

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดินเค็มและการแพร่กระจาย

การจำแนกดินเค็ม

ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ (salt affected soils) คือดินที่มีเกลือที่ละลายได้ปริมาณมากจนมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช (www.soils.org) จำแนกเป็น 3 ประเภท โดยพิจารณาจากค่าการนำ ไฟฟ้าของสารละลายดิน (electrical conductivity, ECe) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ(saturation extract) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้(exchangeable sodium percentage, ESP) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio, SAR) ดังนี้

1. ดินเค็ม (saline soils) คือดินที่มีเกลือที่ละลายได้ในสารละลายดิน ปริมาณมากจนกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั่วไป (ตารางที่2.1) ดินเค็มมีค่าการนำ ไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) มากกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (deci siemens/metre, dS/m) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) ต่ำกว่า 13

ตาราง 2.1 การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่พืช (FAO, 1976)

ค่าการนำ ไฟฟ้า (dS/m)	ระดับความเค็ม	อาการของพืช
น้อยกว่า 2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่พืช
2 – 4	เค็มน้อย	มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่ทนเค็ม
4 – 8	เค็มปานกลาง	มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8-15	เค็มมาก	เฉพาะพืชทนเค็มเท่านั้นจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้
มากกว่า 15	เค็มจัด	เฉพาะพืชทนเค็มจัดจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้

exchangeable sodium percentage (ESP) คือ ค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ถูกดูดซับในส่วนดิน มีหน่วยเป็นร้อยละของประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (cation exchange capacity, CEC) ซึ่งมีหน่วยมิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม

ESP = Na x 100

CEC

sodium adsorption ratio (SAR) คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างโซเดียมที่ละลายได้และธาตุประจุบวกสองที่ละลายได้ ใช้ในการทำ นาค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสารละลาย

$$SAR = \frac{[Na]}{[Ca+Mg]/2}$$

Na, Ca, Mg ในสารละลายดิน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร

เกลือที่พบโดยทั่วไปในพื้นที่ดินเค็ม ได้แก่ เกลือคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนใหญ่เป็นเกลือแกง (NaCl) โซเดียมที่มากเกินไปมีผลเสียต่อโครงสร้างของดิน ทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย

2. ดินโซดิก (sodic soils) เป็นดินที่ไม่เค็ม แต่มีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากเกินไป มีผลทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพเลว โครงสร้างของดินเสีย ดินฟุ้งกระจาย แทรกตามรอยแตก และช่องว่างดิน ดินแน่นที่บีบน้ำซึมผ่านชั้นดินได้ยาก ไถพรวนยาก ค่าการซาบซึมน้ำของดินต่ำ ดินโซดิกมีค่าการนำ ไฟฟ้าของดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) ต่ำกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร ที่ 25 °C pH 8.5-10 ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) มากกว่า 13 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่า 15% (www.soils.org)

ดินโซดิกมักจะมี pH สูง (7.8-8.5) บางแห่งดินมี pH มากกว่า 8.5 เนื่องจากดินมีโซดา ($NaHCO_3$) หรือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เกิดการทำ ปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคดินเหนียวที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตกับน้ำ เกิด ประจุไฮดรอกซิล (OH^-) ทำให้ pH สูง (www.ext.nodax.edu/extpubs/plantsci/soilfert/eb57-1.htm)

ดินที่มี pH สูง เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชลดลง เช่น ในช่วง pH ระหว่าง 6 และ 7 ธาตุฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับ pH สูงกว่า 7 ธาตุธาตุพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโคบอลต์ ที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชลดลง เกิดความเป็นพิษของโซเดียม โบรอน โมลิบดีนัม เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายได้ ดินขาดธาตุสังกะสี ไนโตรเจน และอินทรีย์วัตถุ

3. ดินเค็มโซดิก (saline sodic soils) หมายถึง ดินที่มีทั้งเกลือที่ละลายได้และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ปริมาณมากจนเป็นอันตรายต่อพืช

ดินเค็มโซดิกมีค่าการนำ ไฟฟ้าของดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) มากกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร ที่ 25 °C ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) มากกว่า 13 ค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่า 15% pH อาจสูงถึง 8.5 แต่โดยทั่วไปมักต่ำกว่า 8.5 (www.soils.org) ดินโซดิกและดินเค็มโซดิกมักจะเกิดจากอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่ทำให้มีโซเดียมสะสมในดินมาก

ขึ้น เมื่อน้ำระเหยออกไปจากผิวดิน โขเคียมที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ง่ายกว่าแคลเซียม จะขึ้นมาสะสมมากขึ้น ทำให้มีโขเคียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในสารละลายดิน ทำให้อนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุฟุ้งกระจาย

การแพร่ของเกลือที่มีสาเหตุโดยมนุษย์

เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกินผลกระทบต่อสมดุลความชื้นในดิน ทำให้ดินเค็มแพร่กระจายได้รวดเร็วมาก เช่น

- การตัดไม้ทำลายป่า (deforestation) บนพื้นที่รับน้ำ (recharge area) ทำให้ดุลการใช้น้ำในพื้นที่สูญเสียไป น้ำใต้ดินเค็มในพื้นที่จ่ายน้ำ (discharge area) ถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มเพิ่มขึ้น

- การปล่อยให้สัตว์แทะเล็มพืชพันธุ์ที่คลุมหน้าดินมากเกินไป (overgrazing) ทำให้น้ำระเหยพาเกลือขึ้นมาสะสมในชั้นดินได้

- การทำเกลือ โดยสูบน้ำเค็มใต้ดินขึ้นมาตากหรือต้ม ทำให้เกลือแพร่ออกไปทำ ความเสียหายแก่พื้นที่ข้างเคียง

- การทำ ประมงน้ำเค็ม-น้ำกร่อย ในพื้นที่น้ำจืด
- การสร้างหรือปรับปรุงอ่างเก็บน้ำ ในพื้นที่ดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม
- การชลประทาน การใช้น้ำชลประทานที่มีคุณภาพต่ำ มีการจัดการระบบการระบายน้ำไม่ดี การซึมของน้ำจากคลองส่งน้ำที่แพร่เกลือออกไปหรือไปละลายเกลือในแหล่งข้างเคียง

การชลประทานในพื้นที่มีแหล่งเกลือหรือน้ำใต้ดินเค็มอยู่ใกล้ผิวดิน - การใส่ปุ๋ยเค็มมากเกินไป

- การเกิดมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสีย
- ปัญหาดินเค็มในพื้นที่ชุ่มชื้นคือ การใช้ปุ๋ยปริมาณมาก น้ำเค็ม และอิทธิพลของน้ำทะเล
- มีการประเมินงานจากหน่วยงานในองค์การสหประชาชาติ เช่น FAO, UNESCO, และ UNEP ว่ากว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ชลประทานของโลกได้รับอิทธิพลของความเค็ม ทุกๆ ปีจะมีพื้นที่ในเขต ชลประทานได้รับผลกระทบเพิ่มขึ้น 10 ล้านเฮกแตร์ (Szabolcs, 1992)

การจัดการแก้ไขดินเค็มในประเทศไทย

ดินเค็มในประเทศไทยพบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพื้นที่ชายทะเล ต่อมาพบว่ามีปัญหาดินเค็มเกิดขึ้นในภาคกลาง มีสาเหตุจากแหล่งเกลือที่ต่างกัน ชนิดเกลือที่พบต่างกัน วิธีการจัดการแก้ไขมีทั้งที่คล้ายกันและวิิเฉพาะของแต่ละพื้นที่ตามสภาพของปัญหา

ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ดินเค็มประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งภาคคือ 17.8 ล้านไร่ และพื้นที่มีศักยภาพในการแพร่เกลืออีก 19.4 ล้านไร่ พื้นที่ดินเค็มมักเกิดในที่ลุ่มมีน้ำท่วมในฤดูฝน ส่วนใหญ่จึงเป็นนาข้าว สังเกตได้จากคราบ

เกลือบนผิวดินเป็นหย่อมๆ ไม่สม่ำเสมอทั้งพื้นที่ และความเค็มในชั้นดินก็แตกต่างกัน ขึ้นกับฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือที่ดินชั้นบนจะถูกน้ำฝนชะลงไปดินชั้นล่าง และคราบเกลือจะกลับขึ้นมาปรากฏที่ผิวดินใหม่ในช่วงแล้ง ในการจำแนกดินเค็มเพื่อทำแผนที่ดินเค็มจึงจำแนกจากการกระจายคราบเกลือบนผิวดินในช่วงแล้ง (พิชัย, 2540)

ดินเค็มภาคกลาง ภาคกลางเป็นพื้นที่เคยมีน้ำทะเลท่วมถึง จากหลักฐานการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในประเทศไทย ปรากฏว่า เมื่อประมาณ 8,000 ปีมาแล้ว น้ำทะเลท่วมตั้งแต่กรุงเทพ ฯ ถึงจังหวัดชัยนาทเกือบถึงแนวเทือกเขา และเกิดการทับถมของตะกอน ต่อมาระดับน้ำทะเลถดถอย จนกระทั่งประมาณ 4,000 ปีที่ผ่านมา มีการรุกของน้ำทะเลอีกครั้งถึงจังหวัดอยุธยา ดังนั้นถดถอยไปได้ผิวดินจะมีการทับถมของตะกอนจากน้ำทะเล (marine deposit) ที่ถูกปกคลุมด้วยตะกอนน้ำจืด (alluvial deposit) และชั้นตะกอนน้ำจืดที่คลุมตะกอนน้ำทะเลจะมีความหนาบางแตกต่างกันออกไป ตามความใกล้ไกลจากทางน้ำ ตะกอนน้ำเค็มและตะกอนน้ำกร่อย จึงเป็นสาเหตุของปัญหาดินเค็มในภาคกลาง (ไพบุลย์, 2536) โดย เมื่อ ปี 2533 มีเรื่องร้องเรียนจากเกษตรกรใน อ.วิเศษชัยชาญ อ.สามโก้ ปลุกข้าวไม่ได้ ต้นข้าวมีอาการแคะแกรน ปลายใบขาวซีดไม่แตกกอ เมล็ดลีบ ตรวจพบว่าเป็นอาการที่เกิดจากผลกระทบของความเค็ม นอกจากนี้ น้ำในบ่อบาดาลที่ตื้นกว่า 7 เมตร เป็นน้ำเค็ม นำ มาดื่มหรือใช้ไม่ได้ ได้แก่พื้นที่ดังนี้ จังหวัดนครปฐม จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสิงห์บุรีจังหวัดชัยนาท

