

การแก้ปัญหาพื้นที่ดินปนเปื้อนความเค็ม

กรณีศึกษา : พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ

Rehabitation of Salt Contaminated Soils

Case Study : Shrimp Farming Area

นางละเอียด สินธุเสน

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญรูป	ค
สารบัญตารางผนวก	ง
บทคัดย่อ	1
บทนำ	3
วัตถุประสงค์	4
ขอบเขตการศึกษาวิจัย	5
เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	11
ผลการศึกษาวิจัย	28
สรุปผลและวิจารณ์	49
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	63

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1	สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ศึกษาในห้องปฏิบัติการ	13
ตารางที่ 2	ความต้องการปูนแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ และแคลเซียมซัลเฟตโดยน้ำหนักใช้บ่มดิน	14
ตารางที่ 3	สมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ	28
ตารางที่ 4	สมบัติทางเคมีบางประการของตัวอย่างดินที่ศึกษาในห้องปฏิบัติการ	29
ตารางที่ 5	การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยา(pH)ของดิน ก่อนและหลังล้างดิน (Ttest –T9)	31
ตารางที่ 6	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ(Electrical Conductivity:ECe) ที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังล้างดิน (Ttest –T9)	33
ตารางที่ 7	การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียม(Sodium Absorption Ratio : SAR) ก่อนและหลังล้างดิน (Ttest –T9)	36
ตารางที่ 8	การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดิน (Exchange Sodium Percentage:ESP) ก่อนและหลังล้างดิน(Ttest –T9)	40
ตารางที่ 9	ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ก่อนล้างดิน	44
ตารางที่ 10	ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หลังจากล้างดินด้วยน้ำอย่างเดียว	45
ตารางที่ 11	ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จากการบ่มดินด้วยปูนแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแคลเซียมซัลเฟตอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วล้างดิน	46
ตารางที่ 12	ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หลังจากการบ่มดินแบบต่อเนื่องแล้วล้างดิน	48

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	การบรรจุดินในท่อ PVC	15
รูปที่ 2	การล้างดินเค็มในห้องปฏิบัติการ	16
รูปที่ 3	กราฟเปรียบเทียบค่าปฏิกิริยาของดินก่อน(Ttest) และหลังล้างดิน(T0 –T9)	30
รูปที่ 4	กราฟเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ(ECe)วัดที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อน(Ttest) และหลังล้างดิน(T0 –T9)	33
รูปที่ 5	กราฟเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดิน (SAR)ก่อน(Ttest) และหลังล้างดิน(T0 –T9)	36
รูปที่ 6	กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดิน (ESP)ก่อน(Ttest) และหลังล้างดิน(T0 –T9)	40

สารบัญตารางผนวก

	หน้า
ตารางผนวกที่ 1	
ข้อกำหนดต่างๆที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี	64
1	
ระดับปฏิกิริยาของดิน	
2	
ระดับความสูงต่ำของความอิ่มตัวด้วยธาตุประจุบวกต่าง (%BS)	
3	
ระดับปริมาณร้อยละของอินทรีย์วัตถุในดิน	
4	
ระดับความสูงต่ำของธาตุอาหารพืชฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในดิน	
5	
ระดับความสูงต่ำของความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของดิน	
ตารางผนวกที่ 2	
วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผล การวิเคราะห์ดิน	66

การแก้ปัญหาพื้นที่ดินปนเปื้อนความเค็ม กรณีศึกษา : พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ

Rehabilitation of Salt Contaminated Soils; Case Study : Shrimp Farming Area

ละอียด สินธุเสน

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาความเค็มในพื้นที่ดินปนเปื้อนความเค็มจากน้ำทะเลของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง และตะนาวศรี โดยการล้างดินด้วยน้ำอย่างเดียว การบ่มดินด้วยวัสดุแล้วล้างดิน และการบ่มดินด้วยวัสดุแบบต่อเนื่องแล้วล้างดิน พบว่า การสะสมของเกลือในพื้นที่ขึ้นอยู่กับอนุภาคดิน ปริมาณน้ำทะเล และระยะเวลาที่น้ำทะเลกักขังอยู่ในดิน การล้างดิน 5 ครั้งทำให้ดินสุราษฎร์ธานี1 ชุมพร ระนอง และตะนาวศรี1 ไม่มีความเค็ม ส่วนดินสุราษฎร์ธานี2 และดินตะนาวศรี2 มีความเค็มเพียงเล็กน้อย การล้างดินเพียงอย่างเดียวไม่สามารถยกระดับค่าปฏิกิริยาดินได้ดีเท่ากับการใช้ แคลเซียมคาร์บอเนตครึ่งอัตราแล้วล้างดิน 5 ครั้ง การใช้แคลเซียมซัลเฟตครึ่งอัตราแล้วล้างดิน 5 ครั้ง สามารถลดค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียมในกลุ่มดินเนื้อหยาบถึงดินเนื้อละเอียดของ จังหวัดระนอง และ ตะนาวศรี ส่วนการบ่มดินแบบต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราแล้วบ่ม ดินเปียกต่อด้วยปูนแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา(T8)และครึ่งอัตรา(T9) มีความเหมาะสมที่สุดใน ดินชุมพร ระนอง และตะนาวศรี1 ทำให้ดินอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช แต่การบ่มดิน แบบต่อเนื่องด้วยปูนแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราแล้วบ่มดินเปียกต่อด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็ม อัตราทำให้ระดับอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมในดินชุมพรลดลงได้มากที่สุด

Abstract.

To solve the problems of salt contaminated soils of Chumphon, Ranong, Surat Thani and Chachoengsao province by washing with fresh water; incubate soils with some soil amendment materials; incubate soils with calcium carbonate following with calcium sulfate. The results reveal that the salt accumulation not only depend on the soil texture but also depend on the duration of entrapped sea water. By washing the soil five times, soil salinity of Surat Thani1, Chumphon, Ranong and Chachoengsao1 could be got rid off, while Surat Thani2 and Chachoengsao2 got slightly salinity. Only washing could not raise the soil pH as using of calcium carbonate as half rate of lime requirement and then wash five times. The use of only calcium sulfate as half rate of gypsum requirement and then wash five times could reduce SAR of coarse texture soil from Ranong province and fine texture soil from Chachoengsao province. Incubate soil with calcium sulfate as full rate of gypsum requirement and following incubate wet soils with calcium carbonate as full rate (T8) and half rate (T9) are the most appropriate for the Chumphon, Ranong and Chachoengsao1, for that pH, SAR and ESP were changed to the level harmful to plants. Using calcium carbonate as full rate following incubate wet soils with calcium sulfate as full rate of gypsum requirement (T6) could reduce SAR of Chumphon soils to the least.

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษาวิจัย

การปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่การเกษตรเดิมเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำ ซึ่งเดิมเคยเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเล หรือบริเวณพื้นที่น้ำกร่อย โดยบรรทุกน้ำทะเลที่มีความเค็มสูงผสมใส่บ่อน้ำจืดที่อยู่ในพื้นที่นา หรือพื้นที่สวน แล้วอนุบาลเลี้ยงลูกกุ้งฯ จนกระทั่งได้ขนาดตัว กุ้งฯ ตามความต้องการของตลาด และจับขายเป็นรุ่นๆ ไป โดยระหว่างอนุบาลกุ้งฯจนได้ขนาดตัว กุ้งฯที่จะขายต้องหมั่นตรวจสอบความเค็มของน้ำ และเติมน้ำทะเลให้มีความเค็มที่กุ้งฯ จะเจริญเติบโตได้ในรอบการเลี้ยงนั้นๆ แต่จากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีฝนตกชุก ประกอบกับลักษณะของดินเป็นดินเปรี้ยวถึงเปรี้ยวจัดที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดรุนแรงถึงกรดจัด มักพบชั้นจาโรไซค์เป็นจุดประสีเหลืองฟางขาวถึงสีน้ำตาลในดินล่างที่จะปลดปล่อยความเป็นกรดแฝงอย่างต่อเนื่อง ทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งฯ มีปฏิกิริยาเป็นกรด หรือบางครั้งพบเป็นสนิมเหล็กลอยอยู่บนผิวน้ำ เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้การเลี้ยงกุ้งฯ ไม่ประสบความสำเร็จอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดิมนอกจากปัญหาการแพร่ระบาดของโรค เช่น โรคหัวเหลือง ตัวแดงจุดขาว โรคเรืองแสง โรคตายด่วนแล้ว ทำให้เกิดภาวะขาดทุน และต้องทิ้งบ่อเลี้ยงกุ้งฯเดิม ย้ายไปพื้นที่ใหม่เรื่อยๆ ทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรมเนื่องจากความเค็ม และเกิดการแพร่กระจายความเค็มตามมา ต่อมารัฐบาลได้กำหนดเขตพื้นที่น้ำจืดที่ห้ามเลี้ยงกุ้งฯ ในพื้นที่จังหวัดภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ คือ จังหวัดปทุมธานี นครนายก พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี อุทัยธานี ปราชินบุรี ราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี นครสวรรค์ ประจวบคีรีขันธ์ ตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ระนอง พังงา กระบี่ ตรัง สตูล และจังหวัดพัทลุง แล้วมอบหมายให้กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กำหนดเขตพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแทน ขณะเดียวกันให้พัฒนาพื้นที่ที่ผ่านการ

เลี้ยงกุ้งฯให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพยั่งยืน และเป็นต้นแบบเพื่อขยายผลต่อไป

การศึกษาการแก้ปัญหาพื้นที่ดินปนเปื้อนความเค็มด้วยวัสดุธรรมชาติ แล้วล้างดินด้วยน้ำจืดให้ความเค็มลดลงในขณะที่พื้นที่นั้นๆเป็นดินเปรี้ยว จึงจำเป็นต้องศึกษาวิจัยการแก้ปัญหาระหว่างดินเปรี้ยว และดินเค็มควรจะทำกิจกรรมใดก่อน เพราะการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวและดินเค็มจะเป็นอิสระต่อกัน และการแก้ปัญหาแต่ละด้านก็ใช้เวลามาก หรือสามารถจะแก้ปัญหาคู่ขนานไปพร้อมๆกัน แต่ต้องไม่ใช้เวลามากนัก โดยกิจกรรมทั้งหมดต้องเสร็จสิ้นก่อนฝนแรกที่เกษตรกรจะเริ่มเพาะปลูก และเป็นต้นแบบที่ปฏิบัติได้จริง จากการหารือของผู้เชี่ยวชาญจาก FAO ทำให้ทราบว่ายังไม่มีประเทศใดที่ประสบปัญหาเช่นประเทศไทยที่เป็นความเค็มสะสมจากการบรรทุกน้ำทะเลมาได้ในแผ่นดิน และเป็นปัญหาเฉพาะของดินที่มีทั้งความเค็มและเปรี้ยวในดินเดียวกัน จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมของการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟตในการแก้ปัญหาดังดินเค็ม ดินเปรี้ยว ในดินตัวอย่างเดียวกันต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน
2. เพื่อเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดินหลังผ่านการแก้ปัญหาดังวิธีการต่างๆและหลังล้างดินด้วยน้ำจืด
- 3 เพื่อเป็นคู่มือการพัฒนาดินที่ปนเปื้อนความเค็มจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ขอบเขตการศึกษาวิจัย

เก็บตัวอย่างดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จากจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นตัวแทนจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ สุราษฎร์ธานี1 บ้านคลองห้วย หมู่ 7 ตำบลวัง อำเภอนาขน และสุราษฎร์ธานี2 บ้านท่ากระดาศ หมู่ 1 ตำบลท่าขนะ อำเภอนาขน จังหวัดชุมพรเป็นตัวแทนจำนวน 1 ตัวอย่าง ได้แก่ พื้นที่หมู่ 1 ตำบลวิสัยใต้ อำเภอสวี จังหวัดระนองเป็นตัวแทนจำนวน 1 ตัวอย่าง ได้แก่ พื้นที่หมู่ 1 ตำบลบางหิน อำเภอกะเปอร์ และจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นตัวแทนจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ฉะเชิงเทรา 1 ตำบลคลองบ้านโพธิ์ อำเภอบ้านโพธิ์ และฉะเชิงเทรา 2 ตำบลโยธกา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ

เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ดินที่ได้รับอิทธิพลของเกลือหรือที่เรียกว่า ดินเค็ม หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่เป็นจำนวนมากในสารละลายดิน จนมีผลกระทบหรือเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช และทำให้ผลผลิตของพืชที่ได้รับน้อยกว่าดินที่ไม่มีผลกระทบของความเค็มอย่างเด่นชัด (Ricards, 1954; Western Fertilizer handbook, 1995; Hanson et al., 1999; Bauder, 2001; Bauder and Brock, 2001; USDA, Natural Resource Conservation Service, 2002) โดยเกลือที่พบในดินเค็มเกิดจากการรวมตัวของธาตุประจุบวกโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม กับธาตุประจุลบคลอไรด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ในเตรทซึ่งจะพบอยู่ในรูปของโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมไนเตรทแมกนีเซียมซัลเฟต และ แมกนีเซียมคลอไรด์(สมศรีและคณะ,2523; Sys, 1979; Szabolcs, 1985) ขณะที่Soil Science Society of America (1984) รายงานว่า ดินเค็มหมายถึง ดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำได้ง่ายมากพอที่จะทำให้ผลผลิตพืชลดลงอย่างชัดเจน มีค่าการนำไฟฟ้า(Electric Conductivity: E_{Ce})ของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ((Saturated Paste Extract) วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มากกว่า 4 เดซิซิเมนส์ต่อเมตร(dS/m) ค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนที่ได้(Exchangeable Sodium Percentage : ESP) น้อยกว่า 15 ค่าอัตราส่วนการดูดซับ โซเดียม(Sodium Adsorption Ratio : SAR) น้อยกว่า 13 และค่าปฏิกิริยาของดิน(pH) น้อยกว่า 8.5 ความเค็มมีอิทธิพลต่อพืชโดยที่ Ayers and Westcot (1985) รายงานว่า ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้า 3.8 เดซิซิเมนส์ต่อเมตรสามารถให้ผลผลิตข้าวร้อยละ 90 ที่ค่าการนำไฟฟ้า 7.2 เดซิซิเมนส์ต่อเมตรให้ผลผลิตข้าวร้อยละ 50 และที่ค่าการนำไฟฟ้า 11 เดซิซิเมนส์ต่อเมตรไม่ให้ผลผลิตข้าวเลย ทั้งนี้เนื่องจากการขาดน้ำ การสะสมไอออนที่เป็นพิษ และความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน(Luttge et al., 1984 และ Sharma, 1984) การที่ดินมีประจุบวกโซเดียมในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเลวลงและไม่เหมาะสม

กับการเพาะปลูก เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวที่ฟุ้งกระจายตัว(disperse)จะเคลื่อนย้ายไปอุดตันช่องว่างของดินทำให้โครงสร้างของดินเสียเกิดเป็นดานแข็งและแน่นทึบ(surface crust) เป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ดพืช แม้ชั้นดินนั้นจะมีความหนาเพียง 2-3 เซนติเมตรก็ตาม (Van Schilfgaarde et al.,1974 ; Agassi et al., 1985; Shainberg and Singer, 1985; Abu-sharon et al., 1987 และ Samanai, 1992) สอดคล้องกับ Munshower(1994) รายงานว่า ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR)ที่เพิ่มขึ้นจาก 12 เป็น 15 ทำให้เกิดปัญหาหกรุนแรงด้านกายภาพของดิน และพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ตามรายงานของ Szabolcs (1985) กล่าวว่า การกระจายของพื้นที่ดินเค็มในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีพื้นที่มากถึง 19.9 ล้านเฮกตาร์ ได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย เวียดนาม สาธารณรัฐประชาธิปไตยกัมพูชา และประเทศไทย ส่วนการแพร่กระจายของดินเค็มจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล อารีย์ (2530) รายงานว่า เดิมบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนในของประเทศไทยเคยเป็นแหล่งเลี้ยงกุ้งทะเลที่สำคัญที่สุดบริเวณหนึ่ง โดยเริ่มมีการเลี้ยงกุ้งฯ ตั้งแต่ พ.ศ. 2490 และเป็นการเลี้ยงกุ้งฯ แบบธรรมชาติ(extensive)ที่ไม่มีการให้อาหาร และอาศัยพันธุ์ลูกกุ้งจากธรรมชาติ โดยได้รับผลผลิตกุ้งอยู่ในเกณฑ์ต่ำประมาณ 25 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่วนการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา(intensive) เริ่มต้นที่จังหวัดสมุทรสงครามเป็นแห่งแรกในปี พ.ศ. 2527(ยนต์, 2531) ขณะที่กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง(2542) รายงานว่า พื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณก้นอ่าวไทย จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี มีเนื้อที่รวมกันประมาณ 100,000 ไร่ในอดีตเป็นแหล่งที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาแห่งแรกของประเทศไทยที่ให้ผลผลิตสูงถึง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่มากกว่า 10 ปี หลังจากนั้นมีการขยายพื้นที่อย่างกว้างขวางบริเวณอ่าวไทยตอนใน แต่ปลายปี พ.ศ. 2532 เกิดปัญหาการตายของกุ้งฯ โดยไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน ทำให้พื้นที่เลี้ยงกุ้งฯ ลดลงมาก การขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งฯ จากแถบจังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม จึงขยายไปยังจังหวัดอื่นๆ (บังอร และ จุมพล, 2532) สอดคล้องกับข้อมูลกองเศรษฐกิจการประมง(2539) รายงานว่า ในปี

พ.ศ. 2532 บริเวณอำเภอไทยตอนในมีการขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งฯ สูงสุด ในจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี ทั้งหมด 208,486 ไร่ ซึ่งการเลี้ยงกุ้งฯ ทั้งแบบธรรมชาติ แบบกึ่งพัฒนา และพัฒนาในจังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร และสมุทรปราการ มีพื้นที่มากถึง 71,527 54,137 และ 82,822 ไร่ ตามลำดับ แต่ในปี 2537 เมื่อเกิดปัญหาการตายของกุ้งฯ โดยไม่ทราบสาเหตุทำให้พื้นที่เลี้ยงกุ้งฯ แบบพัฒนาของแต่ละจังหวัดดังกล่าวลดลงเหลือ 1,025 1,003 และ 70 ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2532 ที่มีพื้นที่เลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจำนวน 36,656 26,902 และ 1,734 ไร่ ตามลำดับ (กองเศรษฐกิจการประมง, 2539) ซึ่งผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งฯ ในเขตพื้นที่น้ำจืดต่อทรัพยากรดิน ไชยสิทธิ์(2543) ได้รายงานว่าการแพร่กระจายความเค็มมีแนวโน้มเกิดขึ้นทุกระดับความลึก และทุกระยะที่ห่างจากบ่อเลี้ยงกุ้งฯ ทั้งๆที่บ่อนั้นได้ผ่านการเลี้ยงกุ้งฯ มาไม่ถึง 1 ปี ส่วนการศึกษาผลกระทบของการแพร่กระจายความเค็มสู่ดินและพื้นที่ข้างเคียงรอบบ่อที่มีต่อพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในพื้นที่ศึกษาบ้านบางอิโพน อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก บ้านลาดขาว อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา บ้านหัวดอน อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี และบ้านไผ่แก้ว อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า มีค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณประจุบวกโซเดียม และอัตราการดูดซับของโซเดียม มีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งฯ โดยเฉพาะพื้นที่ศึกษาบ้านบางอิโพนมีผลกระทบชัดเจนที่สุด รองลงมาได้แก่ บ้านลาดขาว บ้านหัวดอน และบ้านไผ่แก้ว สำหรับแนวทางการจัดการดินเค็ม ไชยสิทธิ์ (2543) ได้เสนอแนวทางแก้ไข และปรับปรุงดินเค็มดังนี้ โดยวิธีการทางกายภาพ คือ การไถลึก (deep plowing) ซึ่งจะช่วยให้ผลดีกับดินที่มีการซาบซึมน้ำได้ต่ำ และเป็นชั้นดินอยู่ระหว่างชั้นดินที่มีการซาบซึมน้ำได้ดี ซึ่งจะทำให้เกิดการซาบซึมน้ำเพิ่มขึ้น น้ำฝนจะสามารถชะล้างเกลือบริเวณหน้าดินให้ลงมาได้ลึกเพิ่มขึ้น และการสะสมเกลือก็จะพ้นเขตรากพืช ทำให้พืชที่ปลูกไม่ได้รับผลกระทบจากความเค็ม การทำให้ดินล่างแตกแยก(sub soiling)ด้วยเครื่องมือ โดยบากดินให้เกิดร่อง จะช่วยให้น้ำซึมลงได้สะดวก ถ้า

มีการทลายชั้นดินล่างที่แน่นทึบได้อย่างเหมาะสม การใส่ทราย(sanding)โดยเฉพาะในดินเหนียวจัด จะช่วยให้การระบายน้ำ อากาศ และรากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี การสลับชั้นดิน(profile inversion)ด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น แกลบจะตัดวงจรการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มใต้ดินชั้นมาระเหยบนผิวดิน หรือโดยวิธีทางชีวภาพ กล่าวคือ การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินเช่น ใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด นอกจากเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินแล้วยังเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ให้แก่ดิน หรือโดยวิธีการทางเคมี กล่าวคือ การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีของดิน ตามด้วยการชะล้างด้วยน้ำ และระบายน้ำทิ้งควบคู่ไปด้วยกันเสมอ โดยสารเคมีที่ใช้ได้แก่ ยิปซัม แคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารประกอบของเกลือที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย (Hesse,1971) จากผลการศึกษาของ Ilyas et al.(1997) พบว่า การปรับปรุงดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรด้วยยิปซัมไปแล้วนาน 6 เดือนทำให้ปริมาณประจุบวกโซเดียม และค่าการนำไฟฟ้าของดินลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ระดับความลึกเดียวกันที่ไม่ใส่ยิปซัมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความชื้นม่นร้อยละ 95 ซึ่งหากมีการขังน้ำร่วมด้วยก็จะสามารถชะล้างเกลือออกมาได้ หรือการใช้สารเคมีจำพวกกรด หรือที่ก่อให้เกิดกรด ได้แก่ ผงกำมะถัน(S) กรดกำมะถัน(H_2SO_4) เหล็กซัลเฟต ($FeSO_4$) อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) และสารประกอบของเกลือที่ละลายน้ำยาก ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ปูนขาว แทนได้ หรือโดยวิธีการล้างดินซึ่งจะประสบความสำเร็จได้ดีขึ้นอยู่กับการชะล้าง(leaching) และการระบายน้ำ(drainage) ให้พื้นบริเวณดิน เพื่อป้องกันไม่ให้เกลือกลับมาสะสมในดินที่มีการปรับปรุง การล้างดินควรใส่ยิปซัมแล้วไถคลุกเคล้าไปกับดินให้ทั่ว จากนั้นบ่มดินและขังน้ำไว้ ทำเช่นนี้จนกว่าเกลือ และ โซเดียมที่แลกเปลี่ยนที่ได้ลดลงถึงระดับที่ปลูกพืชได้ การชะล้างหากน้ำใต้ดินสูง จำเป็นต้องลดระดับน้ำใต้ดินด้วยการระบายน้ำออกก่อนการชะล้าง และหลังการชะล้าง เพื่อมิให้ดินกลับสู่สภาพเดิมอีก ชاکริต (2544) ได้ศึกษาการปรับปรุงดินเค็มในพื้นที่ของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้ น้ำชะล้างเกลือออกจากดิน 3 วิธี คือ ให้น้ำ

ท่วมขังดินตลอดเวลา ให้น้ำท่วมขังดิน เป็นเวลา 7 วันต่อครั้ง และให้น้ำในอัตราน้อยกว่าการซึมของน้ำผ่านดิน ผลการศึกษาการใช้น้ำชะล้างเพื่อปรับปรุงดินเค็ม โดยให้น้ำท่วมขังตลอดเวลาให้น้ำท่วมขังสูง 75 เซนติเมตร มีแนวโน้มว่าการชะล้างเกลือเฉลี่ยตลอดความลึกของดิน 1 เมตรได้ร้อยละ 95.67 และโดยวิธีผสมผสาน โดยการให้น้ำล้างดินมีทั้งแบบต่อเนื่องและแบบขังน้ำเป็นช่วงเวลา พบว่าแบบต่อเนื่องใช้เวลาในการแก้ไขดินเค็มได้รวดเร็วกว่าแต่ต้องใช้ปริมาณน้ำมาก ส่วนแบบขังน้ำใช้เวลาในการแก้ไขดินเค็มช้ากว่า แต่ประหยัดน้ำ สำหรับการแก้ปัญหาความเป็นกรดของดินนั้น พงนิษฐ์ และคณะ(2544) พบว่า การบ่มดินเปรี้ยวด้วยปูนแคลเซียมคาร์บอเนตในห้องปฏิบัติการของดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร โดยใช้อัตราปูนแคลเซียมคาร์บอเนตตามค่าวิเคราะห์ดินโดยวิธีของวูดเวิร์ฟฟ์ หลังบ่มดินครบ 7 วัน ทำให้ค่าปฏิกิริยาของชุดดินยูรยา เสนา รังสิต ชัยบุรี รังสิตกรดจัด และชุดดินองครักษ์ เพิ่มขึ้น โดยค่าปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงจาก 4.9 4.8 4.9 4.4 4.6 และ 4.4 เป็น 6.6 6.0 5.8 5.6 5.4 และ 5.1 ตามลำดับ ขณะที่ดินชั้นล่างที่ความลึก 20-40 เซนติเมตร ค่าปฏิกิริยาของชุดดินดังกล่าวก็เพิ่มขึ้น โดยค่าปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงจาก 4.6 3.9 4.4 4.4 4.2 และ 3.8 เป็น 6.0 5.0 5.3 6.1 5.2 และ 5.0 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม Ritchey et al.(1980) ก็กล่าวว่า การใส่ปูนสามารถยับยั้งความเป็นพิษของอลูมิเนียม และความเป็นกรดของดินบน แต่กระนั้นก็ไม่ส่งผลถึงดินล่าง นอกเสียจากเกิดการเคลื่อนย้ายของประจุบวกแคลเซียมลงไปทำปฏิกิริยากับความเป็นกรดของดินล่างได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Carter and Ruffy (1993) ที่ได้กล่าวว่า ความเป็นกรดของดินล่างไม่สามารถแก้ไขได้สมบูรณ์จากการใช้ปูนที่ดินชั้นบน ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดของรากพืชที่จะชอนไชไปสู่ดินล่าง เพื่อดูดซับธาตุอาหารพืชและน้ำที่มีอยู่ในดินล่าง

วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

- 1 เครื่องมือ อุปกรณ์
 - 1.1 เครื่อง pH-Meter ยี่ห้อ Beckman
 - 1.2 เครื่อง EC-Meter (Electric Conductivity) ยี่ห้อ JENWAY 430
 - 1.3 เครื่องสกัดสารละลายดินที่อิมตัวด้วยน้ำ (Baroid press)
 - 1.4 เครื่อง Flame Photometer ยี่ห้อ Corning รุ่น 410
 - 1.5 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น 2380
 - 1.6 เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Lambda 35
 - 1.7 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Mettler รุ่น Scout Pro มีความละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง และ เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC 210S มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
 - 1.8 เครื่องเขย่า ยี่ห้อ New Brunswick รุ่น Innova 2300
 - 1.9 เครื่องแก้วชนิดต่างๆที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
 - 1.10 ถังพลาสติก
 - 1.11 ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.40 เซนติเมตร ยาว 65 เซนติเมตร โคยรอบๆ พื้นผิวท่อ PVC เจาะรูทะลุพื้นผิวภายใน ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร แต่ละรูเจาะให้ห่างกัน 2.0 เซนติเมตร
- 2 วัสดุ สารเคมีชนิดรีเอเจนท์เกรด และวิธีเตรียม
 - 2.1 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, CaCO_3)
 - 2.2 แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulphate, $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$)
 - 2.3 สตรอนเทียมคลอไรด์ (Strontium chloride, $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
 - 2.4 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) เข้มข้นร้อยละ 95-98 ความถ่วงจำเพาะ 1.84
 - 2.5 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) เข้มข้นร้อยละ 37 ความหนาแน่น 1.19
 - 2.6 แอมโมเนียม โมลิบเดต (Ammonium molybdate, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$)
 - 2.7 แอมโมเนียม อะซิเตรท (Ammonium acetate, NH_4OAc)
 - 2.8 แอมโมเนียม คลอไรด์ (Ammonium chloride (NH_4Cl))
 - 2.9 เอทานอล (Ethanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

2.10 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยละลายผลึกโซเดียมคลอไรด์น้ำหนัก 100 กรัมด้วยน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก 4.7 มิลลิลิตร เพื่อให้สารละลายเป็นกรด เดิมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

2.11 สารละลายโซเดียมซิเตรต (Sodium citrate, $C_6H_5O_7Na$) ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ โดยละลายโซเดียมซิเตรต 77.418 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.12 สารละลายโซเดียมไบคาร์เนต (Sodium bicarbonate, $NaHCO_3$) ความเข้มข้น 1.0 นอร์มอล โดยละลายโซเดียมไบคาร์เนต 84.007 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.13 สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล โดยละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 49.0308 กรัม ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น(desiccator) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.14 สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต(Ferrous ammonium sulfate, $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล โดยละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 196.07 กรัม และเติม 25 มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 95-98 ความถ่วงจำเพาะ 1.84 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.15 สารละลาย 0.025 โมลาร์ 1,10 Phenanthroline ferrous sulfate โดยละลาย เฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulfate, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.7 กรัมในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร และ 1.48 กรัม ของออร์โทฟีแนนโทรีน(1,10 Phenanthroline, $C_{12}H_8N_2$) ในแอลกอฮอล์ 5 มิลลิลิตร เทสารละลายทั้งสองผสมกัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.16 สารละลายสกัด Bray II (เตรียมได้จากแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (Ammonium fluoride, NH_4F)ความเข้มข้น 0.03 นอร์มอล,กรดไฮโดรคลอริก(Hydrochloric, HCl)ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล) (Bray and Kurtz, 1945) โดยละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ 1.1111 กรัม และปิเปตกรดไฮโดรคลอริก 0.83 มิลลิลิตรเจือจางในน้ำกลั่น ผสมสารละลายทั้งสองรวมกัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.17 สารละลายบัฟเฟอร์ของวูดรUFF (เตรียมได้จากโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium, NaOH) ความเข้มข้น 0.03 นอร์มอล, แคลเซียมอะซิเตท (calcium acetate, $Ca(OAc)_2$ ความเข้มข้น 0.50 นอร์มอล, พาราไนโตรฟินอล(4 Nitrophenol, $C_6H_5NO_2$)ความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล) (Woodruff, 1947)

โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.2 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เพื่อใช้ละลายแคลเซียมอะซิเตต 40.0 กรัม(แคลเซียมอะซิเตตจะละลายง่าย ไม่ฟุ้งกระจาย และไม่ใช่อนุภาคแขวนลอย) และละลายพาราไนโตรฟินอล 8.0 กรัมด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรโดยประมาณที่มีอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เทสารละลายทั้งหมดใส่ขวดปริมาตร(Volumetric flask)ขนาดปริมาตร 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 900 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นสารละลายเดียวกัน ทิ้งให้เย็น ปรับค่าปฏิกิริยาของสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมได้ให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง หรือกรดอะซิติกเจือจางจนได้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นกลาง(pH=7.00)ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

3 การทดลอง

3.1 ย่อยตัวอย่างดินให้เป็นก้อนเล็กๆ ผึ่ง และตากให้แห้งในที่ร่ม แบ่งตัวอย่างดินทั้ง 6 ตัวอย่าง ออกเป็นตัวอย่างละ 2 ส่วน

3.1.1 ตัวอย่างดินส่วนที่ 1 ย่อยต่อด้วยเครื่องย่อยตัวอย่างดินแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ(ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

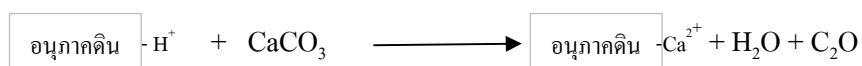
จังหวัดที่มาของตัวอย่างดิน	ปฏิกิริยาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	LR (Kg/rai)	GR (Kg/rai)	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ 25 องศาเซลเซียส(ECe)	ค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียม(SAR)
สุราษฎร์ธานี1	2.7	2,028	332	14.44	28.65
สุราษฎร์ธานี2	3.2	2,340	398	10.72	36.62
ชุมพร	4.2	936	464	3.81	6.67
ระนอง	4.6	468	729	7.27	20.77
ละเชิงเทรา1	4.2	2,028	2,719	5.05	9.69
ละเชิงเทรา2	4.4	936	3,448	9.57	23.24

หมายเหตุ LR = ปริมาณปูนแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์เต็มอัตรา(กิโลกรัมต่อไร่) (lime requirement : LR, Woodruff, 1948) เพื่อปรับสมดุลปฏิกิริยาความเป็นกรดของดินเปรี้ยว

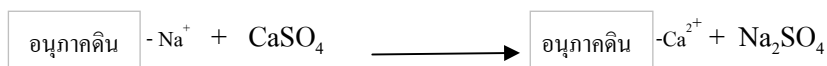
GR = ปริมาณยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา(กิโลกรัมต่อไร่) (Gypsum requirement :GR , U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) เพื่อไล่ที่โซเดียมในดินเค็ม

3.1.2 ตัวอย่างดินส่วนที่ 2 ซึ่งตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกถุงละ 8.0 กิโลกรัมต่อถุง จำนวน 180 ถุง เพื่อศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยคลุกเคล้าดินในถุงพลาสติกกับน้ำหนักปูนแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ และแคลเซียมซัลเฟต (ตารางที่ 2) แล้วฉีดพ่นน้ำให้ดินในถุงชื้น บ่มดินที่ชื้นทิ้งไว้ 7 วัน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ หรือแลกเปลี่ยนประจุบวกอย่างสมบูรณ์ ดังสมการ

ดินเปรี้ยว



ดินเค็ม



ตารางที่ 2 น้ำหนักปูนแคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟตที่ใช้บ่มดิน

ตัวอย่างดิน จากจังหวัด	น้ำหนักปูนแคลเซียมคาร์บอเนต(LR) กรัม ต่อดิน 8 กิโลกรัม		น้ำหนักแคลเซียมซัลเฟต (GR) กรัม ต่อดิน 8 กิโลกรัม	
	เต็มอัตรา (LR)	ครึ่งอัตรา ½ LR	เต็มอัตรา (GR)	ครึ่งอัตรา ½ (GR)
สุราษฎร์ธานี1	42.25	21.125	6.92	3.46
สุราษฎร์ธานี2	48.75	24.375	8.29	4.145
ชุมพร	19.50	9.75	9.67	4.835
ระนอง	9.75	4.875	15.19	7.595
ยะเชิงเทรา1	42.25	21.125	56.65	28.325
ยะเชิงเทรา2	19.50	9.75	71.83	35.915

3.1.3 นำท่อ PVC ใส่ถุงพลาสติก เทตัวอย่างดินที่บ่มครบ 7 วันแล้วใส่ท่อ PVC เขย่า

เล็กน้อยให้ดินแน่นพอประมาณ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การบรรจุดินในท่อ PVC

- 3.2 การล้างดินในท่อ PVC กำหนดวิธีการศึกษา 10 วิธีการๆละ 3 ซ้ำ ดังนี้
- 3.2.1 ล้างดินด้วยน้ำจืดอย่างเดียว 3 ครั้ง (T0)
 - 3.2.2 ล้างดินด้วยน้ำจืดอย่างเดียว 5 ครั้ง (T1)
 - 3.2.3 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง (T2)
 - 3.2.4 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตครึ่งอัตรา ล้างดิน 5 ครั้ง (T3)
 - 3.2.5 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง (T4)
 - 3.2.6 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมซัลเฟตครึ่งอัตรา ล้างดิน 5 ครั้ง (T5)
 - 3.2.7 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง
แล้วคลุกเคล้าดินเปียกต่อด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา ล้างดิน 2 ครั้ง(T6)
 - 3.2.8 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง
แล้วคลุกเคล้าดินเปียกต่อด้วยแคลเซียมซัลเฟตครึ่งอัตรา ล้างดิน 2 ครั้ง(T7)
 - 3.2.9 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง
แล้วคลุกเคล้าดินเปียกต่อด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา ล้างดิน 2 ครั้ง(T8)
 - 3.2.10 ดินที่คลุกเคล้าด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง
แล้วคลุกเคล้าดินเปียกต่อด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตครึ่งอัตรา ล้างดิน 2 ครั้ง(T9)



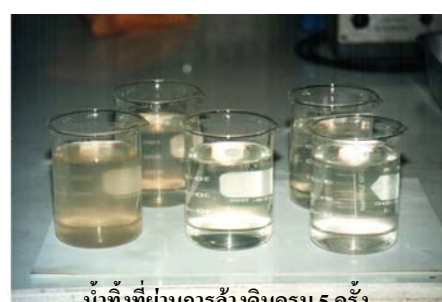
ท่อPVC เจาะรู บรรจุดินเค็มใส่ถังพลาสติก



ตัวอย่างดินเค็มที่อยู่ระหว่างการล้างดิน



น้ำทิ้งที่ผ่านการล้างดินครบ 3 ครั้ง



น้ำทิ้งที่ผ่านการล้างดินครบ 5 ครั้ง

รูปที่ 2 การล้างดินเค็มในห้องปฏิบัติการ

3.3 วิเคราะห์ตัวอย่างดินจากท่อ PVC

3.3.1 ถ่ายตัวอย่างออกจากท่อ PVC ผึ่งตัวอย่างดินให้แห้งในที่ร่ม บดให้แตก ร่อนผ่านตะแกรง(Sieve)ที่มีขนาดของช่อง 2.00 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินที่เตรียมแล้วอย่างน้อย 1 กิโลกรัมต่อตัวอย่าง บรรจุใส่กระป๋องพลาสติกที่สะอาด ปิดฉลากให้ลำดับของตัวอย่างดิน

3.2.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่

3.2.2.1 วิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาของดินในน้ำ(Peech, 1965)

ชั่งตัวอย่างดินน้ำหนัก 10 กรัมใส่บีกเกอร์พลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดต่อน้ำกลั่นใส่ 10 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วหลาย ๆ ครั้ง ให้ดินเปียกทั่วถึง ทิ้งไว้ 30 นาที เปิดเครื่อง pH-meter อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 10-15 นาที ปรับมาตรฐานเครื่องด้วยสารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์ pH 4.00 และ pH 7.00 ตามลำดับ จุ่ม electrode เครื่อง pH-meter ในสารละลายดินวัดค่าปฏิกิริยาของดินในน้ำ บันทึกค่าที่วัดได้

3.2.2.2 วิเคราะห์ค่าความต้องการปูนแคลเซียมคาร์บอเนต(LR)โดยวิธีบัพเฟอร์ของ วูดรUFF (Woodruff, 1948)

วิธีเตรียมสารละลายบัพเฟอร์ของวูดรUFF

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างรวดเร็วด้วยเครื่องชั่งหยาบให้มีน้ำหนัก 1.2 กรัม โดยประมาณ (โซเดียมไฮดรอกไซด์จะดูดน้ำในบรรยากาศได้รวดเร็ว) ใส่บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ชั่งแคลเซียมอะซิเตท 40.0 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ละลายด้วย 500 มิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(แคลเซียมอะซิเตทจะละลายง่าย ไม่ฟุ้งกระจาย และไม่ใช่ออนุภาคแขวนลอย) และชั่งพาราไนโตรฟินอล 8.0 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นอุ่นๆ (70-80 องศาเซลเซียสโดยประมาณ) 100 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วให้ละลาย สารละลายที่ได้จะแยกเป็นสองชั้น คือ ชั้นบนจะเป็นสารละลายอินทรีย์สีเหลือง ชั้นล่างจะเป็นสารละลายสีน้ำตาล เทสารละลายทั้งหมดใส่ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาดปริมาตร 1 ลิตร ล้างบีกเกอร์ทั้งหมดด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย เทรวมกันในขวดปริมาตร(Volumetric flask)เดิม เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 900 มิลลิลิตรโดยประมาณ ปิดจุกให้แน่น เขย่าให้เป็นสารละลายเดียวกัน ทิ้งให้เย็น เทสารละลายบัพเฟอร์จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาดปริมาตร 50 มิลลิลิตร วัดค่าปฏิกิริยาของสารละลายบัพเฟอร์ที่เตรียมได้ ถ้าเป็นกรด ให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางทีละน้อย (1-2 มิลลิลิตรต่อครั้ง) ถ้าเป็นด่าง ให้เติมด้วยกรดอะซิติกเจือจางทีละน้อยเช่นกัน จนได้สารละลายบัพเฟอร์เป็นกลาง(pH=7.00) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ห้องน้ำอยู่เสมอดีปริมาตรของขวดปริมาตร(Volumetric flask)ขนาดปริมาตร 1 ลิตร นั้น ปิดจุกให้แน่น เขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง ก็จะได้สารละลายบัพเฟอร์วูดรUFF

วิธีวิเคราะห์ค่าความต้องการปูนแคลเซียมคาร์บอเนต(LR) โดยวิธีวูคร์ฟฟ์

ปีเปตสารละลายบัฟเฟอร์ 20 มิลลิลิตรใส่สารละลายผสมของดินซึ่งวัดค่าปฏิกิริยา ดินเสร็จสิ้นแล้ว คนด้วยแท่งแก้วให้ทั่ว ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จุ่มหัววัด (Electrode) ของเครื่อง pH-meter วัดค่าปฏิกิริยา(pH)ของสารละลายบัฟเฟอร์ผสมดิน บันทึกค่าที่วัดได้ กำหนดค่าความต้องการปูนแคลเซียมคาร์บอเนต จากเส้นกราฟมาตรฐานที่เขียนระหว่างค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป กับจำนวนมิลลิกรัมสมมูลของกรดไฮโดรคลอริกเจือจางที่ติเตรตกับสารละลายบัฟเฟอร์ของวูคร์ฟฟ์ จากสูตร

$$LR = \frac{B \times \Delta pH \times 384,000 \times 10^3 \times 50}{10 \times 10^3 \times 10^3} \quad \text{กิโลกรัม CaCO}_3/\text{ไร่}$$

เมื่อ B = มิลลิกรัมสมมูลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เติม

(0.5 มิลลิลิตร x 0.1 นอร์มอล = 0.05 มิลลิกรัมสมมูล)

ΔpH = ผลต่างค่าปฏิกิริยาของสารละลายบัฟเฟอร์เริ่มต้น (pH 7.00) กับค่าปฏิกิริยาของสารละลายบัฟเฟอร์ที่วัดได้หลังหยด 0.5 มิลลิลิตรของ 0.1 นอร์มอล สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก

3.2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black, 1947)

ชั่งดิน 1.00 กรัมใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตรปีเปต 1 นอร์มอลของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตใส่ 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือเบาๆให้ดินเปียกทั่วถึง เติมกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 95-98 จำนวน 25 มิลลิลิตร เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) เขย่าเบาๆ (ขั้นตอนนี้จะต้องปฏิบัติการในตู้ดูดควัน) ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ 30 นาที ค่อยๆ ฉีดล้างข้างขวดด้วยน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 75-100 มิลลิลิตรโดยประมาณ ติเตรตปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากปฏิกิริยาด้วย

สารละลายเฟอร์สแอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้น 0.5 นอร์มอล มี 1,10 phenanthroline เป็นตัวชี้จุดยุติของปฏิกิริยาซึ่งจะได้ตะกอนสีส้มแดง คำนวณร้อยละของอินทรีย์วัตถุ จากสูตร

$$\% \text{OM} = \frac{N(B-S)}{B} \times (0.6717/DS) \times 10$$

เมื่อ N คือ ค่าความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายเฟอร์สแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ติเตรทกับ Blank (วิธีการเช่นเดียวกัน แต่ไม่ชั่งดินใส่)

S คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายเฟอร์สแอมโมเนียมซัลเฟตที่ติเตรทกับสารละลายดิน

DS คือ น้ำหนักดินแห้งที่ผ่านการอบไล่ความชื้นที่ 105 องศาเซลเซียส

3.2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bray and Kurtz, 1945)

ชั่งดิน 1.0 กรัมใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตรสกัดด้วยสารละลายสกัด Bray II 10 มิลลิลิตร (สัดส่วน 1:10) โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เขย่า 1 นาที กรองสารละลายสกัดใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายสกัดมาเจือจางด้วย Bray II และพัฒนาให้เกิดสีด้วยสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate) ใน volumetric flask ขนาดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้สีเกิดการพัฒนา 30 นาที อ่านปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร คำนวณค่าฟอสฟอรัส จากสูตร

$$\text{ฟอสฟอรัส} = 10 \times (C \times B) / A \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}$$

เมื่อ 10 คือ สัดส่วนการสกัด

C คือ ปริมาตรสุดท้ายที่ทำให้เกิดการพัฒนาลี

B คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่วัดได้

A คือ ปริมาตรของสารละลายสกัดที่ปิเปตมาพัฒนาลี

3.2.2.5 วิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Jackson, 1958)

ชั่งดิน 2.5 กรัมใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตรสกัดด้วยสารละลายสกัด 1 นอร์มอล NH_4OAc pH 7.00 25 มิลลิลิตร (สัดส่วน 1:10) โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เขย่าด้วย

เครื่องเขย่า(shaker)นาน 30 นาที กรองสารละลายที่สกัดได้ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame Photometer ที่ความยาวคลื่น 383 นาโนเมตร คำนวณค่าโพแทสเซียมจากสูตร

$$\text{โพแทสเซียม} = 10 \times (A \times B) \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}$$

เมื่อ 10 คือ สัดส่วนการสกัด

A คือ จำนวนเท่าของการเจือจาง

B คือ ค่าโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้

3.2.2.6 วิเคราะห์ประจุบวกต่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนที่ได้ หรือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่าง(Cation Exchange Capacity : CEC)(Chapman, 1965)

ชั่งดิน 5.0 กรัมใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตรแช่ตัวอย่างข้างก้น ด้วย 50 มิลลิลิตรของ 1 นอร์มอล NH_4OAc pH 7.00 เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับสารละลาย NH_4OAc อย่างสมบูรณ์ กรองด้วย Büchner funnel โดยมีเครื่องปั๊มระบบสูญญากาศเป็นตัว suction ผ่าน filtering flask เก็บสารละลายที่กรองไว้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณประจุบวกที่แลกเปลี่ยนที่ได้ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ล้างดินบน Büchner funnel ด้วยสารละลาย 1 นอร์มอล pH 7.00 ของสารละลาย NH_4OAc และ NH_4Cl และ 0.5 นอร์มอล NH_4Cl จำนวน 5 ครั้งๆละ 10-15 มิลลิลิตรต่อสารละลายแต่ละตัว ตามลำดับ และล้างด้วยร้อยละ 95 ของแอลกอฮอล์จนหมดประจุลบคลอไรด์ทดสอบด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท(0.05 N AgNO_3) จากนั้นเปลี่ยน filtering flask ใหม่ แล้วค่อยๆเติมร้อยละ 10 ของ Acidify NaCl ใส่ดินบน Büchner funnel ให้ท่วมดินเล็กน้อย เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแทนที่แอมโมเนียมพื้นผิวโครงสร้างของดินด้วยประจุบวกโซเดียมอีกครั้ง ค่อยๆเติม ร้อยละ 10 ของ Acidify NaCl ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้สารละลายใน filtering flask ไม่น้อยกว่า 200-250 มิลลิลิตร จึงเทสารละลายที่กรองได้ใส่ขวด

Kjeldelh นำไปกลั่นไล่ที่แอมโมเนียมในสารละลายเกลือ โดยมีสารละลายบอริกเข้มข้นร้อยละ 3 จำนวน 50 มิลลิลิตรรองรับสารละลายที่กลั่นได้ ตีเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วย 0.1 นอร์มอลของ ไฮโดรคลอริกมาตรฐาน(HCl) จำนวนประจุบวกต่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนที่ได้ หรือความสามารถ ในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity : CEC) ของดิน จากสูตร

$$CEC = N \times (S-B) \times (100/DS) \text{ เซนติโมลต่อกิโลกรัม}$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน

S, B คือ จำนวนมิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ตีเตรทกับ สารละลายที่กลั่นได้ และBlank

3.2.2.7 วิเคราะห์ประจุบวกต่างที่แลกเปลี่ยนที่ได้ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม

และแมกนีเซียม (Jackson, 1958)

นำสารละลายที่กรองผ่าน Büchner funnel (4.1.6) วิเคราะห์ธาตุประจุบวก โซเดียม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนที่ได้ด้วยเครื่อง Flame Photometer ที่ความยาวคลื่น 295 383 และธาตุประจุบวกแคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer(AAS) ที่ความยาวคลื่น 422 285 นาโนเมตร ตามลำดับ จำนวนปริมาณธาตุประจุบวก จากสูตร

$$Na, K, Ca, Mg = 2 \times (Na/23.1, K/39.1, Ca/20.04, Mg/12.1) \times \text{dilute Factor}$$

เซนติโมลต่อกิโลกรัม

Na/23.1, K/39.1, Ca/20.04, Mg/12.1 } คือ ค่าที่วัดได้ มิลลิกรัมต่อลิตร

dilute Factor คือ จำนวนเท่าที่ได้เจือจาง

3.2.2.8 จำนวนร้อยละของความอิ่มตัวด้วยธาตุประจุบวกต่างที่แลกเปลี่ยนที่ได้

(Chapman, 1965) จากสูตร

$$\% BS = \frac{\text{ผลรวมของธาตุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนที่ได้} \times 100}{CEC}$$

3.2.2.9 คำนวณค่าการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมที่แลกเปลี่ยนที่ได้ของดินหนัก

๑๐๐ กรัม (Exchange Sodium Percentage : ESP) จากสูตร

$$\% \text{ ESP} = \frac{\text{ประจุบวกโซเดียมที่แลกเปลี่ยนที่ได้} \times 100}{\text{CEC}}$$

3.2.2.10 วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ(EC_e)ด้วย

เครื่อง conductivity meter (Saturated Paste Extract ; Richard,1954)

ชั่งดิน 250 กรัมโดยประมาณ ใส่ภาชนะ(บีกเกอร์พลาสติก) ใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรโดยประมาณ กวนด้วยช้อนกวนดิน(Spatula)ให้ดินเปียกทั่วถึงทั้งบีกเกอร์โดยค่อยๆ เติมน้ำกลั่นทีละน้อย (5-10 มิลลิลิตรต่อครั้ง)กวนและบดให้เม็ดดินแตกละเอียดเป็นเนื้อเดียว กันจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวของดิน ปิดฝาและตั้งทิ้งค้างคืน เพื่อให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ตรวจสอบสภาพจุดอิ่มตัวของดินอีกครั้งซึ่งจะต้องไม่มีน้ำที่ผิวดิน (จุดอิ่มตัวของดิน สังเกตได้เมื่อเอียงภาชนะที่ใส่ดินที่คาดว่ามีน้ำแล้ว ดินจะค่อยๆไหล และจะมีความงามมันในตัวของมันเอง) ถ้ามีก็ให้เติมตัวอย่างดินเพิ่มอีกเล็กน้อย กวนให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้ง แล้วนำเข้าเครื่องสกัดสารละลายดิน (Baroid press) เก็บสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำใส่ขวดพลาสติกสะอาด(Soil Conservation Service, 1982) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการนำไฟฟ้า(EC_e) โดยมี สารละลายมาตรฐาน(Calibration Standard)ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 1.44 และ 12.9 dS/m ใช้ปรับมาตรฐานเครื่อง conductivity meter

3.2.2.11 วิเคราะห์ธาตุนุมูลประจุบวกต่างที่ละลายน้ำได้ (sol. Cations) แคลเซียม

แมกนีเซียม และ โซเดียม(Bower and Wilcox, 1965)

นำสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Baroid press ซึ่งบรรจุใส่ขวดพลาสติกสะอาดมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณประจุบวกโซเดียมที่มีอยู่ในสารละลายดิน ของดินหนัก 100 กรัมที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ด้วยเครื่อง Flame Photometer ที่ความยาวคลื่น 295 นาโนเมตร และส่วนที่เจือจางด้วยสารละลายสทรอนเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1,500

ppm เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณประจุบวกแคลเซียม แมกนีเซียมที่มีอยู่ในสารละลายดิน ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer(AAS) ที่ความยาวคลื่น 422 285 นาโนเมตร ตามลำดับ คำนวณหาประจุบวกที่ละลายน้ำได้จากสูตร

$$\text{Na, K, Ca, Mg} = (\text{Na}/23.1, \text{K}/39.1, \text{Ca}/20.04, \text{Mg}/12.1) \times \text{dilute Factor}$$

มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}/23.1, \text{K}/39.1, \\ \text{Ca}/20.04, \text{Mg}/12.1 \end{array} \right\} \text{คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้ มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร}$$

dilute Factor คือ จำนวนเท่าที่ได้เจือจาง

3.2.2.12 คำนวณหาค่า อัตราส่วนการดูดซับ โซเดียม(Sodium Adsorption Ratio :

SAR) เพื่อประเมินและจำแนกประเภทของดินเค็ม จากสูตร

$$\text{SAR} = \frac{\text{ประจุบวกโซเดียมในสารละลายดิน (มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร : meq/l)}}{\sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) \text{ในสารละลายดิน(มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร : meq/l)}}}$$

3.2.2.13 วิเคราะห์ค่าความต้องการยิปซัม(GR) (AAS ; Schoonover, 1952)

วิธีเตรียมสารละลายสกัดที่อิมตัวของแคลเซียมซัลเฟต

ชั่งผลึกแคลเซียมซัลเฟตหรือยิปซัม($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 5.00 กรัม ใส่ขวดพลาสติกขนาด ปริมาตรมากกว่า 1 ลิตร เติมน้ำกลั่น 1 ลิตร ปิดฝาขวดให้สนิท เขย่าด้วยมือหลาย ๆ ครั้งเป็นเวลา 30 นาที หรือเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 5 นาที ทิ้งค้างคืน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายที่ กรองได้ใส่ขวดพลาสติกที่สะอาด สารละลายสกัดที่อิมตัวของยิปซัมจะมีปริมาณแคลเซียมไม่น้อย กว่า 28 มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร

วิธีเตรียมสารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชั่งผลึกสตรอนเซียมคลอไรด์($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 4.56 กรัม ใส่บีกเกอร์ละลายด้วยน้ำกลั่น ที่ละน้อย เทใส่ขวดปริมาตร(Volumetric flask)ขนาดปริมาตร 1 ลิตร จนกระทั่งละลายหมด ปรับ

ปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ท้องน้ำเสมอขีดปริมาตรข้างขวดปิดจุกให้แน่นเขย่าให้เป็นสารละลายเดียวกัน

วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานเจือจางผสมของแคลเซียม-แมกนีเซียมอออน
ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

เปิดสารละลายมาตรฐาน (Stock Solution) ของแคลเซียมอออน และแมกนีเซียมอออนที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรอย่างละ 10.00 มิลลิลิตรใส่ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ท้องน้ำเสมอขีดปริมาตรข้างขวดปิดจุกให้แน่น เขย่าให้เป็นสารละลายเดียวกัน จะได้สารละลายผสมของแคลเซียมอออน และแมกนีเซียมอออนที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานเจือจางผสมของแคลเซียม-แมกนีเซียมอออน
ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

เปิด 50 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานเจือจางผสมแคลเซียม-แมกนีเซียมอออนที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรใส่ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ท้องน้ำเสมอขีดปริมาตรข้างขวด ปิดจุกให้แน่น เขย่าให้เป็นสารละลายเดียวกัน จะได้สารละลายมาตรฐานเจือจางผสมแคลเซียมอออน และแมกนีเซียมอออนที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานผสม (Working Standard) ของแคลเซียม-แมกนีเซียมอออน

เปิดสารละลายมาตรฐานเจือจางผสมของแคลเซียม-แมกนีเซียมอออนที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 0, 4, 8, 12 และ 16 มิลลิลิตรใส่ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาดปริมาตร 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยสารละลายสทรอนเซียมคลอไรด์ ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ที่มีความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ท้องน้ำเสมอขีดปริมาตรข้างขวดของทุกขวด (เพื่อลดการเกิดการบดบังของฟิลา) ปิดจุกให้แน่น เขย่าให้เป็นสารละลายเดียวกัน จะได้สารละลายมาตรฐาน

ผสมของแคลเซียมอ็อกไซด์ และแมกนีเซียมอ็อกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เพื่อใช้เป็นตัวปรับมาตรฐานเครื่องทุกครั้งทีวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมอ็อกไซด์ และแมกนีเซียมอ็อกไซด์ในตัวอย่าง โดยใช้สารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นตัวปรับ(calibrate)มาตรฐานเครื่องทุกครั้ง(Blank)

หมายเหตุ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรของสารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) = ความเข้มข้นที่ 0 มิลลิกรัมต่อลิตรของสารละลายมาตรฐานเจือจางแคลเซียมอ็อกไซด์ และแมกนีเซียมอ็อกไซด์

วิธีวิเคราะห์ความต้องการยิปซัมของดิน

ชั่งตัวอย่างดิน 5.0 กรัมใส่ขวดแก้วกันแบน (Erlenmeyer flask) ขนาดปริมาตร 125 มิลลิลิตร ปิด 100 มิลลิลิตรของสารละลายสกัดที่อิมตัวของยิปซัมใส่ ปิดปากขวดด้วยจุกยางให้แน่น เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 5 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง(Whatman no. 5) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตรใส่ขวดแก้วกันแบน(Erlenmeyer flask)ขนาดปริมาตร 125 มิลลิลิตร นำสารละลายสกัดที่อิมตัวของยิปซัม และสารละลายดินที่สกัดได้ไปเจือจางเป็น 200 เท่าด้วย 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรของสารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมอ็อกไซด์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยเปิดเครื่องและปรับสภาพเครื่องตามคู่มือประจำเครื่อง แล้วปรับเทียบมาตรฐานเครื่องด้วย Working Standard ของแคลเซียมอ็อกไซด์ และแมกนีเซียมอ็อกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตรที่มีความยาวคลื่น 422 และ 285 นาโนเมตร ตามลำดับ วัดปริมาณแคลเซียมอ็อกไซด์ และแมกนีเซียมอ็อกไซด์จากสารละลายดินที่สกัดได้ คำนวณหาค่าความต้องการยิปซัมของดินจากสูตร

$$\begin{aligned} \text{ความต้องการยิปซัม(GR)} &= 2\{(A1-B)+(A2-C)\} && \text{มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม} \\ &= 2\{(A1-B)+(A2-C)\} \times (86.085) && \text{มิลลิกรัมต่อดิน100 กรัม} \\ &= 661.1328 \times \{(A1-B)+(A2-C)\} && \text{กิโลกรัมต่อไร่} \end{aligned}$$

เมื่อ A1, A2 = ปริมาณแคลเซียมออกไซด์, แมกนีเซียมออกไซด์ที่อ่านได้จากสารละลายสกัดที่
อิมตัวของยิปซัม x201 เท่าของการเจือจาง(มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร)

B, C = ปริมาณแคลเซียมออกไซด์, แมกนีเซียมออกไซด์ที่อ่านได้จากสารละลายดินที่สกัด
ได้ x 201 เท่าของการเจือจาง (มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร)

น้ำหนักดิน 1 ไร่ = 384,000 กิโลกรัม(โดยประมาณ) และน้ำหนักสมมูลของยิปซัม = 86.085 กรัม

3.2.2.14 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ การกระจายขนาดอนุภาคของดิน(Kilmer and
Alexander,1949; Day,1965)

ซึ่งดิน 10.0 กรัมซึ่งร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดของช่อง 2 มิลลิเมตรใส่
บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ 40 มิลลิลิตรแล้ววางบนเตาอุ่นอุณหภูมิสูง(Hot plate)ที่ตั้ง
อุณหภูมิที่ 70-80 องศาเซลเซียส ค่อยๆเติมน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30 ทีละ
น้อย ครั้งละ 10-15 มิลลิลิตร เพื่อย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน จนกระทั่งสังเกตเห็นว่าเมื่อเติมน้ำ
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อไปอีกไม่เกิดฟองฟูของปฏิกิริยาอีกจึงยุติ แล้วปล่อยให้วางไว้บนเตาอุ่น
อุณหภูมิสูงให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปอีก 1-2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำสารละลาย calgon ที่
ความเข้มข้นร้อยละ 5 จำนวน 10 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำให้อนุภาคดินแตกตัวมากที่สุด เทตัวอย่างดิน
พร้อมสารแขวนลอยดินลงในกระบอกตวงที่มีขนาด 1000 มิลลิลิตร โดยให้ผ่านตะแกรงที่มีขนาด
ของช่อง 0.05 มิลลิเมตรจะได้ปริมาณของอนุภาครายที่ต้องการติดบนตะแกรง นำไปอบที่ 105
องศาเซลเซียส ส่วนสารแขวนลอยดินที่ลอดผ่านตะแกรงลงกระบอกตวงให้ปรับปริมาตรด้วยน้ำ
กลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร ปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส คนด้วย Stirrer ให้ทั่ว ปล่อยให้สาร

แขวนลอยในกระบอกตวงตกตะกอน แล้วปิเปตสารแขวนลอยในกระบอกตวงที่ความลึกจากผิวน้ำลงไป 5 เซนติเมตรจำนวน 20 มิลลิลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 3.32 ชั่วโมง นำไปอบแห้ง คำนวณหาปริมาณอนุภาคดินเหนียว โดยจำนวนชั่วโมงที่สารแขวนลอยตกตะกอนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ตามเงื่อนไขของ Stoke's law เพื่อประเมินชนิดของเนื้อดิน(Soil Texture) จากสัดส่วนของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวจากการชั่งน้ำหนัก

ผลการศึกษาวิจัย

สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน ก่อนการล้างดิน

สมบัติทางกายภาพ พบว่า ลักษณะเนื้อดินทางกายภาพของดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี 2 ตัวอย่าง ชุมพร 1 ตัวอย่าง ระนอง 1 ตัวอย่าง และจังหวัดฉะเชิงเทรา 2 ตัวอย่าง มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย(SL) ดินร่วน(L) ดินร่วนเหนียวปนทราย(SCL) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง(SiCL) ดินเหนียวปนทรายแป้ง(SiC) และดินเหนียว(C) ตามลำดับ โดยมีลำดับของเนื้อดินจากหยาบไปหาละเอียด(เอิบ, 2533) ซึ่งดินที่มีเนื้อหยาบกว่าย่อมมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อย อนุภาคขนาดหยาบเป็นอนุภาคดินที่ไม่มีประจุหรือเป็นกลาง ช่องว่างในดินมีขนาดใหญ่จะเป็นช่องอากาศมากกว่าจะกักเก็บน้ำหรือดูดซับน้ำได้น้อย ขณะที่ดินมีความหยาบน้อยกว่าหรือดินเนื้อปานกลางเป็นดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชมากกว่าดินเนื้อหยาบ ส่วนดินเนื้อละเอียดเป็นอนุภาคของดินเหนียว ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแผ่น(Sheet structure) ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง มีประจุลบตกค้างอยู่ที่ผิวทำให้มีผลต่อปฏิกิริยาและการดูดซับธาตุประจุบวกในดินมาก และมีช่องว่างขนาดเล็กจึงดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้มาก แต่พืชก็ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด เนื่องจากมีแรงดูดยึดที่สูงของอนุภาคดินเหนียว(ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ตัวอย่างดิน	ร้อยละของอนุภาค			ลักษณะเนื้อดิน (Texture)
	ทราย(Sand)	ทรายแป้ง(Silt)	ดินเหนียว(Clay)	
สุราษฎร์ธานี1	70.9	15.2	13.9	ดินร่วนปนทราย(SL)
สุราษฎร์ธานี2	52.9	26.1	21.0	ดินร่วนเหนียวปนทราย(SCL)
ชุมพร	41.5	35.5	23.0	ดินร่วน (L)
ระนอง	12.7	47.9	39.4	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง(SiCL)
ฉะเชิงเทรา1	1.3	42.4	56.3	ดินเหนียวปนทรายแป้ง(SiC)
ฉะเชิงเทรา2	1.9	32.7	65.4	ดินเหนียว (C)

ส่วนสมบัติทางเคมี พบว่า ดินทั้ง 6 ตัวอย่างจาก 4 จังหวัด มีค่าปฏิบัติการเป็นกรดรุนแรง (extremely acid) คือ 2.7 3.2 4.2 4.6 4.4 และ 4.2 ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวจำเพาะมากน้อยต่างกันตามขนาดอนุภาคดิน โดยที่ดินเหนียวมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุด ก็จะมีปริมาณประจุลบที่พื้นผิวอนุภาคดินมากกว่าที่จะเกิดพันธะทางเคมีกับธาตุประจุบวกในสารละลายดินทำให้มีความเป็นกรดมากน้อยต่างกัน และอินทรีย์วัตถุที่มีมากน้อยต่างกันร้อยละ 2.0 3.1 1.8 0.2 0.4 และ 1.5 ตามลำดับ เมื่อถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งสภาวะมีอากาศเพียงพอ และไม่เพียงพอได้สารประกอบอินทรีย์ พวกรวม Carboxylic group หรือ Phenolic group ซึ่งสลายให้ความเป็นกรดแก่ดินได้ การใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต(CaCO_3) เพื่อไล่ที่หรือแทนที่(Substitution reaction) ไฮโดรเจน(H^+) ซึ่งเกิดพันธะทางเคมีกับพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคดิน เพื่อลดความเป็นกรด หรือเกิดปฏิกิริยาสมดุลกับปริมาณกรด พบว่า ต้องใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต(LR) 2,028 2,340 936 468 2,028 และ 936 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนความเค็มหรือค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ 25 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่า 14.44 10.72 3.81 7.27 5.05 และ 9.57 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ ต้องใช้แคลเซียมซัลเฟตหรือยิปซัมไล่ที่หรือแลกเปลี่ยนกับประจุบวกโซเดียมในดิน 332 398 464 729 2,719 และ 3,448 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีบางประการของตัวอย่างดินที่ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดิน	pH 1:1 (H ₂ O)	OM (%)	LR(Kg/rai)	ECe(dS/m)	GR(Kg/rai)
สุราษฎร์ธานี1	2.7	2.0	2,028	14.44	332
สุราษฎร์ธานี2	3.2	3.1	2,340	10.72	398
ชุมพร	4.2	1.8	936	3.81	464
ระนอง	4.6	0.2	468	7.27	729
ยะเชิงเทรา1	4.2	0.4	2,028	5.05	2,719
ยะเชิงเทรา2	4.4	1.5	936	9.57	3,448

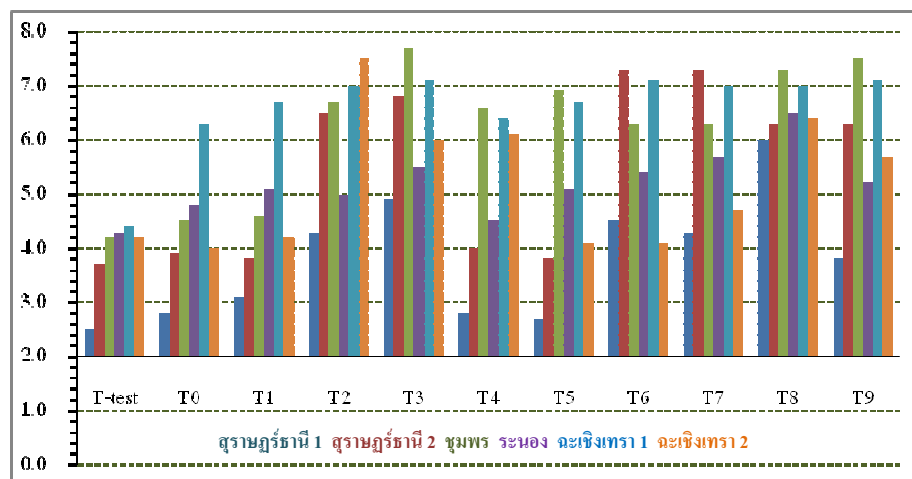
สมบัติทางเคมีของดิน หลังผ่านการล้างดินในห้องปฏิบัติการ

1. การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาของดิน

จากแผนการทดลองในห้องปฏิบัติการล้างดินเค็มที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งฯ ด้วยน้ำจืด จำนวน 3 ชั่วโมง พบการเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาของดินที่ผ่านการล้างดินกับดินก่อนล้างดิน (T-test) ดังนี้

1.1 วิธีล้างดินอย่างเดียว ครบ 3 ครั้ง และ 5 ครั้ง (T0 , T1)

ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ล้างดิน โดย $T1 > T0 > T\text{-test}$ เพราะขณะที่ขังน้ำท่วมแช่ดิน ดินอยู่ในสภาวะรีดิวส์ (reduction condition) ขาดออกซิเจนทำให้ความเป็นกรด หรือประจุบวกไฮโดรเจนที่ดูดซับอยู่ในอนุภาคดินเหนียวลดลง ดินจึงมีค่าปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 2.8 3.8 4.5 4.8 6.3 4.2 เมื่อล้างดินครบ 3 ครั้ง (T0) และ 3.1 3.9 4.6 5.1 6.7 4.2 ล้างดินครบ 5 ครั้ง (T1) ทั้งนี้ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาก็ขึ้นอยู่กับประเภทของเนื้อดินด้วย (รูปที่ 3 ตารางที่ 5)



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบค่าปฏิกิริยาของดินก่อน(T-test)และหลังล้างดิน(T0 –T9)

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาของดินก่อน(T-test) และหลังล้างดิน(T0 –T9)

ตัวอย่างดิน	T-test	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
สุราษฎร์ธานี1	2.7	2.8	3.1	4.3	4.9	2.8	2.7	4.5	4.3	6.0	5.2
สุราษฎร์ธานี2	3.2	3.9	3.8	6.5	6.8	4.0	3.8	7.3	7.3	6.3	6.3
ชุมพร	4.2	4.5	4.6	6.7	7.7	6.9	6.6	6.3	6.3	7.5	7.3
ระนอง	4.6	4.8	5.1	5.0	5.5	5.1	4.5	5.7	5.4	6.5	5.8
ยะเชิงเทรา1	4.2	6.3	6.7	7.0	7.1	6.7	6.4	7.1	7.0	7.1	7.0
ยะเชิงเทรา2	4.4	4.2	4.2	7.5	6.0	6.1	4.1	4.7	4.1	6.4	5.7

1.2 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง มี 2 วิธี

1.2.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างเดียว(T2, T3)

พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ล้างดิน($T3 > T2 > T\text{-test}$) แม้จะใช้แคลเซียมคาร์บอเนตครึ่งอัตราก็ตาม และมีค่ามากกว่าดินก่อนล้างดิน(T-test) โดยมีค่าปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็น 4.3 6.5 6.7 5.0 7.0 6.0 (T2) และ 4.9 6.8 7.7 5.5 7.1 7.5 (T3) (รูปที่ 3 ตารางที่ 5)

1.2.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตอย่างเดียว(T4, T5)

พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนล้างดินตามปริมาณแคลเซียมซัลเฟตที่ใช้($T4 > T5 > T\text{-test}$) การใช้ปริมาณแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้มากกว่าครึ่งอัตรา ทั้งที่จำนวนครั้งที่ล้างดินน้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแตกตัวของแคลเซียมซัลเฟตประจุบวกแคลเซียมนอกจากจะทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุบวกโซเดียมแล้วยังเกิดปฏิกิริยาแทนที่ประจุบวกไฮโดรเจนบนพื้นผิวอนุภาคดินด้วยทำให้ดินมีค่าปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยมีค่าปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็น 2.8 4.0 6.9 5.1 6.7 6.1 (T4) และ 2.7 3.8 6.6 4.5 6.4 4.1 (T5) (รูปที่ 3 ตารางที่ 5)

1.3 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุทั้งสองชนิดแบบต่อเนื่อง มี 2 วิธี

1.3.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T6, T7)

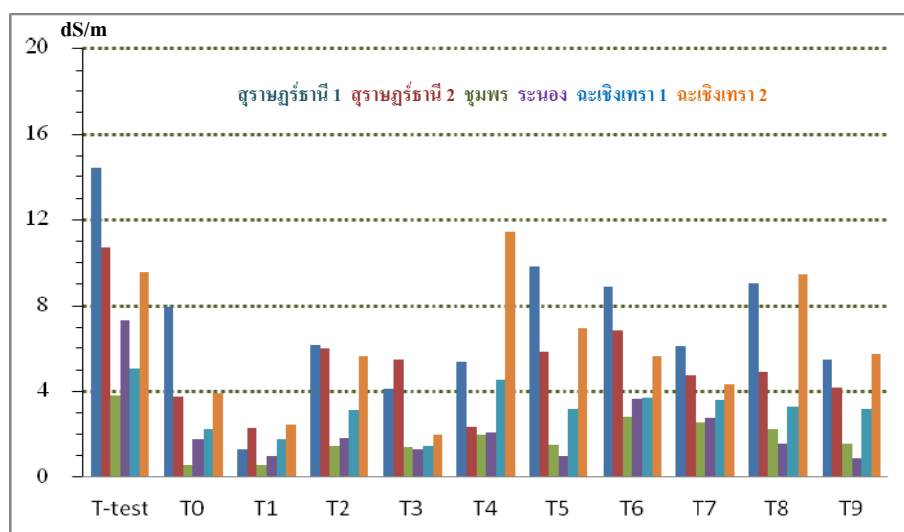
พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่าดินก่อนล้างดิน(T-test) และมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก เป็น 4.5 7.3 6.3 5.7 7.1 4.7 (T6) และ 4.3 7.3 6.3 5.4 7.0 4.1 (T7) (รูปที่ 3 , ตารางที่ 5) ทั้งนี้ลักษณะของเนื้อดิน อัตราแคลเซียมซัลเฟต และระดับความรุนแรงของความเป็นกรดที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาของดิน

1.3.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T8, T9)

พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้นเป็น 6.0 6.3 7.5 6.5 7.1 6.4 (T8) และ 5.2 6.3 7.3 5.8 7.0 5.7 (T9) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแตกตัวของแคลเซียมซัลเฟตทำให้สารละลายมีความเป็นอิเล็กโทรไลต์สูง นอกจากจะเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนที่ประจุบวกโซเดียมแล้ว ยังเกิดปฏิกิริยาไล่ที่ประจุบวกไฮโดรเจนบนพื้นผิวของอนุภาคดินด้วยโดยดินเนื้อละเอียดซึ่งมีช่องว่างขนาดเล็กมากที่กักเก็บน้ำและธาตุประจุบวกชนิดต่างจะมีค่าปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นมากกว่าดินเนื้อหยาบที่มีพื้นที่ผิวและช่องว่างขนาดใหญ่และไม่มีประจุ ซึ่งการล้างดินมากก็จะมีการชะล้างประจุบวกค้างมากทำให้มีประจุบวกไฮโดรเจนที่พื้นผิวอนุภาคดินมากด้วย ดินจึงมีค่าปฏิกิริยาลดลงได้ (รูปที่ 3 , ตารางที่ 5) และค่าปฏิกิริยาก็อยู่ในพิสัยที่ธาตุอาหารพืชในดินละลายได้ดีที่สุด ซึ่งการใช้แคลเซียมซัลเฟตเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนพันธะทางเคมีกับประจุบวกโซเดียมที่พื้นผิวอนุภาคดิน จำนวนครั้งของการล้างดินที่เหมาะสมกับเนื้อดินก็มีส่วนช่วยปรับระดับปฏิกิริยาของดินได้ ซึ่งการทำให้สารละลายดินมีความเป็นเป็นอิเล็กโทรไลต์ก่อนจะดีกว่า T8 มีค่าสูงหมด ยกเว้นในดินเนื้อหยาบ

2. การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) วัดที่ 25 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดออกจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ที่ 25 องศาเซลเซียส ทุกวิธีการทดลองของตัวอย่างดินทั้ง 4 จังหวัด หลังผ่านการล้างดินทั้ง 3 ครั้งและ 5 ครั้งต่างมีแนวโน้มมีค่าลดลงตามจำนวนครั้งของการล้างดิน ดังนี้



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) ก่อน (T-test) และหลังล้างดิน (T0 – T9)

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) ที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อน (T-test) และหลังล้างดิน (T0 – T9)

ตัวอย่างดิน	T-test	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
สุราษฎร์ธานี 1	14.44	7.92	1.31	6.14	4.16	5.37	9.85	8.86	6.10	9.04	5.52
สุราษฎร์ธานี 2	10.72	3.73	2.27	5.98	5.65	2.33	5.86	6.87	4.75	4.88	4.18
ชุมพร	3.81	0.60	0.57	1.45	1.42	1.97	1.54	2.82	2.54	2.23	1.59
ระนอง	7.27	1.79	1.00	1.83	1.30	2.06	0.99	3.64	2.78	1.58	0.86
ฉะเชิงเทรา 1	5.05	2.20	1.80	3.17	1.44	4.59	3.19	3.71	3.60	3.24	3.22
ฉะเชิงเทรา 2	9.57	3.89	2.47	5.64	1.95	11.45	6.97	5.68	4.33	9.48	5.76

2.1 วิธีล้างดินอย่างเคียว ครบ 3 ครั้ง และ 5 ครั้ง (T0 , T1)

พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดออกจากดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำมีค่าลดลงตามจำนวนครั้งการล้างดิน และมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าก่อนล้างดิน ($T1 < T0 < T\text{-test}$) เนื่องจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ละลายน้ำได้ง่าย ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่สกัดออกจากดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ (T0) 7.92 3.73 0.60 1.79 2.20 3.89 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ล้างดินครบ 3 ครั้ง และ (T1) 1.31 2.27 0.57 1.00 1.80 2.47 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ล้างดินครบ 5 ครั้ง ตามลำดับ (รูปที่ 4 ตารางที่ 6)

2.2 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง มี 2 วิธี

2.2.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างเคียว (T2, T3)

พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำมีค่าลดลงตามจำนวนครั้งล้างดินเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าก่อนล้างดิน (T-test) โดยมีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ (T2) วัดที่ 25 องศาเซลเซียส 6.14 5.98 1.45 1.83 3.17 5.65 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และ 4.16 5.65 1.42 1.30 1.44 1.95 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (T3) ตามลำดับ (รูปที่ 4 ตารางที่ 6)

2.2.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตอย่างเคียว (T4, T5)

พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำลดลง (T4) วัดที่ 25 องศาเซลเซียส เป็น 5.37 2.33 1.97 2.06 4.59 11.45 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และ 9.85 5.86 1.54 0.99 3.19 6.97 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (T5) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าก่อนล้างดิน (T-test) (รูปที่ 4 ตารางที่ 6)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนพันธะทางเคมีระหว่างประจุบวกแคลเซียมในสารละลายที่เกิดจากการแตกตัวของแคลเซียมซัลเฟต กับประจุบวกโซเดียมบนพื้นผิวอนุภาคดิน ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้แคลเซียมซัลเฟต ลักษณะเนื้อดิน จำนวนครั้ง

ของการล้างดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินร่วนการล้างดินเพียง 3 ครั้งก็สามารถทำให้ดินกลับสู่สภาพดินปกติได้ หรือดินร่วนเหนียวปนอนุภาคทรายแป้ง การล้างดิน 5 ครั้งดินกลับสู่สภาพดินปกติได้ หรือในดินเหนียวการล้างดิน 5 ครั้งก็จะให้ผลดีว่าการล้างดิน 3 ครั้ง แม้จะใช้แคลเซียมซัลเฟตเพียงครึ่งอัตรา

2.3 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุทั้งสองชนิดแบบต่อเนื่อง มี 2 วิธี

2.3.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T6, T7)

พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิมตัวด้วยน้ำ วัดที่ 25 องศาเซลเซียส ลดลงมีค่าเป็น 8.86 6.87 2.82 3.64 3.71 5.68 เดซิซิเมนส์ต่อเมตร(T6) และ 6.10 4.75 2.54 2.78 3.60 4.33 เดซิซิเมนส์ต่อเมตร(T7) ตามลำดับ โดยพบว่า ในดินเหนียวการใช้แคลเซียมซัลเฟตครึ่งอัตรา ยังไม่เพียงพอที่จะไล่ที่ประจุบวกโซเดียมจึงเห็นว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน T6 มีค่าสูงกว่า T7 เป็นต้น ทั้งๆที่จำนวนครั้งของการล้างดินเท่ากัน(รูปที่ 4 , ตารางที่ 6)

2.3.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T8, T9)

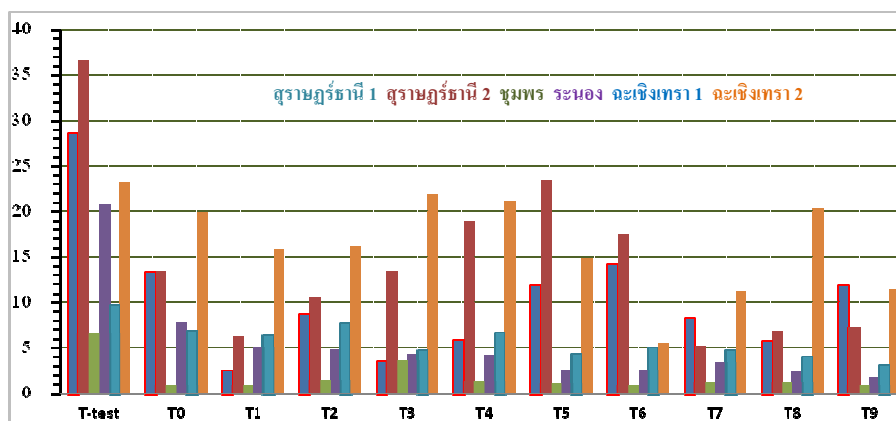
พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิมตัวด้วยน้ำ วัดที่ 25 องศาเซลเซียสลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนล้างดิน(T-test) เป็น 9.04 4.88 2.23 1.58 3.24 9.48 เดซิซิเมนส์ต่อเมตร(T8) และ 5.52 4.18 1.59 0.86 3.22 5.76 เดซิซิเมนส์ต่อเมตร(T9) ตามลำดับ (รูปที่ 4, ตารางที่ 6)

จากผลการทดลอง การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมซัลเฟตตัวใดก่อนหรือหลัง แล้วบ่มดินเปียกแบบต่อเนื่องต่างก็มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิมตัวด้วยน้ำ ลดลง และมีแนวโน้มว่า ถ้าล้างดินนานพอก็มีโอกาสที่ค่าการนำไฟฟ้าลดลงอยู่ใน

พิสัยปกติได้ในที่สุด เช่น T7 และ T9 แต่ทั้งนี้ต้องมีปริมาณแคลเซียมซัลเฟตเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนพันธะทางเคมีระหว่างประจุบวกในสารละลายดินกับประจุบวกโซเดียมที่พื้นผิวอนุภาคดินด้วย โดยเฉพาะในดินเหนียว

3. การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียม(Sodium Absorption Ratio : SAR)

การคำนวณ เพื่อประเมินค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินทุกวิธีทดลอง หลังล้างดิน พบว่า ค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดิน สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันหมด กล่าวคือ มีค่าลดลงหมดเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนดำเนินการ ซึ่งมีค่า 28.65 36.62 6.67 20.77 9.69 และ 23.24 (T-test) ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ดังนี้



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินก่อน(T-test) และหลังล้างดิน(T0 –T9)

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียม(Sodium Absorption Ratio : SAR) ก่อน(T-test) และหลังล้างดิน(T0 –T9)

ตัวอย่างดิน	T-test	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
สุราษฎร์ธานี 1	28.65	13.30	2.52	8.76	3.50	5.84	11.89	14.16	8.30	5.82	11.84
สุราษฎร์ธานี 2	36.62	13.54	6.23	10.55	13.54	19.03	23.42	17.40	5.16	6.88	7.27
ชุมพร	6.67	0.92	0.85	1.45	3.64	1.33	1.11	0.85	1.30	1.20	0.86
ระนอง	20.77	7.80	4.96	4.77	4.33	4.18	2.66	2.50	3.41	2.36	1.74
ละพียงเทรา 1	9.69	6.81	6.40	7.60	4.66	6.66	4.30	5.03	4.73	4.05	3.17
ละพียงเทรา 2	23.24	19.92	15.90	16.28	21.91	21.14	14.79	5.58	11.26	20.38	11.44

3.1 วิธีล้างดินด้วยน้ำอย่างเดียว 3 ครั้ง และ 5 ครั้ง (T0, T1)

พบว่า ค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจวบวอกโซเดียมของดินมีค่าลดลงตามจำนวนครั้งของการล้างดิน แสดงให้เห็นว่าการล้างดินมากครั้ง โอกาสที่เกลือโซเดียมคลอไรด์จะละลายน้ำก็มีมากกว่า แต่ทั้งนี้ต้องมีปริมาณน้ำจืดมากพอ รวมถึงเวลามากพอด้วยโดยมีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจวบวอกโซเดียมของดิน 13.30 13.54 0.92 7.80 6.81 19.92 เมื่อล้างดิน 3 ครั้ง (T0) และ 2.52 6.23 0.85 4.96 6.81 15.90 เมื่อล้างดิน 5 ครั้ง (T1) ตามลำดับ และมีค่าน้อยกว่าดินก่อนล้างดิน (รูปที่ 5 ตารางที่ 7)

3.2 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง มี 2 วิธี

3.2.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างเดียว (T2, T3)

พบว่า ค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจวบวอกโซเดียมของดินน้อยกว่าดินก่อนล้างดิน และมีค่าน้อยกว่า 13 เป็นส่วนใหญ่ โดยมีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจวบวอกโซเดียมของดินเป็น 8.76 10.55 1.45 4.77 7.60 16.28 (T2) และ 3.50 13.54 3.64 4.33 4.66 21.91 (T3) ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของกรดของดินซึ่งทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยาและแตกตัวไล่ที่ประจวบวอกโซเดียมได้มากกว่าและจำนวนครั้งของการล้างดิน (รูปที่ 5 ตารางที่ 7)

3.2.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตอย่างเดียว (T4, T5)

พบว่า มีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจวบวอกโซเดียมของดินน้อยกว่าดินก่อนล้างดิน และส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 13 เป็นส่วนใหญ่ โดยมีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจวบวอกโซเดียมของดินเป็น 5.84 19.03 1.33 4.18 6.66 21.14 (T4) และ 11.89 23.42 1.11 2.66 4.30 14.79 (T5) ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราของแคลเซียมซัลเฟต จำนวนครั้งของการล้างดิน และเนื้อดิน (รูปที่ 5 ตารางที่ 7)

ผลการทดลองพบว่า ธาตุประจุบวกแคลเซียมจากการแตกตัวของแคลเซียมซัลเฟตสามารถเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนพันธะทางเคมีระหว่างประจุบวกโซเดียมบนพื้นผิวอนุภาคดินได้มากกว่า ทำให้มีประจุบวกโซเดียมที่ละลายอยู่ในน้ำมาก และมีค่ามากกว่าการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ดังนั้นปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนพันธะทางเคมีกับธาตุประจุบวกโซเดียมเกิดสมบูรณ์กว่าเมื่อใช้แคลเซียมซัลเฟต จึงทำให้ดินที่ผ่านการล้างน้ำ มีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงได้ตามจำนวนครั้งที่ล้างดิน แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อดิน จำนวนครั้งของการล้างดิน ปริมาณแคลเซียมซัลเฟตต้องมีมากเกินไปที่จะทำปฏิกิริยาถึงจุดสมดุล

3.3 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุทั้งสองชนิดแบบต่อเนื่อง มี 2 วิธี

3.3.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T6, T7)

พบว่าค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนล้างดิน โดยมีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินเป็น 14.16 17.40 0.85 2.50 5.03 5.58 (T6) และ 8.30 5.16 1.30 3.41 4.73 11.26 (T7) ตามลำดับ

จากการทดลอง พบว่า การบ่มดินเต็มอัตราแคลเซียมคาร์บอเนตต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตทั้งเต็มอัตราหรือครึ่งอัตราของปริมาณแคลเซียมซัลเฟตมีแนวโน้มที่สามารถลดค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินได้ชัดเจน ยกเว้น ในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว การใช้แคลเซียมซัลเฟตปริมาณครึ่งอัตรา เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการไล่ที่หรือแทนที่ประจุบวกโซเดียมที่พื้นผิวอนุภาคดินเหนียวนั้นยังไม่เพียงพอ จะเห็นว่า T7 มีค่าสูงกว่า T6 (รูปที่ 5 , ตารางที่ 7)

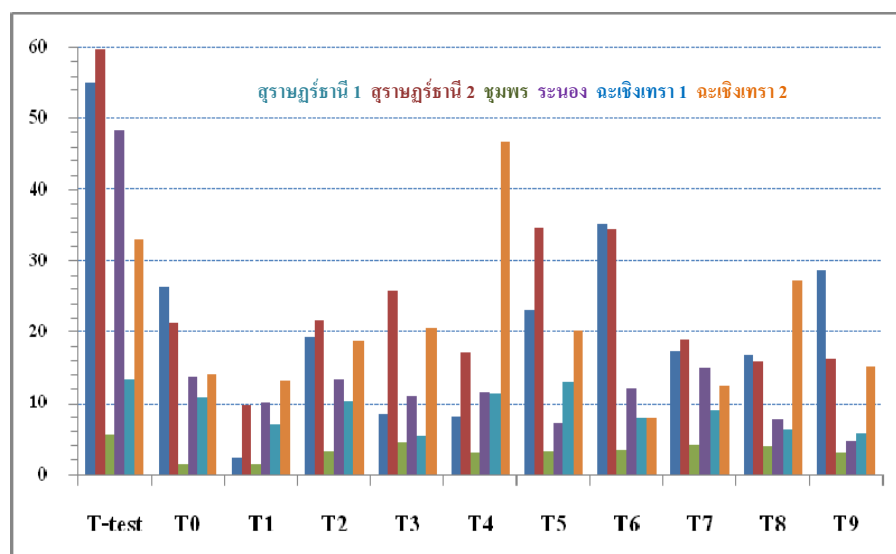
3.3.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T8,T9)

พบว่า มีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนล้างดิน โดยมีค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินเป็น 5.82 6.88 1.20 2.36 4.05 20.38 (T8) และ 11.84 7.27 0.86 1.74 3.17 11.44 (T9) ตามลำดับ (รูปที่ 5 , ตารางที่ 7)

ผลการทดลอง การบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมซัลเฟตตัวใดก่อนหรือหลัง ก็ล้วนมีผลทำให้ค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงได้ และมีแนวโน้มว่า การล้างดินหลายๆครั้งก็มีโอกาสที่ค่าอัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงอยู่ในพิสัยปกติได้ในที่สุด (T7 และ T9) แต่ทั้งนี้ต้องมีปริมาณแคลเซียมซัลเฟตเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวกโซเดียมในดิน และผันแปรตามชนิดของเนื้อดิน

4. การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดิน (Exchange Sodium Percentage:ESP)

ร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินหลังการล้างดิน พบว่า ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดิน สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันหมด กล่าวคือ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนล้างดิน ซึ่งมีค่าเป็นร้อยละ 55.01 59.81 5.63 48.23 13.38 และ 32.99 (T-test) ตามลำดับ (รูปที่ 6 ตารางที่ 8) ดังนี้



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละการแลกเปลี่ยนธาตุประจวบวากโซเดียมของดิน (Exchange Sodium Percentage:ESP) ก่อน(T-test) และหลังล้างดิน(T0 –T9)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละการแลกเปลี่ยนธาตุประจวบวากโซเดียมของดิน (Exchange Sodium Percentage:ESP) ก่อน(T-test) และหลังล้างดิน(T0 –T9)

ตัวอย่างดิน	T-test	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
สุราษฎร์ธานี 1	55.01	26.25	2.30	19.21	8.40	8.07	23.11	35.24	17.42	16.64	28.76
สุราษฎร์ธานี 2	59.81	21.28	9.75	21.69	25.81	17.21	34.79	34.48	18.99	15.87	16.20
ชุมพร	5.63	1.49	1.47	3.23	4.47	3.19	3.34	3.46	4.23	4.07	3.06
ระนอง	48.23	13.84	10.24	13.47	11.12	11.56	7.26	11.99	15.06	7.78	4.69
ฉะเชิงเทรา 1	13.38	10.83	7.10	10.43	5.42	11.35	12.86	7.89	9.06	6.36	5.78
ฉะเชิงเทรา 2	32.99	14.14	13.08	18.81	20.68	46.72	20.37	8.03	12.48	27.32	15.08

4.1 วิธีล้างดินด้วยน้ำอย่างเดียวน้ำ 3 ครั้ง และ 5 ครั้ง (T0 , T1)

พบว่า ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจวบวากโซเดียมของดินลดลงตามจำนวนครั้งของการล้างดิน และดินก่อนล้างดิน($T1 < T0 < T\text{-test}$) โดยมีค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจวบวากโซเดียมของดินเป็น 26.25 21.28 1.49 13.84 10.83 14.14 เมื่อล้างดินครบ 3 ครั้ง(T0) และ 2.30 9.75 1.47 10.24 7.10 13.08 เมื่อล้างดินครบ 5 ครั้ง(T1) ตามลำดับ (รูปที่ 6 ตารางที่ 8)

4.2 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง มี 2 วิธี

4.2.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างเดียว(T2, T3)

พบว่า ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินน้อยกว่าดินก่อนล้างดิน และมีค่าน้อยกว่า 15 เป็นส่วนใหญ่ โดยมีค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินเป็น 19.21 21.69 3.23 13.47 10.43 18.81 (T2) และ 8.40 25.81 4.47 11.12 5.42 20.68 (T3) ตามลำดับ(รูปที่ 6 ตารางที่ 8)

ผลการทดลองนี้ พบว่า การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงลำพัง ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนกับธาตุประจุบวกโซเดียมบนพื้นผิวอนุภาคดินได้อย่างชัดเจน แม้จะใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา และล้างดินถึง 5 ครั้งก็ตาม และการแตกตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำก็ไม่ทำให้ความเป็นอิเล็กโทรไลต์ในสารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคประจุลบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) เกิดปฏิกิริยากับน้ำก่อให้เกิดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

4.2.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตอย่างเดียว(T4, T5)

พบว่า ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินน้อยกว่าดินก่อนล้างดิน และมีค่าน้อยกว่า 15 เป็นส่วนมาก โดยมีค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินเป็น 8.07 17.21 3.19 11.56 11.35 46.76 (T4) และ 23.31 34.79 3.34 7.26 12.56 20.37 (T5) ตามลำดับ(รูปที่ 6 ตารางที่ 8)

ผลการทดลองพบว่า ประจุบวกแคลเซียมจากการแตกตัวของแคลเซียมซัลเฟตสามารถเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนพันธะทางเคมีระหว่างประจุบวกโซเดียมบนพื้นผิวอนุภาคดินได้มากกว่า ทำให้มีการแลกเปลี่ยนของประจุบวกโซเดียมในสารละลายมาก ทำให้ร้อยละของการแลกเปลี่ยนประจุบวกโซเดียมของดินลดลงได้ตามจำนวนครั้งที่ล้างดิน แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับ

ลักษณะเนื้อดิน จำนวนครั้งของการล้างดิน และปริมาณแคลเซียมซัลเฟตต้องมีมากเกินไปที่จำทำปฏิกิริยาถึงจุดสมดุล

4.3 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุทั้งสองชนิดแบบต่อเนื่อง มี 2 วิธี

4.3.1 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T6, T7)

พบว่า ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนล้างดิน โดยมีค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินเป็น 35.24 34.48 3.46 11.99 9.06 8.03 (T6) และ 17.42 18.99 4.23 15.06 7.89 12.48 (T7) ตามลำดับ (รูปที่ 6 , ตารางที่ 8)

ผลการทดลอง พบว่า การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมซัลเฟตทั้งเต็มอัตราหรือครึ่งอัตราปริมาณแคลเซียมซัลเฟตก็มีแนวโน้มที่สามารถลดค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนประจุบวกโซเดียมของดินได้ชัดเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของกรดที่ต้องการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพียงพอก่อนจะเกิดการไล่ที่โซเดียมในดิน

4.3.2 วิธีบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราต่อเนื่องด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา และครึ่งอัตรา (T8, T9)

พบว่า ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนล้างดิน โดยมีค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินเป็น 16.64 15.87 4.07 7.78 6.36 27.32 (T8) และ 28.76 16.20 3.06 4.69 5.78 15.08 (T9) ตามลำดับ การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงครึ่งอัตรา ปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอที่จะไล่ที่ประจุบวกโซเดียมในดินที่มีระดับความเป็นกรดที่รุนแรงได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการ

ล้างดินที่เพียงพอ โดยเฉพาะในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว แม้จะใช้แคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา(รูปที่ 6 , ตารางที่ 8)

ผลการทดลองนี้ทำให้สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนถึงการเลือกใช้วัสดุปรับปรุงดินแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแคลเซียมซัลเฟต ตัวใดก่อนหรือหลังสำหรับดินที่เป็นทั้งดินเปรี้ยวและดินเค็มอยู่ในดินตัวอย่างเดียวกันก็ล้วนมีผลทำให้ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมของดินลดลงได้ และมีแนวโน้มว่า ทั้ง T6 T7 T8 และ T9 ผลสอดคล้องไปแนวทางเดียวกันหมด นอกจากนั้นยังขึ้นกับปริมาณประจุบวกแคลเซียมที่แตกตัวอยู่ในสารละลายที่จะต้องมียามากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนกับประจุบวกโซเดียมที่พื้นผิวอนุภาคดิน และมากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาแทนที่หรือไล่ที่ประจุบวกไฮโดรเจนด้วยซึ่งแปรผันตามชนิดของเนื้อดิน เป็นต้น

2 ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility)

2.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนล้างดิน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อศึกษาด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนล้างดิน จากการเก็บตัวอย่างดิน 6 ตัวอย่าง จากจังหวัดสุราษฎร์ธานี 2 ตัวอย่าง ชุมพร 1 ตัวอย่าง ระนอง 1 ตัวอย่าง และจังหวัดฉะเชิงเทรา 2 ตัวอย่าง พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง อยู่ในพิสัยร้อยละ 0.20 -3.1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก อยู่ในพิสัย 5-55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก อยู่ในพิสัย 7-616 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(cation exchange capacity : CEC) ค่อนข้างต่ำถึงสูง อยู่ในพิสัย 7.44 – 27.50 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ร้อยละของธาตุประจุบวกค้างที่ดินดูดยึดไว้หรือการอิ่มตัวด้วยประจุบวกค้าง(%BS) มีระดับปานกลางถึงสูง อยู่ในพิสัยร้อยละ 56.78-100

ดังนั้นสรุปได้ว่าดินก่อนการล้างดินซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่างเป็นสุราษฎร์ธานี1 สุราษฎร์ธานี2 ชุมพร ระนอง และยะเชิงเทรา1 ทั้งหมดมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนดินจากจุดเก็บ ยะเชิงเทรา 2 มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูง(ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ก่อนล้างดิน

ตัวอย่างดิน	% OM	P	K	CEC	%BS	ระดับความอุดมสมบูรณ์
		(mg/Kg)		Cmol/Kg		
สุราษฎร์ธานี1	2.0	5	7	10.7	71	ปานกลาง
สุราษฎร์ธานี2	3.1	5	155	7.44	100	ปานกลาง
ชุมพร	1.8	6	210	8.70	57	ปานกลาง
ระนอง	0.2	55	205	9.62	86	ปานกลาง
ยะเชิงเทรา1	0.4	12	230	23.10	57	ปานกลาง
ยะเชิงเทรา2	1.5	15	616	27.50	84	สูง

2.2 ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการล้างดินด้วยน้ำจืดอย่างเดียว พบว่า

2.2.1 วิธีล้างดินด้วยน้ำอย่างเดียว T0-T1

พบว่า วิธีการล้างดินอย่างเดียว 3 ครั้ง (T0)และ 5 ครั้ง(T1) ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก-สูง ในพิสัยร้อยละ 0.18-3.57 ทั้งปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือเป็นแหล่งอาหารต้นตุนของพืชอยู่ระดับต่ำมาก-สูงมากเช่นกัน โดยอยู่ในพิสัย 2-37 และ 22-468 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกของดิน(Cation Exchange Capacity : CEC) อันเป็นสมบัติเฉพาะตัวของดินที่จะสามารถเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกต่างที่มีอยู่ที่พื้นผิวอนุภาคดินกับสถานะแวดล้อมของดินมีค่อนข้างต่ำถึงสูง อยู่ในพิสัย 8.17-28.29 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนร้อยละของการอิ่มตัวด้วยธาตุประจุบวกต่างของดินหลังผ่านการปรับปรุงและล้างดินแล้วอยู่ในพิสัยปานกลาง-สูงเช่นกันและอยู่ในพิสัยร้อยละ 35-100 (ตารางที่ 10) ซึ่งสามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังผ่านการล้างดินครบ 3 ครั้ง(T0)และ 5 ครั้ง(T1) พบว่า ดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี 1 สุราษฎร์ธานี2 ชุมพร และพะเยา 1 มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกับดินก่อนการล้างดิน ยกเว้น ดินจากระนองหลังล้างดินครบ 3 ครั้ง(T0)และ 5 ครั้ง(T1) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าดินก่อนล้างดินซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะการล้างดินธาตุอาหารพืชในดินสามารถถูกชะล้างไปกับดิน จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่า ควรมีการปรับปรุงดินโดยวิธีทางเคมีก่อนการล้างดิน ไม่เช่นนั้นดินเค็มที่ผ่านการล้างดินด้วยน้ำจืดอย่างเดียวจะเป็นดินจืดได้ หรือเปลี่ยนเป็นดิน โซดิกซึ่งการแก้ไขจะต้องยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้ ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น เนื้อดิน ขนาดของอินทรีย์วัตถุในดินด้วย ส่วนดินพะเยา 2 คงมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูงเช่นดินก่อนการล้างดิน เนื่องจากมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว(ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หลังจากล้างดินด้วยน้ำอย่างเดียว

ตัวอย่างดิน	Treatment	% OM	P	K	CEC	%BS	ระดับความอุดมสมบูรณ์
			(mg/Kg)		Cmol/Kg		
สุราษฎร์ธานี1	T0	3.57	2	22	10.36	48	ปานกลาง
	T1	3.10	3	17	9.58	100	ปานกลาง
สุราษฎร์ธานี2	T0	1.72	3	115	8.93	57	ปานกลาง
	T1	2.16	2	78	10.97	42	ปานกลาง
ชุมพร	T0	3.11	8	110	8.17	35	ปานกลาง
	T1	3.17	8	100	8.07	38	ปานกลาง
ระนอง	T0	0.78	3	130	9.32	62	ต่ำ
	T1	1.10	12	140	8.79	61	ต่ำ
พะเยา1	T0	0.18	3	190	22.80	100	ปานกลาง
	T1	0.21	8	200	23.30	100	ปานกลาง
พะเยา2	T0	2.43	37	462	28.29	76	สูง
	T1	2.25	28	480	26.38	72	สูง

2.2.2 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่ง(แคลเซียมคาร์บอเนต หรือแคลเซียมซัลเฟต: T2-T5)

พบว่า ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในพิสัยต่ำมาก-สูง ในพิสัยร้อยละ 0.05-4.15 ทั้งปริมาณฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีอยู่ในพิสัยต่ำมาก-สูงมากเช่นกัน อยู่ในพิสัย 2-66 และ 9-594 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนธาตุ

ประจุบวกของดิน(Cation Exchange Capacity : CEC) มีอยู่ค่อนข้างต่ำถึงสูง อยู่ในพิสัย 7.30-28.07 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนร้อยละของการอึดตัวด้วยธาตุประจุบวกต่างของดินอยู่ระดับต่ำ-สูง อยู่ในพิสัยร้อยละ 27-100 (ตารางที่ 11) ซึ่งสามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังล้างดินครบ 3 ครั้ง(T2,T4)และ 5 ครั้ง(T3,T5) พบว่า ดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี 1 สุราษฎร์ธานี2 ชุมพร และระนอง 1 มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง และระนอง 2 มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูงเช่นดินก่อนล้างดิน ยกเว้นดินระนองมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงจากระดับปานกลางเป็นระดับต่ำ

ตารางที่ 11 ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จากการบ่มดินด้วยปูนแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแคลเซียมซัลเฟตแล้วล้างดิน

ตัวอย่างดิน	Treatment	% OM	P	K	CEC	%BS	ระดับความอุดมสมบูรณ์
			(mg/Kg)		Cmol/Kg		
สุราษฎร์ธานี1	T2	3.20	3	53	10.36	100	ปานกลาง
	T3	3.68	2	84	10.72	100	ปานกลาง
	T4	4.07	1	9	11.15	27	ปานกลาง
	T5	4.15	2	12	10.99	52	ปานกลาง
สุราษฎร์ธานี2	T2	1.98	3	165	11.39	100	ปานกลาง
	T3	1.87	3	195	11.97	100	ปานกลาง
	T4	1.70	3	135	7.73	63	ปานกลาง
	T5	1.51	2	125	7.30	91	ปานกลาง
ชุมพร	T2	2.93	7	158	8.98	100	ปานกลาง
	T3	2.86	4	195	8.05	100	ปานกลาง
	T4	3.20	5	210	9.40	100	ปานกลาง
	T5	2.87	3	185	8.67	100	ปานกลาง
ระนอง	T2	0.53	10	120	8.91	87	ต่ำ
	T3	2.28	6	125	8.45	92	ต่ำ
	T4	0.71	12	105	8.91	72	ต่ำ
	T5	0.94	7	105	7.16	100	ต่ำ
ระนอง 1	T2	0.15	3	195	22.72	100	ปานกลาง
	T3	0.26	9	210	23.80	100	ปานกลาง
	T4	0.53	3	185	22.64	100	ปานกลาง
	T5	0.05	10	200	22.55	100	ปานกลาง
ระนอง 2	T2	2.78	30	484	28.07	100	สูง
	T3	3.29	66	539	25.53	100	สูง
	T4	2.17	33	583	26.54	100	สูง
	T5	3.05	18	594	27.69	100	สูง

2.2.3 วิธีบ่มดินด้วยวัสดุทั้งสองชนิดแบบต่อเนื่อง (ทั้งแคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟตแบบต่อเนื่อง: T6-T9)

พบว่า ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก-สูง อยู่ในพิสัยร้อยละ 0.02-4.03 ทั้งปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในระดับต่ำมาก-สูงมากเช่นกัน อยู่ในพิสัย 1-70 และ 11-638 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกของดิน(Cation Exchange Capacity:CEC) อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง อยู่ในพิสัย 6.94-27.71 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนร้อยละของการอิ่มตัวด้วยธาตุประจุบวกต่างของดินอยู่ในระดับต่ำ-สูงอยู่ในพิสัยร้อยละ 27-100 (ตารางที่ 12) ซึ่งสามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังล้างดินครบ 3 ครั้ง(T6,T8)และ 5 ครั้ง(T7,T9) พบว่า ดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี 1 สุราษฎร์ธานี2 ชุมพร และยะเชิงเทรา 1 มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง และยะเชิงเทรา2 มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูงเช่นดินก่อนล้างดิน ยกเว้นดินระนองมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงจากระดับปานกลางเป็นระดับต่ำ

ตารางที่ 12 ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผ่านการเลี้ยงกิ้งกูดาค้ำหลังการบ่มดินแบบต่อเนื่องแล้ว
ล่างดิน

ตัวอย่างดิน	Treatment	% OM	P	K	CEC	%BS	ระดับความอุดม สมบูรณ์
			(mg/Kg)		Cmol/Kg		
สุราษฎร์ธานี1	T6	3.51	3	125	10.30	100	ปานกลาง
	T7	3.80	2	55	10.91	100	ปานกลาง
	T8	3.58	2	36	10.82	100	ปานกลาง
	T9	4.03	1	11	11.37	100	ปานกลาง
สุราษฎร์ธานี2	T6	1.80	3	210	8.41	100	ปานกลาง
	T7	1.56	4	210	7.95	100	ปานกลาง
	T8	2.02	5	100	11.97	100	ปานกลาง
	T9	2.00	4	110	11.11	100	ปานกลาง
ชุมพร	T6	2.69	5	148	8.67	100	ปานกลาง
	T7	2.97	7	170	9.23	100	ปานกลาง
	T8	2.90	3	190	8.61	100	ปานกลาง
	T9	2.27	3	185	8.17	100	ปานกลาง
ระนอง	T6	1.06	10	120	8.59	100	ต่ำ
	T7	1.02	12	140	8.83	100	ต่ำ
	T8	0.97	11	120	6.94	100	ต่ำ
	T9	0.90	6	85	7.89	27	ต่ำ
ละพียงเทรา1	T6	0.35	8	170	23.06	100	ปานกลาง
	T7	0.09	8	205	22.80	100	ปานกลาง
	T8	0.02	11	230	23.58	100	ปานกลาง
	T9	0.31	16	205	22.31	100	ปานกลาง
ละพียงเทรา2	T6	2.38	21	81	27.14	100	สูง
	T7	2.80	27	506	27.64	100	สูง
	T8	2.21	70	638	26.10	100	สูง
	T9	2.59	21	539	27.71	100	สูง

สรุปผลและวิจารณ์

จากการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาพื้นที่ดินปนเปื้อนความเค็ม บริเวณพื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งถูกทิ้งร้างเนื่องจากโรคระบาด และภาวะขาดทุน เพื่อให้พื้นที่ดังกล่าวสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรต่อไป โดยพบว่า ลักษณะเนื้อดินบริเวณพื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของจังหวัดสุราษฎร์ธานี และชุมพร มีลักษณะเนื้อดินที่หยาบกว่าดินบริเวณพื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของจังหวัดระนอง และนครศรีธรรมราช กล่าวคือ ดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และชุมพร มีอนุภาคทรายอยู่ในช่วงพิสัยร้อยละ 41.5-70.9 และมีอนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วงพิสัยร้อยละ 13.9-23.0 (ตารางที่ 3) ส่วนดินจากจังหวัดระนอง และนครศรีธรรมราช มีอนุภาคทรายอยู่ในช่วงพิสัยร้อยละ 12.7-1.3 และ มีอนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วงพิสัยร้อยละ 39.4-65.4 และพบว่า การสะสมของเกลือซึ่งเป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นองค์ประกอบหลักมิใช่จะขึ้นอยู่กับปริมาณอนุภาคดินเหนียวเพียงอย่างเดียว ปริมาณน้ำทะเลที่น้ำเข้ามาสะสม และระยะเวลาที่น้ำทะเลถูกกักขังหรือสะสมอยู่ในดินเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง เช่นพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ วัดที่ 25 องศาเซลเซียส(ECe) ค่าร้อยละของการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียม(ESP) ของดิน จากจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าสูงกว่าจังหวัดชุมพร ระนอง และนครศรีธรรมราช ทั้งๆที่มีเนื้อดินหยาบกว่า

การศึกษาเพื่อแก้ปัญหาคความเค็ม โดยวิธีการล้างดินอย่างเดียว การใช้วัสดุปูนแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแคลเซียมซัลเฟตอย่างใดอย่างหนึ่ง และการใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับแคลเซียมซัลเฟตแบบต่อเนื่อง และด้วยเหตุที่ดินเหล่านี้นอกจากจะมีปัญหาคความเค็มแล้วยังมีปัญหาของความเป็นกรดอยู่ด้วยในดินตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งมีค่าปฏิกิริยาดินในช่วงพิสัย 2.7-4.6 จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนตเพื่อยกระดับค่าปฏิกิริยาดินให้อยู่ในระดับที่ธาตุอาหารพืชในดินสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชได้ โดยวิเคราะห์ค่าความต้องการปูนแคลเซียมคาร์บอเนตของดิน(LR)(ตารางที่ 4) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า วิธีการล้างดินอย่างเดียว

โดยเฉพาะการล้างดิน 5 ครั้งมีผลอย่างยิ่งต่อการลดระดับความเค็มของดินให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรได้ในทุกๆลักษณะเนื้อดิน ซึ่งผลการล้างดิน 5 ครั้ง ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลงไปเป็นดินไม่เค็ม โดยอยู่ในช่วงพิสัย 0-2 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ได้แก่ดินสุราษฎร์ธานี 1 ชุมพร ระนอง และฉะเชิงเทรา 1 ส่วนดินที่มีความเค็มเพียงเล็กน้อยซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในช่วงพิสัย 2-4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ได้แก่ สุราษฎร์ธานี 2 และดินฉะเชิงเทรา 2 ซึ่งระดับความเค็มดังกล่าวนี้พืชหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ เช่น ข้าวพันธุ์ทนเค็ม มะพร้าว ละคร มุก พุทรา ฝรั่ง เป็นต้น แต่การล้างดินเพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดระดับของค่าปฏิกิริยาดินได้ดีเท่ากับการใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนตครั้งอัตราแล้วล้างดิน 5 ครั้งในทุกๆเนื้อดิน ซึ่งทำให้ดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงจาก 2.7 และ 3.2 เป็น 4.9 และ 6.8 ตามลำดับ ดินจากจังหวัดชุมพรมีค่าปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงจาก 4.2 เป็น 7.7 ส่วนดินจากจังหวัดระนองมีค่าปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงจาก 4.6 เป็น 5.5 และดินจากจังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงจาก 4.2 และ 4.4 เป็น 7.1 และ 7.5 ตามลำดับ สำหรับการใส่แคลเซียมซัลเฟตเพียงอย่างเดียว มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความเค็มของดิน และค่าปฏิกิริยาดินน้อยกว่าวิธีการล้างดิน และการใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวในทุกๆเนื้อดิน ซึ่งการใช้แคลเซียมซัลเฟตเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะวิธีการใช้แคลเซียมซัลเฟตครั้งอัตรา และล้างดินจำนวน 5 ครั้งสามารถลดค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียมในกลุ่มดินที่มีเนื้อดินละเอียดได้แก่ ดินจากจังหวัด ระนอง และ ฉะเชิงเทรา เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการล้างดินหรือวิธีการใช้ปูนแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวโดยค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียมของดินจากจังหวัดระนองเปลี่ยนแปลงจาก 20.77 เป็น 2.66 และดินจากจังหวัดฉะเชิงเทราเปลี่ยนแปลงจาก 9.69 และ 23.44 เป็น 4.30 และ 14.79 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความต้องการยิปซัมของดิน(ตารางที่ 4) โดยค่าความต้องการยิปซัมของดินจากจังหวัดฉะเชิงเทรา(ฉะเชิงเทรา 2) มากกว่า

ละเชิงเทรา 1 และมากกว่าดินจากจังหวัดระนอง ซึ่งค่าความต้องการยิปซัมของดินเป็น 3,448 2,719 และ 729 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

แต่จากการวิเคราะห์ดินที่ปนเปื้อนความเค็มจากน้ำทะเลของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง และจังหวัดละเชิงเทรา พบว่า มีความต้องการทั้งปุ๋ย และยิปซัม(ตารางที่ 4) แตกต่างกันไป ซึ่งการศึกษาโดยใช้ปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับแคลเซียมซัลเฟตแบบต่อเนื่อง พบว่า ดินจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย(sandy clay loam)ถึงดินร่วนปนทราย (sandy loam) การใช้วัสดุ 2 ชนิดร่วมกัน โดยใช้แคลเซียมซัลเฟตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง และบ่มดินต่อด้วยปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา ล้างดิน 2 ครั้ง(T8) มีความเหมาะสมที่สุด กล่าวคือ ทำให้ค่าปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงจาก 2.7 เป็น 6.0 ซึ่งธาตุอาหารพืชในดินสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชได้มากที่สุด และค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียมเหลือเพียง 5.28 ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืชในดินสุราษฎร์ธานี 1 เช่นเดียวกับดินสุราษฎร์ธานี 2 ซึ่งมีค่าปฏิกิริยาดินเป็น 6.3 และมีค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียมเป็น 6.88 สำหรับดินจากจังหวัดชุมพร ระนอง และจังหวัดละเชิงเทรา ซึ่งมีเนื้อดินเป็น ดินร่วน(loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง(silty clay loam)และดินเหนียวปนทรายแป้ง(silty caly) ตามลำดับ การใช้แคลเซียมซัลเฟตครึ่งอัตราล้างดิน 3 ครั้ง(T9) มีความเหมาะสมที่สุด โดยทำให้ค่าปฏิกิริยา ค่าการนำไฟฟ้า ค่าร้อยละการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียม และค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียม อยู่ในเกณฑ์ที่ธาตุอาหารพืชในดินสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชได้ ขณะเดียวกันระดับความเค็ม และธาตุประจุบวกโซเดียมลดลงอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษแก่พืช โดยทำให้ดินจากจังหวัดชุมพรมีค่าปฏิกิริยาเป็น 7.3 ค่าการนำไฟฟ้าเป็น 1.59 เช่นเดียวกับดินจากจังหวัดระนอง ที่ทำให้ค่าปฏิกิริยาสูงขึ้นเป็น 5.8 และค่าการนำไฟฟ้าลดลงเป็น 0.86 ค่าร้อยละการแลกเปลี่ยนธาตุประจุบวกโซเดียมลดลงเป็น 4.69 และค่าอัตราส่วนการดูดซับประจุบวกโซเดียมลดลงเป็น 1.74 สำหรับดิน

จะเชิงเทรา1 มีค่าปฏิกิริยาเพิ่มเป็น 7.0 และค่าการนำไฟฟ้าลดลงเป็น 3.22 แต่ในดินจะเชิงเทรา2 ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจะเห็นว่า วิธีการใส่ปุ๋ยแกลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตรา ล้างดิน 3 ครั้ง บ่มดิน ต่อด้วยแกลเซียมซัลเฟตเต็มอัตราล้างดิน 2 ครั้ง(T6)จะทำให้อัตราส่วนการดูดซับธาตุประจุบวก โขเดียมในดินลดลงได้มากที่สุด

อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าความยุ่งยากของการแก้ไขดินที่ได้รับความเค็มจากการเลี้ยงกุ้ง กูลาดำจะมีระดับของความเค็ม และชนิดของความเค็มที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีปัญหาความเป็นกรดของดินร่วมด้วย ดังนั้นการใช้แกลเซียมซัลเฟตและปุ๋ยแกลเซียมคาร์บอเนต ตลอดจนการ บ่มดิน และล้างดินต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้อง เหมาะสม และที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ คืออย่าล้างดินก่อนใส่หรือบ่มดินด้วยแกลเซียมซัลเฟต ดังนั้นถ้ามีการใส่ปุ๋ยแกลเซียมคาร์บอเนตก่อน แกลเซียมซัลเฟตแล้วในทางปฏิบัติสามารถใส่ปุ๋ยแกลเซียมคาร์บอเนต และแกลเซียมซัลเฟตพร้อม กันในขณะที่ดินชื้นแล้วบ่มดินไว้ 7 วัน (แทนที่จะต้องใช้เวลาบ่มดินตามขั้นตอนปกติของวัสดุแต่ละ ตัวรวมกันถึง 14 วัน อันจะกล่าวได้ว่า เป็นการประหยัดทั้งต้นทุน ค่าแรง และเวลา) แล้วล้างด้วยน้ำ จืด แต่อย่าล้างดินก่อนใส่แกลเซียมซัลเฟต เพราะถ้าล้างดินก่อน ดินจะยังแน่นทึบ และการใช้ แกลเซียมซัลเฟตจะมีประสิทธิภาพน้อยลง

ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility) พบว่า ดินทั้ง 4 จังหวัด บริเวณที่เก็บ ตัวอย่างดินทั้ง 6 บริเวณ พบว่า ดินก่อนดำเนินการและดินหลังจากวิธีการดำเนินการทั้ง 3 วิธีการ (T0-T9) ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร และจังหวัดจะเชิงเทรา ความอุดมสมบูรณ์ไม่ เปลี่ยนแปลงคงมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้น ดินจากจังหวัดระนองที่ความอุดม สมบูรณ์เปลี่ยนแปลงจากระดับปานกลาง(ดินก่อนดำเนินการ) เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทุก วิธีการ((T0-T9) แสดงให้เห็นว่า การล้างดิน มีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงได้ โดยเฉพาะ ในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง(SiCL)

ผลการทดลอง พบว่า วัสดุปรับปรุงทั้งแคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟตต่างก็ทำให้ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้น การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตมุ่งเน้นแก้ปัญหาดินเปรี้ยวให้ค่าปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้แคลเซียมซัลเฟตมุ่งเน้นแก้ปัญหาดินเค็มให้เกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนระหว่างประจุบวกไฮโดรเจนและแคลเซียม แต่จากการทดลอง พบว่า การแตกตัวของแคลเซียมซัลเฟตประจุบวกแคลเซียม นอกจากจะทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวกไฮโดรเจนแล้ว ยังเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ประจุบวกไฮโดรเจนบนพื้นผิวอนุภาคดินด้วย จึงทำให้ดินมีปฏิกิริยาความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นเมื่อบ่มดินด้วยแคลเซียมซัลเฟต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบของการจัดการดินที่ปนเปื้อนความเค็ม โดยเฉพาะในดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ต่อไป
2. สามารถเผยแพร่ผลงาน แก่ นักวิชาการทางการเกษตรทั้งระดับภายในประเทศ และต่างประเทศ ถึงการจัดการดินที่เกิดผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดินที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางดิน
3. สามารถเป็นแนวทางการตัดสินใจการจัดการดินที่มีปัญหาทั้งลักษณะดินเค็มและดินเปรี้ยวในดินเดียวกัน
4. ใช้เป็นคู่มือ เพื่อแก้ปัญหาดินปนเปื้อนความเค็มจากน้ำทะเล ทั้งที่เกิดจากสภาพธรรมชาติ(Sea water intrusion) และจากการกระทำของมนุษย์

ข้อเสนอแนะ

- 1 การใส่ปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อปรับระดับค่าปฏิกิริยาของดิน ควรใช้อย่างพึงระวัง โดยเฉพาะในดินที่มีเนื้อดินหยาบ ซึ่งจะเกิดสถานะเกินปุ๋ยได้ง่าย และส่งผลเสียต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในสารละลายดิน เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก ในบางครั้งควรเลี้ยงเป็นใช้ปุ๋ยในรูปแบบอื่นๆแทน เช่น ปุ๋ยโคโลไมด์ ที่สามารถให้ธาตุอาหารพืชทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียม การใส่ปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนตในดินเนื้อหยาบค่าปฏิกิริยาของดินจะเกิดรวดเร็วกว่า ดังนั้นถ้าต้องการใช้จริงๆก็ควรปรับปริมาณการใช้ต่อครั้งลง ควรใช้ 1 ใน 3 ของค่าวิเคราะห์ต่อครั้ง และตรวจวัดค่าปฏิกิริยาของสารละลายดินควบคู่ไปด้วย
- 2 สำหรับการใส่ปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนตในดินเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียว ซึ่งมีความเปรี้ยว เนื่องจากการปลดปล่อยความเป็นกรดของสารประกอบไพไรต์ในดินหรือกรดแผลง สามารถใส่ปุ๋ยแคลเซียมคาร์บอเนตเต็มอัตราค่าวิเคราะห์ได้ เพื่อสำรองไว้ในดินที่จะทำปฏิกิริยาสะเทินปริมาณกรดแผลง
- 3 ส่วนการใส่ยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟต ทั้งในดินเนื้อหยาบและเนื้อละเอียดของดินเค็ม ควรใช้เต็มอัตราค่าวิเคราะห์ ทั้งนี้ปริมาณยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟตจะผันแปรตามปริมาณประจุบวกโซเดียมที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนนั่นเอง ขณะเดียวกันธาตุซัลเฟอร์ก็เป็นธาตุอาหารรองของพืชที่พืชต้องการเช่นกัน
- 4 ในการแก้ปัญหาดินปนเปื้อนความเค็มที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดจะประสบความสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรมต้องมีน้ำจืดล้างดิน ดังเช่นการทดลองล้างดินในห้องปฏิบัติการ สิ่งหนึ่งที่พึงระวังอย่างสูงคือ การจัดการน้ำล้างดินที่มีความเค็มสูงทิ้งลงในพื้นที่ลำราง คลอง แม่น้ำ ควรกระทำอย่างยั้งในช่วงฝน โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของแหล่งน้ำก่อน ถ้ามีค่าการนำ

ไฟฟ้าต่ำถึงระบายน้ำทิ้งได้ และขณะนั้นๆมีน้ำไหลผ่านมากๆ หรือจุดบ่อสำรองปูพื้นด้วยพลาสติกที่แข็งแรงกักเก็บน้ำเต็มไว้ในช่วงฤดูแล้ง หวานด้วยปูนขาวเพื่อฆ่าเชื้อโรคแล้วระบายทิ้งในช่วงฤดูฝน ส่วนของตะกอนก้นบ่อปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งสามารถนำมาเป็นส่วนผสมในปริมาณน้อยๆในการทำปุ๋ยหมักได้ เพื่อการจำหน่าย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มสถิติและสารสนเทศการประมง. 2539. สถิติการเลี้ยงกุ้งทะเลปี 2539. เอกสารฉบับที่ 3/2539.

กองเศรษฐกิจการประมง กรมประมง, กรุงเทพฯ. 25.น.

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2542. โครงการฟื้นฟูการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่ก้นอ่าวไทย, งบประมาณ 2534–2542. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 37 หน้า.

กองสำรวจดิน, 2523. คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 76 น.

ชาคริต มัลละพุทธิธิทร์. 2544. วิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการปรับปรุงดินเค็มที่พบในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยวิธีการใช้น้ำชะล้างเกลือออกจากดิน. บัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไชยสิทธิ์ อเนกสัมพันธ์. 2543. ผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดต่อทรัพยากรดิน และแนวทางการฟื้นฟูดิน เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษในการประชุมสามัญประจำปี 2543 ของสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย วันที่ 30 ตุลาคม 2544 ณ ห้องประชุม 801 อาคาร 8 ชั้น กรมพัฒนาที่ดิน 26 หน้า.

บังอร สายสิทธิ์ และจุมพล นาคะลักษณ์. 2532. สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งไทยในประเทศไทย, น. 1-10 ใน การอบรมเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ณ สโมสรสัญญาบัตรทหารเรือ จังหวัดสงขลา, ระหว่างวันที่ 8-10 สิงหาคม 2532.

พจนีย์ มอญเจริญ ละเอียด สีนุเสน และจรรยา อินทร์สี. 2544. รายงานผลการวิจัยการประเมินความต้องการปุ๋ยของดินเปรี้ยวจัดโดยใช้ค่าอลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 212 น.

- ยนต์ มุสิก. 2531. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย. เอกสารประกอบคำบรรยาย
การสัมมนาการประกันภัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. บริษัทสามัคคีประกันภัย, กรุงเทพฯ. 7 น.
- สมศรี สีนอนวงศ์. พรรณี รุ่งแสงจันทร์,วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, ชัยนาม ดิสถาพร, อรุณี ยูวะ
นิยม, เกียรติศักดิ์ หงส์โต และ อนงค์ สุทธาวาส. 2523. การใช้ภาพถ่ายอากาศและภาพถ่าย
ดาวเทียมให้เป็นประโยชน์ในงานศึกษาดินเค็ม. น. 74-283. ใน รายงานการประชุมวิชาการ
กองบรรษัทที่ดิน ครั้งที่ 1 , 12-14 มีนาคม 2523. สำนักงานเกษตรภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่.
- อารีย์ สิทธิมั่ง. 2530. เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องวิวัฒนาการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศ
ไทย. คณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 10 น.
- เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2533. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 650 น.
- _____. 2542. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 182 น.
- Abu-sharar,T.M. , F. T. Bingham and J.O. Rhodes. 1987. Reduction in hydraulic conductivity in
relation to clay dispersion and aggregation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 342-346.
- Agassi, M., J. Mor in and I. Shainberg. 1985. Effect of raindrop impact energy and water salinity
on infiltration rates of sodic soils. Soil Sci. Amer. J. 49: 186-190.
- Ayers and Westeot. 1985. Effect of soil salinity and top removal on growth and yield of
broadbean as a green vegetable. (On line) www.sciencedirect.com , 1 August 2013.
- Bauder, J. W. 2001. Interpretation of chemical analysis of irrigation water and water considered
for land spreading. Personal communication. Montana State University, Bozeman, Motana.

- Bauder, J. W. and T. A. Brock. 2001. Irrigation water quality, soil amendment, and crop effects on sodium leaching. *Arid Land Research and Management*. 15:101-113.
- Bower, C.A. and L.V. Wilcox. 1965. Soluble Salts In *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Biological Properties*. Amer. Soc. Of Agro., No.9. 62:933-951
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci*. 59: 39-45.
- Carter, T. E., and T. W. Ruffy. 1993. Soybean plant introduction exhibiting drought and Aluminum tolerance., P. 335-346, **In** C. G. Kuo, ed. *Adaptation of food crops to temperate and water stress*, Vol. Publication No. 93-410. Asian Vegetable Research and Development Center., Taipei, Taiwan.
- Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy*, No. 9. Amer. Soc. of Agro. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Day, P.R. 1965. Particle Fractionation and Particle Size Analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part I. Agronomy*, No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin. USA.
- Hanson, B., S. R. Grattan and A. Fulton.1999. *Agricultural Salinity and Drainage*. University of California Irrigation Program. University of California. Davis.
- Hesse, P. R. 1971. *Textbook of Soil Chemical Analysis*. William Clowes and Sons Limited, London.
- Ilyas, M., Qureshi, R. H. and Qadir, M. A., 1997. Chemical change in saline-sodic soil after gypsum application and cropping. *Soil Technology* 10 : 247-260.

- Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. N. J. p.219-221.
- Kilmer, V.J. and L. T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. Soil Sci. 38:68-24.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. of Land Development, Ministry of Agri and Coop., Bangkok. 135 p.
- Luttge, U., J. Andrew and C. Smith. 1984 . Structural, biophysical and biochemical aspects of the role of leaves in plant adatraton to salinity and water stress, pp. 125-150. In Richard C. Staples and Gray H. toenniessen (eds.). Salinity Tolerance in plants : Strategies for Crop Improvement. John Wiley and Sons, New York.
- Munshower, F. F. 1994. Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter. Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agro. No.9. Part 2. 60:914-925.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. U.S. Salinity Laboratory, U. S. Dept. Agr. Hbk. 60. 160 p.
- Ritchey, K. D., D. M. G. Souza, E. Lobato and O. Correa. 1980. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. Agron. J. 72: 40-44.
- Samanai, A. 1992. Determine the sensitivity scales of soils to saline and sodic water in Garizate region at Yazd province. In Proceeding of Seminar on the Problems of Iranian Desert and Kavir, Yazd, Iran, vol. 1.

- Schoonover, W. R. 1952. Examination of Soil for Alkali. P.104-105 *in* H. E. Hayward (eds). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture handbook No. 60. USSL. Riverside, Calif.
- Shainberg, I. and M. J. Singer. 1985. Effect of electrolyte concentration on the hydraulic properties of depositional crust. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49:1260-1263.
- Sharma, S, k. 1984. Osmotic and ionic effects in salt sensitive and resistant wheat varieties. *India J. Plant Physiol.* 27: 153-158.
- Soil Conservation Service. 1982. Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey Investigation Report No.1. Washington, D.C. 68p.
- Soil Science Society of America. 1984. Glossary of soil Science Terms. Madison, Wisconsin, USA. 37 p.
- Sys, C. I. 1979. Tropical Soil-II. State University of Ghent, Belgium. 125 p.
- Szabolcs, I. 1985. Salt affected soils, as world problem, pp. 30-47. *In* Proceedings of International Symposium on Salt Affected Soils. Beijing Agricultural University and Chinese Academy of Agricultural Sciences, Jinan, China.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils Agric. Washington, D.C. 160 p.
- USDA, Natural Resource Conservation Service. 2002. Soil Conservationists. Salinity Management Guide–Salt Management. (On line) www.launionsweb.org/salinity.htm. 1 August 2013.

- Van Schilfgaarde, J. L., L. Bernstein, J. D. Rhodes and S. L. Rawlins. 1974. Irrigation management for salt control, *J. Irrig. Drainage Div. ASCE* 100 (IR 3), 46:321-338.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the Chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-35.
- Western Fertilizer Handbook. 1995. Produced by the Soil Improvement Committee of the California Fertilizer Association. Interstate Publishers, Inc., Sacramento, California.
- Woodruff, C.M. 1948. Determination for the exchangeable hydrogen and lime requirement of the soil by means of glass electrode and a buffered solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12:141-142.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อกำหนดต่างๆที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี (เอิบ, 2542 ; Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973)

1 ระดับปฏิกิริยาของดิน

ระดับปฏิกิริยาของดิน	ค่า pH
กรดรุนแรงมาก	< 4.5
กรดจัดมาก	4.5 - 5.0
กรดจัด	5.1 - 5.5
กรดปานกลาง	5.6 - 6.0
กรดเล็กน้อย	6.1 - 6.5
กลาง	6.6 - 7.3
ด่างเล็กน้อย	7.4 - 7.8
ด่างปานกลาง	7.9 - 8.4
ด่างจัด	8.5 - 9.0
ด่างจัดมาก	> 9.0

2 ระดับปริมาณร้อยละของอินทรีย์วัตถุในดิน

ระดับ	อินทรีย์วัตถุ (%)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5 - 1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0 - 1.5
ปานกลาง	1.5 - 2.5
ค่อนข้างสูง	2.5 - 3.5
สูง	3.5 - 4.5
สูงมาก	> 4.5

3 ระดับความสูงต่ำของความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

ระดับ	CEC cmol / kg
ต่ำมาก	<3
ต่ำ	3-5
ค่อนข้างต่ำ	5-10
ปานกลาง	10-15
ค่อนข้างสูง	15-20
สูง	20-30
สูงมาก	>30

4 ระดับความสูงต่ำของความอิ่มตัวด้วยธาตุประจุบวกต่าง (%BS)

ระดับ	% BS
ต่ำ	<35
ปานกลาง	35-75
สูง	>75

5 ระดับความสูงต่ำของธาตุอาหารพืชในดิน

ระดับ	P	K
	mg/kg	
ต่ำมาก	< 3	< 30
ต่ำ	3-6	30-60
ค่อนข้างต่ำ	6-10	
ปานกลาง	10-15	60-90
ค่อนข้างสูง	15-25	
สูง	25-45	90-120
สูงมาก	> 4.5	> 120

ตารางผนวกที่ 2 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน

ระดับ ความอุดม สมบูรณ์ ของดิน	ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (g Kg ⁻¹)	การอิ่มตัว ด้วยธาตุ ประจุบวก ค้าง (%)	ความจุในการ แลกเปลี่ยน ประจุบวก (cmol Kg ⁻¹)	ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (mg Kg ⁻¹)	ปริมาณ โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (mg Kg ⁻¹)
ต่ำ	<15 (1)	<35 (1)	<10 (1)	<10 (1)	<60 (1)
ปานกลาง	15-35 (2)	35-75 (2)	10-20 (2)	10-25 (2)	60-90 (2)
สูง	>35 (3)	>75 (3)	>20 (3)	>25 (3)	>90 (3)

ที่มา : กองสำรวจดิน (2523)

หมายเหตุ วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า	ถือว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12	ถือว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง
ถ้าคะแนนเท่ากับ 13 หรือมากกว่า	ถือว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง