนครราชสีมาเป็นดินเค็ม นอกจากสาเหตุหลัก คือ การที่ตัดไม้ทำลายป่าแล้ว ลักษณะดินที่เป็นต้นกำเนิดดินที่เป็นหินอมเกลือ เมื่อกลายเป็นดินแล้วจะทำให้ดินกลายเป็นดินเค็ม และสะสมอยู่ที่ดิน เมื่อประกอบกับการตัดต้นไม้ที่ปกคลุมดินออก ทำให้ความเค็มขึ้นมาอยู่ในระดับที่รากพืช ลักษณะทางธรณีวิทยาของจังหวัดนครราชสีมา มีดังนี้ (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุ, 2542)

1. ตะกอนน้ำพาใหม่ในที่ราบน้ำท่วมถึง เป็นตะกอนอายุน้อยกว่า 10,000 ปี พบตามสองข้างลำน้ำ ให้กำเนิดดินเหนียวและดินร่วนที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว
2. ตะกอนน้ำพาคอนข้างใหม่บนตะพักลุ่มน้ำ อายุประมาณ 10,000 ปีถึง 22 ล้านปี เป็นตะกอนเนื้อหยาบผ่านการชะล้างมานาน ส่วนใหญ่เป็นป่าเสื่อมโทรม เป็นแหล่งกรวดลูกรัง
3. หมวลหินภูทอก อายุประมาณ 22 – 55 ล้านปี เป็นหินทรายสีแดงแบบอิฐ หรือสีน้ำตาลแกมแดง วางตัวอยู่บนชั้นเกลือหินของหินมหาสารคาม ถ้าหากหมวลหินภูทอกสึกกร่อนไปมาก ชั้นเกลือก็จะอยู่ใกล้ผิวดินมากขึ้น ทำให้น้ำใต้ดินและดินเค็ม
4. หมวลหิน โครกกรวด อายุประมาณ 72 – 100 ล้านปี เป็นหินทรายแป้ง และหินทรายสีน้ำตาลแกมแดง ดินที่ได้จากการสลายตัวของหมวลหินนี้เป็นดินทราย หรือดินร่วนปนทราย การระบายน้ำดี เหมาะกับการปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะมันสำปะหลังและอ้อย
5. หมวลหินภูพาน อายุประมาณ 100 – 135 ล้านปี เป็นหินทราย หินทรายปนกรวด หินกรวดมน สีขาว สีเทาอ่อน และสีส้มอ่อน เป็นหมวลหินที่มีความต้านทานต่อการผุสลาย ทำให้เหลือเป็นเนินหรือภูเขาโดด ลักษณะแบบสันอิฐ ดินที่ได้จากการสลายตัวของหินหมวลนี้จะเป็นดินทรายหยาบ ขาดความอุดมสมบูรณ์ ปลูกพืชไม่ค่อยได้ผล พื้นที่จึงถูกทิ้งไว้ว่างเปล่าหรือป่าเสื่อมโทรม

6. หมวดหินเสาขัว อายุประมาณ 135 – 149 ล้านปี เป็นหินทรายแป้ง สีแดง สีเทา และสีน้ำตาลแดง หินทรายแป้งนี้ค่อนข้างผุสลายได้ง่าย ทำให้กลายเป็นที่ราบ หรือที่ราบเชิงเขา ระหว่างเนินเขา หรือหน้าผาของหมวดหินภูพานกับหมวดหินพระวิหารที่มีความต้านทานต่อการผุสลายตัวสูงกว่า

7. หมวดหินพระวิหาร อายุประมาณ 149 – 174 ล้านปี เป็นหินทราย สีแดงอ่อนถึงสีน้ำตาลสนิมเหล็ก เป็นหินทรายที่มีความต้านทานมากและผ่านเวลาดีกกร่อนน้อยกว่าหมวดหินภูพาน จึงทำให้เกิดเป็นภูเขาที่มีแนวยาวต่อเนื่องกันตามแนวเทือกเขาสันกำแพง เขาผาแดง เขายายเที่ยง และเขาเกลียด เมื่อสลายตัวจะได้ดินเนื้อหยาบ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

8. หมวดหินภูกระดึง อายุประมาณ 174 – 192 ล้านปี เป็นหินดินดานและหินทรายแป้งที่ไม่แข็งนัก มีสีม่วงแดงเป็นส่วนใหญ่ อาจจะมีหินทรายและหินกรวดมนปนปนสลับอยู่บ้าง หมวดหินนี้สลายตัวค่อนข้างง่าย ได้ดินที่มีสีน้ำตาลอมม่วง ทำให้เกิดพื้นที่เกือบราบ โดยเฉพาะบริเวณเขื่อนลำตะคอง อยู่ในเขตเงาฝน ขาดน้ำในการเกษตร ส่วนใหญ่จึงถูกปล่อยเป็นที่โล่งหรือป่าละเมาะ

9. หมวดหินห้วยหินลาด อายุประมาณ 200 – 207 ล้านปี เป็นหินกรวดมน หินดินดาน และหินทราย ส่วนใหญ่มีสีเทาถึงเทาอ่อน หมวดหินนี้ผุสลายได้ง่าย ทำให้เกิดภูมิประเทศแบบที่ราบจนถึงที่ราบลูกคลื่น เนื่องจากอยู่ในบริเวณอัปส่น พื้นที่ส่วนใหญ่จึงถูกทิ้งให้รกร้างว่างเปล่า หรือมีลักษณะเป็นป่าละเมาะ

10. หมวดหินราชบุรี อายุประมาณ 230 – 280 ล้านปี เป็นหินปูนสีเทาอ่อนมักปรากฏซากดึกดำบรรพ์พวกปะการังและคดข้าวสาร นอกจากหินปูนแล้วยังมีหินอ่อน หินชนวน และหินดินดานที่แปรสภาพเล็กน้อยด้วย ดินที่ได้จากการผุสลายของหินปูน หินอ่อน หินดินดาน มักเป็นดินเหนียวสีแดง สีแดงอมเหลือง ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ แต่มีการระบายน้ำดี เหมาะในการปลูกพืชไร่ บางบริเวณดินมีอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่มาก เกิดเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำ ทำให้มีความเหมาะสมมากในการปลูกพืชไร่ ไม้ผล หรือพืชผักต่าง เช่น ตำบลดกลางดง อำเภอปากช่อง

11. หมาดหินอัคนี ที่พบมีดังนี้

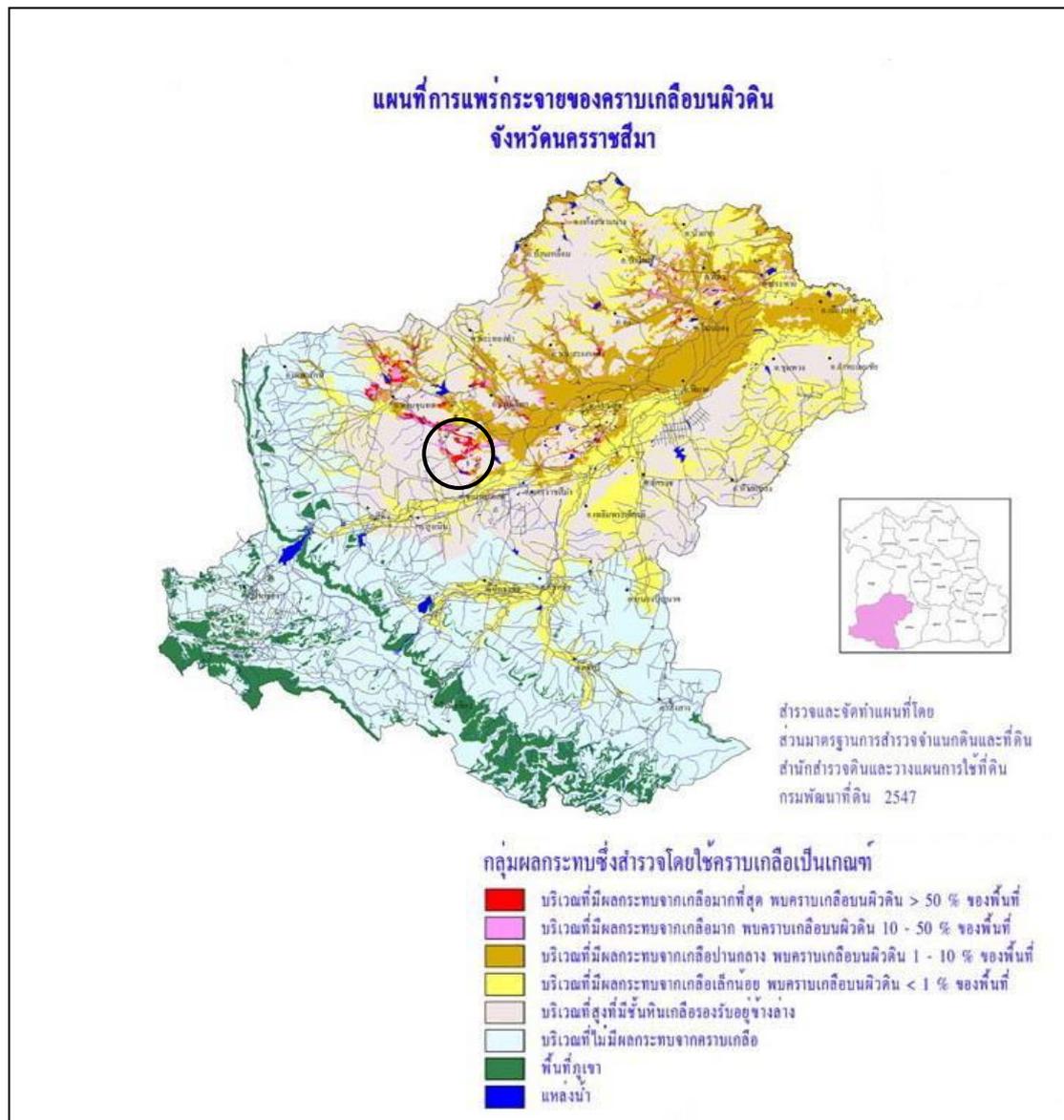
- 1) หินบะซอลต์ อายุประมาณ 1 – 2 ล้านปี เป็นหินที่มีเนื้อละเอียดสีดำหรือสีน้ำตาล บางบริเวณมีรูพรุนเล็กน้อย เมื่อผุสลายตัวในทีคอนจะได้ดินเหนียวสีแดง เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ และยังสามารถใช้ในการก่อสร้างแทนหินปูนได้ด้วย
- 2) หินไรโอไลต์ แอนดีไซท์ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ อายุประมาณ 192 – 280 ล้านปี เป็นหินที่แทรกดันกลุ่มหินโคราชขึ้นมากลายเป็นพื้นที่ภูเขาสูง เป็นส่วนของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่
- 3) หินแกรนิตและแกรโนไดโอไรต์ อายุประมาณ 192 – 207 ล้านปี ดินที่ได้จากการสลายตัวจะมีเนื้อหยาบ เหมาะกับการเพาะปลูกปานกลาง – ต่ำ
- 4) หินฮอร์นเบลนไดต์ อายุประมาณ 192 – 207 ล้านปี พบน้อย มีเนื้อปานกลางถึงหยาบมาก สีดำ เมื่อสลายตัวให้ดินเนื้อละเอียด สีน้ำตาลแดงแก่ มีความอุดมสมบูรณ์สูง
- 5) หินไดโอไรต์ อายุประมาณ 192 – 280 ล้านปี พบน้อยมาก เนื้อปานกลางถึงหยาบ เมื่อสลายตัวแล้วให้ดินเนื้อละเอียดถึงปานกลาง สีน้ำตาลแดง ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง

12. หมาดหินเกลือ (Salt Formation) ประกอบด้วยหินทรายแป้งที่มีปฏิกิริยาเป็นต่าง หินทรายสีแดง สีม่วงถึงเทา หินดินดาน และอาจพบว่ามีหินทรายต่างปนกรวดแทรกอยู่ระหว่างชั้น หินปูนปนทราย และหินทรายแป้งต่างที่มีจุดประสีม่วงแดง สีเทาปนเขียว และพบว่ามีชั้นของเกลือ ยิปซัมและแอนไฮไดรต์ที่หนา

1.3 พื้นที่ดินเค็ม

จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ดินเค็มประมาณ 2.5 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป) จังหวัดนี้มีปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญมาก โดยมีพื้นที่ดินเค็มประมาณ 8,851 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 43 ของพื้นที่จังหวัด พื้นที่ดินเค็มกระจายหนาแน่นอยู่ทางตอนเหนือของจังหวัด มีระดับความเค็มตั้งแต่น้อยจนถึงมาก และยังมีพื้นที่ที่มีศักยภาพที่จะเกิดดินเค็มได้อีกมาก

หากยังคงมีการใช้ที่ดินที่ไม่ถูกต้อง อำเภอที่มีปัญหาดินเค็มมากที่สุดในจังหวัดนครราชสีมา มี 6 อำเภอ คือ อำเภอบัวใหญ่ โนนไทย ด่านขุนทด ขามทะเลสอ โนนสูง และพิมาย (คณะกรรมการฝ่ายประมวลเอกสารและจดหมายเหตุ, 2542) ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 พื้นที่ดินเค็มในจังหวัดนครราชสีมา และพื้นที่ที่ทำการศึกษา ในอำเภอขามทะเลสอ
จังหวัดนครราชสีมา (วงกลมสีดำ)
ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ขนิษฐศรี (2537) รายงานว่า พื้นที่ที่เค็มในจังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่กระจายอยู่ในพื้นที่ลุ่มทางตอนเหนือของจังหวัด โดยเฉพาะในเขตอำเภอเมือง พิมาย โนนไทย โนนสูง คง ประทาย บัวใหญ่ ขามทะเลสอ ขามสะแกแสง สภาพพื้นที่ทั่วไปค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาด บริเวณที่เกิดดินเค็มมักจะอยู่ตามเชิงเนินและแอ่งต่ำในบริเวณลานตะพักลำน้ำต่ำจนถึงลานตะพักลำน้ำกลาง

ชุดดินที่พบว่าเป็นดินเค็มในจังหวัดนี้ได้แก่ (ขนิษฐศรี, 2537)

2.1 ชุดดินกุลาร้องไห้ พบบริเวณตะพักลำน้ำต่ำ (low terrace) ลักษณะเป็นดินลึก มีการระบายน้ำเร็ว การซาบซึมน้ำช้า ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน มีสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลอ่อน มีจุดประสีน้ำตาลแก่ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.0 – 6.5) ดินล่างมีสีเทาอ่อน หรือสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลแก่ และน้ำตาลปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0 – 8.0) ชุดดินนี้มีเกลือโซเดียมสะสมอยู่ค่อนข้างมาก มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางในชั้นดินบน และมีปริมาณน้อยในดินล่าง ปริมาณฟอสเฟตและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำถึงปานกลาง มีร้อยละของความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ

2.2 ชุดดินอุคร เป็นดินลึก เกิดในบริเวณลานตะพักลำน้ำต่ำถึงลานตะพักลำน้ำกลาง สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1 – 2 % มีการระบายน้ำเร็ว มีการซาบซึมน้ำช้า เนื้อดินเป็นดินทรายถึงดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาปนชมพู มีจุดประสีแดงปนเหลือง และเหลืองปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกลาง (pH 5.4 – 7.3) ดินล่างมีเนื้อดินไม่แน่นอน ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วน สีเทาหรือปนชมพู มีจุดประสีน้ำตาลแก่ สีเหลืองปนน้ำตาล และเหลืองปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นด่างอ่อนถึงเป็นกลาง (pH 7.4 – 8.0) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ แต่มีค่าร้อยละการอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างสูง ปริมาณโพแทสเซียมมีค่าต่ำในดินบน แต่มีค่าอยู่ในระดับปานกลางในดินล่าง โดยสรุปแล้วเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2.3 ดินคล้ายชุดดินร้อยเอ็ดที่เป็นดินเค็ม พบกระจายเป็นหย่อม ๆ อยู่ในบริเวณที่ลุ่มของลานตะพักลำน้ำต่ำจนถึงลานตะพักลำน้ำกลาง และบริเวณเชิงเนินที่เป็นขอบของที่ราบลุ่ม พบในสภาพที่ค่อนข้างเรียบจนถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดที่มีความชัน 1 – 2 % เป็นดินที่มีการระบายน้ำเร็ว มีการซาบซึมน้ำดีปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าในฤดูแล้ง น้ำใต้ดินจะอยู่ในระดับลึกมากกว่า 2 เมตรจากผิวน้ำดินลงไป เป็นดินลึก เนื้อดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาลอ่อน หรือสีเทา มักมีจุดประสีน้ำตาลแก่ และสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด ดินล่างเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินเหนียว สีเทาปนน้ำตาล สีเทาอ่อน หรือสีเทาปนชมพู มีจุดประสีน้ำตาล สีแดงปนเหลือง หรือสีแดงกระจายอยู่ทั่วตลอดหน้าตัดดิน เป็นชั้นที่มีโซเดียมเป็นอนุมูลอิสระที่เด่นในดิน มีค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 15 หรือมีค่ารวมของโซเดียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าค่ารวมของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับกรดที่แลกเปลี่ยนได้ ค่า pH 8.2 มีอินทรีย์วัตถุปานกลางในดินบน และมีปริมาณน้อยในดินล่าง ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2. ข้อมูลของอำเภอขามทะเลสอ

2.1 ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศของอำเภอขามทะเลสอ แบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยเดือนมกราคมเป็นเดือนที่มีอากาศเย็นที่สุด และฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน โดยเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุด ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2535 – 2546 เฉลี่ยตลอดปีอยู่ระหว่าง 525.8 – 1,419.8 มิลลิเมตร โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด (สำนักงานเกษตรอำเภอขามทะเลสอ, 2547)

2.2 ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภอขามทะเลสอเป็นอำเภอหนึ่งใน 26 อำเภอของจังหวัดนครราชสีมา (รัชชชัย, 2542) มีพื้นที่ประมาณ 128 ตารางกิโลเมตร หรือ 80,000 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15° 01' 30"

และ $15^{\circ} 04' 18''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $101^{\circ} 54' 6''$ และ $101^{\circ} 56' 42''$ ตะวันออก โดยอยู่ห่างจากตัวจังหวัดนครราชสีมาประมาณ 24 กิโลเมตร (กองสำรวจดิน, 2526)

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอขามทะเลสอเป็นที่ราบลุ่ม อยู่ระหว่างเนินสามแห่ง พื้นที่ราบลุ่มบริเวณนี้ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0 – 1 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงของพื้นที่ประมาณ 190 – 193 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล และค่อย ๆ ลาดชันขึ้นไปยังเนินทั้งสามแห่งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เนินดังกล่าวมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด (undulating) เนินสูงสุดอยู่ทางทิศเหนือ มีความลาดชันประมาณ 2 – 5 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงของพื้นที่ประมาณ 210 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ส่วนเนินทางด้านทิศตะวันออก และทิศตะวันตกเป็นพื้นที่สูงชันเดียวกัน มีความลาดชันประมาณ 2 – 4 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงของพื้นที่ประมาณ 200 – 203 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2533)

2.4 ลักษณะทางธรณีวิทยา

กองสำรวจและจำแนกดิน (2533) ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของอำเภอขามทะเลสอ โดยอาศัยแผนที่ธรณีวิทยา ขนาดมาตราส่วน 1: 250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี พบว่าหินในพื้นที่อำเภอขามทะเลสอ ประกอบด้วยหินสองหน่วย คือ หน่วยหินมหาสารคาม (Maha Sarakham Formation) และหน่วยหินควอเทอร์นารี (Quaternary Sediments)

หน่วยหินมหาสารคาม เป็นหินชุดบนสุดของหินกลุ่มโคราช (Korat group) อายุการทับถมของหินชุดนี้ยังไม่แน่ชัด แต่โดยทั่วไป หินชุดนี้ประกอบด้วยชั้นของหินเกลือ หินดินเหนียว หินโคลน หินดินดาน ยิปซัม และหินทราย ปกติชั้นหินเกลือจะเป็นชั้นหินล่างสุด ส่วนหน่วยหินควอเทอร์นารีเป็นพวกที่วัตถุพื้นผิวดินยังไม่แข็งตัว เช่น หินลูกรัง หินกรวดมน กรวดที่เกิดจากการสะสมของแร่ปูน (secondary lime) หรือส่วนผสมของวัตถุดังกล่าว ความหนาของชั้นนี้จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิประเทศ แต่ส่วนใหญ่หนาไม่เกิน 6 เมตร ก็จะถึงชั้นหินของหน่วยหินมหาสารคาม