ดินเค็มชายทะเล ลักษณะทั่วไปของดินเค็มชายทะเล ประเทศไทยมีจังหวัดติดชายทะเล 22 จังหวัด มีแนวฝั่งทะเลยาว 2,614.40 กิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเลนและที่รกร้าง ทำ อาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนน้อย เฉพาะที่มีน้ำจืดเพียงพอ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรายงานว่ามีดินเค็มชายทะเล ประมาณ 2.3 ล้านไร่ และกรมป่าไม้ รายงานว่ามีพื้นที่ป่าเลนทั่วประเทศประมาณ 1.3 ล้านไร่

ดินเค็มชายทะเลมีเนื้อดินเหนียวสูงมาก ดินมีอินทรีย์วัตถุและ ความชื้นสูง เมื่อแห้งจะแตกกระแหงและแข็งมาก และเหนียวติดเท้าเมื่อเปียก โซเดียมทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย เมื่อถูกน้ำดินจะละลายและค้ำเป็นชั้นบางๆที่ผิวดิน ทำให้ต้นไม้ขาดน้ำและอากาศได้เกลือโซเดียมไบคาร์บอเนตเมื่อถูกน้ำแสดงฤทธิ์เป็นด่าง ทำให้ธาตุอาหารในดินอยู่ในรูปที่นำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้พืชจึงแคะแกรนและตายไปบางแห่งดินมีคุณสมบัติเป็นดินเปรี้ยวจัดด้วย เช่น ดินชุดบางปะกง (Bpg) ตะกั่วทุ่ง (Tkt) มีสารกำมะถันปะปนอยู่มาก เมื่ออยู่ในสภาพเปียกดินจะเป็นกลางหรือด่างแต่ถ้าระบายน้ำออกไปหรือดินแห้งจะทำให้ดินเป็นกรดมาก ดินเป็นเลนมีโครงสร้างเลว ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการเกษตร

สาเหตุการเกิดดินเค็มชายทะเล เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลโดยตรง

องค์ประกอบของเกลือเกิดจากการรวมตัวของธาตุประจุบวกพวกโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม รวมกับธาตุประจุลบ เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต ไบคาร์บอเนต และ คาร์บอเนต เกลือส่วนใหญ่เป็นเกลือ คลอไรด์และซัลเฟตของแมกนีเซียม

การใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มชายทะเลและการจัดการ การทำ นาุ้ง การเพาะเลี้ยงกุ้ง กูลาคำ เข้าสู่ระบบการเลี้ยงแบบพัฒนา ตั้งแต่ปี 2529 เป็นต้น มา และมีการขยายตัวออกไปอย่างต่อเนื่อง ตามพื้นที่จังหวัดชายทะเล มีพื้นที่เลี้ยงกุ้งตามชายฝั่งทะเลกว่า 450,000 ไร่ ได้ผลผลิต ประมาณ 200,000-250,000 ตัน/ปี สร้างรายได้เข้าประเทศปีละกว่า 60,000 ล้านบาท นิเวศวิทยา ชายฝั่ง รวมทั้งเกิดโรคระบาด สร้างความเสียหายจนไม่สามารถทำนาุ้งในพื้นที่เดิมได้ เกิดการทิ้งร้างให้อยู่ในสภาพเสื่อมโทรม มีขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งกูลาคำ ไปยังพื้นที่น้ำจืด ส่งผลเสียหายต่อพื้นที่ข้างเคียง เป็นการขยายปัญหาให้ลุกลามออกไป

ป่าชายเลน ในพื้นที่ที่อยู่สูงถัดจากหาดเลน มีหน้าดินแข็งตัวพอเดินได้ ไม้ป่าชายเลนที่มีราคา มีการเจริญเติบโตได้ในแถบนี้ คือแสม โกงกาง ตะบูน และต้นจาก ถัดเข้าไปพื้นที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนน้ำทะเลท่วมไม่ถึง ผิวดินจะแข็งตัวมากขึ้น การทำ ป่าชายเลนบริเวณนี้จะต้องขุดคลองเล็กๆ พอที่น้ำทะเลไหลเข้าไปได้ ต้นไม้ที่นิยมปลูกคือฝาด เป็นไม้ใช้สอยทำ เชื้อเพลิงได้ดี

นาเกลือ นิยมทำ กันบริเวณกันอ่าวไทย จ.เพชรบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงครามและชลบุรี เนื่องจากมีช่วงแล้งที่พอทำ นาเกลือได้สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ง่ายต่อการลำ เลียงน้ำ เค็มเข้าสู่ นา ชาวนาเกลือนิยมเลี้ยงปลากะพงขาวในนาแปลงแรกที่อยู่ชิดฝั่งทะเล

