ผลกระทบจากการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดิน ใน อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

The Impact of Shrimp Farming on Chemical Properties of Soil in Amphoe Ranot, Changwat Songkhla

นายพิภพ ปราบณรงค์

Piphob Prabnarong

เลขหมู่ 8592.5 P764 P536 ค.2
เลขทะเบียน 033225
26/พ.ย.2536
#34235

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management

Prince of Songkla University

2536

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบจากการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดิน ใน
อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นายทิภพ ปราบพรงค์

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษา

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ประวิทย์ โควัฒนะ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี สุทธิประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ประวิทย์ โควัฒนะ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี สุทธิประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติวงษ์ ตันติโชคก)

..... กรรมการ
(ดร.สมทิพย์ ตานธีรวนิชย์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(ดร.ไพรัตน์ สงวนไทร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ . ผลกระทบจากการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดิน ใน อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นายพิภพ ปราบณรงค์

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

การขยายตัวของการทำนากุ้งในพื้นที่ ๆ ใช้ปลูกข้าว ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงทางด้านเศรษฐสังคมและทรัพยากรต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรดิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาผลกระทบของการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมี ซึ่งทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างดินจากชุดดินบางกอก ใน อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา 3 บริเวณ คือ **ดินนาข้าว** ซึ่งเป็นตัวแทนของดินที่ยังไม่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง **ดิน site J** ซึ่งเป็นดินที่ทำการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปี และ **ดินบริษัทแอควาสตาร์** 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, กำมะถัน, แมงกานีส, ทองแดง, สังกะสี, นิเกิล, พลวง และ แบเรียม นำผลวิเคราะห์ที่ได้จากตัวอย่างดินที่ระดับความลึกเดียวกันของดินนากุ้งมาเปรียบเทียบกับดินนาข้าวโดยทางสถิติ

ผลการศึกษาพบว่าการเลี้ยงกุ้งทำให้ pH ของดินลดต่ำลงตามระยะเวลาที่ใช้พื้นที่ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง ซึ่งค่า pH ที่ลดลงเข้าใจว่าเกิดจากปริมาณอินทรีย์วัตถุ และสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำทะเล นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ **ค่าการนำไฟฟ้า** หรือค่าความเค็มของดิน เพิ่มขึ้นทุกความลึกเมื่อเทียบกับดินนาข้าว แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งที่ site J (อายุ 1 ปี) ที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร สูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินนาข้าวที่ระดับเดียวกัน ชี้ให้เห็นถึงปริมาณการแพร่กระจายความเค็ม

ตามแนวดิ่งของดินนากุ้งมากกว่า 50 เซนติเมตรต่อปี นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม ขณะที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณแคลเซียม สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ก๊าซมีเทน และ ฟอสฟอรัส ในดินนากุ้งลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน ซึ่งอินทรีย์วัตถุและน้ำทะเลอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบก๊าซมีเทนในดินนากุ้ง ในขณะเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสบริเวณก้นบ่อ อาจเนื่องจากการสะสมอินทรีย์วัตถุและการดูดซับฟอสฟอรัสโดยแคลเซียม ในทางตรงข้าม ปริมาณแคลเซียม ในดินนากุ้งเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน อาจเนื่องจากแคลเซียมถูกแทนที่โดยโซเดียมในดินชั้นบน จึงทำให้แคลเซียมถูกชะล้างไปสะสมในดินชั้นล่าง ปริมาณโลหะหนัก เช่น สังกะสี ทองแดง แมงกานีส แบเรียม และ นิเกิล ในดินทั้งสามพื้นที่พบในปริมาณค่อนข้างต่ำ ซึ่งไม่น่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการฟื้นฟูบูรณะ และจัดการที่ดินนากุ้งตลอดจนการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต

Thesis Title	The Impact of Shrimp Farming on Chemical Properties of Soil in Amphoe Ranot, Changwat Songkhla.
Author	Mr. Piphob Prabnarong
Major Program	Environmental Management
Academic Year	1993

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 cm respectively, and then analyzed for pH, electrical conductivity, organic matter, Na, K, Ca, Mg, P, S Mn, Cu, Zn, Ni, Sb and Ba.

Statistical analysis 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 150 cm of the one-year shrimp pond (site J) indicated that vertical salinity penetration was at least 50 cm per year. Moreover, the electrical conductivities of the shrimp pond soils had 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 amounts of heavy metals i.e. Zn, Cu, Mn, Ba and Ni in all shrimp pond soil samples were generally low and should not have impacts on the environment integrity.

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยคำแนะนำ การตรวจแก้ไขข้อบกพร่องและความปรารถนาดี จากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสามท่านคือ ดร.ประวิทย์ โตวัฒนะ ผศ.ดร.สุมาลี สุทธิประดิษฐ์ และ ผศ.ดร.สุรพล อารีย์กุล ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสามไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สมศักดิ์ มณีพงศ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ด้านการเก็บตัวอย่างดิน และ การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การตรวจแก้ไขข้อมูล ตลอดจนคำแนะนำในด้านอื่น ๆ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.บิดิวงษ์ ดันดิโชดก และดร.สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ ที่กรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง

ขอขอบพระคุณ ดร.วิเชียร จาฏพจน์ และ ดร.ชัยรัตน์ นิลนนท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำทางด้านโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูล และความรู้ทางธรณีวิทยา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ อาจารย์นทีกานต์ สุเมธ-ลิทธิกุล อาจารย์อิว ไอยราคาญจนกุล และ อาจารย์นันทิยา จันทร์ประทีป ที่กรุณาให้คำแนะนำทางด้านคณิตศาสตร์

ขอขอบพระคุณ คุณกฤษณะ เครือวัลย์ และคุณธัยพร โกมัย เจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกทางเครื่องคอมพิวเตอร์

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่หน่วยปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติทุกท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการวิเคราะห์

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่กรุณาช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดิน และงานทางด้านเอกสาร

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บริษัทแอควาสตาร์ และ กลุ่มเกษตรกร site J ที่ได้ให้ความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

นายพิภพ ปราบณรงค์

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (3)

Abstract ..... (5)

กิตติกรรมประกาศ ..... (7)

สารบาญ ..... (8)

รายการตาราง .....(11)

รายการภาพประกอบ .....(13)

บทที่

1. บทนำ 1

    1. ปัญหาและความเป็นมาของปัญหา 1

    2. การตรวจเอกสาร 2

    3. วัตถุประสงค์ 8

    4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

2. วิธีการวิจัย 10

    1. การศึกษาภาคสนาม 10

    2. การเตรียมตัวอย่างดิน 15

    3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ 18

    4. การประมวลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน 21

3. ผล 23

    1. pH 23

    2. การนำไฟฟ้า 25

    3. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 27

    4. ปริมาณโซเดียม 29

    5. ปริมาณโพแทสเซียม 31

    6. ปริมาณแคลเซียม 33

    7. ปริมาณแมกนีเซียม 35

    8. ปริมาณฟอสฟอรัส 36

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

9. ปริมาณกำมะถัน 37

10. ปริมาณแมงกานีส 38

11. ปริมาณทองแดง 40

12. ปริมาณสังกะสี 41

13. ปริมาณนิเกิล 42

14. ปริมาณพลวง 43

15. ปริมาณแบเรียม 44

16. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน 45

4. วิเคราะห์และวิจารณ์ผล 51

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา 51

1.1 pH 51

1.2 การนำไฟฟ้า 52

1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ ปริมาณกำมะถัน 54

1.4 ปริมาณโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม. 56

1.5 ปริมาณฟอสฟอรัส 64

1.6 ปริมาณโลหะหนัก (สังกะสี แมงกานีส ทองแดง) และ ปริมาณจุลธาตุอื่น ๆ 65

2. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนากุ้งที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช 70

2.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนาข้าวเมื่อเปลี่ยนมาทำนากุ้ง 70

2.2 ปัจจัยที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินนากุ้ง 73

2.2.1 ปัจจัยทางด้านเคมี 73

2.2.2 ปัจจัยทางด้านกายภาพ 76

2.2.3 ปัจจัยทางด้านชีวภาพ 77

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งในเขต
อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา 77
3.1 ผลกระทบต่อทรัพยากรดิน 77
3.2 ผลกระทบต่อน้ำบาดาล 78
3.3 ผลกระทบต่อลำคลองธรรมชาติ 79
3.4 ผลกระทบต่อน้ำทะเล 79
3.5 ผลกระทบต่อการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การประมง และ
การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 81
3.6 ผลกระทบด้านสังคม 82
3.7 ผลกระทบต่อการย้ายถิ่นฐาน 83
3.8 ผลกระทบจากนโยบายของรัฐ 83
3.9 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ 85
5. ข้อเสนอแนะ 87
1. แนวทางการฟื้นฟูดินเพื่อนำกลับมาใช้ในการปลูกข้าว 87
2. แนวทางการทำนากุ้งและการวิเคราะห์ดินนากุ้ง 89
6. สรุป 94
7. บรรณานุกรม 98
8. ภาคผนวก 111
9. ประวัติผู้เขียน 142

รายการตาราง

ตาราง หน้า

2.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ที่ใช้เก็บตัวอย่างดิน 14

3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 24

3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรที่ 25 องศาเซลเซียส) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 26

3.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ร้อยละต่อน้ำหนักอบแห้ง) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 28

3.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำหนักอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 30

3.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำหนักอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 32

3.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำหนักอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 34

3.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำหนักอบแห้ง 100 กรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 35

3.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 36

3.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณกำมะถัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 37

3.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแมงกานีส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 39

3.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 40

3.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 41

3.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณนิเกิล (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 42

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

3.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณพลวง (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง 43

3.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแบเรียม (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ 44

4.1 ความเข้มแสงที่ปล่อยออกมา (intensity peak) ของแต่ละธาตุจากการวัดด้วยเครื่อง ICP - AES 69

4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีของดินบางประการ 71

4.3 เปรียบเทียบผลกำไรที่ได้จากการทำนาข้าวและการทำนากุ้งในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา ปี พ.ศ.2532 85

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	ท่อพีวีซีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง	11
2.2	วิธีการใช้อุปกรณ์ดึงท่อพีวีซีขึ้นจากดิน	11
2.3	ที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดิน บริเวณนาข้าว site J และ บริษัทแอควาสตาร์	12
2.4	บริเวณเก็บตัวอย่างดินนาข้าว	13
2.5	บริเวณเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง site J	13
2.6	บริเวณเก็บตัวอย่างดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์	13
2.7	ภาพ ก และ ข วิธีการเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง	16
2.8	การเก็บตัวอย่างดินนากุ้งและดินนาข้าว ที่ระดับความลึกเดียวกัน..	16
2.9	ตัวอย่างดินนากุ้งเมื่อเปิดท่อพีวีซี	17
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมกับค่าการนำไฟฟ้า	45
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า	46
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า	47
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า	48
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันกับปริมาณอินทรียวัตถุ	49
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีกับปริมาณอินทรียวัตถุ	50
4.1	แบบจำลองการเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในหน้าตัดดิน ของบ่อเลี้ยงกุ้ง (บริเวณที่ทำการศึกษา)	62
4.2	ลำคลองในเขตอำเภอระโนด	80
4.3	เขตเศรษฐกิจการประกอบอาชีพของอำเภอระโนด	84

บทที่ 1

บทนำ

1. ปัญหาและความเป็นมาของปัญหา

การเพิ่มพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Tiger Prawn: Penaeus monodon, Fabricius) ในประเทศไทย ได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการผลิตภัณฑ์กุ้งในตลาดญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาเพิ่มขึ้น การขยายตัวของธุรกิจเพาะเลี้ยงกุ้งของนายทุน กอรปกับการเสื่อมสมรรถภาพในการเพาะเลี้ยงชายฝั่งใน ประเทศไต้หวัน อิควดอร์ และประเทศต่าง ๆ ในทวีปอเมริกาใต้ แรงผลักดันเหล่านี้ทำให้เกิดการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย ในปี พ.ศ.2529 พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 254,805 ไร่ ได้ผลผลิต 15,841 ตัน และในปี พ.ศ.2533 พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทั้งหมดมีถึง 500,000 ไร่ ได้ผลผลิต 91,000 ตัน (Charean Pokphan Group, management section, 1988 : 75 ; Jantadisai, 1990 : 93 ; Office of Agricultural Economic, 1990 : 7-13) สำหรับภาคใต้มีพื้นที่ชายฝั่งที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงกุ้ง และพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งก็เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน กล่าวคือในปีพ.ศ.2526 มีพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง 47,334 ไร่ และเพิ่มเป็น 84,894 ไร่ ในปี พ.ศ.2529 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัดชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกและตะวันออกของภาคใต้ โดยมีแหล่งใหญ่อยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช และในปี พ.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) อย่างไรก็ตามเชื่อว่าพื้นที่เลี้ยงกุ้งในปัจจุบันอาจมีมากกว่า 7,500 ไร่

การขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งอย่างรวดเร็วในภาคใต้ โดยขาดการวางแผนและการจัดการที่ดี ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรต่างๆ ที่สำคัญอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและน้ำ การ

แพร่กระจายของความเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งเข้าสู่พื้นที่ปลูกข้าวข้างเคียง ตลอดจนการบุกรุกป่าชายเลนและทำลายระบบนิเวศน์ชายฝั่ง นอกจากนี้ยังพบอีกว่า พื้นที่ชายฝั่งที่เลี้ยงกุ้งอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลา 3-5 ปี บ่อเลี้ยงกุ้งเหล่านี้จะลดสมรรถภาพในการเลี้ยงกุ้ง ทำให้เกิดการละทิ้งพื้นที่โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ และมีการบุกรุกป่าชายเลนต่อไป เพื่อหาพื้นที่มาทดแทนบ่อเลี้ยงกุ้งเดิม ซึ่งเปรียบเสมือนได้ว่าเป็นการเพาะเลี้ยงแบบเลื่อนลอย (shifting mariculture) ดังตัวอย่างที่พบในพื้นที่ในหลาย ๆ ประเทศ เช่น ไต้หวัน อิควดอร์ เป็นต้น รวมทั้งชายฝั่งทะเลภาคกลางและภาคตะวันออกของไทย เช่น สมุทรปราการ สมุทรสงคราม (Thongrak, 1991 : 466)

การนำน้ำทะเลและน้ำกร่อยเข้าไปในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อการเพาะเลี้ยง ทำให้ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุต่าง ๆ และปริมาณออกซิเจนในดิน เป็นต้น มีผลทำให้สมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนไปจนไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงชายฝั่งและการเกษตรกรรม (เกรียงศักดิ์ หงษ์โต, 2525 : 178)

การศึกษาผลกระทบของการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดิน โดยการเปรียบเทียบดินชุดเดียวกันจาก 3 บริเวณ คือ ดินนาข้าว ซึ่งเป็นดินที่ยังไม่ผ่านการทำนากุ้ง ดินsite J ซึ่งเป็นดินที่เริ่มดำเนินการเลี้ยงกุ้ง และดินบริษัทแอควาสตาร์ ซึ่งเป็นดินผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้วในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ทราบถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินที่เกิดขึ้นในนากุ้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการปรับปรุงหรือการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต

2. การตรวจเอกสาร

ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำนอกจากคุณภาพน้ำและอาหารแล้ว ดินยังเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในกิจกรรมการเลี้ยงกุ้ง การนำน้ำทะเลมาใช้เลี้ยงกุ้ง การให้อาหารกุ้ง ตลอดจนการใช้สารเคมีเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้ง สิ่งเหล่านี้ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ซึ่งสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนไปอาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในการศึกษาสมบัติทางเคมีจะศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่คาดว่าอาจได้รับผลจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งอาทิ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ปริมาณฟอสฟอรัส (phosphorus) ปริมาณโซเดียม (sodium) โพแทสเซียม (potassium) แคลเซียม (calcium) แมกนีเซียม (magnesium) ปริมาณกำมะถัน (sulphur) และ ปริมาณโลหะหนักบางชนิด

2.1 pH

การเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่งรวมถึงบริเวณป่าชายเลน โดยดินบริเวณนี้จะได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลตลอดเวลา มีผลทำให้ดินมีสภาพเป็นดินเปียกชื้น มี pH ระหว่าง 7-8 (Coultas, 1978 : 111-115) ซึ่ง pH ช่วงนี้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง (บัญญา สุวรรณสมุทร, 2534 : 44) แต่เมื่อมีการขุดบ่อเลี้ยงกุ้งหรือการระบายน้ำออกจากพื้นที่ ทำให้ดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากตะกอนน้ำทะเล (marine clay) มีโอกาสสัมผัสกับอากาศ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของกำมะถันหรือสารประกอบของกำมะถัน เช่น แร่ไพไรต์ (pyrite, FeS_2) เกิดเป็นกรดซัลฟูริก (sulfuric acid, H_2SO_4) ดินมี pH ลดต่ำลง (สิริ ทุกข์วินาศ, 2532 : 78-79 ; Simpson and Pedini 1985 : 32) ทำให้ดินอาจมีสภาพเป็นกรดจัดภายในระยะเวลา 1-2 ปี หลังจากการระบายน้ำออกจากพื้นที่ (Lynn and Whitting, 1966 : 241-248) เพื่อให้ดินมี pH เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขดินโดยการใส่ปูนขาว หรือปูนมาร์ล เพื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น (สิริ ทุกข์วินาศ, 2532 : 79) ปริมาณปูนขาวที่ใส่ขึ้นกับความสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH (buffer capacity) ของดิน เกษตรกรเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ในประเทศไทยมักใช้ปูนขาวในอัตราประมาณ 400 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่คำนึงถึงค่า pH ของดินมากนัก (บัญญา สุวรรณสมุทร, 2534 : 40)

สุกัญญา กันเมล์ และเสาวลักษณ์ คันดิพงศ์อาภา (2533 : 21) พบว่า pH ของดินมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้การเพิ่ม pH ของดินในช่วงระหว่างการเลี้ยงกุ้งอาจเนื่องมาจากการสะสมของสารอินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้ง และมีการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียเมื่อมีปริมาณมากจะเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ("ภาชพิษ : อุปสรรคของการเลี้ยงกุ้ง", 2532 : 10-12)

ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์ (2535 : 40-45) พบว่า pH ของดินในช่วงตากบ่อจะมีค่าต่ำกว่า pH ของดินในช่วงระหว่างการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งสมเจตน์ จันทวัฒน์ และคณะ (2530 : 353-354) กล่าวว่า เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในสภาพที่มีอากาศเพียงพอ (aerobic condition) ทำให้เกิดกรดอินทรีย์ พวกกรดฮิวมิก (humic acid) และ กรดฟูลวิค (fulvic acid) หรืออาจเกิดการ oxidize ของแร่ไพไรต์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหน้า 3

2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

อินทรีย์วัตถุในบ่อกุ้งเกิดจากการขับถ่ายของเสียจากกุ้ง และอาหารที่กุ้งกินไม่หมด ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุจะเป็นดัชนีที่ใช้ในการบอกมลภาวะในบ่อกุ้ง ทั้งนี้อินทรีย์วัตถุที่สะสมและตกตะกอนเป็นจำนวนมาก จะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) ที่ก้นบ่อ (Suying, 1986 : 89) โดยแบคทีเรียจะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาวะไม่มีออกซิเจน โดยใช้อนุมูลซัลเฟตจากอินทรีย์วัตถุ เป็นแหล่งให้อะตอมออกซิเจน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำสูง (พุทธ สองแสงจินดา และคณะ, 2532 : 12) อย่างไรก็ตามไฮโดรเจนซัลไฟด์เมื่อหลุดออกมาเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระที่ละลายอยู่ในน้ำ จะถูกสลายตัวอย่างรวดเร็วถ้าในน้ำนั้นมีออกซิเจนเพียงพอ แต่ไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่หลงเหลืออยู่ในดินก็ยังคงเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำอยู่ (Krom and Neori, 1989 : 23-33) นอกจากนี้การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ยังได้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย

ลิริ ทุกข์วินาศ (2532 : 84-85) พบว่าวิธีการเลี้ยงกุ้งที่ต่างกันจะทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ก้นบ่อต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาการทำนากุ้งแบบพัฒนาที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.75 ในขณะที่การทำนากุ้งแบบธรรมชาติมีค่าอินทรีย์วัตถุร้อยละ 0.27 ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา จะมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ควบคุมการเลี้ยง เช่น การดีน้ำเพื่อเติมออกซิเจนในบ่อ การควบคุมระบบการถ่ายเทน้ำ การให้อาหารที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สามารถเลี้ยงกุ้งได้หนาแน่นกว่าการเลี้ยงแบบธรรมชาติมากในพื้นที่บ่อขนาดเท่ากัน ดังนั้นของเสียจากการขับถ่ายรวมทั้งอาหารที่กุ้งกินไม่หมด จึงตกค้างอยู่บริเวณก้นบ่อมากกว่าการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ทั้งนี้การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจะส่งผลให้เกิดมลภาวะมาก

กว่าการเลี้ยงแบบธรรมชาติ

2.3 ปริมาณฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในบ่อกุ้ง เกิดจากสิ่งขับถ่ายและอาหารส่วนที่เหลือจากการกินของกุ้ง ซึ่งฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะตกตะกอนหรือถูกดูดซับโดยดินนากุ้ง (ยงยุทธ ปรีดาสัมพะบุตร และคณะ, 2532 : 20) ทำให้มีการสะสมฟอสฟอรัสอยู่ในตะกอนดินในรูปเหล็กฟอสเฟต ($Fe-PO_4$), อลูมิเนียมฟอสเฟต ($Al-PO_4$) และแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca-PO_4$) (Chien, 1989 : 16-18) ซึ่งขึ้นอยู่กับ pH, ปริมาณเหล็กหรือแคลเซียมที่มีอยู่ในดิน เช่น เมื่อเพิ่ม pH หรือเพิ่มความเป็นด่างขึ้น เหล็กฟอส-เฟตหรืออลูมิเนียมฟอสเฟต จะปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกมาสู่สารละลายดิน ขณะเดียวกัน ไอออนฟอสเฟตจะถูกดูดซับโดยแคลเซียม เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตมากขึ้น เมื่อ pH ของดินสูงขึ้นมากกว่า 6 และในทางกลับกัน เมื่อลด pH หรือเพิ่มความเป็นกรด แคลเซียมฟอสเฟตก็จะปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกสู่สารละลายดิน ในขณะเดียวกัน เหล็กและอลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยาจับกับไอออนฟอสเฟต กลายเป็นเหล็กฟอสเฟตและอลูมิเนียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก (สรลิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ, 2519 : 373-381)

สุกัญญา กันเมล์ และ เสาวลักษณ์ คันติพงศ์อาภา (2533 : 20) ศึกษาปริมาณฟอสเฟตในดินนากุ้ง พบว่า ปริมาณฟอสเฟตในช่วง 15 วันแรกของการเลี้ยงกุ้งจะลดลง เนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนฟอสเฟตระหว่างตะกอนดินกับน้ำ หลังจากนั้น ปริมาณฟอสเฟตในดินจะเพิ่มสูงขึ้นจากการทับถมของอินทรีย์วัตถุ

ชฎา ผรงค์ฤทธิ์ (2535 : 58-62) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสของดินนากุ้งอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในช่วงตากบ่ออยู่ในช่วง 37.37 - 42.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน ทั้งนี้อาจเนื่องจากฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่ได้มาจากอาหารกุ้ง จึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างอยู่มากในดินชั้นบน

2.4 ปริมาณกำมะถัน

กำมะถันในดินนากุ้งส่วนใหญ่ เข้าใจว่ามาจากการสลายตัวของอินทรีย์-วัตถุที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสภาวะขาดออกซิเจน (anerobic condition) เกิดเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (Bai, 1982 : 33) จินชูและเหลียง

(Jinshu and Liangge, 1991 : 384) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณกำมะถันในตะกอนดินบ่อกุ้ง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) 0.6 แต่อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ไม่สามารถจะนำค่านี้ไปคำนวนหาค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย (coefficient of determination, r^2) ได้อย่างแม่นยำ

พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ (2532 : 7-8) ได้ศึกษาปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินระหว่างการเลี้ยงกุ้งพบว่า ปริมาณซัลไฟด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยปริมาณซัลไฟด์ตั้งแต่เริ่มต้นถึงสิ้นสุดการเลี้ยงแปรผันอยู่ในช่วง 4-167 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์ (2530 : 91-95) ศึกษาปริมาณซัลเฟตจากดินบ่อกุ้งช่วงตากบ่อ พบว่าอยู่ในช่วง 890-1616 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน ทั้งนี้เนื่องจากดินชั้นบนมีการสัมผัสกับอากาศจึงเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน เปลี่ยนไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นซัลเฟต

2.5 การนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มของดิน เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้ในรูป แคตไอออน และแอนไอออน ที่มีอยู่ในสารละลายดินอย่างหยาบ ๆ (Allison, *et al*, 1954 : 8) ดังนั้นค่าการนำไฟฟ้าจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของเกลือในรูปแคตไอออน และแอนไอออน และจากการนำน้ำทะเลมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากดินนากุ้ง จึงถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของโซเดียมไอออน (Na^+), แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}), แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}), โพแทสเซียมไอออน (K^+), คลอไรด์ไอออน (Cl^-), ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}), ไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) และ คาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ซึ่งเป็นเกลือไอออนส่วนใหญ่ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล (Brownlow, 1979 : 110) ทั้งนี้จากการศึกษาของ ทัศนีย์ ฉันทาดิศัย (2531 : 69-82) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินในนากุ้ง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณประจุของธาตุโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ในสารละลายดิน

ดินบางชุดในประเทศไทยที่พบบริเวณที่ราบชายทะเลซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำเค็มหรือตะกอนน้ำกร่อย เช่น ดินชุดชะอำ, ดินชุดบางนรา, ดินชุด

บางกอก, ดินชุดตากใบ, ดินชุดสุไหงโกลก และ ดินชุดระโนด มีค่าการนำไฟฟ้า 5.00, 0.04, 0.33, 0.12, 0.07 และ 7.74 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (ธนู คำแก่น, 2522 : 277) จากการศึกษาตะกอนดิน บริเวณ อ่าวฟันดี (Fundy Bay) ประเทศแคนนาดา พบว่าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล ค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง 5.0 - 24.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ขณะที่บริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.72-1.2 มิลลิซีเมนต่อเซนติ-เมตร (Saini, 1971 : 113) สำหรับดินป่าชายเลนบางแห่งในประเทศอินเดีย ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 25.8-101.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งถือเป็นดินที่มีความเค็มสูงมาก (Coultas, 1978 : 112)

2.6 ปริมาณ โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และ โพแทสเซียม

การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้ง ทำให้แอนไอออนและแคตไอออน ที่มีอยู่ในน้ำทะเลมาสะสมในดินนากุ้ง ทั้งนี้ถ้าไม่รวมคลอไรด์ไอออนซึ่งเป็นไอออนที่มีอยู่มากที่สุดในน้ำทะเล จะพบว่าโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และ โพแทสเซียมไอออน จะเป็นไอออนที่มีอยู่มากรองลงมาจากคลอไรด์ไอออน ตามลำดับ (Kennish, ed, 1989 : 56) ซึ่งจากการศึกษาของ ทัศนีย์ ฉันทาดิศัย (2531 : 69-82) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินในนากุ้ง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณไอออนของธาตุทั้ง 4 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นไอออนเหล่านี้จึงมีผลต่อความเค็มของดินในนากุ้ง

ผลการศึกษาของ ชฎา ฉรงค์ฤทธิ์ (2535 : 63-81) ซึ่งศึกษาดินในนากุ้งในช่วงตากบ่อพบว่า ปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 37.8-53.5, 13.4-18.7, 4.2-6.3 และ 1.6-2.3 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำหนักดินอบแห้ง 100 กรัม หรือค่าเฉลี่ยร้อยละ 66, 23, 8 และ 3 ซึ่งผลการศึกษาคล้ายคลึงกับองค์ประกอบของน้ำทะเลที่มีประจุบวกมากน้อยตามลำดับคือ โซเดียมร้อยละ 77 แมกนีเซียมร้อยละ 18 แคลเซียมร้อยละ 3 และ โพแทสเซียมร้อยละ 2 (Coover, Bartelli and Lynn, 1975 : 703-706)

2.7 ปริมาณโลหะหนัก

น้ำทะเลมีโลหะหนักเกือบทุกชนิดเป็นองค์ประกอบ ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่จะพบมากบริเวณใกล้ชายฝั่ง (Sanudo and Flegal, 1991 : 371) แต่จาก

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลประเทศไต้หวัน พบว่าปริมาณแมงกานีสมีมากบริเวณทะเลลึก ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของแมงกานีสในรูปที่ไม่ละลายน้ำในตะกอนดิน (Chen, *et al.*, 1986 : 316) ดินนากุ้งมีโอกาสที่จะสะสมโลหะหนักที่มีอยู่ในน้ำทะเล ทั้งนี้เพราะดินนากุ้งมีอินทรีย์วัตถุและแร่ดินเหนียวซึ่งมีสมบัติในการดูดซับไอออนต่าง ๆ ในสารละลายได้

ในกรณีที่ดินมีโลหะหนักสะสมอยู่มาก โดยเฉพาะโลหะหนักพวกแมงกานีสและสารหนู อาจจะมีผลกระทบต่อการเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้โลหะหนักทั้งสองชนิดถ้ามีการสะสมอยู่ในกุ้งเป็นบริมาณสูงจะเป็นพิษต่อทั้งกุ้งและผู้บริโภค จากการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณอ่าวปัตตานี ซึ่งบริเวณนี้เป็นแหล่งเลี้ยงกุ้งของจังหวัดปัตตานี โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ช่วงเดือน มีนาคม 2535 - มีนาคม 2536 พบปริมาณสารหนูและแคดเมียมปะปนอยู่ในน้ำทะเล แต่ระดับที่พบยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นพิษ โดยเชื่อว่าธาตุนี้ถูกชะล้างพัดมาจากบริเวณทำเหมืองแร่ดีบุกที่มีสารประกอบอาซีไนท์ไพไรท์ปะปนอยู่ ("จับตาอ่าวปัตตานีอันตราย : โรงงานชุมชน ตัวก่อมลพิษ", 2536 : 19)

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อศึกษากลไก และขั้นตอนต่าง ๆ ของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนากุ้ง

3.2 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี ของดินนากุ้ง

3.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีแต่ละชนิดในดินนากุ้ง

3.4 เพื่อศึกษาลักษณะการแพร่กระจายของไอออนต่าง ๆ ตามแนวดิ่งในหน้าตัดดินนากุ้ง

3.5 เพื่อศึกษาถึงชนิดและปริมาณของโลหะหนักที่สะสมตัวอยู่ในดินนากุ้ง

3.6 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีที่เกิดขึ้นในดินนากุ้งที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะข้าว

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทำให้ทราบถึงกระบวนการ และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนากุ้ง ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านั้น

4.2 ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการปรับปรุงและฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งให้มีโอกาสนำกลับมาใช้ในการเกษตรได้อีก ซึ่งอาจเป็นการป้องกันความเสื่อมโทรม และสูญเสียทรัพยากรดิน สภาพแวดล้อม และ การทำลายป่าชายเลน

4.3 ผลการศึกษานี้อาจสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐาน หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงและฟื้นฟูบูรณะดินนากุ้งในบริเวณอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาภาคสนาม

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม ได้แก่

1.1.1 ท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 1.1 เมตร ผ่าแบ่งครึ่งแล้วใช้ลวดรัดประกบตลอดแนวความยาว (ภาพ 2.1)

1.1.2 อุปกรณ์สำหรับดึงท่อพีวีซีขึ้นจากดินมีลักษณะคล้ายคานงัด (ภาพ 2.2)

1.1.3 ฆ้อน

1.1.4 จอบ

1.1.5 ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง

1.1.6 เทปวัดความลึก

1.1.7 ปากกาและสมุดจดบันทึก

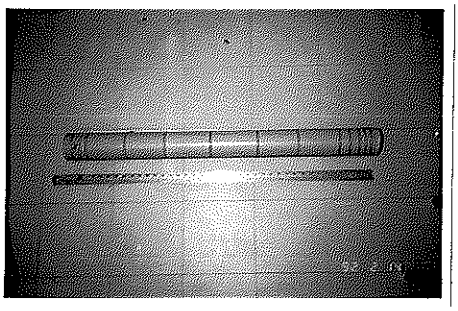
1.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง อยู่ในตำบลระวะ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา (ภาพ 2.3) ซึ่งดินบริเวณดังกล่าวเป็นชุดดินบางกอก โดยทำการเลือกเก็บดินเป็น 3 บริเวณ ดังนี้

1.2.1 บริเวณที่ไม่เคยมีการเลี้ยงกุ้ง โดยเลือกเก็บดินนาข้าวซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งของ บริษัทแอควาสตาร์ และ บริเวณ site J (ภาพ 2.4)

1.2.2 บริเวณที่เริ่มการเลี้ยงกุ้ง ใช้บ่อเลี้ยงกุ้งของ กลุ่มเกษตรกรตำบลระวะ หรือที่เรียกว่า บริเวณ site J (ภาพ 2.5) ซึ่งผ่านเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปี

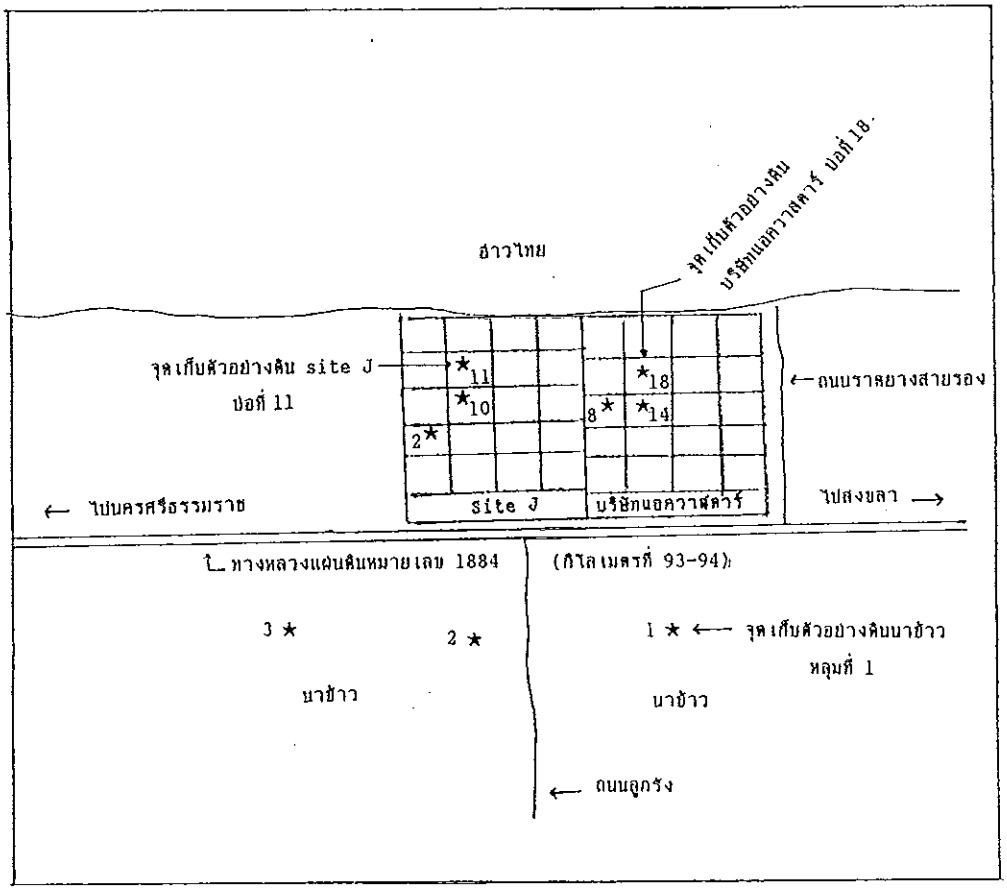
1.2.3 บริเวณที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาระยะเวลาหนึ่ง ใช้บ่อเลี้ยงกุ้งของบริษัทแอควาสตาร์ (ภาพ 2.6) ซึ่งผ่านเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 3 ปี

ในการสร้างบ่อและการจัดการบ่อระหว่างการเลี้ยงกุ้งของ site J และบริษัทแอควาสตาร์เหมือนกันทุกประการ นอกจากนี้ในระหว่างการตากบ่อจะไม่มี



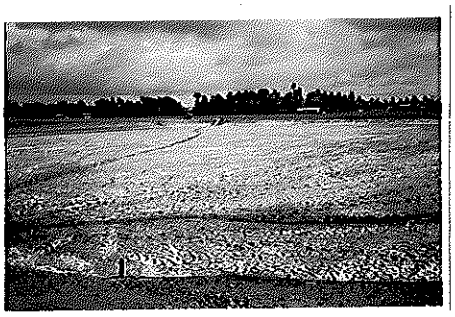
ภาพ 2.1 ท่อพีวีซีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง

ภาพ 2.2 วิธีการใช้อุปกรณ์ดึงท่อพีวีซีขึ้นจากดิน



ภาพ 2.3 ที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดิน บริเวณนาข้าว site J และ บริษัทแอควาสตาร์

ภาพ 2.4 บริเวณเก็บตัวอย่างดินนาข้าว



ภาพ 2.5 บริเวณเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง site J

ภาพ 2.6 บริเวณเก็บตัวอย่างดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์

การลอกสิ่งสกปรก (ขี้เลน) ออกจากบ่อกุ้งทั้งสองพื้นที่ ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกับดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งในระยะเวลาต่าง ๆ วิธีเปรียบเทียบที่ถูกต้องคือ เก็บตัวตัวอย่างดินในบ่อกุ้งก่อนที่จะทำการเลี้ยงกุ้งครั้งแรก หลังจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งในระยะเวลาหนึ่ง จึงทำการเก็บตัวอย่างดินในบ่อเลี้ยงกุ้งบ่อเดิม และทำการเก็บตัวอย่างดินซ้ำเมื่อผ่านไปอีกระยะเวลาหนึ่ง แล้วนำตัวอย่างดินแต่ละช่วงระยะเวลาที่เก็บมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนไป แต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินในบ่อกุ้งก่อนทำการเลี้ยงได้ จึงเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่นาข้าวที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่นากุ้ง เพื่อเป็นตัวแทนของดินที่ไม่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง ในขณะที่ใช้ตัวอย่างจากดิน site J และดินบริษัทแอควาสตาร์ เป็นตัวแทนของดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปี และ 3 ปี ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลทั่วไปของพื้นที่เก็บตัวอย่างรวบรวมไว้ในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างดิน

บริเวณเก็บตัวอย่าง	ขนาด (ไร่)	วิธีการเลี้ยง	ระยะห่างจากชายฝั่งทะเล (เมตร)	การใช้ที่ดิน
Aquastar	≈5	พัฒนา	≈300	สภาพเดิมเป็นนาข้าว ต่อมาเปลี่ยนสภาพเป็นบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำการเลี้ยงมาแล้ว 6 ครั้ง (ระยะเวลาประมาณ 3 ปี)
site J	≈5	พัฒนา	≈300	สภาพเดิมเป็นนาข้าว ต่อมาเปลี่ยนสภาพเป็นบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำการเลี้ยงมาแล้ว 2 ครั้ง (ระยะเวลาประมาณ 1 ปี)
นาข้าว	≈3	-	≈500	นาข้าวในช่วงหลังเก็บเกี่ยว

1.3 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

1.3.1 ตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณกันบ่อเลี้ยงกุ้ง (กันบ่อกุ้งจะอยู่ลึกประมาณ 1 เมตรจากระดับผิวดินปกติ) ทำการเก็บโดยการตอกท่อพีวีซี (ภาพ 2.7 ก และ ข และ ภาพ 2.8) ลงไปในดินตามแนวดิ่งจนถึงความลึกประมาณ 100 เซนติเมตรจากกันบ่อกุ้ง (ท่อพีวีซียาว 1.1 เมตร) หลังจากนั้นใช้อุปกรณ์สำหรับดึงท่อพีวีซีดึงท่อพีวีซีขึ้นมาจากดิน แล้วนำถุงพลาสติกปิดที่ปลายท่อซึ่งบรรจุดินอยู่ภายในทั้งสองด้าน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 3 บ่อ แต่ละบ่อจะเก็บตัวอย่างบ่อละ 3 หลุม ทั้งนี้ดิน site J จะเก็บตัวอย่างดินจากบ่อที่ 2 10 และ 11 ขณะที่ดินบริษัทแอควาสตาร์จะเก็บตัวอย่างดินจากบ่อที่ 8,14 และ 18

1.3.2 ดินจากบริเวณนาข้าว เก็บโดยทำการขุดหลุมขนาดความกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร และลึก 1.5 เมตร แล้วจัดเก็บตัวอย่างดินที่สองช่วงระดับความลึก คือ **ดินชั้นบน** หรือดินชั้นไถพรวน (ชั้น AP) เก็บที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรจากผิวดิน (เพื่อนำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินนากุ้งที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร ในกรณีที่ต้องการนำพื้นที่นากุ้งกลับมาใช้ปลูกข้าว ซึ่งรายละเอียดอยู่ในบทที่ 4 หน้า 70) ส่วน **ดินชั้นล่าง** เก็บที่ช่วงความลึก 100-110, 110-120, 120-130, 130-140 และ 140-150 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งระดับความลึกที่เก็บนี้จะอยู่ในระดับความลึกเดียวกับตัวอย่างดินที่เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (ภาพ 2.8) ทำการขุดเก็บตัวอย่างดินนาข้าวจำนวน 3 หลุม

2. การเตรียมตัวอย่างดิน

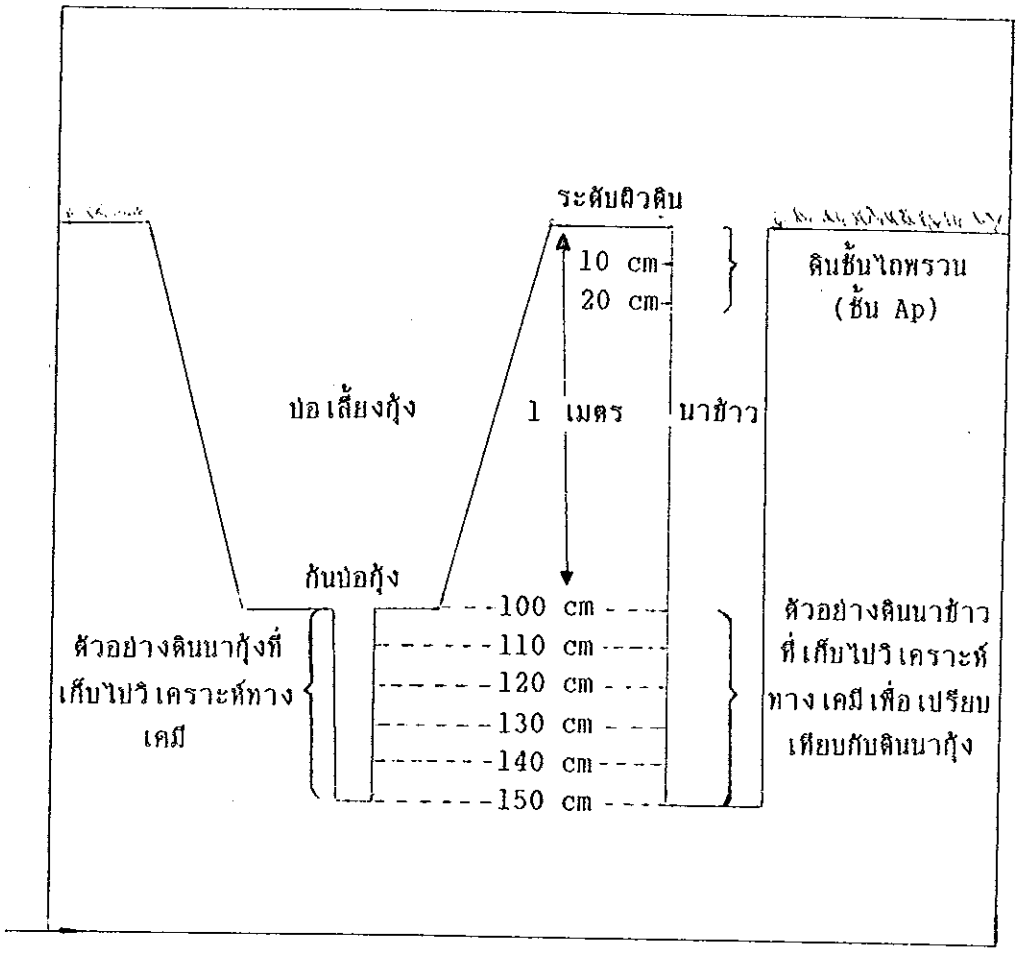
2.1 ตัวอย่างดินที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้ง

เปิดท่อพีวีซี โดยการตัดลวดที่มัดประกบท่อออก (ภาพ 2.9) 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 (10 เมช) บรรจุดินที่บดได้ลงในกล่องพลาสติก บันทึกระดับความลึกและสถานที่เก็บ เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ภาพ 2.7 ก

ภาพ 2.7 ข

ภาพ 2.7 ก และ ข วิธีการเก็บตัวอย่างดินนากุ้ง



ภาพ 2.8 การเก็บตัวอย่างดินนากุ้งและดินนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน

ภาพ 2.9 ตัวอย่างหินนากุ้งเมื่อเปิดทอดีวีซี

2.2 ตัวอย่างดินจากนาข้าว

นำดินที่บรรจุในถุงพลาสติกมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร บรรจุดินลงในกล่องพลาสติก บันทึกระดับความลึกและสถานที่เก็บ

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ

วิธีการวิเคราะห์

3.1 pH ใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2.5 (Anderson and Ingram, eds, 1989 : 26) 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 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนเป็นระยะ ๆ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (conductometer)

3.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Walkley and Black (1934 : 29-38) โดยชั่งดิน 2.0 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1 นอร์แมล ของโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) มาตราฐาน 10 มิลลิลิตร และ สารผสมระหว่างกรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต 15 มิลลิลิตร (เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลทำให้มีคลอไรด์อยู่มาก จึงจำเป็นต้องเติมซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) ลงในกรดซัลฟูริกในอัตรา 15 กรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันไม่ให้คลอไรด์รบกวนผลการวิเคราะห์) ทิ้งไว้ 30 นาที เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 75 มิลลิลิตร หลังจากนั้นหยดเฟอโรอิน (ferroin) ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำไปไตเตรทด้วยสารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัสซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) เข้มข้น 0.5 นอร์แมล จนสีของสารแขวนลอยเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดง และบันทึกปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียม-เฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ไตเตรท เพื่อนำไปคำนวนหาปริมาณอินทรีย์วัตถุ

$$O.M.\ (\%) = \frac{(meq.Cr_2O_7^{2-}(added) - meq.Fe^{2+}(titrated)) * 0.6717}{wt.(g)soil}$$

3.4 **ปริมาณฟอสฟอรัส** วิเคราะห์ด้วยสารละลายสกัด Bray NO.II (Bray and Kurtz, 1945 : 39-45) (ภาคผนวก ญ หน้า 140) โดยชั่งดิน 2.0 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมสารละลายสกัด Bray No.II 25 มิลลิลิตร เขย่า 60 วินาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 แล้วปิเปตสารละลายที่ได้ใสในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ซึ่งภายในขวดแก้ววัดปริมาตรมีสารให้สี (ภาคผนวก ญ) และกรดแอสคอบิก (ascorbic acid) 0.5 % อย่างละ 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV - Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตราฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจน-ฟอสเฟต (KH_2PO_4)

3.5 **ปริมาณโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้** (exchangeable) วิเคราะห์โดยการสกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (ammonium acetate) ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่เป็นกลาง (pH 7) โดยชั่งดิน 2.5 กรัมใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ (centrifuge tube) เติมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 25 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ค้างคืน นำไปเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อให้ดินตกตะกอน ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วกรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ใส่ในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทอีก 20 มิลลิลิตรลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ เขย่าแล้วนำไปเหวี่ยงอีกครั้ง กรองสารละลายที่ได้ใสในขวดแก้ววัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หา ปริมาณ แคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมด้วยเครื่อง flame photometer

3.6 **ปริมาณกำมะถัน** วิเคราะห์โดยการออกซิไดซ์ตัวอย่างดินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แล้ววัดปริมาณกำมะถันด้วยวิธีวัดหาความขุ่น (turbidimetry) โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 15 % จนท่วมดิน ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นประมาณ 5 มิลลิลิตร นำไปอุ่นจนกระทั่งหมดฟอง นำสารละลายที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ลงในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ระดับ 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ววัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ซึ่งภายในบรรจุสารละลายผสมของกลีเซอรอล และแอทานอล ในอัตราส่วน 1:2 จำนวน 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในกรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ระดับ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมแบเรียม-คลอไรด์ ประมาณ 0.3 กรัม นำไปวัดความขุ่นด้วยเครื่อง UV - Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

3.7 ปริมาณแมงกานีส (manganese) สังกะสี (zinc) และ ทองแดง (copper) สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย DTPA (ภาคผนวก ฌ) โดยชั่งดิน 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด DTPA 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 แล้ววัดปริมาณแมงกานีส สังกะสี และ ทองแดง ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

3.8 ปริมาณ ปรอท (mercury), ดีบุก (tin), สารหนู (arsenic), โครเมียม (chromium), พลวง (antimony), แคดเมียม (cadmium), ตะกั่ว (lead), นิเกิล (nickel), เงิน (silver), ซีเซียม (cesium) และ แบเรียม (barium) สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย 0.1 โมลาร์ แคลเซียม-คลอไรด์ ตามวิธีของ McGrath and Cegarra (1992 : 315) โดยการชั่งดิน 3 กรัม ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ แล้วเติมสารละลาย 0.1 โมลาร์แคลเซียมคลอไรด์ จำนวน 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer (ICP-AES)

033225

4. การประมวลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

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

หมายเหตุ การเปรียบเทียบแบบ LSD มาจากการทดสอบ t ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม โดยมีขั้นตอนการเปรียบเทียบดังนี้

ก. คำนวนค่า LSD ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระดับนัยสำคัญ P=0.05

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

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

$$S_{\bar{d}} = S\sqrt{1/n_1 + 1/n_j}$$

เมื่อ n_i, n_j คือ จำนวนตัวอย่างในสิ่งทดลองที่ i,j

S = MSE (ได้จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน)

แต่ถ้าขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองเท่ากันคือ i=j ดังนั้น

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

ข. เปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจากประชากร 2 ชุดใด ๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบกับค่า $LSD_{.05}$ ที่คำนวนได้

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

แต่ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจากประชากรคู่ใด มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า LSD แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือเราพอจะเชื่อได้ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 3

ผล

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน มีดังนี้

1. pH

จากการศึกษา pH จาก ดินนาข้าว ดินนากุ้ง site J และ ดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ พบว่า pH ในดินนาข้าวมีสภาพเป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline) (ภาคผนวก ค หน้า 129) คือมี pH อยู่ในช่วง 8.75-8.83 (ตาราง 3.1 และ ภาพ ข.1 หน้า 117) 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 3.1 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 3.2 และภาพ ข.2 หน้า 118) ซึ่งถือว่าเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำมาก และดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงนี้จัดว่าเป็นดินไม่เค็ม (ภาคผนวก ค) ในขณะเดียวกันค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้ง site J อยู่ในช่วง 0.22-6.41 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในระดับต่ำมากถึงระดับปานกลาง และจัดว่าเป็นดินไม่เค็มถึงเค็มปานกลาง สำหรับค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อยู่ในช่วง 1.31-3.94 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร โดยเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในระดับต่ำมากถึงระดับต่ำ และจัดว่าเป็นดินไม่เค็มถึงเค็ม ทั้งนี้ค่าการนำไฟฟ้าในดินนากุ้งจะลดลงตามระดับความลึก

จากตาราง 3.2 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 3.2 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 3.3 และภาพ ข.3 หน้า 119) ซึ่งจัดว่าเป็นปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำมาก (ภาคผนวก ค) 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 3.3 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 ค) เมื่อเทียบกับดินทั่ว ๆ ไป เนื่องจากชุดดินบางกอกที่ทำการศึกษา เป็นชุดดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเล (ภาคผนวก ง หน้า 132) ทั้งนี้ปริมาณโซเดียมจากดินนาข้าวอยู่ในช่วง 3.40-4.29 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 3.4 และ ภาพ ข.4 หน้า 120) 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 การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้เกิดการสะสมโซเดียมในดินตั้งแต่ก้นบ่อกุ้งจนถึงระดับความลึก 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 3.4 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]	4.61[a]
ดินบริษัทแอควาสตาร์	24.6[c]	16.2[b]	12.8[b]	9.05[b]	7.48[b]

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

5. ปริมาณโพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมในดินนาข้าวอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ภาคผนวก ค) โดยอยู่ในช่วง 0.27-0.41 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 3.5 และภาพ ข.5 หน้า 121) ขณะที่ดินนากุ้ง site J ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (0.29-3.06 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิบ 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 มีปริมาณโพแทส-เซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ตรงกันข้ามกับที่คาดเอาไว้ว่า ปริมาณโพแทสเซียมควรจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากการสะสมโพแทสเซียมอันเกิดจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง เพราะน้ำทะเลมีโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณมากพอสมควร การสะสมปริมาณโพแทสเซียมในดินนากุ้งที่ site J ซึ่งมีอายุน้อย ในขณะที่ไม่มีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมในดินนากุ้งที่บริษัทแอควาสตาร์ซึ่งมีอายุมาก อาจเนื่องจาก นากุ้งบริษัทแอควาสตาร์มีการจัดการบำรุงรักษาและทำความสะอาดนากุ้งที่ดีกว่านากุ้งที่ site J

ตาราง 3.5 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 ค) โดยอยู่ในช่วง 18.8-21.5 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม และ 13.1-25.2 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 3.6 และ ภาพ ข.6 หน้า 122) ส่วนดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก โดยอยู่ในช่วง 7.23-27.1 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม ทั้งนี้ปริมาณแคลเซียมในดินทั้งสามพื้นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก จากตาราง 3.6 ยังพบว่า ปริมาณแคลเซียมจากดินนาข้าวและดินนากุ้ง site J ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่บริเวณก้นบ่อ (100-110 เซนติเมตร) นอกจากนี้ที่ระดับความลึก 100-130 เซนติเมตร ปริมาณแคลเซียมในนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ต่ำกว่าดินนาข้าว และดินนากุ้ง site J อย่างมีนัยสำคัญสำคัญทางสถิติ

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

ตาราง 3.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน อบแห้ง 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 ค) คืออยู่ในช่วง 10.2-11.4 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม และ 9.14-10.7 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม (ตาราง 3.7 และภาพ ข.7 หน้า 123) ส่วนดินบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก คืออยู่ในช่วง 6.94-9.19 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม ทั้งนี้ปริมาณแมกนีเซียมจากดินนาข้าวสูงกว่าดินนากุ้ง site J แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมจากดินนาข้าวสูงกว่าดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกระดับความลึกยกเว้นที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร

สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมสูญเสียไปจากดินตั้งแต่ก้นบ่อกุ้งจนถึงความลึกที่ไม่ต่ำกว่า 150 เซนติเมตร และการสูญเสียแมกนีเซียมของดินนากุ้งไม่ปรากฏให้เห็นชัดเจนในนากุ้งใหม่ (site J) แต่จะปรากฏให้เห็นชัดเจนในนากุ้งเก่า (บริษัทแอควาสตาร์)

ตาราง 3.7 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 ค) โดยอยู่ในช่วง 18.9-37.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ตาราง 3.8 และ ภาพ ข.8 หน้า 124) 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

สรุปได้ว่าการนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสะสมฟอสฟอรัสที่ระดับตื้นในหน้าตัดดิน คือที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร แต่ที่ระดับลึกลงไปฟอสฟอรัสในดินนากุ้งจะมีปริมาณน้อยกว่าดินนาข้าว

ตาราง 3.8 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 3.9 และ ภาพ ข.9 หน้า 125) 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 ซึ่งกำมะถันจะมีกา ปอ จนถึงระดับความลึก 150 เซนติเมตร

ตาราง 3.9 เปรียบเทียบปริมาณกำมะถัน (ะดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึ				
	100-110	110-120	1		0-150
ดินนาข้าว	19.4[a*]	18.6[a]			12.4[a]
ดิน site J	729[b]	307[b]			47.3[a]
ดินบริษัทแอควาสตาร์	766[b]	352[b]	205[b]	110[b]	99.2[b]

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

10. ปริมาณแมงกานีส

แมงกานีสในดินนาข้าวอยู่ในช่วง 17.8-20.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 3.10 และภาพ ข.10 หน้า 126) สำหรับแมงกานีสในดินนากุ้ง site J และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อยู่ในช่วง 33.6-52.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 14.5-25.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณแมงกานีสในดินนาข้าว และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทุกระดับความลึก ในขณะที่ปริมาณแมงกานีสในดินนากุ้ง site J สูงกว่าดินนาข้าวและดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร

สรุปได้ว่าการใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งอาจไม่ก่อให้เกิดการสะสมหรือการสูญเสียแมงกานีสตลอดหน้าตัดดินนากุ้ง ทั้งนี้เนื่องจากดินนาข้าว และบริษัทแอควาสตาร์มีปริมาณแมงกานีสไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทุกระดับความลึก สำหรับปริมาณแมงกานีสในดิน site J ที่สูงกว่าดินนาข้าวและดินบริษัทแอควาสตาร์ แต่ไม่มากเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าเป็นผลมาจากการเลี้ยงกุ้ง ดังนั้นปริมาณแมงกานีสที่สูงขึ้นในดิน site J อาจเกิดเนื่องมาจากดินเป็นเทหวัตถุธรรมชาติ ดังนั้นถึงแม้ว่าดินที่ทำการศึกษานี้ไม่ว่าจะเป็น ดินนาข้าว ดิน site J และดินบริษัทแอควาสตาร์ จะเป็นชุดดินเดียวกันคือ ชุดดินบางกอก แต่ดินในแต่ละบริเวณอาจมีปริมาณแมงกานีสอยู่ในดินแตกต่างกันเองตามธรรมชาติอยู่ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้ง

ตาราง 3.10 เปรียบเทียบปริมาณแมงกานีส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	18.5^{a*}	20.2^{a}	17.8^{ab}	18.0^{ab}	20.4^{a}
ดิน site J	52.6^{b}	45.6^{b}	36.1^{a}	38.5^{a}	33.6^{a}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	25.2^{a}	19.7^{a}	14.5^{b}	17.7^{b}	20.8^{a}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

11. ปริมาณทองแดง

ทองแดงในดินนาข้าวอยู่ในช่วง 1.27-1.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 3.11 และ ภาพ ข.11 หน้า 127) สำหรับทองแดงในดินนากุ้ง site J และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อยู่ในช่วง 1.00-2.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.88-1.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณทองแดงในดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร ปริมาณทองแดงในดินนากุ้ง จะสูงกว่าดินนาข้าวแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะเดียวกัน ที่ระดับความลึก 120-150 เซนติเมตร ปริมาณทองแดงจากดินนาข้าวมีแนวโน้มว่าสูงกว่าดินนากุ้ง

ตาราง 3.11 เปรียบเทียบปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	1.39^{a*}	1.16^{a}	1.27^{a}	1.27^{a}	1.30^{a}
ดิน site J	2.10^{a}	1.57^{a}	1.02^{a}	0.96^{b}	1.00^{ab}
ดินบริษัทแอควาสตาร์	1.89^{a}	1.46^{a}	1.02^{a}	0.89^{b}	0.88^{b}

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

12. ปริมาณสังกะสี

สังกะสีในดินนาข้าวอยู่ในช่วง 0.12-0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 3.12 และ ภาพ ข.12 หน้า 128) สำหรับสังกะสีในดินนากุ้ง site J และดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ อยู่ในช่วง 0.39-2.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.52-2.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณสังกะสีในดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก จากตาราง 3.12 พบว่า ปริมาณสังกะสีในดินนากุ้งสูงกว่าดินนาข้าวทุกระดับความลึก และสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร นอกจากนี้ปริมาณกำมะถันในดินบริษัทแอควาสตาร์ยังสูงกว่าดิน site J เกือบทุกระดับความลึกแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้เกิดการสะสมของสังกะสีในดินตั้งแต่ก้นบ่อ (100 เซนติเมตร) จนถึงระดับความลึก 120 เซนติเมตร หรือมากกว่า (ปริมาณสังกะสีในดินนากุ้งสูงกว่าดินนาข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร) โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1-3 ปี และปริมาณสังกะสีในนากุ้งมีปริมาณลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน

ตาราง 3.12 เปรียบเทียบปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	0.22[a]*	0.12[a]	0.17[a]	0.18[a]	0.19[a]
ดิน site J	2.43[b]	0.92[b]	0.45[a]	0.39[a]	0.39[a]
ดินบริษัทแอควาสตาร์	2.43[b]	1.13[b]	0.66[a]	0.54[a]	0.52[a]

* ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

13. ปริมาณนิเกิล

ปริมาณนิเกิลในดินนาข้าวน้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ ขณะเดียวกันปริมาณนิเกิลจากดินนากุ้ง site J วัดหาปริมาณได้เพียง 1 ตัวอย่าง ในทุกระดับความลึกจากตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ตัวอย่าง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.01-8.53 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินนากุ้งบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณนิเกิลอยู่ในช่วง 3.18-6.22 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละกลุ่มมีน้อยจึงไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยนิเกิลในทุกระดับความลึกได้ (ตาราง 3.13)

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งอาจก่อให้เกิดการสะสมนิเกิลในหน้าดินดิน แต่นิเกิลที่สะสมในดินนากุ้งมีปริมาณน้อย ซึ่งคาดว่าอาจไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสภาพแวดล้อม (ภาคผนวก ฎ หน้า 141)

ตาราง 3.13 เปรียบเทียบปริมาณนิเกิล (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	-*	-*	-*	-*	-*
ดิน site J	3.78**	4.86**	8.53**	6.18**	2.01**
ดินบริษัทแอควาสตาร์	6.22	4.24	5.13	5.69	3.18

* ปริมาณนิเกิลน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้

** เป็นปริมาณนิเกิลเพียง 1 ตัวอย่าง ที่สามารถวัดค่าได้จากจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ตัวอย่าง

14. ปริมาณพลวง

ปริมาณพลวงในดินทั้งสามพื้นที่มีเพียงบางระดับความลึกที่สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยได้ คือที่ระดับความลึก 120-130 เซนติเมตร และ 140-150 เซนติเมตร ซึ่งผลการเปรียบเทียบปรากฏว่า ปริมาณพลวงทั้งสามพื้นที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 3.14)

สรุปว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งไม่ก่อให้เกิดการสะสมพลวงในหน้าตัดดิน

ตาราง 3.14 เปรียบเทียบปริมาณพลวง (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	18.2*	39.5*	11.3a**	24.3*	28.0a**
ดิน site J	3.52*	7.11*	13.9a	6.07*	15.4a
ดินบริษัทแอควาสตาร์	17.3	9.36*	9.52a	22.3	17.1a

* เป็นปริมาณพลวงเพียง 1 ตัวอย่างที่สามารถวัดค่าได้จากจำนวนตัวอย่างของดินนากุ้งทั้งสิ้น 3 ตัวอย่าง และจากตัวอย่างดินนาข้าวทั้งสิ้น 2 ตัวอย่าง

** ค่าเฉลี่ยที่มีอยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

15. ปริมาณแบเรียม

ปริมาณแบเรียมในดินนาข้าวน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้ ในขณะที่ปริมาณแบเรียมจากดินนากุ้ง site J สามารถหาปริมาณได้ที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร โดยอยู่ในช่วง 103-189 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินบริษัทแอควาสตาร์ ปริมาณแบเรียม 37.3-314 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นที่ระดับความลึก 140-150 เซนติเมตร ที่ไม่สามารถวัดหาปริมาณได้

สรุปได้ว่า การใช้น้ำทะเลเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสะสมแบเรียมในหน้าตัดดินจนถึงความลึกประมาณ 140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 3 ปี

ตาราง 3.15 เปรียบเทียบปริมาณแบเรียม (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระดับความลึก (เซนติเมตร)				
	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150
ดินนาข้าว	-*	-*	-*	-*	-*
ดิน site J	189[a]**	103[a]**	-*	-*	-*
ดินบริษัทแอควาสตาร์	151[a]	314[b]	153	37.3	-*

* ปริมาณแบเรียมน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้

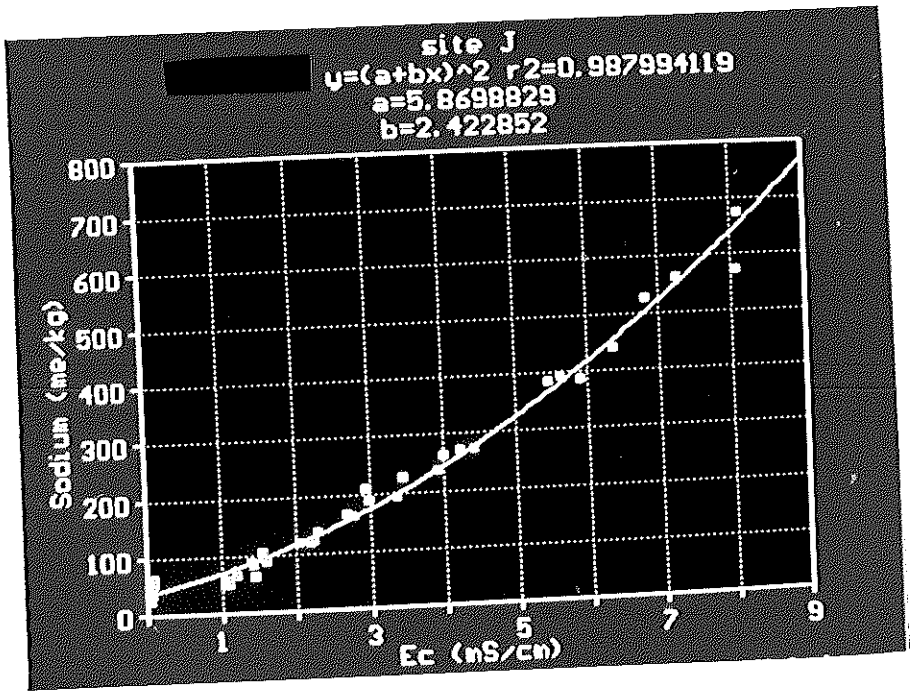
** ค่าเฉลี่ยที่มีอยู่ในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่า LSD.

