รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาลักษณะทางเคมีของดินในนากุ้ง (The Study of Chemical Characteristics of Soils in Shrimp Farms)

โดย

นายประวิทย์ โตวัฒนะ
นายสมศักดิ์ มณีพงศ์
นายพิภพ ปราบณรงค์

ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

พฤศจิกายน 2536

เลขหมู่ SB2.5 ท46 ร536 ค.1
เลขทะเบียน 018669
2/0 ส.ค. 2536

บทคัดย่อ

การขยายตัวของการทำนากุ้งในพื้นที่ ๆ ใช้ปลูกข้าว ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงทางด้านเศรษฐสังคมและทรัพยากรต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรดิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาผลกระทบของการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมี ซึ่งทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างดินจากชุดดินบางกอก ใน อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา 3 บริเวณ คือ ดินนาข้าว ซึ่งเป็นตัวแทนของดินที่ยังไม่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง ดิน site J ซึ่งเป็นดินที่ทำการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปี และ ดินบริษัทนอควาสตาร์ ซึ่งผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 3 ปี ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 100-110, 110-120, 120-130, 130-140 และ 140-150 เซนติเมตร ตามลำดับ นำตัวอย่างดินที่ได้จาก 3 บริเวณมาวิเคราะห์เพื่อหาค่า pH, การนำไฟฟ้า, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, โซเดียม, โพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, ฟอสฟอรัส, และก่ามะถัน นำผลวิเคราะห์ที่ได้จากตัวอย่างดินที่ระดับความลึกเดียวกันของดินนากุ้งมาเปรียบเทียบกับดินนาข้าวโดยทางสถิติ

ผลการศึกษาพบว่าการเลี้ยงกุ้งทำให้ pH ของดินลดต่ำลงตามระยะเวลาที่ใช้พื้นที่ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง ซึ่งค่า pH ที่ลดลงเข้าใจว่าเกิดจากปริมาณอินทรีย์วัตถุ และสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำทะเล นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ ค่าการนำไฟฟ้า หรือค่าความเค็มของดิน เพิ่มขึ้นทุกความลึกเมื่อเทียบกับดินนาข้าว แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งที่ site J (อายุ 1 ปี) ที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร สูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินนาข้าวที่ระดับเดียวกัน ชี้ให้เห็นถึงปริมาณการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินนากุ้งมากกว่า 50 เซนติเมตรต่อปี นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ขณะที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณแคลเซียม สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ก่ามะถัน และ ฟอสฟอรัส ในดินนากุ้งลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน ซึ่งอินทรีย์วัตถุและน้ำทะเลอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบก่ามะถันในดินนากุ้ง ในขณะเดียวกัน การเพิ่มขึ้น

ของฟอสฟอรัสบริเวณก้นปอ อาจเนื่องจากการสะสมอินทรีย์วัตถุและการดูดซับฟอสฟอรัสโดยแคลเซียม ในทางตรงข้าม ปริมาณแคลเซียม ในดินนากุ้งเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน อาจเนื่องจากแคลเซียมถูกแทนที่โดยโซเดียมในดินชั้นบน จึงทำให้แคลเซียมถูกชะล้างไปสะสมในดินชั้นล่าง

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการฟื้นฟูบูรณะ และจัดการที่ดินนากุ้งตลอดจนการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต

Abstract

The expansion of shrimp farming into rice growing areas has adverse impacts on socioeconomic aspects and natural resources of the areas, particularly soil resources. Therefore, it is necessary to investigate the impacts of shrimp farming on the chemical properties of the soils. Three sites of Bangkok Series (Bk) were selected from different locations at Amphoe Ranot, Changwat Songkhla, namely a paddy field, site J (one-year shrimp pond) and Aquastar Farm (three-year shrimp pond). Soil samples were collected at the depth of 100-110, 110-120, 120-130, 130-140 and 140-150 centimeters respectively, and then analyzed for pH, electrical conductivity, organic matter, Na, K, Ca, Mg, P and S.

The results from statistical comparisons among the same depth of soil samples obtained from the paddy field, site J and Aquastar Farm revealed that pH levels of the shrimp pond soils decreased with cultivation time. Organic matter accumulation and sea water employed in the shrimp ponds were probably responsible for the decline in the soil pH. The electrical conductivities of the shrimp pond soils considerably increased when compared with paddy soils ; however they decreased with depth.The much higher electrical conductivities of shrimp pond soils than those of the paddy soils at all depths, especially at the 50 centimeters of the

one-year shrimp pond (site J) indicated that vertical salinity penetration was at least 50 centimeters per year. Moreover, the electrical conductivities of the shrimp pond soils has positive correlations with the amounts of Na, K and Mg, whereas a negative correlation was observed with Ca. The amounts of organic matter, S and P in the shrimp pond soils also decreased with depth. It was concluded that both organic matter and sea water were sources of S in the shrimp pond soils, while the high P content in the surface of the shrimp pond soils was possibly caused by the accumulation of organic matter (shrimp food) and the P-fixation by Ca from liming materials employed in the shrimp ponds. Surprisingly, the contents of Ca in the shrimp pond soils increased with depth suggesting the replacement of Ca by Na at the surface soils leading to accumulation of Ca in the subsoils.

The information obtained from this study may be used for land reclamation, management and land use planning.

สารบัญ

	หน้า
Abstract	I
กิตติกรรมประกาศ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	9
บทที่ 4 การทดลอง	14
บทที่ 5 ผลการวิจัย	24
บทที่ 6 วิเคราะห์และวิจารณ์ผล	41
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา	54
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก	65
ภาคผนวก ข	74
ภาคผนวก ค	77
ภาคผนวก ง	79
ภาคผนวก จ	80
ภาคผนวก ฉ	81
ภาคผนวก ช	84

บทที่ 1
บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Tiger Prawn : Penaeus monodon) ในประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องมาจากความต้องการผลิตภัณฑ์กุ้งในตลาดญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา ประกอบกับการเสื่อมสมรรถภาพในการเพาะเลี้ยงชายฝั่งของประเทศไต้หวัน อินโดนีเซีย อิคัวดอร์ และประเทศต่าง ๆ ในทวีปอเมริกาใต้ ปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งผลักดันทำให้เกิดการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2529 พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 254,805 ไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 500,000 ไร่ ในปี พ.ศ. 2533 (Jantadisai, 1990; Office of Agricultural Economic, 1990) สำหรับภาคใต้มีพื้นที่ชายฝั่งที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงกุ้ง และพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกันกล่าวคือในปี พ.ศ.2526 มีพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง 47,334 ไร่ และเพิ่มเป็น 84,894 ไร่ ในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัดชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกและตะวันออกของภาคใต้ โดยมีแหล่งใหญ่อยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช ในปีพ.ศ.2533 พื้นที่เลี้ยงกุ้งของ 2 จังหวัดนี้เพิ่มสูงถึง 68,000 และ 40,000 ไร่ ตามลำดับ (Sritongsuk, 1990 : 93-94). สำหรับบริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา พบว่าในปี พ.ศ. 2533 มีพื้นที่ทำนากุ้งถึง 6,938 ไร่ (Thongrak, 1990 : 464)

การขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งอย่างรวดเร็วในภาคใต้ โดยขาดการวางแผนและการจัดการที่ดี ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรต่าง ๆ ที่สำคัญอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและน้ำ การแพร่กระจายของความเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งเข้าสู่นาข้าวข้างเคียง ตลอดจนมีการบุกรุกป่าชายเลนและทำลายระบบนิเวศน์วิทยา นอกจากนี้หลังจากมีการใช้พื้นที่ชายฝั่งเพาะเลี้ยงกุ้งอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3-5 ปีแล้วบ่อเลี้ยงกุ้งเหล่านี้จะลดสมรรถภาพในการเพาะเลี้ยงกุ้ง จึงทำเกิดการละทิ้งพื้นที่โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ ทำให้ต้องมีการบุกรุกป่าชายเลนต่อไปเพื่อหาพื้นที่มาทดแทนบ่อเลี้ยงกุ้งเดิม ซึ่งเปรียบเทียบได้ว่าเป็นการเพาะเลี้ยงแบบเลื่อนลอย (Shifting Mariculture) ดังตัวอย่างในหลาย ๆ ประเทศ เช่น ไต้หวัน อิคัวดอร์ อินโดนีเซีย เป็นต้น รวมทั้งชายฝั่งทะเลของภาคกลางและภาคตะวันออกของไทย เช่น สมุทรปราการ สมุทรสงคราม (Thongrak,1991 : 466) นอกจากนี้ ผลของน้ำทะเลและน้ำกร่อยที่ถูกนำเข้าไปในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อการเพาะเลี้ยง มีผลเสียเป็นอย่างมากต่อสมบัติของดินกล่าวคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ความเป็นกรด-เป็น

ต่าง แร่ธาตุต่าง ๆ และปริมาณออกซิเจนในดิน เป็นต้น ทำให้สมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดินเสียไปจนไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงชายฝั่งและการเกษตรกรรม (เกรียงศักดิ์ หงษ์โต, 2525 : 178)

ดังนั้น การศึกษาผลกระทบจากการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดิน จะเป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินในนากุ้ง ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้วในช่วงระยะเวลาหนึ่งกับดินที่เริ่มดำเนินการเลี้ยงกุ้ง โดยเปรียบเทียบกับชุดดินเดียวกันที่ยังไม่ผ่านการทำนากุ้ง เพื่อที่จะเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงหรือการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดินในเขต อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา
2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนากุ้ง
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีแต่ละชนิด ในดินนากุ้ง
4. เพื่อศึกษาลักษณะการแพร่กระจายของไอออนต่างๆตามแนวดิ่งในหน้าตัดดินนากุ้ง
5. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีที่เกิดขึ้นในดินนากุ้งที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะข้าว

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงกระบวนการ ขั้นตอนและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินนากุ้ง ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสมบัตินั้น
2. ทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของโลหะที่สะสมตัวอยู่ในดินนากุ้ง
3. ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการปรับปรุงและฟื้นฟูพื้นที่นากุ้ง ให้มีโอกาสนำกลับมาใช้ในการเกษตรได้อีก ซึ่งอาจเป็นการป้องกันความเสื่อมโทรมและสูญเสียทรัพยากรดิน สภาพแวดล้อมและการทำลายป่าชายเลน
4. ผลการศึกษานี้ อาจสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐาน หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงและฟื้นฟูบริเวณดินนากุ้งในบริเวณอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

การนำน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยมาเลี้ยงกุ้งกุลาดำ การให้อาหารกุ้งตลอดจนการใช้สารเคมีเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ซึ่งสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปอาจจะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ในการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาดัชนีชนิดต่าง ๆ ของดินที่คาดว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการนำพื้นที่มาเพาะเลี้ยงกุ้ง อาทิ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) หรือความเค็มของดิน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม และปริมาณกำมะถัน

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่งรวมถึงบริเวณป่าชายเลน โดยดินบริเวณนี้จะได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลตลอดเวลา มีผลทำให้ดินมีสภาพเป็นดินเปียกชื้นอยู่ตลอดเวลา ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นกลางถึงด่าง (pH 7-8) เนื่องจากปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) (Coultas, 1978 : 111-115) ซึ่งความเป็นกรดเป็นด่างของดินช่วงนี้มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง เมื่อมีการขุดบ่อเลี้ยงกุ้งหรือการระบายน้ำออกจากพื้นที่ ดินจะมีโอกาสสัมผัสกับอากาศ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของกำมะถันหรือสารประกอบของกำมะถัน เช่น แร่ไพไรต์(Pyrite,FeS_2)เกิดเป็นกรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid,H_2SO_4) มีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดต่ำลง ซึ่งแร่ไพไรต์จะพบได้ทั่วไปในดินชายฝั่งทะเลและดินป่าชายเลน (สิริ ทุกข์วินาศ, 2532 : 78-79 ; Simpson and Pedini 1985 : 32) ทั้งนี้ดินอาจมีสภาพเป็นกรดจัดภายในระยะเวลา 1-2 ปี หลังจากการระบายน้ำออกจากพื้นที่ (Lynn and Whitting, 1966 : 241-248) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขดินก่อนทำนากุ้ง โดยการใส่ปูนขาว (CaO) หรือ ปูนมาร์ล ($CaCO_3$) เพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้สูงขึ้น (สิริ ทุกข์วินาศ, 2532: 79) ทั้งนี้การใส่จะมากหรือน้อยขึ้นกับสภาพความเป็นกรดของดิน ในประเทศไทยเกษตรกรส่วนใหญ่มักใช้ประมาณ 400 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่คำนึงถึงความเป็นกรดเป็นด่างของดินมากนัก (ปัญญา สุวรรณสมุทร, 2534 : 40)

สุกัญญา กันเมล์ และ เสาวลักษณ์ ตันติพงศ์อาภา (2533 : 21) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ที่ตกทับถมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งมีมากขึ้น ทำให้มีสารประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียถูกปล่อยออกมา มีผลทำให้ความเป็นด่างเพิ่มขึ้น (วารสารแอควาสตาร์, 2532)

ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์ (2535 : 40-45) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินหรือค่า pH ในช่วงตากบ่อจะมีค่าน้อยกว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระหว่างการเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในสภาพที่มีอากาศเพียงพอ (Aerobic Condition) ทำให้เกิดกรดอินทรีย์ พวกกรดฮิวมิก (Humic Acid) และกรดฟูลวิค (Fulvic Acid) (สมเจตน์ จันทวัฒน์ และคณะ, 2530 : 353-354)

2.ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)

อินทรีย์วัตถุในบ่อกุ้งเกิดจากสิ่งที่หลงเหลือจากขบวนการเมทาบอลิซึม (Residues of Metabolites)ของกุ้งและอาหารที่กุ้งกินไม่หมด ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุจะเป็นตัวชี้ถึงมลภาวะในบ่อกุ้ง โดยอินทรีย์วัตถุที่สะสมและตกตะกอนเป็นจำนวนมากจะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation - Reduction) ที่ก้นบ่อ ทั้งนี้ในบ่อกุ้งใหม่จะมีมลภาวะน้อยกว่าบ่อกุ้งเก่า (Suying, 1986 : 89).โอลตราและคณะ (Oltra, et al., 1989 : 22) ได้ศึกษาการเลี้ยงกุ้งโดยการใช้เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอนินทรีย์เป็นอาหารกุ้ง พบว่าอินทรีย์วัตถุในตะกอนดิน มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงร้อยละ 5-22

สิริ ทุกข์วินาศ (2532 : 84-85) พบว่าวิธีการเลี้ยงกุ้งที่ต่างกันจะทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ก้นบ่อต่างกัน ซึ่งผลการศึกษา การทำนากุ้งแบบพัฒนาที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.75 ในขณะที่การทำนากุ้งแบบธรรมชาติและกึ่งพัฒนา มีค่าอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.27 ราชาลักษมี และคณะ (Rajyalakshmi, et al., 1987 : 123) พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในบ่อกุ้ง เมืองทามินนาดู มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.511- 0.637

ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์ (2535 : 57) ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินบ่อเลี้ยงกุ้งกับดินป่าชายเลน พบว่าดินบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าดินป่าชายเลนในทุกระดับความลึกที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนสภาพป่าชายเลนมาทำนากุ้งจะทำให้เกิดการสูญเสีย

ซากอินทรีย์วัตถุในดิน ที่มาจากใบไม้ หรือรากไม้ และยังทำให้ความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์วัตถุในดินลดลง อันเนื่องมาจากสภาพความเป็นกรดที่รุนแรง ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลง ส่งผลให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารพืชเกิดในอัตราต่ำ (ทัศนีย์ ฉันทาดิศัย, 2531 : 69-82)

3. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มของดิน เป็นค่าสื่อนำไฟฟ้าที่บอกปริมาณสารละลายเกลือในรูปแคตไอออนและแอนไอออนที่มีอยู่ในดินอย่างหยาบ ๆ (Allison, et al., 1954 : 8) จากการศึกษาตะกอนดินบริเวณอ่าวฟันดี (Fundy Bay) ประเทศแคนนาดาพบว่าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล ค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง 5.0-24.0 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ขณะที่บริเวณที่ปราศจากอิทธิพลของน้ำทะเล ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.72-1.2 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร (Saini, 1971) สำหรับดินป่าชายเลนบางแห่งในประเทศอินเดีย ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 25.8-101.0 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ซึ่งถือเป็นดินที่มีความเค็มสูงมาก (Coultas, 1978 : 112) จากการศึกษาของ ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์ (2535 : 46-52) พบว่าการเปลี่ยนสภาพป่าชายเลนมาทำนากุ้งจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลง

สำหรับดินบางชุดในประเทศไทยที่พบบริเวณที่ราบชายทะเล ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำเค็มหรือตะกอนน้ำกร่อย เช่น ดินชุดชะอำ, ดินชุดบางนรา, ดินชุดบางกอก, ดินชุดตากใบ, ดินชุดสุไหงโกลก และดินชุดระโนด มีค่าการนำไฟฟ้า 5.0, 0.04, 0.33, 0.12, 0.07 และ 7.74 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (ธนู คำแก่น, 2522 : 277)

นวรัตน์ ไกรพานนท์ (2527:128-130) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าบางแห่งในดินป่าชายเลนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และจากการศึกษาของ ทัศนีย์ ฉันทาดิศัย (2531 : 69-82) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินในนากุ้ง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณประจุของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียมในสารละลายดิน

4. ปริมาณฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในบ่อกุ้งได้มาจากสิ่งขับถ่ายและอาหารส่วนที่หลงเหลือจากการกินของกุ้ง ซึ่งฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ สามารถตกตะกอนและถูกดูดกลืนโดยดินนากุ้ง (ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร

และคณะ, 2532) ทั้งนี้ฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในตะกอนดินในรูป เหล็กฟอสเฟต ($FePO_4$), อลูมิเนียมฟอสเฟต ($AlPO_4$) และ แคลเซียมฟอสเฟต ($CaPO_4$) (Chien, 1989 : 16-18) และเมื่อ pHของดินลดลง เหล็กฟอสเฟต และ อลูมิเนียมฟอสเฟต จะปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกมาสู่สารละลายดิน (สมเจตน์ จันทวัฒน์ และคณะ , 2530 : 415) จากการศึกษาของเฮสซี (Hesse, 1963 : 295) พบว่าเมื่อดินแห้ง ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดตรึงโดยอลูมิเนียมในรูปอลูมิเนียมฟอสเฟตจะมีปริมาณลดลง แต่เมื่อเวลาผ่านไปฟอสฟอรัสจะถูกดูดตรึงโดยเหล็กในรูปเหล็กฟอสเฟตเพิ่มขึ้น และมีปริมาณเหล็กและอลูมิเนียมเพิ่มขึ้น

สุกัญญา กันเมล์ และ เสาวลักษณ์ ตันติพงศ์อาภา (2533) ได้ศึกษาปริมาณฟอสเฟตในดินนากุ้ง พบว่าในช่วง 15 วันแรกของการเลี้ยงกุ้ง ปริมาณฟอสเฟตมีค่าลดลงเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนฟอสเฟตระหว่างตะกอนดินกับน้ำ หลังจากนั้นปริมาณฟอสเฟตจะเพิ่มขึ้น

ราชาลักษมี และคณะ (Rajyalakshmi, et al., 1987 : 125) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในดินนากุ้งประเทศอินเดียอยู่ในช่วง 128.90-200.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ ชฎา ตรงค์ฤทธิ์ (2535 : 58-62) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในช่วงตากบ่ออยู่ในช่วง 37.37-42.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

5. ปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และ โพแทสเซียม

จากการศึกษาดินตะกอนชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทะเล พบว่ามีปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 40.7-210.0, 11.5-40.0, 4.2-8.7 และ 1.0-3.1 มิลลิสมมูลย์ต่อกิโลกรัมตามลำดับ (Saini,1971) ขณะที่ผลการศึกษาของ ชฎา ตรงค์ฤทธิ์ (2535 : 63-81) ซึ่งศึกษาดินในนากุ้งในช่วงตากบ่อพบว่า ปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 377.88-535.24, 134.17-186.65, 42.25-62.55 และ 15.74-22.63 มิลลิสมมูลย์ต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาทั้งสองคล้ายคลึงกับองค์ประกอบของน้ำทะเลที่มีประจุบวกมากน้อยตามลำดับคือ โซเดียมร้อยละ 77.4 แมกนีเซียมร้อยละ 17.6 แคลเซียมร้อยละ 3.4 และโพแทสเซียมร้อยละ 1.6 (Coover, Bartelli and Lynn, 1975 : 703-706)

6. ปริมาณกำมะถันที่ถูกออกซิไดซ์(Oxidized Sulphur)

กำมะถันในดินนากุ้งได้มาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสภาวะขาดออกซิเจน (Anaerobic Condition) เกิดเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (Bai, 1982). จินชูและเหลียง (Jinshu and Liangge, 1991) พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณกำมะถันในตะกอนดินบ่อกุ้ง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) 0.6

พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ (2532) ได้ศึกษาปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินระหว่างการเลี้ยงกุ้งพบว่า ปริมาณซัลไฟด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยปริมาณซัลไฟด์ตั้งแต่เริ่มต้นถึงสิ้นสุดการเลี้ยงแปรผันอยู่ในช่วง 4-167 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชฎา ณรงค์ฤทธิ์ (2530, 91-95) ศึกษาปริมาณซัลเฟตจากดินบ่อกุ้งช่วงดากบ่อ พบว่าอยู่ในช่วง 890.7-1616.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

บทที่ 3
สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1. ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภอระโนด เป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดสงขลา ตั้งอยู่บนคาบสมุทรสทิงพระชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกภาคใต้ของประเทศไทย พื้นที่อยู่ประมาณเส้นรุ้งที่ 77 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100.3 องศาตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 490,083 ไร่ หรือ 784.13 ตารางกิโลเมตร อยู่ห่างจากตัวจังหวัดสงขลาระยะทางประมาณ 106 กิโลเมตร โดยทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1884 มีอาณาเขต ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ดังนี้

ทิศเหนือ จดอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

ทิศใต้ จดอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา

ทิศตะวันออก จดอ่าวไทย

ทิศตะวันตก จดทะเลสาบสงขลา, กิ่งอำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลา และอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง (สำนักงานเกษตรอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา, 2534)

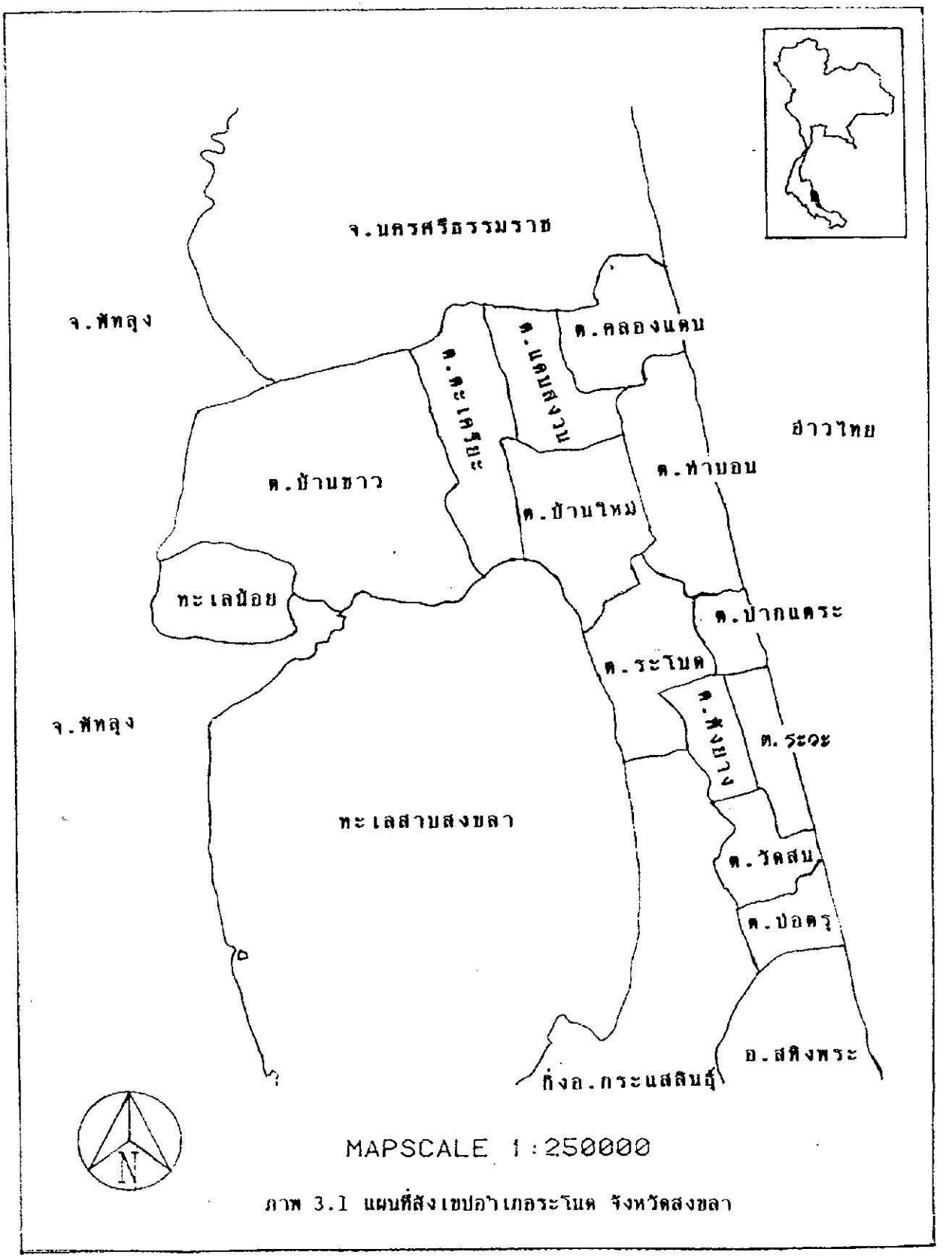
สำหรับบริเวณที่เก็บตัวอย่าง คือ บริเวณกิโลเมตรที่ 93 - 94 ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1884 ตำบลปากแตระ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

2. ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอระโนดเป็นพื้นที่ราบทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านตะวันตกเป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลสาบ ในฤดูฝนจะมีน้ำท่วมฉับพลันทุกปีและท่วมขังเป็นเวลานานทุกปี ในฤดูแล้งมักขาดแคลนน้ำ ส่วนทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบชายทะเล มีลักษณะเป็นเนินหาดทรายยาวประมาณ 40 กิโลเมตร

3. ลักษณะดิน

ดินในเขตอำเภอระโนดส่วนใหญ่จะเป็นชุดดินระโนด (ปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดินจำแนกให้เป็นชุดดินบางกอก : Bangkok Series) ดินชุดนี้พบเกิดอยู่บนพื้นที่ ๆ มีลักษณะเป็นที่ราบ มีความลาดชันร้อยละ 1-2 มีชั้นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงเลว ดินชั้นบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนดินร่วน หรือดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง มี pH เป็นกรดอ่อน



ภาพ 3.1 แผนที่สังเขปอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

(pH 5-6) สำหรับดินชั้นล่างมีเนื้อดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทราย หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง มี pH 7-8 นอกจากนี้ชุดดินระโนดมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชปานกลางถึงสูง ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง โดยทั่วไปใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวในฤดูฝน และปลูกพืชไร่ในฤดูแล้งในบริเวณที่มีแหล่งน้ำ (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 192)

4. <u>แหล่งน้ำ</u> แหล่งน้ำในอำเภอระโนดได้มาจาก 4 แหล่งหลักคือ

4.1 **โครงการชลประทาน** โดยงานส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 (ทุ่งระโนด) จะทำการสูบน้ำจากทะเลสาบสงขลา ผ่านทางคลองส่งน้ำหลักยาวประมาณ 21 กิโลเมตร และคลองซอยยาวประมาณ 7 กิโลเมตร

4.2 **แหล่งน้ำธรรมชาติ** ได้จากทะเลสาบสงขลาตอนใน และคลองธรรมชาติ ที่มีอยู่ประมาณ 10 คลอง

4.3 **น้ำใต้ดิน** จากข้อมูลทางอุทกธรณี ของจังหวัดสงขลา พบว่าอำเภอระโนดมีน้ำใต้ดินกระจายอยู่ทั่วไป ปกติจะลึกไม่เกิน 20 ฟุต ปริมาณน้ำประมาณ 5-10 แกลลอนต่อนาที คุณภาพน้ำใต้ดินโดยทั่วไปดี ถึงกร่อยเล็กน้อย

4.4 **แหล่งน้ำเค็ม** อาศัยน้ำทะเลจากอ่าวไทยในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยอยู่ทางฝั่งตะวันออกของอำเภอ ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตลอดแนวความยาว 40 กิโลเมตร (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 32)

5. <u>สภาพภูมิอากาศ</u>

อำเภอระโนดมีภูมิอากาศแบบมรสุมในเขตร้อน อุณหภูมิอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่ตลอดปีและไม่ร้อนจัดจนเกินไป

5.1 ฤดูกาล แบ่งเป็น 2 ฤดูคือ

- <u>ฤดูฝน</u> เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม โดยช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระยะนี้จะมีฝนตกน้อย เนื่องจากมีภูเขาซึ่งทอดขวางทิศทางลมอยู่ ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคมจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือระยะนี้จะมีฝนตกชุกและมีปริมาณมาก

- <u>ฤดูแล้ง</u> เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ในระยะนี้ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลมร้อนชื้น จึงทำให้อากาศร้อนชื้นโดยทั่วไปแต่อุณหภูมิจะไม่สูงขึ้นมากนัก เนื่องจากจังหวัดสงขลาอยู่ใกล้ทะเลทั้งสองด้าน

5.2 ปริมาณฝน ปริมาณน้ำฝนของอำเภอระโนดเฉลี่ย 1888.3 มิลลิเมตรต่อปี โดยเดือนพฤศจิกายน จะมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดเฉลี่ย 580.9 มิลลิเมตร ขณะที่เดือนกุมภาพันธ์ จะมีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดคือ 3.7 มิลลิเมตร สำหรับการกระจายของฝนที่ตกในรอบปีเฉลี่ย 125.4 วัน

5.3 อุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดตลอดปี 31.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดตลอดปี 23.9 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 27.6 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีสูงสุดจะอยู่ในเดือนเมษายน คือ 28.7 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีสูงสุดจะอยู่ในเดือนเมษายนคือ 28.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีต่ำสุดจะอยู่ในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม คือ 26.6 องศาเซลเซียส

5.4 ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดอยู่ในเดือนพฤศจิกายน คือ ร้อยละ 84 และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม คือ ร้อยละ 76 ทั้งนี้ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปี ร้อยละ 79

5.5 ลม ความเร็วของลมท้องถิ่นเฉลี่ยตลอดปี 5.5 - 12 นอต และมีความเร็วลมสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ย 76 นอต ทั้งนี้ทิศทางของลมจะเป็นไปตามฤดูกาล คือ พัดมาจากทิศตะวันออกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และพัดมาจากทิศตะวันตกถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 7-9)

6. สภาพการผลิตทางการเกษตร

อำเภอระโนดมีเนื้อที่ทั้งหมด 490,083 ไร่ เป็นพื้นที่การเกษตร 173,930 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 35 ของพื้นที่ทั้งอำเภอ มีการเพาะปลูก เลี้ยงปลา เลี้ยงสัตว์ประมาณร้อยละ 93.5 และการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประมาณร้อยละ 6.5 ของพื้นที่การเกษตร

ดังรายละเอียดสภาพการผลิตดังนี้

6.1 สภาพการผลิตพืช เกษตรกรส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพด้านการปลูกพืชเป็นหลัก โดยเป็นพื้นที่ทำนาประมาณ 167,990 ไร่ รองลงมาคือ ปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นประมาณ 3,040 ไร่ ปลูกพืชไร่ประมาณ 1,900 ไร่ และพืชผักประมาณ 1,000 ไร่

6.2 สภาพการผลิตสัตว์ เกษตรกรส่วนใหญ่จะเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้แรงงาน เสริมรายได้และบริโภคในครัวเรือน โดยเป็นกิจกรรมที่เกื้อกูลซึ่งกันและกันในอาชีพหลักคือการทำนา มีการเลี้ยงโคประมาณ 7,870 ตัว กระบือประมาณ 2,100 ตัว สุกรประมาณ 6,025 ตัว และเป็ดไก่ประมาณ 152,942 ตัว

6.3 **สภาพการผลิตทางการประมง** เนื่องจากอำเภอระโนดเป็นอำเภอที่ติดทะเลทั้งสองด้าน ฉะนั้นเกษตรกรบางส่วนมีอาชีพทำการประมง และบางส่วนก็ยึดเป็นอาชีพเสริม โดยมีเกษตรกรที่ยึดอาชีพทำการประมงมีประมาณ 650 ครัวเรือน เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประมาณ 410 ครัวเรือน และเพาะเลี้ยงกุ้งประมาณ 794 ครัวเรือน (สำนักงานเกษตรอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา, 2534)

บทที่ 4
การทดลอง

1. การศึกษาภาคสนาม

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม ได้แก่

1.1.1 ท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 1 เมตร ผ่าแบ่งครึ่งแล้วใช้ลวดรัดประกบตลอดแนวความยาว (ภาพ 4.1)

1.1.2 อุปกรณ์สำหรับดึงท่อพีวีซีขึ้นจากดิน เมื่อประกอบเสร็จจะมีลักษณะคล้ายคานงัด (ภาพ 4.2)

1.1.3 ฆ้อน

1.1.4 จอบ

1.1.5 ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง

1.1.6 เทปวัดความลึก

1.1.7 ปากกาและสมุดจดบันทึก

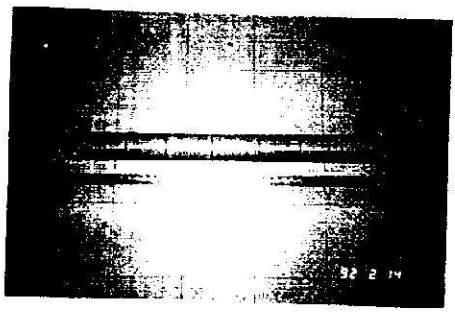
1.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง อยู่ในตำบลปากแตระ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา (ภาพ 4.3) ซึ่งดินบริเวณดังกล่าวเป็นชุดดินบางกอก (Bk) โดยทำการเลือกเก็บดินเป็น 3 บริเวณ ดังนี้

1.2.1 บริเวณที่ไม่เคยมีการเลี้ยงกุ้ง โดยเลือกเก็บดินนาข้าวซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งของบริษัทแอควาสตาร์และ บริเวณ site J (ภาพ ผ.4)

1.2.2 บริเวณที่เริ่มการเลี้ยงกุ้ง ใช้บ่อเลี้ยงกุ้งของกลุ่มเกษตรกร ตำบลปากแตระ หรือที่เรียกว่า บริเวณ site J (ภาพ ผ.5) ซึ่งผ่านเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปี

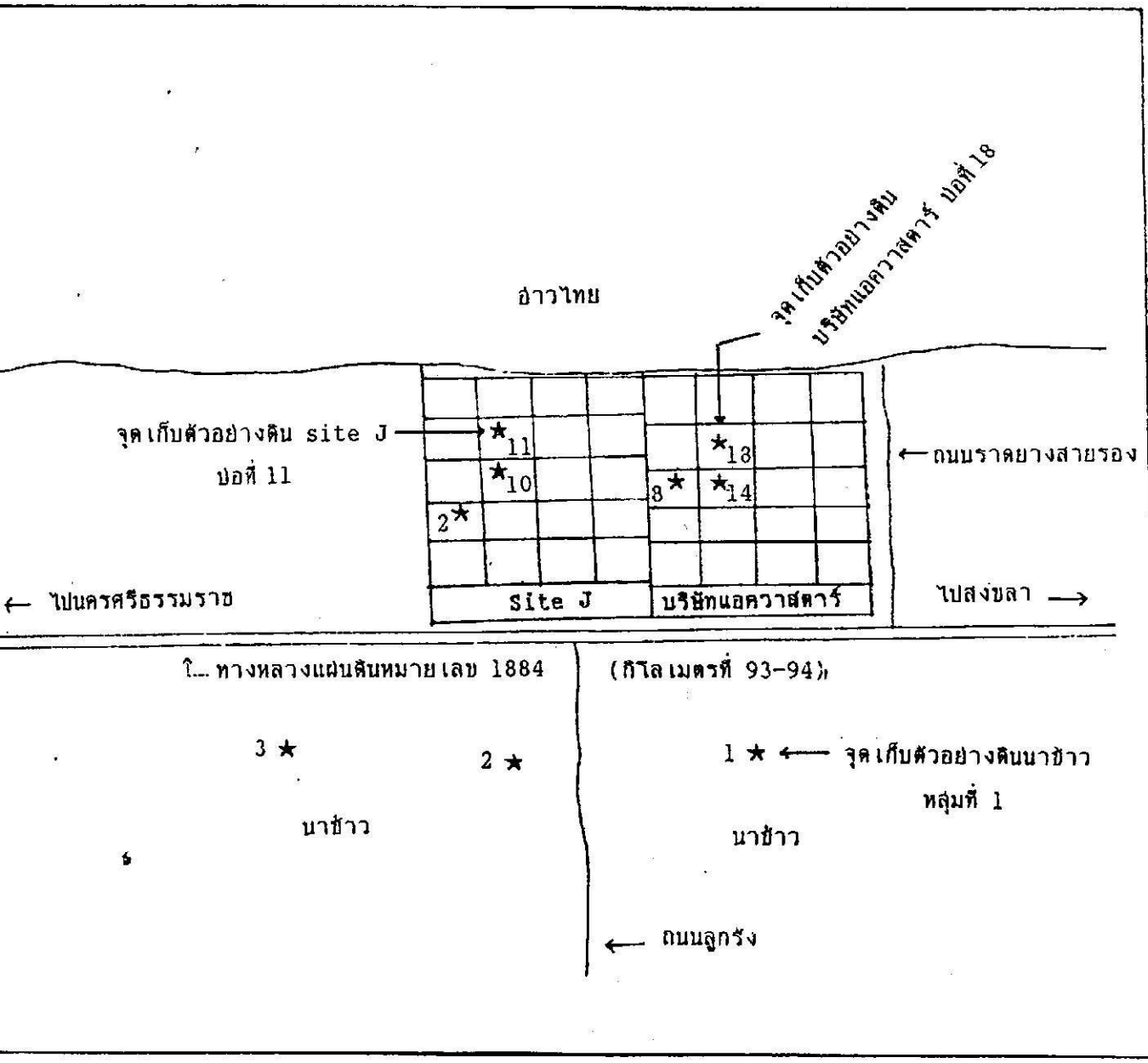
1.2.3 บริเวณที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาระยะเวลาหนึ่ง ใช้บ่อเลี้ยงกุ้งของบริษัทแอควา-สตาร์ (ภาพ ผ.6) ซึ่งผ่านเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 3 ปี

สำหรับข้อมูลทั่วไปของพื้นที่เก็บตัวอย่างรวบรวมไว้ในตารางที่ 4.1



ภาพ 4.1 ท่อพีวีซีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง

ภาพ 4.2 วิธีการใช้อุปกรณ์ดึงท่อพีวีซีขึ้นจากดิน



ภาพ 4.3 ที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดิน บริเวณนาข้าว site J และบริษัทแอควาสตาร์

ภาพ 4.4 บริเวณเก็บตัวอย่างดินนาข้าว

ภาพ 4.5 บริเวณเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง site J

ภาพ 4.6 บริเวณเก็บตัวอย่างดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างดิน

บริเวณเก็บตัวอย่าง	ขนาด (ไร่)	วิธีการเลี้ยง	ระยะห่างจากชายฝั่งทะเล (เมตร)	การใช้ที่ดิน
บริษัทแอควาสตาร์	~5	พัฒนา	~300	สภาพเดิมเป็นนาข้าวต่อมาเปลี่ยนสภาพเป็นบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำการเลี้ยงมาแล้ว 6 ครั้ง (ระยะเวลาประมาณ 3 ปี)
site J	~5	พัฒนา	~300	สภาพเดิมเป็นนาข้าวต่อมาเปลี่ยนสภาพเป็นบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำการเลี้ยงมาแล้ว 2 ครั้ง (ระยะเวลาประมาณ 1 ปี)
นาข้าว	~3	-	~500	นาข้าวในช่วงหลังเก็บเกี่ยว

1.3 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

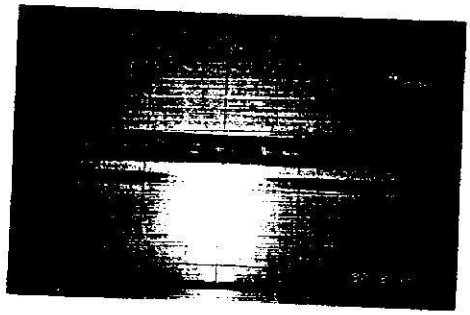
1.3.1 ตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณกันบ่อเลี้ยงกุ้ง (กันบ่อกุ้งจะอยู่ลึกประมาณ 1 เมตร จากระดับผิวดินปกติ) ทำการเก็บโดยการตอกท่อพีวีซี (ภาพ 4.7 ก และ ข) ลงไปในดินตามแนวดิ่งจนถึงความลึกประมาณ 200 เซนติเมตร (ท่อพีวีซียาว 1 เมตร) หลังจากนั้นใช้อุปกรณ์สำหรับดึงท่อพีวีซี ดึงท่อพีวีซีขึ้นมาจากดิน แล้วนำถุงพลาสติกปิดที่ปลายท่อซึ่งบรรจุดินอยู่ภายในทั้งสองด้าน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 3 บ่อ แต่ละบ่อจะเก็บตัวอย่างบ่อละ 3 หลุม

1.3.2 ดินจากบริเวณนาข้าว เก็บโดยทำการขุดหลุมขนาดความกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร และลึกประมาณ 1.5 เมตร แล้วจัดเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ช่วงระดับความลึก คือ ดินชั้นบน เก็บดินชั้นไถพรวน (ชั้น AP), ดินชั้น A และดินชั้น B ส่วน ดินชั้นล่าง เก็บที่ช่วงความลึก 100 -110, 110-120, 120-130, 130-140 และ 140-150 เซนติเมตร เพื่อให้อยู่ในระดับความลึกเดียวกับตัวอย่างดินที่เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยขุดเก็บตัวอย่างดินจำนวน 3 หลุม

ภาพ 4.7 ก

ภาพ 4.7 ข

ภาพ 4.7 ก และ ข วิธีการเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง



ภาพ 4.8 ตัวอย่างดินนากุ้งเมื่อเปิดท่อพีวีซี

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

2. การเตรียมตัวอย่างดิน

2.1 ตัวอย่างดินที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้ง

เปิดท่อพีวีซี โดยการตัดลวดที่มัดประกบท่อออก (ภาพ ฉ.8) จากนั้นตัดแบ่งตัวอย่างดินภายในท่อทุก ๆ ระดับความลึก 10 เซนติเมตร จำนวน 5 ระดับ โดยวัดจากความยาวของดินจากปลายท่อด้านบนไปยังด้านล่าง ตัวอย่างดินที่ได้จะอยู่ในช่วงระดับความลึก 100-110, 110-120, 120-130, 130-140 และ 140-150 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร บรรจุดินที่บดได้ลงในกล่องพลาสติก บันทึกระดับความลึกและสถานที่เก็บ เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีต่อไป

2.2 ตัวอย่างดินจากนาข้าว

นำดินที่บรรจุในถุงพลาสติกมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร บรรจุดินลงในกล่องพลาสติก บันทึกระดับความลึกและสถานที่เก็บ

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ

วิธีการวิเคราะห์

3.1 pH ใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2 โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 25 มิลลิลิตร คนเป็นระยะ ๆ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter

3.2 การนำไฟฟ้า ใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:5 โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร คนเป็นระยะ ๆ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (conductometer)

3.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Walkley and Black (1934) โดยชั่งดิน 2 กรัม ใส่ในขวดลูกชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1 นอร์มอล ของโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 10 มิลลิลิตร และสารผสมระหว่างกรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต 15 มิลลิลิตร (เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลทำให้มีคลอไรด์อยู่มาก จึงจำเป็นต้องเติม ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) ลงในกรดซัลฟูริกในอัตรา 15 กรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันไม่ให้คลอไรด์รบกวนผลการวิเคราะห์) ทิ้งไว้ 30 นาที เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 75 มิลลิลิตร หลังจากนั้นหยด เฟอโรอิน (ferroin) ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำไปไตเตรทด้วยสารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัสซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) เข้มข้น 0.5 นอร์มอล

จนสีของสารแขวนลอยเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดงและบันทึกปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทเพื่อนำไปคำนวนหาปริมาณอินทรีย์วัตถุ

$$\text{ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (\%)} = \frac{(\text{meq.}Cr_2O_7^{2-} - \text{meq.}Fe^{2+}) * 0.6717}{\text{wt.(g)soil}}$$

3.4 ปริมาณฟอสฟอรัส วิเคราะห์ด้วยสารละลายสกัด Bray NO.II (Bray and Kurth, 1945) (ภาคผนวก ช) โดยชั่งดินประมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดลูกชมพูขนาด 125 มิลลิลิตร เติมสารละลายสกัด Bray No.II 25 มิลลิลิตร เขย่า 60 วินาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 แล้วปิเปตสารละลายที่ได้ใสในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ซึ่งภายในขวดแก้ววัดปริมาตร มีสารให้สี (ภาคผนวก ช) และ กรดแอสคอบิก (ascorbic acid) 0.5 % อย่างละ 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV - Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตราฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

3.5 ปริมาณโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable) วิเคราะห์โดยการสกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (ammonium acetate) ความเข้มข้น 1.0 โมลาห์ ที่เป็นกลาง (pH 7) โดยชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ (centrifuge tube) เติมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 25 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ค้างคืน นำไปปั่น (centrifuge) ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วกรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ใส่ในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทอีก 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ เขย่าแล้วนำไปปั่นอีกครั้ง กรองสารละลายที่ได้ใสในขวดแก้ววัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ แคลเซียม และ แมกนีเซียม ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม และ โซเดียม ด้วยเครื่อง flame photometer

3.6 ปริมาณกำมะถัน วิเคราะห์โดยการออกซิไดซ์ตัวอย่างดินด้วยไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ แล้ววัดปริมาณกำมะถันด้วยวิธีวัดหาความขุ่น (turbidimetry) โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในขวดลูกชมพูขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 15 % จนท่วมดิน ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นประมาณ 5 มิลลิลิตร นำไปอุ่นจนกระทั่งหมดฟอง นำสารละลายที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ลงในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ระดับ ปิเปตสารละลาย

ที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ซึ่งภายในบรรจุสารละลายผสมของกลีเซอรอลและแอทานอล ในอัตราส่วน 1:2 จำนวน 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในกรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมแบเรียมคลอไรด์ ประมาณ 0.3 กรัม นำไปวัดความขุ่นด้วยเครื่อง UV - Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

4. <u>การประมวลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน</u>

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS/PC+ วิเคราะห์ทางสถิติข้อมูลทางด้านสมบัติทางเคมีของดินนาข้าวชั้นล่าง ดินนากุ้ง site J และ ดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ทุกระดับความลึก โดยวิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์แบบสุ่มตลอด (randomized design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีของดินทั้งสามพื้นที่ในแต่ละระดับความลึก โดยวิธี LSD (least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P = 0.05) นอกจากนี้ยังใช้โปรแกรม Tablecurve ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) ของแต่ละตัวแปรศึกษาที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กัน โดยกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จะเป็น best fit curve

<u>การเปรียบแบบ LSD</u> มาจากการทดสอบ t ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม โดยมีขั้นตอนการเปรียบเทียบดังนี้

1. คำนวนค่า LSD ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระดับนัยสำคัญ P = 0.05

$$LSD_{.05} = t_{.05}S_{\bar{d}}$$

เมื่อ $t_{.05}$ คือค่าที่ได้จากตารางการแจกแจงแบบ t ที่ระดับความมีนัยสำคัญ P = 0.05

$$S_{\bar{d}} = S\sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}$$

n_i, n_j คือ จำนวนตัวอย่างในสิ่งทดลองที่ i, j และ i=j

$$S_{\bar{d}} = S\sqrt{\frac{2}{n}}$$ ถ้าขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองเท่ากัน

$S = MS_E$ ได้จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจากประชากร 2 ชุดใด ๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบกับค่า $LSD_{.05}$ ที่คำนวนได้

ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจากประชากรคู่ใดมากกว่าค่า$LSD_{.05}$ แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 หรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

แต่ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจากประชากรคู่ใดมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า LSD แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือเราพอจะเชื่อได้ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 5

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน มีดังนี้

1. pH

จากการศึกษา pH จาก ดินนาข้าว ดินนากุ้ง site J และ ดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ พบว่า pH ในดินนาข้าวมีสภาพเป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline) (ภาคผนวก ข หน้า 108) คือมี pH อยู่ในช่วง 8.75-8.83 (ตาราง 5.1 และ ภาพ ก.1 หน้า 65) ในขณะที่ดินนากุ้งsite J และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ มีสภาพเป็นด่างอย่างอ่อน (slightly alkaline) โดยมี pH อยู่ในช่วง 8.17-8.39 และ 7.91-8.26 ทั้งนี้ pH ในดินนาข้าวสูงกว่าดินนากุ้งทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกัน pH ในดินนากุ้ง site J สูงกว่าดินบริษัทแอควาสตาร์ทุกระดับความลึกแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร

สรุปได้ว่า การเลี้ยงกุ้งโดยใช้น้ำทะเลมีผลทำให้ pH ในดินลดต่ำลงตามระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง

ตาราง 5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	8.82[a]*	8.83[a]	8.75[a]	8.83[a]	8.81[a]
ดิน site J	8.29[b]	8.19[b]	8.17[b]	8.29[b]	8.39[b]
ดินบริษัทแอควาสตาร์	8.14[c]	8.06[b]	7.91[b]	8.12[b]	8.26[b]

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

2. ค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าในดินนาข้าวอยู่ในช่วง 0.03-0.04 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร โดยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากทุกระดับความลึก (ตาราง 5.2 และภาพ ก.2 หน้า 66) ซึ่งถือว่าเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำมาก และดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงนี้จัดว่าเป็นดินไม่เค็ม (ภาคผนวก ช) ในขณะเดียวกันค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้ง site J อยู่ในช่วง 0.22-6.41 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในระดับต่ำมากถึงระดับปานกลาง และจัดว่าเป็นดินไม่เค็มถึงเค็มปานกลาง สำหรับค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อยู่ในช่วง 1.31-3.94 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร โดยเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในระดับต่ำมากถึงระดับต่ำ และจัดว่าเป็นดินไม่เค็มถึงเค็ม ทั้งนี้ค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้งจะลดลงตามระดับความลึก

จากตาราง 5.2 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่สูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับความลึก 140-150 เซนติเมตร นอกจากนี้ ค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้ง site J สูงกว่าดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความลึกลงไป (120-150 เซนติเมตร) ค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์จะสูงกว่าดินนาข้าว

สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งทำให้ความเค็มในดินเพิ่มขึ้น โดยความเค็มจะลดลงตามระดับความลึก และปริมาณการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งในหน้าตัดดินที่เกิดจากการนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้ง มีค่าประมาณ 50 เซนติเมตร ในระยะเวลา 1 ปี (เนื่องจากดินนากุ้งบริเวณ site J ซึ่งทำการเลี้ยงกุ้งมาประมาณ 1 ปี มีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินนาข้าวทุกระดับความลึก)

ตาราง 5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	0.03^{a*}	0.03^{a}	0.03^{a}	0.04^{a}	0.03^{a}
ดิน site J	6.41^{b}	3.00^{b}	1.75^{b}	0.94^{b}	0.22^{a}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	3.94^{c}	2.48^{b}	2.16^{b}	1.57^{b}	1.31^{b}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

3. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

อินทรีย์วัตถุในดินนาข้าวอยู่ในช่วงร้อยละ 0.22-0.28 (ตาราง 5.3 และภาพ ก.3 หน้า 67) ซึ่งจัดว่าเป็นปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำมาก (ภาคผนวก ข) ในขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ คือมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.19-1.42 และร้อยละ 0.15-1.06 โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่จะลดลงตามระดับความลึก ทั้งนี้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนากุ้ง สูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกเดียวกัน (100-120 เซนติเมตร) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนากุ้ง site J จะสูงกว่า ดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ซึ่งตรงข้ามกับสิ่งที่คาดไว้ว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินน่าจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้พื้นที่นั้นเลี้ยงกุ้ง

สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณอินทรีย์เพิ่มขึ้นที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร ทั้งนี้ปริมาณอินทรีย์ในดินนากุ้งจะลดลงตามระดับความลึกของหน้าตัดดิน ที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร ดินนากุ้งใหม่ (site J) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ สูงกว่าดินนากุ้งเก่า (บริษัทแอควาสตาร์) อาจเนื่องมาจากนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์มีการจัดการหรือการทำความสะอาดบ่อกุ้งที่ดีกว่านากุ้งบริเวณ site J

ตาราง 5.3 เปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ร้อยละต่อน้ำหนักอบแห้ง) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	0.26^{a*}	0.22^{a}	0.22^{a}	0.28^{a}	0.28^{a}
ดิน site J	1.42^{b}	0.76^{b}	0.31^{a}	0.20^{a}	0.19^{ab}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	1.06^{c}	0.65^{b}	0.42^{a}	0.23^{a}	0.15^{b}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

4. ปริมาณโซเดียม

ปริมาณโซเดียมในดินทั้งสามพื้นที่มีปริมาณสูงมาก (ภาคผนวก ข) เมื่อเทียบกับดินทั่ว ๆ ไป เนื่องจากชุดดินบางกอกที่ทำการศึกษา เป็นชุดดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเล (ภาคผนวก ค หน้า 77) ทั้งนี้ปริมาณโซเดียมจากดินนาข้าวอยู่ในช่วง 3.40-4.29 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 5.4 และ ภาพ ค.4 หน้า 68) และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระดับความลึก ส่วนดินนากุ้ง site J ปริมาณโซเดียมอยู่ในช่วง 4.61-46.6 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม สำหรับดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณโซเดียมอยู่ในช่วง 7.48-24.6 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม ทั้งนี้ปริมาณโซเดียมในดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่จะลดลงตามระดับความลึก นอกจากนี้ปริมาณโซเดียมในดินนากุ้ง site J สูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 100-130 เซนติเมตร ขณะที่ดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณโซเดียมสูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับความลึก

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้เกิดการสะสมโซเดียมในดินตั้งแต่กันบ่อกุ้งจนถึงระดับความลึก 130 เซนติเมตรในดิน site J และ มากกว่า 150 เซนติเมตร ในดินบริษัทแอควาสตาร์ เนื่องจากนากุ้ง site J มีอายุ 1 ปี และนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ มีอายุ 3 ปี จึงอาจกล่าวได้ว่าโซเดียมสามารถเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินตามแนวดิ่งด้วยปริมาณ 30 เซนติเมตร ต่อ 1 ปีแรกของการเลี้ยงกุ้ง (เนื่องจากที่ระดับความลึกตั้งแต่ 100-130 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมของดิน site J สูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) ส่วนปริมาณการเคลื่อนที่ของโซเดียมในระยะเวลา 3 ปี มากกว่า 50 เซนติเมตร (เนื่องจากค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมของดินบริษัทแอควาสตาร์สูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับความลึก)

ตาราง 5.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดินอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	3.40^{a*}	3.40^{a}	3.53^{a}	3.94^{a}	4.29^{a}
ดิน site J	46.6^{b}	18.9^{b}	10.7^{b}	6.07^{a}	4.6^{a}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	24.6^{c}	16.2^{b}	12.83^{b}	9.05^{b}	7.48^{b}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวยกษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

5. ปริมาณโพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมในดินนาข้าวอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ภาคผนวก ช) โดยอยู่ในช่วง 0.27-0.41 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 5.5 และภาพ ก.5 หน้า 69) ขณะที่ดินนากุ้ง site J ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (0.29-3.06 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม) และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (0.36-0.62 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม) ทั้งนี้ที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร ปริมาณโพแทสเซียมจากดินนากุ้ง site J สูงกว่าดินนาข้าวและดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งทำให้ดินนากุ้ง site J มีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้นที่ระดับความลึกประมาณ 100-120 เซนติเมตร ในขณะที่การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งไม่มีผลทำให้ดินในบ่อกุ้งของบริษัทแอควาสตาร์ มีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ตรงกับข้ามกับที่คาดเอาไว้ว่า ปริมาณโพแทสเซียมควรจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากการสะสมโพแทสเซียมอันเกิดจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง เพราะน้ำทะเลมีโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณมากพอสมควร การสะสมปริมาณโพแทสเซียมในดินนากุ้งที่ site J ซึ่งมีอายุน้อย ในขณะที่ไม่มีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมในดินนากุ้งที่บริษัทแอควาสตาร์ซึ่งมีอายุมาก อาจเนื่องจาก นากุ้งบริษัทแอควาสตาร์มีการจัดการบำรุงรักษาและทำความสะอาดนากุ้งที่ดีกว่านากุ้งที่ site J

ตาราง 5.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดินอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	0.27[a]*	0.28[a]	0.33[a]	0.38[a]	0.41[a]
ดิน site J	3.06[b]	1.06[b]	0.34[a]	0.29[a]	0.31[a]
ดินบริษัทแอควาสตาร์	0.62[a]	0.43[a]	0.38[a]	0.40[a]	0.36[a]

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

6. ปริมาณแคลเซียม

ปริมาณแคลเซียมในดินนาข้าวและดินนากุ้ง site J อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (ภาคผนวก ข) โดยอยู่ในช่วง 18.8-21.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม และ 13.1-25.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 5.6 และ ภาพ ก.6 หน้า 70) ส่วนดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก โดยอยู่ในช่วง 7.23-27.1 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม ทั้งนี้ปริมาณแคลเซียมในดินทั้งสามพื้นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก จากตาราง 5.6 ยังพบว่า ปริมาณแคลเซียมจากดินนาข้าวและดินนากุ้ง site J ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่บริเวณก้นบ่อ (100-110 เซนติเมตร) นอกจากนี้ที่ระดับความลึก 100-130 เซนติเมตร ปริมาณแคลเซียมในนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ต่ำกว่าดินนาข้าว และดินนากุ้ง site J อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสูญเสียแคลเซียมออกไปจากดินที่ระดับความลึก 100-130 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ในระยะเวลาประมาณ 3 ปี (บ่อกุ้งบริษัทแอควาสตาร์มีอายุประมาณ 3 ปี) นอกจากนี้การเลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดการสะสมแคลเซียมในดินที่ระดับความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากก้นบ่อกุ้ง

ตาราง 5.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดินอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	18.8^{a*}	18.9^{a}	18.9^{a}	21.3^{a}	21.5^{a}
ดิน site J	13.1^{b}	15.5^{a}	20.4^{a}	23.7^{a}	25.2^{a}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	7.99^{c}	7.23^{b}	10.2^{b}	19.9^{a}	27.1^{a}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

7. ปริมาณแมกนีเซียม

ปริมาณแมกนีเซียมในดินนาข้าวและดินนากุ้ง site J มีระดับสูงมาก (ภาคผนวก ช) คืออยู่ในช่วง 10.2-11.4 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม และ 9.14-10.7 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 5.7 และภาพ ก.7 หน้า 71) ส่วนดินบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก คืออยู่ในช่วง 6.94-9.19 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม ทั้งนี้ปริมาณแมกนีเซียมจากดินนาข้าวสูงกว่าดินนากุ้ง site J แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมจากดินนาข้าวสูงกว่าดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกระดับความลึกยกเว้นที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร

สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมสูญเสียไปจากดินตั้งแต่กันบ่อกุ้งจนถึงความลึกที่ไม่ต่ำกว่า 150 เซนติเมตร และการสูญเสียแมกนีเซียมของดินนากุ้ง ไม่ปรากฏให้เห็นชัดเจนในนากุ้งใหม่ (site J) แต่จะปรากฏให้เห็นชัดเจนในนากุ้งเก่า (บริษัทแอควาสตาร์)

ตาราง 5.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดินอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	10.8^{a*}	10.2^{a}	10.7^{a}	10.6^{a}	11.4^{a}
ดิน site J	10.7^{a}	9.14^{a}	9.65^{a}	10.3^{a}	9.95^{a}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	9.19^{a}	7.38^{b}	6.95^{b}	7.27^{b}	6.94^{b}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

8. ปริมาณฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนาข้าวมีระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (ภาคผนวก ข.) โดยอยู่ในช่วง 18.9-37.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ตาราง 5.8 และ ภาพ ก.8 หน้า 72) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้ง site J และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ มีระดับปานกลางถึงสูงมาก โดยอยู่ในช่วง 11.7-102 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 11.3-107 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้งจะสูงกว่าดินนาข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร ในขณะที่ระดับความลึกระหว่าง 120-150 เซนติเมตร ฟอสฟอรัสในดินนาข้าวจะสูงกว่าดินนากุ้ง

สรุปได้ว่าการบำบัดทะเลมาเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสะสมฟอสฟอรัสที่ระดับลึกในหน้าตัดดิน คือที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร แต่ที่ระดับลึกลงไปฟอสฟอรัสในดินนากุ้งจะมีปริมาณน้อยกว่าดินนาข้าว

ตาราง 5.8 เปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	18.9[a*]	26.4[a]	24.8[a]	28.6[a]	37.0[a]
ดิน site J	102[b]	24.0[a]	13.4[b]	11.7[b]	13.3[b]
ดินบริษัทแอควาสตาร์	107[b]	37.4[a]	14.8[b]	11.3[b]	16.6[b]

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

9. ปริมาณกำมะถัน

กำมะถันในดินนาข้าวอยู่ในช่วง 12.4-19.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5.9 และ ภาพ ก.9 หน้า 73) สำหรับกำมะถันในดินนากุ้ง site J และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อยู่ในช่วง 47.3-729 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 99.2-766 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งกำมะถันในดินทั้งสามพื้นที่มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ทั้งนี้ปริมาณกำมะถันในดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่ สูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับความลึก 140-150 เซนติเมตร นอกจากนี้ปริมาณกำมะถันในดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ไม่แตกต่างกับดินนากุ้ง site J เกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับความลึก 140-150 เซนติเมตร

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้เกิดการสะสมของกำมะถันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ซึ่งกำมะถันจะมีการสะสมในดินนากุ้งตั้งแต่ก้นบ่อจนถึงระดับความลึก 150 เซนติเมตร

ตาราง 5.9 เปรียบเทียบปริมาณกำมะถัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	19.4^{a*}	18.6^{a}	18.4^{a}	13.2^{a}	12.4^{a}
ดิน site J	729^{b}	307^{b}	177^{b}	78.2^{b}	47.3^{a}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	766^{b}	352^{b}	205^{b}	110^{b}	99.2^{b}

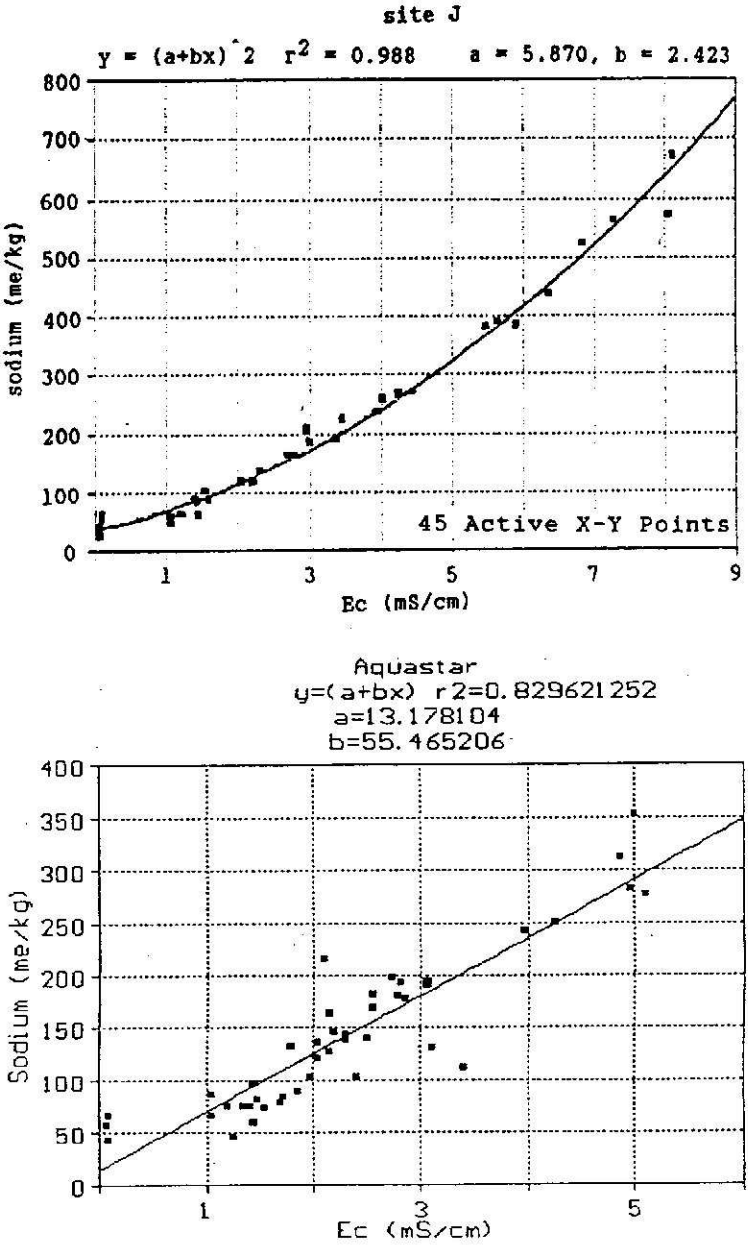
* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

10. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน

10.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณโซเดียมจะมีความสัมพันธ์ทางบวก กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินบากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.99 (r^2 = 0.99) และ 0.91 (r^2 = 0.83) (ภาพ 5.1)

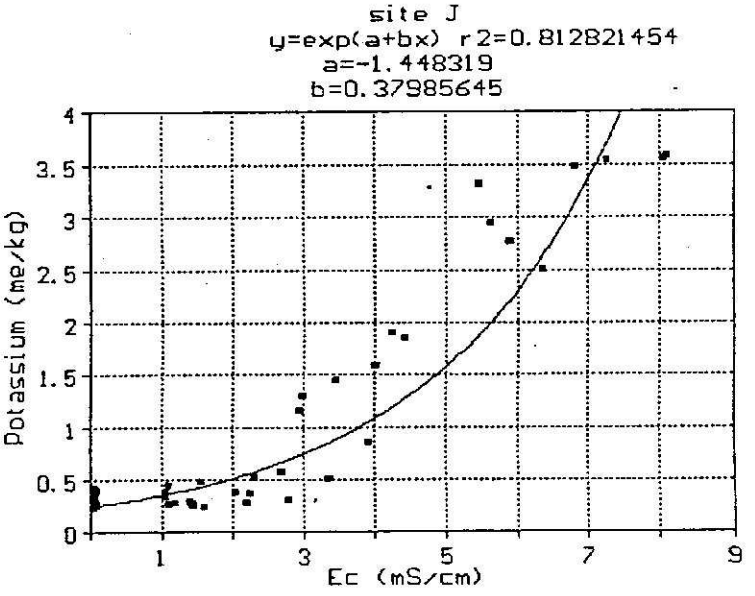
ภาพ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมกับค่าการนำไฟฟ้า

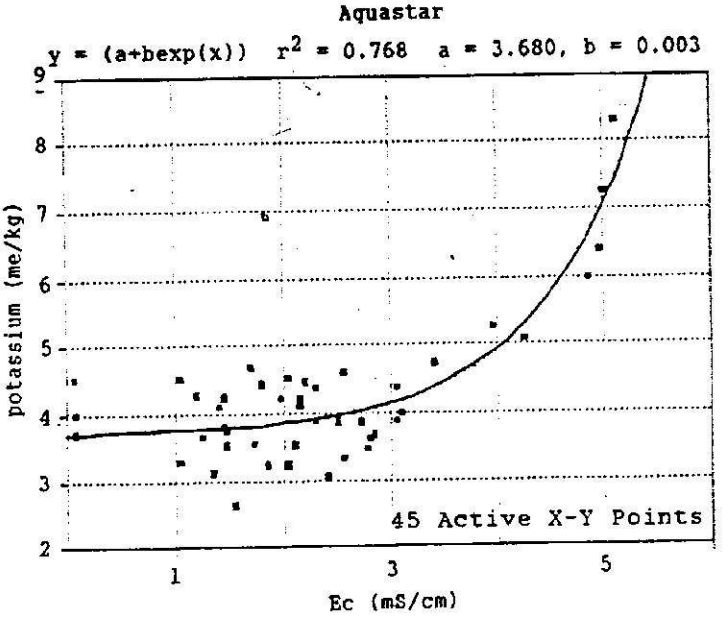


10.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทส เชียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณโพแทส เชียมจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จาก ดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9 และ 0.88 (ภาพ 5.2)

ภาพ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทส เชียมกับค่าการนำไฟฟ้า

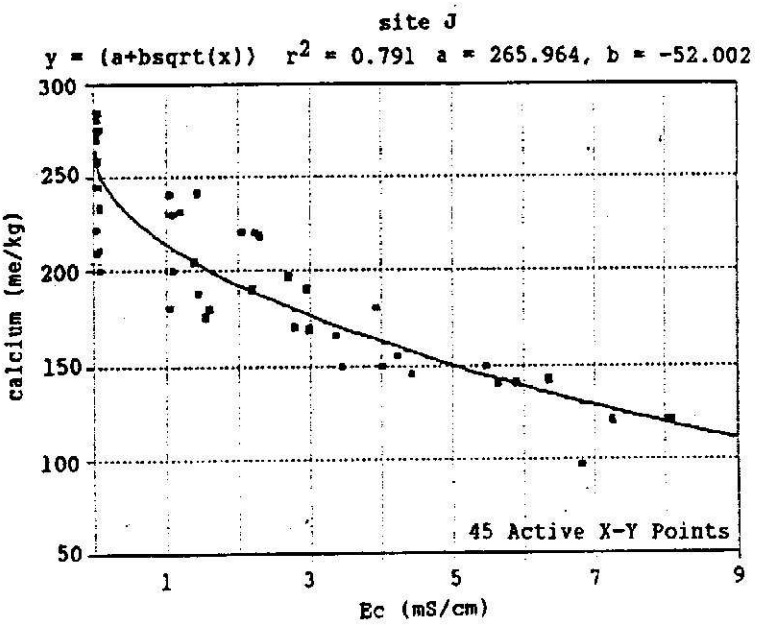


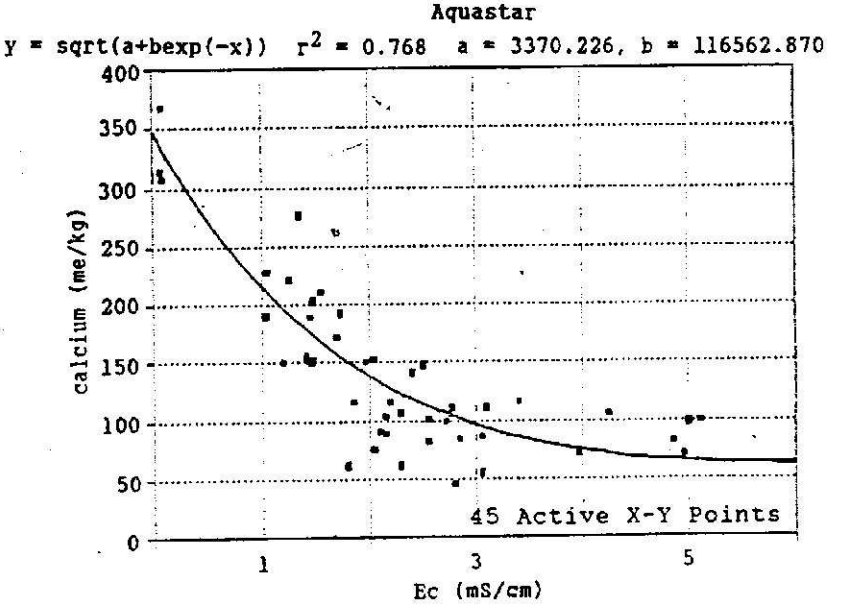


10.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณแคลเซียมจะมีความสัมพันธ์ทางลบ กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.89 และ -0.88 (ภาพ 5.3)

ภาพ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

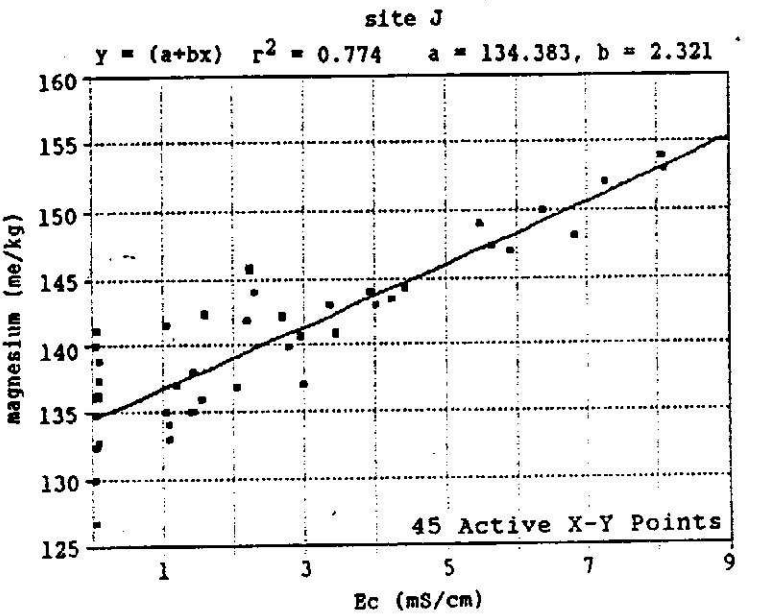


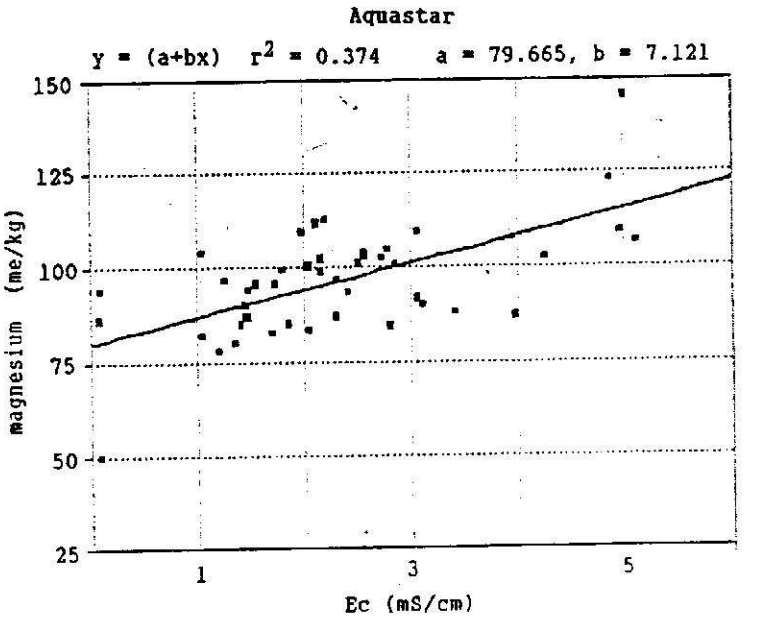


10.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณแมกนีเซียมจะมีความสัมพันธ์ทางบวก กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จาก ดินบากุ้ง site J และ บริษัทยอดวาสดาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.88 และ 0.61 (ภาพ 5.4)

ภาพ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

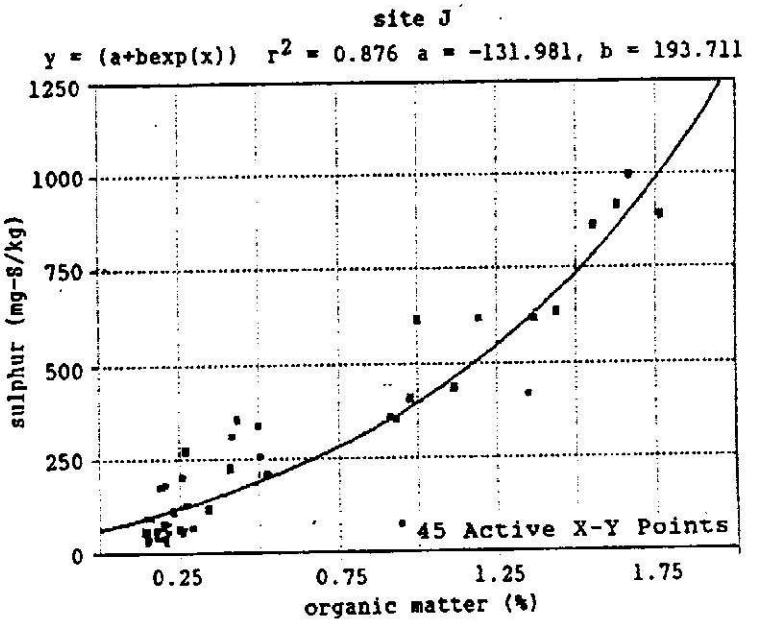


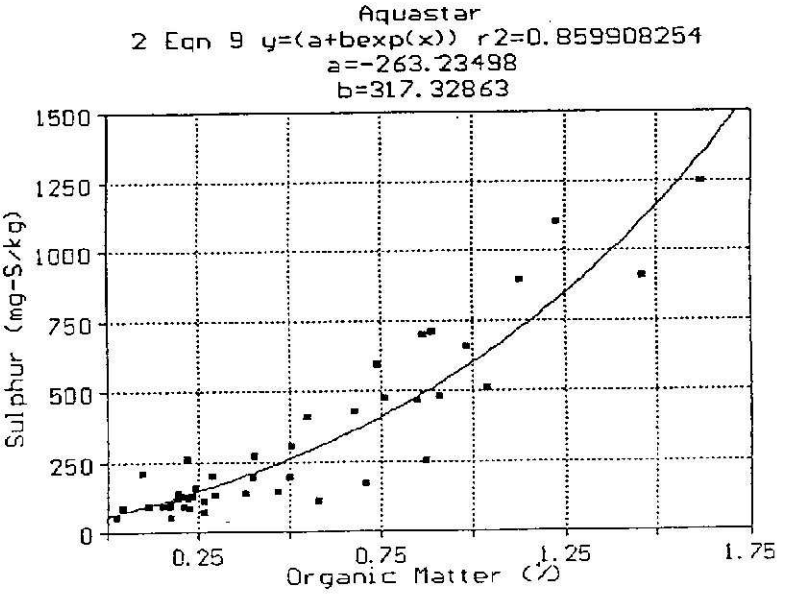


10.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณกำมะถันจะมีความสัมพันธ์ทางบวก กับปริมาณอินทรีย์วัตถุของสารละลายที่สกัดได้จาก ดินบางกุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.94 และ 0.93 (ภาพ 5.5)

ภาพ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ





บทที่ 6
วิเคราะห์และวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา

1.1 pH

จากผลการวิเคราะห์ pH ของดินในสามพื้นที่พบว่า ค่าเฉลี่ย pH ดินนาข้าว สูงกว่าดิน site J และ ดินบริษัทแอควาสตาร์ ในทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 5.1) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนพื้นที่ทำนามาใช้ในการเลี้ยงกุ้งใน อำเภอระโนด จะทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันค่าเฉลี่ย pH ของดิน site J สูงกว่าดินบริษัทแอควาสตาร์ทุกระดับความลึก แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น โดยดินนากุ้งใหม่ (site J) มี pH เฉลี่ยสูงกว่า ดินนากุ้งเก่า (บริษัทแอควาสตาร์)

เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาทั้งสามบริเวณเป็นดินชุดเดียวกันคือ ชุดดินบางกอก (ภาคผนวก ค สมบัติของชุดดินบางกอก) ซึ่งดินบริเวณนี้ไม่มีแร่วัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากแร่ไพไรท์ ดังนั้นการลดต่ำลงของ pH ในดินนากุ้งที่ศึกษา จึงไม่ได้เกิดจากปฏิกริยาออกซิเดชันของแร่ไพไรท์ในช่วงตากบ่อ สาเหตุที่ทำให้ pH ของดินในบ่อกุ้งลดลงอาจเนื่องมาจาก

(1) การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในนากุ้งในช่วงตากบ่อ ทำให้มีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมา ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นว่า ปริมาณปูนขาวที่ใส่เพื่อยกระดับ pH ของดินในบ่อกุ้งให้สูงขึ้นอาจจะไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกริยากับกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ เป็นผลให้ pH ของดินลดต่ำลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการเลี้ยงกุ้ง

(2) สมบัติของน้ำทะเลที่นำมาเลี้ยงกุ้ง สมบัติทางเคมีของน้ำทะเลอาจเป็นปัจจัยที่ควบคุม pH ของดินนากุ้ง เนื่องจากน้ำทะเลมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ทั้งนี้ปฏิกริยา reduction ของกำมะถันในบ่อกุ้งเกิดเป็นก๊าซ H_2S เมื่อมีการตากบ่อ H_2S จะถูก oxidized เป็น SO_2 ทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น (สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2530 : 455)

ดังนั้นอาจสรุปผลได้ว่า ปัจจัยที่ควบคุม pH ของดินในนากุ้งบริเวณที่ทำการศึกษาถูกควบคุมโดยปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในนากุ้งและสมบัติทางเคมีของน้ำทะเล ซึ่งปัจจัยทั้งสอง อาจมีอิทธิพลมากกว่าปูนขาวที่ใส่ลงไปเพื่อยกระดับ pH ของดินนากุ้ง ซึ่งแสดงว่าปริมาณปูนขาวที่ใช้อยู่น้อยกว่าที่จะยกระดับ pH ของดินในนากุ้ง

1.2 การนำไฟฟ้า

ผลจากการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าพบว่า ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งสูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร ซึ่งดิน site J หรือดินนากุ้งใหม่ มีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินนาข้าวแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5.2) แสดงให้เห็นว่าอัตราการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินนากุ้งใหม่ที่ศึกษา อาจจะมีอัตราเร็วประมาณ 50 เซนติเมตรต่อปี (ดิน site J ทำการเลี้ยงกุ้งมาประมาณ 1 ปี) ในขณะที่อัตราการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินนากุ้งเก่ามีอัตราเร็วมากกว่า 50 เซนติเมตร ในระยะเวลา 3 ปี (นากุ้งบริษัทแอควาสตาร์มีอายุประมาณ 3 ปี) ซึ่งอัตราการแพร่กระจายความเค็มของดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่นับเป็นอัตราที่สูงมากเมื่อเทียบกับอัตราการแพร่กระจายหรือการเคลื่อนที่ของธาตุอื่นในดิน ทั้งที่ดินที่ทำการศึกษาเป็นชุดดินบางกอก ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว และมีอัตราการซึมซาบน้ำต่ำ (low permeability) (ภาคผนวก ค) ประกอบกับในกระบวนการเลี้ยงกุ้ง จะมีการอัดดินก้นบ่อให้แน่นเพื่อลดการซึมซาบน้ำ ทั้งนี้ แอนเดอร์สัน และ เนลสัน (Anderson and Nilsson , 1972) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของธาตุทองแดง, นิเกิล, โคบอล, โครเมียม, ตะกั่ว, แคดเมียม ปรอท, สารหนู และ ซีลีเนียม บริเวณที่ทิ้งของเสียประเภทของเหลว (sludge) จากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งดินบริเวณนี้ได้รับของเสีย (sludge) ประมาณ 84 ตันต่อแฮกแตร์ต่อปี ภายหลัง 12 ปีผ่านไปพบว่า ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในของเสียนี้แพร่กระจายอยู่บริเวณผิวดินที่ระดับความลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตรจากผิวดิน

ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่สูงกว่าดินนาข้าว ทั้งนี้เนื่องจากเกลือไอออนที่มีอยู่ในน้ำทะเลจะตกค้างอยู่ในดินอันเนื่องมาจากการแทนที่หรือไล่ที่ไอออนเดิมที่ถูกดูดซับโดยแร่ดินเหนียว และ อินทรีย์วัตถุ เป็นผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินสูงขึ้นตามปริมาณของไอออนต่าง ๆ ที่ถูกนำมาโดยน้ำทะเลและมาสะสมอยู่ในดินนากุ้ง ในทางตรงกันข้าม น้ำทะเลก็มีความสามารถชะล้างไอออน หรือสารประกอบบางชนิดในดินให้หลุดออกมาจากดิน

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถแบ่งชนิดของไอออน ในน้ำทะเล ในรูปของความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินเป็น 3 ชนิดดังนี้

(1) ไอออนชนิดที่สะสมในดินโดยน้ำทะเล จะมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินกับปริมาณของไอออนชนิดนั้น เมื่อปริมาณไอออนชนิดนั้นในดินนากุ้งมีปริมาณมากกว่าดินนาข้าว แต่ถ้าดินนากุ้งนั้นมีปริมาณไอออนน้อยกว่าดินนาข้าว ความสัมพันธ์ทางบวกนี้จะแสดงว่า ไอออนชนิดนั้นถูกชะล้างออกไปจากหน้าตัดดิน

(2) ไอออนชนิดที่สูญเสียหรือถูกชะล้างออกไปจากดินโดยน้ำทะเล จะมีความสัมพันธ์ในทางลบระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินกับปริมาณของไอออนชนิดนั้น

(3) ไอออนชนิดที่ไม่มีการสะสมหรือสูญเสียออกไปจากดินโดยน้ำทะเล จะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดิน กับปริมาณของไอออนชนิดนั้น

เมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างไอออนที่ทำการศึกษาแต่ละชนิดกับค่าการนำไฟฟ้าจะพบว่า โซเดียม โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม จากดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 5.1 , 5.2 และ 5.4) แสดงว่าน้ำทะเลได้นำโซเดียมและโพแทสเซียมมาสะสมในดินนากุ้ง สำหรับแมกนีเซียมแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ทางบวก แต่เนื่องจาก แมกนีเซียมในดินนากุ้งมีปริมาณน้อยกว่าดินนาข้าวดังนั้นแมกนีเซียมจึงถือว่าถูกชะล้างจากดินนากุ้ง ในขณะที่แคลเซียมมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 5.3) ซึ่งแสดงว่าแคลเซียมในดินนากุ้งถูกชะล้างออกไปโดยน้ำทะเล เช่นเดียวกับแมกนีเซียม อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินเกลือและดินด่างจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายเกลือซัลเฟต คลอไรด์ และไบคาร์บอเนตของธาตุหลายธาตุ เช่น โซเดียม แมกนีเซียมและแคลเซียม โดยจะมีความสัมพันธ์ทางบวกเป็นเส้นตรง (Richards, 1954 : 7) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ความสัมพันธ์ซึ่งแตกต่างจากที่เคยมีรายงานไว้ โดยไม่ได้เป็นความสัมพันธ์ทางบวกที่เป็นเส้นตรง นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าการนำไฟฟ้า ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโซเดียมที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในน้ำทะเลเข้าไปแทนที่แคลเซียม

1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ ปริมาณกำมะถัน

1.3.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ของดินนาข้าว มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดชั้นดินที่เก็บ (เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.22 - 0.28) ในขณะที่อินทรีย์วัตถุของ ดิน site J และบริษัทแอควาสตาร์ มีปริมาณลดลงตามความลึกของหน้าตัดดินและสูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ สำหรับระดับความลึก 140-150 เซนติเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดิน site J และบริษัทแอควาสตาร์ ต่ำกว่าดินในนาข้าว แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 5.3) การที่ดินนากุ้งมีค่าอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินนาข้าว เนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสะสมอินทรีย์วัตถุเป็นจำนวนมาก สำหรับแหล่งที่มาของอินทรีย์วัตถุในนากุ้งคือ อาหารที่เหลือจากการกินของกุ้ง ของเสียที่ขับถ่ายออกจากกุ้ง และเศษซากกุ้ง (Suying, 1986 : 89-93) สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลให้มีการสะสมอินทรีย์วัตถุเป็นปริมาณมากที่ก้นบ่อและลดปริมาณลงตามความลึกของหน้าตัดดิน

1.3.2 ปริมาณกำมะถัน

กำมะถันเป็นธาตุหนึ่งที่มีไม่มากนักในดินทั่ว ๆ ไป (Tisdale *et al.*, 1985 : 292) ยกเว้นดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำเค็มหรือตะกอนน้ำกร่อย (brackish water deposit) เข้ามาเกี่ยวข้อง (Bloomfield, 1969 : 207) สำหรับดินนาข้าวและนากุ้งที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นชุดดินบางกอก ซึ่งเป็นดินที่ไม่มีมีกำมะถันเป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน ลักษณะการสะสมตัวของปริมาณกำมะถันในดินนากุ้งทั้งบ่อง บริษัทแอควาสตาร์และ site J จะลดลงตามความลึกของชั้นดิน ในขณะที่ดินนาข้าวมีกำมะถันน้อยกว่าดินนากุ้งมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณเกือบคงที่ตลอดหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 5.9) ดังนั้นกำมะถันที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้ง น่าจะมาจาก 2 แหล่งใหญ่คือ **อินทรีย์วัตถุ และ น้ำทะเล** ซึ่งอินทรีย์วัตถุอาจมาจากอาหารสัตว์จำพวกโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acids) เป็นองค์ประกอบ โดยกรดอะมิโนนี้มีกำมะถันอยู่เป็นจำนวนมาก ในขณะที่น้ำทะเลมีความเข้มข้นของซัลเฟตประมาณ 0.028 โมลต่อกิโลกรัม (Garrels and Thompson, 1962) ดังนั้นการสะสมของสารประกอบกำมะถันในนากุ้งชั้นส่วนหนึ่งอาจมาจากซัลเฟตในน้ำทะเล โดยกระบวนการจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินบางพวก เช่น Desulfovibrio สามารถเปลี่ยนซัลเฟตไอออนในดินหรือน้ำทะเลให้มาอยู่ในรูปของสารประกอบซัลไฟด์ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน ดังเช่นในสภาพน้ำขังในบ่อกุ้งซึ่งมีอินทรีย์วัตถุที่มีสารประกอบกำมะถันปะปนอยู่ (Tisdale *et al.*, 1985 : 311) นอกจากนี้ซัลเฟตในน้ำทะเลอาจจะทำปฏิกริยากับสารประกอบต่าง ๆ ในดิน ตกตะกอนหรือตกผลึกออกมาในรูปของสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยและสะสมอยู่ในดินนากุ้ง เป็นผลให้ปริมาณของสารประกอบ

กามะถันเพิ่มขึ้น

1.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุกับกามะถัน

จากสมมุติฐานที่กล่าวข้างต้นว่า อินทรีย์วัตถุอาจเป็นแหล่งที่มาของธาตุหรือสารประกอบกามะถันในดินนากุ้ง เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุกับกามะถันในดินนากุ้ง พบว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทางบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ของ ดินนากุ้งจาก site J และบริษัทแอควาสตาร์ เท่ากับ 0.936 และ 0.932 (ภาพที่ 5.5) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอินทรีย์วัตถุกับกามะถันในดินนากุ้งมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์วัตถุอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบกามะถันในดินนากุ้ง และอีกสมมุติฐานที่กล่าวว่าน้ำทะเลอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบกามะถันในดินนากุ้ง จากตารางที่ 5.9 แสดงปริมาณกามะถันในดินนากุ้งของบริษัทแอควาสตาร์และ site J มีปริมาณสูงกว่าดินนาข้าวทุกระดับความลึก ขณะที่ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนากุ้งจากบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณสูงกว่าอินทรีย์วัตถุของดินนาข้าวตั้งแต่ผิวจนถึงความลึกประมาณ 130 เซนติเมตร แต่ที่ความลึกระดับ 140 เซนติเมตร อินทรีย์วัตถุในดินนากุ้งจากบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณต่ำกว่าอินทรีย์วัตถุในดินนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน ซึ่งถ้าหากสารประกอบกามะถันในดินนากุ้งได้มาจากอินทรีย์วัตถุเพียงแหล่งเดียวโดยไม่ได้มาจากซัลเฟตจากน้ำทะเล ดินนากุ้งของทั้งบริษัทแอควา-สตาร์ และ site J ที่ระดับความลึก 140 เซนติเมตรหรือมากกว่า ควรจะต้องมีปริมาณกามะถันเท่ากับหรือต่ำกว่าดินนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกับ แต่ปรากฏว่าปริมาณกามะถันของดินนากุ้งทั้งของบริษัทแอควาสตาร์ และ site J ยังคงมีปริมาณสูงกว่าดินนาข้าวที่ระดับดังกล่าว ดังนั้นสารประกอบกามะถันในดินนากุ้งจึงอาจจะไม่ได้มาจากอินทรีย์วัตถุเพียงแหล่งเดียว แต่อาจจะมาจากซัลเฟตจากน้ำทะเลด้วย

1.4 ปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม โซเดียม และ แมกนีเซียม

1.4.1 ปริมาณโซเดียม

จากการศึกษาพบว่า ดินในนาข้าวมีปริมาณโซเดียมค่อนข้างคงที่ตลอดชั้นดินที่เก็บ (100-150 เซนติเมตร) คือประมาณ 37 มิลลิสมมูลย์ต่อกิโลกรัม (37 me/kg) ซึ่งแตกต่างจากดินในนากุ้งทั้งสองพื้นที่ ซึ่งมีปริมาณโซเดียมลดลงตามความลึก (ตารางที่ 5.4) แสดงให้เห็นว่า โซเดียมสามารถเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งได้ประมาณ 40 - 50 เซนติเมตรในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราการแพร่กระจายความเค็มในหน้าตัดดินที่แสดงในตารางที่ 5.2 ดังนั้นโซเดียมจึงเป็นธาตุที่มีความสามารถเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินในแนวดิ่งได้ดีมากธาตุหนึ่ง เนื่องมาจากธาตุโซเดียมมีประจุบวกหนึ่งและมีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ธาตุโซเดียมถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของแร่ดินเหนียวหรืออินทรีย์วัตถุได้ไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่น ๆ ซึ่งประจุบวกมากกว่าหนึ่งและมีขนาดเล็กกว่า (จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2530 : 62-64) นอกจากนี้สารประกอบโซเดียมส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดี ดังนั้นจึงทำให้ธาตุโซเดียมมีโอกาสที่จะเคลื่อนที่ไปได้ในหน้าตัดดินได้ไกลกว่าธาตุอื่น

1.4.2 ปริมาณโพแทสเซียม

จากผลการศึกษาพบว่าดินนาข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดชั้นดินที่เก็บ ในขณะที่ดินนากุ้งจะมีปริมาณโพแทสเซียมลดลงตามความลึกอย่างชัดเจนจนถึงความลึกประมาณ 130 เซนติเมตร (ตารางที่ 5.5) หลังจากนั้นปริมาณโพแทสเซียมของดิน site J (นากุ้งใหม่) และดินบริษัทแอควาสตาร์ (นากุ้งเก่า) จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยตามความลึก และมีปริมาณโพแทสเซียมใกล้เคียงกับดินนาข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินได้ค่อนข้างช้ากว่าโซเดียม คือเคลื่อนที่ได้อัตราประมาณ 30 เซนติเมตรต่อปี การที่โพแทสเซียมเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าโซเดียมทั้งที่มีประจุบวกหนึ่งเท่ากัน เพราะโพแทสเซียมมีขนาดเล็กกว่าโซเดียม ทำให้โพแทสเซียมถูกดูดซับอยู่ที่ผิวหน้าของอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุด้วยแรงที่เหนียวแน่นกว่าโซเดียม จึงทำให้โพแทสเซียมเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินได้ช้ากว่าโซเดียม

1.4.3 ปริมาณแคลเซียม

ปริมาณแคลเซียมในหน้าตัดดินของดินนาข้าว ดิน site J และดินบริษัทแอควา-สตาร์ เพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดินที่เก็บ (ตารางที่ 5.6) โดยที่ช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตร ดินบริษัทแอควาสตาร์ (ดินนากุ้งเก่า) จะมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าดิน site J (ดินนากุ้งใหม่) ในขณะที่ดินในนาข้าวมีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด พบว่าปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ลดลงตามระยะเวลาที่ใช้ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง ซึ่งลักษณะดังกล่าวตรงกันข้ามกับที่คาดคะเนไว้ เนื่องจากโดยปกติการทำนากุ้งจะมีการใส่ปูนขาวลงไปในนากุ้งในช่วงตากบ่อเป็นปริมาณมากในแต่ละครั้ง ดังนั้นปริมาณของแคลเซียมในนากุ้งน่าจะมีโอกาสสะสมอยู่ที่ผิวบ่อเลี้ยงกุ้ง และเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามระยะเวลาการใช้พื้นที่นั้นเลี้ยงกุ้ง

การลดลงของปริมาณแคลเซียมตามระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งในดินที่ทำการศึกษาที่ช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตร อาจอธิบายได้จากปรากฏการณ์ที่ว่า น้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีโซเดียมสูงจึงไปแทนที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับที่ผิวของแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ ถึงแม้ว่าแคลเซียมจะมีวาเลนซีสูงกว่าโซเดียมก็ตาม แต่ไม่สามารถแข่งขันกับโซเดียมที่มีอยู่ในปริมาณมากกว่าในน้ำทะลได้ (ภาคผนวก ก ภาพที่ก4 แสดงปริมาณโซเดียมลดลงตามความลึก และ ภาพที่ก6 แสดงปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นตามความลึก) จากปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้ดินนากุ้งในช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตร มีแคลเซียมในดินลดลงและแคลเซียมที่ถูกแทนที่ส่วนหนึ่งจะซึมชาบลงไปตามแนวดิ่งสู่ดินที่อยู่ในระดับลึก

ในช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ปริมาณโซเดียมในน้ำที่ซึมชาบลงมามีความเข้มข้นลดลง เพราะโซเดียมบางส่วนถูกดูดซับโดย แร่ดินเหนียว และ อินทรีย์วัตถุ ทำให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อโซเดียม(Ca^{2+}/Na^{+}) ในน้ำที่ซึมชาบลงมาที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตร เริ่มสูงขึ้น ผลคือ แคลเซียมที่ระดับความลึกในช่วงนี้เริ่มมีความสามารถในการแข่งขันกับโซเดียมได้ และเริ่มป้องกันไม่ให้โซเดียมเข้าไปไล่ที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับในดินนากุ้งได้อีกต่อไป ทำให้ปริมาณแคลเซียมในดินนากุ้งที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรเพิ่มขึ้น และเริ่มมีปริมาณแคลเซียมใกล้เคียงกับดินในนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน

ในช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ปริมาณของโซเดียมในน้ำที่ซึมชาบลงมายังคงมีความเข้มข้นลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ เนื่องจากถูกดูดซับในดินชั้นบนทำให้สัดส่วนของแคลเซียมและโซเดียมสูงมากขึ้นกว่าที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตร ที่ช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรนี้ ปริมาณโซเดียมมีไม่มากพอที่จะแข่งขันกับแคลเซียมที่มีประจุไฟฟ้ามากกว่าได้ ทำให้แคลเซียมที่มากับน้ำเลี้ยงกุ้งที่ซึมชาบลงมาสามารถเข้าไปไล่ที่โซเดียมที่ถูกดูดซับ

ในดิน ผลคือมีการสะสมของแคลเซียมในดินนากุ้งที่ช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตร

จากลักษณะที่กล่าวข้างต้นทำให้สามารถแบ่งลักษณะของปฏิกริยาเคมี ระหว่างน้ำทะเลกับดินนากุ้งที่ทำการศึกษาในรูปของความสัมพันธ์ของการแทนที่กันระหว่าง โซเดียมไอออน และ แคลเซียมไอออนออกเป็น 3 เขต (zone) ในหน้าตัดของดินนากุ้ง ได้ดังนี้ (ภาพที่ 6.1)

(1) Leaching zone

(2) Transition zone

(3) Accumulation zone

1.4.3.1.Leaching zone

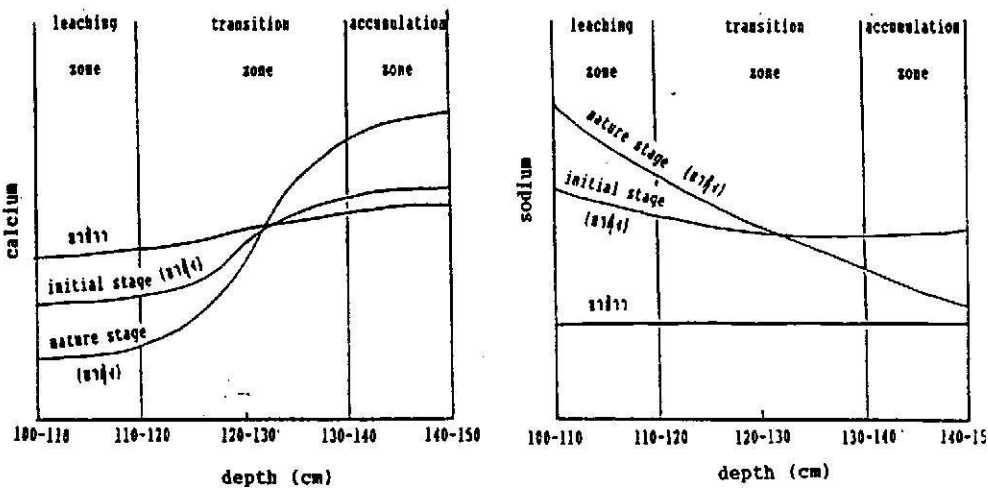
เขตนี้เริ่มตั้งแต่พื้นบ่อลงไปถึงที่ความลึก 120 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ในเขตนี้โซเดียมที่มีอยู่ในน้ำทะเลในปริมาณมากจะเข้าไปแทนที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่แร่ดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุ ดังสมการ

$$4Na^{+}_{(aq)} + \boxed{\begin{array}{c}\text{clay minerals}\\ \& \\ \text{organic matter}\end{array}}_{Ca^{2+}} \rightleftharpoons 2Ca^{2+}_{(aq)} + Na^{+} \boxed{\begin{array}{c}\text{clay minerals}\\ \& \\ \text{organic matter}\end{array}}_{Na^{+}} Na^{+}$$

ในเขตนี้โซเดียมมีวาเลนซีบวกหนึ่งแต่สามารถเข้าไปไล่ที่แคลเซียมที่มีวาเลนซีบวกสองได้เพราะความเข้มข้นของโซเดียมที่มีสูงกว่าแคลเซียมมาก ทำให้แคลเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ในดินถูกชะล้างออกมาอยู่สารละลายดิน ผลคือแคลเซียมในดินมีปริมาณลดลดใน leaching zone (ภาพที่ 6.1 เส้นกราฟที่แสดง mature stage ของดินนากุ้ง) ดังนั้นในเขตความเข้มข้นของไอออนมีอิทธิพลมากกว่าวาเลนซี ความเข้มข้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมปฏิกริยาการแทนที่

1.4.3.2. Transition zone

เขตนี้เกิดขึ้นในช่วงความลึกประมาณ 120-140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อกุ้ง เขตนี้เป็นเขตที่ปฏิกริยาการแทนที่ หรือการไล่ที่แคลเซียมในดินนากุ้ง โดยโซเดียมจากน้ำเลี้ยงกุ้งที่ซึมซาบลงมาเริ่มต้นลดปฏิกริยาการแทนที่ลง เนื่องจากโซเดียมในน้ำที่ซึมซาบลงมาที่ระดับความลึกในระดับนี้มีความเข้มข้นลดลง เพราะถูกดูดซับโดยแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุที่อยู่ข้างบนไป

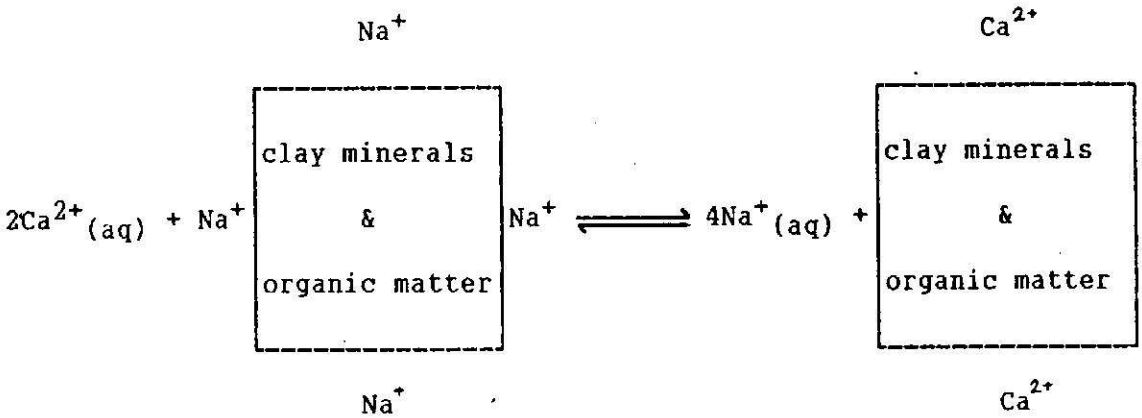


ภาพ 6.1 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในหน้าตัดดินของปอเลี้ยงกุ้ง (บริเวณที่ทำการศึกษา)

leaching zone ทำให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อโซเดียมในน้ำที่ซึมซาบลงมาสูงขึ้น แคลเซียมจึงสามารถแข่งขันกับโซเดียมได้ เป็นผลให้แคลเซียมในดินนากุ้งเพิ่มปริมาณมากขึ้นกว่า leaching zone และเริ่มมีปริมาณใกล้เคียงกับดินในนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน ในขณะที่โซเดียมมีปริมาณลดต่ำลงกว่า leaching zone

1.4.3.3. Accumulation zone

เขตนี้เริ่มต้นที่ความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ สัดส่วนของแคลเซียมต่อโซเดียมในน้ำเลี้ยงกุ้งที่ซึมซาบลงมาสูงมากกว่าใน transition zone เพราะโซเดียมถูกดูดตรึงโดยดินทั้งใน leaching zone และ transition zone และโซเดียมในน้ำที่ซึมซาบลงมามีปริมาณลดต่ำลงมาจนถึงจุดที่ แคลเซียมที่มีวาเลนซีบวกสองเข้าไปไล่ที่หรือแทนที่โซเดียมที่มีวาเลนซีบวกหนึ่งที่ถูกดูดตรึงในดิน ดังสมการ



ผลคือแคลเซียมในดินนากุ้งในเขตนี้มีปริมาณสูงขึ้นและยังมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าดินในนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน ในขณะที่โซเดียมมีปริมาณลดลงในเขตนี้ ปฏิกริยาเคมีของการแทนที่กันจะถูกควบคุมโดยวาเลนซีของไอออนไม่ใช่ความเข้มข้นของไอออน ดังนั้นกล่าวโดยสรุปได้ว่า แคลเซียมไอออนถูกชะล้างออกมาจาก leaching zone โดยโซเดียมไอออนในน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง และแคลเซียมไอออนที่ถูกชะล้างออกมาในน้ำเลี้ยงกุ้งเคลื่อนที่ผ่าน transition zone และมาสะสมตัวอยู่ใน accumulation zone

แบบจำลองการเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในหน้าตัดดินนากุ้ง (บริเวณที่ทำการศึกษา)

Mobility Model of Sodium and Calcium Ions in Shrimp Pond Soil Profile (Case Study)

จากลักษณะและข้อมูลต่างๆ ทางเคมีที่กล่าวข้างต้น สามารถนำมาสร้างแบบจำลอง(model) การเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในดินที่ทำการศึกษา โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะเวลาดังนี้

ก. ช่วงระยะเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยงกุ้ง (initial stage)

ข. ช่วงตอนกลางและปลายของการเพาะเลี้ยงกุ้ง (mature stage)

ก. ช่วงระยะเริ่มต้นของเพาะเลี้ยงกุ้ง

ช่วงนี้เป็นช่วงที่เอาพื้นที่นาข้าวมาทำเป็นนากุ้งโดยการนำทะเลมาเลี้ยงกุ้งได้เพียง 1-2 วัน หรือ 1-2 สัปดาห์แรก การเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในช่วงนี้ได้แสดงไว้ใน ภาพที่ 6.1 ที่ช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ซึ่งเป็นระดับค่อนข้างตื้นและตรงกับ leaching zone แคลเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ในดินจะถูกแทนที่โดยโซเดียมทำให้ปริมาณของแคลเซียม ในดินลดลงในขณะที่ปริมาณแคลเซียมใน accumulation zone ยังมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง คือมี ปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณของแคลเซียมในดินนาข้าวที่ระดับเดียวกัน เนื่องจากแคลเซียมที่ถูก ชะล้างออกมาจากดินใน leaching zone ยังเคลื่อนที่มาไม่ถึง accumulation zone เพราะ แคลเซียมมีวาเลนซีสูงกว่าโซเดียม ทำให้เคลื่อนที่ในหน้าตัดดินได้ช้ากว่าโซเดียม ดังนั้นโซเดียม จึงเข้าไปแทนที่แคตไอออนต่าง ๆ ในดินบ่ากุ้งตั้งแต่ leaching zone, transition zone และ accumulation zone จึงทำให้ปริมาณโซเดียมของดินนากุ้งในเขตทั้งสามสูงกว่าดินนาข้าว

ข. ช่วงตอนกลางและปลายของการเพาะเลี้ยงกุ้ง

ในช่วงนี้เป็นช่วงที่ได้ผ่านการทำนากุ้งไปได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ผลก็คือโซเดียม จากน้ำทะเลยังคงแทนที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับในดินต่อไปใน leaching zone ทำให้แคลเซียมใน เขตนี้มีปริมาณลดลงและมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น ในขณะที่โซเดียมใน leaching zone มีปริมาณสูงขึ้น และมีปริมาณโซเดียมมากกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น แต่ในช่วงนี้ แคลเซียมที่ถูกไล่ออกมาจากดินใน leaching zone ได้เคลื่อนที่ผ่าน transition zone ไปแล้ว และเดินทางมาถึง accumulation zone และแคลเซียมเหล่านี้จะเข้าไปแทนที่โซเดียม ที่ถูกดูดซับในดินเอาไว้ตั้งแต่ตอนในช่วงระยะเริ่มต้น ผลก็คือแคลเซียมใน accumulation zone มีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น ในขณะที่โซเดียมในดินมีปริมาณ ลดลงและมีปริมาณโซเดียมต่ำกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น ตัวอย่างดินในนากุ้งของการศึกษานี้ที่เก็บมา จาก site J และบริษัทแอควาสตาร์ ก็คือดินนากุ้งที่อยู่ในช่วงระยะกลาง-ปลาย

1.4.4 ปริมาณแมกนีเซียม

จากการศึกษาพบว่าดิน site J (ดินนากุ้งใหม่) มีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่าดินนาข้าว แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ดินบริษัทแอควาสตาร์ (ดินนากุ้งเก่า) มีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เกือบตลอดชั้นดินที่เก็บ ยกเว้นที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ (ตารางที่ 5.7) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ว่าปริมาณแมกนีเซียมของดินนากุ้งมีแนวโน้มลดลง หรือถูกชะล้างออกไปจากหน้าตัดดินตามระยะเวลาของการทำนากุ้งหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ถ้าใช้พื้นที่เลี้ยงกุ้งนานเท่าไร แมกนีเซียมก็จะถูกชะล้างออกจากหน้าตัดดินมากขึ้นเท่านั้น การที่แมกนีเซียมสูญเสียออกจากดินนากุ้งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระหว่างแมกนีเซียมในน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งกับในดิน ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 3 ระดับความลึกเช่นเดียวกับแคลเซียมคือ

1.4.4.1 Leaching zone คือช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ ซึ่งโซเดียมไอออนจะไปแทนที่แมกนีเซียมไอออน ที่ถูกดูดซับอยู่ที่แร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ

1.4.4.2 Transition zone คือที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ ซึ่งบริเวณนี้โซเดียมไอออนซึ่งมีอยู่มากบริเวณ leaching zone จะค่อย ๆ ลดต่ำลง ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมไอออนจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นโซเดียมไอออนและแคลเซียมไอออนจึงไปแทนที่แมกนีเซียมไอออน

1.4.4.3 Accumulation zone คือที่ช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ บริเวณนี้แคลเซียมไอออนที่มีอยู่มากจะไปแทนที่แมกนีเซียมไอออน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณแมกนีเซียมในดินนากุ้ง อาจถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของโซเดียมและแคลเซียมในน้ำเลี้ยงกุ้งที่ซึมซาบลงมาจากก้นบ่อ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแมกนีเซียมไอออน และโซเดียมไอออนที่ระดับตื้น (leaching zone) ระหว่างแมกนีเซียมไอออน และ โซเดียมไอออนร่วมกับแคลเซียมไอออนที่ระดับความลึกปานกลาง (transition zone) และสุดท้ายการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแมกนีเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนที่ระดับลึก (acumulation zone)

1.5 ปริมาณฟอสฟอรัส

จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยา Bray No.II (Bray and Kurtz, 1942) บริเวณพื้นบ่อกุ้ง (ช่วงความลึก 100-110 เซนติเมตร) ของบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณมากกว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินนาข้าว ประมาณ 5 เท่า และปริมาณฟอสฟอรัสของดินบ่อกุ้งทั้งสองมีปริมาณลดลงตามความลึกของหน้าตัดดินอย่างรวดเร็วซึ่งมีลักษณะตรงกันข้ามกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินนาข้าวที่ค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นตามความลึก (ตารางที่ 5.8) การที่พื้นบ่อมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนมาก อาจเนื่องมาจากการใช้ปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในการเลี้ยงกุ้ง กระดูกของปลาป่นจะมีฟอสฟอรัสและแคลเซียมอยู่เป็นปริมาณมาก ปลาป่นที่เหลือจากการกินของกุ้งจึงตกค้างสะสมอยู่กับบ่อ แต่เมื่อดูที่ระดับลึกลงไปจากพื้นบ่อจะพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสลดลงอย่างรวดเร็ว และที่ระดับความลึกมากกว่า 120 เซนติเมตรโดยประมาณจากพื้นบ่อจะพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของดินบริษัทแอควาสตาร์ และ site J ต่ำกว่าดินนาข้าว แสดงให้เห็นว่าไม่มีการชะล้างฟอสฟอรัสจากดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง อาจเนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกดูดซับโดยอนุภาคของแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ บริเวณพื้นก้นบ่อและฟอสฟอรัสอีกส่วนหนึ่งอาจทำปฏิกิริยากับปูนขาวที่ผู้เลี้ยงกุ้งใส่ลงมาในช่วงตากบ่อ เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก ดังนั้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จึงสะสมอยู่บริเวณก้นบ่อ นอกจากนี้ การสกัดหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้น้ำยา Bray No.II ซึ่งเป็นสารละลายกรดจะสกัดเอาฟอสฟอรัสในรูปของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งไม่ละลายในด่างออกมาเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้สูงขึ้นด้วย

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษา

1. pH

1.1 การเลี้ยงกุ้งจะทำให้ pH ของดินลดต่ำลง ตามระยะเวลาที่ใช้พื้นที่ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง

1.2 pH ในนากุ้งอาจจะถูกควบคุมโดยปริมาณอินทรีย์วัตถุ และสมบัติทางเคมีของน้ำทะเล

1.3 จากดินบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาพบว่า ปริมาณปูนขาวที่ใช้อยู่ไม่เพียงพอต่อการยกระดับ pH ของดินในนากุ้ง

2. ค่าการนำไฟฟ้า

2.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน

2.2 อัตราการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินนากุ้งที่ศึกษามากกว่า 50 เซนติเมตรต่อปี

2.3 ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณโซเดียม โพแทสเซียม แสดงว่าน้ำทะเลได้นำธาตุทั้งสองมาสะสมในดินนากุ้ง ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณแคลเซียม แสดงว่าแคลเซียมถูกชะล้างโดยน้ำทะเล สำหรับแมกนีเซียมแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้าแต่ เนื่องจากแมกนีเซียมในดินนากุ้งมีปริมาณน้อยกว่าดินนาข้าว ดังนั้นแมกนีเซียมจึงถือว่าถูกชะล้างจากดินนากุ้ง

3. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณก๊าซมีเทน

3.1 การเลี้ยงกุ้งจะทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณก๊าซมีเทนจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

3.2 อินทรีย์วัตถุและน้ำทะเลอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบก๊าซมีเทนในดินนากุ้ง

4. ปริมาณโซเดียม, โพแทสเซียม, แคลเซียม และ แมกนีเซียม

4.1 ปริมาณโซเดียม

4.1.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณโซเดียมในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณโซเดียมจะลดลงตาม

ความลึกหน้าตัดดิน

4.1.2 โซเดียมสามารถเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งในดินนากุ้งได้ประมาณ 40-50 เซนติเมตรต่อปี

4.1.3 โซเดียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในหน้าตัดดินนากุ้งได้เร็วกว่า โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม

4.2 ปริมาณโพแทสเซียม

4.2.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้นบริเวณก้นบ่อ

4.2.2 โพแทสเซียมสามารถเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งในดินนากุ้งได้ประมาณ 30 เซนติเมตร ต่อปี

4.3 ปริมาณแคลเซียม

4.3.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณแคลเซียมที่ความลึก 100-120 เซนติเมตรจากผิวดินลดลง โดยปริมาณแคลเซียมของดินในนากุ้งจะเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน

4.3.2 ในช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ (leaching zone) โซเดียมที่มีอยู่ปริมาณมากจะแทนที่แคลเซียม ทำให้แคลเซียมสูญเสียจากดินละลายออกมาปะปนกับน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ในเขตนี้ความเข้มข้นของไอออนมีอิทธิพลมากกว่าวาเลนซี ดังนั้นความเข้มข้นของไอออนจึงเป็นตัวการสำคัญในการควบคุมปฏิกริยาในการแทนที่กัน

ในช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ (transition zone) บริเวณนี้แคลเซียมในดินนากุ้งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณใกล้เคียงกับดินในนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน ในขณะที่ปริมาณโซเดียมจะลดต่ำลง เนื่องจากถูกดูดซับโดยดินชั้นบน (leaching zone) ทำให้สัดส่วนของแคลเซียมไอออนต่อโซเดียมไอออนสูงขึ้น ส่งผลให้โซเดียมไม่สามารถเข้าไปแทนที่ที่แคลเซียมได้อีก

ในช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตร (accumulation zone) บริเวณนี้ปริมาณแคลเซียมในดินนากุ้งจะสูงกว่าปริมาณแคลเซียมในดินนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน เนื่องจากแคลเซียมไอออนที่ถูกชะล้างออกมาจากชั้น leaching zone และเคลื่อนที่ผ่านชั้น transitional zone จะมาสะสมอยู่ในดินชั้นนี้ นอกจากนี้แคลเซียมซึ่งมีวาเลนซีบวกสองจะไล่โซเดียมที่มีวาเลนซีบวกหนึ่ง ดังนั้นปฏิกริยาการแทนที่กันในดินชั้นนี้จะถูกควบคุมโดยวาเลนซีของไอออน

4.4 ปริมาณแมกนีเซียม

4.4.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในดินลดต่ำลง

4.4.2 ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในดินลดต่ำลง

4.4.3 ในช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตรจากก้นบ่อ (leaching zone) โซเดียมที่มีอยู่ปริมาณมากจะไล่ที่แมกนีเซียม ทำให้แมกนีเซียมสูญเสียจากดิน

ในช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ (transiting zone) โซเดียมและแคลเซียมจะไปไล่ที่แมกนีเซียม ส่งผลให้แมกนีเซียมในดินสูญเสียออกมา

ในช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ (accumulation zone) แคลเซียมจะมีปริมาณสูงขึ้นในขณะที่โซเดียมจะมีปริมาณลดลง ดังนั้นปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่มากจะไปไล่ที่แมกนีเซียม ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมของดินนากุ้งลดต่ำกว่าดินนาข้าวตลอดความลึกของหน้าตัดดิน

5. ปริมาณฟอสฟอรัส

5.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ฟอสฟอรัสในดินบริเวณก้นบ่อ (100-110 เซนติเมตร) สูงขึ้น โดยปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้งจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

5.2 ที่ระดับความลึกมากกว่า 120 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้งต่ำกว่าดินนาข้าว ทั้งนี้อาจเนื่องจากฟอสฟอรัสบริเวณก้นบ่อถูกดูดซับโดยอนุภาคของแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ และฟอสฟอรัสอีกส่วนหนึ่งอาจทำปฏิกริยากับปูนขาวเกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก ฟอสฟอรัสจึงสะสมอยู่บริเวณก้นบ่อไม่สามารถชะล้างลงสู่ดินชั้นล่างได้

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ หงษ์โต. 2525. "การปรับปรุงดินเคมี", ใน รายงานประจำปี 2525 กรมพัฒนาที่ดิน, หน้า 175-184. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ข่าวแอควาสตาร์. 2532. "ก๊าซพิษอุปสรรคของการเลี้ยงกุ้ง", 1(18),10-12.

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2530. เคมีของดิน. กรุงเทพ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฬาภรณ์ รัตนไชย. 2532. "สรุปงานวิจัยการเลี้ยงกุ้งทะเล", ใน สรุปทบทวนผลงานวิชาการการเลี้ยงกุ้ง 22-27 มกราคม 2532 ณ สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ จังหวัดสงขลา. หน้า 57, กรมประมง.

ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์. 2525. "ผลกระทบจากการทำนากุ้งในพื้นที่ป่าชายเลนต่อคุณสมบัติของดินบริเวณอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Impact of Shrimp Farm of Mangrove Soil Properties at Amphoe Kanchandit, Changwat Surat Thani)", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาเนา).

ชัยนาม ดิสถาพร. 2532. "การปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม", เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. โครงการพัฒนาพื้นที่ดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ถวิล ครุฑกุล และ ดนัย วรรณวนิช. 2520. "การปรับปรุงดินแอลคะไลเค็มชุดท่าจีน เพื่อใช้ปลูกข้าว", วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. 10(2520), 317-327.

ทักษิณปริทัศน์. 2534. "กุ้งกุลาดำทำเจ็บ : ผลกระทบของการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อสภาพแวดล้อมและคน", แลใต้. 9(กันยายน-ตุลาคม)2534.

ทัศนีย์ ฉันทดิศัย. 2531. "ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ", ใน วารสารสิ่งแวดล้อมฉบับทรัพยากรชายฝั่ง, หน้า 69-82. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

ธนู คำแก่น. 2525. "การกสิกรรม (บนที่ดินชายทะเล)", ใน รายงานผลการประชุมสัมมนาระบบนิเวศน์วิทยาป่าชายเลน ครั้งที่ 3, 8-12 เมษายน 2522 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. หน้า 277. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นวรัตน์ ไกรพานนท์. 2527. "การศึกษาสมบัติทางแร่วิทยา และทางเคมีของดินป่าชายเลน จังหวัดระนอง (A study on mineralogical and chemical properties of mangrove soils in Ranong province)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์ สาขาปฐพีศาสตร์).

ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. 2519. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัญญา สุวรรณสมุทร. 2534. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ : โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

พัฒนาที่ดิน, กรม. กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2530. "แผนการใช้ที่ดินจังหวัดสงขลา", กรุงเทพ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พุทธ สองแสงจันดา และคณะ. 2532. "ข้อสังเกตุเกี่ยวกับสมบัติดินบางประการในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา", กรมประมง.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2524. ดินเค็มและดินโซดิก. กรุงเทพ : ภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เล็ก มอญเจริญ. 2528. การใช้แผนที่และการรายงานการสำรวจดินสำหรับงานอนุรักษ์ดินและน้ำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 39. กรุงเทพ : กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กระทรวง. 2534. "เรื่องการกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล", 7(มิถุนายน)2534.

วิสิทธ์ โชวิกกุล. 2535. ม.ป.ท : ม.ป.พ.

ศุภวัตร อินทะหลาบ. 2512. "การทดลองล้างดินเค็มและปรับปรุงดินเค็มด้วยสารเคมี", ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2512. กรุงเทพ : กรมการข้าว กระทรวงเกษตร.

สมเจตน์ จันทวัฒน์ และคณะ. 2530. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

สรลิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ. 2519. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : คุรุสภา.

"สายตรวจสิ่งแวดล้อม" (นามแฝง). 2536. "จับตาอำวบัตตานีอันตราย : โรงงาน ชุมชน ตัวก่อมลพิษ", ฐานเศรษฐกิจ. 710(15-18 สิงหาคม)2536.

สิริ ทุกข์วินาศ. 2532. "สรุปงานวิจัยสิ่งแวดล้อมแหล่งเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย", ใน สรุปทบทวนผลงานวิชาการเรื่องกุ้ง มกราคม 2532 สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ จังหวัดสงขลา, หน้า 78-85. กรมประมง.

สรุปรายงานข้อราชการ : ภาวะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. 25 พฤษภาคม 2534.

สุกัญญา กันเมล์ และ เสาวลักษณ์ ดันติพงศ์อาภา. 2533. "การเปลี่ยนแปลงคุณภาพตะกอนดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา", ปัญหาพิเศษ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมาลี สุทธิประดิษฐ์ และ สุรชาติ เพชรแก้ว. 2536. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

สำนักงานเกษตรอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. 2534. แนวทางการพัฒนาการเกษตร.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2520. "เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ", ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 66, 27(มิถุนายน)2521.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2521. "เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำบริโภค", ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 95 ตอนที่ 68, 4(กรกฎาคม)2521.

Abrol, I.P., Dargan, K.S. and Bhumbla, D.R. 1973. "Reclaiming alkali soils", Karnall Bullatin. 2(1973).

Allision, L.E., *et al.* 1969. "Determination of the Properties of Saline and Alkali Soils", Saline and Alkali Soils. Washington D.C : United States Department of Agriculture.

Andersson, A and Nilsson, K.O. 1972. "Enrichment of trace elements from sewage sludge fertilizers in soils and plants", Ambio. 1(176-179).

Bai, X-E. 1982. "Studies on the Elimination of Harm Caused by Hydrogen Sulfide (H_2S) on Penaeus orientalis kishinouye Culture", Marine Fish Research. 4(1982), 33-42.

Blamey, *et al.*, 1989. *s.l : s.n.*

Bloomfield, C. 1969. "Sulphate Reduction in Waterlogged Soils", Journal of Soil Science. 20(1), 207-211.

Board on Agriculture Nation Research Council. 1984. "Poultry Nutrition. Washinton D.C. : National Academe Press.

Bohn Hinrich, Brain McNeal and Georec O'Conner. 1979. Soil Chemistry Canada : John Wiley and Sons.

Brady, N.C. 1974. The Nature and Properties of soils, 8 th ed. New York : Macmillan Publishing.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. "Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils", Soil Science. 59(39-45)1945.

Brownlow, Arthur H. 1979. Geochemistry. New York : Prentice Hall.

Chen, J-C, *et al.*, 1980. "Heavy metal concentrations in sea water from grass prawn hatcheries and the coast of Taiwan", Journal World Mariculture Society. 16(1980).

Chien, Yew-Hu. 1989. "Study on the sediment chemistry of tiger prawn kuruma prawn and red tail prawn ponds in I-Lan Hsicn", Coastal fish servey. No.16,1989.

Cook, D.C., and Nelson, S.D. 1986. "Effect of seeding emergence in crust forming soils", Soil Science. 141(328-333).

Coover, J.R., Bartelli, L.J. and Lynn, W.C. 1975. "Application of Soil Taxonomy in tidal area of the Southeastern United States" Soil Science Society of American Journal. 39(4), 703-706.

Coultas, N.L. 1978. "The soils of the intertidal zone of Rockey Bay Florida", Soil Science Socity of American Journal. 42(1)1975.

Cornelis Hurlbut and Cornelis Klein. 1977. Manual of mineralogy. New York : John Wiley and Sons.

Dent, F.J. 1978. "Land Suitability Classification", Soil and Rice. Philippines : The International rice research institute.

Donahue, R.L., Miller, R.W. and Shickluna, J.C. 1977. An Introduction to soils and plant growth. New Jersey : Prentice-Hall.

Elgabaly, M.M. 1971. "Reclamation and management of salt effected", In Salinity Seminar, Bagahdad, Irrigation and Drainage, paper 7. Rome : FAO.

Environmental Studies Board. 1972. Water Quality Criteria. Washing-

ton, D.C. : U.S.Government Printing Office. EPA-R3-73-003, 592p.

Freeze, R. and Cherry John. 1979. Groundwater. New Jersey : Prentice Hall.

International Rice Research Institute (IRRI). 1973. Annual Report for 1972. Los Banos, Philippines.

Jantadisai, T. 1990. "Social impact of mangrove resource management and aguaculture development", In Proceeding of Natural Resources and Environment Conservation of Thailand. pp.93-100 Sudara, S, Nutalai, P and Panasawat, T. eds. Bangkok : Funny Publishing.

Jinshn, Xu and Liangge, Li. 1991. "The from of sulfer and its relation with environment in the sediment of the shrimp culture pond", Ocenanologia et Limnologia Sinica. 22(4), 384-388.

Krom, M.D. and Neori, A. 1989. "Important of water flow rate in Controlling water quality Processes in Marine and Fresh water Fish pones", The Israeli Journal of Aquacuture-Bannideh. 41(1) : 23-33.

Land Classification Divition and FAO Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Bangkok : Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Coorperatives.

Lindsay, L. Willard. 1979. Chemical Equilibria in Soil. John Wiley and Sons : U.S.A.

Lynn, W.C. and Whitting, L.D. 1966. "Alteration and formation of clay minerals during cat clay development", In Proceeding of the Fourteenth National Conference on Clays and clay Minerals. pp.241-248. S.W.Bailey. ed. New York : Symposium Publications Devision Pergamon Press.

Management Section. 1988. "Problems of Giant Tiger Prawn", In Shrimp in the Development Era. pp.75-85. Charean Pokphan Group. ed. Bangkok.

McGrath, S.P. and Cegarra, J. 1992. "Chemical extractability of heavy metals during and after long-term applications of sewage sludge to soil", Journal of Soil Science. 43(1992), 313-321.

Office of Agricultural Economics. 1990. "The targets of shrimp culture year 1990", Agricultural Economics News. 36(399), 7-13.

Pearson, G.S. 1959. "Factors influencing salinity of submerged soils and growth of Caloro rice", Soil Science. 87(1959), 198-206.

Richards, L.A. 1954. "Determination of properties of saline and alkali soils", In Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. pp 7-33, Agriculture Hand Book No.60, United States : Department of Agriculture.

Saini, G.R. 1971. "Chemical and Physical Properties of Coastal Alluvial Soils of New Brunswick", Geoderma. 5(1971), 111-118.

Samuel Tisdale and Werner Nelson. 1975. Soil fertility and fertilizers, third edition. New York : Macmillan Publishing.

Sanudo Wilhelmy, S.A. and Flegal, A.R. 1991. "Trace element distributions in coastal waters along the US-Mexican boundary Relative contributions of natural processes vs. anthropogenic inputs", Marine Chemistry. 33(4), 371-392.

Schroeder, H.A. 1965. "Cadmiun as a factor in hypertension", Chronic Disease. 18(1965), 647-656.

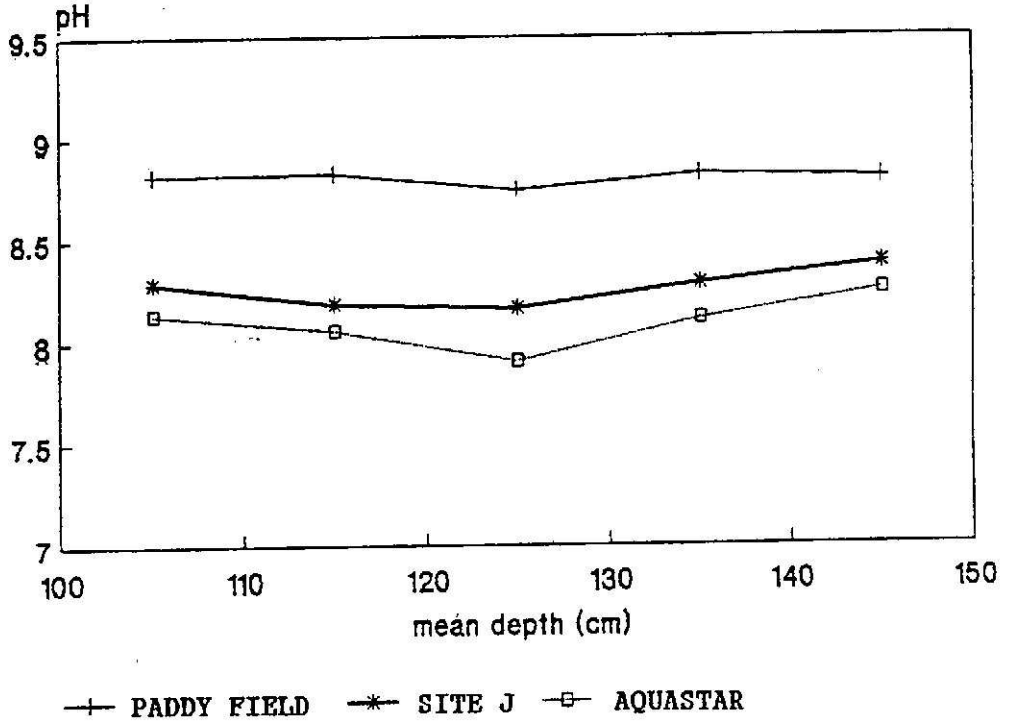
Simpson, H.J. and Pedini, M. 1985. "Brackishwater aquacultrue in the tropics : The problem of acid sulfate soils", FAO Fisheries Circulars. 791(1985), 32.

Sritongsuk, C. 1990. "Relationship between shrimp culture and

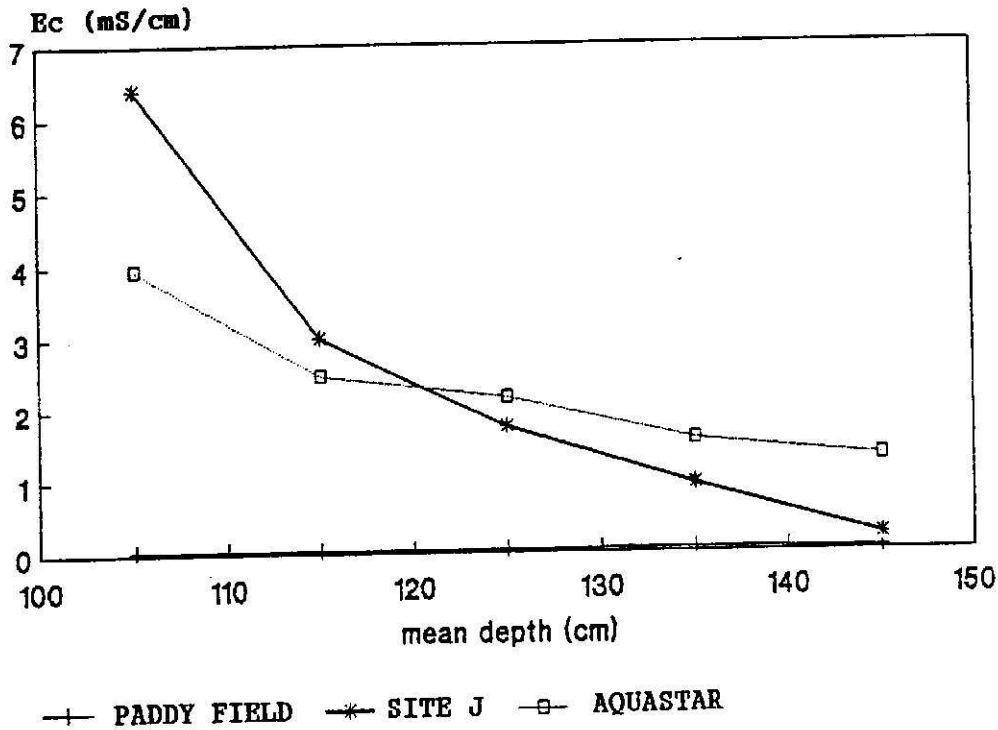
ภาคผนวก ก

ภาพประกอบ

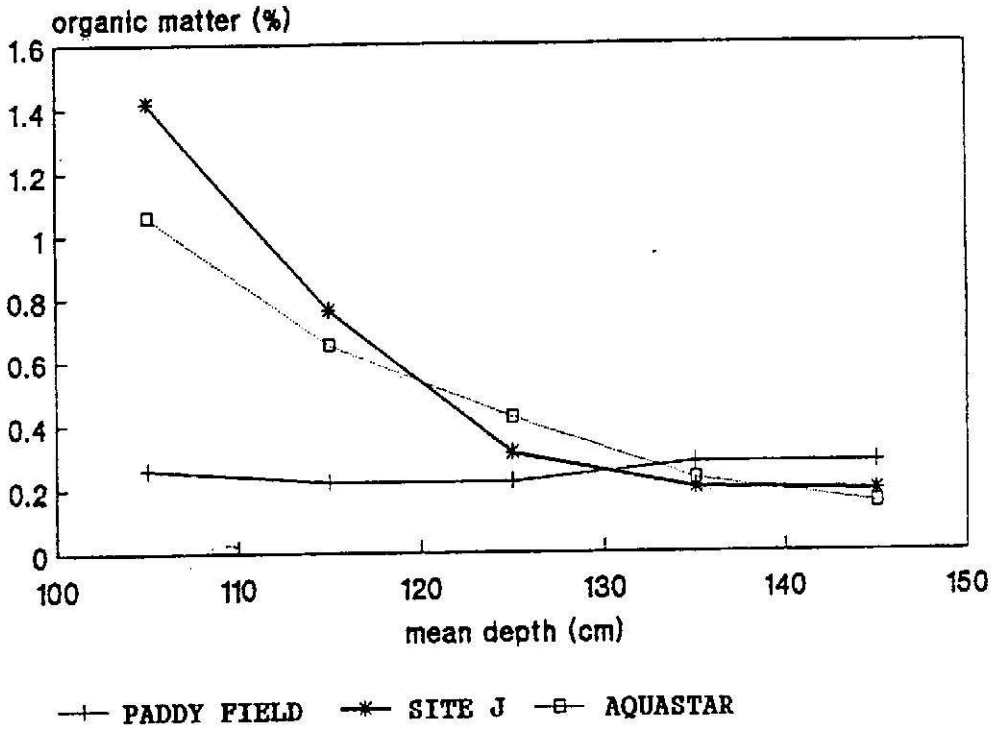
ภาพ ก.1 แสดงค่าเฉลี่ย pH ของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



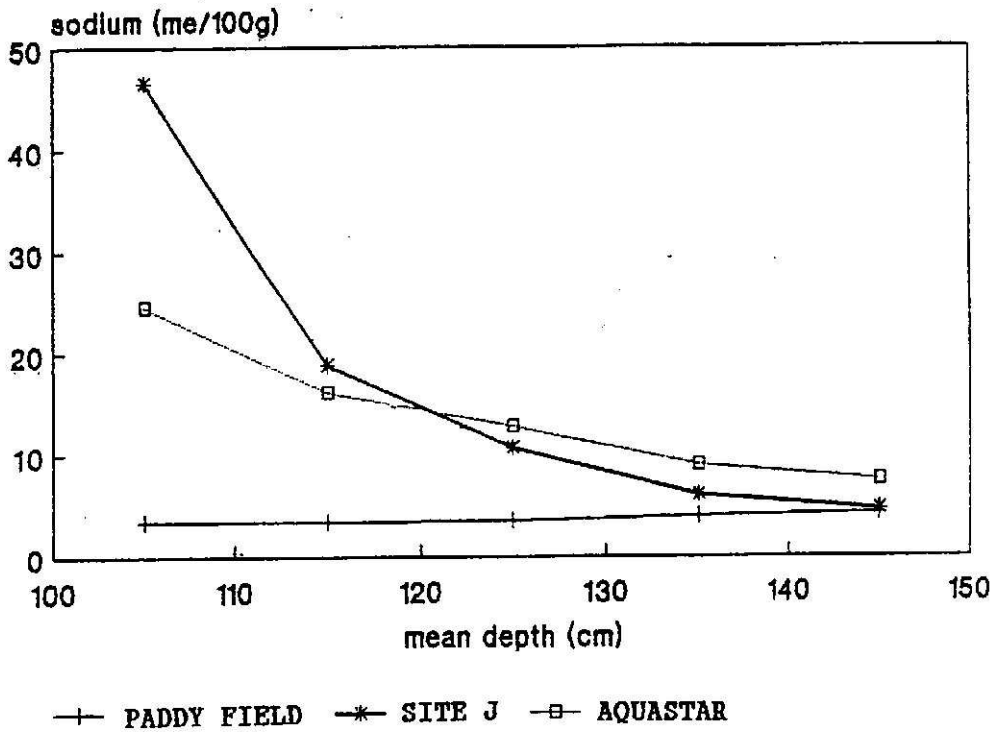
ภาพ ก.2 แสดงค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



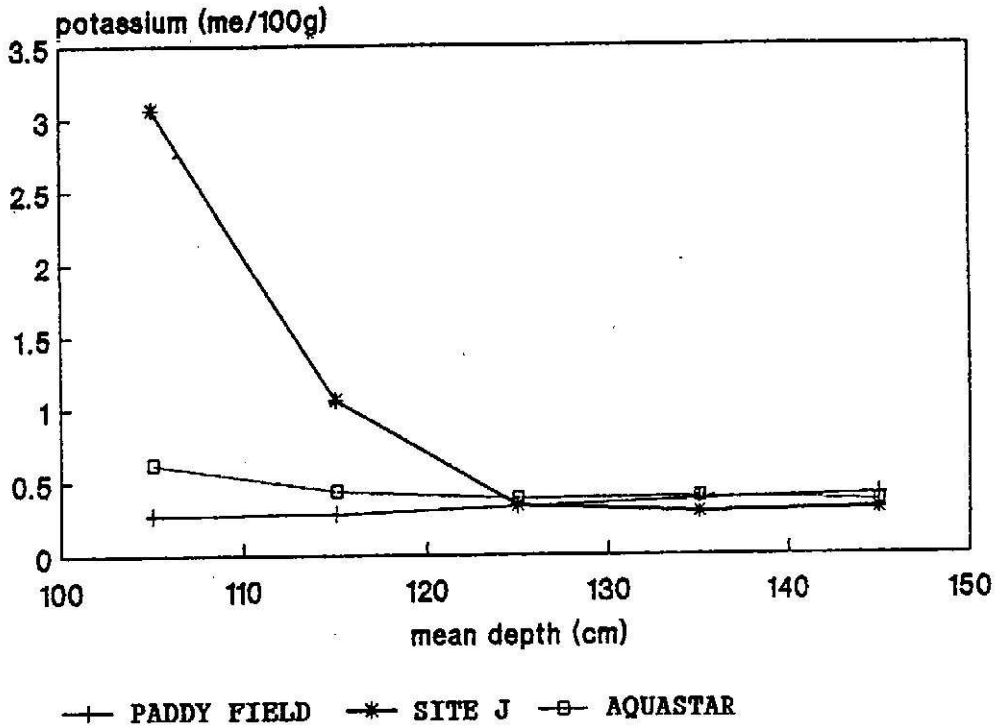
ภาพ ก.3 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



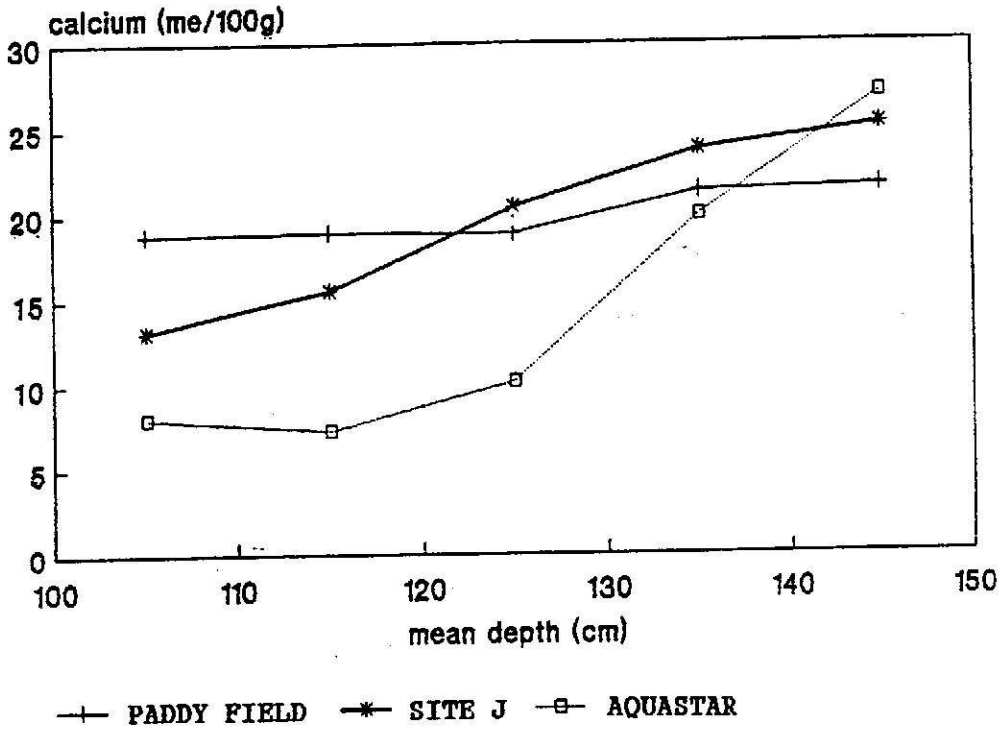
ภาพ ก.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



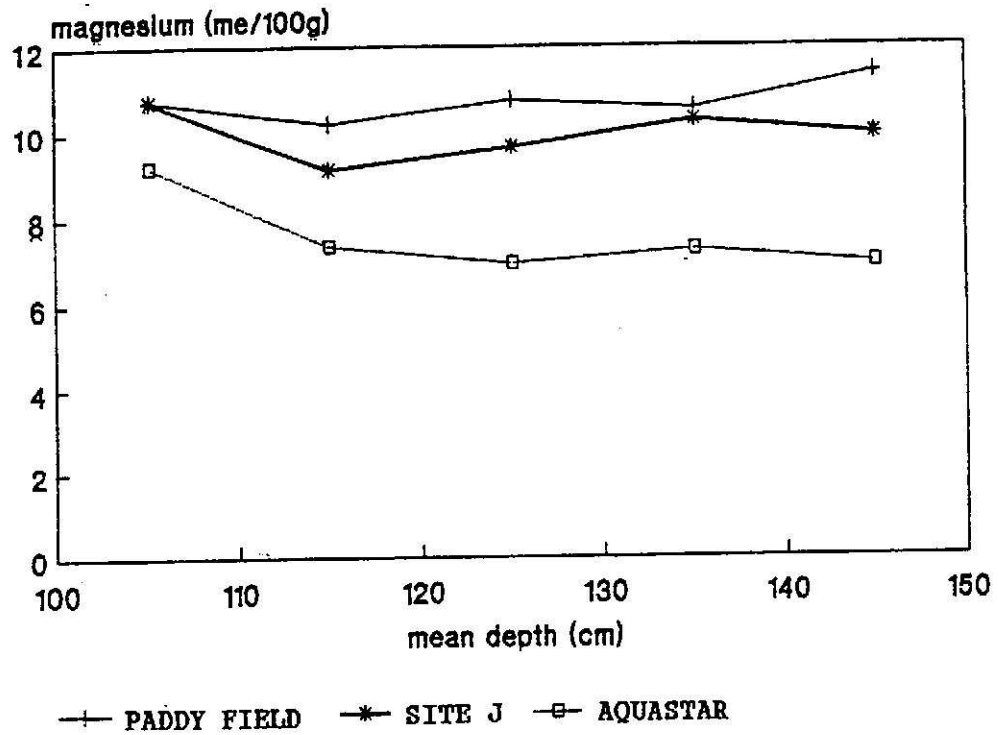
ภาพ ก.5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



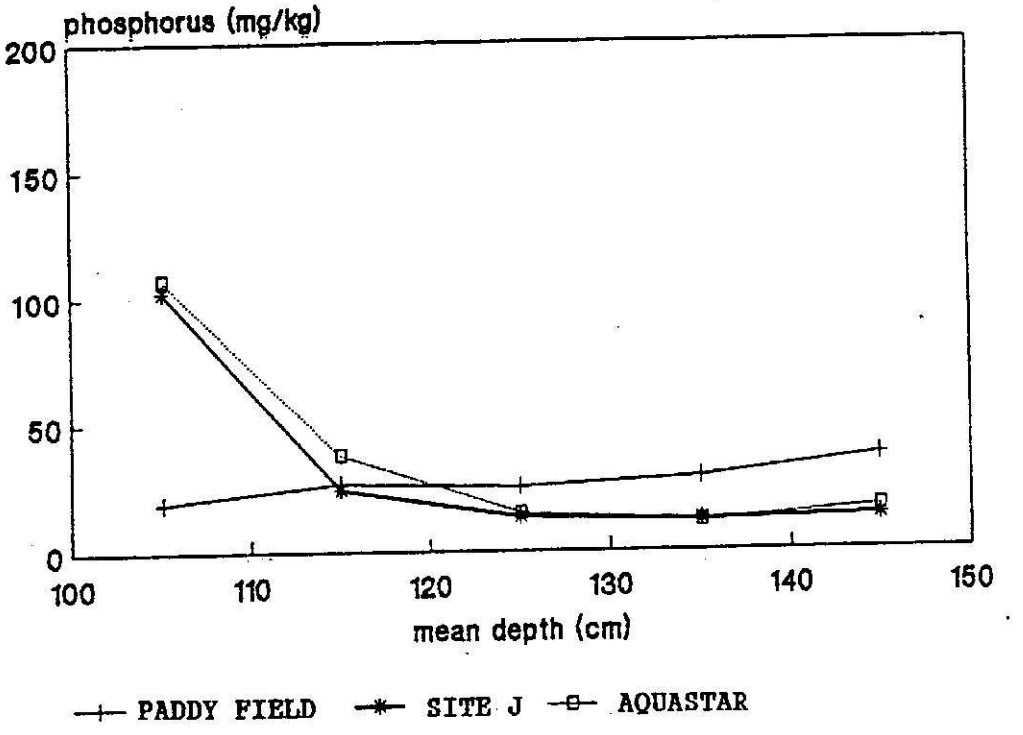
ภาพ ก.6 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



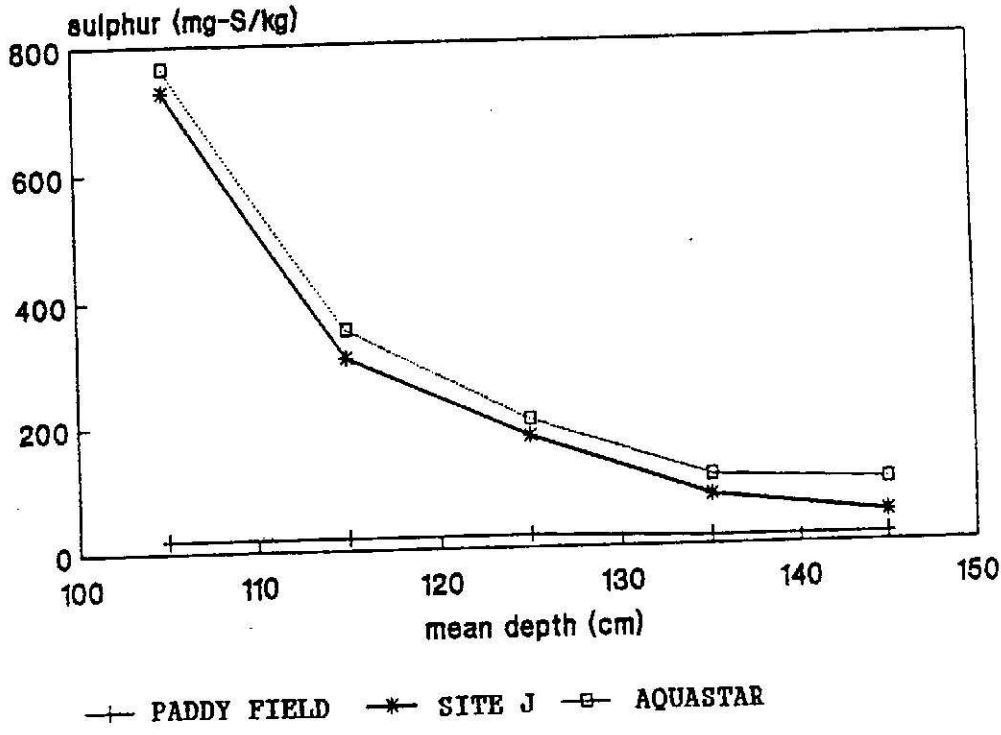
ภาพ ก.7 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



ภาพ ก.8 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



ภาพ ก.9 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกำมะถันของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



ภาคผนวก ช เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินสมบัติทางเคมีของดิน

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง [1] (pH) (ดิน : น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)	ช่วง (range)
เป็นกรดจัดมาก (extremely acid)	<4.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดรุนแรง (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (near neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างอย่างอ่อน (slightly alkali)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkali)	7.9-8.4
เป็นด่างรุนแรง (strongly alkali)	8.5-9.0
เป็นด่างจัด (extremely alkali)	>9.0

2. อินทรียวัตถุ [3]

ระดับ (rating)	ช่วง (range) (%)
ต่ำมาก (VL)	<0.5
ต่ำ (L)	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ (ML)	1.0-1.5
ปานกลาง (M)	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง (MH)	2.5-3.5
สูง (H)	3.5-4.5
สูงมาก (VH)	>4.5

3. ปริมาณฟอสฟอรัส

ระดับ (rating)	ช่วง (range) (mg/kg)
มาก (VL)	<3
ต่ำ (L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (ML)	6-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-25
สูง (H)	25-45
สูงมาก (VH)	>45

4. ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ [1]

ระดับ (rating)	ช่วง (range) (me/kg)			
	exch.Ca	exch.Mg	exch.Na	exch.K
ต่ำมาก (VL)	<20	<3	<1	<2
ต่ำ (L)	20-50	3-10	1-3	2-3
ปานกลาง (M)	50-100	10-30	3-7	3-6
สูง (H)	100-200	38-80	7-20	6-12
สูงมาก (VH)	>200	>80	>20	>12

หมายเหตุ

1 VL = ต่ำมาก (very low)

L = ต่ำ (low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (moderatety low)

M = ปานกลาง (medium)

MH = ค่อนข้างสูง (moderately high)

H = สูง (high)

VH = สูงมาก (very high)

2 USDA = U.S Department of Agriculture

5. ระดับความเค็มของดิน [2]

ระดับ (rating)	ความเค็ม (soil salinity)	ช่วง (range) (mS/cm.)
ต่ำมาก	ไม่เค็ม	0-2
ต่ำ	เค็ม	2-4
ปานกลาง	เค็มปานกลาง	4-8
สูง	เค็มมาก	8-16
สูงมาก	เค็มมากที่สุด	>16

ที่มา : [1] เล็ก มอญเจริญ (2525)

[2] ดัดแปลงจาก ยงยุทธ โอสถสภา (2524)

[3] Land Classification Division and FAO Staff (1973)

ภาคผนวก ค ลักษณะของชุดดินระโนด (ชุดดินบางกอก)

ที่ตั้ง (location) : อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

สภาพพื้นที่ (General Landform) : ที่ราบลุ่มน้ำขัง (tidal flat)

ภูมิประเทศ (Topography) : ที่ราบ (flat or almost flat)

ลักษณะของผิวดิน (surface charater)

ก้อนแข็งปราศจากพืช (Rockoutcrops) : ไม่มี

รอยแตก (Cracking) : ไม่มี

แข็งเหมือนหิน (Stoniness) : ไม่มี

แผ่นผนึก (Sealing) : ไม่มี

เกลือ (Salt) : ไม่มี

ด่าง (Alkali) : ไม่มี

วัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent Material) : ตะกอนดินชะวาททะเล

ระดับน้ำใต้ดิน (water table) ลึก : 100 เซนติเมตร

การระบายน้ำ (Drainage) : เลว (poor)

การซึมซาบน้ำ (Permeability) : ช้า (slow)

การขังน้ำ, น้ำท่วม (Flooding) : ทุกปี (yearly)

การไหลของน้ำ (Run off) : ช้า (slow)

ลักษณะชั้นดิน (Profile Description)

ชั้นดิน	ความลึก (เซนติเมตร)	ลักษณะดิน
Apg	0-12	-ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง เนื้อดินละเอียดถึงละเอียดปานกลาง โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน
BAg	12-25	-ดินเหนียว เนื้อดินปานกลาง โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน
Btg1	25-48	-ดินเหนียว เนื้อดินละเอียดปานกลางโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน

เคมีของดิน

ชั้นดิน	ความลึก	pH	Exchangable Cation				CEC	CEC
			c mol(+)/kg				c mol(+)/kg	
	(เซนติเมตร)	(H_2O)	Ca	Mg	K	Na	Soil	Clay
Apg	0-12	4.80	2.00	6.60	0.20	0.90	14.40	41.70
BAg	12-25	5.40	3.10	0.00	0.30	0.00	0.00	51.50
Btgl	25-48	6.50	3.80	18.70	0.30	25.80	24.50	38.90

ที่มา : กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ภาคผนวก ง ปริมาณไอออนส่วนใหญ่ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล

ไอออนส่วนใหญ่ในน้ำทะเล	ความเข้มข้น (โมล/กิโลกรัม)
Na^+	0.475
Mg^{2+}	0.054
Ca^{2+}	0.010
K^+	0.010
Cl^-	0.560
SO_4^{2-}	0.028
HCO^-_3	0.0024
CO_3	0.0003

ที่มา : Garrels and Thompson (1962)

ภาคผนวก ฯ ส่วนประกอบของน้ำทะเล (ส่วนในล้านส่วนน้ำหนัก)

Atomic number	Element	Abundance	Atomic number	Element	Abundance
1	H	1.10×10^{5}	34	Se	90×10^{-6}
2	He	7.2×10^{-6}	35	Br	67.3
3	Li	0.17	36	Kr	0.21×10^{-3}
4	Be	0.6×10^{-6}	37	Rb	120×10^{-3}
5	B	4.45	38	Sr	8.1
6	C	28 (Inorganic)	39	Y	3×10^{-6}
6	C	2.0 (Dissolved organic)	40	Zr	26×10^{-6}
7	N	15.5 (Dissolved N_2)	41	Nb	15×10^{-6}
7	N	0.67 (As NO_3, NO_2, NH_4)	42	Mo	10×10^{-3}
8	O	6.0 (Dissolved O_2)	47	Ag	0.28×10^{-3}
8	O	8.83×10^{5} (As H_2O)	48	Cd	0.11×10^{-3}
9	F	1.3	50	Sn	0.81×10^{-3}
10	Ne	120×10^{-6}	51	Sb	0.33×10^{-3}
11	Na	1.08×10^{4}	53	I	64×10^{-3}
12	Mg	1.29×10^{3}	54	Xe	47×10^{-6}
13	Al	1.0×10^{-3}	55	Cs	0.3×10^{-3}
14	Si	2.9	56	Ba	21×10^{-3}
15	P	0.088	57	La	2.9×10^{-6}
16	S	9.04×10^{2}	58	Ce	1.3×10^{-6}
17	Cl	1.94×10^{4}	59	Pr	0.64×10^{-6}
18	Ar	0.45	60	Nd	2.3×10^{-6}
19	K	3.92×10^{2}	62	Sm	0.42×10^{-6}
20	Ca	4.11×10^{2}	63	Eu	0.114×10^{-6}
21	Sc	$<4 \times 10^{-6}$	64	Gd	0.6×10^{-6}
22	Ti	1×10^{-3}	65	Tb	0.9×10^{-6}
23	V	1.9×10^{-3}	66	Dy	0.73×10^{-6}
24	Cr	0.2×10^{-3}	67	Ho	0.22×10^{-6}
25	Mn	1.9×10^{-3}	68	Er	0.61×10^{-6}
26	Fe	3.4×10^{-3}	69	Tm	0.13×10^{-6}
27	Co	0.39×10^{-3}	70	Yb	0.52×10^{-6}
28	Ni	6.6×10^{-3}	71	Lu	0.12×10^{-6}
29	Cu	23×10^{-3}	72	Hf	$<8 \times 10^{-6}$
30	Zn	11×10^{-3}	73	Ta	$<2.5 \times 10^{-6}$
31	Ga	30×10^{-6}	74	W	$<1.0 \times 10^{-6}$
32	Ge	60×10^{-6}	79	Au	11×10^{-6}
33	As	2.6×10^{-3}	80	Hg	0.15×10^{-3}
			82	Pb	30×10^{-6}
			83	Bi	20×10^{-6}
			88	Ra	1×10^{-16}
			90	Th	1.5×10^{-6}
			91	Pa	2×10^{-13}
			92	U	3.3×10^{-3}

ที่มา : Turekian (1968 : 92)

ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของ ดินบริษัทแอควาสตาร์ (Aquarstar)

ดิน site J และ ดินนาข้าว (Paddy field) จากสิ่งแวดล้อมบริษัทฯ

DATA ANALYSIS FROM AQUARSTAR FARM

HOLE NO.	DEPTH (cm)	pH	EC (mS/cm)	OM (%)	K	Mg	Ca	Na	P	S	Mn	Cu	Zn	Ni	Sb	Ba
					(me/100g oven dry soil)				(ug/kg)	(ug-S/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)
8/1	100-110	7.84	4.95	1.46	0.64	10.93	7.06	28.13	156.53	907.42	22.15	2.80	4.52	7.98	13.96	72.98
	110-120	7.81	2.80	0.76	0.36	8.44	4.46	19.20	43.57	472.41	9.87	1.50	1.25	3.74	-4.93	363.81
	120-130	7.55	2.30	0.22	0.50	5.91	4.16	13.80	28.39	258.28	9.10	0.83	0.79	5.03	8.82	239.57
	130-140	7.75	1.35	0.15	0.11	3.12	34.46	7.37	22.12	89.11	10.02	0.78	0.46	5.97	21.83	42.04
	140-150	8.43	0.09	0.02	0.08	2.39	36.64	4.25	31.77	48.23	40.33	0.71	0.55	2.22	26.86	-43.81
8/2	100-110	8.25	4.85	0.86	0.52	12.27	8.04	31.20	97.60	697.29	17.05	1.81	2.00			
	110-120	8.54	2.10	0.67	0.35	11.18	7.10	21.51	15.09	425.95	15.35	1.34	0.92			
	120-130	8.51	2.20	0.50	0.45	11.24	9.49	14.49	14.64	192.51	21.14	1.05	0.90			
	130-140	8.56	1.45	0.26	0.38	12.56	20.80	9.55	16.89	105.84	14.83	0.83	0.48			
	140-150	8.68	1.25	0.17	0.27	9.67	26.15	4.53	37.89	48.32	12.62	0.87	0.48			
8/3	100-110	8.20	4.25	0.98	0.51	10.26	10.44	24.99	142.55	655.14	20.49	1.90	1.87			
	110-120	8.01	2.85	0.87	0.37	10.06	8.28	17.68	28.14	248.90	13.06	1.80	0.85			
	120-130	7.82	2.30	0.70	0.39	9.64	8.65	14.30	25.13	167.30	6.21	1.32	0.70			
	130-140	8.23	1.85	0.19	0.14	5.74	11.46	8.78	21.94	134.23	6.17	1.00	0.56			
	140-150	8.31	3.10	0.09	0.08	4.69	25.38	13.02	40.04	207.41	20.74	0.91	0.54			
14/1	100-110	8.07	2.55	1.23	0.66	10.77	8.24	18.08	222.04	1104.71	41.08	2.43	3.79			
	110-120	8.17	2.72	0.85	0.39	10.25	5.99	19.70	105.19	462.19	34.14	2.25	2.26			
	120-130	7.77	2.78	0.40	0.35	10.45	6.13	17.91	25.38	268.61	14.26	1.09	0.81			
	130-140	8.12	2.05	0.22	0.32	10.00	17.16	11.97	10.05	128.01	16.47	0.87	0.62			
	140-150	8.16	1.48	0.17	0.26	8.70	24.29	8.04	6.82	86.99	19.44	0.79	0.57			
14/2	100-110	8.19	5.00	1.62	0.72	15.47	9.67	35.18	100.93	1247.42	47.78	2.20	3.91	5.70	20.64	69.72
	110-120	7.89	3.05	0.74	0.35	10.92	5.58	19.37	15.06	593.01	30.73	1.29	1.09	4.62	9.36	271.50
	120-130	8.01	2.50	0.40	0.39	11.14	14.66	13.89	11.10	193.85	23.73	0.88	0.64	-0.07	11.47	15.74
	130-140	8.21	1.72	0.19	0.21	9.60	23.22	8.30	7.09	115.28	26.10	0.76	0.70	4.87	22.72	-22.16
	140-150	8.21	1.55	0.23	0.08	11.72	36.41	7.31	6.74	84.46	25.68	0.80	0.61	4.04	-15.01	-36.38
14/3	100-110	8.19	1.80	1.13	0.59	9.94	6.22	13.12	221.47	892.52	33.15	1.89	3.17			
	110-120	8.38	2.15	1.04	0.53	9.86	6.89	16.26	112.35	504.82	44.86	2.00	2.10			
	120-130	7.91	2.55	0.54	0.33	11.03	5.68	16.84	13.36	405.58	11.60	1.01	0.69			
	130-140	7.83	2.15	0.38	0.41	12.16	8.28	12.69	6.97	136.07	11.04	0.87	0.51			
	140-150	8.04	1.48	0.29	0.35	11.40	10.32	8.08	9.38	131.71	9.20	0.97	0.38			
18/1	100-110	8.40	3.05	0.50	0.44	9.17	8.59	19.03	5.71	304.66	14.19	1.51	0.70			
	110-120	8.58	1.20	0.21	0.43	4.86	8.08	7.48	6.31	124.89	12.44	0.85	0.65			
	120-130	8.54	1.05	0.17	0.33	6.25	18.94	6.58	4.32	98.61	32.45	0.79	0.43			
	130-140	8.56	0.09	0.21	0.73	9.39	30.72	6.60	4.47	88.46	33.62	0.79	0.52			
	140-150	8.48	0.08	0.04	0.67	8.64	31.28	5.60	5.48	84.79	17.78	0.79	0.40			
18/2	100-110	8.03	5.10	0.89	0.83	10.70	9.87	27.57	9.47	706.87	17.55	1.15	1.02			
	110-120	7.36	3.40	0.28	0.47	6.07	13.27	11.12	7.97	197.20	8.42	0.85	0.44			
	120-130	7.32	2.40	0.24	0.30	3.91	17.75	10.17	7.19	152.75	5.19	0.79	0.39			
	130-140	7.89	1.98	0.23	0.85	10.95	23.68	10.28	6.93	127.27	24.48	0.86	0.48			
	140-150	8.12	1.05	0.11	0.89	11.50	26.85	8.61	6.36	86.31	24.46	0.89	0.62			
18/3	100-110	8.11	3.95	0.91	0.68	8.70	3.78	24.13	6.51	479.53	13.00	1.31	0.86	5.96	-18.34	310.09
	110-120	7.77	2.05	0.47	0.65	8.32	5.48	13.57	3.19	138.13	8.18	1.23	0.57	4.37	-36.56	307.50
	120-130	7.79	1.40	0.58	0.41	5.26	5.93	7.45	3.95	105.43	6.61	1.40	0.55	5.23	8.26	204.22
	130-140	7.93	1.45	0.27	0.42	5.44	9.28	5.92	4.76	67.36	16.49	1.27	0.52	6.22	-23.92	32.53
	140-150	7.94	1.70	0.22	0.67	8.27	26.35	7.87	5.11	114.89	16.57	1.23	0.54	3.27	7.25	-36.16

DATA ANALYSIS FROM SITE J

HOLE NO	DEPTH (cm)	pH	EC (ms/cm)	OM (%)	K	Mg	Ca	Na	P	S	Mn	Cu	Zn	Ni	Sb	Ba
					(me/100g oven dry soil)				(ug/kg)	(ug-S/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)
2/1	100-110	8.24	4.22	1.00	1.90	13.44	15.40	26.84	121.87	613.49	68.18	1.75	1.90			
	110-120	8.09	1.05	0.95	0.34	9.68	15.65	4.96	8.95	73.59	63.71	1.67	0.72			
	120-130	8.38	0.06	0.20	0.22	9.18	28.10	3.22	5.47	80.79	68.74	1.15	0.57			
	130-140	8.41	0.10	0.20	0.26	13.74	27.50	5.67	5.99	67.78	57.40	0.75	0.35			
	140-150	8.50	0.05	0.14	0.28	13.61	34.05	2.53	8.35	58.25	27.66	0.73	0.47			
2/2	100-110	8.28	8.05	1.77	3.55	17.19	13.03	56.90	74.17	886.00	44.33	1.56	2.73	3.78	3.52	208.02
	110-120	8.23	2.98	0.91	1.29	11.05	14.14	18.77	22.07	354.05	40.81	1.04	1.08	4.86	-1.47	47.54
	120-130	8.32	1.40	0.27	0.29	11.11	20.42	8.72	6.59	123.23	57.65	0.67	0.35	8.53	5.99	-38.61
	130-140	8.39	0.05	0.18	0.23	11.41	30.76	2.54	5.66	63.42	20.81	0.64	0.50	6.18	-16.87	-32.49
	140-150	8.50	0.07	0.25	0.38	15.04	28.48	4.35	5.40	65.20	23.58	0.66	0.30	2.01	1.92	-34.85
2/3	100-110	8.15	5.89	1.37	2.76	16.34	15.76	38.43	98.78	615.64	53.21	1.83	2.30			
	110-120	8.24	1.55	0.53	0.47	11.63	13.83	10.30	14.42	207.13	17.37	1.12	0.60			
	120-130	8.28	0.09	0.34	0.24	13.27	12.95	5.31	8.06	118.10	20.31	1.00	0.26			
	130-140	8.31	0.05	0.15	0.25	15.48	13.85	3.04	9.53	92.66	71.26	1.03	0.20			
	140-150	8.48	0.05	0.21	0.23	16.21	19.19	3.26	9.19	81.91	53.08	1.23	0.24			
10/1	100-110	8.50	5.45	1.19	3.31	15.20	17.21	38.33	133.71	616.60	76.24	2.73	2.21			
	110-120	8.54	2.95	0.27	1.15	14.66	27.18	20.76	13.62	272.32	47.83	1.21	0.40			
	120-130	8.27	2.05	0.19	0.37	13.40	33.99	11.88	13.12	177.79	25.12	1.01	0.34			
	130-140	8.29	1.10	0.20	0.44	11.48	32.58	5.01	15.42	39.90	58.04	1.00	0.32			
	140-150	8.33	0.07	0.21	0.42	16.41	25.81	3.35	21.23	28.06	26.50	0.94	0.46			
10/2	100-110	8.35	8.10	1.63	3.57	17.20	12.57	67.24	96.09	912.71	44.80	2.14	2.56	-9.00	-17.41	158.95
	110-120	8.33	3.45	0.93	1.44	13.78	12.32	22.54	30.33	349.12	54.94	1.72	1.28	-7.83	-13.70	79.45
	120-130	8.30	2.30	0.41	0.51	16.99	23.52	13.68	14.73	222.72	27.58	0.97	0.52	-6.70	-45.77	-14.64
	130-140	8.54	1.05	0.17	0.38	14.25	24.03	5.83	10.64	94.57	44.07	0.87	0.34	-5.65	-21.03	-43.83
	140-150	8.68	0.07	0.14	0.33	14.12	24.42	4.08	10.82	56.19	44.92	0.87	0.29	-10.06	4.01	-40.86
10/3	100-110	8.37	7.25	1.55	3.54	17.21	12.43	55.92	99.88	858.09	77.49	2.34	2.86			
	110-120	8.25	2.70	0.50	0.56	15.32	19.66	16.41	14.79	333.98	70.94	1.14	0.52			
	120-130	8.22	1.45	0.23	0.25	11.58	18.85	6.32	11.93	107.71	16.35	0.97	0.26			
	130-140	8.43	1.09	0.18	0.26	13.29	29.07	5.58	11.17	42.57	21.43	1.00	0.31			
	140-150	8.40	0.09	0.15	0.38	16.52	31.69	5.60	14.67	24.43	18.38	1.34	0.44			
11/1	100-110	8.30	6.35	1.12	2.50	17.07	14.14	43.92	111.70	432.53	43.92	1.67	2.35			
	110-120	8.27	3.92	0.44	0.84	16.82	20.81	23.39	31.49	351.29	20.02	0.99	0.62			
	120-130	8.35	2.23	0.26	0.36	16.87	27.61	12.19	16.77	200.00	21.00	0.76	0.32			
	130-140	8.47	1.20	0.26	0.27	15.75	29.72	6.37	11.41	55.90	29.37	0.78	0.39			
	140-150	8.62	0.07	0.15	0.25	12.54	27.47	4.05	13.62	28.55	38.41	0.69	0.42			
11/2	100-110	8.26	6.80	1.67	3.47	15.64	9.66	52.56	94.53	994.70	32.94	2.45	2.85	-5.77	-0.31	198.86
	110-120	8.20	4.42	0.98	1.84	14.02	9.04	27.10	36.05	407.48	54.79	2.64	1.29	-8.74	7.11	181.20
	120-130	8.12	3.35	0.42	0.50	16.19	8.40	19.15	21.19	306.91	52.08	1.33	0.88	-4.74	21.89	-23.53
	130-140	8.23	2.20	0.21	0.28	17.06	16.30	11.89	17.73	178.67	30.41	1.29	0.50	-8.80	6.07	71.86
	140-150	8.40	1.42	0.22	0.28	15.85	26.61	8.16	16.81	51.83	56.87	1.27	0.43	-8.72	40.30	-38.06
11/3	100-110	8.15	5.62	1.44	2.94	13.84	7.70	38.95	88.14	632.49	32.59	2.45	2.13			
	110-120	7.59	4.00	1.35	1.58	12.31	6.77	26.06	44.38	413.29	40.10	2.64	1.80			
	120-130	7.32	2.78	0.51	0.30	14.38	9.46	16.17	22.39	253.66	35.87	1.34	0.59			
	130-140	7.50	1.60	0.29	0.23	14.24	9.82	8.75	17.54	68.58	13.26	1.28	0.56			
	140-150	7.65	0.10	0.21	0.25	13.61	9.22	6.14	19.56	31.56	12.77	1.29	0.45			

SOIL ANALYSIS FROM PADDY FIELD

HOLE NO.	DEPTH (cm)	PH	EC (mS/cm)	OM (%)	K	Mg	Ca	Na	P	S	Mn	Cu	Zn	Ni	Sb	Ba
					(me/100g oven dry soil)				(mg/kg)	(mg-S/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)
1	0-20(AP)	5.36	0.01	1.47	0.17	5.39	2.17	1.22	9.77	108.20	33.38	2.18	0.74			
	20-55(A1)	8.18	0.01	0.70	0.15	10.37	7.36	2.05	7.70	25.04	8.50	1.46	0.13			
	55-100(B1)	8.49	0.02	0.34	0.19	10.96	6.65	2.71	8.52	29.01	17.49	1.18	0.14			
	100-110	8.81	0.03	0.27	0.26	13.38	15.18	3.44	21.79	32.74	17.19	1.20	0.21	-10.64	18.22	-42.51
	110-120	8.88	0.03	0.20	0.27	12.16	15.89	3.41	19.14	34.15	25.42	1.17	0.17	-4.11	39.46	-48.10
	120-130	8.76	0.03	0.19	0.32	13.09	19.09	3.59	22.35	37.68	16.41	1.20	0.13	-6.91	9.61	-51.67
	130-140	8.91	0.04	0.24	0.34	12.83	18.90	3.64	27.67	19.53	17.55	1.29	0.16	-4.62	24.31	-46.21
	140-150	8.87	0.04	0.25	0.41	14.20	18.92	4.27	37.95	19.45	17.75	1.41	0.15	-8.29	27.33	-50.78
2	0-15(AP)	5.48	0.01	1.46	0.19	5.08	3.97	1.04	8.03	74.08	66.77	2.24	0.61			
	15-40(A1)	8.54	0.01	0.88	0.20	13.15	6.27	2.87	4.57	9.87	7.55	1.39	0.06			
	55-90(B1)	9.01	0.03	0.26	0.18	11.48	13.98	3.62	8.03	9.13	16.56	1.08	0.08			
	100-110	9.05	0.04	0.25	0.31	13.86	20.10	4.64	17.24	9.81	19.65	1.01	0.15	-5.38	-3.89	-45.17
	110-120	8.98	0.03	0.21	0.30	11.81	18.88	4.46	24.21	6.26	16.45	1.01	0.07	-4.61	-11.57	-45.86
	120-130	8.87	0.04	0.23	0.32	12.18	18.72	4.56	30.19	5.54	16.06	1.10	0.16	-5.25	12.92	-42.23
	130-140	8.98	0.04	0.28	0.43	13.98	20.91	5.70	31.84	9.27	14.79	1.00	0.16	-6.88	-6.57	-44.30
	140-150	8.90	0.04	0.30	0.46	14.96	22.08	6.37	43.27	6.34	15.87	1.11	0.20	-7.12	28.70	-44.18
3	0-14(AP)	6.03	0.01	1.53	0.31	7.70	5.14	1.51	7.67	173.73	76.93	2.56	0.87			
	14-41(A1)	8.30	0.01	0.92	0.19	11.89	7.22	1.45	8.43	14.59	9.81	1.51	0.12			
	41-100(B1)	8.70	0.02	0.47	0.18	11.19	18.49	1.81	12.58	14.80	10.26	1.25	0.12			
	100-110	8.61	0.03	0.25	0.25	13.84	21.23	2.13	17.75	15.78	18.51	1.97	0.31			
	110-120	8.64	0.02	0.25	0.27	12.44	22.01	2.32	35.70	15.52	18.63	1.30	0.12			
	120-130	8.63	0.03	0.25	0.35	13.65	18.77	2.44	21.95	11.87	20.94	1.51	0.21			
	130-140	8.60	0.03	0.32	0.36	14.22	24.06	2.48	26.30	10.83	21.77	1.52	0.23			
	140-150	8.67	0.02	0.28	0.36	13.41	23.64	2.22	29.62	11.27	27.59	1.39	0.23			

ภาคผนวก ช สารละลายที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างดิน

1. สารละลายสกัด Bray NO.II ประกอบด้วย 0.1 โมลาร์ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และ 0.03 โมลาร์ แอมโมเนียมฟลออไรด์

2. สารให้สี หรือ color reagent ประกอบด้วย แอมโมเนียมโมลิบเดท (ammonium molybdate) 30 มิลลิลิตร, 0.8 โมลาร์ กรดบอริค (H_3BO_3) 90 มิลลิลิตร, น้ำกลั่น 330 มิลลิลิตร, 0.1% แอนติโมนีโพแทสเซียมตาแทรส (antimony potassium tartrate) 30 มิลลิลิตร

3. น้ำยาสกัด DTPA (diethylenetriamine pentacetic acid) ประกอบด้วย 0.01 โมลาร์ DTPA, 0.01 โมลาร์ แคลเซียมคลอไรด์, 0.1 โมลาร์ triethanolamine แล้วปรับ pH เป็น 7.3 ด้วยกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้นประมาณ 1 โมลาร์