การทนเค็มของพืช

การทนเค็มของพืช หมายถึง ความสามารถที่พืชจะทนต่อเกลือปริมาณมากในบริเวณราก พืชชนิดต่างๆ มีความสามารถในการทนเค็มต่างกัน มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทนเค็มของพืช เช่น ชนิดของเกลือ ฟ้าอากาศ สภาพของดิน และอายุ พืชส่วนใหญ่มีผลผลิตลดลงเมื่อสารละลายดินมีค่าการนำ ไฟฟ้า (ECe) มากกว่า 2 dS/m พืชบางชนิดทนเค็มได้ถึง 4-8 dS/m แต่เมื่อระดับความเค็มสูงถึง 16 dS/m พืชเกือบทุกชนิดแสดงอาการที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง

เมื่อพืชไม่ทนเค็มหรือทนเค็มน้อยได้รับผลกระทบจากความเค็ม จะแสดงอาการคล้ายกับการที่พืชขาดน้ำ เช่น ชะงักการเจริญเติบโต พืชมีขนาดเล็กกว่าพืชที่ปลูกในดินธรรมดาแต่จะไม่แสดงอาการ ผิดปกติทางใบ ใบห่อลงเพื่อลดการคายน้ำทางปากใบ พืชบางชนิดอาจมีสีเขียวเข้มแกมน้ำเงิน (bluish green) มากกว่าพืชที่ขึ้นในดินปกติที่ปลูกในสภาพคล้ายคลึงกัน สีของใบพืชเปลี่ยนไปเข้มกว่าเนื่องจาก ใบมีคลอโรฟิลล์มาก และมีสารเคลือบใบ (cuticle) หนาเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ในบางครั้งอาจพบอาการ ปลายใบไหม้ (tip burn) เกิดจุดประ (mottles) บนใบ ใบม้วนและใบเหลืองเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ ใบ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปลายใบและขอบใบแห้งกรอบ การทนเค็มในช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชก็ แตกต่างกัน ผันแปรไปตามระยะการเจริญเติบโต

ตั้งแต่ออกจนกระทั่งสุกแก่ และอาจผันแปรตามระยะ ของการพัฒนาด้วย พืชที่ปลูกส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายตั้งแต่ระยะงอกหรือในการเจริญเติบโตช่วงแรกทำให้พื้นที่ที่พืชขึ้น ไม่ได้เป็นหย่อมๆ ในแปลงปลูก เมื่อพ้นระยะกล้าไปแล้วพืชจะทนเค็มได้ดีขึ้น

ความเค็มกับการเจริญเติบโตของพืช

ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจาก

1) ความเครียดออสโมติก (osmotic stress) 2) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (ion toxicity) และ 3) ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร

ความเครียดออสโมติก (osmotic stress) พืชที่ขึ้นบนพื้นที่ดินเค็มจะต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) เพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ลดลง เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำและอาจถึงตายได้ เพราะน้ำจะไหลจาก

บริเวณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ (<http://www.fao.org>) มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชพืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของเกลือทุกชนิดมากกว่าผลของชนิดของเกลือตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ

ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (ion toxicity)

ความเป็นพิษเนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินไปจนเกินความต้องการ พืชแสดง อาการขอบใบไหม้ และลูกกลมเข้าเส้นกลางใบในที่สุด (FAO, 1976) ไอออนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ Na^+ , Mg^{+2} , Cl^- , CO_3^{-2} และ SO_4^{-2} โซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Wyn Jones, 1981) และ สังเคราะห์โปรตีนได้ลดลง (<http://www.bio.vu.nl/>)

โซเดียมที่สะสมในใบ มีผลทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อตามขอบใบตาย ในสภาพอากาศร้อนและแห้ง จะแสดงความเสียหายรวดเร็ว เกิดที่ใบแก่ก่อน เริ่มที่ปลายใบ ขอบใบ แล้วลามมาที่เส้นกลาง ในต้นอโวคาโด ส้ม แอปเปิล เกิดอาการเมื่อดินและน้ำมีโซเดียมเพียง 5 กรัมสมมูลย์/ลิตร โซเดียมมีผลทางอ้อมในแง่ที่ทำให้ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช โซเดียมปริมาณมากทำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียม และการทำให้โครงสร้างของดินเสีย (Hanson et al., 1993)

คลอไรด์ที่พืชดูดเข้าไปจะถูกสะสมใน vacuole เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้คลอไรด์ทำ ปฏิกิริยากับน้ำย่อย เนื่องจากคลอไรด์มีการแข่งขันกับตัวทำ ละลายอินทรีย์ เช่น น้ำตาล จึงมีผลต่อการสะสม

น้ำตาลในเซลล์สะสมอาหาร คลอไรด์ทำให้โพแทสเซียมในต้นอ้อยไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้ใบอ้อยขาดโพแทสเซียม มีโพแทสเซียมไม่พอใช้สังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต (Hardter, 1992) พืชที่ไม่ทนคลอไรด์แสดงอาการเมื่อดินมีคลอไรด์เกิน 5 ถึง 10 กรัมสมมูลย์/ลิตร ขณะที่พืชทั่วไปจะทนได้ถึง 30 กรัมสมมูลย์/ลิตร (Hanson et al., 1993)

ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร

การที่ดินมีระดับ pH สูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางตัวลดลง เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ที่ระดับ pH ระหว่าง 6-7 ฟอสเฟตอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับ pH มากกว่า 7 ธาตุอาหารพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และ โคบอลต์ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชน้อย

การเป็นพิษและการขาดธาตุอาหารพืช (Specific ion effect) จะเกิดขึ้นเมื่อในสารละลายดินมีความเข้มข้นของประจุธาตุบางชนิดมากกว่าระดับปกติ ไปขัดขวางหรือยับยั้งการดูดธาตุอาหารและขบวนการทางสรีรวิทยาบางอย่างของพืชได้ ยกตัวอย่าง เช่น โบรอน (B) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการปริมาณน้อยมาก ถ้าในสารละลายดินมีโบรอนมากกว่า 1 mg/l ก็ทำให้พืชเสียหายได้ เช่น ใบแก่ของส้ม อะโวคาโด และพลับ มีอาการปลายใบและขอบใบไหม้ พื้นที่ระหว่างเส้นใบมีสีขีด ฝ้าย อุ่น มันฝรั่ง ถั่ว มีอาการปลายใบไหม้และใบห่อตัวคล้ายถ้วย

กลไกการปรับตัวในสภาพดินเค็มของพืช

กลไกที่พืชปรับตัวในสภาพที่เค็ม เช่น การควบน้ำทำให้มีการสะสมเกลือในส่วนต่างๆของต้นได้มาก (salt-accumulating) หรือการคายเกลือออกทางใบหรือราก (salt-excreting) จะเห็นได้ว่ามีรูปแบบการปรับตัวของพืชที่ขึ้นในสภาพธรรมชาติ เช่น ในพื้นที่ใกล้ทะเลพบต้นชะคราม ผักบุ้งทะเล ไม้ ป่าชายเลน เขตที่ถัดเข้ามาในแผ่นดินพบ ขลุ่ พรมพระอินทร์ สาบเสือ เป็นต้น พืชที่อยู่รอดในสภาพความเค็มมีกลไกในการปรับตัว ดังนี้

1) การหลีกเลี่ยงเกลือ (salt exclusion, salt avoidance) เพื่อให้เกลือเข้าไปในต้นได้น้อยที่สุด เพื่อให้สามารถเจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มได้ โดย

ก. ไม่แผ่ขยายรากไปยังบริเวณที่เค็ม เช่น *Prosopis spp.*, *Jojoba*

ข. ยืดเวลาออกหรือเวลาแก่ หยุดกิจกรรมเพื่อการเจริญเติบโตจนกว่าสภาพแวดล้อมจะเหมาะสม เช่น *Puccinellia ciliata* (Malcolm, 1985)

ค. มีความสามารถที่จะเลือกดูด โพแทสเซียมเข้าไปได้มาก

ง. โซเดียมถูกดูดเข้าไป แต่มีช่องที่โซเดียมถูกดูดกลับออกไปทาง xylem sap ของรากหรือ ต้น เช่น ต้นไม้ป่าชายเลนบางชนิด

2) การดูดเกลือเข้าไปสะสมหรือคายออก (salt absorption: accumulation, excretion)

ก. เกลือที่ถูกพืชดูดเข้าไปสะสมในต้นและใบ มีผลต่อขบวนการเมตาโบลิซึมทำให้แรง

ดันออสโมติกในเซลล์สูงขึ้น ลดความต่างศักย์ของน้ำในเซลล์ และรักษาความเต่งของเซลล์ ถ้ามีโซเดียม

ในไซโตพลาสมาเกิน 100 mM ก็จะไปทำลายโครงสร้างของโปรตีนและยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยพืชปรับตัวโดยการคายโซเดียมออกมา (exclusion) และนำโซเดียมไปเก็บไว้ที่ vacuole เพื่อป้องกันการเป็นพิษของโซเดียม และปรับแรงดันออสโมติกใน cytoplasm และ organelles รักษาความเต่งของเซลล์ ให้มีระดับความต่างศักย์ของน้ำในพืชต่ำกว่าในดิน ไม่ให้เกิดอันตรายต่อการทำงานของน้ำย่อยและขบวนการ metabolism (Glen, 1987; www1.york.ac.uk/depts/biol/staff/sanders/webg.htm)

ข. การอวบน้ำ (succulent) พืชบางชนิดมี salt regulator ทำให้พืชดูดน้ำพองออก (swell) เมื่อเกลือเข้าไปในพืช ทำให้ความเข้มข้นของเกลือในเซลล์ไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความเป็นพิษของโซเดียม (Jenning, 1986) เช่น *Sarcocornia* spp., ชะคราม (*Suaeda maritima*) ผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*)

ค. การคายเกลือออกมาทางใบหรือราก (salt-excreting)) เช่น ต่อมเกลือ (salt grass) ของหญ้า seabrook (*Distichlis spicata*), หญ้าคิกซี่ (*Sporobolus virginicus*), alkali grass (*Puccinellia nuttallina*), cord grass (*Spartina gracilis*), spearscale (*Atriplex subspicata*), saltwort (*Salicornia rubra*), sea blite (*Suaeda depressa*)

ง. ใบมีสารเคลือบผิว (wax) เพื่อลดการสูญเสียน้ำ

จ. คายเกลือที่ดูดเข้าไปออกทางต่อมเกลือ (salt gland) (Levit, 1972) เช่น *Atriplex* spp.

ฉ. การปิดเปิดของปากใบ (stomatal resistance) ปากใบของ glycophytes ปิดเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมสูง ในขณะที่ปากใบของพืชชอบเกลือเปิด (Very et al., 1998) โซเดียมยับยั้งการดูดโปแตสเซียมของ *Aster tripolium* ซึ่งเป็นพืชชอบเกลือ แต่ไม่ยับยั้งใน *Aster amellus* ซึ่งเป็น glycophyte การคายน้ำทำให้มีโซเดียมสะสมมากขึ้นในใบของพืชชอบเกลือที่ไม่มีต่อมเกลือและมีผลทำให้ปากใบปิด (Robinson et al., 1997)

ช. พืชต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อดูดน้ำขึ้นมาใช้ในการเจริญเติบโต พืชจะปรับตัวโดยลดอัตราการคายน้ำลง โดยมีขนาดและจำนวนใบลดน้อยลง

กลไกการทนต่อความเค็มของพืช

1. การควบคุมระดับของไอออนและการเลือกไอออนเพื่อสะสมหรือขับออก (Ion regulation and compartmentalization)

การรับและการสะสมไอออน มีความสำคัญต่อพืชทั้งในสภาวะปกติและในสภาวะที่ไม่เหมาะสม (Adams et al., 1992) เพราะอาจไปรบกวน ion homeostasis โดยการควบคุมระดับ

ไอออนนั้น ถ้าหากว่ามีระดับที่มากเกินไปจะนำไปเก็บไว้ที่แวคคิวโอล(Vacuole) หรือขับออกนอกเซลล์ (Iyengar and Reddy, 1996); Reddy et al., 1992;Zhu,2003)

2.การเหนี่ยวนำการสังเคราะห์ Compatible solute (Induced biosynthesis of compatible solutes)

ภายใต้สภาวะความเค็ม พืชมีกลไกการป้องกันตัวเพื่อช่วยรักษา water potential, osmotic pressure และรักษาระดับของไอออนให้เกิดความสมดุลภายในเซลล์พืช โดยการกระตุ้นให้มีการสร้างสารประกอบที่เรียกว่า Compatible solutes ขึ้นมา ซึ่งคุณสมบัติไม่รบกวนปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในเซลล์ (Hasegawa *et al.*, 2003; Zhifang and Loescher, 2003) ช่วยรักษาสภาพของโปรตีน โครงสร้างของเซลล์ compatible solutes เป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก ไม่เกิดความเป็นพิษแก่พืชเอง (Bohnert,1999;Larther *et al.*,2003); Parida and Das.2005; Rathinasabapathi, 2000; Rotein *et al.*, 2002; Yokoi *et al.*, 2002)

3. การเหนี่ยวนำการทำงานของเอนไซม์ในกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Induction of antioxidative enzymes)

เมื่อเกิด ROS เพิ่มขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาวะความเค็ม ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide dimutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidaes (APX), peroxidase และ glutathione reductase ให้เพิ่มกิจกรรมมากขึ้น (Benavide *et al.*,2000;Gossett *etal.*, 1994; Hernandaz *et al.*, 2000; Kennedy and DeFillippis,1999; Lee; *et al.*,2001;Mittova *et al.*,2003; Sehmer *etal.*, 1995; Sreenivasula *et al.*, 2000)

4. การเหนี่ยวนำฮอร์โมนพืช (Induction of plant hormones)

จากการศึกษาพบว่าเมื่อในอาหารของพืชมีความเข้มข้นสูงขึ้น จะไปทำให้กระตุ้นระดับของฮอร์โมนพืชสูงขึ้นด้วย เช่น Absciscic acid (ABA), Cytokinins,Ethylenet และ Jasmonates(Aldessuquy, 1998; Chen and Murata, 2001; Gomez Cadenas *et al.*, 1998;1998)Hilda *et al*; 2003;Popova *et al.*, 1995; Thomas *et al.*, 1992; Vaidyanathan *et al.* , 1999; Woodward and Bennett , 2005

5. การเปลี่ยนแปลงกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Change in phothosynthetic partway)

ความเค็มจะไปมีผลยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยการลดระดับของน้ำในพืช จึงทำให้พืชต้องพยายามรักษาระดับน้ำไว้ เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์โดยใน Ici plant (*Mesembryanthenum crystallinum*)



การเปลี่ยนแปลงดินเค็มในภาคการเกษตร

การขยายตัวเข้าไปในพื้นที่เกษตรน้ำจืดในภาคกลางอันเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญแหล่งหนึ่งของประเทศ โดยมีการนำน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง หรือเกลือสินเธาว์ มาผสมกับน้ำจืดเพื่อใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งกุลาดำให้สามารถเจริญเติบโตในสภาพการเลี้ยงที่ใช้ น้ำที่มีความเค็มต่ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมข้างเคียงเนื่องจากการแพร่กระจายของน้ำเค็มและดินเค็ม พื้นที่ที่เปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมมาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีแนวโน้มที่จะขยายเพิ่มขึ้นทุกปี

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบริเวณชายฝั่งทะเลกระทำโดยการนำเอาพื้นที่ป่าชายเลนมาเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และภายในระยะเวลาเพียง 2-3 ปี หลังการเพาะเลี้ยงก็ไม่สามารถทำการเพาะเลี้ยงกุ้งได้อีกต่อไป เนื่องจากประสบปัญหาเรื่องโรคระบาดของกุ้ง คุณภาพของน้ำทะเลและดินที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเสื่อมโทรมลง จนทำให้ผลผลิตกุ้งที่ได้ไม่คุ้มค่าใช้จ่ายในการเพาะเลี้ยง จึงทำให้เกิดการแสวงหาพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งในบริเวณอื่นๆ ที่ไม่ได้อยู่ชายฝั่งทะเล ซึ่งได้แก่พื้นที่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือทำให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรดิน น้ำ และสภาพแวดล้อม (Miller et al., 1999)

เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา บางปะกง ท่าจีน และแม่กลอง ในช่วงฤดูแล้งสามารถนำเอาน้ำกร่อย (brackish water) มาใช้ในการเลี้ยงกุ้งได้เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำทะเล (seawater intrusion) ขึ้นไปตามลำน้ำโดยระยะทางของการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลลงมาของน้ำจืดในลำน้ำ แต่สภาพน้ำกร่อยดังกล่าวจะมีเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ปริมาณของน้ำจืดที่ไหลมาตามลำน้ำดังกล่าวน้อยลง แต่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะเลี้ยงตลอดทั้งปี ดังนั้นเกษตรกรจึงจำเป็นต้องขนน้ำทะเลหรือน้ำจากนาเกลือ หรือ ใช้เกลือเม็ดมาเพิ่มความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Flaterty and Venderergevs, 1999) การเลี้ยงกุ้งกุลาดำทำให้เกิดดินเค็มในบริเวณบ่อเลี้ยงเนื่องจากการสะสมของเกลือที่มากับน้ำที่ใช้ ในการเลี้ยงกุ้ง และมีผลต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงโดยการรั่วไหลของน้ำเค็มออกไปปนเปื้อนแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือน้ำชลประทานซึ่งใช้ในการปลูกข้าวหรือไม้ผล และมีผลทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม (Miller et al., 1999) สมศรี และรังสรรค์ (2540) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงกุ้งทำให้พื้นที่เกษตรกรรมเกิดสภาพดินเค็มมีระดับความเค็มอยู่ในช่วง 6-20 dS/m นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม การทิ้งตะกอนบ่อกุ้งเข้าไปในเขตกสิกรรม การระบายน้ำจากบ่อกุ้งลงไปในลำคลอง และคุณภาพน้ำความขัดแย้งของผู้ใช้น้ำจืดในการกสิกรรมและน้ำในการเลี้ยงกุ้ง นฤมล และนันทิยา (2541) ศึกษาการแพร่กระจายของความเค็ม และการสะสมของกำมะถันในดินอันเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด ที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม โดยเก็บตัวอย่างดินตั้งแต่ระยะ 50 ม. จนถึง 150 ม. จากบ่อเลี้ยงกุ้ง และเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินที่เก็บจากระยะห่าง 1 กม. จนถึง 2 กม. ผลของการศึกษาพบว่า ดินมีความเค็มสูงขึ้น การแพร่กระจายของความเค็มในช่วงฤดูฝนจะสูงกว่า

การแพร่กระจายในช่วงฤดูแล้ง และการเปลี่ยนแปลงของความเค็มจะเห็นเด่นชัดในดินบนในช่วงความลึกระหว่าง 0-50 ซม. และมีการสะสมกำมะถันสูงขึ้น โดยรูปแบบการเพิ่มขึ้นของกำมะถันมีลักษณะใกล้เคียงกับการเพิ่มขึ้นของความเค็มในดิน และการเพิ่มขึ้นของความเค็มของดิน และปริมาณกำมะถันในดินเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน

ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินนาชุดบางกอก (Bangkok series) ภายหลังจากนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยเปรียบเทียบกับดินในนาข้าวที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงนากุ้ง พบว่าสมบัติทางเคมีของดินนาที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเปลี่ยนไป โดย pH สูงกว่าช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว EC เพิ่มขึ้น 3.96 เท่า % organic matter ลดลง Na K Ca และ Mg เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ Na เพิ่ม 21 เท่า ปริมาณของ ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ ทองแดง และสังกะสี เพิ่มขึ้น ส่วนแมงกานีสจะมีปริมาณลดลง

ได้มีการคาดคะเนปริมาณของเกลือต่อการเลี้ยงกุ้งหนึ่งครั้งเท่ากับ 2.7 ตันต่อพื้นที่ 6.25 ไร่ โดยในการเลี้ยงกุ้ง 6.25 ไร่ จะใช้น้ำ 3 คันรถแต่ละคันบรรจุ 15 ตัน น้ำมีความเค็ม 60 ppt และการเลี้ยงกุ้งส่วนมากจะเลี้ยงกุ้ง 2 ครั้งต่อปี ดังนั้นใน 1 ปีจะมีเกลือเข้ามาในพื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับ 5.4 ตัน ต่อพื้นที่ 6.25 ไร่ ต่อปี

จากปัญหาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม และสภาพแวดล้อมเนื่องจากการใช้ความเค็มสูงที่เกินไป และการจัดการไม่ดี รวมไปถึงไม่มีระบบป้องกันการแพร่กระจายของความเค็ม จึงได้มีการเสนอการเลี้ยงกุ้งในระบบทฤษฎีใหม่ ซึ่งในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบนี้จะมีการป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มจากบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง โดยมีการใช้คูน้ำ คันดิน ระบบบำบัด

การเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็ม

นาข้าวดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นดินซุ่ยหรือเอ็ดที่มีเกลือ (Re-saline) จัดอยู่ในกลุ่มดินซุ่ย 20 เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย เนื่องจากอยู่ในที่ลุ่มในฤดูฝนจึงมีน้ำ ชังนาน 3-4 เดือนเหมาะกับการปลูกข้าว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ บนผิวดินมีคราบเกลือเป็นหย่อมๆ บริเวณคราบเกลือนี้ต้นข้าวจะตาย หรือแคระแกรน ไม่แตกกอ ผลผลิตข้าวที่ได้ ต่ำ เฉลี่ย 10-15 ถึงต่อไร่ สังเกตว่านาข้าวเป็นนาดินเค็มจากคราบเกลือบนผิวดิน การเจริญเติบโตของนาข้าว หรือวัชพืชที่ขึ้นในนา

การเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็มน้อยและเค็มปานกลาง สามารถทำได้ดังนี้

1. ชังน้ำในแปลงนาเพื่อชะล้างเกลือจากดิน โดยใช้น้ำฝนหรือน้ำชลประทาน ชะล้างคราบเกลือ แล้วระบายออกไป น้ำที่ชังในน่ายังช่วยชะเกลือที่อยู่สะสมในดินชั้นบนให้ซึมลงไปในดินชั้นล่าง ให้อยู่ลึกเลียบบริเวณรากข้าว ทั้งนี้สังเกตจากการเปลี่ยนสีของน้ำเป็นสีน้ำตาลอ่อน แล้วจึง

ระบายน้ำออกจากนาข้าว ความเค็มดินในกระตังน้ำจะเจือจางลง ควรล้างดิน 2-3 ครั้ง ก่อนไถพรวนดิน

2. ใส่อินทรีย์วัตถุปรับปรุงบำรุงดินเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน เช่น ปุ๋ยคอก แกลบ อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือใช้โสนอัฟริกันเป็นพืชปุ๋ยสด โดยหว่านเมล็ดอัตรา 7 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีฝนในเดือนพฤษภาคม แล้วไถกลบเมื่อโสนออกดอก ซึ่งจะตรงกับเดือนสิงหาคม เป็นช่วงที่เกษตรกรเตรียมดินเพื่อปักดำ ข้าวพอดี

3. ใช้พันธุ์ข้าวทนเค็ม เช่น ขาวดอกมะลิ 105 เหนียวสันป่าตอง ขาวตาแห้ง กข. 1 กข.6 กข.7 กข.8 กข.15 การตกกล้าใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว 5 กิโลกรัมต่อไร่ ปักดำ เมื่อกล้าอายุ 30-35 วัน ระยะปักดำ ถิ่นขึ้น คือ 20x20 ซม. จำนวนกล้า 5-8 ต้นต่อจับ

4. การใส่ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งละเท่าๆ กัน เมื่อระยะ 7-10 วันหลังปักดำ เมื่อดันกล้าตั้งตัวได้แล้ว ระยะแตกกอ และระยะข้าวตั้งท้อง

5. เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวไปแล้ว ไม่ปล่อยให้หน้าดินว่าง เพราะการระเหยน้ำจากดินเป็นการเร่งให้เกลือขึ้นมาสะสมที่หน้าดินอีก ควรคลุมดินด้วยวัสดุคลุมดิน เช่น ฟางข้าว เศษพืช แกลบ เพื่อลดอัตราการระเหยน้ำจากดิน ขณะเก็บเกี่ยวข้าวควรเหยียบย่ำต่อซังที่เหลือให้ปกคลุมดินไว้ เมื่อเตรียมดินปลูกครั้งต่อไปก็จะได้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น และปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้น