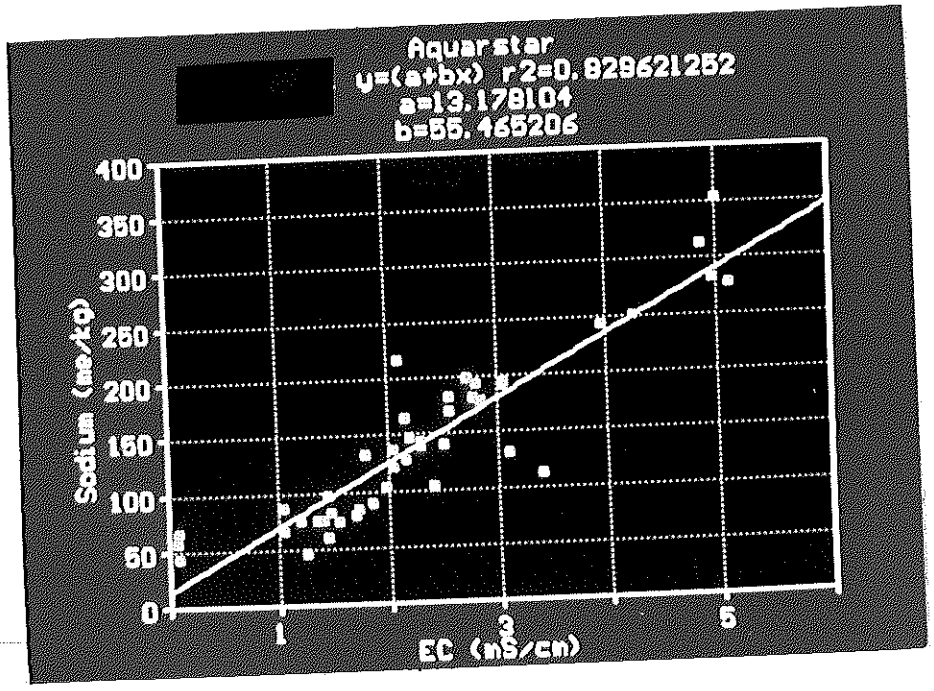
16. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน

16.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณโซเดียมจะมีความสัมพันธ์ทางบวก กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.99 (r^2 = 0.99) และ 0.91 (r^2 = 0.83) (ภาพ 3.1)

ภาพ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมกับค่าการนำไฟฟ้า

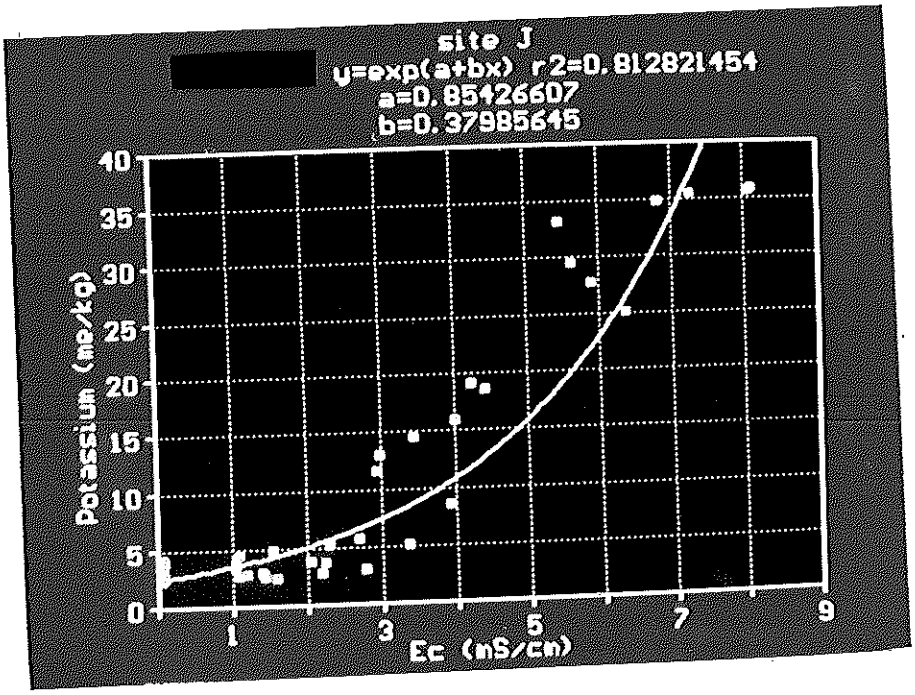


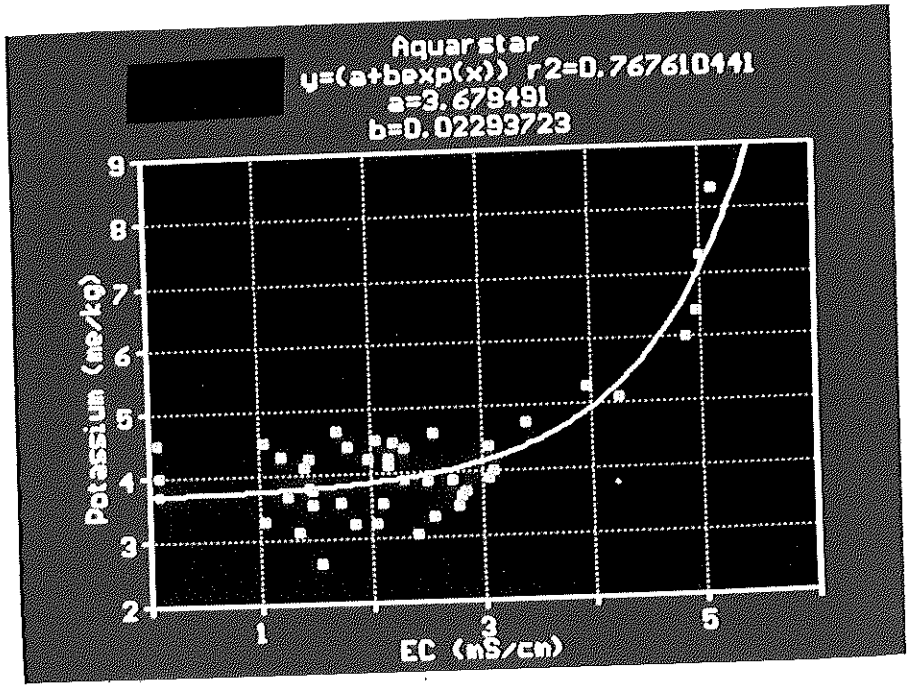


16.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณโพแทสเซียมจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จาก ดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.90 และ 0.88 (ภาพ 3.2)

ภาพ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

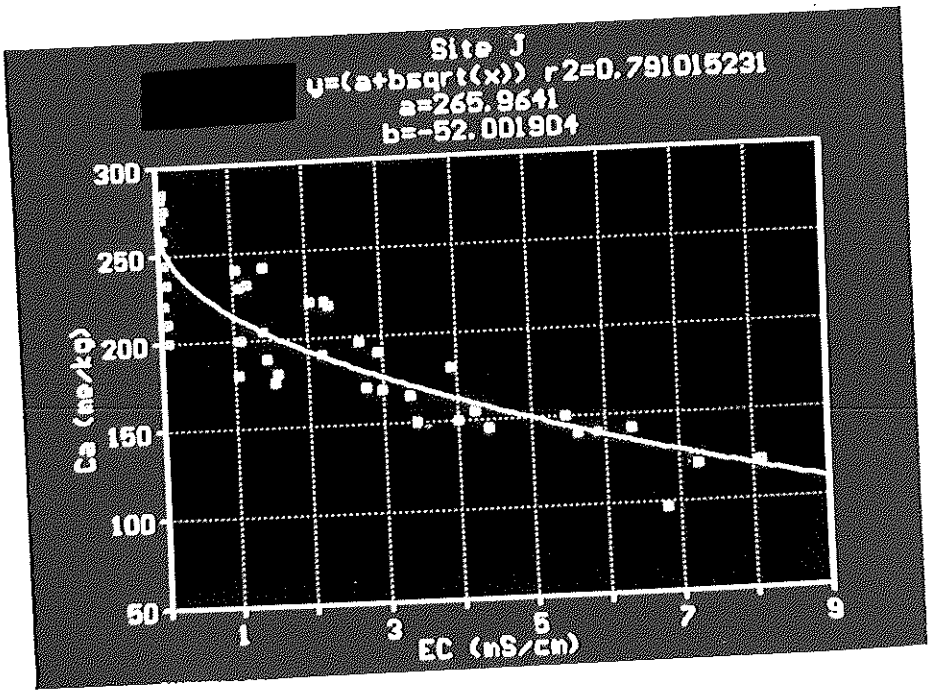


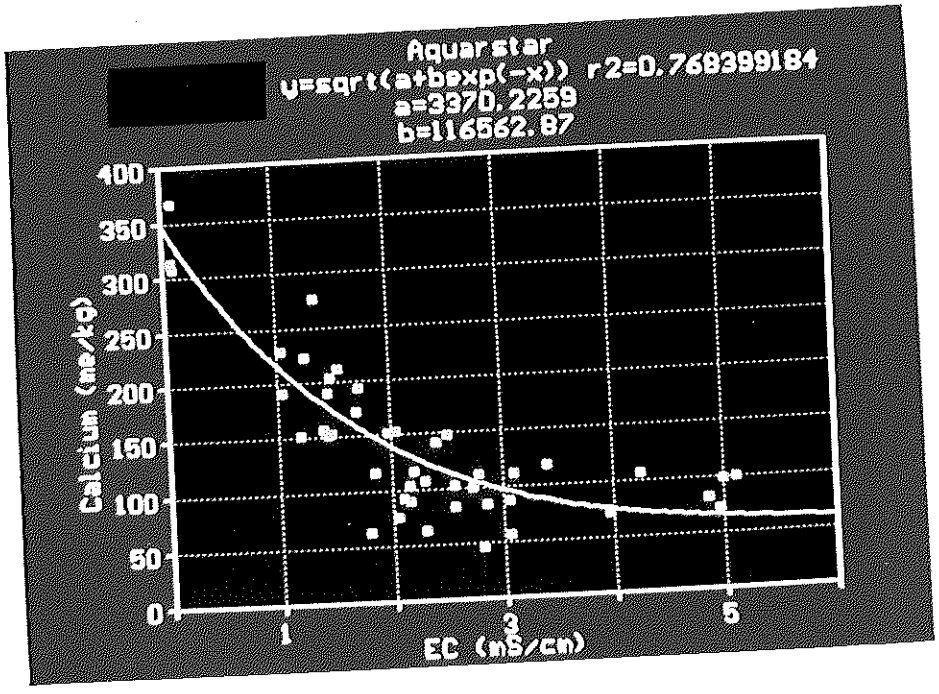


16.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณแคลเซียมจะมีความสัมพันธ์ทางลบ กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.89 และ -0.88 (ภาพ 3.3)

ภาพ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

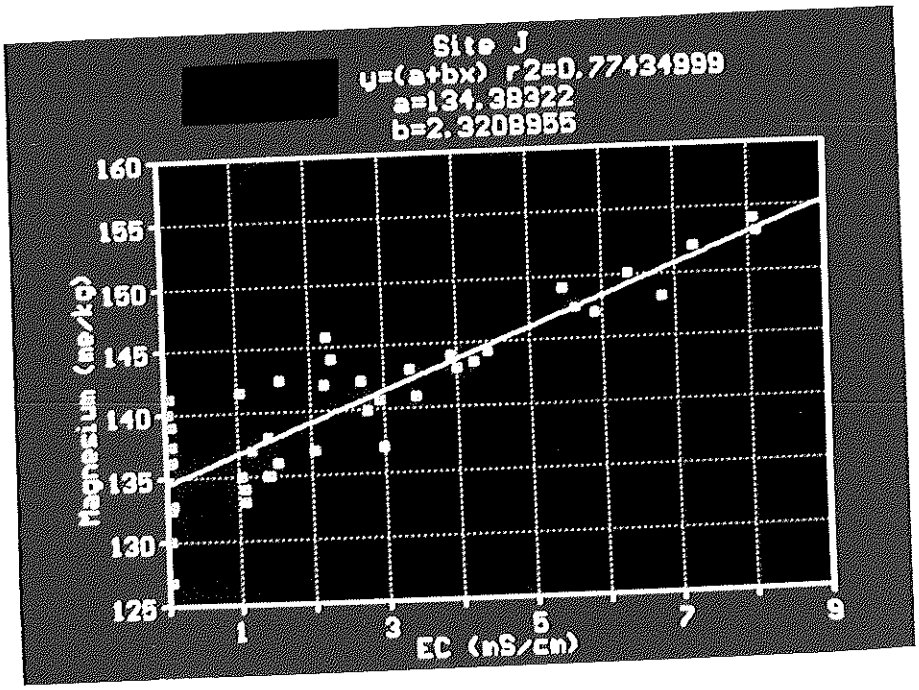


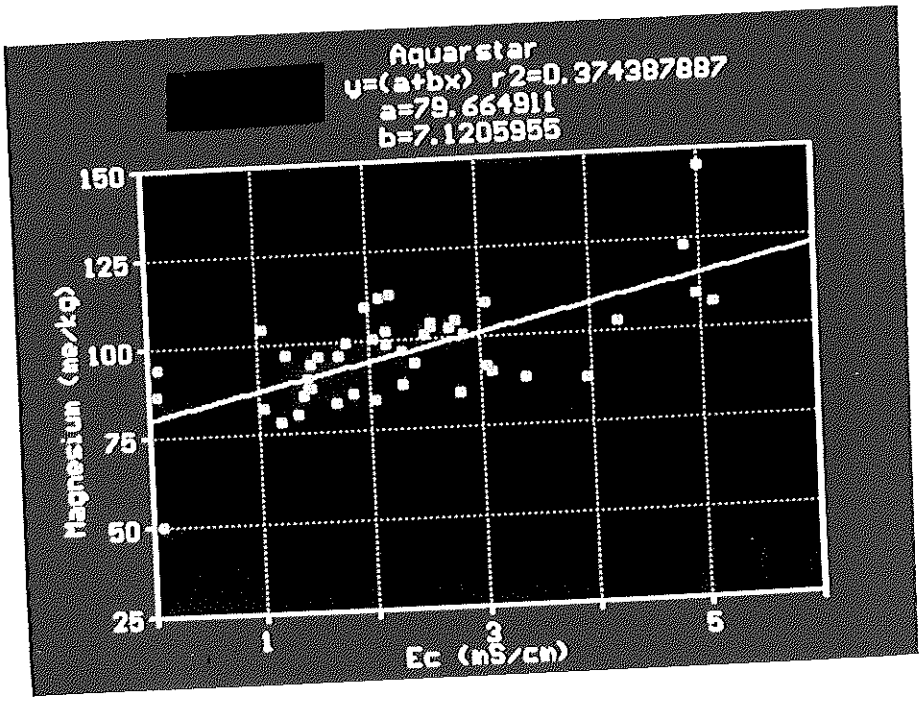


16.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณแมกนีเซียมจะมีความสัมพันธ์ทางบวก กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จาก ดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.88 และ 0.61 (ภาพ 3.4)

ภาพ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมกับค่าการนำไฟฟ้า

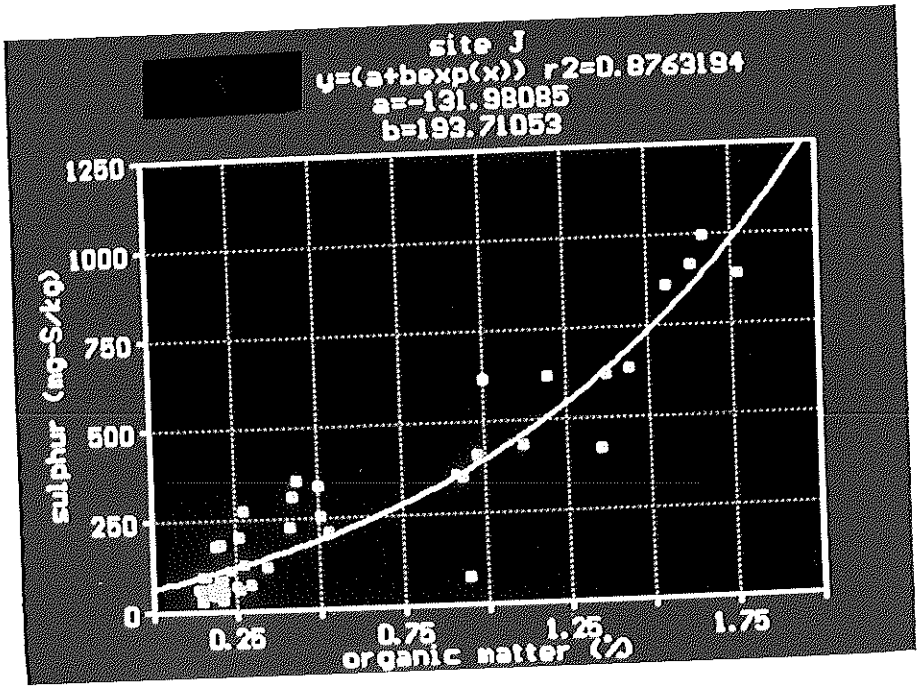


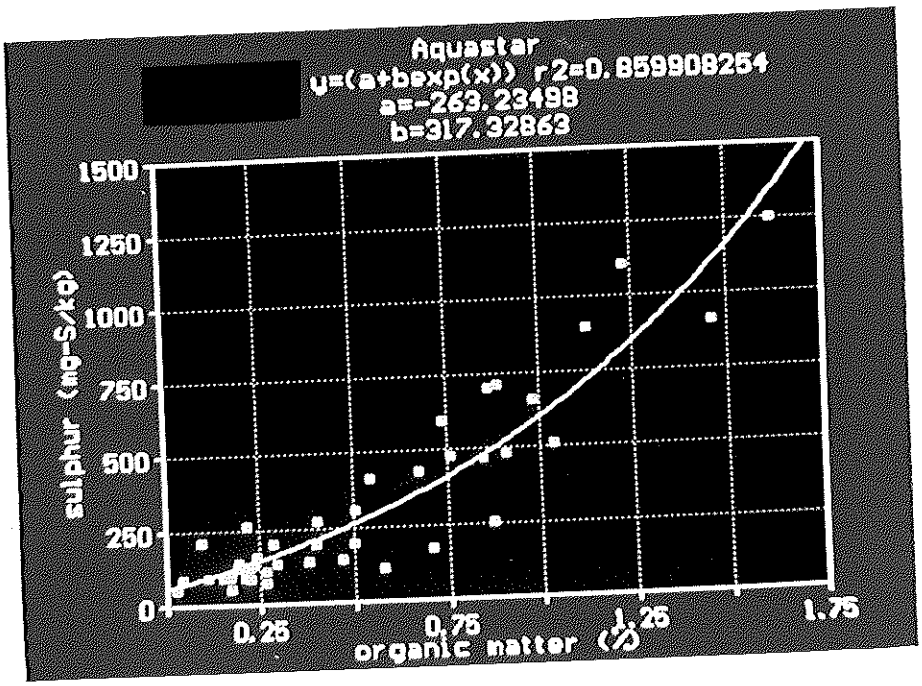


16.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณกำมะถันจะมีความสัมพันธ์ทางบวก กับปริมาณอินทรีย์วัตถุของสารละลายที่สกัดได้จาก ดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.94 และ 0.93 (ภาพ 3.5)

ภาพ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ

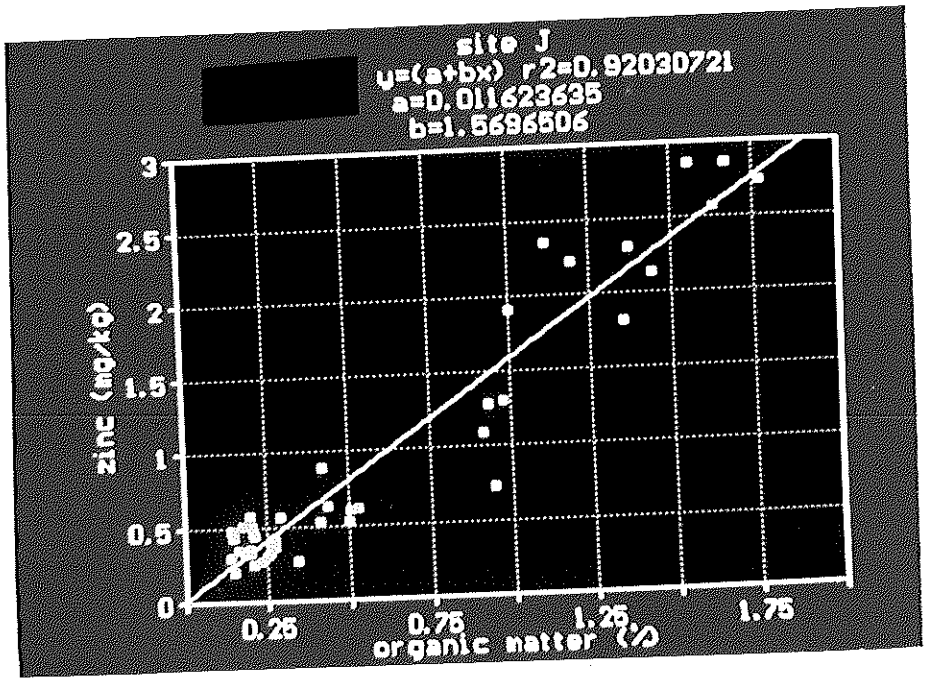


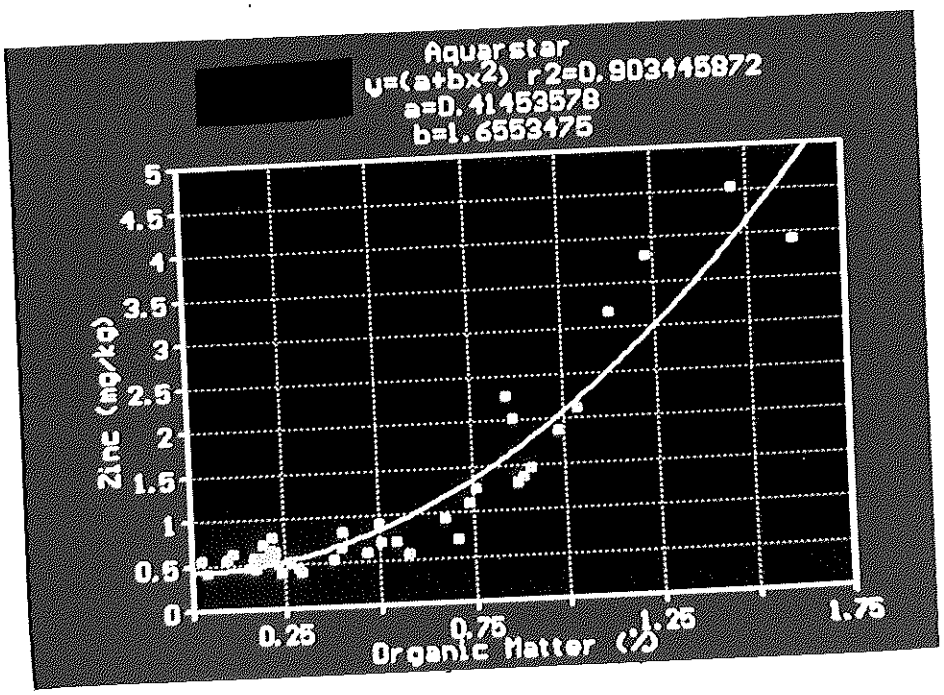


16.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณสังกะสีของสารละลายที่สกัดได้จากดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.96 และ 0.95 (ภาพ 3.6)

ภาพ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ





บทที่ 4

วิเคราะห์และวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา

1.1 pH

จากผลการวิเคราะห์ pH ของดินในสามพื้นที่พบว่า ค่าเฉลี่ย pH ดินนาข้าว สูงกว่าดิน site J และ ดินบริษัทแอควาสตาร์ ในทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 3.1) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนพื้นที่ทำนามาใช้ในการเลี้ยงกุ้งใน อำเภอระโนด จะทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันค่าเฉลี่ย pH ของดิน site J สูงกว่าดินบริษัทแอควาสตาร์ทุกระดับความลึก แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น โดยดินนากุ้งใหม่ (site J) มี pH เฉลี่ยสูงกว่า ดินนากุ้งเก่า (บริษัทแอควาสตาร์)

เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาทั้งสามบริเวณเป็นดินชุดเดียวกันคือ ชุดดินบางกอก (ภาคผนวก ง หน้า 132) ซึ่งดินบริเวณนี้ไม่มีแร่วัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากแร่ไพไรท์ ดังนั้นการลดต่ำลงของ pH ในดินนากุ้งที่ศึกษา จึงไม่ได้เกิดจากปฏิกริยาออกซิเดชันของแร่ไพไรท์ในช่วงตากบ่อ สาเหตุที่ทำให้ pH ของดินในบ่อกุ้งลดลงอาจเนื่องมาจาก

1.1.1 สมบัติของน้ำทะเลที่นำมาเลี้ยงกุ้ง สมบัติทางเคมีของน้ำทะเลอาจเป็นปัจจัยที่ควบคุม pH ของดินนากุ้ง เนื่องจากน้ำทะเลมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ทั้งนี้ปฏิกริยา reduction ของกำมะถันในบ่อกุ้งเกิดเป็นก๊าซ H_2S เมื่อมีการตากบ่อ H_2S จะถูก oxidized เป็น SO_2 และเมื่อทำปฏิกริยากับน้ำเกิดเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น (สมเจตน์ จันทวัฒน์ และคณะ 2530 : 455)

1.1.2 การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในนากุ้งในช่วงตากบ่อ ทำให้มีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมา ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นว่า ปริมาณปูนขาวที่ใส่เพื่อยกระดับ pH ของดินในบ่อกุ้งให้สูงขึ้นอาจจะไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกริยากับกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ เป็นผลให้ pH ของดินลดต่ำ

ลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการเลี้ยงกุ้ง

ดังนั้นอาจสรุปผลได้ว่า ปัจจัยที่ควบคุม pH ของดินในนากุ้งบริเวณที่ทำการศึกษาถูกควบคุมโดยปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในนากุ้ง และสมบัติทางเคมีของน้ำทะเล ซึ่งปัจจัยทั้งสอง อาจมีอิทธิพลมากกว่าปูนขาวที่ใส่ลงไปเพื่อยกระดับ pH ของดินนากุ้ง ซึ่งแสดงว่าปริมาณปูนขาวที่ใช้อยู่น้อยกว่าที่จะยกระดับ pH ของดินในนากุ้ง

1.2 การนำไฟฟ้า

ผลจากการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าพบว่า ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งสูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร ซึ่งดิน site J หรือดินนากุ้งใหม่ มีค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินนาข้าว แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 3.2) แสดงให้เห็นว่าปริมาณการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินนากุ้งใหม่ที่ศึกษาอาจจะมีประมาณ 50 เซนติเมตรต่อปี (ดิน site J ทำการเลี้ยงกุ้งมาประมาณ 1 ปี) ในขณะที่ปริมาณการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินนากุ้งเก่ามีปริมาณมากกว่า 50 เซนติเมตร ในระยะเวลา 3 ปี (นากุ้งบริษัทแอควาสตาร์มีอายุประมาณ 3 ปี) ซึ่งปริมาณการแพร่กระจายความเค็มของดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่นับเป็นปริมาณที่สูงมาก เมื่อเทียบกับปริมาณการแพร่กระจายหรือการเคลื่อนที่ของธาตุอื่นในดิน ทั้งที่ดินที่ทำการศึกษาเป็นชุดดินบางกอก ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวและมีปริมาณการซึมซาบน้ำต่ำ (low permeability) (ภาคผนวก ง) ประกอบกับในกระบวนการเลี้ยงกุ้ง จะมีการอัดดินกันบ่อให้แน่นเพื่อลดการซึมซาบน้ำ ทั้งนี้ แอนเดอร์สันและ เนลสัน (Anderson and Nilsson , 1972 : 176-179) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของธาตุทองแดง, นิเกิล, โคบอล, โครเมียม, ตะกั่ว, แคดเมียม,ปรอท สารหนู และ ซีลีเนียม บริเวณที่ทิ้งของเสียประเภทของเหลว (sludge) จากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งดินบริเวณนี้ได้รับของเสีย (sludge) ประมาณ 84 ตันต่อแฮกแตร์ต่อปี ภายหลัง 12 ปีผ่านไป พบว่า ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในของเสียนี้แพร่กระจายอยู่บริเวณผิวดินที่ระดับความลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตรจากผิวดิน

ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่สูงกว่าดินนาข้าว ทั้งนี้เนื่องจากเกลือไอออนที่มีอยู่ในน้ำทะเลจะตกค้างอยู่ในดิน อันเนื่องมาจากการแทนที่หรือไล่ที่ไอออนเดิมที่ถูกดูดซับโดยแร่ดินเหนียว และ อินทรีย์วัตถุ เป็นผลให้ค่าการ

นำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินสูงขึ้นตามปริมาณของไอออนต่าง ๆ ที่ถูกนำมาโดยน้ำทะเลและมาสะสมอยู่ในดินนากุ้ง ในทางตรงกันข้ามน้ำทะเลก็มีความสามารถชะล้างไอออน หรือสารประกอบบางชนิดในดินให้หลุดออกมาจากดิน

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถแบ่งชนิดของไอออน ในน้ำทะเล ในรูปของความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดินเป็น 3 ชนิดดังนี้

1.2.1 ไอออนชนิดที่สะสมในดินโดยน้ำทะเลจะมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้จากดิน กับปริมาณของไอออนชนิดนั้น เมื่อปริมาณไอออนชนิดนั้นในดินนากุ้งมีปริมาณมากกว่าดินนาข้าว แต่ถ้าดินนากุ้งนั้นมีปริมาณไอออนน้อยกว่าดินนาข้าว ความสัมพันธ์ทางบวกนี้จะแสดงว่า ไอออนชนิดนั้นถูกชะล้างออกไปจากหน้าตัดดิน (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในข้อเสนอแนะ บทที่ 5 หน้า 92)

1.2.2 ไอออนชนิดที่สูญเสียหรือถูกชะล้างออกไปจากดินโดยน้ำทะเลจะมีความสัมพันธ์ในทางลบระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดิน กับปริมาณของไอออนชนิดนั้น

1.2.3 ไอออนชนิดที่ไม่มีการสะสมหรือสูญเสียออกไปจากดินโดยน้ำทะเล จะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดิน กับปริมาณของไอออนชนิดนั้น

เมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างไอออนที่ทำการศึกษาแต่ละชนิดกับค่าการนำไฟฟ้าจะพบว่า โซเดียม โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม จากดินนากุ้งทั้งสองพื้นที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า (ภาพ 3.1, 3.2 และ 3.3) แสดงว่าน้ำทะเลได้นำโซเดียมและโพแทสเซียมมาสะสมในดินนากุ้ง สำหรับแมกนีเซียมแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ทางบวก แต่เนื่องจาก แมกนีเซียมในดินนากุ้งมีปริมาณน้อยกว่าดินนาข้าว ดังนั้นแมกนีเซียมจึงถือว่าถูกชะล้างจากดินนากุ้ง ในขณะที่แคลเซียมมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าการนำไฟฟ้า (ภาพ 3.4) ซึ่งแสดงว่าแคลเซียมในดินนากุ้งถูกชะล้างออกไปโดยน้ำทะเลเช่นเดียวกับแมกนีเซียม อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินเกลือและดินด่างจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายเกลือซัลเฟต คลอไรด์ และ ไบคาร์บอเนตของธาตุหลายธาตุ

เช่น โซเดียม แมกนีเซียมและแคลเซียม โดยจะมีความสัมพันธ์ทางบวกเป็นเส้นตรง (Richards, 1954 : 7) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ความสัมพันธ์ซึ่งแตกต่างจากที่เคยมีรายงานไว้ โดยไม่ได้เป็นความสัมพันธ์ทางบวกที่เป็นเส้นตรง นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าการนำไฟฟ้า ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโซเดียมที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในน้ำทะเลเข้าไปแทนที่แคลเซียม

1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ ปริมาณก๊ามะถัน

1.3.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนาข้าว มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดชั้นดินที่เก็บ (เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.22-0.28) ในขณะที่อินทรีย์-วัตถุของ ดิน site J และ บริษัทแอควาสตาร์ มีปริมาณลดลงตามความลึกของหน้าตัดดินและสูงกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร จากพื้นบ่อ สำหรับระดับความลึก 140-150 เซนติเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดิน site J และบริษัทแอควาสตาร์ ต่ำกว่าดินในนาข้าว แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างเด่นชัด (ตาราง 3.3) การที่ดินนากุ้งมีค่าอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินนาข้าว เนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสะสมอินทรีย์วัตถุเป็นจำนวนมาก สำหรับแหล่งที่มาของอินทรีย์วัตถุในนากุ้งคือ อาหารที่เหลือจากการกินของกุ้ง ของเสียที่ขับถ่ายออกจากกุ้งและเศษซากกุ้ง (Suying, 1986 : 89-93) สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลให้มีการสะสมอินทรีย์วัตถุเป็นปริมาณมากที่ก้นบ่อ และลดปริมาณลงตามความลึกของหน้าตัดดิน

1.3.2 ปริมาณก๊ามะถัน

ก๊ามะถันเป็นธาตุที่มีไม่มากนักในดินทั่ว ๆ ไป (Tisdale, *et al.*, 1985 : 292) ยกเว้นดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำเค็ม หรือตะกอนน้ำกร่อย (brackish water deposit) เข้ามาเกี่ยวข้อง (Bloomfield, 1969 : 207) สำหรับดินนาข้าวและนากุ้งที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นชุดดินบางกอก ซึ่งเป็นดินที่ไม่มีก๊ามะถันเป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน ลักษณะการสะสมตัวของปริมาณก๊ามะถันในดินนากุ้งทั้งของ บริษัทแอควาสตาร์ และ site J จะลดลงตามความลึกของชั้นดิน ในขณะที่ดินนาข้าวมีก๊ามะถันน้อยกว่าดินนากุ้งมากอย่างมีนัย-สำคัญทางสถิติ และมีปริมาณเกือบคงที่ตลอดหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา (ตาราง 3.9)

ดังนั้นกำมะถันที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้ง น่าจะมาจาก 2 แหล่งใหญ่คือ อินทรีย์วัตถุ และน้ำทะเล ซึ่งอินทรีย์วัตถุอาจมาจากอาหารสัตว์จำพวกโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acids) เป็นองค์ประกอบ โดยกรดอะมิโนนี้มีกำมะถันอยู่เป็นจำนวนมาก ในขณะที่น้ำทะเลมีความเข้มข้นของซัลเฟตประมาณ 0.029 โมลต่อกิโลกรัม (Kennish, ed, 1989 : 56) ดังนั้นการสะสมของสารประกอบกำมะถันในนากุ้งบันส่วนหนึ่งอาจมาจากซัลเฟตในน้ำทะเล โดยกระบวนการจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินบางพวก เช่น Desulfovibrio สามารถเปลี่ยนซัลเฟตไอออนในดินหรือน้ำทะเล ให้มาอยู่ในรูปของสารประกอบซัลไฟด์ ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน ดังเช่น ในสภาพน้ำขังในบ่อกุ้ง ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุที่มีสารประกอบกำมะถันปะปนอยู่ (Tisdale, *et al.*, 1985 : 311) นอกจากนี้ซัลเฟตในน้ำทะเลอาจจะทำปฏิกริยากับสารประกอบต่าง ๆ ในดินตกตะกอน หรือตกผลึกออกมาในรูปของสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยและสะสมอยู่ในดินนากุ้ง เป็นผลให้ปริมาณของสารประกอบกำมะถันเพิ่มขึ้น

1.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุกับกำมะถัน

จากสมมุติฐานที่กล่าวข้างต้นว่า อินทรีย์วัตถุอาจเป็นแหล่งที่มาของธาตุหรือสารประกอบกำมะถันในดินนากุ้ง เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุกับกำมะถันในดินนากุ้ง พบว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทางบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดินนากุ้งจาก site J และบริษัทแอควาสตาร์ เท่ากับ 0.94 (ภาพ 3.5) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอินทรีย์วัตถุกับกำมะถันในดินนากุ้งมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่า อินทรีย์วัตถุอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบกำมะถันในดินนากุ้งและอีกสมมุติฐานที่กล่าวว่าน้ำทะเลอาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบกำมะถันในดินนากุ้ง จากภาพ ข.9 หน้า 125 แสดงปริมาณกำมะถันในดินนากุ้งของบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณสูงกว่าดินนาข้าวทุกระดับความลึก ขณะที่ภาพ ข.3 หน้า 119 แสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนากุ้งจากบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณสูงกว่าอินทรีย์วัตถุของดินนาข้าวตั้งแต่ก้นบ่อจนถึงความลึกประมาณ 130 เซนติเมตร แต่ที่ความลึกระดับ 140 เซนติเมตร อินทรีย์วัตถุในดินนากุ้งจากบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณต่ำกว่าอินทรีย์วัตถุในดินนาข้าว ที่ระดับความลึกเดียวกัน ซึ่งถ้าหากสารประกอบกำมะถันในดินนากุ้ง ได้มาจากอินทรีย์วัตถุ

เพียงแหล่งเดียว โดยไม่ได้มาจากซัลเฟตจากน้ำทะเล ดินนากุ้งของทั้งบริษัท-แอควาสตาร์ และ site J ที่ระดับความลึก 140 เซนติเมตรหรือมากกว่า ควรจะต้องมีปริมาณกามะถันเท่ากับหรือต่ำกว่าดินนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน แต่ปรากฏว่า ปริมาณกามะถันของดินนากุ้งทั้งของ บริษัทแอควาสตาร์ และ site J ยังคงมีปริมาณสูงกว่าดินนาข้าวที่ระดับดังกล่าว

1.4 ปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม โซเดียม และ แมกนีเซียม

1.4.1 ปริมาณโซเดียม

จากการศึกษาพบว่าดินในนาข้าวมีปริมาณโซเดียมค่อนข้างคงที่ตลอดชั้นดินที่เก็บ (100-150 เซนติเมตร) คือประมาณ 3.7 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อดิน 100 กรัม ซึ่งแตกต่างจากดินในนากุ้งทั้งสองพื้นที่ ซึ่งมีปริมาณโซเดียมลดลงตามความลึก (ตาราง 3.4) แสดงให้เห็นว่า โซเดียมสามารถเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งได้ประมาณ 40-50 เซนติเมตร ในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณการแพร่กระจายความเค็มในหน้าตัดดินที่แสดงในตาราง 3.2 ดังนั้นโซเดียมจึงเป็นธาตุที่มีความสามารถเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินในแนวดิ่งได้ดีมากธาตุหนึ่ง เนื่องมาจากธาตุโซเดียมมีประจุบวกหนึ่งและมีขนาดอะตอมใหญ่ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ธาตุโซเดียมถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของแร่ดินเหนียวหรืออินทรีย์วัตถุได้ไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่น ๆ ซึ่งประจุบวกมากกว่าหนึ่งและมีขนาดอะตอมเล็กกว่า (จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2530 : 62-64) นอกจากนี้สารประกอบโซเดียมส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดี ดังนั้นจึงทำให้ธาตุโซเดียมมีโอกาสที่จะเคลื่อนที่ไปได้ในหน้าตัดดินได้ไกลกว่าธาตุอื่น

1.4.2 ปริมาณโพแทสเซียม

จากผลการศึกษาพบว่า ดินนาข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดชั้นดินที่เก็บ ในขณะที่ดินนากุ้งจะมีปริมาณโพแทสเซียมลดลงตามความลึกอย่างชัดเจนจนถึงความลึกประมาณ 130 เซนติเมตร (ตาราง 3.5) หลังจากนั้นปริมาณโพแทสเซียมของดิน site J (นากุ้งใหม่) และ ดินบริษัทแอควาสตาร์ (นากุ้งเก่า) จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยตามความลึก และมีปริมาณโพแทสเซียมใกล้เคียงกับดินนาข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โพแทสเซียมเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินได้ค่อนข้างช้ากว่าโซเดียม คือเคลื่อนที่ได้ประมาณ 30 เซนติเมตรต่อปี การที่โพแทสเซียมเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าโซเดียมทั้งที่มีประจุบวกหนึ่งเท่ากัน เพราะ

โพแทสเซียมมีขนาดอะตอมเล็กกว่าโซเดียม ทำให้โพแทสเซียมถูกดูดซับอยู่ที่ผิวหน้าของอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุด้วยแรงที่เหนียวแน่นกว่าโซเดียม จึงทำให้โพแทสเซียมเคลื่อนที่ในหน้าตัดดินได้ช้ากว่าโซเดียม

1.4.3 ปริมาฒแคลเซียม

ปริมาฒแคลเซียมในหน้าตัดดินของ ดินนาข้าว ดิน site J และดินบริษัทแอควาสตาร์ เพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดินที่เก็บ (ตาราง 3.6) โดยที่ช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตร ดินบริษัทแอควาสตาร์ (ดินนากุ้งเก่า) จะมีปริมาฒแคลเซียมต่ำกว่าดิน site J (ดินนากุ้งใหม่) ในขณะที่ดินในนาข้าวมีปริมาฒแคลเซียมมากที่สุด พบว่าปริมาฒแคลเซียมที่สกัดได้ลดลงตามระยะเวลาที่ใช้ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง ซึ่งลักษณะดังกล่าวตรงกันข้ามกับที่คาดคะเนไว้ เนื่องจากโดยปกติการทำนากุ้งจะมีการใส่ปูนขาวลงไปในนากุ้งในช่วงตากบ่อเป็นปริมาฒมาก ในแต่ละครั้ง ดังนั้น ปริมาฒของแคลเซียมในนากุ้งน่าจะมีโอกาสสะสมอยู่ที่พื้นผิวบ่อเลี้ยงกุ้ง และเพิ่มปริมาฒมากขึ้นตามระยะเวลาการใช้พื้นที่นั้นเลี้ยงกุ้ง

การลดลงของปริมาฒแคลเซียมตามระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งในดินที่ทำการศึกษา ที่ช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตร อาจอธิบายได้จากปรากฏการณ์ที่ว่าน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีโซเดียมสูง จึงไปแทนที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับที่ผิวของแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ ถึงแม้ว่าแคลเซียมจะมีวาเลนซีสูงกว่าโซเดียมก็ตาม แต่ไม่สามารถแข่งขันกับโซเดียมที่มีอยู่ในปริมาฒมากกว่าในน้ำทะลได้ (ภาพ ข.4 หน้า 120 แสดงปริมาฒโซเดียมลดลงตามความลึก และ ภาพ ข.6 หน้า 122 แสดงปริมาฒแคลเซียมเพิ่มขึ้นตามความลึก) จากปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้ดินนากุ้งในช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตร มีแคลเซียมในดินลดลงและแคลเซียมที่ถูกแทนที่ส่วนหนึ่งจะซึมซาบลงไปตามแนวดิ่งสู่ดินที่อยู่ในระดับลึก

ในช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ปริมาฒโซเดียมในน้ำที่ซึมซาบลงมามีความเข้มข้นลดลง เพราะโซเดียมบางส่วนถูกดูดซับโดย แร่ดินเหนียว และ อินทรีย์วัตถุ ทำให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อโซเดียม (Ca^{2+}/Na^{+}) ในน้ำที่ซึมซาบลงมาที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตร เริ่มสูงขึ้น ผลคือ แคลเซียมที่ระดับความลึกในช่วงนี้เริ่มมีความสามารถในการแข่งขันกับโซเดียมได้ และเริ่มป้องกันไม่ให้โซเดียมเข้าไปไล่ที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับในดินนากุ้งได้อีกต่อไป ทำให้ปริมาฒ

แคลเซียมในดินนากุ้งที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรเพิ่มขึ้น และเริ่มมีปริมาณแคลเซียมใกล้เคียงกับดินในนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน

ในช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ปริมาณของโซเดียมในน้ำที่ซึมซาบลงมายังคงมีความเข้มข้นลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ เนื่องจากถูกดูดซับในดินชั้นบนทำให้สัดส่วนของแคลเซียมและโซเดียมสูงมากขึ้นกว่าที่ช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตร ที่ช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรนี้ ปริมาณโซเดียมมีไม่มากพอที่จะแข่งขันกับแคลเซียมที่มีประจุไฟฟ้ามากกว่าได้ ทำให้แคลเซียมที่มากับน้ำเลี้ยงกุ้งที่ซึมซาบลงมาสามารถเข้าไปไล่ที่โซเดียมที่ถูกดูดซับในดิน ผลคือมีการสะสมของแคลเซียมในดินนากุ้งที่ช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตร

จากลักษณะที่กล่าวข้างต้นทำให้สามารถแบ่งลักษณะของปฏิกริยาเคมีระหว่างน้ำทะเลกับดินนากุ้งที่ทำการศึกษา ในรูปของความสัมพันธ์ของการแทนที่กันระหว่าง โซเดียมไอออน และ แคลเซียมไอออนออกเป็น 3 เขต (zone) ในหน้าตัดของดินนากุ้งได้ดังนี้ คือ Leaching zone, Transition zone และ Accumulation zone (ภาพ 4.1)

1.4.3.1 Leaching zone

เขตนี้เริ่มตั้งแต่พื้นบ่อลงไป ถึงที่ความลึก 120 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ในเขตนี้โซเดียมที่มีอยู่ในน้ำทะเลในปริมาณมาก จะเข้าไปแทนที่แคลเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่ แร่ดินเหนียว และ อินทรีย์วัตถุ ดังสมการ

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

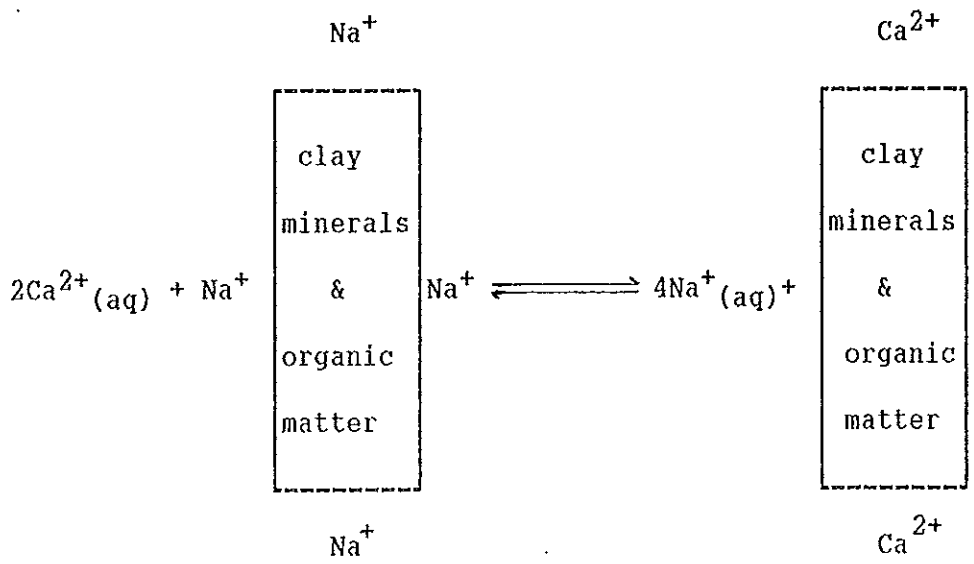
เขตนี้โซเดียมมีวาเลนซีบวกหนึ่งแต่สามารถเข้าไปไล่ที่แคลเซียมที่มีวาเลนซีบวกสองได้ เพราะความเข้มข้นของโซเดียมที่มีสูงกว่าแคลเซียมมาก ทำให้แคลเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ในดินถูกชะล้างออกมาอยู่สารละลายดิน ผลคือแคลเซียมในดินมีปริมาณลดลดใน leaching zone (ภาพ 4.1 เส้นกราฟที่แสดง mature stage ของดินนากุ้ง) ดังนั้นในเขตนี้ ความเข้มข้นของไอออนมีอิทธิพลมากกว่าวาเลนซี ความเข้มข้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมปฏิกริยาการแทนที่

1.4.3.2 Transition zone

เขตนี้เกิดขึ้นในช่วงความลึกประมาณ 120-140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อกุ้ง เขตนี้เป็นเขตที่ปฏิกริยาการแทนที่ หรือการไล่ที่แคลเซียมในดินนากุ้ง โดยโซเดียมจากน้ำเลี้ยงกุ้งที่ซึมซาบลงมาเริ่มต้นลดปฏิกริยาการแทนที่ลง เนื่องจากโซเดียมในน้ำที่ซึมซาบลงมาที่ระดับความลึกในระดับนี้มีความเข้มข้นลดลง เพราะถูกดูดซับโดยแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุที่อยู่ชั้นบนใน 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 แคลเซียมที่มีวาเลนซีบวกสองเข้าไปไล่ที่หรือแทนที่โซเดียมที่มีวาเลนซีบวกนึ่งที่ถูกดูดซับในดิน ดังสมการ



ผลคือแคลเซียมในดินนากุ้งในเขตนี้มีปริมาณสูงขึ้น และยังมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าดินในนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน 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)

จากลักษณะและข้อมูลต่าง ๆ ทางเคมีที่กล่าวข้างต้น สามารถนำมาสร้างแบบจำลอง (model) การเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในดินที่ทำการศึกษา โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะเวลาดังนี้

ก. ช่วงระยะเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยงกุ้ง (initial stage)

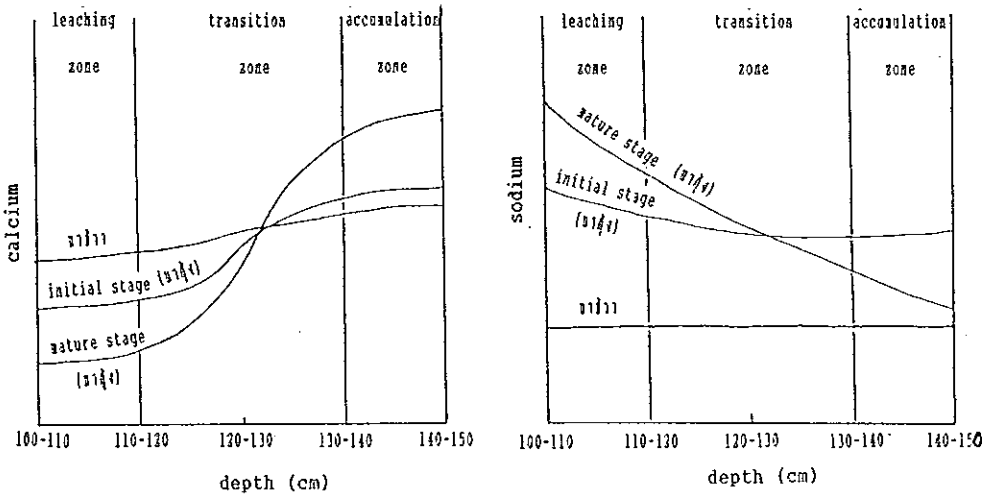
ข. ช่วงตอนกลางและปลายของการเพาะเลี้ยงกุ้ง (mature stage)

ก. ช่วงระยะเริ่มต้นของเพาะเลี้ยงกุ้ง

ช่วงนี้เป็นช่วงแรกที่เอาพื้นที่นาข้าวมาทำเป็นนากุ้ง และมีการนำน้ำทะเลเข้ามาใช้เลี้ยงกุ้ง การเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในช่วงนี้ได้แสดงไว้ใน ภาพ 4.1 ที่ช่วงความลึก 100-120 เซนติเมตรจากก้นบ่อ ซึ่งเป็นระดับค่อนข้างตื้นและตรงกับ leaching zone แคลเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ในดินจะถูกแทนที่โดยโซเดียม ทำให้ปริมาณของแคลเซียมในดินลดลง ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมใน accumulation zone ยังมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง คือมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณของแคลเซียมในดินนาข้าวที่ระดับเดียวกัน เนื่องจากแคลเซียมที่ถูกชะล้างออกมาจากดินใน leaching zone ยังเคลื่อนที่มาไม่ถึง accumulation zone เพราะแคลเซียมมีวาเลนซีสูงกว่าโซเดียม ทำให้เคลื่อนที่ในหน้าตัดดินได้ช้ากว่าโซเดียม ดังนั้นโซเดียมจึงเข้าไปแทนที่แคตไอออนต่าง ๆ ในดินนากุ้งตั้งแต่ leaching zone, transition zone และ accumulation zone จึงทำให้ปริมาณโซเดียมของดินนากุ้งในเขตทั้งสามสูงกว่าดินนาข้าว

ข. ช่วงตอนกลางและปลายของการเพาะเลี้ยงกุ้ง

ในช่วงนี้เป็นช่วงที่ได้ผ่านการทำนากุ้งไปได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ผลก็คือ โซเดียมจากน้ำทะเล ยังคงแทนที่แคลเซียม ที่ถูกดูดซับในดินต่อไปใน leaching zone ทำให้แคลเซียมในเขตนี้มีปริมาณลดลงและมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น ในขณะที่โซเดียมใน leaching zone มีปริมาณสูงขึ้นและมีปริมาณโซเดียมมากกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น แต่ในช่วงนี้แคลเซียมที่ถูกไล่ที่ออกมาจากดินใน leaching zone ได้เคลื่อนที่ผ่าน transition zone ไปแล้วและ



ภาพ 4.1 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของโซเดียมและแคลเซียมในหน้าตัดดินของป่าเลี้ยงกุ้ง (บริเวณที่ทำการศึกษา)

เดินทางมาถึง accumulation zone และแคลเซียมเหล่านี้จะเข้าไปแทนที่โซเดียม ที่ถูกดูดซับในดินเอาไว้ตั้งแต่ตอนในช่วงระยะเริ่มต้น ผลก็คือแคลเซียมใน accumulation zone มีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น ในขณะที่โซเดียมในดินมีปริมาณลดลง และมีปริมาณโซเดียมต่ำกว่าในช่วงระยะเริ่มต้น ตัวอย่างดินในนากุ้งของการศึกษานี้ที่เก็บมาจาก site J และบริษัทแอควาสตาร์ ก็คือดินนากุ้งที่อยู่ในช่วงระยะกลาง-ปลาย

1.4.4 ปริมาณแมกนีเซียม

จากการศึกษาพบว่าดิน site J (ดินนากุ้งใหม่) มีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่าดินนาข้าว แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ดินบริษัทแอควาสตาร์ (ดินนากุ้งเก่า) มีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่าดินนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบตลอดชั้นดินที่เก็บ ยกเว้นที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ (ตาราง 3.7) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ว่าปริมาณแมกนีเซียมของดินนากุ้งมีแนวโน้มลดลง หรือถูกชะล้างออกไปจากหน้าตัดดินตามระยะเวลาของการทำนากุ้ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ถ้าใช้พื้นที่เลี้ยงกุ้งนานเท่าไร แมกนีเซียมก็จะถูกชะล้างออกจากหน้าตัดดินมากขึ้นเท่านั้น การที่แมกนีเซียมสูญเสียออกจากดินนากุ้ง อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระหว่างแมกนีเซียมในน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งกับในดิน 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 ลดต่ำลงในขณะที่ปริมาณแคลเซียมไอออนจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นโซเดียมไอออนและแคลเซียมไอออนจึงไปแทนที่แมกนีเซียมไอออน

1.4.4.3 Accumulation zone คือที่ช่วงความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ บริเวณนี้แคลเซียมไอออนที่มีอยู่มากจะไปแทนที่แมกนีเซียมไอออน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณแมกนีเซียมในดินนากุ้ง อาจถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของโซเดียมและแคลเซียมในน้ำเลี้ยงกุ้ง ที่ซึมซาบลงมาจากก้นบ่อ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแมกนีเซียมไอออนและโซเดียมไอออนที่ระดับตื้น (leaching zone) ระหว่างแมกนีเซียมไอออน และ โซเดียมไอออนร่วมกับแคลเซียมไอออนที่ระดับความลึกปานกลาง (transition zone) และสุดท้ายการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างแมกนีเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนที่ระดับลึก (accumulation zone)

1.5 ปริมาณฟอสฟอรัส

จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยา Bray No.II (Bray and Kurtz, 1942 : 39-45) บริเวณพื้นบ่อกุ้ง (ช่วงความลึก 100-110 เซนติเมตร) ของบริษัทแอควาสตาร์ และ site J มีปริมาณมากกว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินนาข้าว ประมาณ 5 เท่า และปริมาณฟอสฟอรัสของดินบ่อกุ้งทั้งสองมีปริมาณลดลงตามความลึกของหน้าตัดดินอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีลักษณะตรงกันข้ามกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินนาข้าวที่ค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นตามความลึก (ตาราง 3.8) การที่พื้นบ่อมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนมาก อาจเนื่องมาจากการใช้ปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในการเลี้ยงกุ้ง กระดูกของปลาป่นจะมีฟอสฟอรัสและแคลเซียมอยู่เป็นปริมาณมาก ปลาป่นที่เหลือจากการกินของกุ้งจึงตกค้างสะสมอยู่ก้นบ่อ แต่เมื่อดูที่ระดับลึกลงไปจากพื้นบ่อจะพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสลดลงอย่างรวดเร็วและที่ระดับความลึกมากกว่า 120 เซนติเมตรโดยประมาณจากพื้นบ่อ จะพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสของดินบริษัทแอควาสตาร์ และ site J ต่ำกว่าดินนาข้าว แสดงให้เห็นว่าไม่มีการชะล้างฟอสฟอรัสจากดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง อาจเนื่องจาก ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกดูดซับโดยอนุภาคของแร่ดินเหนียวบริเวณพื้นก้นบ่อและฟอสฟอรัสอีกส่วนหนึ่งอาจทำปฏิกิริยากับปูนขาวที่ผู้เลี้ยงกุ้งใส่ลงมาในช่วงตากบ่อ เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก ดังนั้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จึงสะสมอยู่บริเวณก้นบ่อ นอกจากนี้การสกัดหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้น้ำยา Bray No.II ซึ่งเป็นสารละลายกรด จะสกัดเอาฟอสฟอรัสในรูปของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งไม่ละลายในด่างออกมาเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้สูงขึ้นด้วย

1.6 ปริมาณโลหะหนัก (แมงกานีส สังกะสี ทองแดง) และปริมาณจุลธาตุอื่นๆ

จากสมมติฐานที่ว่าดินนากุ้งมีโอกาสที่จะสะสมโลหะต่างๆ ได้โดยเฉพาะโลหะหนักที่มีอยู่ในน้ำทะเล ทั้งนี้เพราะดินมีอินทรีย์วัตถุและแร่ดินเหนียว ซึ่งมีสมบัติในการดูดซับไอออนต่าง ๆ ในสารละลายได้ ซึ่งจะมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของอินทรีย์วัตถุและแร่ดินเหนียว ซึ่งปัจจัยทั้งสองชนิดนี้จะทำหน้าที่เสมือนสิ่งกรองที่คอยดูดซับแคตไอออนต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง และความเข้มข้นของไอออนต่าง ๆ ที่ถูกดูดซับจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามเวลาที่ใช้ดินนั้นเลี้ยงกุ้ง จนกระทั่งตัวดูดซับอิ่มตัวไปด้วยไอออนต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างดินที่เก็บได้จากนากุ้ง เปรียบเทียบกับตัวอย่างดินในนาข้าว พบว่ามีการสะสมของโซเดียมและโพแทสเซียม ซึ่งเป็นแคตไอออนที่มีความเข้มข้นสูงในน้ำทะเล จากสมบัติพิเศษดังกล่าวของดินในนากุ้ง จึงมีแนวคิดว่ามีความเป็นไปได้ที่อาจจะพบการสะสมตัวของไอออนของโลหะชนิดอื่นด้วย

ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในดินโดยปกติ จะหาปริมาณทั้งหมดของธาตุนั้นในดิน โดยการนำตัวอย่างดินมาย่อยด้วยกรดเข้มข้นชนิดต่าง ๆ เช่น กรดไนตริก (HNO_3) กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) เป็นต้น หลังจากนั้นนำสารละลายที่ย่อยได้วัดด้วยเครื่อง AAS หรือ เครื่อง ICP-AES ซึ่งการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธีนี้ บางครั้งแม้ว่าจะพบโลหะหนักในปริมาณมากในตัวอย่างดิน แต่ธาตุนั้นอาจอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของมนุษย์ กล่าวคือธาตุนั้นอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ตัวอย่าง เช่น ตะกั่ว บางครั้งพบเป็นปริมาณมากในดิน แต่ตะกั่วที่พบอยู่ในรูป แร่กาลีนา (PbS) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังนั้นตะกั่วที่พบเป็นปริมาณที่มากในดิน จึงไม่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (Tessier, Campbell and Bisson, 1979 : 844)

สำหรับการศึกษานี้จึงใช้วิธีการสกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำยาสกัด DTPA ซึ่งจะได้ปริมาณโลหะหนักที่อยู่ในรูปของไอออนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณไอออนในรูป ที่แลกเปลี่ยนได้ที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผลึกของแร่ดินเหนียว หรือ ที่ถูกดูดซับโดยอินทรีย์วัตถุ หรือ ที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งโลหะหนักต่าง ๆ เหล่านี้สามารถก่อความปนเปื้อนให้แก่สภาพแวดล้อม หรือเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

1.6.1 ปริมาณแมงกานีส

จากผลการวิเคราะห์ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่ามีการสะสมของปริมาณแมงกานีสในการทำนากุ้ง นอกจากนี้น้ำทะเลซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสะสมธาตุต่างๆ จากการเลี้ยงกุ้งไม่น่าจะมีอิทธิพลต่อประมาณแมงกานีสที่สกัดได้ เนื่องจากน้ำทะเลมีปริมาณแมงกานีสเป็นองค์ประกอบเพียง 1.9×10^{-3} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก จ หน้า 135) ซึ่งถือเป็นปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นการที่ ดิน site J มีปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้นจากดินนาข้าวและบริษัทแอควาสตาร์ อาจเนื่องมาจาก ดินบริเวณ site J มีปริมาณแมงกานีสเดิมที่มีอยู่ในดินสูงกว่าอีก 2 บริเวณ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแมงกานีสที่เพิ่มขึ้นในดิน site J มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณแมงกานีสในดินทั่วไป ซึ่งมีแมงกานีสประมาณ 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อารมย์ เชาวลิต, 2534 : 83, อ้างถึงใน Taylor and McLennan, 1981) ดังนั้นแมงกานีสที่เพิ่มขึ้นในดินนากุ้งที่ศึกษาจึงอาจไม่มีศักยภาพที่จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

1.6.2 ปริมาณทองแดง

ค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงที่สกัดได้จาก ดินนาข้าว ดิน site J และ ดินบริษัทแอควาสตาร์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกระดับความลึก (ตาราง 3.11) ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าไม่มีการสะสมหรือสูญเสียทองแดง จากกิจกรรมการทำนากุ้ง นอกจากนี้ ปริมาณทองแดงในดินทั้งสามพื้นที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณทองแดงในดินทั่วไป ซึ่งมีทองแดงประมาณ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อารมย์ เชาวลิต, 2534 : 83, อ้างถึงใน Taylor and McLennan, 1981)

1.6.3 ปริมาณสังกะสี

ค่าเฉลี่ยปริมาณสังกะสีของดินนาข้าว มีแนวโน้มคงที่ตลอดความลึกหน้าตัดดิน ในขณะที่ดินนากุ้ง site J และ บริษัทแอควาสตาร์ มีค่าเฉลี่ยสังกะสีสูงกว่าดินนาข้าว และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงกุ้งทำให้เกิดการสะสมของปริมาณสังกะสีในดิน และระยะเวลาในการเลี้ยงที่นานขึ้นมีส่วนทำให้เกิดการสะสมของสังกะสีในปริมาณที่มากขึ้น (ตาราง 3.12) สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมปริมาณสังกะสีในดินนากุ้ง อาจเนื่องมาจาก

1.6.3.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งจะมีการใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารกุ้ง โดยจะใช้ปลาป่นในปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 (จุฑาภรณ์ รัตนไชย, 2532 : 57) ซึ่งปลาป่นมีปริมาณสังกะสีเฉลี่ย 118 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าแมงกานีสและทองแดง ที่มีอยู่เพียง 15 และ 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมปลาป่น ตามลำดับ (Agriculture National Research Council, Subcommittee on Animal Nutrition, 1987 : 36-37)

จากภาพ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณสังกะสี จะพบว่าความสัมพันธ์จะเป็นไปในทางบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดิน site J และบริษัทแอควาสตาร์เท่ากับ 0.96 และ 0.95 ซึ่งถือเป็นความสัมพันธ์ที่สูง ดังนั้นอินทรีย์วัตถุอาจเป็นแหล่งที่มาของสังกะสีในนากุ้ง

1.6.3.2 น้ำทะเล

แม้ว่าน้ำทะเลจะมีสังกะสีอยู่ปริมาณน้อย คือ $11x10^{-3}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ฉ) แต่จากภาพ ข.12 หน้า 128 ซึ่งแสดงปริมาณสังกะสีในดินนากุ้งของบริษัทแอควาสตาร์ และ site J ซึ่งสูงกว่าดินนาข้าวทุกระดับความลึก ขณะที่ ภาพ ข.3 หน้า 119 แสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนากุ้งจากบริษัทแอควาสตาร์และsite J มีปริมาณสูงกว่าอินทรีย์วัตถุในดินนาข้าวตั้งแต่พื้นบ่อจนถึงความลึกประมาณ 140 เซนติเมตร แต่ที่ความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนาข้าวจะสูงกว่าดินนากุ้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าหากสังกะสีในดินนากุ้งได้มาจากอินทรีย์วัตถุเพียงแหล่งเดียว โดยไม่ได้มาจากน้ำทะเลแล้ว ดินนากุ้งของทั้งสองพื้นที่ที่ระดับความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตรจากพื้นบ่อ ควรจะมีปริมาณสังกะสีเท่ากับหรือต่ำกว่า ดินนาข้าวที่ระดับความลึกเดียวกัน แต่ปรากฏว่า ปริมาณสังกะสีของดินนากุ้งยังคงมีปริมาณสูงกว่าดินนาข้าว ที่ระดับดังกล่าว ย่อมแสดงว่าปริมาณสังกะสีในดินนากุ้งไม่ได้มาจากอินทรีย์วัตถุเพียงแหล่งเดียว แต่อาจจะมาจากน้ำทะเลด้วย

สำหรับปริมาณสังกะสีในดินนากุ้งที่เพิ่มขึ้นในดินนากุ้ง อาจไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณสังกะสีที่มีอยู่ในดินโดยทั่วไปมากคือ 52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อารมย์ เชาวลิต, 2534 : 83, อ้างถึงใน Taylor

and McLennan, 1981)

1.6.4 ปริมาณจุลธาตุอื่น ๆ (ปรอท (Hg), ดีบุก (Sn), สารหนู (As), โครเมียม (Cr), พลวง (Sb), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), นิเกิล (Ni), เงิน (Ag), ซีเซียม (Cs) และ แบเรียม (Ba))

การศึกษาการสะสมตัวของธาตุเหล่านี้เนื่องมาจาก ธาตุดังกล่าวเป็นธาตุที่พบในน้ำทะเลเป็นปริมาณที่รองลงมาจาก Na, K, Mg และ Ca (ภาคผนวก ฉ) ในการศึกษาธาตุเหล่านี้ จะใช้วิธีสกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) การสกัดด้วยวิธีนี้เป็นการหาปริมาณโลหะหนักที่อยู่ในรูปโลหะที่แลกเปลี่ยนได้ที่ถูกดูดซับอยู่ที่แร่ดินเหนียว, อินทรีย์วัตถุ และรูปที่ละลายน้ำได้ ในตัวอย่างดิน (McGrath and Cegarra, 1992 : 315) โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอนคือ

การศึกษาขั้นแรก เป็นการศึกษาเพื่อต้องการทราบอย่างคร่าว ๆ ว่า มีการสะสมของธาตุชนิดใดบ้างในดิน โดยการนำตัวอย่างดินนาข้าวและดินนากุ้งพื้นที่ละ 1 ตัวอย่างที่ระดับความลึก 100-110 เซนติเมตร โดยเป็นตัวอย่างดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ มีค่าการนำไฟฟ้าสูง ซึ่งคาดว่าดินเหล่านี้จะมีการสะสมตัวของธาตุหรือโลหะชนิดต่างๆ เป็นจำนวนมากมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (qualitative) ด้วยเครื่อง ICP-AES เพื่อศึกษาหาชนิดของธาตุหรือโลหะที่อาจมีการสะสมในนากุ้งโดยวิธีวัดความเข้มของแสงที่ปล่อยออกมา (peak intensity) ของแต่ละธาตุ (ตาราง 4.1) ผลจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า การเลี้ยงกุ้งอาจทำให้มีการสะสมแบเรียม นิเกิล และ พลวง เนื่องมาจากความเข้มของแสงที่ปล่อยออกมาจากธาตุทั้งสามของตัวอย่างดินนากุ้ง สูงกว่า ความเข้มแสงที่ปล่อยออกมาจากตัวอย่างดินนาข้าว

การศึกษาขั้นที่ 2 นำตัวอย่างดินทั้งหมดมาวิเคราะห์หา แบเรียม นิเกิล และพลวง จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างดินนาข้าว ดินsite J และ ดินบริษัทแอควาสตาร์ (ภาคผนวก ฌ หน้า 139) พบว่ามีการสะสมธาตุนิเกิล และ แบเรียม ในดินนากุ้งในปริมาณเล็กน้อย ในขณะที่ไม่พบการสะสมตัวของพลวง ทั้งนี้ปริมาณนิเกิล และแบเรียม ที่พบมีปริมาณน้อยมาก ซึ่งอยู่ในระดับไม่ก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพอนามัยมนุษย์ (ภาคผนวก ฎ หน้า 141)

ตาราง 4.1 ความเข้มแสงที่ปล่อยออกมา (intensity peak) ของแต่ละธาตุ จากการวัดด้วยเครื่อง ICP-AES

ธาตุที่วัด	ดินนาข้าว	ดินนากุ้ง
Sn	2.30	-48.1
As	7.39	-3.56
Hg	3.20	2.47
Cr	10.9	12.4
Sb	2.29	5.31
Cd	-11.5	-0.42
Pb	-4.67	-6.40
Ni	7.75	9.90
Ag	3.20	-17.3
Cs	-1160	-1484
Ba	247	4501

2. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนากุ้ง ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

เนื่องจากพื้นที่ทำการเกษตรของอำเภอระโนดส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าว ซึ่งอำเภอระโนดถือเป็นแหล่งที่ปลูกข้าวแหล่งใหญ่ที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคใต้ จากการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวมาใช้ทำนากุ้ง ส่งผลให้พื้นที่ปลูกข้าวลดลง และในปัจจุบันพบว่าพื้นที่ทำนากุ้งส่วนหนึ่งได้ถูกปล่อยทิ้งไว้ เพราะไม่สามารถเลี้ยงกุ้งได้อาจเนื่องมาจากสมบัติของดินไม่เหมาะสมกับการทำนากุ้งและการเกิดโรคระบาดของกุ้ง ดังนั้นการนำพื้นที่ว่างเปล่าเหล่านี้มาบูรณะและฟื้นฟู เพื่อให้พื้นที่เหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ปลูกข้าวอีก จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการฟื้นฟูทรัพยากรดินและเป็นการใช้พื้นที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การทำนากุ้งจะต้องมีการขุดเอาหน้าดินมาทำเป็นคันบ่อเลี้ยงกุ้ง ดังนั้นดินในบ่อจึงเป็นดินชั้นล่าง โดยทั่วไปแล้วดินชั้นล่างจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งจะมีผลทำให้สมบัติต่าง ๆ ของดินเสื่อมโทรมลงไปกว่าเดิมอีก ดังได้อธิบายละเอียดในตอนท้ายบทนี้ ดังนั้นการฟื้นฟูบูรณะดินนากุ้งที่เสื่อมโทรมให้กลับมาใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรมหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อีก โดยให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูบูรณะทรัพยากรดินเหล่านี้ จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของนักวิชาการในด้านต่าง ๆ

2.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนาข้าว เมื่อเปลี่ยนมาทำนากุ้ง

ในการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนากุ้ง ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกข้าว จะศึกษาเปรียบเทียบดินนากุ้งกับดินนาข้าวชั้นบน ในช่วงความลึกประมาณ 0-20 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งช่วงความลึกนี้ในดินนาข้าวชั้นบนจะอยู่ในดินชั้นไถพรวน และรากของต้นข้าวจะดูดธาตุอาหารอยู่ในช่วงความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรจากผิวดิน (Bhumbla and Aborl, 1978 : 724, quoted in Aborl, *et al.*, 1973)

ตาราง 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีของดินบางประการ

ตัวแปร	ดินนาข้าวชั้นบน ลึก 0 - 20 (cm)	ดินนากุ้ง ลึก 100-120 (cm)	สัดส่วน ตัวแปร นากุ้ง : นาข้าว
pH	5.62	8.17	1.45
Ec (mS/cm)	0.01	3.96	396
organic matter (%)	1.49	0.97	0.65
K (me/100g soil)	0.23	1.29	5.61
Mg (me/100g soil)	6.06	9.11	1.50
Ca (me/100g soil)	3.76	10.9	2.90
Na (me/100g soil)	1.26	26.5	21.0
P (mg/kg)	8.49	67.6	7.96
S (mg- S/kg)	118	538	4.56
Mn (mg/kg)	59.0	35.8	0.61
Cu (mg/kg)	1.75	2.33	1.33
Zn (mg/kg)	0.74	1.73	2.34

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีของดิน จากดินนาข้าวชั้นบน ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว เมื่อเปลี่ยนมาทำนากุ้ง สมบัติทางเคมีของดินส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไป เช่น

2.1.1 pH pH ในดินนากุ้งจะสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว ทั้งนี้เนื่องจากช่วง pH 5-6 จะเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวมากที่สุด (Dent 1979 : 274)

2.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าของดินในนากุ้ง เพิ่มสูงกว่าดินนาข้าวถึง 396 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินในนากุ้งเค็มมากกว่าดินนาข้าวมาก จากการศึกษาของ เพียร์สัน (Pearson, 1959 : 198) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าที่

มากกว่า 4 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตรจะทำให้ต้นกล้าของข้าวไม่งอก ขณะที่ สุรชาติ เพชรแก้ว และ สุมาลี สุทธิประดิษฐ์ (2536 : 13-16) ได้ศึกษาเรื่องระยะเวลาที่ต้นข้าวงอกถึงออกดอก โดยทดลองปลูกข้าว 11 พันธุ์ ที่ระดับความเค็มระหว่าง 2-8 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร พบว่าพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่จะตายที่ระดับความเค็มประมาณ 4.3 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ก่อนที่ข้าวจะออกดอก ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งมีค่า 3.96 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ดังนั้นในการใช้ดินนากุ้งปลูกข้าวต้นกล้าอาจจะไม่งอกหรือเมื่องอกก็อาจจะตายก่อนที่จะออกดอก

2.1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในนากุ้งลดต่ำกว่าดินนาข้าวจนอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ดินนาข้าวปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำปานกลาง

2.1.4 ปริมาณแคตไอออน ปริมาณแคตไอออนในดินนากุ้ง (K^+, Mg^+, Ca^+ และ Na^+) จะเพิ่มขึ้นทุกธาตุ โดยเฉพาะปริมาณโซเดียมเพิ่มมากกว่าดินนาข้าวถึง 21 เท่า

2.1.5 ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้งเพิ่มขึ้นในระดับสูงมาก ในขณะที่ดินนาข้าว ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำปานกลาง

2.1.6 ปริมาณกำมะถัน ปริมาณกำมะถันในดินนากุ้งสูงกว่าดินนาข้าว 4.56 เท่า

2.1.7 ปริมาณแมงกานีส ทองแดง และ สังกะสี ปริมาณแมงกานีสในดินนากุ้งลดลงจากดินนาข้าวในขณะที่ปริมาณทองแดงเพิ่มขึ้น สำหรับสังกะสีในดินนากุ้งมีปริมาณเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปลูกข้าว ทั้งนี้เนื่องจากดินนาข้าวเดิมขาดสังกะสี ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ดินที่ปริมาณสังกะสี 1.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะมีผลต่อการปลูกข้าว โดยข้าวจะแสดงอาการขาดสังกะสี (Randhawa, Sinha and Takkar, 1978 : 529)

2.2 ปัจจัยที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินนากุ้ง

จากข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมี ของดินนาข้าวชั้นบนและดินนากุ้ง สรุปได้ว่า ปัจจัยหรือข้อจำกัดที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินนากุ้งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยทางด้านเคมี ปัจจัยทางด้านกายภาพ และ ปัจจัยทางด้านชีวภาพ

2.2.1 ปัจจัยทางด้านเคมี

ประกอบด้วย pH ความไม่สมดุลย์ของธาตุอาหาร และความเค็ม

2.2.1.1 pH

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าดินนากุ้งมีค่าเป็นด่างปานกลาง (pH 8.17) การที่ค่า pH ของดินเปลี่ยนแปลงไปหลังจากการเพาะเลี้ยงกุ้งจะทำให้สภาพทางเคมี ชีวภาพ และ กายภาพของดิน ถูกเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับสภาพทางเคมีที่สำคัญซึ่งสัมพันธ์กับระดับ pH ของดิน คือระดับธาตุอาหารในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ กล่าวคือ

ก. ปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม

จากการวิเคราะห์ดินนากุ้งพบว่ามีแคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Tisdale, *et al.*, 1985 : 292-349) ซึ่งปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ของดินนากุ้ง อยู่ในระดับที่สูงกว่าดินที่ใช้ปลูกข้าวประมาณ 2.90, 1.50 และ 5.61 เท่า (ตาราง 4.2) ถึงแม้ว่าดินนากุ้งจะมี ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม สูงกว่าดินนาข้าว แต่เมื่อนำดินนากุ้งนี้มาปลูกพืช พืชอาจจะแสดงอาการขาดแคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม เนื่องจากดินในนากุ้งมีปริมาณโซเดียมสูงกว่าดินนาข้าวถึง 21 เท่า และเมื่อประเมินระดับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินนากุ้ง (exchangeable sodium) พบว่ามีค่าร้อยละ 55.44 ซึ่งระดับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าร้อยละ 40-50 จะทำให้

เกิดปัญหาพืชขาดแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมได้ (สรลิทธิ์ วัชรโรทยาน และคณะ, 2519 : 249) โดยโซเดียมที่มีอยู่ในระดับสูงจะทำให้พืชลดการดูดแคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม

ข. ปริมาณฟอสฟอรัส

จากผลการศึกษาพบว่าดินนากุ้งมีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่าดินนาข้าวประมาณ 8 เท่า (ตาราง 4.2) เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสในดินนากุ้งเพียงอย่างเดียว พอจะสรุปได้ว่า ดินนากุ้งมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และดินนากุ้งไม่น่าจะมีปัญหาการขาดฟอสฟอรัส แต่ถ้านำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นกรดเป็นด่างของดินมาพิจารณาด้วย จะพบว่า ดินนากุ้งมี pH ประมาณ 8.17 ซึ่งจัดว่าเป็นด่าง และในดินด่างฟอสฟอรัสอาจถูกดูดยึดโดยทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเกิดเป็นตะกอน ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Donahue, Miller and Shickluna, 1977 : 134) จากการศึกษาของ วิสิทธิ์ โชลิตกุล (การติดต่อส่วนบุคคล, 2535) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวที่สกัดด้วยวิธี Bray and Kurtz (1949) ถ้ามีมากกว่า 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแล้ว ข้าวจะไม่แสดงอาการตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ค. ปริมาณจุลธาตุอาหารพืช

สังกะสี แมงกานีส และ ทองแดง อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ และเป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อย เมื่อดินมี pH เป็นด่าง ดังกรณีดินนากุ้ง (pH 8.17) ทั้งนี้สังกะสีอาจอยู่ในรูป $ZnCO_3$ หรือ $Zn(OH)_2$ ที่ละลายน้ำได้ยาก (Tisdale, 1985 : 383-384) ขณะที่ ทองแดง และ แมงกานีส อาจอยู่ในรูป $CuCO_3$ หรือ $Cu(OH)_2$ และ $Mn(OH)_2$ (Lindsay, 1979 : 153-223) จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลธาตุทั้งสามในดินนากุ้ง พบว่า สังกะสี แมงกานีส และ ทองแดง มีปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Viets and Lindsay, 1973 : 165)

2.2.1.2 ความไม่สมดุลย์ของธาตุอาหาร

ในการนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของธาตุหรือสารประกอบในดินจนอาจก่อให้เกิดปัญหาของพืช 2

ประการคือ

ก. การมีธาตุหนึ่งธาตุใดมากจนเป็นพิษต่อพืช การนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการสะสมโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เป็นปริมาณมากในดิน (ตาราง 4.2) แต่เนื่องจาก แคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารจำเป็นที่พืชต้องการในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต ดังนั้นการสะสมแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมในดินนากุ้งจึงน่าจะก่อให้เกิดผลดีต่อพืช แต่ในขณะเดียวกันดินนากุ้งมีปริมาณโซเดียมในระดับสูง โดยเฉพาะโซเดียมในรูปของ NaCl จะเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าในรูป Na_2SO_4 (Blamey, *et al.*, unpublished data, 1989) ทั้งนี้ดินนากุ้งมีปริมาณโซเดียมมากกว่าดินนาข้าวประมาณ 21 เท่า (ตาราง 4.2) ดังนั้นพืชอาจดูดซับโซเดียมเข้าไปปริมาณมากทำให้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (ชัยนาม ดิสถาพร, 2532 : 138-142)

ข. การทำให้ธาตุอาหารของพืชบางชนิดเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง ระดับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium) ที่สูงในดินนากุ้ง อาจเป็นผลให้พืชดึงดูดแคตไอออนที่เป็นธาตุอาหารตัวอื่นของพืชได้น้อยลง อาทิ แคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม กล่าวคือโซเดียมจะไปแข่งขันกับ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ในสารละลายดิน เมื่อโซเดียมเข้าไปสู่รากพืชทำให้รากพืชดูดแคตไอออนอื่น ๆ ที่เป็นอาหารพืชได้น้อยลง ดังนั้นถึงแม้ว่าดินนากุ้งจะมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม สูงกว่าดินนาข้าว แต่พืชอาจดูดธาตุเหล่านี้ได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้การที่ดินมีโซเดียมในระดับสูงยังทำให้เกิดการสูญเสีย (leaching loss) ธาตุอาหารอื่นได้ด้วย (ชัยนาม ดิสถาพร, 2532 : 138-142)

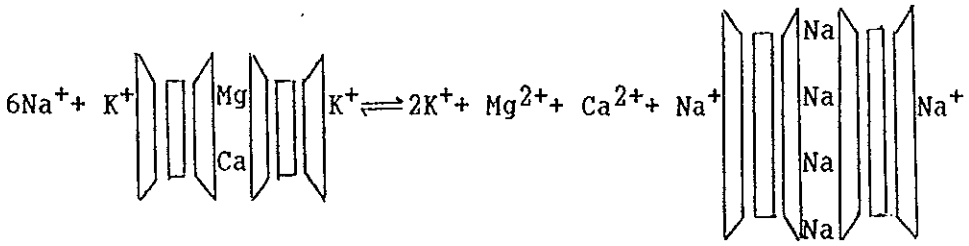
2.2.1.3 ความเค็ม

การสะสมไอออนชนิดต่าง ๆ ที่นำมา โดยน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ทำให้ดินนากุ้งมีความเค็มสูงขึ้น (วัดโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้า) ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งมีค่าประมาณ 3.96 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร สูงกว่าดินนาข้าวประมาณ 396 เท่า (ตาราง 4.2) ถ้านำดินนากุ้งที่มีความเค็มสูง มาทำการเพาะปลูกพืชอาจจะแสดงอาการเดียว ทั้งนี้เพราะอาจเกิดกระบวนการ

plasmolysis หรือ reverse osmosis ในพืช โดยน้ำเลี้ยงในพืชจะไหลผ่านเนื้อเยื่อรากพืชออกมาสู่สารละลายดิน เนื่องจากดินมีความเข้มข้นมากกว่า (สรลิทธิ์ วัชรโรทยาน และคณะ, 2519 : 256)

2.2.2 ปัจจัยด้านกายภาพ

การนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้ง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากโซเดียมที่มีอยู่ในน้ำทะเลจะไปไล่ที่ไอออนบวกที่ถูกดูดซับบริเวณผิวของแร่ดินเหนียว ดังสมการข้างล่างนี้



การที่โซเดียมไปไล่ที่แคตไอออนที่อยู่บนผิวของแร่ดินเหนียว จะมีผลทำให้แร่ดินเหนียวขยายขนาดของผลึกขึ้น เนื่องจากแมกนีเซียมและแคลเซียมที่มีอยู่บนผิวของแร่ดินเหนียวอย่างละ 1 อะตอม ถูกแทนที่โดย 4 อะตอมของโซเดียม ซึ่งอะตอมทั้ง 4 ของโซเดียม จะครอบครองเนื้อที่มากกว่า 1 อะตอมของแมกนีเซียมและ 1 อะตอมของแคลเซียม จึงเป็นสาเหตุของการขยายขนาดผลึกของแร่ดินเหนียว ซึ่งมีผลทำให้ดินแน่นทึบ การระบายน้ำออกจากดินจะทำได้ยากขึ้น (Freeze and Cherry, 1979 : 133) นอกจากนี้โซเดียมยังมีสมบัติที่ทำให้อนุภาคของแร่ดินเหนียวฟุ้งกระจาย (dispersing agent) (Donahue, Miller and Shickluna, 1977 : 264) ไม่รวมตัวกับเม็ดดิน มีผลทำให้ดินแน่นทึบมากยิ่งขึ้น ซึ่งทำให้การไถพรวนลำบาก น้ำซึมผ่านได้ยาก และเมื่อดินแห้งจะแข็งมาก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งจะทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเลวลง คือแน่นทึบ และการระบายน้ำของดินยากขึ้น ทำให้สมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.2.3 ปัจจัยทางชีวภาพ

ความเค็มและความเป็นด่างของดินนากุ้ง มีผลอย่างยิ่งต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยทั่วไปกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยเฉพาะพวกแบคทีเรียจะทำงานได้ดีเมื่อดินมีสภาพเป็นกลาง และเมื่อดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นจุลินทรีย์จะทำงานได้ช้าลง สำหรับพวกรา (Fungi) จะทำงานได้ดีเมื่อดินมีสภาพเป็นเป็นกรด ในกรณีที่ดินมีสภาพเป็นด่าง แบคทีเรียจะทำงานได้ดีกว่าพวกรา (สรลิทธิ์ วัชรโรทยาน และคณะ, 2519 : 251) สำหรับความเค็มของดินจะยับยั้งการเจริญเติบโตและการทำงานของทั้งแบคทีเรียและรา ดังนั้นดินนากุ้งที่มีความเค็มสูงและมีสภาพเป็นด่างจะมีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มีปริมาณลดลง ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์จะควบคุมระดับ ไนโตรเจน ก้ามะถัน และฟอสฟอรัส ที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ไม่สามารถดำเนินไปได้ดี ปริมาณไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จะมีปริมาณต่ำและอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเกี่ยวข้องกับกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้ออกจากอินทรีย์วัตถุ (mineralization) ให้มาอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ ถึงแม้ว่าดินนากุ้งจะมี ปริมาณ ฟอสฟอรัส และ ก้ามะถัน สูงกว่าดินนาข้าว แต่ถ้าไม่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์อันเนื่องมาจากความเค็มของดินนากุ้ง พืชที่ปลูกอยู่ในดินนากุ้งอาจประสบปัญหาการขาด ไนโตรเจน ก้ามะถัน และฟอสฟอรัสได้

3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งในเขตอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

3.1 ผลกระทบต่อทรัพยากรดิน

การเลี้ยงกุ้งทำให้สมบัติของดินแปลี่ยนแปลงในทางที่ไม่เหมาะสมต่อการนำกลับมาปลูกพืช ซึ่งในปัจจุบันบ่อกุ้งส่วนหนึ่งในอำเภอระโนดถูกปล่อยทิ้งไว้เนื่องจากความไม่คุ้มทุนในการผลิตกุ้ง (อาจเนื่องจากปัญหาเรื่องโรคกุ้งและมลภาวะของน้ำ) ซึ่งคาดว่าจำนวนบ่อกุ้งที่ถูกปล่อยทิ้งไว้จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะบ่อของเกษตรกรรายย่อย ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งจึงทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรดินที่มีศักยภาพในการเพาะปลูก และเป็นการทำลายทรัพยากรดินอย่างสิ้นเชิง พื้นที่ ๆ เหมาะสำหรับทำนาข้าวจำนวนมากในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้เลี้ยงกุ้ง ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จะถูกละทิ้งในกรณีที่ไม่สามารถทำการเลี้ยงกุ้งได้คุ้มทุนอีกต่อไป การเลี้ยงกุ้งจะทำ

ให้ความเค็มของดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นหลังจากเลิกใช้พื้นที่ทำนากุ้ง การบูรณะฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งเพื่อนำมาทำการเกษตรเป็นไปได้ยาก และอาจไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่เสียไป เนื่องจากพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมต่อการปลูกในภาคใต้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพดินเค็ม

นอกจากนี้การทำนากุ้งเป็นการใช้ทรัพยากรดินในลักษณะใช้แบบสิ้นเปลืองหมดไป โดยหวังผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระยะสั้น ในขณะที่การเพาะปลูกพืชเป็นการใช้ทรัพยากรดินในลักษณะแบบยั่งยืน หรือใช้ประโยชน์ทรัพยากรดินได้ตลอดไป และเป็นการหวังผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระยะยาว ดังนั้นผลประโยชน์ที่ได้รับทางเศรษฐกิจในระยะสั้นของการใช้ทรัพยากรดินในการทำนากุ้งเพียงช่วงระยะหนึ่งอาจจะมีค่าน้อยกว่าผลประโยชน์ที่ได้รับตลอดไปจากการนำทรัพยากรดินมาใช้ในการเพาะปลูก

3.2 ผลกระทบต่อน้ำบาดาล

จากข้อมูลของ คณะกรรมการประสานงานองค์กรเอกชนพัฒนาชนบทภาคใต้ ปี พ.ศ.2534 ระบุว่า ในบริเวณตำบลปากแตระ อำเภอระโนด ได้มีฟาร์มกุ้งขนาดใหญ่บางแห่ง สูบน้ำบาดาลขึ้นมาผสมกับน้ำเค็มจากน้ำทะเลเพื่อให้ได้อัตราส่วนความเค็มของน้ำที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้ง โดยจะทำการขุดบ่อบาดาลลึกลงไปจากผิวดินประมาณ 100-200 เมตร และใช้ท่อขนาด 12 นิ้วสูบน้ำตลอด 24 ชั่วโมง ผลที่เกิดขึ้นคือ บ่อน้ำตื้นในหมู่บ้าน 5-6 หมู่บ้านโดยรอบแห้ง ทำให้น้ำเค็มจากทะเลรุกตัวเข้ามาแทนที่น้ำจืดกลายเป็นบ่อน้ำเค็มอย่างถาวร ซึ่งชาวบ้านในบริเวณนั้นแก้ปัญหาโดยการเจาะน้ำบาดาลลงไปลึกประมาณ 100 เมตร แต่ก็สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้เพียง 1-2 เดือนเท่านั้น หลังจากนั้นน้ำที่สูบขึ้นมาจะกลายเป็นน้ำเค็ม ทั้งนี้เนื่องจากบ่อบาดาลของชาวบ้านตื้นและกำลังสูบน้อยกว่าของฟาร์มกุ้ง (ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 18-19)

นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่งของดินในนากุ้งมากกว่า 50 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพและแหล่งน้ำใต้ดินอย่างแน่นอน โดยเฉพาะบริเวณที่มีน้ำใต้ดินในระดับตื้น ถ้าหากแหล่งน้ำใต้ดินถูกปนเปื้อนด้วยมลพิษแล้ว โอกาสที่จะฟื้นฟูบูรณะให้คืนสู่สภาพเดิมเกือบเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำใต้ดินช้ามาก

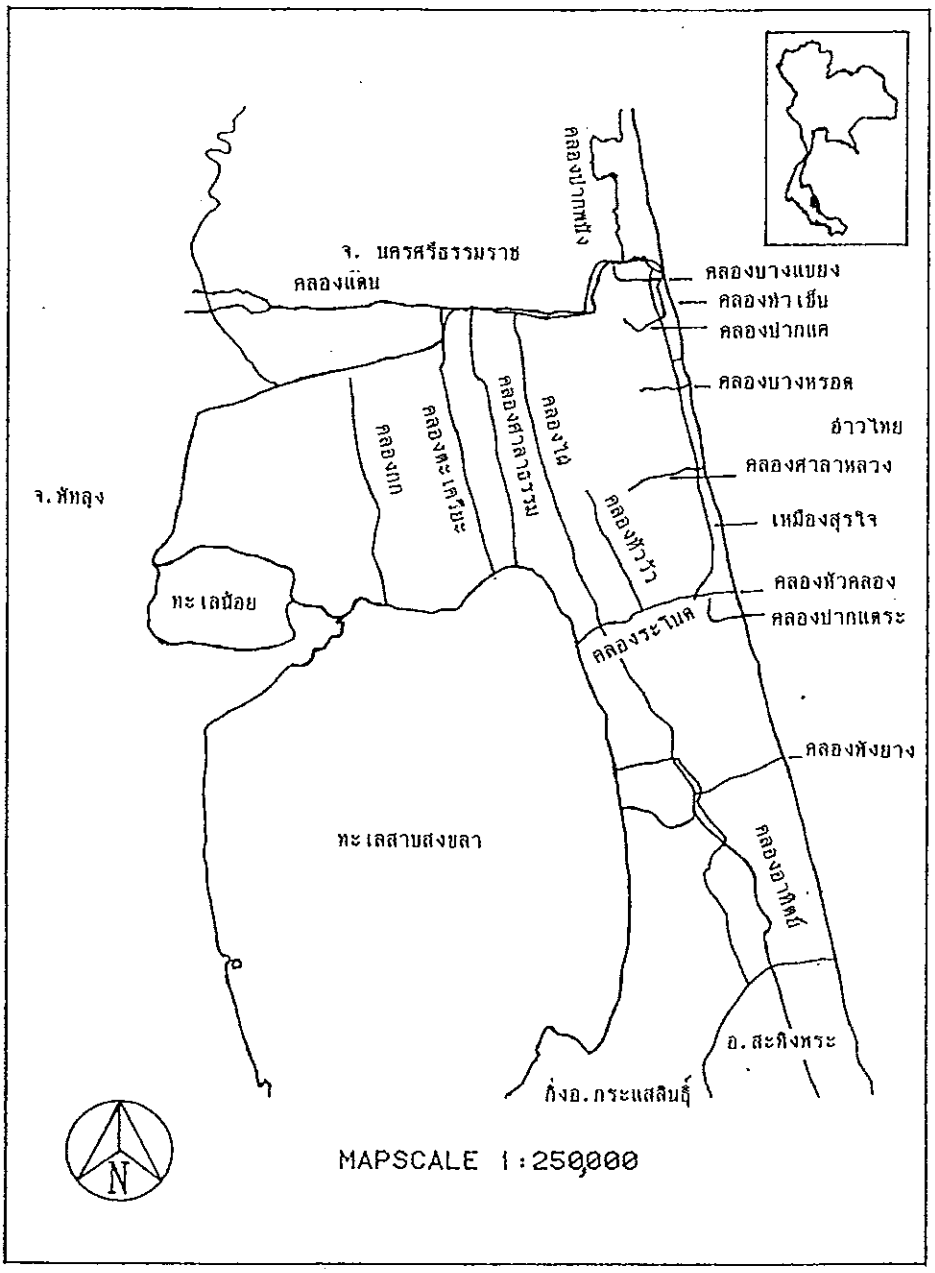
3.3 ผลกระทบต่อลำคลองธรรมชาติ

จากสรุปรายงานข้อราชการสภาวะการเลี้ยงกุ้งของอำเภอระโนดปี พ.ศ. 2534 ระบุว่า ลำคลองธรรมชาติสายหลักในเขตอำเภอระโนด อาทิเช่น คลองระโนด คลองแดน คลองปากระวะ คลองฝักกูด คลองปากแค และเหมืองสงน้ำช้างทาง (เหมืองสุรใจ) (ภาพ 4.2) ซึ่งเดิมมีสภาพเป็นน้ำจืดได้กลายสภาพเป็นน้ำเค็มและเน่าเสีย ทำให้ไม่สามารถใช้ในการอุปโภคและบริโภค ตลอดจนการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ได้ ทำให้ราษฎรถึง 12,150 คน ได้รับความเดือดร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยบางรายได้ทำการถ่ายเทน้ำทิ้ง และขี้เลนก้นบ่อจากบ่อกุ้งลงสู่คลองธรรมชาติ โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีบ่อเลี้ยงกุ้งอยู่ริมคลองน้ำจืด (ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 22)

3.4 ผลกระทบต่อน้ำทะเล

น้ำเสียจากนากุ้งและขี้เลนก้นบ่อ นอกจากจะมีผลกระทบต่อการเพาะ-เลี้ยงชายฝั่งแล้ว ยังมีผลทำให้น้ำทะเลมีคุณภาพลดลงและทำลายสภาพแวดล้อมทางทะเลอื่น ๆ อีกด้วย นอกจากนี้ น้ำทิ้งของนากุ้งจากอำเภอระโนด ทำให้น้ำทะเลอำเภอสะทิงพระ ซึ่งมีอาณาเขตติดกับอำเภอระโนดทางทิศใต้ เริ่มมีสีคล้ำซึ่งเป็นผลจากน้ำทิ้งจากนากุ้งเป็นจำนวนมหาศาลในแต่ละวัน สำหรับในเขตอำเภอระโนด น้ำเสียริมทะเลเริ่มขยายขอบเขตออกจากฝั่งไปเรื่อยๆ จาก 1-2 เมตร เป็น 4-5 เมตรในบางพื้นที่ พร้อม ๆ กับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของหอยเสียบ ซึ่งเชื่อกันว่าหอยชนิดนี้ชอบกินของเสียต่าง ๆ และหอยเสียบที่เก็บได้เหล่านี้บางแห่งไม่สามารถรับประทานได้เพราะทำให้เกิดอาการท้องร่วงเนื่องจากมีสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งคาดว่าจะออกมาจากบ่อกุ้งสะสมอยู่

นอกจากนี้ คุณภาพน้ำทะเลที่ลดลงยังส่งผลกระทบต่อธุรกิจโรงเพาะฟักลูกกุ้งในเขตอำเภอระโนดและอำเภอสะทิงพระ ซึ่งมีอยู่ประมาณ 20 แห่ง เป็นผลให้ธุรกิจเหล่านี้ประสบปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำ ทำให้โรงเพาะฟักหลายแห่งต้องหยุดดำเนินการ สำหรับฟาร์มอื่น ๆ ที่ดำเนินการได้ก็มีอัตรารอดของลูกกุ้งเพียงประมาณร้อยละ 50 เท่านั้น (ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 22)



ภาพ 4.2 ลำคลองในเขตอำเภอระโนด

3.5 ผลกระทบต่อการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.5.1 ผลกระทบต่อการเกษตร การทำนากุ้งส่งผลกระทบอย่างสูงต่อการทำนาโดยเฉพาะในบริเวณเขตเศรษฐกิจที่ 1 (ภาพ 4.3) เนื่องจากบริเวณนี้ยังคงมีการปลูกข้าวอยู่ ทำให้น้ำเค็มจากบ่อกุ้งซึมหรือไหลลงสู่นาข้าว เป็นผลเสียหายต่อต้นข้าวและพื้นดินที่ใช้ในการเพาะปลูก นอกจากนี้การที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยบางรายได้ทำการถ่ายเทน้ำทิ้งจากบ่อกุ้งลงสู่คลองธรรมชาติ ทำให้น้ำในลำคลองมีความเค็มสูงขึ้น เกษตรกรไม่สามารถสูบน้ำไปใช้ในนาได้อีก เพราะเมล็ดข้าวจะลีบและต้นข้าวเบื่อย จากข้อมูลปี 2534 ระบุว่าพื้นที่การเกษตรในอำเภอระโนด ได้รับความเสียหายจากการทำนากุ้งถึง 28,620 ไร่ (อำเภอระโนด, 2534 : 7)

3.5.2 ผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์ การเลี้ยงสัตว์ได้รับผลกระทบอย่างสูงเนื่องจาก น้ำในคลองธรรมชาติและบ่อน้ำตื้นมีรสเค็มสัตว์เลี้ยงไม่สามารถกินได้ เกษตรกรจึงจำเป็นต้องซื้อน้ำจืดมาให้สัตว์กิน มีรายงานว่าสัตว์เลี้ยงเป็นจำนวนมากบริเวณคลองแดนได้ตายไปเนื่องจากกินน้ำเค็มในคลอง จากปัญหาเรื่องน้ำเค็มทำให้เกษตรกรเป็นจำนวนมากจำต้องเลิกการเลี้ยงสัตว์และขายสัตว์ไป

3.5.3 ผลกระทบทางการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แม้ว่าในระยะแรกของการปล่อยน้ำทิ้งจากนากุ้งลงสู่ทะเล จะนำมาซึ่งความชุกชุมของปลาบริเวณใกล้ชายฝั่ง (เนื่องจากน้ำทิ้งจากนากุ้งมีอาหารกุ้งซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพสูงผสมอยู่เป็นจำนวนมาก) เป็นผลให้ชาวประมงขนาดเล็กที่หากินริมชายฝั่งมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการขยายการเลี้ยงกุ้ง น้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำทะเลริมชายฝั่งเสีย ปลาที่เคยชุกชุมลดลง ส่งผลต่อชาวประมงขนาดเล็กต้องออกไปหาปลาห่างจากฝั่งมากขึ้น

สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งมีอยู่มากบริเวณทะเลสาบสงขลา ก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน มีรายงานว่าในปี 2534 ชาวประมงบริเวณทะเลสาบสงขลาได้รับผลกระทบจากน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ทะเลสาบ ทำให้ปลากระพงที่เลี้ยงในกระชังตายเป็นจำนวนมาก คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 7-8 ล้านบาท นอกจากนี้ยังทำให้ลูกปลาเล็ก ๆ ในทะเลสาบ เช่น ปลาเก๋า ลดน้อยลงอย่างรวดเร็วจน

เกือบจะไม่มีเหลือในปัจจุบัน (พักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 20)

3.6 ผลกระทบด้านสังคม

ผลของการเลี้ยงกุ้งในอำเภอระโนด ก่อให้เกิดความขัดแย้งในสังคมหลายประการด้วยกัน

3.6.1 ความขัดแย้งระหว่างการทำนากุ้งกับการทำนาข้าว อันเนื่องมาจากปัจจัยการผลิตต่างกัน ซึ่งความขัดแย้งนี้ถือเป็นความขัดแย้งหลักของสังคมชาวอำเภอระโนด ส่งผลไปสู่การชุมนุมประท้วงครั้งใหญ่ของเกษตรกรผู้มีอาชีพปลูกข้าวถึง 3 ครั้ง ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2533-2534

3.6.2 ความขัดแย้งระหว่างบริษัทเลี้ยงกุ้งกับเกษตรกรสมาชิกในโครงการ ในเรื่องสัญญาข้อตกลง ทั้งนี้ผลเนื่องจากการกำหนดให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอำเภอระโนดเป็นเขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา ทำให้เกษตรกรผู้ประกอบอาชีพทำนาข้าวส่วนหนึ่งต้องเปลี่ยนอาชีพมาทำนากุ้ง แต่เนื่องจากเกษตรกรส่วนนี้ ไม่สามารถที่จะประกอบกิจการการเอง เนื่องจาก ขาดความรู้ ขาดแหล่งเงินทุน หรือพื้นที่นาของตนอยู่ไกลจากทะเล (อยู่หลังพื้นที่เลี้ยงกุ้งที่มีอยู่เดิม) จึงจำเป็นต้องอาศัยการเข้าร่วมโครงการกับบริษัทในรูปของสมาชิก แต่เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการทำงานในรูปของบริษัท จึงทำให้เกิดความขัดแย้งขึ้น

3.6.3 การฉ้อโกงค่ากุ้ง คดีการฉ้อโกงได้เพิ่มสูงขึ้นในท้องที่อำเภอระโนด เนื่องจากเกษตรกรจะพยายามขายผลผลิตให้กับผู้รับซื้อที่ให้ราคาสูงโดยไม่คำนึงถึงสถานะภาพของผู้รับซื้อว่ามีความมั่นคงหรือไม่ ซึ่งผู้รับซื้อเหล่านี้มักจะชำระค่ากุ้งเป็นเช็ค เมื่อเกษตรกรนำไปเบิกเงินจากสถาบันการเงินจะได้รับการปฏิเสธการจ่าย เป็นเหตุให้สูญเสียทรัพย์สิน

3.6.4 ความเห็นแก่ตัวของคนในชุมชนเพิ่มสูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะประกอบอาชีพเดียวกันและสถานประกอบการอยู่ใกล้กัน แต่เนื่องจากการลงทุนและผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงกุ้งมีมูลค่าเป็นตัวเงินสูง จึงทำให้เกษตรกรไม่ค่อยมีความเอื้อเฟื้อซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นปัญหาความขัดแย้งและกลั่นแกล้งกันตลอดมา (อำเภอระโนด 2534 : 19)

3.7 ผลกระทบต่อการย้ายถิ่นฐาน

การเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการโยกย้ายแรงงานต่างถิ่นเข้ามาประกอบธุรกิจการเลี้ยงกุ้งและรับจ้างเลี้ยงกุ้ง ซึ่งแรงงานที่เข้ามารับจ้างเลี้ยงกุ้งจะรับจ้างเลี้ยงให้กับบริษัทเป็นส่วนใหญ่ นอกจากการเลี้ยงกุ้งจะก่อให้เกิดการอพยพของแรงงานเข้ามาทำงานในอำเภอระโนดเป็นจำนวนมากแล้ว ยังมีผลทำให้เกษตรกรของอำเภอระโนดส่วนหนึ่งต้องโยกย้ายออกไปหางานทำในถิ่นอื่น โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ ๆ เพราะเกษตรกรเหล่านี้ได้ขายที่ดินเนื่องจากที่ดินมีราคาสูงขึ้น และส่วนหนึ่งขายที่ดินเพราะได้รับผลกระทบจากการทำนากุ้งทำให้ไม่สามารถทำการเกษตรได้อีก สำหรับสาเหตุที่เกษตรกรส่วนนี้ไม่ประกอบอาชีพรับจ้างในท้องที่อำเภอระโนด เนื่องจากมีความละอายและกลัวการถูกนินทา (อำเภอระโนด, 2534 : 19)

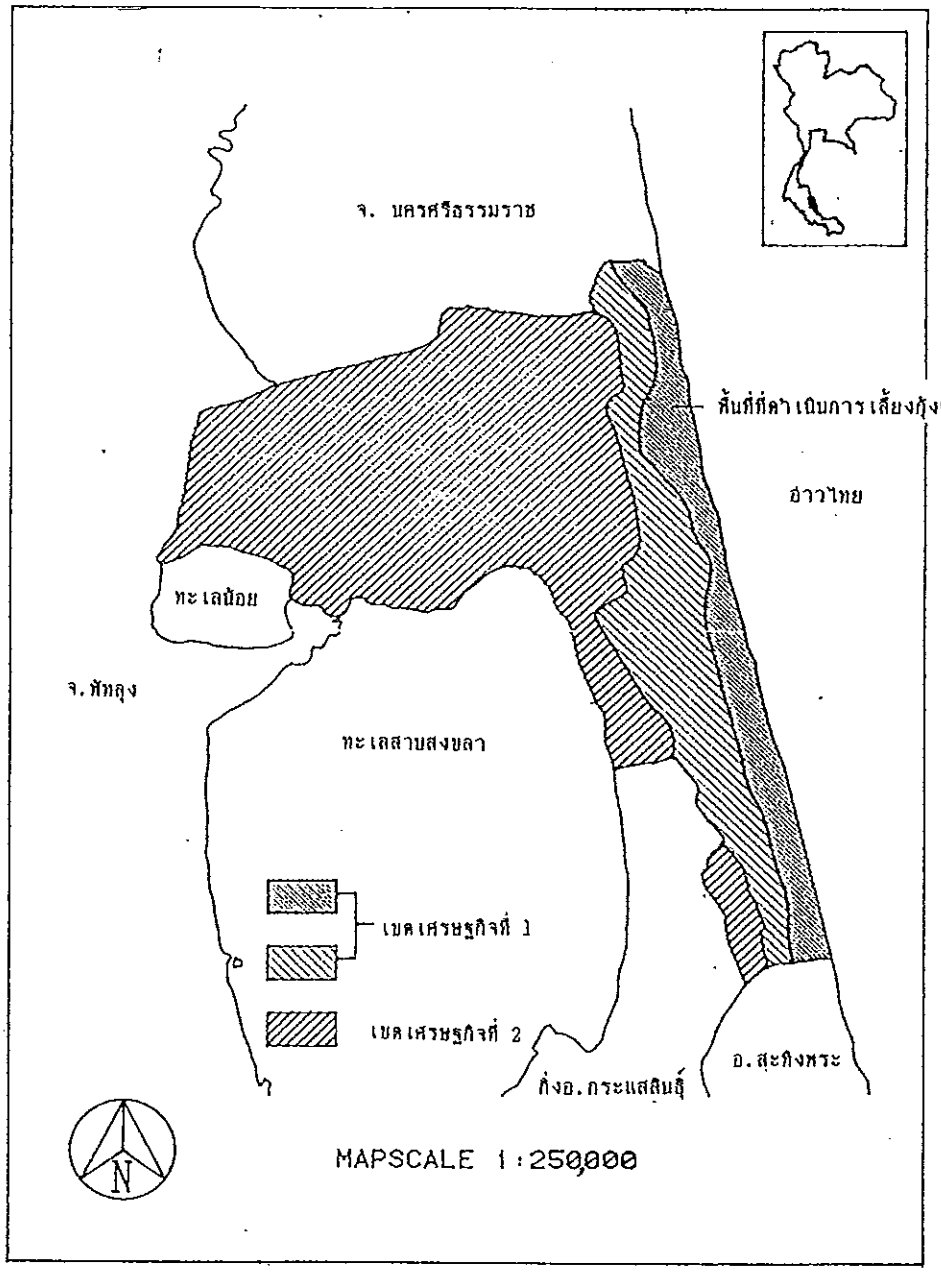
3.8 ผลกระทบจากนโยบายของรัฐ

ผลจากการขยายจำนวนการเลี้ยงกุ้งเป็นจำนวนมาก ในอำเภอระโนด ดังนั้นในปี พ.ศ. 2532 รัฐจึงกำหนดนโยบายการพัฒนาและส่งเสริมอาชีพราษฎรอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา โดยกำหนดให้มีการแบ่งเขตเศรษฐกิจการประกอบอาชีพออกเป็น 2 เขตดังนี้

<u>เขตที่ 1 เขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา</u> กำหนดให้เป็นเขตสำหรับทำการประมงและอาชีพอื่น ๆ ที่ไม่ขัดต่ออาชีพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยอยู่ในพื้นที่ด้านทิศตะวันออกของอำเภอระโนด (ภาพ 4.3)

<u>เขตที่ 2 เขตการเพาะปลูก</u> กำหนดให้เป็นเขตกสิกรรม การเพาะ-เลี้ยงสัตว์น้ำจืดในกระชัง โดยอยู่ในพื้นที่ของอำเภอระโนดส่วนที่เหลือจากเขตที่ 1 ทั้งหมด

จากนโยบายของรัฐที่ต้องการเปลี่ยนพื้นที่ด้านตะวันออกของอำเภอระโนดทั้งหมดมาเป็นนากุ้ง ทำให้เกิดปัญหาระหว่างรัฐ และเกษตรกรผู้มีอาชีพทำนาข้าว ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรส่วนหนึ่งมีความเห็นว่า รัฐมีนโยบายที่จะผลักดันให้ตนเปลี่ยนอาชีพมาทำนากุ้ง จึงไม่เต็มใจที่จะแก้ไขความเดือดร้อนของพวกตนที่ได้รับจากผู้ทำนากุ้ง นอกจากนี้เกษตรกรผู้ทำนาข้าวบางส่วนในเขตเศรษฐกิจที่ 1 ยังมีความรู้สึกฝังใจในการประกอบอาชีพว่าจะต้องทำนาข้าวถึงจะเป็นการประกอบอาชีพ จึงยากต่อการให้เปลี่ยนอาชีพ (อำเภอระโนด, 2534 : 6)



ภาพ 4.3 เขตเศรษฐกิจการประกอบอาชีพของอำเภอระโนด

3.9 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

การเลี้ยงกุ้ง ก่อให้เกิดรายได้เข้าประเทศจากการส่งออกเป็นจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2530 ประเทศไทยสามารถส่งกุ้งกุลาดำเป็นสินค้าออกมูลค่าทั้งสิ้น 4,747 ล้านบาท ปีพ.ศ.2532 มูลค่าการส่งออก 16,058.6 ล้านบาท และในปีพ.ศ.2534 มีมูลค่าการส่งออกทั้งสิ้น 22,415 ล้านบาท (พักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 31) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามูลค่าการส่งออกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดรายได้เข้าประเทศอย่างมหาศาล สำหรับรายได้จากการเลี้ยงกุ้งของอำเภอระโนดตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 เป็นต้นมาคาดว่าไม่ต่ำกว่าปีละ 3,000 ล้านบาท

ตาราง 4.3 เปรียบเทียบผลกำไรที่ได้จากการทำนาข้าวและการทำนากุ้ง ในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา ปีพ.ศ. 2532

นาข้าว				นากุ้ง			
เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิต (ต่อปี)	มูลค่า (บาท)	กำไรสุทธิ (บาท)	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิต (ต่อปี)	มูลค่า (บาท)	กำไรสุทธิ (บาท)
1	550 (กก.)	2,300	1,410	1	1,000 (กก.)	150,000	50,000
152,560	83,908 (ตัน)	352 (ล้าน)	215 (ล้าน)	13,376	13,376 (ตัน)	2,003 (ล้าน)	669 (ล้าน)

ข้อมูลนี้คำนวนจากผลผลิตขั้นสูงของการทำนาข้าวเมื่อปี พ.ศ. 2532 เปรียบเทียบกับผลผลิตขั้นต่ำสุดของการทำนากุ้งที่เกษตรกรประสบมาโดยไม่รวมมูลค่าที่ดินเป็นต้นทุนการผลิต

- ต้นทุนการผลิตข้าว/ไร่ ประมาณ 900 บาท (อำเภอระโนดผลิตข้าวปีละ 1 ครั้ง) และข้าวราคาประมาณ 4.20 บาท ต่อกิโลกรัม

- ต้นทุนการผลิตกุ้งกุลาดำ/ไร่ ประมาณ 50000 บาท (กุ้งกุลาดำผลิต

ได้ปีละ 2 ครั้ง) และราคากุ้งกุลาดำกิโลกรัมละ 150 บาท
(อำเภอระโนด, 2534 : 18)

จากข้อมูลตาราง 4.3 จะเห็นได้ว่าในพื้นที่ 1 ไร่ เกษตรกรที่ทำนากุ้งสามารถที่จะทำกำไรได้มากกว่าเกษตรกรที่ทำนาข้าวประมาณ 48,590 บาท/ปี แต่ในขณะเดียวกัน จากข้อมูลของอำเภอระโนดระบุว่า พื้นที่เกษตรกรรมที่ใช้ในการเพาะปลูกข้าวได้รับผลเสียหายจากการทำนากุ้งถึง 28,620 ไร่ ดังนั้นเมื่อคิดเป็นมูลค่ารวมของความเสียหายทั้งหมดโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2532 จากตาราง 4.3 จะพบว่ามูลค่าความเสียหายของชาวนาที่ไม่สามารถผลิตข้าวได้ทั้งหมดประมาณ 66 ล้านบาท ซึ่งเมื่อนำมูลค่าความเสียหายของข้าวมาเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำนากุ้งแล้วจะเห็นได้ว่ามีมูลค่าแตกต่างกันมาก แต่ในขณะเดียวกันมูลค่าความเสียหาย 66 ล้านบาท ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนเป็นจำนวนมาก ประมาณการว่าผู้ได้รับผลกระทบมีถึง 12,150 คน เมื่อเปรียบเทียบกับประชากรของอำเภอระโนดทั้งสิ้น 75,472 คน (อำเภอระโนด, 2534 : 3) จะเห็นได้ว่าประชากรประมาณร้อยละ 16 ของทั้งหมด ได้รับผลกระทบจากการขาดรายได้หลัก ปัญหานี้จึงนำมาซึ่งปัญหาการกระจายรายได้ เพราะเมื่อมองในภาพรวมเศรษฐกิจของอำเภอระโนดถือว่าดี แต่รายได้ส่วนใหญ่ที่ช่วยทำให้เศรษฐกิจของอำเภอดี ตกอยู่ในมือผู้เลี้ยงกุ้งเพียง 797 ครอบครัว รวมทั้งบริษัทใหญ่ ๆ อีก 22 บริษัทเท่านั้น (อำเภอระโนด, 2534 : 21)

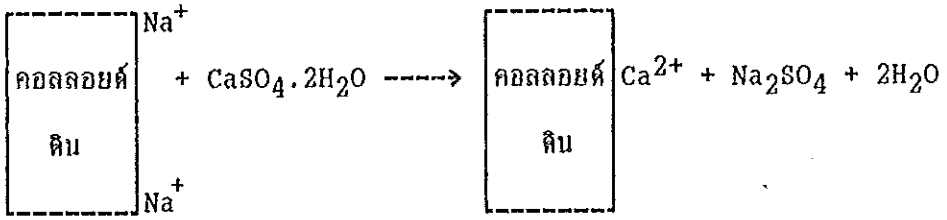
บทที่ 5

ข้อเสนอแนะ

1. แนวทางในการฟื้นฟูดินเค็มกลับมาใช้ในการปลูกข้าว

จากตารางที่ 4.2 เมื่อดูตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งคาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าวมากคือ ค่าการนำไฟฟ้า และ ปริมาณโซเดียม ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณการเพิ่มขึ้นสูงจากดินนาข้าวมาก ซึ่งจากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณโซเดียมมีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างสูง ดังนั้นแนวทางในการฟื้นฟูดินจึงจำเป็นต้องลดค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณโซเดียม ให้อยู่ในระดับที่สามารถปลูกข้าวได้ ทั้งนี้แนวทางในการฟื้นฟูดินอาจทำได้ดังนี้

1.1 โดยการชะล้างและการระบายน้ำออกร่วมกับการใช้สารเคมี ทั้งนี้การปล่อยให้มีน้ำท่วมขังในพื้นที่นากุ้งจะทำให้ปริมาณโซเดียม ซึ่งมีอยู่มากโดยเฉพาะที่ผิวดิน ถูกชะล้างออกมาอยู่ในน้ำ ในขณะที่การใช้สารเคมี เช่น พวกแร่ยิมซั่มจะทำให้ปริมาณโซเดียมในดินลดต่ำลง โดยการที่แคลเซียมเข้าไปแทนที่ โซเดียมที่อยู่ในคอลลอยด์ดินดังสมการ



(เกรียงศักดิ์ หงษ์โต, 2525 : 178-179)

การที่แคลเซียมถูกดูดซับในคอลลอยด์ดิน จะช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น กล่าวคือทำให้คอลลอยด์ดินสร้างเม็ดดินขึ้น(soil aggregate) ทำให้ดินไม่แน่นทึบเกินไป และทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

สำหรับในอำเภอระโนดอาจทำได้ในฤดูฝน โดยการขังน้ำไว้ในบ่อกุ้งประมาณ 7-10 วัน หลังจากนั้นจึงสูบน้ำออกแล้วโรยด้วยยิมซั่ม ทำอย่างนี้สลับไปจนหมดฤดูฝน ทำเช่นนี้ประมาณ 2-3 ปี ซึ่งจากผลการทดลองของ ศุภวัตร อินทหลาบ

(2512 : 394-396) ในการล้างดินเค็มและปรับปรุงดินเค็มด้วยสารเคมี โดยใช้ยิบซั่มประมาณ 400 กิโลกรัมต่อไร่ คราดผสมกับดินแล้วไขน้ำเข้านา ปล่อยทิ้งไว้ 7-10 วัน แล้วสูบน้ำออก ผลปรากฏว่าจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 22 % และจากผลการศึกษาของ ถวิล ครุฑกุล และ ดนัย วรรณวนิช (2520 : 317-327) ได้ทดลองการแก้ไขดินเค็มชุดท่าจีน โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตเป็นตัวไล่ที่โซเดียมไอออนให้ออกจากสารละลายดินแล้วใช้น้ำชะล้างออก พบว่าต้องใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตถึงร้อยละ 5 ของน้ำหนักดิน และต้องล้างด้วยน้ำจืดมากกว่า 17 ครั้ง จึงทำให้ความเค็มและปริมาณโซเดียมลดลงจนถึงระดับที่ทำนาได้

1.2 เนื่องจากดินเค็มส่วนใหญ่ มักมีปัญหาการมีจุลินทรีย์ในดินน้อย และมีการสูญเสียอินทรีย์วัตถุมากกว่าปกติ จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน และจุลินทรีย์ในดินยังช่วยให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นในแง่ช่วยเพิ่มความชื้มชาบน้ำของดินและช่วยลดการระเหยน้ำที่ผิวดิน ทำให้เกลือที่ละลายมากับน้ำจากดินชั้นล่างมาสะสมที่ผิวดินได้น้อยลง (เกรียงศักดิ์ หงษ์โต, 2525 : 178) และจากการศึกษาของ แอลกาบาลี (Elgabaly, 1971: 50) พบว่ายิบซั่มที่ใส่ลงไปในดิน จะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโซเดียมในช่วงความลึกประมาณ 0-15 เซนติเมตรจากผิวดิน ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องยับยั้งปริมาณโซเดียมในดินที่ลึกลงไปไม่ให้ขึ้นมาสะสมได้อีก ทั้งนี้อาจทำให้ได้โดยการนำดินชั้นบนซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่สูงจากบริเวณใกล้เคียงมาถมในดินนากุ้ง อาจจะถมประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วย่ำดินให้แน่นก่อนจะลงมือปลูกข้าว

1.3 อาจใช้สารโพลีเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymers) ร่วมกับยิบซั่มในการปรับปรุงดิน เนื่องจากสารโพลีเมอร์มีคุณสมบัติทำให้ดินไม่จับตัวกันแน่นและลดการกระจายของอนุภาคดินเหนียว (Cook and Nelson, 1986 : 323) จากผลการทดลองการปรับปรุงดินเค็ม โดยเฉพาะดินที่มีระดับร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage : ESP) สูงกว่า 15 ของ ซาฮาว และ อัมเลน (Zahow and Amrhein, 1992 : 1257) พบว่าการใส่สารโพลีเมอร์พวก โพลีอไครลาไมด (polyacrylamide polymers) ในอัตรา 50 มิลลิกรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม และยิบซั่ม 8.4 กรัมต่อกิโลกรัม จะทำให้อัตราการซึมน้ำของดินสูงขึ้น

2. แนวทางการทำนากุ้งและการวิเคราะห์ดินนากุ้ง

2.1 ควรจะกำหนดเขตในการทำนากุ้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น ไม่สมควรให้มีการทำนากุ้ง

2.2 ควรมีข้อกำหนดหรือมาตราการต่าง ๆ สำหรับผู้ประกอบการทำนากุ้งที่จะต้องทำการฟื้นฟูสภาพดิน ตลอดจนจะต้องมีแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินภายหลังจากเลิกทำนากุ้ง

2.3 ควรจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางการจัดการเพาะเลี้ยงกุ้งแบบยั่งยืน (sustainable aquaculture) ดังตัวอย่างความร่วมมือระหว่างบริษัทเจริญโภคภัณฑ์จำกัด กับ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางพัฒนาการเลี้ยงกุ้งแบบยั่งยืน หรืออาจหาแนวทางเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน (aquacultural rotation) คือทำการศึกษาหาแนวทางนำสัตว์น้ำชนิดอื่นมาเลี้ยงในบ่อกุ้งสลับกับการเลี้ยงกุ้ง เพื่อให้บ่อกุ้งได้มีการฟื้นตัวและเป็นการตัดวงจรชีวิตของเชื้อโรคกุ้งที่อาศัยอยู่ในบ่อกุ้ง ซึ่งอาจจะต้องทำการวิจัยหาชนิดของสัตว์น้ำที่เหมาะสมเพื่อที่หลังจากการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนั้นแล้ว บ่อกุ้งจะมีการฟื้นตัวหรือมีสมบัติเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งในรุ่นต่อไป และสัตว์น้ำที่นำมาเลี้ยงในบ่อควรจะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพอสมควรแก่ผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งด้วย

2.4 ควรมีมาตรการที่ชัดเจนสำหรับผู้ประกอบการทำนากุ้งที่จะชดใช้ค่าเสียหายให้แก่ผู้ที่ได้รับผลกระทบจากการทำนากุ้ง อาทิเช่น เจ้าของนาข้าวผู้ที่ได้รับความเดือดร้อนจากการแพร่กระจายความเค็มจากนากุ้งเข้าสู่นาข้าว และผู้ที่เดือดร้อนจากความเค็มของน้ำอุปโภคบริโภค เป็นต้น

2.5 ควรมีการนำเทคนิคสมัยใหม่ในการสร้างบ่อกุ้ง เช่น การใช้แผ่นพลาสติกปูที่ก้นบ่อ เหมือนดังที่หลายประเทศใช้กัน วิธีนี้จะเป็นการลดผลกระทบต่อดินจากการทำนากุ้งส่วนหนึ่ง

2.6 การสกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตส (NH_4OAc) ในการวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโพแทสเซียม จะได้ปริมาณแคตไอออนเหล่านี้ในรูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable cation) และ ไอออนในรูปเกลือที่ละลายน้ำ (soluble salt) (Thomas, 1982 : 159-160) ดินโดยทั่วไปเมื่อสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตส จะได้ปริมาณไอออนส่วนใหญ่

ในรูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ และมีไอออนเพียงเล็กน้อยที่อยู่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำ แต่เนื่องจากดินนากุ้งเป็นดินเค็มซึ่งเกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเล ดังนั้นแคตไอออนที่สกัดได้ในรูปเกลือที่ละลายน้ำจึงมีมากกว่าดินทั่วไป ซึ่งในการวิเคราะห์หาปริมาณแคตไอออนในดินเค็มที่ถูกต้อง จะต้องวิเคราะห์แยกหาปริมาณไอออนที่แลกเปลี่ยนได้และไอออนในรูปเกลือที่ละลายน้ำ แต่เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีวิธีมาตราฐานที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ในการสกัดเพื่อแยกรูปของแคตไอออน จึงจำเป็นต้องใช้วิธีดังกล่าวข้างต้น

สำหรับในบทวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการศึกษา จึงตั้งสมมุติฐานว่า แคตไอออนที่สกัดได้จากดินนากุ้งโดยใช้แอมโมเนียมอะซิเตท ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแคต-ไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ และมีไอออนในรูปเกลือละลายน้ำอยู่เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจาก

2.6.1 ดินชุดบางกอกที่ศึกษามีค่า cation exchange capacity (CEC) สูงกว่าดินโดยทั่ว ๆ ไป (ภาคผนวก ง) ซึ่งค่า CEC เป็นค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน ค่า CEC ที่สูงแสดงให้เห็นถึงความสามารถของอนุภาคดินในการดูดซับแคตไอออนต่าง ๆ ในสารละลาย ซึ่งวัตถุหรือสารที่มีสมบัติในการดูดซับประจุบวกในบ่อกุ้งคือ อินทรีย์วัตถุ และ แร่ดินเหนียว จึงทำให้มีค่า CEC สูงมาก เมื่อดินนากุ้งมีความสามารถดูดซับแคตไอออนได้มาก จึงทำให้แคตไอออนที่สกัดได้โดยใช้สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทส่วนใหญ่ จึงอยู่ในรูปของไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่อยู่ในรูปของไอออนในรูปเกลือที่ละลายน้ำ ดังนั้นปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม และ โพแทสเซียม ที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษานี้จึงควรอยู่ในรูปของไอออนที่แลกเปลี่ยนได้เป็นส่วนใหญ่

2.6.2 จากผลการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างปริมาณแคลเซียมและปริมาณโซเดียม จากดินsite J และดินบริษัทแอควาสตาร์ พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบสูง คือมีค่า r = -0.89 และ -0.78 ซึ่งค่าสหสัมพันธ์จะเป็นตัวบ่งชี้ว่า อาจมีกระบวนการต่าง ๆ อย่างน้อย 2 กระบวนการเกิดขึ้นในดิน คือ กระบวนการแทนที่ระหว่างแคลเซียมและโซเดียมในดิน และ กระบวนการรละลายของเกลือในดิน จากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมและปริมาณโซเดียม ของดิน site J และดินบริษัทแอควาสตาร์ สามารถ

สรุปได้ว่า กระบวนการแทนที่ระหว่างแคลเซียมและโซเดียมในรูปของไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินนากุ้ง มีอิทธิพลประมาณร้อยละ 78-89 ในขณะที่ไอออนในรูปของเกลือที่ละลายน้ำมีอิทธิพลอยู่ประมาณร้อยละ 11-22 ซึ่งเป็นข้อมูลที่สนับสนุนสมมุติฐานที่กล่าวข้างต้น

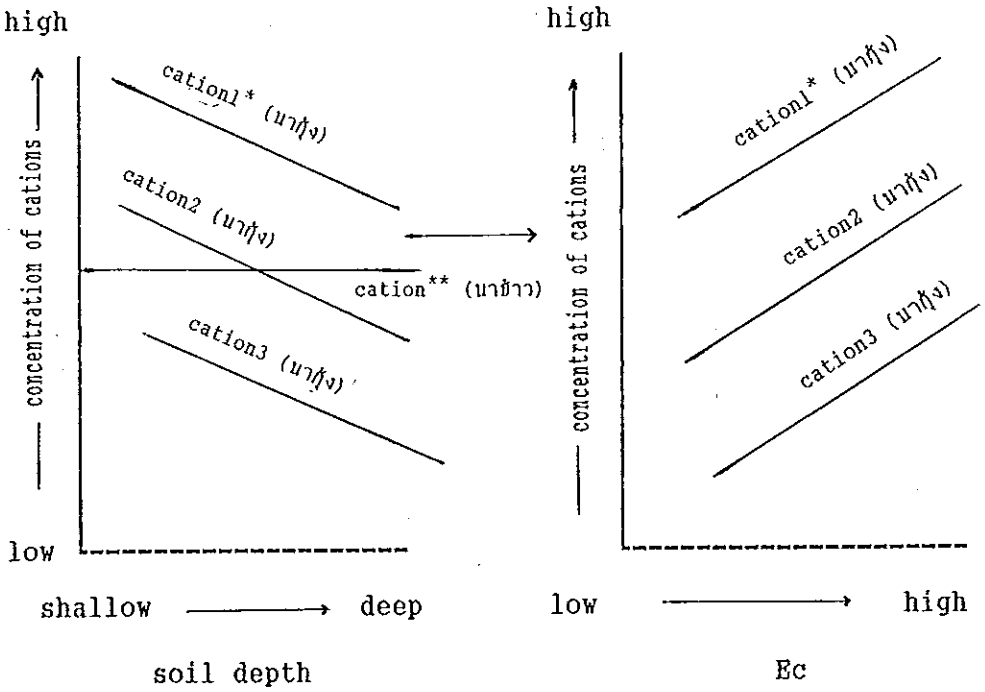
2.7 ในการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างแคตไอออน (แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียมและแมกนีเซียม) กับค่าการนำไฟฟ้า จำเป็นต้องพิจารณาปริมาณแคตไอออนชนิดนั้น ๆ ในดินนาข้าว เปรียบเทียบกับดินนากุ้งด้วยก่อนที่จะหาความสัมพันธ์ มิเช่นนั้น จะทำให้การวิเคราะห์ความหมายความสัมพันธ์ผิดพลาด เช่น ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมในดินนากุ้งต่ำกว่าดินนาข้าว แต่เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าพบว่า มีความสัมพันธ์ทางบวก ดังนั้นถ้าสรุปโดยดูเพียงแต่ค่าความสัมพันธ์จะได้ว่า แมกนีเซียมมีการสะสมในดินนากุ้ง ซึ่งจะผิดความหมาย ซึ่งความจริง แมกนีเซียมถูกชะล้างจากดินนากุ้ง ทั้งนี้เราสามารถจะสรุปเป็นลักษณะของแคตไอออนในดินนากุ้งได้ 3 กรณี คือ

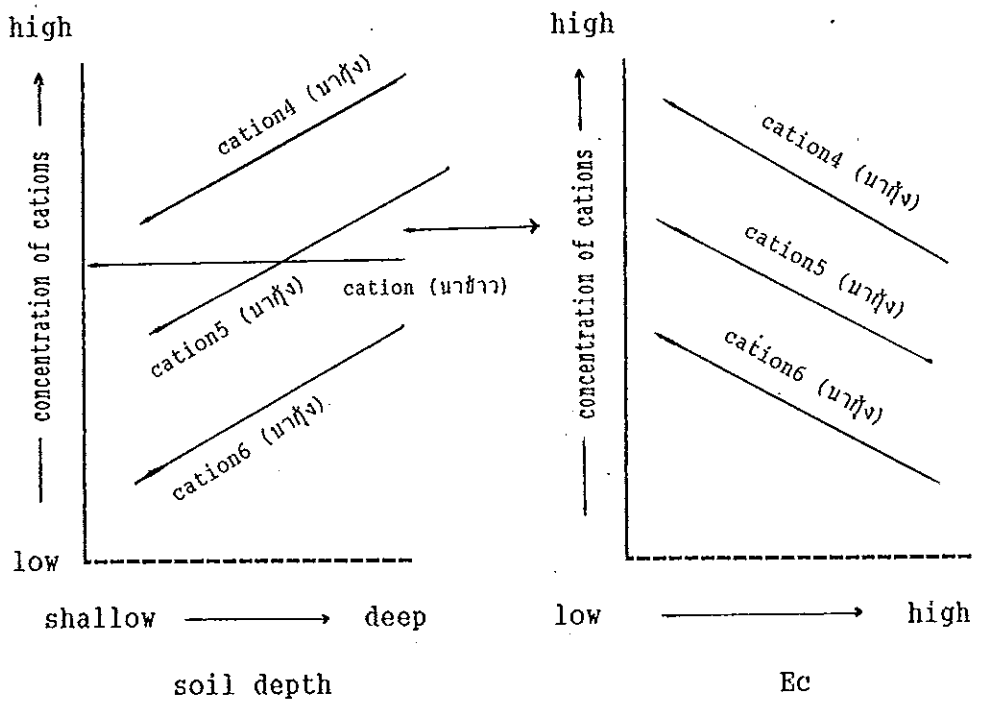
2.7.1 กรณีชะล้าง (Leaching) คือ กรณีที่น้ำทะเลได้ชะล้างแคตไอออนที่มีอยู่ในดินนากุ้งออกไปจากหน้าตัดดิน

2.7.2 กรณีสะสม (Accumulation) คือ กรณีที่น้ำทะเลนำแคตไอออนมาสะสมในดินนากุ้ง

2.7.3 กรณีสะสมผสมกับชะล้าง(Leaching and Accumulation) คือ กรณีที่น้ำทะเลได้ชะล้างแคตไอออนที่มีอยู่ในดินนากุ้งระดับผิวดิน มาสะสมอยู่ในระดับลึกลงไป

ในที่นี้จะใช้กราฟเส้นตรงเป็นตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างแคตไอออนกับความลึก เพื่องายในการวิเคราะห์ความหมาย





* cationl (นากุ้ง) คือ กราฟของแคตไอออนจากนากุ้งเส้นที่ 1

**cation (นาข้าว) คือ กราฟของแคตไอออนจากนาข้าว

ทั้งนี้โอกาสที่จะพบกราฟเส้นตรงจากนากุ้งมีด้วยกัน 6 ลักษณะ ซึ่งแยกเป็น 3 กรณี คือ

ก. Leaching เพียงอย่างเดียว คือกราฟ cation3 (นากุ้ง) และ กราฟ cation6 (นากุ้ง)

ข. Leaching และ Accumulation คือกราฟ cation2 (นากุ้ง) และ กราฟ cation5 (นากุ้ง)

ค. Accumulation เพียงอย่างเดียว คือกราฟ cation1 (นากุ้ง) และ กราฟ cation4 (นากุ้ง)

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า กราฟ cation1 (นากุ้ง) คือ กรณีของโซเดียม และ โพแทสเซียม กราฟ cation3 (นากุ้ง) คือกรณีของแมกนีเซียม ส่วนกราฟ cation5 (นากุ้ง) คือ กรณีของแคลเซียม

บทที่ 6

สรุป

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 ปริมาณการแพร่กระจายความเค็มตามแนวดิ่ง ของดินนากุ้งที่ศึกษามากกว่า 50 เซนติเมตรต่อปี

2.3 ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม แสดงว่า น้ำทะเลได้นำธาตุทั้งสองมาสะสมในดินนากุ้ง ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณแคลเซียม แสดงว่าแคลเซียมถูกชะล้างโดยน้ำทะเล สำหรับแมกนีเซียมแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า แต่เนื่องจากแมกนีเซียม ในดินนากุ้งมีปริมาณน้อยกว่าดินนาข้าว ดังนั้นแมกนีเซียมจึงถือว่าถูกชะล้างจากดินนากุ้ง

3. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณกำมะถัน

3.1 การเลี้ยงกุ้งจะทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณกำมะถันเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณกำมะถันจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

3.2 อินทรีย์วัตถุและน้ำทะเล อาจเป็นแหล่งที่มาของสารประกอบกำมะถันใน

ดินนากุ้ง

4. ปริมาณโซเดียม, โพแทสเซียม, แคลเซียม และ แมกนีเซียม

4.1 ปริมาณโซเดียม

4.1.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณโซเดียมในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณโซเดียมจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

4.1.2 โซเดียมสามารถเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งในดินนากุ้ง ได้ประมาณ 40-50 เซนติเมตรต่อปี

4.1.3 โซเดียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในหน้าตัดดินนากุ้งได้เร็วกว่าโพแทสเซียม 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 ในขณะที่ปริมาณโซเดียมจะลดต่ำลงเนื่องจากถูกดูดซับโดยดินชั้นบน (leaching zone) ทำให้สัดส่วนของแคลเซียมไอออนต่อโซเดียมไอออนสูงขึ้น ส่งผลให้โซเดียมไม่สามารถเข้าไปแทนที่ที่แคลเซียม

ได้อีก

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

4.4 ปริมาณแมกนีเซียม

4.4.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในดินลดต่ำลง

4.4.2 ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง มีผลทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในดินลดต่ำลง

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

ในช่วงความลึก 120-140 เซนติเมตรจากก้นบ่อ (transition 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 ทั้งนี้อาจเนื่องจากฟอสฟอรัสบริเวณก้นบ่อถูกดูดซับโดยอนุภาคของแร่ดินเหนียว และฟอสฟอรัสอีกส่วนหนึ่งอาจทำปฏิกริยากับปูนขาวเกิดเป็น

แคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก ฟอสฟอรัสจึงสะสมอยู่บริเวณก้นบ่อไม่สามารถชะล้างลงสู่ดินชั้นล่างได้

6. ปริมาณโลหะหนัก (แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี) และปริมาณจุลธาตุอื่น ๆ

6.1 ปริมาณแมงกานีส และปริมาณทองแดง จากผลการศึกษายังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่า มีการสะสมหรือการสูญเสียจากหน้าตัดดิน

6.2 ปริมาณสังกะสี

6.2.1 การเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณสังกะสีในดินเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสังกะสีจะลดลงตามความลึกหน้าตัดดิน

6.2.2 อินทรีย์วัตถุ และน้ำทะเล อาจเป็นแหล่งที่มาของสังกะสีในดินนากุ้ง

6.3 ปริมาณจุลธาตุอื่น ๆ

จากการศึกษา พบเพียงธาตุนิเกิล และแบเรียม ที่มีการสะสมในปริมาณเล็กน้อยในดินนากุ้ง ทั้งนี้ปริมาณนิเกิล และ แบเรียม ที่พบ อยู่ในระดับไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

บรรณานุกรม

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

"ก้าซพิษอุปสรรคของการเลี้ยงกุ้ง". 2532. ชาวแอควาสตาร์. 1(18), 10-12.

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

"จับตาอาวุธตานีอันตราย โรงงาน ชุมชน ตัวก่อมลพิษ". 2536. ฐานเศรษฐกิจ 710 (15-18 สิงหาคม 2536), หน้า 19.

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

ชฎา ผรงค์ฤทธิ์. 2525. "ผลกระทบจากการทำนากุ้งในพื้นที่ป่าชายเลนต่อสมบัติของดินบริเวณ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Impact of Shrimp Farm of Mangrove Soil Properties at Amphoe Kanchandit, Changwat Surat Thani)", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา)

ชัยนาม ศิลาพร. 2532. "การปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม", เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

โครงการพัฒนาพื้นที่ดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ถวิล ครุฑกุล และ คณัย วรรณวนิช. 2520. "การปรับปรุงดินแอลคะไลเค็มชุดท่าจีนเพื่อใช้ปลูกข้าว", วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. 10(2520) 317-327.

ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง). 2534. "กุ้งกุลาดำทำเจ็บ : ผลกระทบของการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อสภาพแวดล้อมและคน", แลใต้. 9(กันยายน-ตุลาคม 2534), 18-31.

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. "การศึกษาสมบัติทางแร่วิทยาและทางเคมีของดินป่าชายเลน จังหวัดระนอง (A study on mineralogical and chemical properties of mangrove soils in Ranong province)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์สาขาปฐพีศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา)

ปัญญา สุวรรณสมุทร. 2534. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ : โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

พัฒนาที่ดิน, กรม. กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2530. แผนการใช้ที่ดิน จังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พุทธ สองแสงจินดา และคณะ. 2532. ข้อสังเกตุเกี่ยวกับสมบัติดินบางประการในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. สงขลา : กรมประมง.

ยงยุทธ ปรีดาสัมพะบุตร และคณะ. 2532. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2532. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง.

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

ระโนด, อำเภอ. 2534. สรุปรายงานข้อราชการ : ภาวะเลี้ยงกุ้งกุลาดำของอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. 25 พฤษภาคม 2534.

ระโนด, อำเภอ. สำนักงานเกษตร. 2534. แนวทางการพัฒนาการเกษตร. สงขลา.

เสก มอญเจริญ. 2528. การใช้แผนที่และการรายงานการสำรวจดินสำหรับงานอนุรักษ์ดินและน้ำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 39. กรุงเทพฯ : กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กระทรวง. 2534. เรื่องการกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล. 7 มิถุนายน 2534.

วิสิทธ์ โชติดกุล. 2535. การติดต่อส่วนบุคคล

ศุภวัตร ยินทะหลาบ. 2512. "การทดลองล้างดินเค็มและปรับปรุงดินเค็มด้วยสารเคมี", ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2512. หน้า 394-396 กรุงเทพฯ : กรมการข้าว กระทรวงเกษตร.

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

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

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

สุกัญญา กันเมล์ และ เสาวลักษณ์ ตันติพงศ์อาภา. 2533. "การเปลี่ยนแปลงคุณภาพตะกอนดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา", ปัญหาพิเศษ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

สุรชาติ เพชรแก้ว และ สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. 2536. การศึกษาหาพันธ์ข้าวที่ทนทานต่อน้ำเค็มที่ระดับความเค็มต่าง ๆ. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

อารมย์ เชาวลิต. 2534. "การปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนธารน้ำจากการทำเหมืองแร่ตะกั่ว (Contamination of Heavy Metals in Stream Sediments from Lead Mining)", วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

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

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2521. "เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค", 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), 192-201.

Agriculture National Research, Subcommittee on Animal Nutrition. 1984. Nutrient Requirements of Poultry. 8th ed. Washington D.C. : National Academy Press.

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(1972), 176-179.

Anderson, J.M. and Ingram, J.S.I, eds. 1989. Tropical soil biology and fertility : A handbook of methods. UK : CAB International.

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.

Bhumbla D.R. and Abrol, I.P. 1978. "Saline and sodic soils" Soil and Rice. Manila : The International rice research institute.

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

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, 8th 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(1945), 39-45

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

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

Chen, J-C, *et al.* 1986. "Heavy metal concentrations in sea water from grass prawn hatcheries and the coast of Taiwan", Journal World Mariculture Society. 16(1986) 316-332.

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.

Cook, D.C. and Nelson, S.D. 1986. "Effect of seeding emergence in crust forming soils", Soil Science. 141(1986), 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), 111-115.

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. Manila : 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. EPA-R3-73-003. Washington, D.C. : U.S.Government Printing Office.

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

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.

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

Kennish, Michael J., ed. 1989. Practical Handbook of

Marine Science. Florida : CRC Press.

Krom, M.D. and Neori, A. 1989. "Important of water flow rate in Controlling water quality Processes in Marine and Fresh water Fish ponds", 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. USA : Wiley and Sons.

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.

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.

Randhawa, N.S. ; Sinha, M.K. and Takkar, P.N. 1978. "Micro nutrients", Soil and Rice. Manila : The International rice research institute.

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 aquaculture in the tropics : The problem of acid sulfate soils", FAO Fisheries Circulars. 791(1985), p.32.

Sritongsuk, C. 1990. "Relationship between shrimp culture and environment and mangrove forests", In Proceeding of Natural Resources and Environment Conservation of Thailand. pp 93-100. Sudara, S ; Nutalai, P and Panasawat, T. eds. Bangkok : Funny Publishing.

Suying, Guo. 1986. "Determination of oxidation reduction potential in penaeid prawn growing-up ponds", Marine Fish Research. 7(1986), 89-93.

Taylor, S.A and McLennan, S.M. 1981. "Race earth elements in sedimentary rocks", Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 301(1981), 212-220.

Tessier, A. ; P.G.C. Campbell and Bisson, M. 1979. "Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals", Analylical Chemistry. 51 (7), 844-851.

The International Rice Research Institute (IRRI). 1973. Annual Report for 1972. Manila, Philippines.

Thomas, Grant W. 1982. "Exchangeable Cation", Methods of Soil Analysis Part 2. pp. 159-160. Page, A.L. ; Miller R.H. and Keeney D.R. eds. Wisconsin : Soil Science Society of America.

Thongrak, S. 1990. "The Economic, Social and Environmental Impact of Shrimp Farming in Southern Thailand : A Preliminary Assessment", Songklanakarin Journal Science. 12(October-December 1990), 461-467.

Tisdale, S.L. ; Nelson, W.L. and Beaton, J.D. 1985. "Soil and fertilizer sulfur, calcium and magnesium", Soil Fertility and Fertilizers. New York : Mac. Publishing.

Turekian, K.K. 1968. Oceans. New York : Prentice Hall.

Turekain, K.K. and Wedepohl, K.H. 1961. "Distribution of the elements in some major units of the earth's crust", Geological Survey of America Bulletin. 72 (1961), 241-250.

Viets, F.G. and Lindsay, W.L. 1973. "Testing Soils for Zinc, Copper, Manganese, and Iron", In Soil Test and Plant Analysis. Walsh, Leo M and Beaton, James

D. eds. pp.153-172. Wisconsin : Soil Science Society of America.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. "An examination of the pegtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method", Soil Science. 37(1934), 29-38.

Zahow, M.F. and Amrhein, C. 1992. "Reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum", Soil Science Socity of American Journal. 56(1992), 1257-1260.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สภาพทั่วไปของอำเภอระโนด

1. ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภอระโนด เป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดสงขลา ตั้งอยู่บนคาบสมุทรสทิงพระ ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกภาคใต้ของประเทศไทย พื้นที่อยู่ประมาณเส้นรุ้งที่ 77 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100.3 องศาตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 490,083 ไร่ หรือ 784 ตารางกิโลเมตร อยู่ห่างจากตัวจังหวัดสงขลาระยะทางประมาณ 106 กิโลเมตร โดยทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1884 มีอาณาเขต ดังแสดงใน ภาพ ก.1 ดังนี้

ทิศเหนือ จดอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

ทิศใต้ จดอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา

ทิศตะวันออก จดอ่าวไทย

ทิศตะวันตก จดทะเลสาบสงขลา กิ่งอำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลา และอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง (อำเภอระโนด, สำนักงานเกษตร, 2534 : 2)

สำหรับบริเวณที่เก็บตัวอย่าง คือ บริเวณกิโลเมตรที่ 93-94 ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1884 ตำบลระวะ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

2. ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอระโนดเป็นพื้นที่ราบทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านตะวันตกเป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลสาบ ในฤดูฝนจะมีน้ำท่วมฉับพลันทุกปี และท่วมขังเป็นเวลานานทุกปี ในฤดูแล้งมักขาดแคลนน้ำ ส่วนทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบชายทะเล มีลักษณะเป็นเนินหาดทราย ยาวประมาณ 40 กิโลเมตร

3. ลักษณะดิน

ดินในเขตอำเภอระโนดส่วนใหญ่จะเป็นชุดดินบางกอก (อดีตกรมพัฒนาที่ดินจำแนกเป็นชุดดินระโนด : Ranot series) ดินชุดนี้พบเกิดอยู่บนพื้นที่ ๆ มีลักษณะเป็นที่ราบ มีความลาดชันร้อยละ 1-2 มีชั้นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงเลว ดินชั้นบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนดินร่วน หรือดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง มี pH เป็นกรดอ่อน (pH 5-6) สำหรับดินชั้นล่างมีเนื้อดินเป็นดิน

เหนียว หรือดินเหนียวปนทราย หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง มี pH 7-8 นอกจากนี้ชุดดินระโนดมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชปานกลางถึงสูง ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง โดยทั่วไปใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวในฤดูฝน และปลูกพืชไร่ในฤดูแล้งในบริเวณที่มีแหล่งน้ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, กองวางแผนการใช้ที่ดิน 2530 : 192)

4. แหล่งน้ำ แหล่งน้ำในอำเภอระโนดได้มาจาก 4 แหล่งหลักคือ

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

4.2 แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้จากทะเลสาบสงขลาตอนในและคลองธรรมชาติที่มีอยู่ประมาณ 10 คลอง

4.3 น้ำใต้ดิน จากข้อมูลทางอุทกธรณีของจังหวัดสงขลาพบว่าอำเภอระโนดมีน้ำใต้ดินกระจายอยู่ทั่วไป ปกติจะลึกไม่เกิน 20 ฟุต ปริมาณน้ำประมาณ 5-10 แกลลอนต่อนาที คุณภาพน้ำใต้ดินโดยทั่วไปดี ถึงกร่อยเล็กน้อย

4.4 แหล่งน้ำเค็ม อาศัยน้ำทะเลจากอ่าวไทยในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยอยู่ทางฝั่งตะวันออกของอำเภอ ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตลอดแนวความยาว 40 กิโลเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 32)

5. สภาพภูมิอากาศ

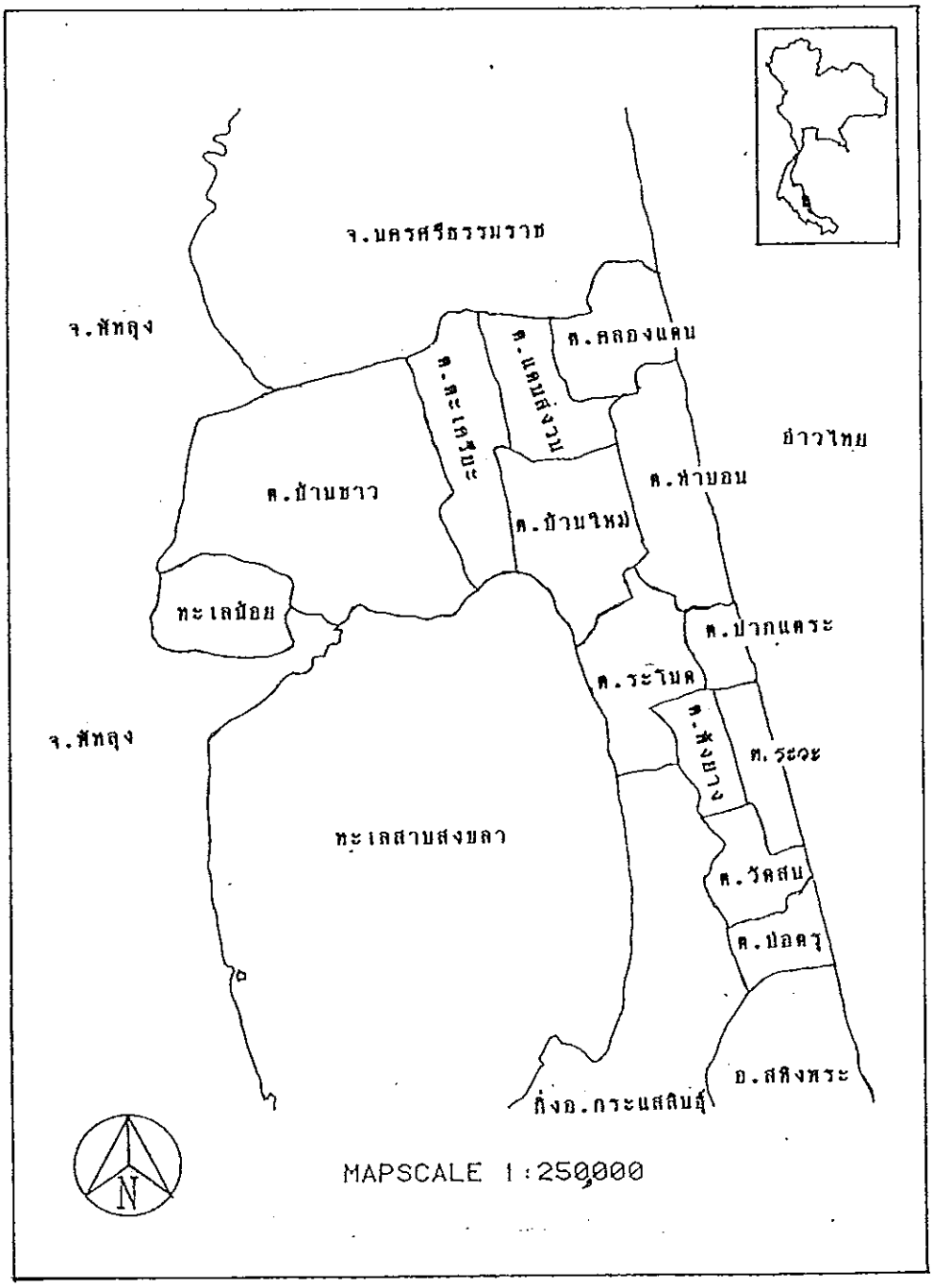
อำเภอระโนดมีภูมิอากาศแบบมรสุมในเขตร้อน อุณหภูมิอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่ตลอดปีและไม่ร้อนจัดจนเกินไป

5.1 ฤดูกาล แบ่งเป็น 2 ฤดูคือ

5.1.1 ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม โดยช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระยะนี้จะมีฝนตกน้อย เนื่องจากมีภูเขาซึ่งทอดยาวขวางทิศทางลมอยู่ ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคมจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะนี้จะมีฝนตกชุกและมีปริมาณมาก

5.1.2 ฤดูแล้ง เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ในระยะนี้ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลมร้อนชื้น จึงทำให้อากาศ

ภาพ ก.1 แผนที่สังเขปอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา



ร้อนชื้นโดยทั่วไป แต่อุณหภูมิจะไม่สูงขึ้นมากนัก เนื่องจากจังหวัดสงขลาอยู่ใกล้ทะเลทั้งสองด้าน

5.2 ปริมาณฝน ปริมาณน้ำฝนของอำเภอระโนดเฉลี่ย 1888.3 มิลลิเมตรต่อปี โดยเดือนพฤศจิกายนจะมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดเฉลี่ย 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 โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดจะอยู่ในเดือนเมษายน และอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีต่ำสุดจะอยู่ในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม

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

5.5 ลม ความเร็วของลมท้องถิ่นเฉลี่ยตลอดปี 5.5-12 น็อต และมีความเร็วลมสูงสุดในเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 76 น็อต ทั้งนี้ทิศทางของลมจะเป็นไปตามฤดูกาล คือ พัดมาจากทิศตะวันออกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และพัดมาจากทิศตะวันตก ถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม (กรมพัฒนาที่ดิน, กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 7-9)

6. สภาพการผลิตทางการเกษตร

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

6.1 สภาพการผลิตพืช เกษตรกรส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพด้านการปลูกพืชเป็นหลัก โดยเป็นพื้นที่ทำนาประมาณ 167,990 ไร่ รองลงมาคือปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นประมาณ 3,040 ไร่ พืชไร่ประมาณ 1,900 ไร่ และพืชผักประมาณ 1,000 ไร่

6.2 สภาพการผลิตสัตว์ เกษตรกรส่วนใหญ่จะเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้แรงงานเสริมรายได้และบริโภคในครัวเรือน โดยเป็นกิจกรรมที่เกื้อกูลซึ่งกันและกันในอาชีพ

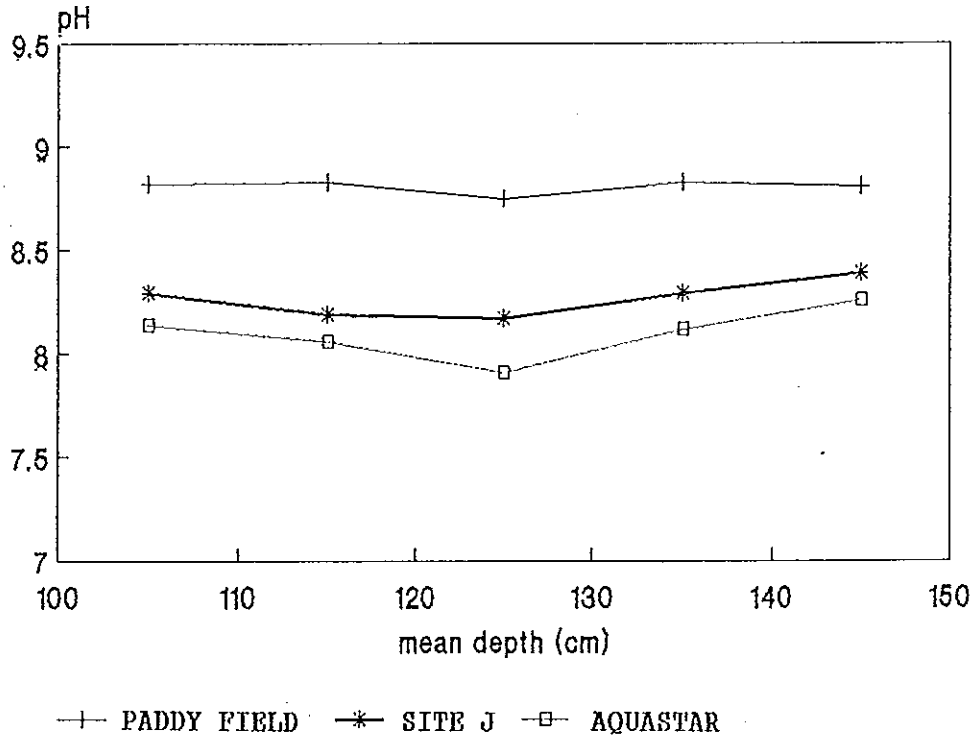
หลัก คือการทำนา มีการเลี้ยงโคประมาณ 7,870 ตัว กระบือประมาณ 2,100 ตัว สุกรประมาณ 6,025 ตัว และเป็ดไก่ประมาณ 152,942 ตัว

6.3 สภาพการผลิตทางการประมง เนื่องจากอำเภอระโนดเป็นอำเภอที่ติดทะเลทั้งสองด้าน ฉะนั้นเกษตรกรบางส่วนมีอาชีพทำการประมง และบางส่วนก็ยึดเป็นอาชีพเสริม โดยมีเกษตรกรที่ยึดอาชีพทำการประมงมีประมาณ 650 ครัวเรือน เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประมาณ 410 ครัวเรือน และเพาะเลี้ยงกุ้ง ประมาณ 794 ครัวเรือน (อำเภอระโนด,สำนักงานเกษตร, 2534 : 21)

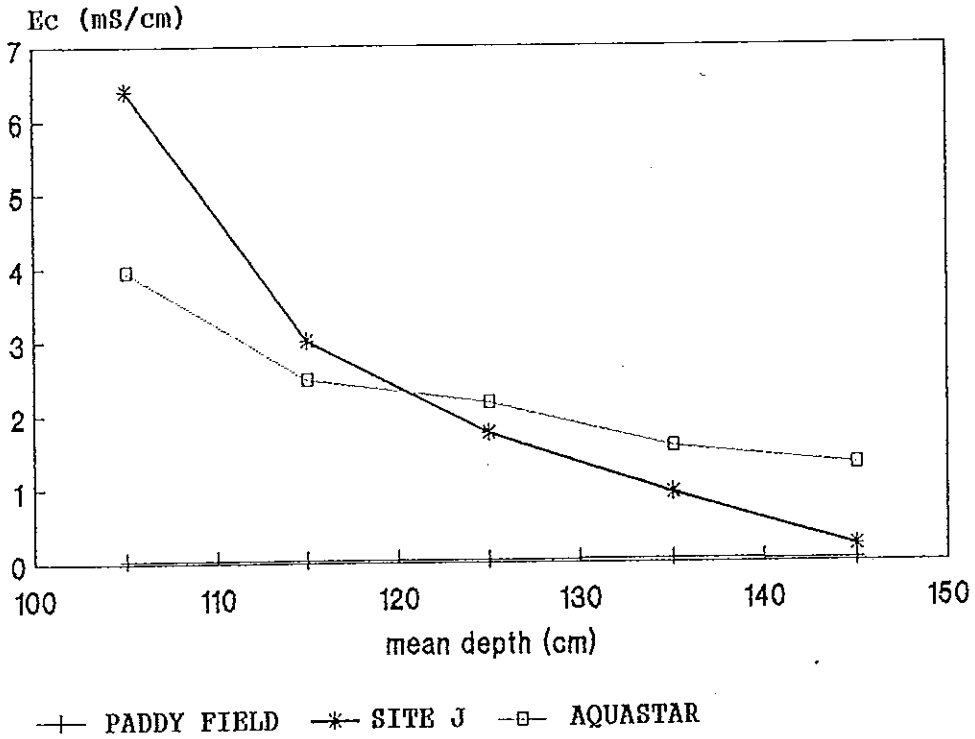
ภาคผนวก ข

ภาพประกอบ

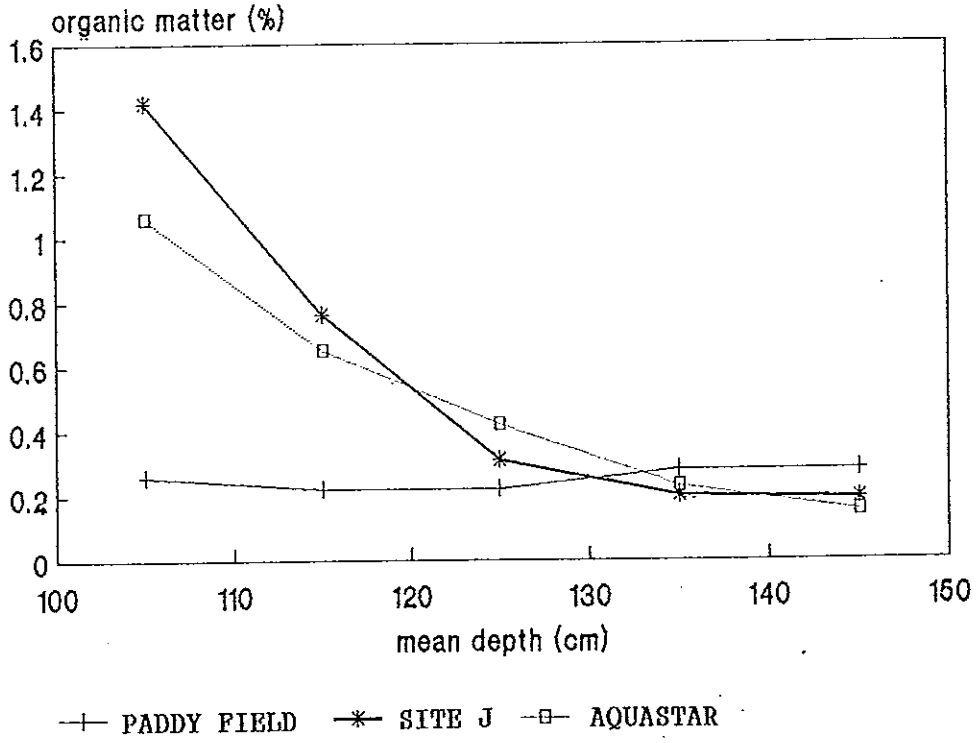
ภาพ ข.1 แสดงค่าเฉลี่ย pH ของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



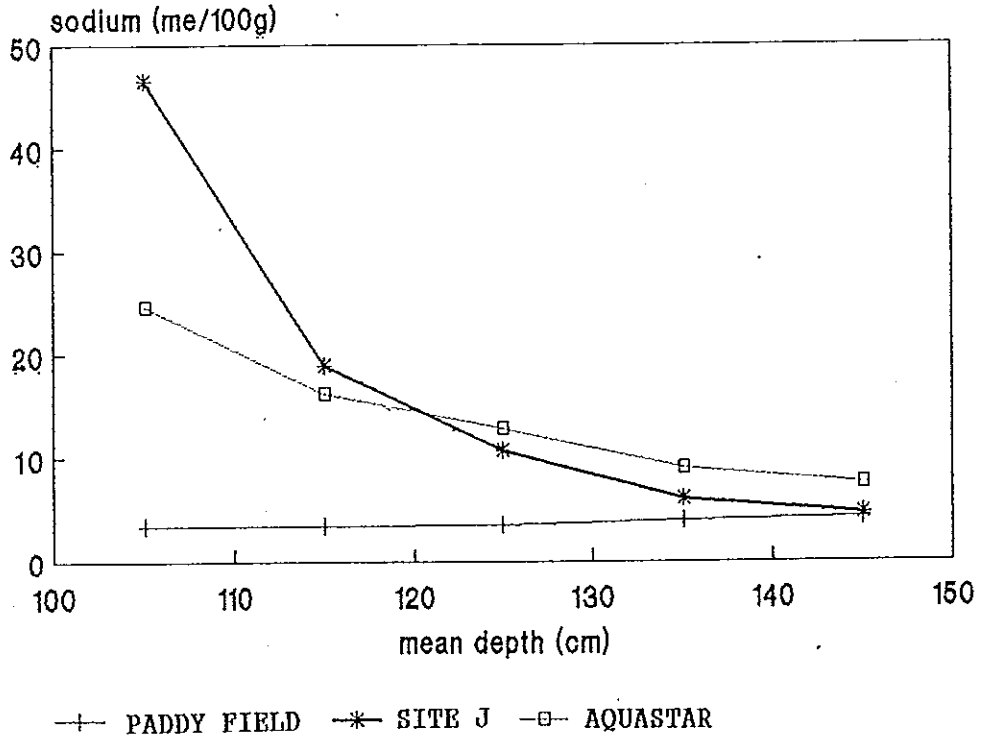
ภาพ ข.2 แสดงค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



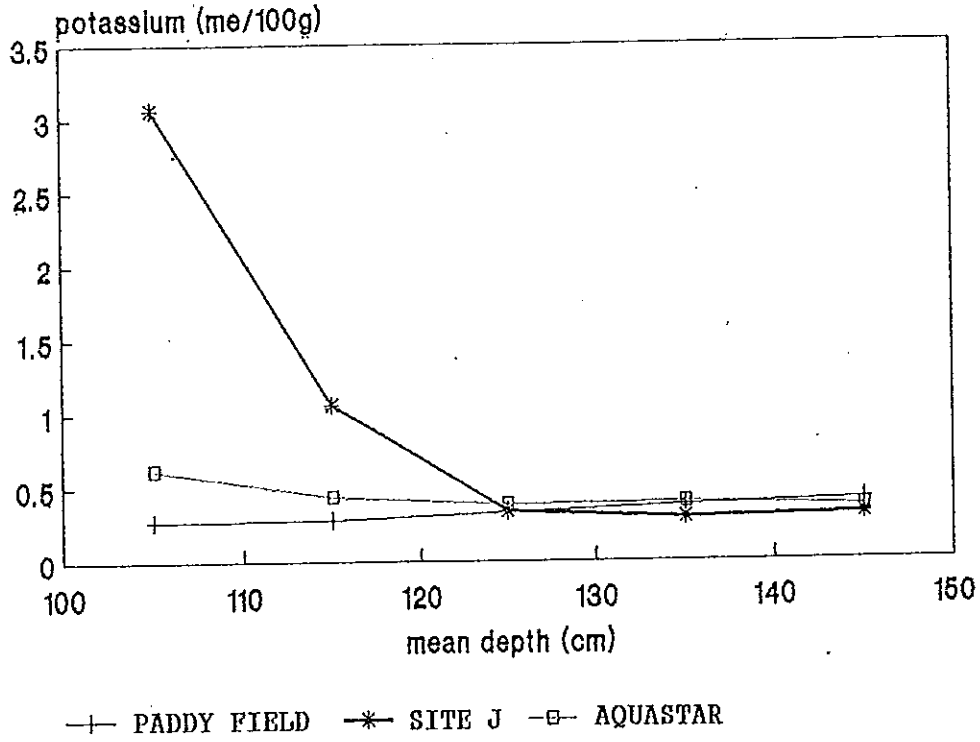
ภาพ ข.3 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



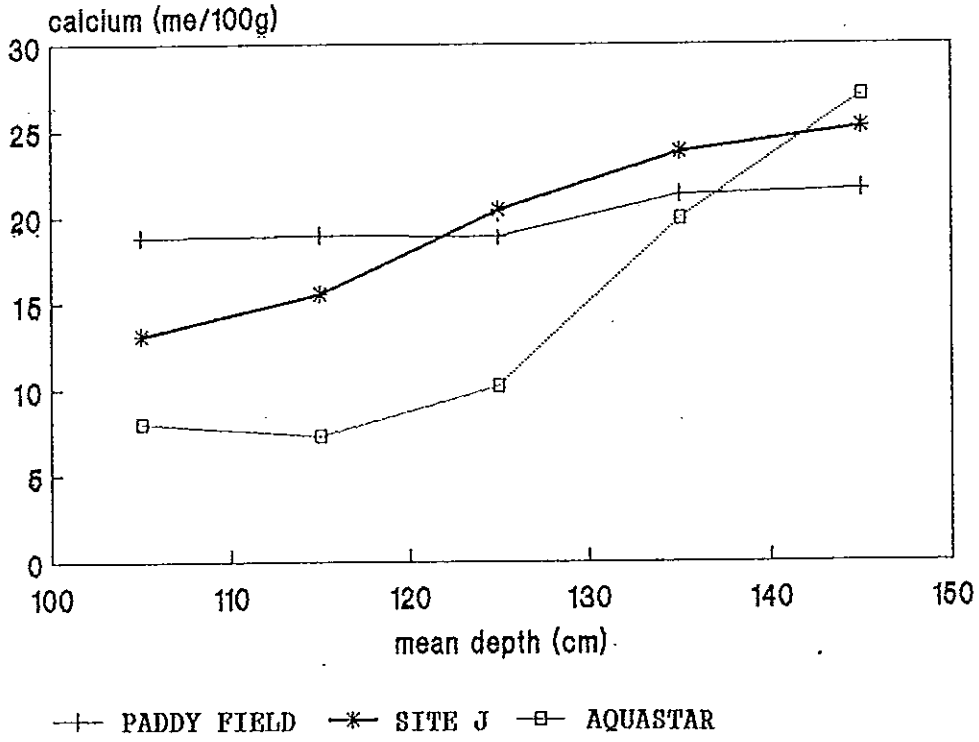
ภาพ ข.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



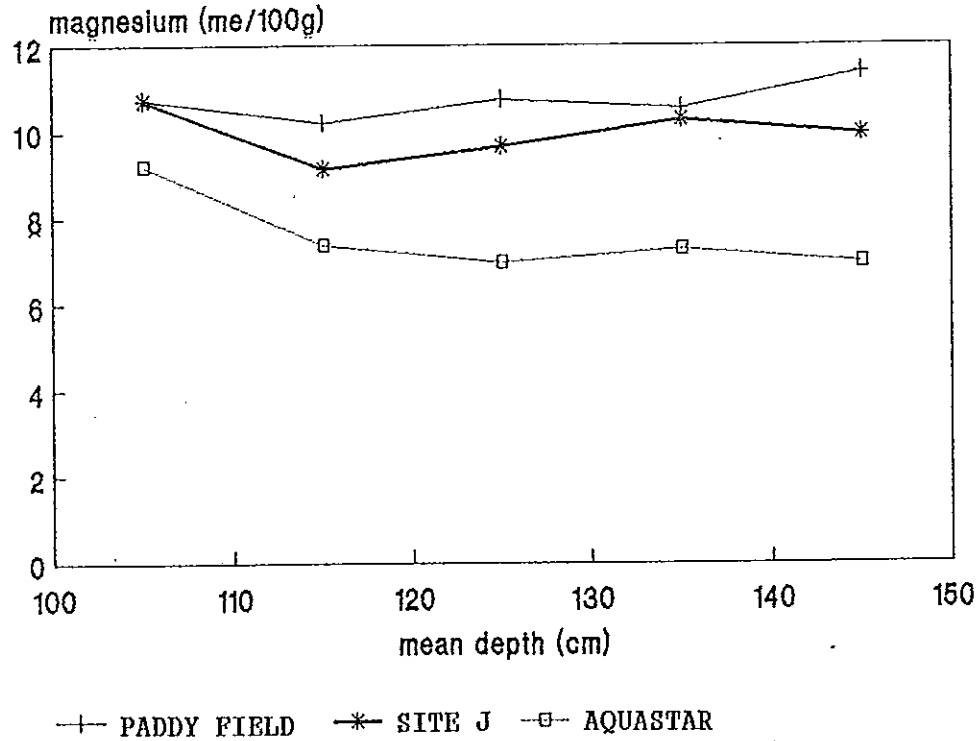
ภาพ ข.5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



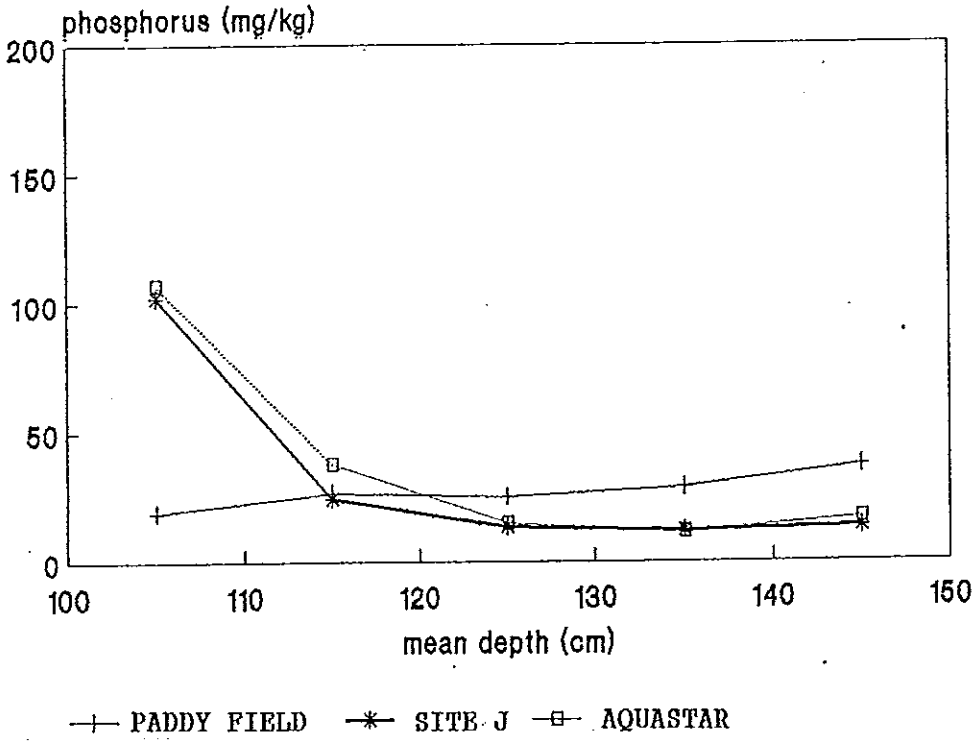
ภาพ ข.6 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



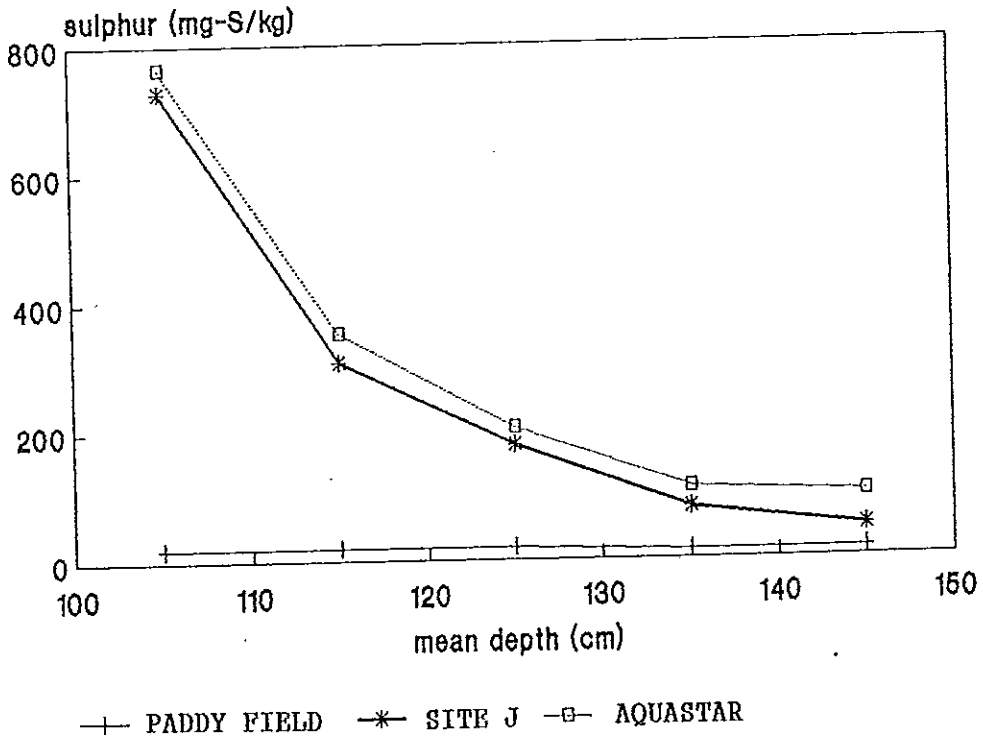
ภาพ ข.7 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



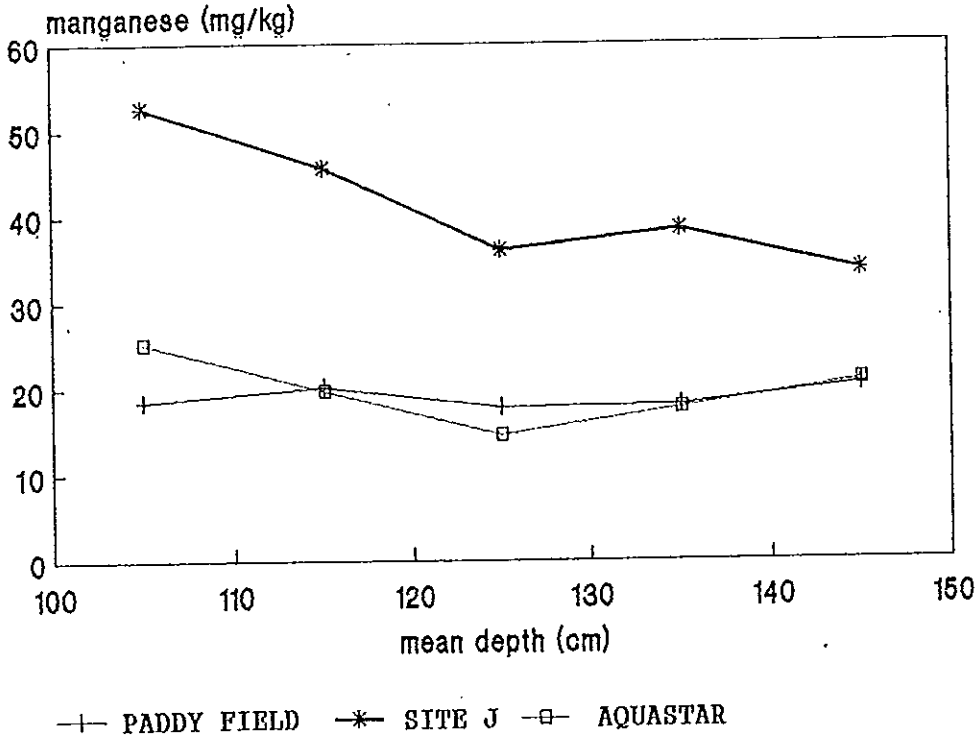
ภาพ ข.8 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



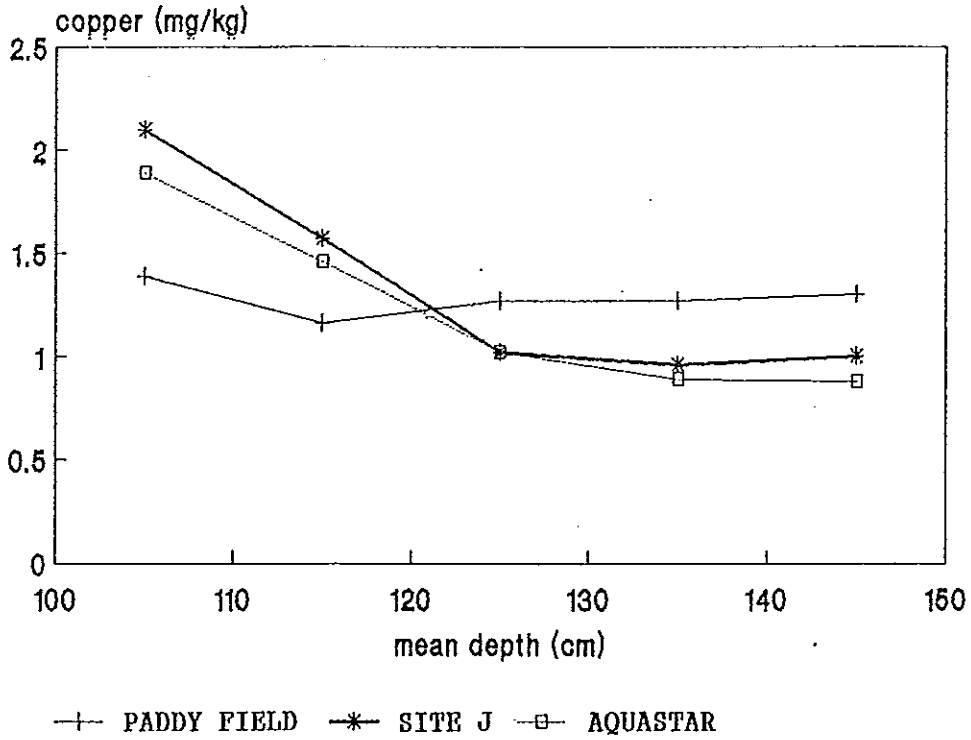
ภาพ ข.9 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกำมะถันของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



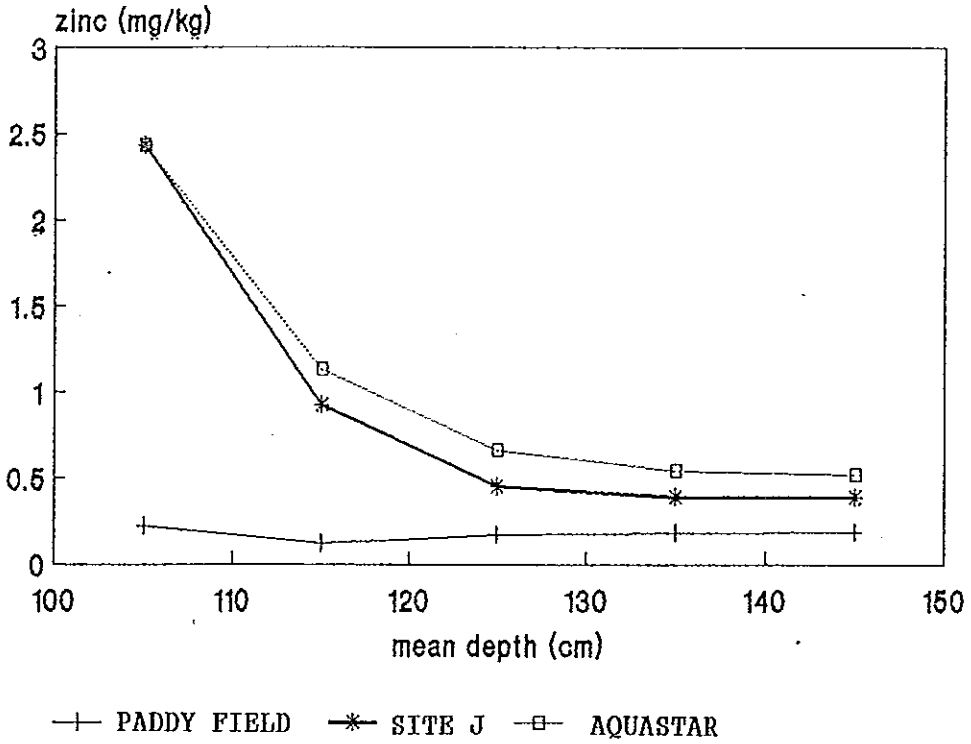
ภาพ ข.10 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณแมงกานีสของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



ภาพ ข.11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณทองแดงของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



ภาพ ข.12 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณสังกะสีของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ



ภาคผนวก ค

เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินสมบัติทางเคมีของดิน

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง [1] (pH) (ดิน : น้ำ = 1 : 2.5)

ระดับ (rating)	ช่วง (range)
เป็นกรดจัดมาก (extremely acid)	<5.0
เป็นกรดรุนแรงมาก (very strongly acid)	5.0-5.5
เป็นกรดรุนแรง (strongly acid)	5.6-6.0
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	6.1-6.5
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.6-7.0
เป็นกลาง (near neutral)	7.1-7.8
เป็นด่างอย่างอ่อน (slightly alkaline)	7.9-8.3
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	8.4-8.9
เป็นด่างรุนแรง (strongly alkaline)	9.0-9.5
เป็นด่างจัด (extremely alkaline)	>9.5

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/100g.soil)			
	exch.Ca	exch.Mg	exch.Na	exch.K
ต่ำมาก (VL)	<2	<0.3	<0.1	<0.2
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1	0.1-0.3	0.2-0.3
ปานกลาง (M)	5-10	1-3	0.3-0.7	0.3-0.6
สูง (H)	10-20	3.8-8	0.7-2	0.6-1.2
สูงมาก (VH)	>20	>8	>2	>1.2

หมายเหตุ

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)

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] ดัดแปลงจาก เสก มอญเจริญ (2525)

[2] ดัดแปลงจาก ยงยุทธ โอสถสภา (2524)

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

ภาคผนวก ง

ลักษณะของชุดดินบางกอก (ชุดดินระโนด)

ที่ตั้ง (location) : อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

สภาพพื้นที่ (General Landform) : ที่ราบลุ่มน้ำขัง (tidal flat)

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

ลักษณะของผิวดิน (surface character)

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 เนื้อดินละเอียดปานกลาง โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน

Btg1 25-48 - ดินเหนียว เนื้อดินละเอียดปานกลางโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน

เคมีของดิน

ชั้นดิน	ความลึก (cm)	pH (H_2O)	Exchangable Cation c mol(+)/kg				CEC c mol(+)/kg	CEC
			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
Btg1	25-48	6.50	3.80	18.70	0.30	25.80	24.50	38.90

ที่มา : กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ภาคผนวก จ

ปริมาณไอออนส่วนใหญ่ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล

ไอออนส่วนใหญ่ในน้ำทะเล	ความเข้มข้น (โมล/กิโลกรัม)
Na^{+}	0.483
Mg^{2+}	0.054
Ca^{2+}	0.011
K^{+}	0.011
Cl^{-}	0.562
SO_4^{2-}	0.029
HCO^{-}_3	0.003

ที่มา : Kennish, ed, 1962 : 56

ภาคผนวก ฉ

ส่วนประกอบของน้ำทะเล (ส่วนในล้านส่วนต่อน้ำหนัก)

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

ที่มา : Turekian, 1968 : 92

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินนาข้าว (paddy field) ดิน site J และ ดินบริษัทแอควาสตาร์ (Aquastar)

paddy field

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)			(ug/kg)	(ug-S/kg)	(ug/kg)	(ug/kg)	(ug/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	3.18	0.74			
	20-55(A1)	5.18	0.01	0.79	0.15	10.37	7.36	2.05	7.70	25.04	8.50	1.46	0.13			
	55-100(B1)	5.49	0.02	0.34	0.19	10.96	6.65	1.71	8.52	39.01	17.49	1.18	0.14			
	100-110	5.31	0.03	0.27	0.26	13.38	15.18	3.44	21.79	32.74	17.13	1.20	0.21	-10.64	18.22	-42.51
	110-120	5.88	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	-49.10
	120-130	5.76	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	5.91	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	5.87	0.04	0.25	0.41	14.20	18.92	4.27	37.95	19.45	17.75	1.41	0.15	-8.39	27.33	-50.78
2	0-15(AP)	5.48	0.01	1.46	0.19	5.03	3.97	1.04	8.03	74.08	66.77	2.24	0.61			
	15-69(A1)	5.54	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)	5.01	0.03	0.26	0.18	11.48	13.98	3.62	8.03	9.13	16.56	1.08	0.08			
	100-110	5.05	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	4.98	0.03	0.21	0.30	11.81	18.88	4.46	24.21	5.26	16.45	1.01	0.07	-4.61	-11.57	-45.86
	120-130	5.87	0.04	0.23	0.32	12.18	19.73	4.56	30.19	5.54	16.06	1.10	0.16	-5.25	12.93	-42.23
	130-140	5.98	0.04	0.28	0.43	13.98	30.91	5.70	31.84	9.27	14.79	1.00	0.16	-5.88	-6.57	-44.30
	140-153	5.90	0.04	0.30	0.46	14.96	32.08	6.37	43.27	6.34	15.87	1.11	0.20	-7.13	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)	5.30	0.01	0.92	0.19	11.89	7.22	1.65	8.43	14.59	9.81	1.51	0.12			
	41-100(B1)	5.70	0.02	0.47	0.18	11.19	18.49	1.81	12.58	14.80	10.26	1.25	0.12			
	100-110	5.61	0.03	0.25	0.25	13.94	21.23	2.13	17.75	15.78	18.51	1.97	0.31			
	110-120	5.64	0.02	0.25	0.27	12.44	23.01	2.32	35.70	15.52	18.63	1.30	0.12			
	120-130	5.63	0.03	0.25	0.35	13.65	18.77	3.44	21.95	11.37	20.94	1.51	0.21			
	130-140	5.60	0.03	0.32	0.36	14.22	24.06	3.48	26.30	10.33	21.77	1.52	0.23			
	140-150	5.67	0.02	0.23	0.36	13.41	23.64	3.27	29.62	11.27	27.59	1.39	0.23			

site J

DATA ANALYSIS FROM SITE J

SOLE 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	38.10	3.22	5.47	80.79	68.74	1.15	0.57			
	130-140	8.41	0.10	0.20	0.25	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	336.90	44.33	1.56	2.73	3.73	3.52	208.03
	110-120	8.23	2.98	0.91	1.29	11.05	14.14	18.77	22.07	354.05	40.41	1.04	1.08	4.86	-1.47	47.54
	120-130	8.32	1.40	0.27	0.29	11.11	20.43	8.72	6.59	123.23	57.65	0.67	0.35	8.53	5.59	-38.61
	130-140	8.39	0.05	0.18	0.23	11.41	30.76	2.54	5.65	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	1.01	1.93	-34.85
2/3	100-110	8.15	5.99	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	1.13	0.60			
	120-130	8.28	0.09	0.34	0.26	13.27	12.95	5.31	8.05	118.10	20.31	1.00	0.26			
	130-140	8.31	0.05	0.15	0.25	15.48	13.85	3.94	9.53	92.56	71.26	1.03	0.30			
	140-150	8.48	0.05	0.21	0.23	16.21	19.19	3.26	9.19	31.91	53.08	1.23	0.34			
10/1	100-110	8.50	5.45	1.19	3.31	15.20	17.21	38.33	133.71	516.60	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	0.49			
	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	39.93	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	36.50	0.94	0.46			
10/2	100-110	8.35	8.19	1.63	3.57	17.20	13.57	57.24	96.09	913.71	44.80	2.14	2.56	-9.00	-17.41	158.35
	110-120	8.33	3.45	0.93	1.44	13.78	12.38	22.54	30.33	349.12	54.94	1.72	1.28	-7.83	-13.76	79.45
	120-130	8.38	2.30	0.41	0.51	16.99	21.52	13.68	14.73	222.73	27.58	0.97	0.52	-5.70	-45.27	-14.64
	130-140	8.54	1.95	0.17	0.38	14.25	24.03	5.83	10.64	94.57	44.07	0.87	0.34	-5.65	-31.03	-43.83
	140-150	8.68	0.97	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	93.88	858.09	77.49	2.34	2.85			
	110-120	8.25	3.70	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	31.59	5.60	14.67	24.43	18.38	1.34	0.44			
11/1	100-110	8.30	5.35	1.12	2.59	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	38.55	38.41	0.69	0.43			
11/2	100-110	8.26	6.89	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	497.43	54.79	2.64	1.29	-4.74	7.11	181.20
	120-130	8.12	3.35	0.42	0.59	16.19	8.40	19.15	21.19	306.91	52.08	1.33	0.88	-4.74	21.89	-33.53
	130-140	8.23	2.20	0.21	0.28	17.06	16.30	11.89	17.73	174.67	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	49.30	-38.06
11/3	100-110	8.15	5.62	1.44	2.94	13.84	7.70	38.95	98.14	632.49	32.59	2.45	2.13			
	110-120	7.59	4.00	1.35	1.58	12.31	6.77	26.05	44.38	413.29	40.10	2.64	1.30			
	120-130	7.32	3.78	0.51	0.30	14.38	9.45	15.17	22.39	253.65	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	31.55	12.77	1.29	0.45			

Aquastar

DATA ANALYSIS FROM AQUASTAR 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	987.42	32.15	2.89	4.52	7.93	13.96	72.99
	110-120	7.81	2.30	0.76	0.36	8.44	4.46	19.29	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	339.57
	130-140	7.75	1.35	0.15	0.11	3.12	34.46	7.37	23.12	89.11	10.02	0.78	0.46	5.97	31.93	42.04
	140-150	8.43	0.09	0.02	0.08	2.39	16.64	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	13.27	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	3.20	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	24.93	142.55	655.14	23.49	1.98	1.87			
	110-120	8.91	2.85	0.87	0.37	10.06	8.28	17.63	28.14	348.90	13.06	1.50	0.85			
	120-130	7.82	2.39	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	31.94	134.23	6.17	1.00	0.56			
	140-150	8.31	3.10	0.09	0.08	4.69	25.38	13.92	40.04	207.41	20.74	0.91	0.54			
14/1	100-110	8.07	2.55	1.33	0.66	10.77	8.24	18.08	322.04	1104.71	41.08	2.43	3.79			
	110-120	8.17	3.22	0.85	0.39	10.25	5.99	19.70	105.19	462.19	34.14	2.25	3.26			
	120-130	7.77	2.78	0.49	0.35	10.45	5.13	17.91	25.38	263.61	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	0.63			
	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	103.93	1247.42	47.78	2.20	3.91	5.70	20.64	69.72
	110-120	7.89	3.05	0.74	0.35	10.32	5.58	19.37	15.06	593.01	30.73	1.29	1.09	4.62	9.36	371.50
	120-130	8.01	2.50	0.49	0.39	11.14	14.66	13.39	11.10	193.85	23.73	0.88	0.64	-9.07	11.47	15.74
	130-140	8.21	1.72	0.19	0.21	9.60	23.22	8.30	7.09	115.28	25.10	0.76	0.70	4.87	32.72	-32.16
	140-150	8.21	1.55	0.23	0.08	11.72	35.41	7.31	6.74	84.45	25.68	0.80	0.61	4.04	-15.91	-36.38
14/3	100-110	8.19	1.80	1.13	0.59	9.94	5.22	13.12	331.47	892.52	33.15	1.39	3.17			
	110-120	8.38	2.15	1.04	0.53	9.85	5.89	16.26	112.35	504.82	44.35	3.00	2.10			
	120-130	7.91	3.55	0.54	0.33	11.93	5.68	16.34	13.36	405.58	11.60	1.01	0.69			
	130-140	7.83	2.15	0.38	0.41	12.16	3.28	12.69	5.97	136.07	11.94	0.87	0.51			
	140-150	8.04	1.48	0.29	0.35	11.49	10.33	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	304.65	14.19	1.51	0.70			
	110-120	8.55	1.20	0.21	0.43	6.86	8.98	7.43	6.31	124.99	13.44	0.85	0.65			
	120-130	8.54	1.05	0.17	0.33	6.25	18.94	6.53	4.32	98.61	32.45	0.79	0.43			
	130-140	8.55	3.09	0.21	0.73	9.33	30.73	6.50	4.47	88.45	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	9.37	27.57	3.47	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	3.42	0.85	0.44			
	130-130	7.32	2.40	0.24	0.30	3.31	17.75	10.17	7.19	152.75	5.19	0.79	0.39			
	130-140	7.39	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	8.51	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	5.43	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	3.26	304.32
	130-140	7.93	1.45	0.27	0.43	5.44	3.28	5.32	4.76	57.36	16.49	1.27	0.52	5.22	-23.92	32.53
	140-150	7.94	1.79	0.22	0.67	8.27	25.35	7.37	5.11	114.33	16.57	1.23	0.54	3.27	7.25	-35.15

ภาคผนวก ฌ

ผลการวิเคราะห์ธาตุ นิเกล (Ni) พลวง (Sb) และแบเรียม (Ba)

ความลึก (cm.)	นาข้าว		site J			แอควาสตาร์		
	No.1	No.2	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
ปริมาณนิเกล (ppb)								
0-10	-10.6	-5.38	3.78	-9.00	-5.77	7.98	5.70	5.96
11-20	-4.11	-4.61	4.86	-7.83	-8.74	3.74	4.62	4.37
21-30	-6.91	-5.25	8.53	-6.70	-4.74	5.03	-0.07	5.23
31-40	-4.62	-6.88	6.18	-5.65	-8.80	5.97	4.87	6.22
41-50	-8.29	-7.12	2.01	-10.1	-8.72	2.22	4.04	3.27
ปริมาณพลวง (ppb)								
0-10	18.2	-3.89	3.52	-17.4	-0.31	14.0	20.6	-18.3
11-20	39.5	-11.6	-1.47	-13.7	7.11	-4.93	9.36	-36.56
21-30	9.61	12.9	5.99	-45.8	21.9	8.82	11.5	8.26
31-40	24.3	-6.57	-16.9	-21.0	6.07	21.8	22.7	-23.9
41-50	27.3	28.7	1.92	4.01	40.3	26.9	-15.0	7.25
ปริมาณแบเรียม (ppb)								
0-10	-42.5	-45.2	208	159	199	73.0	69.7	310
11-20	-48.1	-45.9	47.5	79.5	181	364	272	308
21-30	-51.7	-42.2	-38.6	-14.8	-23.5	240	15.7	204
31-40	-46.2	-44.3	-32.5	-43.8	-71.9	42.0	-22.2	32.5
41-50	-50.8	-44.2	-34.9	-40.9	-38.1	-43.8	-36.4	-36.2

หมายเหตุ No. คือจำนวนตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เช่นนาข้าวใช้เพียง 2 ตัวอย่าง

ภาคผนวก ฌ

สารละลายที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างดิน

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

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

ภาคผนวก ฎ

ปริมาณโลหะหนักที่กำหนดในน้ำเพื่อ การชลประทาน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การบริโภค น้ำบาดาล และปริมาณที่เข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน (daily intake)

	ชลประทาน[1] (mg/l)	เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ[2] (mg/l)	น้ำบาดาล[3] (mg/l)	บริโภค[4] (mg/l)	daily intake[5] (mg)
Zn	2.0	< 0.1	15.0	15.0	12.0
Cu	0.2	< 0.05	1.5	1.5	3.2
Mn	0.2	< 0.1	0.5	0.5	5.0
Cr	0.1	< 0.1	-	0.05	0.06
Hg	-	-	0.001	0.001	0.02
Cd	1.0	< 0.005	0.01	0.01	0.018-0.2
Pb	5.0	< 0.05	0.05	0.05	0.3
Ni	0.2	-	-	-	0.45
Ba	-	-	-	1.0	16.0

1 ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำเพื่อการชลประทาน

ที่มา : Environmental Studies Board, 1972

2 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ที่มา : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2534

3 เกณฑ์อนุโลมสูงสุดมาตราฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2520

4 เกณฑ์อนุโลมสูงสุดมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2521

5 ปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน

ที่มา : Schroeder, 1965

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายพิภพ ปราบพรงค์		
วัน เดือน ปีเกิด	18 พฤศจิกายน 2506		
วุฒิการศึกษา	วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2529

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน –