การเปรียบเทียบคุณภาพดินและน้ำบางประการของบ่อกุ้งกุลาดำ(*Penaeus monodon*) ที่มีผลผลิตต่ำและสูง : กรณีศึกษาที่ ตำบลหน้าสตน อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

The Comparison of Some Soil and Water Properties between Low and High Yield Ponds of Giant Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) : A Case Study at Tambon Na Saton Amphoe Hua-Sai Changwat Nakhon Sri Thammarat

โกเมนทร์ บุญเจือ

Komane Booncher

Order Key 30271

BIB Key 160796

เลขหมู่ S593 N94 2542 ค. 2

เลขทะเบียน 5 ก.ค. 2542

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management

Prince of Songkla University

2542

ชื่อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบคุณภาพดินและน้ำบางประการของบ่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่มีผลผลิตต่ำและสูง : กรณีศึกษาที่ ตำบลหน้าสตน อำเภอหัวไทรจังหวัดนครศรีธรรมราช
ผู้เขียน	นายโกเมนทร์ บุญเจือ
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ โตวัฒนะ)

.....กรรมการ
(นายยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิจการ ศุภมาตย์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ โตวัฒนะ)

.....กรรมการ
(นายยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิจการ ศุภมาตย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เริงชัย ตันสกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โรจนัจฉริย์ ด่านสวัสดิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบคุณภาพดินและน้ำบางประการของบ่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่มีผลผลิตต่ำและสูง : กรณีศึกษาที่ตำบลหน้าสตน อำเภอหัวไทรจังหวัดนครศรีธรรมราช
ผู้เขียน	นายโกเมนทร์ บุญเจือ
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

จากการศึกษาคุณภาพดินและน้ำในบ่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) แบบพัฒนาในปี พ.ศ. 2540 ที่อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 12 บ่อ ซึ่งจัดแบ่งเป็นกลุ่มได้แก่กลุ่มที่แบ่งตามผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพดินได้แก่ pH E.C. อินทรียวัตถุ TKN และ TP ส่วนคุณภาพน้ำได้แก่ค่าความโปร่งแสง D.O ค่าความเป็นด่าง pH ความเค็ม แอมโมเนียรวม โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 14 วันเป็นเวลา 126 วัน พบว่าบ่อที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูง ในช่วงแรกมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน TKN ในดิน E.C. ในดิน แอมโมเนียรวมในน้ำต่ำ และ TP ในดินสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยพบว่า TKN ในดินและแอมโมเนียรวมในน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในกลุ่มของอัตรารอดและน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันตามลำดับ ส่วนพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อถึงระยะสุดท้ายของการเลี้ยงบ่อที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงมีค่า อินทรียวัตถุในดิน TKN ในดิน TP ในดิน และค่าความเป็นด่างของน้ำสูง ค่า E.C. ของดิน ค่าความเค็มของน้ำ ค่า D.O. ของน้ำ และค่าแอมโมเนียรวมของน้ำต่ำ โดยทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นค่าแอมโมเนียรวมของน้ำที่มีความแตกต่างทางสถิติเฉพาะกลุ่มที่เปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน พารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกได้แก่ ค่า TKN ของดินกับแอมโมเนียรวมของน้ำ ค่าอินทรียวัตถุของดินกับ TKN ของดิน ค่าอินทรียวัตถุของดินกับ TP ของดิน ค่า TKN ของดินกับ TP ของดิน และค่าความเค็มของน้ำกับค่า E.C. ของดินโดยมีค่า r เท่ากับ 0.67 0.92 0.81 0.84 และ0.54 ตามลำดับ พารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบได้แก่ ค่าแอมโมเนียรวมของน้ำกับ pH ของน้ำ ค่า TKN ของดินกับ pH ของน้ำ ค่าความเค็มของดินกับ pH ของดินกับค่า TP ของดินกับความโปร่งแสงของน้ำ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.75 0.64 0.51 และ0.56 ตามลำดับ พารามิเตอร์ของดินและน้ำที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตในเชิง

Thesis Title	The Comparison of Some Soil and Water Properties between Low and High Yield Ponds of Giant Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) : A Case Study at Tambon Na Saton Amphoe Hua-Sai Changwat Nakhon Si Thammarat
Author	Mr. Komane Booncher
Major Program	Environmental Management
Academic Year	1998

Abstract

The soil and water samples collected from 12 ponds of intensive Giant Tiger shrimp (*Penaeus monodon*) farming every 14 day during the 126 day raising period at Amphoe Huasai, Nakhon Si Thammarat Province, in 1997 were chemically and physically analyzed for pH, electrical conductivity (EC), organic matter, total Kjeldahl nitrogen (TKN) and total phosphorous (TP) of the soil samples and for transparency, dissolved oxygen (DO), alkalinity, pH, salinity and total ammonia of the water samples. Production of ponds were categoried into 3 bases according to yield (AY), survival rate (SR) and average daily growth (ADG). Each basis was divided into 3 different pond groups (ie. high medium and low) and correlated with the analysis results.

The results revealed that at the beginning of the observation, the groups with high yield, survival rate and average daily growth possessed low organic matter, TKN, EC, total ammonia but high TP. However, TKN and total ammonia of high SR and ADG groups were statistically lower than those of other groups ($P < 0.05$), whereas the rest of the parameters showed no significant difference among the different groups. At the end of the observation, the groups with high AY, SR and ADG had statistically higher amounts of organic matter, TKN, TP and alkalinity than those of other groups ($P < 0.05$), while the reverse was true for EC, salinity, DO and total ammonia except that the significant difference for the total ammonia was found only among the ADG groups. Most of the positive correlation among the parameters were found as follows, TKN vs. total ammonia, organic matter vs. TKN, organic matter vs. TP, TKN vs. TP and water salinity vs. EC of soil with correlation coefficient (r) of 0.67, 0.92, 0.81, 0.84 and 0.54

respectively, whereas most of the negative correlation among the parameters were observed in total ammonia vs. water pH, TKN vs. water pH, EC vs. soil pH, TP vs. transparency with the correlation coefficient (r) of 0.75, 0.64, 0.51 and 0.56 respectively. Furthermore, the correlations of yield with TKN, TP, total ammonia and organic matter are positive with partial correlation coefficient (r^2) of 0.87, 0.025, 0.011 and 0.014 respectively, whilst the negative ones of yield with DO and water pH both have partial correlation coefficient (r^2) of 0.004 The partial correlation coefficient (r^2) of 0.578, 0.185, 0.018 and 0.016 were found between average daily growth with TP, EC, water salinity and TKN respectively. The results of this study suggest that the shrimp farm management for sustainable utilization includes cleaning up shrimp ponds to increase the pond capacity in absorbing waste during raising activity to maintain TKN level lower than 1400 ppm. as well as washing the pond with fresh water for reducing soil salinity. Transparency of water should be maintianed at the level not less than 20 cm. and D.O. measurement should be conducted at the lowest level of ponds. Furthermore, eradicating plankton in waste water prior to drain into natural water body and constructing a central waste water treatment plant are recommended. Limiting the numbers of shrimp farms and designating suitable area for shrimp farming should take into consideration the capacity of ecosystem.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงด้วยดีจากความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไขข้อบกพร่อง จากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ผศ.ดร. ประวิทย์ โตวัฒนะ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคือ อาจารย์ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และ รศ.ดร.กิจการ ศุภมาตย์ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เริงชัย ตันสกุล และผศ.ดร.โรจนัจฉริย์ ด่านสวัสดิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาในการสอบ เสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้น

ขอขอบพระคุณภาควิชาธรณีศาสตร์ และหน่วยงานปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่เอื้อเฟื้อ อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างดิน ขอขอบพระคุณทางบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ช่วยเหลือทางด้านทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบพระคุณคุณเด่นศักดิ์ วรลักษ์สิทธิ์และคุณวันดี จันทราชและเจ้าหน้าที่ของฟาร์มทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ขอขอบคุณ คุณธีรวุธ อ่ำปลอด คุณจักรกริส กสิสุวรรณที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดินมาส่ง ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ตลอดจนพี่ น้องและเพื่อนคณะการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ

ขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ขึ้นมาได้ และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมดมา ณ โอกาสนี้ด้วย

โกเมนทร์ บุญเจือ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(14)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(18)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	5
วัตถุประสงค์	31
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	31
2 วิธีการวิจัย	32
วัสดุและอุปกรณ์	32
วิธีการดำเนินงานวิจัย	
การวางแผนในการเก็บตัวอย่าง	38
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและน้ำ	41
วิธีประมวลผลและสรุปผลการวิจัย	45
3 ผล	48
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ของดินและน้ำ	48
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน	80
ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับการผลิต	89
4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผล	92
วิเคราะห์และวิจารณ์ผลสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ของดินและน้ำ	92
วิเคราะห์และวิจารณ์ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน	104

หน้า

วิเคราะห์และวิจารณ์ผลความสัมพันธ์ของคุณภาพดินและน้ำ
ที่มีต่อกุ้งและสิ่งแวดล้อม 113

5 สรุป 121

บรรณานุกรม 129

ภาคผนวก 138

ประวัติผู้เขียน 202

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 จำนวนผู้เลี้ยงเนื้อที่การเลี้ยง ผลผลิตและมูลค่าของกุ้งทะเล ปี2515-2537	2
1.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีของดินบางประการ	7
1.3 ระดับของธาตุต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ที่สร้างในเขตอัลบามา สหรัฐอเมริกา	8
1.4 ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของน้ำทะเลโดยทั่วไปที่ระดับปริมาณคลอรีน (Chlorinity)19 ‰ และระดับความเค็ม (Salinity) 34.325 ‰	9
1.5 ผลของระดับก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ในน้ำที่มีต่อกุ้งกุลาดำ	14
2.1 ข้อมูลทั่วไปของบ่อที่เก็บตัวอย่าง	39
3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่ม ที่มีผลผลิตต่าง ๆ	49
3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่ม ที่มีอัตรารอดต่าง ๆ	49
3.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่ม ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ	49
3.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ของดิน (ms/cm)ตลอดระยะเวลาการเก็บ ข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ	52
3.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ของดิน (ms/cm)ตลอดระยะเวลาการเก็บ ข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ	52
3.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ของดิน (ms/cm)ตลอดระยะเวลาการเก็บ ข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ	52
3.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ	55
3.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ	55
3.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ	55

ตาราง หน้า

3.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 58
3.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 58
3.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 58
3.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 61
3.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TPของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 61
3.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 61
3.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 64
3.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 64
3.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 64
3.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DO (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 67
3.20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DO (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 67
3.21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DO (มก./ล.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 67
3.22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 70
3.23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 70

ตาราง หน้า

3.24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 70

3.25 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยpH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 73

3.26 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 73

3.27 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 73

3.28 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 76

3.29 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 76

3.30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 76

3.31 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 79

3.32 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 79

3.33 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 79

3.34 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับปริมาณผลผลิตของกุ้งกุลาดำ 90

3.35 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ 91

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุ TKN และ TP ในดินพื้นบ่อ 109

4.2 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบหลักของแม่น้ำที่พบในน้ำทั่วโลกเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำทะเล 110

ตาราง หน้า

4.3 การเปลี่ยนแปลง pH ของดินและไอออนที่แลกเปลี่ยนได้
ในที่น้ำขังเมื่อใส่เกลือเข้าไปในปริมาณต่าง ๆ 111
5.1 สรุปความสัมพันธ์ของคุณภาพดินและน้ำ 124
5.2 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ดินและน้ำกับผลผลิตของกุ้งกุลาดำ 125
5.3 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ดินและน้ำกับอัตรา
การเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ 125

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 หน้าตัดดินพื้นบ่อพื้นบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	7
1.2 การเคลื่อนที่ของสารละลายและ Particulate substances ระหว่างดินกับน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	10
1.3 การดูดยึดระหว่างน้ำกับสารประกอบอินทรีย์และน้ำกับผิวของของแข็งที่มีประจุลบด้วยพันธะไฮโดรเจน	11
1.4 การแพร่ของมวลสารต่าง ๆ ภายในบ่อระหว่างดินกับน้ำ	12
1.5 การเคลื่อนย้ายของฟอสเฟตโดยแพลงค์ตอนพืช	12
1.6 การเกิดกรดฮิวมิกในดิน (Humicfication process)	16
2.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ	33
2.2 อุปกรณ์เก็บดิน	33
2.3 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ	33
2.4 เครื่องวัดความเค็ม (Salinometer)	34
2.5 Secchidisk	34
2.6 เครื่องชั่งไฟฟ้า	34
2.7 UV-VIS Spectrophotometer	35
2.8 เครื่องย่อยไนโตรเจน	35
2.9 ชุดเครื่องกลั่นไนโตรเจน	35
2.10 Electrical conductivity meter	36
2.11 pH meter	36
2.12 Hotplate	36
2.13 เตาเผาอุณหภูมิสูง	37
2.14 อุปกรณ์บดและร่อนดิน	37
2.15 ตู้ดูดควัน	37
2.16 สภาพของบ่อที่ใช้เก็บตัวอย่าง	40
2.17 ลักษณะดินนากุ้งที่เก็บ	40

ภาพประกอบ หน้า

3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่ม
ที่มีผลผลิตต่าง ๆ 50
3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่ม
ที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 50
3.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่ม
ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 50
3.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ของดิน (ms/cm)ตลอดระยะเวลาการเก็บ
ข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 53
3.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ของดิน (ms/cm)ตลอดระยะเวลาการเก็บ
ข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 53
3.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EC ของดิน (ms/cm)ตลอดระยะเวลาการเก็บ
ข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 53
3.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง)
ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 56
3.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง)
ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 56
3.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง)
ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 56
3.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลา
การเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 59
3.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลา
การเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 59
3.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลา
การเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 59
3.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลา
การเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 62
3.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TPของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลา
การเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 62

ภาพประกอบ หน้า

3.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP ของดิน (ม.ก./ก.ก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 62
3.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 65
3.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 65
3.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 65
3.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DO (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 68
3.20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DO (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 68
3.21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DO (มก./ล.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 68
3.22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 71
3.23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 71
3.24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.)ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 71
3.25 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยpH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 74
3.26 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 74
3.27 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 74
3.28 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 77

ภาพประกอบ หน้า
3.29 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 77
3.30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 77
3.31 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ 80
3.32 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ 80
3.33 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลของกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ 80
3.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN ของดินกับปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำ 81
3.35 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียรวมกับ pH ของน้ำ 82
3.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN ในดินกับค่า pH ของน้ำ 83
3.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุกับ TKN ในดิน 84
3.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุกับค่าฟอสฟอรัสรวมในดิน 85
3.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN กับฟอสฟอรัสรวมในดิน 86
3.40 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มของน้ำกับค่าการนำไฟฟ้าของดิน 87
3.41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มของน้ำกับค่าปฏิกริยาดิน 88
3.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟอสฟอรัสรวมในดินกับค่าความโปร่งแสงของน้ำ 89
4.1 วงจรการแปรสภาพของฟอสฟอรัสในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 98
4.2 การปลดปล่อยแอมโมเนียจาก Nucleic acid 106
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำต่อการผลิตกุ้ง 124

ตัวย่อและสัญลักษณ์

ADG = Averange Daily Growth

Alk = Alkalinity

AY = Average yield

EC = Electrical conductivity

MBW = Mean body weight

OM = Organic matter

SR = Survival rate

TKN = Total Kjedahl Nitrogen

Tran = Transparency

บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรสัตว์น้ำทะเลทำให้ปริมาณสัตว์น้ำในธรรมชาติมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความต้องการบริโภคกลับสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกุ้งกุลาดำซึ่งทำรายได้เข้าประเทศปีหนึ่ง ๆ หลายหมื่นล้านบาท โดยเริ่มจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติเมื่อประมาณปี 2490 ซึ่งจะไม่มีการให้อาหารและอาศัยพันธุ์กุ้งจากธรรมชาติ จนถึงปี 2527 จึงได้เริ่มมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่จังหวัดสมุทรสงครามเป็นแห่งแรกและได้ขยายตัวออกไปอย่างกว้างขวาง (ยนต์ มุสิก, 2531 : 1) ได้แสดงไว้ในตาราง 1.1 ซึ่งปัจจุบันแหล่งเพาะเลี้ยงที่สำคัญได้แก่ภาคใต้ รองลงมาคือภาคตะวันออก ในส่วนของภาคใต้นั้นจากผลการสำรวจตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2537-กันยายน พ.ศ. 2538 มีพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลที่จดทะเบียนแล้ว 139,984.45 ไร่และไม่ได้จดทะเบียน 101,189.45 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่มีการเลี้ยงกุ้งมากที่สุดคือ จังหวัดนครศรีธรรมราช 78,943.90 ไร่ รองลงมาคือสุราษฎร์ธานี 66,164.9 ไร่ จังหวัดที่มีการขยายพื้นที่การเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุดคือจังหวัดสตูล และจังหวัดที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำน้อยที่สุดคือจังหวัดนราธิวาส (ทองเพชร สันบูกา, 2539 : 2) การเลี้ยงกุ้งถึงแม้ว่าจะทำรายได้อย่างเป็นจำนวนมากให้กับประเทศแต่ในทางกลับกันกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมากมายและย้อนกลับมาสู่ผู้เลี้ยงกุ้งเองทำให้เกิดปัญหาไม่สามารถดำเนินการผลิตได้อย่างเป็นปกติปัญหาดังกล่าวในเขตภาคใต้พอสรุปได้ดังนี้

จังหวัดชุมพร มีกุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับของทุกอำเภอที่มีการเลี้ยง ถึงแม้ว่าจะไม่มีการดูดเลนก้นบ่อเลี้ยงกุ้ง มีปัญหาน้ำเปลี่ยนสี (Euthrophication) ทุกอำเภอปีละ 1 ครั้ง และเกิดขึ้นที่ชายทะเล เกิดปัญหาปลาเป็นโรคและปลาตายในธรรมชาติ โดยไม่ทราบสาเหตุ

จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับ อำเภอไชยา และอำเภอดอนสัก มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายตลอดทั้งปีและมีปัญหาการดูดเลนที่อำเภอเมืองและอำเภอท่าชนะ

จังหวัดนครศรีธรรมราช มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับทุกอำเภอเกิดขึ้นปีละ 1-3 ครั้ง ปัญหาดูดเลนก้นบ่อเลี้ยงกุ้งมีในทุกอำเภอ ปัญหาน้ำเปลี่ยนสี(Euthrophication) และปัญหาปลาตายในธรรมชาติเกิดขึ้นที่อำเภอเมือง และอำเภอท่าศาลา

จังหวัดพัทลุง มีปัญหาการดูดเลนก้นบ่อที่อำเภอปากพยูน ปัญหาน้ำเปลี่ยนสีปีละไม่ต่ำกว่า 4 ครั้งและมีปัญหาปลาตายในธรรมชาติปีละครั้ง

ตาราง 1.1 จำนวนผู้เลี้ยง เนื้อที่การเลี้ยงกุ้งทะเล ผลผลิต และ มูลค่า ปี 2515-2537

ปี (พ.ศ.)	จำนวนราย	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2515	1,154	56,602	991.000	20.500
2516	1,462	71,678	1,635.000	35.300
2517	1,518	75,576	1,775.000	43.200
2518	1,568	80,422	2,538.290	81.800
2519	1,544	76,850	2,533.330	79.450
2520	1,437	77,567	1,589.540	56.090
2521	3,045	151,055	6,394.830	349.160
2522	3,378	154,222	7,064.070	460.590
2523	3,572	162,727	8,063.050	458.910
2524	3,657	171,619	10,727.870	657.260
2525	3,943	192,453	10,090.770	765.680
2526	4,327	222,107	11,549.850	950.370
2527	4,519	229,949	13,006.750	1,024.010
2528	4,939	254,805	15,840.560	1,348.420
2529	5,534	283,548	17,885.830	1,737.580
2530	5,899	279,812	23,566.470	3,449.320
2531	10,246	342,364	55,632.840	7,900.550
2532	12,545	444,785	93,494.500	11,072.190
2533	15,072	403,787	118,227.050	14,365.360
2534	18,998	470,826	162,069.690	19,835.110
2535	19,403	454,975	184,884.321	25,500.142
2536	20,027	449,292	225,514.303	32,425.341
2537	22,198	457,793	263.445.960	39,745.252

ที่มา : กรมประมง, 2539 : 8

จังหวัดระนอง มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับ อำเภอเมืองมีปัญหาดูดเลนก้นบ่อในคลองบางนาและคลองบางผึ้ง อำเภอกะเปอร์มีปัญหาการดูดเลนก้นบ่อเลี้ยงกุ้ง และมีปัญหาปลาตายในธรรมชาติในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม

จังหวัดภูเก็ต อำเภอเมืองมีปัญหากุ้งตายก่อนถึงเวลาจับปีละ 1 ครั้ง อำเภอถลางมีปัญหากุ้งตายหลายหน มีปัญหาดูดเลนก้นบ่อ และมีปัญหาปลาตายในธรรมชาติในช่วงหน้าฝน

จังหวัดพังงา มีปัญหากุ้งตายก่อนถึงเวลาจับในรอบปีที่ อำเภอเมือง อำเภอตะกั่วทุ่ง อำเภอตะกั่วป่า อำเภอคุระบุรี ปัญหาดูดเลนก้นบ่อที่ อำเภอตะกั่วป่า และ อำเภอคุระบุรี ปัญหาปลาตาย ในธรรมชาติเกิดขึ้นที่ อำเภอเมือง อำเภอตะกั่วทุ่ง อำเภอคุระบุรี เกิดขึ้นปีละครั้งในช่วงฤดูฝน

จังหวัดกระบี่ มีปัญหาใน อำเภออ่าวลึก กุ้งตายก่อนจับปีละ 1 ครั้ง มีปัญหาดูดเลนก้นบ่อ และปัญหาปลาเป็นโรคตายปีละ 2 ครั้งอำเภออื่นยังไม่มีปัญหา

จังหวัดตรัง มีปัญหากุ้งตายก่อนถึงเวลาจับ อำเภอกันตัง อำเภอปะเหลียน กิ่งอำเภอหาดสำราญ สำหรับอำเภอปะเหลียนและอำเภอสิเกามีปัญหาการดูดเลนก้นบ่อและมีปัญหาปลาตายในธรรมชาติปีละครั้ง

จังหวัดสตูล มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับที่ อำเภอเมือง อำเภอละงู อำเภอทุ่งหว้า มีปัญหาการดูดเลนก้นบ่อเลี้ยงกุ้ง และปัญหาน้ำเปลี่ยนสี (Euthrophication) ในทุกอำเภอที่มีการเลี้ยงกุ้ง ปัญหาปลาตายในธรรมชาติมีที่อำเภอเมืองและอำเภอละงู เกิดขึ้นปีละครั้ง

จังหวัดปัตตานี มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับ อำเภอเมือง อำเภอปานาเระ อำเภอยะหริ่ง อำเภอไม้แก่น มีปัญหาการดูดเลนก้นบ่อในอ่าวปัตตานี และน้ำเปลี่ยนสี

จังหวัดสงขลา มีปัญหากุ้งที่เลี้ยงตายก่อนถึงเวลาจับ อำเภอหาดใหญ่ อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอจะนะ มีปัญหาดูดเลนก้นเลี้ยงกุ้งบ่อที่ อำเภอเมือง อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ มีปัญหาน้ำเปลี่ยนสี (Euthrophication) ที่อำเภอสทิงพระ อำเภอจะนะ และมีปัญหาปลาตายในธรรมชาติที่ อำเภอเมือง อำเภอสทิงพระ อำเภอจะนะ และอำเภอควนเนียง (ทองเพชร สันบูกา, 2539 : 3-4)

เห็นได้ว่าปัญหาที่สำคัญคือกุ้งตายก่อนถึงกำหนดจับซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากโรคระบาด ทำให้ต้องพักการเลี้ยงไประยะเวลาหนึ่งจากนั้นก็กลับมาทำการเลี้ยงใหม่อันมีสาเหตุมาจากแรงจูงใจด้านราคาที่แม้จะต้องจับกุ้งก่อนกำหนดแต่เกษตรกรก็ยังคงได้กำไรซึ่งสภาพการนี้เห็นได้ชัดเจนในพื้นที่เขตภาคใต้และถึงแม้ว่าจะเลี้ยงจนจับได้แต่ปริมาณผลผลิตต่อไร่หรืออัตราการเจริญเติบโตก็ไม่สามารถทำได้ดีเมื่อเทียบกับรุ่นแรก ๆ ที่เลี้ยง สำหรับการเกิดโรคระบาดนั้นคุณภาพดินและน้ำที่ใช้

เลี้ยงกุ้งก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการแพร่ระบาดของโรคกุ้ง ในบริเวณเพาะเลี้ยงกุ้งใดขาดการจัดการเลี้ยงที่ดีและถูกต้องตามหลักวิชาการก็จะทำให้คุณภาพดินและน้ำบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและแพร่ระบาดของโรคกุ้งอย่างรุนแรงจนไม่สามารถทำการเลี้ยงกุ้งได้ อันนำไปสู่ปัญหานากุ้งร้างดังที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไปหลักจากที่มีพื้นที่ใช้เลี้ยงกุ้งไปได้ระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ปัญหาของนากุ้งร้างที่เห็นรุนแรงที่สุดได้แก่เขตจังหวัดสมุทรสงครามและสมุทรสาครโดยพื้นที่ชายทะเลทั้งหมดเมื่อนำมาประเมินศักยภาพในการเลี้ยงกุ้งทะเลพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดมีอยู่ 31,355 ไร่ แต่จากรายงานของกรมประมงพบว่าพื้นที่เลี้ยงกุ้งทั้ง 2 จังหวัดนี้รวมกันแล้วมีถึง 62,751.75 ไร่ ซึ่งแน่นอนว่าพื้นที่บางส่วนไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งตามศักยภาพจึงทำให้คุณภาพดินเกิดการเปลี่ยนแปลงไปหลังจากใช้พื้นที่เลี้ยงกุ้งแล้ว (สุกาญจนวดี มณีรัตน์, 2539 : 19) ประกอบกับปัญหาด้านคุณภาพน้ำซึ่งบริเวณนี้เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก ถึงแม้ว่าจะมีความพยายามที่จะเลี้ยงกุ้งอีกแต่ก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ล้วนเป็นผลกระทบที่ถึงกันเป็นลูกโซ่ พื้นที่ที่เลี้ยงกุ้งในปัจจุบันที่มีอยู่จำนวนมากทำอย่างไรที่จะใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า ยาวนานที่สุดเพราะพื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งแล้วยากต่อการฟื้นฟู บูรณะ และยังเป็นการลดการบุกรุกหรือเปิดพื้นที่ใหม่เพื่อทำการเลี้ยงกุ้งอันเป็นการทำลายทรัพยากรดิน ป่าชายเลน คุณภาพน้ำ และสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องขบคิดกันต่อไป นอกจากนั้นการเปิดพื้นที่เพื่อเลี้ยงกุ้งในปัจจุบันได้ขยายตัวไปสู่ที่ราบลุ่มน้ำจืดแถบภาคกลาง เช่นจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม หรือทางภาคตะวันออกได้แก่จังหวัดปราจีนบุรี ได้วิวัฒนาการโดยปรับสภาพน้ำจืดมาเป็นน้ำกร่อยด้วยวิธีนำน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือผสมกับน้ำจืดเพื่อให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของกุ้งซึ่งวิธีนี้จะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวต่อไป (รังสรรค์ อิ่มเอิบ, ประสิทธิ์ ตันประภาศ และ สมศรี อรุณินท์, 2539 : 32-33) จนทำให้รัฐบาลโดยนายกรัฐมนตรีต้องมีคำสั่งที่ 2/2541 ลงวันที่ 22 ก.ค. 2541 ห้ามทำการเลี้ยงกุ้งในเขตน้ำจืด (กรุงเทพธุรกิจ, 2541 : จ3) ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2541(ประชาชาติธุรกิจ, 2541 : 6) ในเขต 26 จังหวัดและให้คณะทำงานติดตามผลกระทบห้ามเลี้ยงกุ้งกุลาดำออกหลักเกณฑ์จำแนกพื้นที่ใน 8 จังหวัดที่น้ำทะเลขึ้นถึง กำหนดเป็นพื้นที่ใดห้ามเลี้ยงและพื้นที่ใดเลี้ยงได้ ถ้าไม่มีการควบคุมปัญหาสิ่งแวดล้อมก็อาจจะเกิดขึ้นเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น

การเลี้ยงกุ้งนั้นไม่ใช่เป็นสิ่งที่เลวร้ายถึงแม้ว่ามีผลกระทบหลาย ๆ อย่างตามมาถ้าสามารถทำให้การเลี้ยงกุ้งมีความยั่งยืนหรือสามารถที่ใช้ประโยชน์ในพื้นที่ได้ยาวนานขึ้น ลดการบุกรุกพื้นที่แห่งใหม่ ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องเร่งหาทางแก้ไข ดังนั้นการจัดการสิ่งแวดล้อม

ต้องเข้ามามีบทบาท การรักษาสิ่งแวดล้อมมิให้เกิดภาวะมลพิษเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำ ด้วยเหตุที่ "สิ่งแวดล้อมดีกุ้งจึงอยู่รอด" เพื่อการเลี้ยงกุ้งที่มั่นคงและยั่งยืน (กรมประมง, 2539 : 1-2)

สิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลได้แก่คุณภาพน้ำและคุณภาพดินซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างมากส่งผลโดยตรงกับผลผลิตกุ้งในบ่อ (Boyd, *et al.* 1994 : 514) และก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งครั้งใหม่ควรที่จะมีการตรวจสอบสมบัติดินและน้ำเพื่อลดการเสี่ยงการตายของกุ้ง (สุกาญจนวดี มณีรัตน์, 2539 : 24) คุณภาพดินมีความสำคัญต่อผลผลิตของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดินที่อยู่ใกล้เคียงกันอาจมีความสามารถในการผลิตแตกต่างกัน คุณภาพน้ำที่ดี สภาพแวดล้อมในบ่อที่ดี การจัดการที่เหมาะสม การเลือกใช้ปัจจัยการผลิตที่ดีจะส่งผลต่อผลผลิตของกุ้ง ดังนั้นการศึกษาถึงคุณภาพดินและน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่ให้ผลผลิตแตกต่างกันจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสังเกตุ เลือกทำการศึกษาบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งที่ให้ผลผลิตแตกต่างกัน ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันและมีกรรมวิธีในการเลี้ยงและการจัดการแบบเดียวกันโดยใช้ผู้เพาะเลี้ยงบุคคลเดียวกัน เพื่อให้สภาพแวดล้อมของบ่อ การจัดการและควบคุมปัจจัยการผลิตทุกอย่างเหมือนกันหรือให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด ตลอดจนปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ ผลของการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางที่บ่งบอกถึงความแตกต่างของคุณภาพดินและน้ำของบ่อที่มีผลผลิตแตกต่างกันตลอดจนความสัมพันธ์ของคุณภาพดินและน้ำทำให้สามารถทำการจัดการสิ่งแวดล้อมให้มีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งอย่างมีถาวรภาพหรือยั่งยืน เพื่อลดการทำลายทรัพยากรป่าชายเลน ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ พื้นที่ชายฝั่งและระบบนิเวศน์

2. การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงกุ้งที่จะประสบความสำเร็จได้ต้องมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกันหลายประการนับตั้งแต่คุณภาพดินและน้ำที่ดี การจัดการที่ถูกต้องเหมาะสม ทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออก ดังสรุปได้ดังนี้

2.1 ดินและน้ำกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ดินและน้ำเป็นสิ่งแวดล้อมที่สำคัญยิ่งของสัตว์น้ำ ถ้าสิ่งแวดล้อมนั้นมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ก็ย่อมทำให้สัตว์น้ำนั้นแข็งแรง เจริญเติบโตดีเพราะบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นจะเป็นที่อยู่อาศัย เป็นสื่อกลางในการให้ออกซิเจน อาหาร แร่ธาตุตลอดจนเป็นที่รองรับของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่าย จากเศษอาหารที่ตกค้าง แล้วหมุนเวียนเอาของเสียเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ (เจียมจิตต์ บุญสม, 2523 : 1)

โดยทั่วไปในสมัยก่อนมักจะใช้พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลได้แก่บริเวณป่าชายเลน แต่ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลได้กระจายไปทั่วในบริเวณที่น้ำเค็มสามารถเข้าไปถึงซึ่งในระยะยาวจะก่อให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มและปัญหาสิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากน้ำเสียที่ระบายออกจากนากุ้งสู่พื้นที่ใกล้เคียง (รังสรรค์ อิ่มเอิบ, ประสิทธิ์ ตันประภาศ และสมศรี อรุณินท์, 2539 : 28) ซึ่งเป็นการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งตามศักยภาพโดยพิจารณาจากสมบัติของดินที่มีการเปลี่ยนแปลง (สุกาญจนวดี มณีรัตน์, 2539 : 1)

การทำนากุ้งจะต้องมีการดันหน้าดินมาทำเป็นคันบ่อเลี้ยงกุ้ง ดังนั้นดินในบ่อจึงเป็นดินชั้นล่างซึ่งโดยทั่วไปแล้วดินชั้นล่างจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อนำน้ำทะเลเข้ามาเลี้ยงกุ้งทำให้สมบัติต่าง ๆของดินเสื่อมโทรมลงไปกว่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิมดังตาราง 1.2

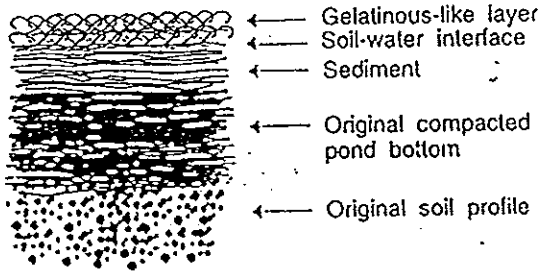
พื้นบ่อเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงกุ้งเพราะว่ากุ้งเป็นสัตว์ที่ดำรงชีวิตอยู่บริเวณพื้นบ่อและพื้นบ่อจะส่งผลโดยตรงกับคุณภาพน้ำ หลังจากที่มีการเลี้ยงแล้วควรจะมีการนำตะกอนออกแล้วตากบ่อให้แห้งจากนั้นทำการปรับพื้นบ่อให้เรียบและมีความลาดเอียงเพื่อง่ายต่อการระบายน้ำ ในบางแห่งจะมีการระบายน้ำออกตรงบริเวณกลางบ่อ (Central drain) หลังจากนั้นมักจะมีการใช้กากชา ปุ๋ยตลอดจนสารเคมีเช่นคลอรีน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อคุณภาพดิน ดินบางพื้นที่ตะกอนโคลนอาจมีปัญหาโดยเฉพาะบ่อที่เป็นกรด ซึ่งเกิดจากการที่แร่ไพไรท์ (FeS_2) ที่อยู่ในดินถูกเติมอากาศ (Oxidation) เปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบจาโรไซท์ (Jarosite) และเมื่อถูกเติมอากาศต่อไปจะกลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) เพิ่มความเป็นกรดให้กับดินซึ่งหน้าตัดของพื้นบ่อโดยทั่วไปแสดงไว้ดังภาพประกอบ 1.1

เมื่อพิจารณาในส่วนของน้ำที่มีความสัมพันธ์กับดิน คุณภาพน้ำที่ดีจะมีผลกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ในธรรมชาติน้ำจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ประการคือ ก๊าซ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ตลอดจนสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ๆ ทั้งที่มีชีวิตและที่ตายแล้ว ในกลุ่มของสารอินทรีย์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งสามารถที่จะเพิ่มเติมลงไปได้ในกรณีที่ไม่เพียงพอ ในส่วนที่เป็นก๊าซเช่น N_2 O_2 CO_2 สามารถพบได้ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ ส่วนก๊าซอีกพวกหนึ่ง เช่น NH_3 H_2S CH_4 มักจะพบภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างออกไป (Boyd, 1982 : 6) ซึ่งมักจะพบในบ่อที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหนาแน่นในสภาพที่ขาดหรือมีออกซิเจนน้อย (ชาญยุทธ ดงภิรมย์ชื่น, 2533 : 79)

ตาราง 1.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีของดินบางประการ

ตัวแปร	ดินนาข้าวชั้นบนลึก 0-20 เซนติเมตร	ดินนากุ้งลึก 100-120 เซนติเมตร	สัดส่วนตัวแปร นากุ้ง : นาข้าว
PH	5.62	8.17	1.45
Ec (ms/cm.)	0.01	3.96	369
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

ที่มา : พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 71



ภาพประกอบ 1.1 หน้าตัดดินพื้นที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ที่มา : Boyd, 1995 : 17

ก๊าซที่มีความสำคัญในบ่อที่มีการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต (ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533 : 28-37) ปัจจัยที่ควบคุมปริมาณของก๊าซที่สำคัญได้แก่ ความเค็ม ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ ความลึกและขบวนการทางชีวภาพ (Nicol, 1961 : 13-14)

ในส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ที่พบโดยทั่วไปประกอบด้วย Ca^{2+} Mg^{2+} Na^{+} PO_4^{3-} K^{+} HCO_3^{-} CO_3^{2-} Cl^{-} และSO_4^{2-}จะพบในสัดส่วนและปริมาณแตกต่างกันไปดังตาราง 1.3 และ 1.4 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในตาราง 1.3 จะมี Ca^{2+} และ HCO_3^{-} เป็นแคตไอออนและแอนไอออนหลัก แสดงว่าเป็นน้ำจืด ส่วนตาราง 1.4 จะมี Na^{+} Mg^{2+} Cl^{-} และ SO_4^{2-}เป็นไอออนหลัก แสดงว่าเป็นน้ำทะเล (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 : 178) ธาตุเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นไปในลักษณะของปัจจัยตัวจำกัด (สมสุข มัจฉาชีพ, 2528 : 81)

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำ

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับอัตรารอด อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิต ของปลาและกุ้งในบ่อ ส่วนพื้นบ่อก็มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากันซึ่งขบวนการทางเคมี ทางกายภาพและทางชีววิทยาของพื้นบ่อจะมีผลกับคุณภาพน้ำและอาจก่อให้เกิดปัญหากับผลผลิตสัตว์น้ำได้ถ้าพื้นบ่อเน่าเสีย (Boyd, *et al.* 1994 : 517)

ในบ่อเลี้ยงปลากินพืชที่เป็นแบบธรรมชาติซึ่งไม่มีการให้อาหารจะมีการแลกเปลี่ยนกันของสารอินทรีย์และธาตุประกอบระหว่างดินกับน้ำ พื้นบ่อจะได้รับอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และคาร์บอเนตอย่างคงที่ ขบวนการหลัก ๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นบ่อจะมีด้วยกัน 2 ขบวนการคือ

ตาราง 1.3 ระดับของธาตุต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่สร้างในเขตอัลบามา สหรัฐอเมริกา

ตัวแปร	มก./ลิตร	ตัวแปร	มก./ลิตร	ตัวแปร	มก./ลิตร
Calcium	20.2	Sulfate	4.3	Iron	0.12
Magnesium	1.5	Chloride	6.8	Manganese	0.01
Potassium	1.5	Silica	10.1	Zinc	0.005
Sodium	4.3	Nitrate	0.15	Copper	0.004
Bicarbonate	61.1	Ammonium	0.210	Boron	0.05
Carbonate	2.0	Phosphate	0.008		

ที่มา : Boyd, 1982 : 6

ตาราง 1.4 ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของน้ำทะเลโดยทั่วไปที่ระดับปริมาณคลอรีน (Chlorinity) 19‰, และระดับความเค็ม (salinity) 34.325‰

อิออน	ส่วนประกอบเป็นร้อยละของเกลือทะเล	ความเข้มข้นเป็น ก./กก.ของน้ำทะเล	ความเข้มข้นเป็น มิลลิโมล/กก.	ความเข้มข้นเป็น ก./ล. ที่ 20°C (S.G.1.024)
Na^+	30.61	10.556	459.02	10.809
K^+	1.10	0.380	9.72	0.389
Mg^{2+}	3.69	1.272	52.30	1.303
Ca^{2+}	1.16	0.400	9.98	0.410
Sr^{2+}	0.04	0.0085	0.15	0.013
H_3BO_3	0.07	0.026	0.42	0.027
Cl^-	55.04	18.980	535.30	19.435
SO_4^{2-}	7.68	2.3649	27.57	2.713
HCO_3^-	0.41	0.140	2.29	0.143
Br^-	0.19	0.065	0.81	0.067
F^-	0.004	0.001	0.05	0.001

ที่มา : Nicol, 1961 : 9

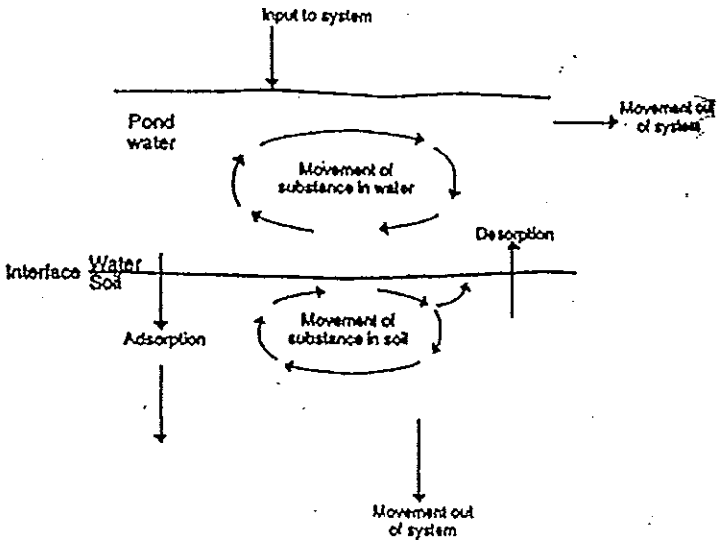
ขบวนการสะสมและย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ซึ่งผลการสะสมของสารอินทรีย์จะได้มาจากน้ำ และในขณะเดียวกันก็จะมีการย่อยสลายจะทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารและรวมถึงการช่วยปลดปล่อย ฟอสฟอรัสและคาร์บอเนตให้อยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ (Wrobel, 1965: 5) ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสมดุลระหว่างน้ำกับดินพื้นบ่อจะเกี่ยวข้องกับการ การเคลื่อนที่ระหว่างน้ำในบ่อกับดินก้นบ่อ (Boyd, 1995 : 113) ดังภาพประกอบ 1. 2

ปัจจัยที่ควบคุมสมดุลระหว่างดินและน้ำพอจะสรุปได้ดังนี้

2.2.1 การแลกเปลี่ยนระหว่างอนุภาคดินและน้ำ (Exchange Between Soil Particles and Water)

2.2.1.1 ขบวนการ Adsorption-Desorption

ขบวนการ Adsorption ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญคือ การเคลื่อนที่ของมวลน้ำมาบริเวณพื้นบ่อ แล้วเกิดการแพร่ (Diffustion) ของสารละลายบริเวณผิวน้ำเข้าไปในช่องว่างของเม็ดดิน หลังจากนั้นสารละลายเกิดการดูดซับบริเวณผิวของอนุภาคดิน แรงที่เกิดการ



ภาพประกอบ 1.2 การเคลื่อนที่ของสารละลายและ Particulate substances ระหว่างดินกับน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

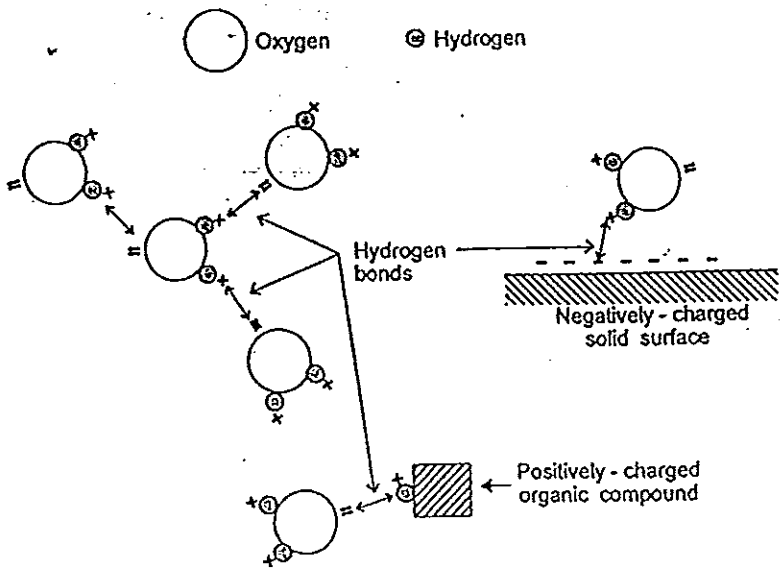
ที่มา : Boyd, 1995 : 114

ดูดซับขึ้นระหว่างผิวของเม็ดดินและสารละลายจะเป็นแรง Vander Waals ซึ่งเป็นผลมาจากการดูดยึดกันด้วยขั้วไฟฟ้าระหว่างโมเลกุลของอนุภาคของดินกับสารละลายหรือโมเลกุลที่กระจายอยู่ในน้ำ (Dispersed molecule) โดยขั้วลบของโมเลกุลหนึ่งดูดยึดกับขั้วบวกของอีกโมเลกุลหนึ่ง เป็นแรงที่ยึดเกาะกันแบบหลวม ๆ นอกจากนี้พันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากขั้วบวกของสารประกอบอินทรีย์สร้างพันธะไฮโดรเจนกับขั้วลบของโมเลกุลของน้ำก็มีความสามารถช่วยดูดยึดและเป็นการเกาะยึดที่แข็งแรงกว่าการยึดด้วยแรง Vander Waals ดังภาพประกอบ 1.3 เมื่อความเข้มข้นของสารละลายในน้ำลดลงก็จะมีขบวนการรักษาสมดุลด้วยการละลายของสารละลายในดินกลับคืนสู่น้ำจนมีความเข้มข้นกลับคืนสู่สมดุลเรียกว่าขบวนการ Desorption

2.2.1.2 การแลกเปลี่ยนอิออน ที่สำคัญได้แก่การแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C)

2.2.1.3 การกรอง (Filtration) น้ำที่มีการซึมผ่านลงไปในดินอนุภาคต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำจะถูกกรองไว้ในชั้นดิน

2.2.1.4 การตกตะกอน-การไม่ละลายน้ำ ของแข็งในดินประกอบด้วยสารประกอบและธาตุชนิดต่าง ๆ แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการละลายต่างกันของแข็งเหล่านี้เมื่อตกตะกอนก็จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของดินหรือตะกอนก้นบ่อ ปฏิกิริยา Redox และ pH จะมีอิทธิพลต่อการละลายของสารประกอบต่าง ๆ กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณก้นบ่อ ตลอดจนการแลกเปลี่ยนมวลสารของธาตุหรือสารประกอบที่มีอยู่ในดินกับน้ำ



ภาพประกอบ 1.3 แสดงการดูดยึดระหว่างน้ำกับสารประกอบอินทรีย์ที่มีประจุบวกและน้ำกับผิวของของแข็งที่มีประจุลบด้วยพันธะไฮโดรเจน

ที่มา : Boyd, 1995 : 115

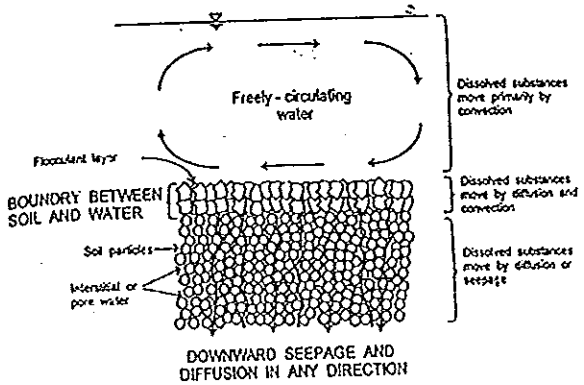
2.2.2 การเคลื่อนที่ของสารละลาย (Transport of Dissolved Substances)

การเคลื่อนที่ของสารละลายในบ่อเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ หลาย ๆ กิจกรรมภายในบ่อเช่นการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำอันเนื่องมาจากลม จากเครื่องให้อากาศ อุณหภูมิ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำให้น้ำมีการเคลื่อนตัวผ่านผิวดิน สารละลายจากน้ำส่วนหนึ่งจะซึมเข้าไปในชั้นดิน และธาตุอาหารที่อยู่ในรูปอินทรียสารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์จะถูกพัดพาออกมาสู่น้ำในบ่อเป็นประโยชน์ต่อแพลงค์ตอนพืช นอกจากนี้การเคลื่อนที่ของมวลน้ำจะทำให้ผิวดินได้รับออกซิเจนเป็นประโยชน์ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยเมื่อการย่อยสลายนั้นเกิดภายใต้เงื่อนไขที่มีออกซิเจนเพียงพอทำให้ลดการเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนไตรท์เป็นต้น การเคลื่อนที่ของมวลน้ำและสารละลายภายในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำแนกได้ดังนี้

2.2.2.1 Diffusion การแพร่ของมวลสารที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของชั้นน้ำและดินจะมีบทบาทอย่างมากในการปลดปล่อยของสารหรืออิออนต่าง ๆ จากน้ำในดิน (Interstitial Water) สู่น้ำในบ่อ สำหรับการเคลื่อนที่ของสารลงสู่ดินชั้นล่างตามช่องว่างระหว่างอนุภาคดินเกิดโดยการแพร่และซึมลงสู่ดินชั้นล่าง (Downward seepage) ดังภาพประกอบ 1.4 นอกจากนี้กิจกรรมของจุลชีพก็จะมีผลต่อการนำธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำไปใช้โดยแพลงค์ตอนพืช (Uptake by Phytoplankton) ดังแสดงในภาพประกอบ 1.5

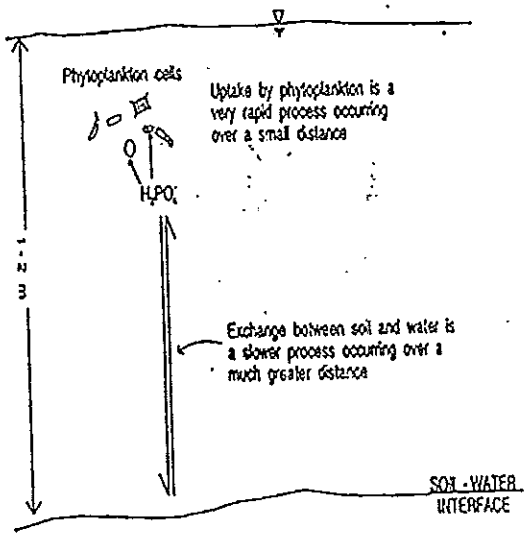
2.2.2.2 Thermal Stratification การแบ่งชั้นของน้ำเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผิวน้ำที่ร้อนกับน้ำข้างใต้ที่เย็นกว่า ซึ่งน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำย่อมที่จะมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ปรากฏการณ์นี้ทำให้ในในบ่อมีการแบ่งชั้นกัน ส่งผลอย่างมากทำให้น้ำไม่มีการหมุนเวียน

2.2.2.3 Mixing and Destratification ขบวนการนี้จะเกิดจากลมทำให้เกิดการหมุน เวียนของน้ำเป็นการทำลายการแบ่งชั้นน้ำที่เกิดขึ้นให้กลับคืนสภาพปกติ (Boyd, 1995 : 113-127)



ภาพประกอบ 1.4 ภาพแสดงการแพร่ของมวลสารต่าง ๆ ภายในบ่อระหว่างดินกับน้ำ

ที่มา : Boyd, 1995 : 123



ภาพประกอบ 1.5 การเคลื่อนย้ายของฟอสเฟตโดยแพลงค์ตอนพืช

ที่มา : Boyd, 1995 : 123

2.3 คุณภาพของน้ำและดินที่มีผลต่อการผลิต

2.3.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนที่พบทั้งในน้ำและดินอยู่ในรูปของ สารอินทรีย์และอนินทรีย์ไนโตรเจน สามารถเปลี่ยนไปเป็นรูปอินทรีย์ไนโตรเจนโดย ขบวนการ Nitrification และจะถูกเปลี่ยนต่อไป อยู่ในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจนเนื่องจากขบวนการ Decomposition และ Mineralization ซึ่ง สุดท้ายจะถูกเปลี่ยนกลับให้ไปอยู่ในรูปก๊าซโดยขบวนการ Denitrification (Boyd, 1995 : 83) ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นปริมาณไนโตรเจนสามารถเพิ่มเติมได้โดยการใช้ปุ๋ย (Boyd, 1982 : 55) โดยปกติพืชน้ำชอบใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียมากกว่าไนเตรทเพราะสามารถใช้แอมโมเนียได้โดยตรง (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 : 133)

ไนโตรเจนจะมีการเปลี่ยนรูปอยู่ตลอดเวลาซึ่งมีขบวนการดังต่อไปนี้ (Rosswall, 1982 : 18)

N_{org} Mineralization , Ammoniafication → NH_4^+

NH_4^+ Immobilization , Assimilization → N_{org}

NH_4^+ Volatilization → NH_3

NH_4^+ Nitrification → NO_2^-

NO_2^- Nitrification → NO_3^-

NO_2^- Chemo - Denitrification , Nitrifier Denitrification → N_2O

NO_3^- Denitrification → NO, N_2O, N_2

NO_3^- Dissimilatory nitrate reduction → NH_4^+

NO_3^- Nitrate assimilation, Immobilization → N_{org}

N_2 Nitrogen fixation → N_{org}

N_2 Nitrogen fixation → NO_x

NH_3 Nitrogen fixation → NO_x

N_2O Nitrogen fixation → NO_x

ไนโตรเจนในดินตะกอนพื้นบ่อที่ใช้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ตกค้างอยู่ในดินและได้แอมโมเนียละลายออกมาอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดดิน (พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ, 2533 : 12) และค่ามาตรฐานของไนโตรเจนรวมในน้ำคือไม่เกิน 1 มก./ล. (ดุสิต ตันวิลัย และคณะ, 2537 : 2536) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ยาปฏิชีวนะที่ระดับ 5 มก./ล. อาจ

มีผลทำให้การย่อยสลายไนโตรเจนช้าลง (พุทธ ส่องแสงจินดา และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2538 : 666)

2.3.2 แอมโมเนีย

การย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ในโตรเจนไปเป็น NH_3 หรือ NH_4^+ เราเรียกว่าขบวนการ Mineralization ซึ่งจะอยู่ในรูปใดนั้นขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่างในแหล่งน้ำดังสมการข้างล่าง (Boyd, 1995 : 84)

$$NH_3 + H^+ = NH_4^+$$

NH_3 จะเกิดเมื่อ pH ของแหล่งน้ำมีค่าสูงและจะอยู่ในรูป NH_4^+ เมื่อ pH ของน้ำต่ำ และแอมโมเนียที่อยู่ในรูป NH_3 จะเป็นพิษกับสัตว์น้ำ เพราะสามารถที่จะแพร่กระจายผ่านผนังเซลล์ได้ดี เนื่องจากไม่มีประจุ อีกทั้งยังสามารถละลายในไขมันได้ดีซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ โดยเมื่อแอมโมเนียมีค่าสูงจะทำให้การเจริญเติบโตลดลงและถึงตายได้ในที่สุด ระดับความเป็นพิษในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเริ่มจาก 0.6 มก./ล. และเริ่มตายตั้งแต่ 2 มก./ล. ขึ้นไป (Boyd, 1990 : 92) โดยทั่วไปมาตรฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่เกิน 0.4 มก./ล. (คณิต ไชยาคำและคณะ, 2537 : 32) ผลของแอมโมเนีย ณ ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อกุ้งกุลาดำได้แสดงไว้ในตาราง 1.5 (บรรพต วิรุณราช, 2534 : 44) ในขณะที่มีการเลี้ยงกุ้งหรือในสภาพที่ดินชั้นพบว่าการทำงานของแบคทีเรียที่มีอยู่ในตะกอนก้นบ่อถ้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสม สามารถที่จะใช้แอมโมเนียและไนไตรท์ได้ การเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียเข้าไปในบ่อพบว่าไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำ (Simon and Stewart, 1996 : 133)

ตาราง 1.5 แสดงผลของระดับก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ในน้ำที่มีต่อกุ้งกุลาดำ

ระดับก๊าซแอมโมเนีย (มก./ล.)	อาการ
0-0.5	เครียดง่าย
0.6-1	เริ่มเบื่ออาหาร
1.1-1.5	กินอาหารลดลง เครียดมาก มักมีหนวดกุด หางกุด
1.6-2	ไม่กินอาหาร เครียดมาก หนวดกุด หางกุด
2ppm. ขึ้นไป	เริ่มตาย เหงือกดำ หนวดกุด หางกุด

ที่มา : บรรพต วิรุณราช, 2534 : 44

2.3.3 ฟอสฟอรัส

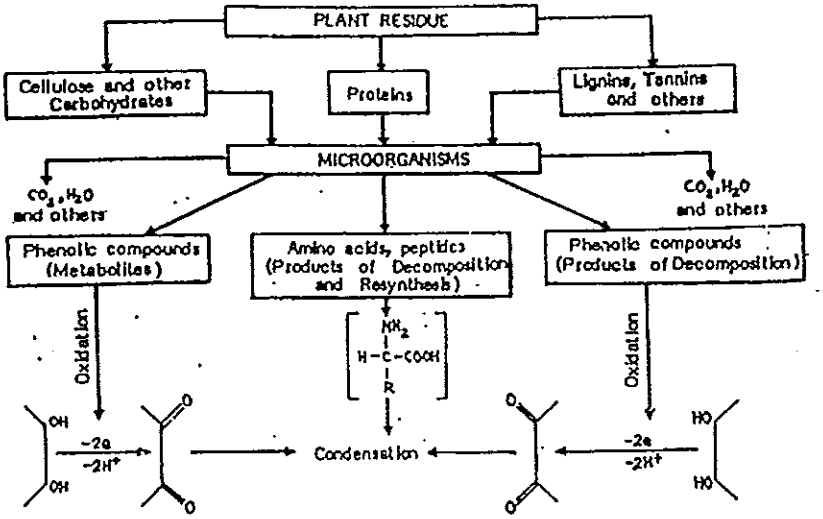
ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักในการเจริญเติบโตของพืช ในแหล่งน้ำฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการผลผลิตของการเพาะเลี้ยงซึ่งอยู่ในรูปของอินทรีย์และอนินทรีย์ฟอสเฟต ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณน้อยเพราะจะตกตะกอนก้นบ่อในรูปที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Boyd, 1995 : 87) Orthosphosphate เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประกอบด้วย $H_2PO_4^-$ HPO_4^{2+} PO_4^{3-} โดยเมื่อมีสภาพเป็นกลางจะอยู่ในรูปของ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากมีการใส่ปุ๋ย ซึ่งจะถูกตรึงให้อยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต เหล็กฟอสเฟต และอลูมิเนียมฟอสเฟต (Boyd, 1982 : 65-66) ถ้า pH ต่ำ เหล็กและอลูมิเนียมจะละลายออกมารวมตัวกับฟอสฟอรัสแล้วตกตะกอน ถ้าหาก pH สูงแคลเซียมจะรวมตัวกับฟอสฟอรัสแล้วตกตะกอนเช่นเดียวกัน (Boyd, 1990 : 56) แพลงค์ตอนจะนำฟอสฟอรัสไปใช้เป็นสารประกอบฟอสเฟตประเภท ATP และ Nucleotide Coenzyme เป็นตัวสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Riley and Chester, 1971 quoted in มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 : 139) ระดับวิกฤตของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะอยู่ที่ประมาณ 10 ug / l. ถ้าหากต่ำกว่านี้แล้วการแบ่งเซลล์จะถูกจำกัด (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2533 : 139) pH ที่เหมาะสมที่จะให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้คือ 5.6 สำหรับดินแร่ (Mineral Soils) (Muller and Dohahue, 1990 : 432) สำหรับในบ่อเลี้ยงกุ้งค่ามาตรฐานของฟอสฟอรัสในน้ำคือ 1 mg/l (ดุสิต ตันวิลัย และคณะ, 2537 : 1) ซึ่งแหล่งที่มาของฟอสฟอรัสจะมาจากการใช้ปุ๋ย อาหารกุ้งที่เหลือ ตลอดจนสิ่งขับถ่ายจากกุ้งจะตกลงก้นบ่อแล้วเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ฟอสเฟตและอนินทรีย์ฟอสเฟตอยู่ระหว่างอนุภาคดินแล้วถูกปลดปล่อยออกมาแลกเปลี่ยนระหว่างดินกับน้ำ (ดุสิต ตันวิลัย และคณะ, 2536 : 17) ฟอสฟอรัสที่เข้ามาในบ่อจะถูกสะสมไว้ในพื้นบ่อเป็นส่วนใหญ่ (Boyd and Musig, 1981 : 165)

2.3.4. อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

อินทรียวัตถุในดินหมายถึง สารอินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน โดยจะอยู่ในรูปต่าง ๆ ตั้งแต่ที่มีขนาดใหญ่ ๆ เช่น Humus Lignin Cellulose จนถึงที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ๆ เช่นน้ำตาลบางชนิด กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์บางชนิด (สมศักดิ์ วังใน, 2528 : 9)

อินทรียวัตถุในดินมีความสำคัญหลายด้านคือ เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืชโดยตรงจากการสลายตัว สามารถดูดยึดไอออนบวกไว้ได้ช่วยลดการสูญเสียของไอออนบวกต่าง ๆ ทำให้ดินมีการถ่ายเทอากาศดีขึ้น ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน (ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, 2536

: 58) และเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในดิน อินทรียวัตถุบางชนิดเป็นเอนไซม์ที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ในดิน (สมศักดิ์ วังใน, 2528 : 10)



ภาพประกอบ 1.6 การเกิด Humicfication process

ที่มา : Orlov, 1992 : 254

การสลายตัวของอินทรียวัตถุถ้าเกิดในที่มีอากาศเพียงพอ อินทรียวัตถุจะถูกออกซิไดส์ไปเป็นสารประกอบอินทรีย์เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แอมโมเนีย ซัลเฟต ฟอสเฟต และสารอื่น ๆ ส่วนหนึ่งของอินทรียวัตถุถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Humic substance ดังภาพประกอบ 1.6 ซึ่งยากต่อการย่อยสลายและคงอยู่ในดิน แต่ถ้าการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพขาดอากาศ อินทรียวัตถุจะถูกออกซิไดส์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็น Intermediate substance เช่น กรดอินทรีย์ มีเธน แอลกอฮอล์ (Boyd, 1992 : 127)

แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ อาหารที่เหลือ การใช้ปุ๋ยคอก การตายของแพลงค์ตอน และของเสียที่สัตว์น้ำปล่อยออกมารวมทั้งตะกอนที่มากับน้ำ (Boyd, 1990 : 237) ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินก้นบ่อตากแห้ง พบว่าระดับความชื้นที่เหมาะสมคือร้อยละ 12-20 pH ดินอยู่ในช่วง 7.5-8 การใช้ปูนขาวจะช่วยเพิ่มอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินกรด การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีประโยชน์บ้าง แต่การเพิ่มปริมาณแบคทีเรียลงไปไม่มีผลต่อการย่อยสลาย ทั้งนี้เพราะว่าโดยปกติดินพื้นบ่อมีแบคทีเรียอยู่แล้วหลายชนิดที่สามารถย่อยสลายอินทรียวัตถุได้อย่างรวดเร็ว ความบกพร่องในการย่อยสลายจะเกิดขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมของบ่อไม่เอื้ออำนวยเช่น ดินมี pH ต่ำ อุณหภูมิ ความชื้นที่ไม่เหมาะสม ปริมาณออกซิเจน และ

ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มีไม่เพียงพอ และถ้าสิ่งแวดล้อมเหมาะสมการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียและการย่อยสลายก็เป็นไปตามปกติ ดังนั้นการปรับปรุงพื้นบ่อให้มีสภาพแวดล้อมที่ดีจึงมีประโยชน์มากกว่าการเติมแบคทีเรียลงไปเพิ่ม (Boyd and Pipopiyo, 1994 : 288)

2.3.5. ปฏิกิริยาดิน (soil reaction)

ค่าปฏิกิริยาดิน (ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน) ชี้ถึงความเป็นกรด (Acidity) หรือความเป็นด่าง (Basicity) ของดิน (Miller and Donahue, 1990 : 432) เกี่ยวข้องกับไฮโดเจนอิออน (H^+) และไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ในสารละลาย (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ, 2536 : 326)

แหล่งที่มาของไฮโดเจนอิออนที่ก่อให้เกิดความเป็นกรดที่สำคัญ ได้แก่กรดอนินทรีย์ เช่น H_2CO_3 HNO_3 H_2SO_4 กรดอินทรีย์ต่าง ๆ และจากขบวนการไฮโดรไลซีสของอิออนบวกที่เป็นกรดได้แก่ Fe^{3+} และ Al^{3+} แหล่งที่มาของไฮดรอกซิลอิออนที่เป็นด่างเกิดจากไฮโดรเจนอิออนและอลูมินัมอิออนที่เข้าไปแทนที่ไอออนบวกที่เป็นด่าง (Basic cation) เช่น Ca Mg Na และ K ที่ผิวของอนุภาคดินและอินทรียวัตถุ (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ, 2536 : 327)

ความสำคัญของค่าปฏิกิริยาดินคือ มีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบได้เป็นปกติในดินที่มีช่วงความกว้างของค่า pH ของดินแตกต่างกันไป และผลกระทบทางอ้อม คือจะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินต่อพืชและจุลินทรีย์ ตลอดจนพืชน้ำและแพลงค์ตอนพืชในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, 2536 : 78)

ในดินป่าชายเลนทั่ว ๆ ไปเมื่อเปลี่ยนสภาพเป็นนากุ้ง pH ของดินจะลดลง เนื่องจากดินเหนียวเหล่านี้มีแร่ไพไรท์ (FeS_2) อยู่ เมื่อถูกอากาศจะถูกออกซิไดส์กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) การใช้ปูนขาวในการปรับสภาพดินและน้ำทำให้ pH ของดินสูงกว่าธรรมชาติ (ทัศนีย์ ฉันทาดิสัย, 2531 : 70) pH ดินบริเวณป่าไม้ชายเลนของจังหวัดตราดมีค่าระหว่าง 2.5 - 4.7 (พยุง ภัทรกุลชัย, 2532 : 16) ส่วน pH ป่าชายเลน คันบ่อ และก้นบ่อเลี้ยงกุ้งของจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีค่าอยู่ระหว่าง 5.4-6.3 4.12-5.05 และ 4.2-6.8 ตามลำดับ (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2535 : 54)

2.3.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือที่เรียกว่า พีเอช (pH) แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ถ้า pH เท่ากับ 7 แสดงว่าเป็นกลาง ถ้าต่ำกว่า 7 จะเป็นกรด และถ้าสูงกว่า 7 จะเป็นด่าง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลโดยทั่วไปค่อนข้างเป็นด่าง สำหรับบ่อ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างในรอบวัน โดยพบว่าจะมีค่าสูงในตอนบ่ายและมีค่าต่ำสุดในตอนเช้ามืดเนื่องมาจากกิจกรรมของแพลงค์ตอนและสิ่งมีชีวิตในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533 : 17) ค่ามาตราฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 7.5-8.5 และไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงเกิน 2หน่วยในรอบวัน (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537 : 31)

2.3.7 ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

ความเป็นด่างเป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอน (Proton H^+) หรือเป็น quantitative capacity ของน้ำนั้นที่จะสะเทินกรดแก่จนถึง pH ที่ต้องการ (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 91) สำหรับค่าความเป็นด่างของแหล่งน้ำอาจปรากฏเป็น 5 รูปแบบดังนี้

2.3.7.1 เกิดจากไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) เพียงอย่างเดียว

2.3.7.2 เกิดจากไบคาร์บอเนต(HCO_3^-) และคาร์บอเนต(CO_3^{2-})รวมกัน

2.3.7.3 เกิดจากคาร์บอเนต(CO_3^{2-})เพียงอย่างเดียว

2.3.7.4 เกิดจากคาร์บอเนต(CO_3^{2-})และไฮดรอกไซด์(OH^-)รวมกัน

2.3.7.5 เกิดจากไฮดรอกไซด์(OH^-)เพียงอย่างเดียว

จากรูปแบบของการเกิดความเป็นด่างปรากฏว่า ไม่มีการผสมผสานระหว่างไบคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ และรูปแบบของความเป็นด่างจะขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งน้ำนั้น (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537 : 50) ความเป็นด่างของน้ำนั้นจะเป็นดัชนีที่บ่งบอกความเหมาะสมของคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากจะช่วยควบคุมมิให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง pH อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในบ่อที่มีแพลงค์ตอนพืชอย่างหนาแน่นซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ช่วงความเหมาะสมของความเป็นด่างของน้ำต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำคือ 100-200 มก./ล. และไม่ควรเปลี่ยนแปลงจากค่าปกติเดิม 25%(ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533 : 22)

2.3.8 ความเค็ม (Salinity)

ความเค็มของน้ำคือปริมาณของแข็งหรือเกลือแร่ต่างๆโดยเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายในน้ำทะเล ทั้งนี้หลังจากอินทรียวัตถุถูกออกซิไดซ์ไปทั้งหมด โบรไมด์และไอโอไดด์ถูกแทนที่ด้วยคลอไรด์และคาร์บอเนตถูกเปลี่ยนเป็นออกไซด์มีหน่วยเป็นกรัมในน้ำทะเล 1 ลิตร (ppt) (Sverdrup, Johnson and Fleming, 1970 : 50)

ความเค็มโดยเฉลี่ยของน้ำทะเลโดยทั่วไปประมาณ 35 ppt.ซึ่งความเค็มสามารถเปลี่ยนแปลงได้อันเนื่องจากปริมาณน้ำฝน ทางการประมงได้แบ่งประเภทของน้ำตามความเค็มได้ดังนี้คือ

น้ำจืด (Fresh water) มีความเค็มอยู่ในช่วง0-0.5ppt.

น้ำกร่อย (Brackish water) มีความเค็มอยู่ในช่วง0.5-30.0ppt.

น้ำเค็ม (Sea water) มีความเค็มมากกว่า 30.0 ppt. ขึ้นไป

ผลของความเค็มนั้นพบว่าจะมีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะ ในบริเวณน้ำกร่อย เนื่องจากสัตว์น้ำจะต้องปรับตัวให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้างซึ่งสัตว์น้ำจะต้องมีระบบการปรับตัวเกี่ยวกับการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกายที่ดี ในกุ้งกุลาดำนั้นพบว่ามีความทนทานต่อความเค็มได้ในช่วงกว้างและกุ้งที่เลี้ยงในน้ำกร่อยจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่สูง

2.3.9. ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ เนื่องจากจะต้องใช้ออกซิเจนในขบวนการต่างๆในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตซึ่งความต้องการออกซิเจนของสัตว์น้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่นชนิดและวงจรชีวิตเป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของออกซิเจนได้แก่ อุณหภูมิ ความกดดันบรรยากาศและความเค็มของน้ำตลอดจนซึ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ๆ การละลายของออกซิเจนจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ ความกดดันบรรยากาศสูงและที่ความเค็มของน้ำต่ำ (ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533 : 37) โดยทั่วไปแล้วปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำชายฝั่งต้องไม่น้อยกว่า 4 มก./ล. (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537 : 32)

2.3.10 การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มของดิน เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้ในรูป แคตไอออน และแอนไอออน ที่มีอยู่ในสารละลายดินอย่างหยาบ ๆ (Allison, *et al.* 1969 : 8) ดังนั้นค่าการนำไฟฟ้าจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของเกลือที่อยู่ในรูปแคตไอออน และแอนไอออน และจากการนำน้ำทะเลมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จากดินนากุ้งจึงถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของโซเดียมไอออน (Na^+) แมกนีเซียมไอออน (Mg^+) แคลเซียมไอออน (Ca^+) โพแทสเซียมไอออน (K^+) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) และคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ซึ่งเป็นเกลือไอออนส่วนใหญ่ที่ละลายในน้ำทะเล (Brownlow, 1979 : 110) ทั้งนี้พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินในนากุ้งมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณประจุของธาตุโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมในสารละลายดิน (ทัศนีย์ ฉันทาดิสัย, 2531 : 69-82)

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

ดินบางชุดในประเทศไทยที่พบบริเวณที่ราบชายทะเลซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำเค็มหรือตะกอนน้ำกร่อย เช่น ดินชุดชะอำ ดินชุดบางนรา ดินชุดบางกอก ดินชุดตากใบ ดินชุดสุไหงโกลก และดินชุดระโนด มีค่าการนำไฟฟ้า 5.00 0.04 0.33 0.12 0.07 และ7.74 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (ธนู คำแก่น, 2522 : 277) จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างดินนาข้าวและดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว 1 ปีและ3 ปี ในเขตอำเภอระโนดซึ่งเป็นดินชุดบางกอกพบว่าการเลี้ยงกุ้งมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.03-0.04 0.22-6.41 และ1.31-3.94 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และมีอัตราการแพร่กระจายตามแนวดิ่งมากกว่า 40 ซม.ในปีแรกของการเลี้ยงกุ้ง (พิภพ ปราบณรงค์, ประวิทย์ โตวัฒนะ และสมศักดิ์ มณีพงศ์, 2537 : 430-436)

2.3.11 ค่าความโปร่งแสง (Transparency)

เป็นการวัดค่าความขุ่นของน้ำอย่างง่ายและสะดวก นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งการหาความขุ่นของน้ำนอกจากสามารถใช้วัดค่าความโปร่งแสงแล้วยังสามารถใช้วัดปริมาณของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ (Suspended solids) ความโปร่งแสงมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งโดยตรงและโดยอ้อม เช่นถ้าบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าความโปร่งแสงต่ำจะส่งผลให้แสงสว่างส่องลงไปในน้ำได้น้อย ซึ่งจะทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำถูกจำกัดลง ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของสัตว์น้ำ โดยความขุ่นที่สูงมากจะทำให้การหายใจของสัตว์น้ำลดประสิทธิภาพลงจนอาจตายได้ นอกจากนี้การฟักเป็นตัวของไข่ของสัตว์น้ำในน้ำที่มีความขุ่นมาก ๆ จะถูกจำกัดลง ความขุ่นของน้ำยังมีผลต่อการเคลื่อนไหว การอพยพย้ายถิ่นของสัตว์น้ำรวมทั้งการหาอาหารและน้ำที่ขุ่นจะสามารถรับความร้อนจากแสงแดดได้มากขึ้นทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าระดับปกติ โดยเฉพาะน้ำผิวบนทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยลงเป็นต้น สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความทนทานต่อความขุ่นแตกต่างกันไป ปลาที่มีหนวดเป็นอวัยวะรับความรู้สึกสามารถทนอยู่ในน้ำที่มีความขุ่นได้ดี ในทางกลับกันถ้าน้ำมีความขุ่นน้อยหรือมีค่าความโปร่งแสงสูงมาก มักทำให้เกิดปัญหาของขี้แดดซึ่งเกิดจากการตายทับถมของพืชน้ำที่พื้นบ่อ เมื่อแสงส่องลงไปได้มากทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายจะลอยตัวทำให้เศษซากเหล่านี้ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง และถ้าขี้แดดเหล่านี้ตกค้างในบ่อเป็นจำนวนมากจะส่งผลให้พื้นบ่อเน่าเสียต่อไป

การวัดค่าความโปร่งแสงสามารถวัดด้วย Secchi disk ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. ควรทำการวัดในช่วงเที่ยงวัน ค่าความโปร่งแสงที่ระดับ 30-60 ซม. จะมีปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี ดวงสวัสดิ์, 2530 : 13) ซึ่งโดยปกติทั่วไปค่าความโปร่งแสงสำหรับการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ในช่วง 25-40 เซนติเมตร (Lee and Wickins, 1992 : 223)

2.4 โรคที่สำคัญที่เป็นปัญหาสำหรับการเลี้ยงกุ้งในปัจจุบัน

โรคที่เป็นปัญหาในการเลี้ยงกุ้งที่สำคัญแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักได้แก่

2.4.1. กลุ่มแบคทีเรีย

2.4.1.1 โรควิบริโอซีส (Vibriosis)

โดยทั่วไปส่วนใหญ่โรคที่เกิดจากแบคทีเรียและเป็นปัญหามากในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำมักเกิดจากเชื้อในกลุ่มของ *Vibrio sp.*ทั้งนี้รวมถึงโรคที่เกิดจากการทำลายเปลือกกุ้งโดยแบคทีเรีย (Bacterial shell disease) และ Black gill disease ซึ่งการติดเชื้อในการเลี้ยงกุ้งจะเกิดขึ้นมากในการเลี้ยงแบบหนาแน่นและเป็นปัญหาที่สำคัญมากโดยเฉพาะถ้าขาดความเอาใจใส่ในปัญหาตั้งแต่เริ่ม สาเหตุทั้งหมดมักจะเกิดจากการที่กุ้งเกิดความเครียดอันเป็นผลของสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในบ่อเลี้ยงก่อนที่กุ้งจะแสดงอาการของโรค อย่างไรก็ตามเชื้อในกลุ่มของวิบริโอบางสายพันธุ์สามารถจะก่อให้เกิดโรคในกุ้งได้แต่กุ้งมีความเครียดเพียงเล็กน้อยเท่านั้นส่วนแบคทีเรียในสายพันธุ์อื่นสามารถทำให้กุ้งติดเชื้อได้เมื่อกุ้งมีความเครียดมากแล้ว ผลของการติดเชื้อจากวิบริโอจะมีทั้งที่เป็นอาการแบบเฉียบพลันและเรื้อรังสัญญาณที่จะบ่งชี้ถึงอาการของกุ้งที่เกิดจากเชื้อได้แก่

- พฤติกรรมที่ผิดปกติเช่นการเกยขอบบ่อ
- อัตราการกินอาหารลดลง
- การเซื่องซึม
- ลำตัวมีสีผิดปกติ ทั้งสีแดงและสีฟ้า

ถ้ากุ้งเกิดความเครียดมาก ๆ หรือ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคมีจำนวนสูงกุ้งอาจจะตายได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้นหรือถ้าไม่ตายก็จะพัฒนาไปสู่การติดเชื้ออย่างเรื้อรังการป้องกันแก้ไขโดยทั่วไปนิยมใช้ยาปฏิชีวนะแต่ก็จะมีปัญหาที่ตามมาได้แก่

- การตกค้างของยา
- การดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย (Chanratchakool, Turnbull and Limsuwan, 1994 : 67)

2.4.1.2 โรคเรืองแสง

กุ้งที่เป็นโรคนี้พบว่าในบ่อมีการเรืองแสงของน้ำ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเรืองแสงที่สำคัญได้แก่ *Vibrio harveyi* อันเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดโรคเหงือกสีน้ำตาล (Brown gill syndrome) ซึ่งในที่มีแสงจะไม่สามารถมองเห็นได้แม้จะเป็นแสงอ่อน ๆ หรือแสงจันทร์ถ้าไม่มีดสนิทอาจจะไม่เห็น นอกจากนี้การเรืองแสงยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำด้วยโดยที่เหมาะสมคือ 37 ^{0}C ส่วนการแพร่กระจายของขึ้นอยู่ความเค็มเป็นสำคัญโดยจะไม่พบการแพร่กระจายเมื่อน้ำมี

ความเค็มต่ำหรือเป็นน้ำจืดดังนั้นน้ำที่มีความเค็มสูงจึงเสี่ยงต่อการแพร่ระบาดของแบคทีเรียในกลุ่มนี้

สาเหตุของการเรืองแสงในน้ำอาจมาจากหลายแหล่ง โดยทั่วไปเป็นสิ่งปกติไม่ เป็นปัญหากับกุ้ง แพลงค์ตอนเรืองแสงบางชนิดชี้ให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในบ่อไม่ดีและถ้ามีจำนวนมากอาจจะทำให้กุ้งหยุดกินอาหารได้ แบคทีเรียสามารถทำให้เกิดการเรืองแสงได้และสามารถเข้าไปในกุ้งได้ส่วนใหญ่เป็นพวกวิบริโอและเป็นปัญหาหลังจากกุ้งป่วยหรือเครียด อย่างไรก็ตามถ้าสังเกตุจากอาการแล้วสามารถจำแนกออกได้ว่าการที่น้ำเรืองแสงนั้นเกิดจากแพลงค์ตอนหรือแบคทีเรีย ถ้าการเรืองแสงเกิดจากแพลงค์ตอนควรจะถ่ายน้ำบ่อย ๆ จนกว่าน้ำที่เข้ามาไม่มีแพลงค์ตอนเรืองแสงนี้ การควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อโดยเฉพาะอย่าให้อาหารเกินและการถ่ายน้ำปกติจะช่วยควบคุมความขุ่นใสของน้ำให้อยู่ในช่วงที่ปกติซึ่งจะป้องกันได้

2.4.1.3 โรคเสี้ยนดำ

ลักษณะของกุ้งที่เป็นโรคนี้พบว่า กล้ามเนื้อของกุ้งจะแข็ง เกิดเสี้ยนดำคล้าย ๆ รากไม้แทงเข้าไปในกล้ามเนื้อ กุ้งที่มีอาการจะถูกคัดออกจากขบวนการผลิตเพราะราคาไม่ดี มีสาเหตุมาจากเชื้อวิบริโอวัลนิฟิคัส เมื่อพบว่าเป็นเสี้ยนดำในกล้ามเนื้อแล้วไม่มีการรักษา แต่สามารถป้องกันได้เพราะว่า โรคเสี้ยนดำมักเกิดในน้ำที่มีความเค็มต่ำ การเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มสูงจะช่วยป้องกันโรคนี้

2.4.2 โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส

2.4.2.1 Hepatopancreatic viruses

ไวรัสที่มีผลต่อ Hepatopancreas ของกุ้งที่พบโดยทั่วไปได้แก่

- Monodon baculovirus (MBV)
- Baculovirus penaei (BP)
- Type C Baculovirus และ
- Hepatopancreatic parvo virus (HPV)

ไวรัสในกลุ่มนี้จะมีผลต่อ Hepatopancreas และทำให้กุ้งอ่อนแอนำไปสู่ความเครียดและโรคอื่น ๆ ความรุนแรงของผลที่เกิดขึ้นและอายุของกุ้งที่ติดเชื้อจะแตกต่างกัน ไปตามชนิดของเชื้อที่ได้รับ โดยทั่วไปแล้วไวรัสในกลุ่มนี้จะมีผลกับ Hepatopancreas ยกเว้นในกลุ่มของ Type C Baculovirus ซึ่งสามารถทำให้เกิด Inclusion body ในนิวเคลียสของเซลล์ที่ติดเชื้อ กุ้งจะทำการต่อต้านเชื้อไวรัสโดยการขับถ่ายออกมาทางมูลกุ้งและเกิดการฟุ้งกระจายไปทั่วและกุ้งตัว

อื่น ๆ จะได้รับเชื้อโดยการกินเข้าไปนอกจากนี้ยังพบว่ากุ้งวัยอ่อนอาจได้รับเชื้อเหล่านี้โดยผ่านทางพ่อแม่พันธุ์ซึ่งพ่อแม่พันธุ์ดังกล่าวมิได้แสดงอาการของโรคออกมาให้เห็น

ในทางทฤษฎีแล้วควรจะหลีกเลี่ยงการใช้พันธุ์กุ้งที่มีการติดเชื้อแต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก สิ่งที่พอจะกระทำได้คือการใช้พ่อแม่พันธุ์ที่ปราศจากเชื้อและแม้ว่าจะระมัดระวังในขั้นตอนแรกแล้วก็ตามกุ้งอาจจะติดเชื้อได้ในภายหลังจากวงจรในการผลิต

2.4.2.2 โรคหัวเหลือง (Yellow-head disease)

โรคหัวเหลืองเป็นโรคที่ทำให้กุ้งตายอย่างรวดเร็ว เกิดจากเชื้อไวรัสในกลุ่ม Rhabdovirus โดยลักษณะของโรคนี้ส่วนตับอ่อน (Hepatopancreas) ของกุ้งจะมีสีเหลืองตลอดจนส่วนเหงือกโดยทั่ว จะพบว่ามีปัญหาหลังจากเลี้ยงไปได้ 50-70วัน จากการศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อ (Histology) จะพบว่าเกิดการตายของกล้ามเนื้อของกลุ่มอวัยวะและ Prominent basophilic inclusion ใน Cytoplasm ของเซลล์ ในโรคหัวเหลืองนี้อาการผิดปกติควรสังเกตดูการหดตัวของนิวเคลียส (Pyknosis) การสลายตัวของนิวเคลียส (Karyorthexis) และ Cytoplasmic inclusion

2.4.2.3 โรคตัวแดงดวงขาว (Red disease with white patch)

เกิดจากเชื้อไวรัส SEMBV(Tr-3) ลักษณะอาการของกุ้งที่เป็นโรคบริเวณลำตัวจะมีสีแดงหรือแดงอมชมพู ที่เปลือกกุ้งจะพบดวงสีขาวกระจายทั่วไป กุ้งจะกินอาหารลดลงลอยขึ้นผิวน้ำข้างบ่อ หลังจากนั้นจะเริ่มทยอยตายและจะตายหมดภายใน 5-7 วันซึ่งพบมากในกุ้งที่มีอายุ 45-70 วัน (จิราพร เกษรจันทร์ และคณะ, 2538 : 1) ส่วนลักษณะทางพยาธิที่พบในกุ้งป่วยเซลล์ส่วนใหญ่จะถูกทำลาย นิวเคลียสขยายตัวใหญ่ขึ้น (Hypertrophic nuclei) โดยเฉพาะในเซลล์ผิวชั้นนอก (Epithelial cells) ของอวัยวะหรือเนื้อเยื่อที่มีกำเนิดมาจากชั้น Ectoderm และ Mesoderm ลักษณะของไวรัสจะเป็นรูปแท่งหรือวงรี (Elliptical) มีผนังหุ้มแบบ Trilaminar อนุภาคขนาด 70 -120 x 240-340 นาโนเมตร ลักษณะดังกล่าวใกล้เคียงกับไวรัสในกลุ่ม Nudibaculovirinae (จิราพร เกษรจันทร์, สิทธิ บุณยรัตผลิน และ อิตามิ, 2540 : 1)

2.4.2.4 Infectious Hypodermal and Haematopoietic Necrosis Virus (IHHNV)

ไวรัสชนิดนี้พบในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าอะไรเป็นพาหะที่ทำให้เกิดโรคดังกล่าว ไวรัสนี้เป็นชนิด Cowdrie type A. ซึ่งสามารถทำให้เกิด Inclusion body ในนิวเคลียสของเซลล์ได้ในหลายแบบ

2.4.3. โรคที่เกิดจากเชื้อโปรโตซัว

โดยปกติเชื้อกลุ่มนี้จะไม่ทำความเสียหายที่รุนแรงมากและก็พบได้โดยทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เชื้อโปรโตซัวที่สำคัญได้แก่ ซูโอแทมเนียม (*Zoothamnium. spp*) สามารถสังเกตการเกาะของเชื้อได้จากภายนอกตามเปลือกและระยางค์ กุ้งจะอ่อนแอ โตช้า และอัตราแลกเนื้อไม่ดี โปรโตซัวจะไม่ทำอันตรายต่อกุ้งโดยตรงเพียงแค่ใช้เป็นที่ยึดเกาะเท่านั้น การแก้ไขมักจะใช้วิธีกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบ รักษาคุณภาพน้ำให้อยู่ในสภาพดี และควบคุมระดับสารอินทรีย์ที่พื้นบ่อไม่ให้มากเกินไป

2.5 พันธุ์กุ้งกุลาดำ

ในปัจจุบันการผลิตลูกกุ้งกุลาดำนิยมใช้แม่พันธุ์ที่จับมาจากธรรมชาติซึ่งจะให้ลูกกุ้งที่มีคุณภาพที่ดี นอกจากนี้อาจจะมีการบังคับให้แม่พันธุ์มีการสร้างไข่ได้ในโรงเพาะฟักโดยการตัดตาหรือบีบตาโดยที่ลูกกุ้งที่ได้มักจะมีคุณภาพด้อยกว่าแม่พันธุ์ที่มีไข่จากธรรมชาติโดยตรง ความสมบูรณ์และแข็งแรงของลูกกุ้งเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของอัตรารอดซึ่งจะส่งผลต่อถึงผลผลิต โดยทั่วไปในการพิจารณาคุณภาพของลูกกุ้งเพื่อให้ได้ลูกกุ้งที่ดีควรคำนึงถึง

2.5.1 ลักษณะภายนอกของกุ้งต้องสมบูรณ์ อวัยวะครบถ้วนไม่ฉีกขาดไม่พิการหรือผิดปกติ

2.5.2 ลูกกุ้งจะมีลำตัวโปร่งแสง

2.5.3 ลูกกุ้งที่แข็งแรงเมื่อเอามือจุ่มลงในถุงที่บรรจุ จะดีดตัวหนีหรือว่ายทวนกระแสน้ำ ทดสอบโดยการนำลูกกุ้งมาใส่ภาชนะแล้วกวนน้ำเบา ๆ สังเกตดูอาการ

2.5.4 ถ้าลูกกุ้งกินอาหารดีจะเห็นเป็นรอยสีน้ำตาลอยู่ในลำไส้ พาดอยู่ด้านหลังของกุ้ง

2.5.5มีจุดประของสีกระจายเมื่อมองจากด้านบนจะเห็นเป็นเส้นติดต่อกันสีคล้ำจากหนวดคู่สั้นพาดผ่านท้องจนถึงปลายหาง หรือถ้าลูกกุ้งเพลียมากดวงตาจะออกสีขาวขุ่น

2.5.6 ความน่าเชื่อถือของแหล่งผลิต เพราะถ้าแหล่งผลิตนั้นดำเนินการด้วยความรับผิดชอบมีความรู้และประสบการณ์ก็น่าที่จะผลิตลูกกุ้งที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ เช่นไม่อมโรคหรือไม่ใช้สารเคมีหรือยาเกินขอบเขต

2.5.7 การขนส่งที่รวดเร็วและถูกต้องซึ่งควรควบคุมอุณหภูมิในขณะขนส่งให้ต่ำเช่นการใช้น้ำแข็งหรือการฉีดพรมน้ำให้ทั่วและไม่ควรใช้ระยะเวลาในการขนส่งนานเกิน18ชั่วโมง (สุเมธ ชัยวัชรากูล, สมบัติ สิริพันธ์วราภรณ์ และนิวุฒิ หวังชัย, 2530 : 79)

2.5.8. การตรวจสอบลูกกุ้งด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส (PCR) เป็นการตรวจวินิจฉัยโรคตัวแดงดวงขาวที่อาจจะติดมากับลูกกุ้งโดยผ่านมาทางพ่อแม่พันธุ์ ซึ่งต้องมีการออกแบบดีเอ็นเอต้นแบบ (Primer) สามารถทำได้โดยนำเอาดีเอ็นเอของเชื้อไวรัสบริสุทธิ์ที่ตัดด้วย Bam HI

restriction Endonuclease ไปต่อเข้ากับพลาสมิด p UC 18 นำ ไปใส่ในแบคทีเรีย *Escherichia coli* JM 190 Competent cells หาลำดับการเรียงตัวของเบสจากชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มีจำนวนเบสประมาณ 1.1 kb ซึ่งได้จากการ clone เพื่อนำไปออกแบบดีเอ็นเอต้นแบบซึ่งจะมีความเฉพาะเจาะจงกับเชื้อไวรัสตัวแดงดวงขาวในแถบดีเอ็นเอที่ 520 เบสเพียงแถบเดียว นับว่าเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและมีความแม่นยำสูง (จิราพร เกษรจันทร์, สิทธิ บุณยรัตผลิน และไฟรเออร์, 2540 : 1)

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าลูกกุ้งที่ใช้ในการเลี้ยงจะมีคุณภาพที่ดีผ่านการตรวจสอบจากขบวนการต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วน ก็มิใช่ว่าการเลี้ยงกุ้งจะประสบความสำเร็จทั้งนี้เพราะคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการจัดการจะเข้ามามีบทบาทต่อความสำเร็จในแต่ละกรณีไป เช่นกุ้งที่ผ่านการวินิจฉัยด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรสอาจจะมีการติดเชื้อในภายหลังได้

2.6 ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งต่อสิ่งแวดล้อม

2.6.1. ผลกระทบต่อทรัพยากรดิน

การเลี้ยงกุ้งทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลงในทางที่ไม่เหมาะสมต่อการนำกลับมาปลูกพืช ซึ่งปัจจุบันบ่อกุ้งส่วนหนึ่งถูกปล่อยทิ้งไว้เนื่องจากความไม่คุ้มทุนในการผลิตกุ้ง (อาจเนื่องจากปัญหาเรื่องโรคกุ้งและมลภาวะของน้ำ) ซึ่งคาดว่าจำนวนบ่อกุ้งที่ถูกปล่อยทิ้งไว้จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะบ่อของเกษตรกรรายย่อย ผลกระทบของการทำนากุ้งต่อการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรดินสามารถพิจารณาได้จาก

2.6.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ก. pH

ดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้วโดยทั่วไปมีสภาพเป็นด่างปานกลาง (pH 8.17) (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 :73) ทำให้สภาพทางเคมี ชีวภาพ และกายภาพของดินถูกเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับสภาพทางเคมีที่สำคัญซึ่งสัมพันธ์กับระดับ pH ของดิน คือระดับธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กล่าวคือ

1) ปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม

จากการวิเคราะห์ดินนากุ้งพบว่ามี แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมอยู่ในระดับที่สูงกว่าดินที่ใช้ปลูกข้าวประมาณ 2.90 1.50 และ5.61 เท่าตามลำดับ (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 73) ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Tisdale, Nelson and Beaton, 1985 : 292-349) ถึงแม้ว่าดินนากุ้งจะมีปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมสูงกว่าดินนาข้าว แต่เมื่อนำดินนากุ้งมาปลูกพืช พืชอาจจะแสดงอาการขาด แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เนื่องจากดินนากุ้งมีปริมาณของโซเดียมมากกว่าดินนาข้าวถึง 21 เท่า (พิภพ

ปราบณรงค์, 2536 : 73) และเมื่อประเมินระดับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินนากุ้งพบว่ามีค่าร้อยละ 55.44 (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 73) ซึ่งระดับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าร้อยละ 40-50 จะทำให้พืชเกิดปัญหาการขาด แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมได้ (สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน และคณะ, 2519 : 249) โดยโซเดียมที่มีอยู่ในระดับสูงจะทำให้พืชลดการดูด แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม

2) ปริมาณฟอสฟอรัส

จากการศึกษาพบว่าดินนากุ้งมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมมากกว่าดินนาข้าวประมาณ 8 เท่าซึ่งเกินพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 74) แต่ถ้านำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นกรดเป็นด่างของดินมาพิจารณาด้วยจะพบว่า ดินนากุ้งที่มี pH ประมาณ 8.17 ซึ่งจัดว่าเป็นด่างทำ ให้ฟอสฟอรัสอาจถูกดูดยึดโดยทำปฏิกิริยากับแคลเซียมทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Donahue, Miller and Shickluna, 1977 :134)

3) ปริมาณจุลธาตุอาหารพืช

สังกะสี แมงกานีส และทองแดง อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ และเป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อยเมื่อดินมี pH เป็นด่างดังกรณีของนากุ้ง ทั้งนี้สังกะสีอาจอยู่ในรูป $ZnCO_3$ หรือ $Zn(OH)_2$ ที่ละลายน้ำได้ยาก (Tisdale, Nelson and Beaton, 1985 : 383-384) ขณะที่ทองแดงและแมงกานีส อาจอยู่ในรูป $CuCO_3$ หรือ $Cu(OH_2)$ และ$Mn(OH_2)$ (Lindsay, 1979 : 153-223) จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลธาตุทั้งสามในดินนากุ้ง พบว่า สังกะสี แมงกานีส และทองแดง อยู่ 1.73 35.8 และ 2.33 มก./กก.ตามลำดับ (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 71) ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Viets and Lindsay, 1973 : 165)

ข. ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร

ในการนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของธาตุหรือสารประกอบในดินจนอาจก่อให้เกิดปัญหากับพืช 2 ประการคือ

1) การเลี้ยงกุ้งทำให้สัดส่วนความเหมาะสมของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะโซเดียมที่มีการสะสมในระดับสูง โดยเฉพาะในรูปของ NaCl ที่เป็นพิษมากกว่าในรูปของ Na_2SO_4 ทั้งนี้ดินนากุ้งมีปริมาณโซเดียมมากกว่าดินนาข้าวประมาณ 21 เท่า (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 73) ดังนั้นพืชอาจดูดซับโซเดียมเข้าไปปริมาณมากทำให้ส่งผลกระทบต่อ กระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (ชัยนาม ดิสถาพร, 2532 : 138-142)

2) การทำให้ธาตุอาหารของพืชบางชนิดเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง ระดับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่สูงในดินนากุ้ง อาจเป็นผลให้พืชดึงดูดแคตไอออนที่เป็นธาตุอาหาร

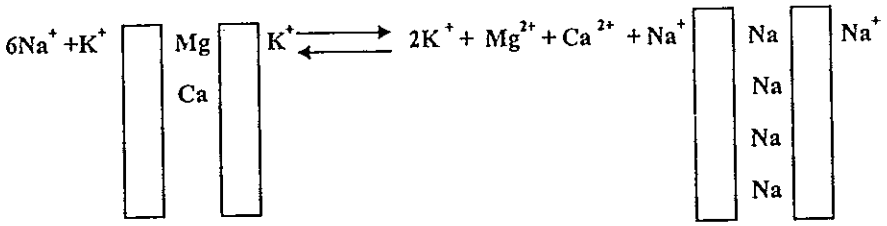
ตัวอื่นได้น้อยลง อาทิ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม กล่าวคือโซเดียมจะไปแข่งขันกับแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ในสารละลายดิน เมื่อโซเดียมเข้าไปสู่รากพืชทำให้รากพืชดูดแคตไอออนอื่น ๆ ที่เป็นอาหารได้น้อยลง ดังนั้นแม้ว่าดินนากุ้งจะมีปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม สูงกว่าดินนาข้าว (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 75) แต่พืชอาจดูดธาตุเหล่านี้ได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ ต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้การที่ดินมีโซเดียมในระดับสูงยังทำให้เกิดการสูญเสีย (leaching loss) ธาตุอาหารอื่นได้ด้วย (ชัยนาม ดิสถาพร, 2532 : 138-142)

ค. ความเค็ม

การสะสมไอออนชนิดต่าง ๆ ที่นำมาโดยน้ำทะเลที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ทำให้ดินนากุ้งมีความเค็มสูงขึ้น (วัดโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้า) ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งมีค่าประมาณ 3.96 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร สูงกว่าดินนาข้าวประมาณ 396 เท่า (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 75) ถ้านำดินนากุ้งที่มีความเค็มสูงมาทำการเพาะปลูกพืชอาจแสดงอาการเหี่ยว ทั้งนี้เพราะอาจเกิดกระบวนการ Plasmolysis หรือ Reverse osmosis ในพืช โดยน้ำเลี้ยงในพืชจะไหลผ่านเนื้อเยื่อรากพืชออกมาสู่สารละลายดิน เนื่องจากดินมีความเค็มมากกว่า (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ, 2519 : 256)

2.6.1.2 การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ

การนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากโซเดียมที่มีอยู่ในน้ำทะเลไปไล่ที่แคตไอออนที่ถูกดูดซับบริเวณผิวของแร่ดินเหนียว ดังสมการข้างล่างนี้



ที่มา : พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 76

การที่โซเดียมไล่ที่แคตไอออนที่อยู่บนผิวของแร่ดินเหนียว จะมีผลทำให้แร่ดินเหนียวขยายขนาดของผลึกขึ้น เนื่องจากแมกนีเซียมและแคลเซียมที่มีอยู่ที่แร่ดินเหนียวอย่างละ 1 อะตอมจะถูกไล่ที่โดย 4 อะตอมของโซเดียมและอะตอมทั้ง 4 ของโซเดียมจะครอบครองเนื้อที่มากกว่า 1 อะตอมของแมกนีเซียมและ 1 อะตอมของแคลเซียม จึงเป็นสาเหตุของการขยายผลึกของแร่ดินเหนียว ซึ่งมีผลทำให้ดินแน่นทึบ การระบายน้ำออกจากดินทำได้ยากขึ้น (Freeze and Cheerry, 1979 : 133) นอกจากนี้โซเดียมยังมีสมบัติที่ทำให้อนุภาคของแร่ดินเหนียวฟุ้งกระจาย (dispersing agent) (Donahue, Miller and Shickluna, 1977 : 264) ไม่รวมตัวกับเม็ดดิน มีผลทำ

ให้ดินแน่นทึบมากยิ่งขึ้น ซึ่งทำให้การไถพรวนลำบาก น้ำซึมผ่านได้ยาก และเมื่อดินแห้งจะแข็งมาก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การนำน้ำทะเลมาเลี้ยงกุ้งทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเลวลง คือ แน่นทึบ และการระบายน้ำของดินยากขึ้น ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 76)

2.6.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ

ความเค็มและความเป็นด่างของดินนากุ้ง มีผลอย่างยิ่งต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยทั่วไปกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียสามารถทำงานได้ดีเมื่อดินมีสภาพเป็นกลาง และเมื่อดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้ช้าลง ส่วนในกลุ่มของราจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ในกรณีที่ดินมีสภาพเป็นด่างกลุ่มของแบคทีเรียนั้นสามารถทำงานได้ดีกว่าพวกรา (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ, 2519 : 251) สำหรับความเค็มของดินจะยับยั้งการทำงานและการเจริญเติบโตของทั้งแบคทีเรียและรา ดังนั้นดินนากุ้งที่มีความเค็มสูงและมีสภาพเป็นด่างจะมีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มีปริมาณลดลง ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์จะควบคุมระดับ ไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัส ที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ไม่สามารถดำเนินไปได้ด้วยดีปริมาณไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในปริมาณต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการขาดธาตุอาหารในดินไม่เหมาะกับการปลูกพืช (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 77)

2.6.2 ผลกระทบต่อน้ำบาดาล

ฟาร์มกุ้งขนาดใหญ่บางแห่งสูบน้ำบาดาลขึ้นมาผสมกับน้ำเค็มเพื่อให้ได้อัตราส่วนความเค็มของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง โดยขุดเจาะบ่อบาดาลลึกลงไปจากผิวดินประมาณ 100-200 เมตร และใช้ท่อขนาด 12 นิ้วสูบน้ำตลอด 24 ชั่วโมง ผลที่เกิดขึ้นคือบ่อน้ำตื้นในหมู่บ้านโดยรอบแห้ง ทำให้น้ำเค็มรุกตัวเข้ามาแทนที่น้ำจืดกลายเป็นบ่อน้ำเค็มอย่างถาวร (ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 18-19)

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการแพร่กระจายของความเค็มตามแนวดิ่งของดินในนากุ้ง มากกว่า 40 เซนติเมตรต่อปีในปีแรก ย่อมมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำใต้ดินแน่นอน โดยเฉพาะที่มีน้ำใต้ดินระดับตื้น ถ้าหากแหล่งน้ำใต้ดินถูกปนเปื้อนด้วยมลพิษแล้ว โอกาสที่จะฟื้นฟูให้คืนสู่สภาพเดิมเกือบเป็นไปไม่ได้เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำใต้ดินช้ามาก (พิภพ ปราบณรงค์, ประวิทย์ โตวัฒนะ และ สมศักดิ์ มณีพงศ์, 2537 : 426)

2.6.3 ผลกระทบต่อลำคลองธรรมชาติ

เกิดจากการที่เกษตรกรผู้เลี้ยงบางรายโดยเฉพาะที่อยู่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำหรือคลองน้ำจืด ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้ง และสูบฉีดขี้เลนลงไปโดยตรงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากคลองที่เป็นน้ำจืดเปลี่ยนมาเป็นคลองน้ำเค็ม และเกิดการเน่าเสียเกิดขึ้น ไม่สามารถใช้อุปโภค บริโภค ตลอดจนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ ทำให้ราษฎรได้รับความเดือดร้อน (ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 22)

2.6.4 ผลกระทบต่อน้ำทะเล

น้ำเสียจากนากุ้งและขี้เลนก้นบ่อ นอกจากจะมีผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชาย ฝั่งแล้ว ยังมีผลทำให้น้ำทะเลมีคุณภาพลดลงและทำลายสภาพแวดล้อมทางทะเลอื่น ๆ อีกด้วย นอกจากนี้น้ำเสียริมทะเลเริ่มขยายขอบเขตออกจากฝั่งไปเรื่อย ๆ พร้อม ๆ กับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของสิ่งมีชีวิตพวกหอย เช่น หอยเสียบ หอยแมลงภู่ เป็นต้น โดยมีผลมาจากการเพิ่มปริมาณของเสียสารอินทรีย์ถูกปล่อยมาจากนากุ้งและสะสมตัวอยู่บริเวณชายฝั่ง ซึ่งหอยเหล่านี้ใช้เป็นอาหาร

2.6.5 ผลกระทบต่อการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

2.6.5.1ผลกระทบต่อการเกษตร การทำนากุ้งส่งผลกระทบอย่างยิ่งกับการเพาะปลูกพืชโดยน้ำจืดที่อยู่ในคลองที่อยู่ใกล้บ่อเลี้ยงกุ้งเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มไม่สามารถนำมาใช้สำหรับเพาะปลูกได้ จากข้อมูลปี พ.ศ. 2534 ระบุว่าพื้นที่ทำการเกษตรในเขตอำเภอระโนดได้รับความเสียหายจากการทำนากุ้งถึง 28,620 ไร่ (อำเภอระโนด, 2534 : 7)

2.6.5.2 ผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์ การเลี้ยงสัตว์ได้ผลกระทบอย่างสูงเนื่องจากน้ำในคลองธรรมชาติและบ่อน้ำตื้นมีรสเค็มสัตว์เลี้ยงไม่สามารถกินได้ เกษตรกรจึงจำเป็นต้องซื้อน้ำจืดมาให้สัตว์เลี้ยงกิน จากปัญหาเรื่องน้ำเค็มทำให้เกษตรกรจำนวนมากต้องเลิกอาชีพการเลี้ยงสัตว์

2.6.5.3 ผลกระทบทางการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แม้ว่าในระยะแรกของการปล่อยน้ำทิ้งจากนากุ้งลงสู่ทะเล ทำให้นำมาซึ่งความชุกชุมของปลาบริเวณใกล้ฝั่ง (เนื่องจากน้ำทิ้ง จากนากุ้งมีอาหารกุ้งซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพสูงผสมอยู่เป็นจำนวนมาก) เป็นผลให้ชาวประมงขนาด เล็กที่หากินริมชายฝั่งมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่เมื่อการเลี้ยงกุ้งขยายตัวมากขึ้น น้ำทิ้งที่เหี่ยวขึ้นส่งผลทำให้น้ำทะเลริมชายฝั่งเสีย ปลาที่เคยชุกชุมกลับลดลงชาวประมงขนาดเล็กต้องออกไปหาปลาไกลจากฝั่งมากขึ้น นอกจากนี้น้ำเสียยังส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาในกระชังและทำให้ปริมาณลูกปลาวัยอ่อนลดลงไปด้วย (ทักษิณปริทัศน์ (นามแฝง), 2534 : 20)

2.6.6 ผลกระทบด้านสังคม

การเลี้ยงกุ้งได้ส่งผลกระทบทางสังคมด้วยกันในหลาย ๆเรื่องเช่น

2.6.6.1 ความขัดแย้งระหว่างกลุ่มนาข้าวกับกลุ่มอาชีพอื่น เช่นกลุ่มนากุ้งกับนาข้าว ที่เคยมีปัญหากันในเขตอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา ส่งผลไปสู่การชุมนุมประท้วงครั้งใหญ่ของเกษตรผู้ปลูกข้าวถึง 3 ครั้งในช่วง พ.ศ. 2533-2534

2.6.6.2 ความขัดแย้งระหว่างบริษัทเลี้ยงกุ้งกับเกษตรกรคู่สัญญา

2.6.6.3 การเพิ่มขึ้นของคดีฉ้อโกง เช่นการปฏิเสธการจ่ายเงินจากธนาคารเมื่อนำเช็คไปขึ้นเงิน ทำให้สังคมขาดความเชื่อมั่น ไว้ใจซึ่งกันและกัน

2.6.6.4 ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งการเลี้ยงกุ้งปัจจุบันนิยมใช้แรงงานจากต่างชาติเช่น กัมพูชา ลาว และเมียนมา ทำให้เกิดปัญหาสังคมและอาชญากรรม

2.6.6.5 ความเห็นแก่ตัวของคนในชุมชนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการลงทุนและผลผลิตที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งมีมูลค่าเป็นตัวเงินที่สูง จึงทำให้เกษตรกรขาดความเอื้อเฟื้อซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นปัญหาความขัดแย้งและกลั่นแกล้งกัน (อำเภอระโนด, 2534 : 19)

2.6.7 ผลกระทบต่อการย้ายถิ่นฐาน

การเลี้ยงกุ้งก่อให้เกิดการโยกย้ายแรงงานต่างถิ่นเข้ามาประกอบธุรกิจการเลี้ยงกุ้งและรับจ้างเลี้ยงกุ้ง ซึ่งแรงงานที่เข้ามารับจ้างเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่จะรับจ้างเลี้ยงให้กับบริษัท ส่วนประชากรในพื้นที่เดิมต้องโยกย้ายไปทำงานในเมืองอื่น เพราะสามารถขายที่ดินได้ในราคาสูงและส่วนหนึ่ง ไม่สามารถประกอบอาชีพดังเดิมได้เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้ง

2.6.8 ผลกระทบจากนโยบายของรัฐ

จากการที่รัฐได้แก้ปัญหาความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรที่ทำนากุ้งและนาข้าวโดยการประกาศเขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาและเขตการเพาะปลูกนั้น เกษตรกรที่มีความต้องการประกอบอาชีพไม่ตรงกับเขตที่ตนอยู่ มีความเห็นว่ารัฐผลักดันให้ตนต้องประกอบอาชีพตามเขตที่ได้ประกาศใช้ โดยไม่เต็มใจที่จะแก้ปัญหาความเดือดร้อนอย่างจริงจัง

2.6.9 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

เป็นที่ยอมรับว่ารายได้จากการเลี้ยงกุ้งสามารถทำเงินเข้าประเทศได้จำนวนมากแต่รายได้ส่วนใหญ่ตกอยู่กับกลุ่มคนไม่กี่กลุ่ม ทำให้มีปัญหาเรื่องของการกระจายรายได้ตามมาโดยกลุ่มคนที่สูญเสียโอกาสในการประกอบอาชีพเนื่องจากได้รับผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งถือว่าเป็นกลุ่มใหญ่กว่าและมีความเดือดร้อน ขาดรายได้หลักที่จุนเจือครอบครัวก่อให้เกิดผลกระทบอื่น ๆ ตามมา

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพดินและน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่มีผลผลิตแตกต่างกัน

3.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับผลผลิตของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

3.3 เพื่อเสนอแนวทางในการจัดการสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะ เลี้ยงกุ้งให้เหมาะสม

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทำให้ทราบปัญหาของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อผลผลิตการเพาะเลี้ยงกุ้งและสิ่งแวดล้อม

4.2 ผลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการจัดการสิ่งแวดล้อมของบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง ให้มีความเหมาะสม เพื่อให้การใช้ทรัพยากรดินและน้ำเป็นไปอย่างมีถาวรภาพหรือยั่งยืนหรือใช้ประโยชน์ได้ยาวนานมากขึ้น อันเป็นการลดการทำลายสภาพแวดล้อม ทรัพยากรดิน น้ำ และป่าชายเลน

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในภาคสนาม ได้แก่

1.1.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ (ภาพประกอบ 2.1)

1.1.2 อุปกรณ์เก็บดิน (ภาพประกอบ 2.2)

1.1.3 ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดิน

1.1.4 เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของ Y.S.I. Model 57 (ภาพประกอบ 2.3)

1.1.5 เครื่องมือวัดความเค็มของ ATACO Model S-28 cat 2421 (ภาพประกอบ 2.4)

1.1.6 Secchi disk (ภาพประกอบ 2.5)

1.1.7 หลักไม้ไผ่กำหนดตำแหน่ง

1.1.8 เรือ

1.1.9 ปากกาและสมุดจดบันทึก

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

1.2.1 Analytical balance (ภาพประกอบ 2.6)

1.2.2 UV-VIS spectrophotometer (ภาพประกอบ 2.7)

1.2.3 ชุดเครื่องย่อยและกลั่นแอมโมเนีย (ภาพประกอบ 2.8 ,2.9)

1.2.4 Electrical conductivity meter (ภาพประกอบ 2.10)

1.2.5 pH meter (ภาพประกอบ 2.11)

1.2.6 Hotplate (ภาพประกอบ 2.12)

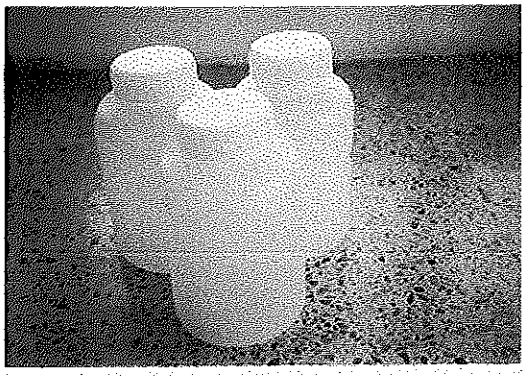
1.2.7 เตาเผาอุณหภูมิสูง (ภาพประกอบ 2.13)

1.2.8 อุปกรณ์บดและร่อนดิน (ภาพประกอบ 2.14)

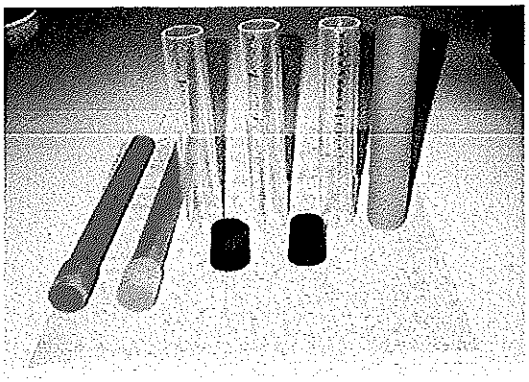
1.2.9 ตู้ดูดควัน (ภาพประกอบ 2.15)

1.2.10 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ประกอบเครื่องแก้ว

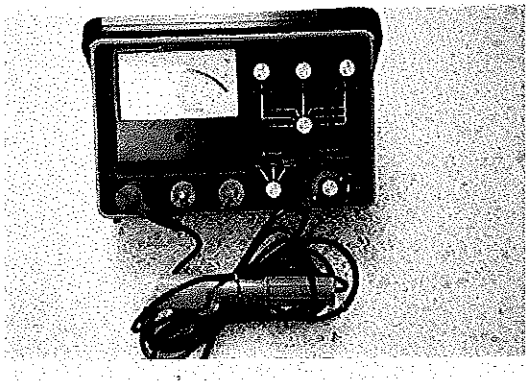
1.2.11 สารเคมี



ภาพประกอบ 2.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

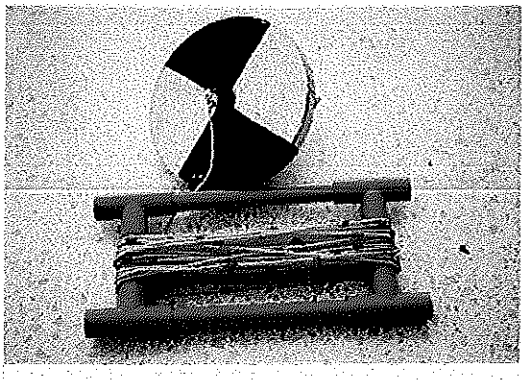


ภาพประกอบ 2.2 อุปกรณ์เก็บดิน

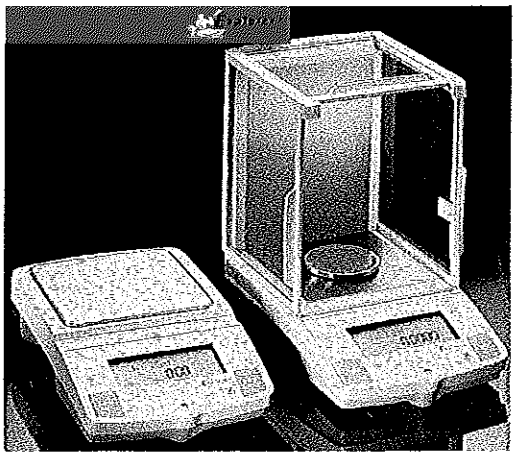


ภาพประกอบ 2.3 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน

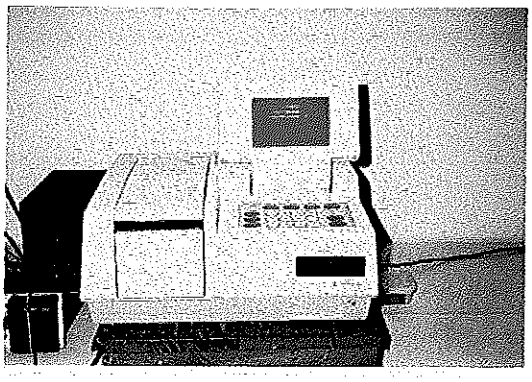
ภาพประกอบ 2.4 เครื่องวัดความเค็ม



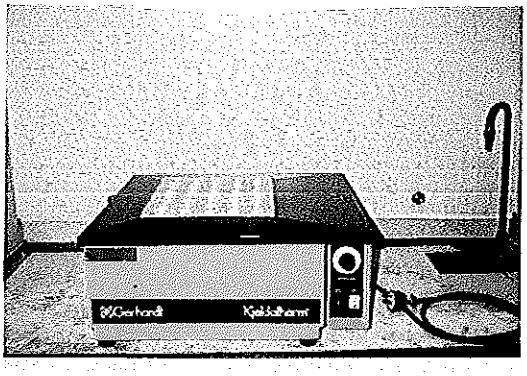
ภาพประกอบ 2.5 Secchi disk



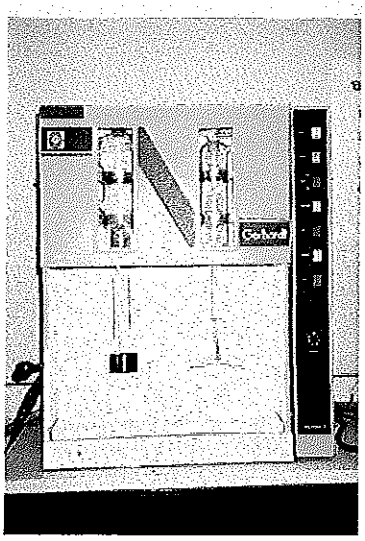
ภาพประกอบ 2.6 เครื่องชั่งไฟฟ้า



ภาพประกอบ 2.7 UV-VIS spectrophotometer

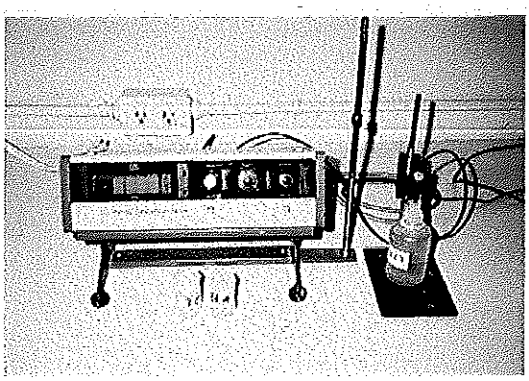


ภาพประกอบ 2.8 ชุดเครื่องย่อยไนโตรเจน

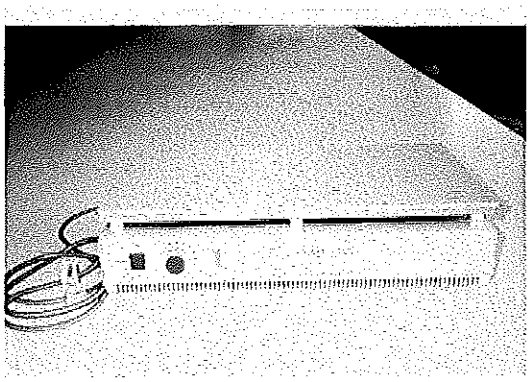


ภาพประกอบ 2.9 เครื่องกลั่นไนโตรเจน

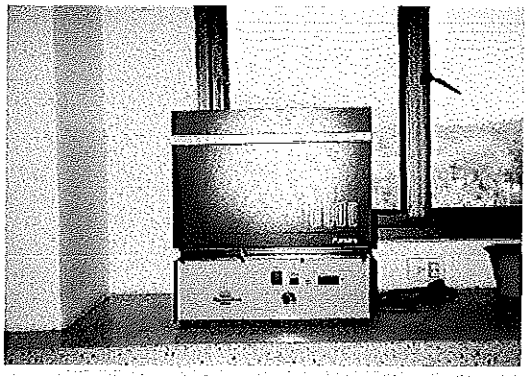
ภาพประกอบ 2.10Electrical conductivity meter



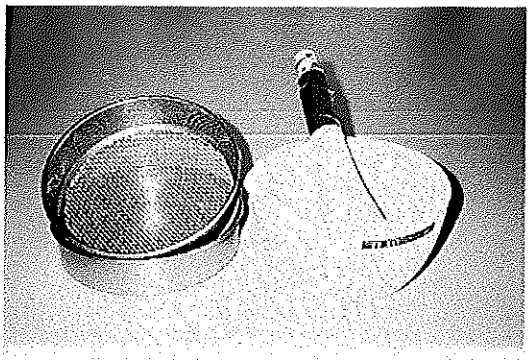
ภาพประกอบ 2.11 pH meter



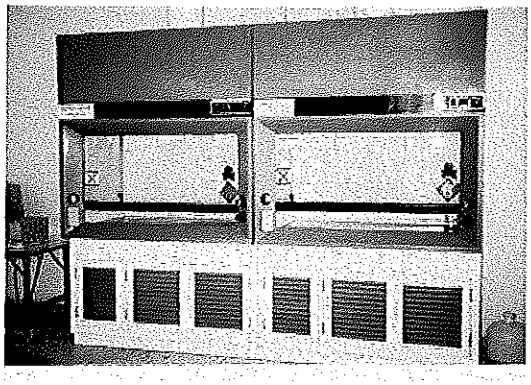
ภาพประกอบ 2.12 Hotplate



ภาพประกอบ 2.13 เตาเผาอุณหภูมิสูง



ภาพประกอบ 2.14 อุปกรณ์บดและร่อนดิน



ภาพประกอบ 2.15 ตู้ดูดควัน

2. การศึกษาภาคสนาม

2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่าง เป็นฟาร์มเดียวกันและอยู่ในขอบเขตใกล้เคียงกัน ในตำบลหน้าสตน อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรธรรมราช (ภาคผนวก ก.) ซึ่งดินบริเวณดังกล่าว เป็นดินชุดบางกอก โดยทำการเลือกเก็บดินและน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจำนวน 12 บ่อ อัตราความหนา แน่นของกุ้งที่เริ่มปล่อยโดยเฉลี่ย 40 ตัว / ตารางเมตรแบ่งวิเคราะห์เป็นเกณฑ์ได้ 3 กลุ่มดังนี้

2.1.1 จัดแบ่งตามปริมาณผลผลิต ณ อายุ 18 สัปดาห์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อยคือ

2.1.1.1 กลุ่มที่มีผลผลิตมากกว่า 1,000 กิโลกรัม/ไร่ คือบ่อ B10 B11 C24 และ B12 มีผลผลิต ณ สัปดาห์ที่ 18 เท่ากับ 1201.97 1103.97 1082.96 และ1006 กิโลกรัม/ไร่ ตาม ลำดับ ซึ่งต่อ ไปนี้เรียกว่า AY > 1000

2.1.1.2 กลุ่มที่มีผลผลิต 750-900 กิโลกรัม/ไร่ คือบ่อ C22 D33 D32 และD36 มี ผลผลิต ณ สัปดาห์ที่ 18 เท่ากับ 913 828 813 และ790 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียก ว่า AY 750-900

2.1.1.3 กลุ่มที่มีผลผลิตต่ำกว่า 700 กิโลกรัม/ไร่ คือบ่อ C25 D34 D35 และD38 มีผลผลิต ณ สัปดาห์ที่ 18 เท่ากับ 727 668 645 และ487 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งต่อไปนี้จะ เรียกว่า AY < 700

2.1.2 จัดแบ่งตามอัตรารอด โดยคิดจากอัตรารอดสุดท้าย หลังจากสัปดาห์ที่ 18 สามารถ แบ่งได้เป็น 4 กลุ่มย่อยคือ

2.1.2.1 กลุ่มที่มีอัตรารอดร้อยละ 70-80 คือบ่อ B10 B11 และB12 มีอัตรารอด ณ วันที่จับร้อยละ 74 78 และ72 ตามลำดับ ซึ่งต่อไปนี้เรียกว่า SR 70-80

2.1.2.2 กลุ่มที่มีอัตรารอดร้อยละ 60-70 คือบ่อ C24 D32 และD33 มีอัตรา รอด ณ วันที่จับร้อยละ 67 68 และ67 ตามลำดับ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า SR 60-70

2.1.2.3 กลุ่มที่มีอัตรารอดร้อยละ 50-60 คือบ่อ C22 D34 และD36 มีอัตรารอด ณ วันที่จับร้อยละ 54 55 และ53 ตามลำดับ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า SR 50-60

2.1.2.4 กลุ่มที่มีอัตรารอดต่ำกว่าร้อยละ 50 คือบ่อ C25 D35 และD38 มีอัตรา รอด ณ วันที่จับร้อยละ 43 43 และ36 ตามลำดับ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า SR < 50

2.1.3 จัดแบ่งตามน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน โดยคิดจากน้ำหนักตัวของกุ้งที่จับ ณ สัปดาห์ สุดท้ายที่ทำการเลี้ยงหารด้วยจำนวนวันที่เลี้ยง สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มย่อยคือ

2.1.3.1 กลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.18 กรัม คือบ่อ B10 B11 B12 และC25 ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ADG .18

2.1.3.2 กลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.17 กรัม คือบ่อ C22 C24 และ D38 ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ADG .17

2.1.3.3 กลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.16 กรัม คือบ่อ D32 D33 และD36 ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ADG .16

2.1.3.4 กลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.15 กรัม คือบ่อ D34 และD35 ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ADG .15

สำหรับข้อมูลทั่วไปของบ่อที่เก็บตัวอ่างรวบรวมไว้ในตาราง

ตาราง 2.1 ข้อมูลทั่วไปของบ่อที่เก็บตัวอย่าง

บ่อที่	ขนาด (ไร่)	อัตราความหนาแน่น	วิธีการเลี้ยง	การใช้ที่ดิน
B10	7	ทุกบ่อปล่อยครั้งแรก	บ่อทั้งหมด	บ่อทั้งหมดสภาพเดิม
B11	9	ที่อัตราความหนา	ทำการเลี้ยง	เป็นนาข้าว (ดินชุดบางกอก)
B12	9	แน่น 40 ตัว/ตร.ม.	กุ้งแบบ	เริ่มทำการเลี้ยงกุ้งมาตั้งแต่
C22	4.59		พัฒนา	ปี 2532 จนนับถึงปัจจุบัน
C24	4.05			เป็นเวลา8 ปี ทำการเลี้ยง
C25	3.50			โดยเฉลี่ยปีละ 2 รุ่น
D32	6.97			
D33	7.03			
D34	7.03			
D35	6.48			
D36	6.97			
D38	5.75			

2.2 จุดเก็บตัวอย่าง

2.2.1 สำหรับตัวอย่างดินจะเก็บ 3 จุดในแต่ละบ่อคือ

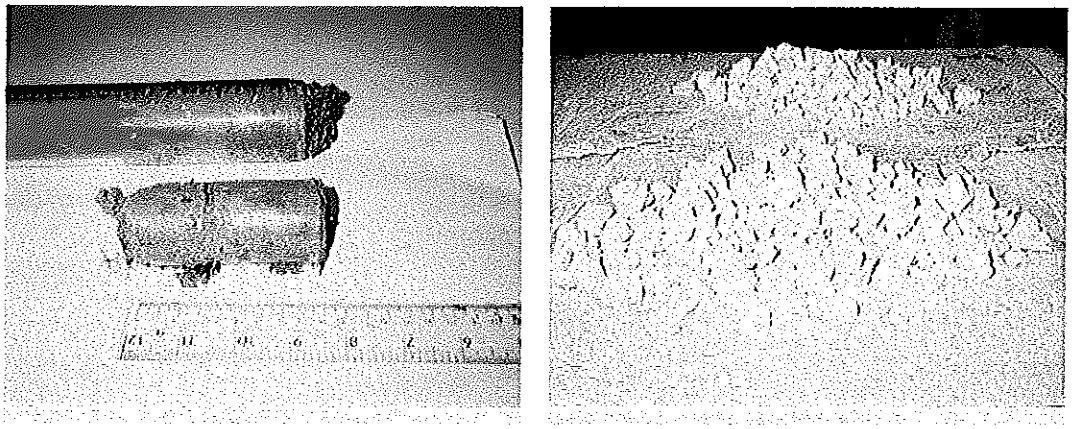
- บริเวณประตูน้ำเข้า
- บริเวณกลางบ่อ
- บริเวณประตูน้ำออก

2.2.2 ตัวอย่างน้ำจะเก็บจุดเดียวบริเวณประตูน้ำออก โดยทำการเก็บบ่อละ 3 ซ้ำ ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล

ตำแหน่งที่เก็บในแต่ละจุด จะทำการปักหลักแสดงตำแหน่ง เพื่อที่จะมั่นใจว่าการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะเก็บตัวอย่าง ณ ตำแหน่งเดิมทุกครั้งตลอดการศึกษานี้ (ภาพประกอบ 2.16)

2.2.3 ระดับความลึกที่เก็บ ตัวอย่างดินจะใช้อุปกรณ์เก็บดิน แล้วทำการนำตัวอย่างดินที่เก็บได้จากผิวดินจนถึงความลึก 7 ซม.มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ (ภาพประกอบ 2.17) ส่วนตัวอย่างน้ำที่เก็บจะเก็บที่ความลึกประมาณครึ่งหนึ่งของความลึกของบ่อเลี้ยงกุ้งพัฒนา

ภาพประกอบ 2.16 สภาพของบ่อที่ใช้เก็บตัวอย่าง



ภาพประกอบ 2.17 ลักษณะตัวอย่างดินนากุ้งที่เก็บ

2.2.4 ช่วงความถี่ในการเก็บตัวอย่าง เริ่มเก็บตัวอย่างครั้งแรกในสัปดาห์แรกเมื่อเริ่มปล่อยกุ้งลงเลี้ยงแล้วจะทำการเก็บตัวอย่างทุก 14 วันจนกระทั่งจับกุ้ง

3. การเตรียมตัวอย่างดินและน้ำเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 ดิน นำตัวอย่างดินมาผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม บดดินให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม (10 เมช) นำดินที่เก็บในแต่ละจุด (ของบ่อเดียวกัน) มาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันบรรจุดินที่ได้ลงในกล่องพลาสติกเพื่อเก็บไว้วิเคราะห์

3.2 น้ำ ตัวอย่างน้ำในแต่ละบ่อจะเก็บโดยใช้ขวดที่ใช้เฉพาะสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ แล้วทำการวิเคราะห์ทันทีทุกพารามิเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

(จำนวนตัวอย่างดินและน้ำในแต่ละครั้งจำนวนอย่างละ 12 ตัวอย่าง ทั้งหมด 10 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 120 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตัวอย่างดินและตัวอย่างน้ำ

4.1 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดิน

4.1.1 ค่าปฏิกิริยา (pH) ของดิน ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1 : 5 โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร คนเป็นระยะ ๆ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ควรทำการปรับเครื่องวัด pH (pH meter) โดยใช้สารละลาย Buffer ที่มีค่า pH 4 7 และ10 ตามลำดับให้ตรงกับ Buffer ที่ตรวจสอบก่อนวัด pH ของตัวอย่าง เมื่อปรับเครื่องวัดเรียบร้อยแล้วจึงวัด pH ของน้ำตัวอย่าง (Melean, 1982 :200-208)

4.1.2 การนำไฟฟ้า (EC) ของดิน ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1 : 5 โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร คนเป็นระยะ ๆ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (Electrical Conductivity meter)

4.1.3 ค่าไนโตรเจนรวม (TKN) ของดิน ใช้วิธี Kjeldahl method ชั่งดินตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอด Kjedahl ขนาด 100 มิลลิลิตร เติม Potassium sulfate catalyse mixture ลงไปประมาณ 1.1 กรัม เติม Sulfuric acid เข้มข้น 3-5 มิลลิลิตรนำไปย่อยโดยเริ่มที่อุณหภูมิประมาณ 120 ^{0}C แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 375 ^{0}C ใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ได้สารละลายใสและตะกอนเป็นสีขาว วางทิ้งไว้ให้เย็น เมื่อตัวอย่างเย็นแล้วทำการเติมน้ำกลั่นลงไปเขย่าให้ตะกอนที่ตกอยู่เข้ากัน นำหลอดเข้าไปสวมกับชุดกลั่นโดยมีกรด Boric acid indicator 4% 30 มิลลิลิตร รองรับแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่นที่ใต้ก้าน Condenser ก่อนทำการกลั่นเติมสารละลาย Sodium hydroxide 40% จนสารละลายมีสีน้ำตาลหรือดำของ Selenium ทำการกลั่น

ประมาณ 3 นาที (ให้ได้สารละลาย 150 มิลลิลิตร) นำมาไตเตรทกับ 0.05 N ของ Sulfuric acid จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู (ทำ Blank ด้วยวิธีการเดียวกัน) (Bremner and Mulvaney, 1982 : 610-613)

การคำนวณ

TKN (mg./Kg.) = (1.4 x B x 1000)/W.

B = ปริมาตรกรดที่ใช้เป็น ml (หักด้วยปริมาตร Blank)

W = น้ำหนักของดินแห้ง (หักด้วย % น้ำ) กรัม

4.1.4 ค่าฟอสฟอรัสรวม (TP) ของดิน ตามวิธีการของ J.M. Andersens (Ignition method) ชั่งดินแห้งน้ำหนัก 0.15 - 0.2 กรัมลงใน Crucible จดบันทึกน้ำหนัก นำมาเผาในเตาเผา (Furnace) ที่อุณหภูมิ 550 ^{0}C นาน 1 ช.ม. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำดินที่ได้ละลายด้วย 1 N. ของ Hydrochloric acid ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตรใน Conical flask หุ้มปาก Flask ด้วยกระดาษ Aluminium foil ที่เจาะรูเพื่อให้ไอระเหยได้ ต้มบน Hot plate ประมาณ 15 นาที จะได้สารละลายสีเหลือง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตรใน Volumetric flask ทำการเจือจางสารละลายที่ได้อีก 10 เท่า โดยดูดสารละลายที่ปรับปริมาตรแล้ว (50 มิลลิลิตรใน Volumetric flask) มา 5 มิลลิลิตรลงใน Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตรที่มี Colour reagen 5 มิลลิลิตรและ Ascobic acid 5 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตราฐาน (ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2539 :1-3)

การคำนวณ

Total phosphorus (ppm.) = (X x 25 x10)/น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

X = ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (ppm.)

ที่เปรียบเทียบกับกราฟมาตราฐาน

(เครื่องแก้วทุกอย่างที่ใช้ควรทำการล้างด้วย Hydrocholric acid เข้มข้น และล้างด้วยน้ำกลั่น)

4.1.5 ค่าอินทรียวัตถุในดิน ตามวิธีการของ Walkey & Black modified method ทำการชั่งดินประมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายของ 1 N. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) มาตราฐาน 10 มิลลิลิตร และสารผสมระหว่างกรดซัลฟูริกเข้มข้นกับซิลเวอร์ซัลเฟต (กรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตรเติมซิลเวอร์ซัลเฟต 15 กรัม เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการทดลองอันเกิดจากคลอไรด์) จำนวน 15 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ 30 นาที เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร หยด Ferroin indicator 2-3 หยดแล้วนำมาไตเตรทด้วย สารละลาย เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) เข้มข้น 0.5 N. จนกระทั่งสีของสารแขวนลอยเปลี่ยนจากสีเขียวไป

เป็นสีน้ำตาลแดง บันทึกปริมาณเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ ทำ Blank เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ทุกครั้ง (Nelson and Sommer, 1982 : 574-576)

การคำนวณ

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$N_1 = 1.0 \times 10 / V_1$$

โดยที่ N_1 = ความเข้มข้นของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (N)

V_1 = ปริมาตรของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ไตรเตรทกับ Blank (ml.)

N_2 = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต (1N.)

V_2 = ปริมาตรของโพแทสเซียมไดโครเมต (10ml.)

ปริมาณอินทรียคาร์บอน (ร้อยละ) = {((N$_2$ x V$_2$) - (N$_1$ x V$_1$)) x 0.399 x ความชื้นในดิน} / น้ำหนักดินที่ใช้ (กรัม)

ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ) = ปริมาณอินทรียคาร์บอน (ร้อยละ) x 1.724

ตัวอย่างน้ำ

4.1.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ โดยใช้ pH meter ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างแท่งแก้ว Electrode ให้สะอาด ปรับ pH meter โดยใช้สารละลาย Buffer ที่ pH 4 7 และ 10 ตามลำดับ ปรับเครื่องวัดให้ตรงกับ Buffer ที่ใช้ ล้าง Electrode ให้สะอาดและเช็ดให้แห้ง นำน้ำตัวอย่างที่จะนำมาตรวจสอบประมาณ 5-10 มล. ใส่ลงใน Beaker แล้วจุ่ม Electrode ลงในน้ำตัวอย่าง แกว่งตัวอย่างน้ำเบา ๆ จนค่าที่ได้หยุดนิ่ง

4.1.7 ค่าแอมโมเนียรวมของน้ำ โดยวิธี Phenol - hypochlorite method โดยทำการกรองน้ำตัวอย่างแล้ววัดค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรโดยใช้น้ำกลั่นเป็น Reference solution และดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วแล้วเติมสารละลายดังนี้

- 0.5 มล. ของสารละลาย Phenol - alcohol
- 0.5 มล. ของสารละลาย Sodium nitroprusside
- 1.0 มล. ของสารละลาย Oxidizing

หุ้มปากหลอดทดลองด้วย Aluminium foil หุ้มปิดปลายหลอดแก้วทิ้งไว้ประมาณ 60 นาที เพื่อให้เกิดสารประกอบ Indophenol ที่สมบูรณ์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Reference solution ค่าที่ได้ทำการหักค่าการดูดกลืนแสงจาก

ความขุ่นของน้ำตัวอย่าง นำไปเทียบกับกราฟมาตราฐานที่เตรียมจาก NH_4Cl (Chuan and Sugahala, 1984 : 25)

การคำนวณ

NH3-N (ppm.) = (X x 12)/10

X = ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย (ppm.) ที่เปรียบเทียบกับกราฟมาตราฐาน

4.1.8 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) จะใช้วิธี Potentiometric tritration to pre selected pH (APHA, AWWA and WEF, 1995 : 2-27) นำน้ำตัวอย่าง 100 มล. ใส่ลงใน Conical flask ขนาด 125 มล. หยด Phenolphthalein indicator 4 หยดผสมให้เข้ากัน ถ้าสารละลายใส (pH ต่ำกว่า 8.3) ให้หยด Methyl orange 2-3 หยดจะได้สารละลายสีเหลืองแต่ถ้า หยด Phenolphthalein indicator แล้วได้สารละลายสีชมพู จะต้อง ไตเตรทด้วยสารละลาย Standard sulphuric acid solution 0.2 N.จนสีชมพูหมดไป (หมายเหตุ ถ้าเติม Indicator แล้วสารละลายมีสีชมพูแสดงว่า pH ของน้ำตัวอย่างมากกว่า 8.3 และเรียกว่า P.Alk) ก่อนที่จะหยด Methyl orange ไตเตรทด้วย Standard sulphuric acid solution 0.2 N. จนสารละลายเป็นสีส้ม บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ไปทั้ง 2 ส่วน

การคำนวณ

P.Alk. (as mg $CaCO_3$/L) = (A x N x 50,000)/มล. ของน้ำตัวอย่าง หรือ

P. Alk (as mg $CaCO_3$/L) = A x 10

Alk (as mg $CaCO_3$/L) = B x 10

A = มล. ของกรดที่ไตเตรทตัวอย่างน้ำถึง pH 8.3

B = มล. ของกรดที่ไตเตรทตัวอย่างน้ำถึง pH 4.5

N = Normality ของ Standard sulphuric acid (0.2 N.)

Total Alk = P Alk + Alk

4.2 การวิเคราะห์ภาคสนาม

4.2.1 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ใช้เครื่องวัดออกซิเจนของ Y.S.I. model 57 โดยปรับค่าความเค็มของเครื่องวัดออกซิเจนให้ตรงกับความเค็มของน้ำในบ่อ จากนั้นทำการหย่อน Electrod ลงในบ่อ แกว่งเบา ๆ จนค่าที่ได้หยุดนิ่ง ทำการวัด 2 ช่วงเวลาคือช่วง 13.00 น.และช่วง 6 .00 น.

4.2.2 ค่าความโปร่งแสง โดยใช้ Secchi - disk หย่อนลงไปในบ่อที่ทำการวัดจนถึงระดับความลึกที่สุดที่สามารถเห็นแผ่นไม้ (A) และระดับตื้นที่สุดที่มองไม่เห็นแผ่นไม้ (B) ซึ่งค่าความโปร่งแสงของน้ำเท่ากับ (A+B)/2 มีหน่วยเป็นเซนติเมตร เวลาที่วัดอยู่ในช่วง 12.30-13.30 น.

4.2.3 ค่าความเค็ม ใช้เครื่องวัดความเค็ม (Salinometer) วัดดัชนีการหักเหของแสง (Refractive index) โดยหยดตัวอย่างน้ำลงบนหน้าตัดของปริซึม (Prism) ของ Salinometer ซึ่งติดอยู่ตรงปลายด้านหนึ่งของเครื่องมือ ปิดแผ่นใสทับหยดน้ำแล้วอ่านสเกลผ่านเลนส์ใกล้ตา (Eyepiece) ที่อยู่อีกด้านหนึ่ง อ่านค่าที่ปรากฏตรงรอยตัดระหว่างส่วนที่มีแสงสว่างและส่วนที่มืดของสเกล

หมายเหตุ : การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและน้ำแสดงไว้ในภาคผนวก ค

5. วิธีประมวลผลและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะใช้โปรแกรมSPSSทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้งและผลผลิตกุ้งตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกลุ่มของคุณภาพดิน คุณภาพน้ำและระหว่างคุณภาพดินและคุณภาพน้ำ ซึ่งมีขั้นตอนการประมวลผลดังนี้

5.1 ศึกษาผลของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อผลผลิต เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถควบ คุมจำนวนวันในการเลี้ยงกุ้งให้เท่ากันได้ดังนั้นจึงต้องทำการปรับค่าผลผลิต ที่ได้ให้มีจำนวนวันที่เท่ากันก่อนที่จะประมวลผล ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและระยะเวลาที่ทำการเลี้ยง ให้ตัวแปรอิสระเป็นจำนวนวันที่ทำการเลี้ยงและตัวแปรตามเป็นผลผลิตที่ได้จากการสุ่มในระหว่างการเลี้ยงจนถึงผลผลิตสุดท้ายที่จับได้จริง โดยใช้โปรแกรมSPSSเพื่อเลือกรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม (ภาคผนวก ช.)

หลังจากทำการปรับค่าผลผลิตเรียบร้อยแล้วนำมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดิน และน้ำที่มีต่อผลผลิตในทุก ๆ สองสัปดาห์ตั้งแต่อายุ 28 วันจนถึง 126 วัน โดยใช้ Multiple Linear Regression ให้ตัวแปรอิสระเป็นคุณภาพดินและน้ำและตัวแปรตามเป็นผลผลิต

5.2 ศึกษาผลของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโต หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโต ในทุก ๆ สองสัปดาห์ตั้งแต่อายุ 28 วันจนถึง 126 วัน โดยใช้ Multiple Linear Regression ให้ตัวแปรอิสระเป็นคุณภาพดินและน้ำและตัวแปรตามเป็นอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน

5.3 ศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่เริ่มปล่อยจนถึงสัปดาห์ที่ 18 โดยวิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์แบบสุ่มตลอด (Randomized

design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินและน้ำของแต่ละกลุ่มผลผลิตในทุก 2 สัปดาห์ โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.4 ศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่เริ่มปล่อยจนถึงสัปดาห์ที่ 18 โดยวิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์แบบสุ่มตลอด (Randomized design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินและน้ำของแต่ละกลุ่มผลผลิตในทุก 2 สัปดาห์ โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.5 ศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่อวันแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่เริ่มปล่อยจนถึงสัปดาห์ที่ 18 โดยวิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์แบบสุ่มตลอด (Randomized design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินและน้ำของแต่ละกลุ่มผลผลิตในทุก 2 สัปดาห์ โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.6 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ ใช้โปรแกรม Table Curve ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) ของแต่ละตัวแปรศึกษา ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จะเป็น Best fit curve

หมายเหตุ วิธีของ Duncan เป็นวิธีทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าสถิติ LSR โดยวิธีที่เรียกว่า Duncan's new multiple range test ซึ่งจะเป็นการพิจารณาค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่เรียงลำดับแล้ว ด้วยค่าสถิติ LSR ดังนี้

$LSR_{0.05} = S_{\bar{X}} \cdot SSE$ โดยที่

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{(MSE/2) \times ((1/n_i)+(1/n_j))}$$

$LSR_{0.05}$ คือ ค่าสถิติของ Duncan ที่คำนวณได้สำหรับประชากรกลุ่มที่ i และj ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

SSE คือ ค่า Sum of square error จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

MSE คือ Mean square error ที่คำนวนได้จาก

$$\Sigma (y - (y\hat{})^2 / (n - k - 1)$$

สำหรับสมมติฐาน $H_0 : \mu_i = \mu_j$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $\left| \bar{X}_i - \bar{X}_j \right| > LSR$

ที่มา : ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2540 : 202

ข้อจำกัดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาในลักษณะเชิงสังเกตุ (Field observation) ไม่ใช้การวางแผนการทดลอง (Experiment) เนื่องจากไม่มีงบประมาณเพียงพอที่จะทดลองจริงได้จึงต้องขอความอนุเคราะห์จากฟาร์มเอกชนในการเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงมีหลายปัจจัยที่อยู่เหนือการควบคุมของผู้วิจัยอาทิ การทำความสะอาดของพื้นบ่อ ขนาดของบ่อ พันธุ์กุ้งที่มาจากหลายแหล่ง ระยะเวลาที่เริ่มเลี้ยงและการจับ แต่อย่างไรก็ตามผู้เขียนได้พยายามลดความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ให้น้อยที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้โดยเลือกบ่อเลี้ยงที่อยู่ในฟาร์มเดียวกัน มีเจ้าหน้าที่ดูแลชุดเดียวกัน ตลอดจนวิธีการจัดการและการเลี้ยงแบบเดียวกัน ดังนั้นข้อมูลที่ได้นี้จึงเป็นกรณีศึกษาและเป็นการศึกษาแนวโน้มของคุณสมบัติดินและน้ำทางเคมีและกายภาพบางประการเท่านั้น

บทที่ 3

ผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ของดินและน้ำมีดังนี้

1.1 ค่าปฏิกริยาดิน (soil reaction, pH)

1.1.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษา pH ของดินนากุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.12-8.3 8.06-8.29 และ 8.03-8.21 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มีค่าเฉลี่ย pH สูงกว่า AY -900 และกลุ่ม AY <700 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 และ16 (ตาราง 3.1 และภาพ 3.1)

1.1.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษา pH ของดินนากุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.13-8.35 8.07-8.23 8.07-8.27 และ 8.0-8.22 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR 70-80 มีค่าเฉลี่ย pH สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีอัตรารอดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6 14 และ 16 (ตาราง 3.2 และภาพประกอบ 3.2)

1.1.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษา pH ของดินนากุ้งในกลุ่ม ADG.18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.06-8.31 8.06-8.25 8.05-8.27 และ 7.99-8.23 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีค่า pH สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 และ 16 (ตาราง 3.3 และภาพประกอบ 3.3)

สรุปได้ว่า ดินพื้นบ่อนากุ้งทั้งหมดจัดว่ามีสภาพเป็นด่างอย่างอ่อน (ภาคผนวก ค) มีค่าเฉลี่ยของ pH อยู่ในช่วง 7.99-8.35 พบว่ามีการแกว่งตัวของ pH อยู่ในช่วงแคบ ๆ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และกลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง มีอัตรารอดสูง และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันมากที่สุดจะมีค่า pH ของดินสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตอนท้ายของระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง (สัปดาห์ที่ 14 และ 16)

ตาราง 3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	8.24	8.30	8.18	8.28	8.12	8.13	8.15	8.28^{b}	8.25^{b}	8.27
AY 750-900	8.12	8.29	8.19	8.18	8.11	8.10	8.06	8.10^{a}	8.13^{a}	8.15
AY < 700	8.19	8.21	8.13	8.13	8.03	8.04	8.07	8.14^{a}	8.18^{ab}	8.21

ตาราง 3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

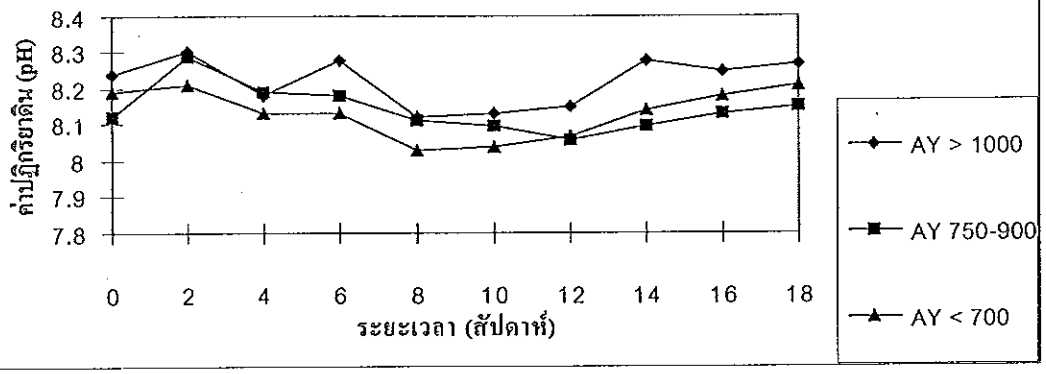
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	8.25	8.35	8.21	8.31^{b}	8.15	8.14	8.13	8.32^{b}	8.28^{b}	8.29
SR 60-70	8.11	8.23	8.12	8.19^{ab}	8.14	8.10	8.07	8.09^{a}	8.13^{a}	8.16
SR 50-60	8.19	8.27	8.20	8.20^{ab}	8.07	8.07	8.12	8.11^{a}	8.18^{ab}	8.19
SR < 50	8.20	8.22	8.14	8.11^{a}	8.00	8.07	8.07	8.19^{a}	8.18^{ab}	8.20

ตาราง 3.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

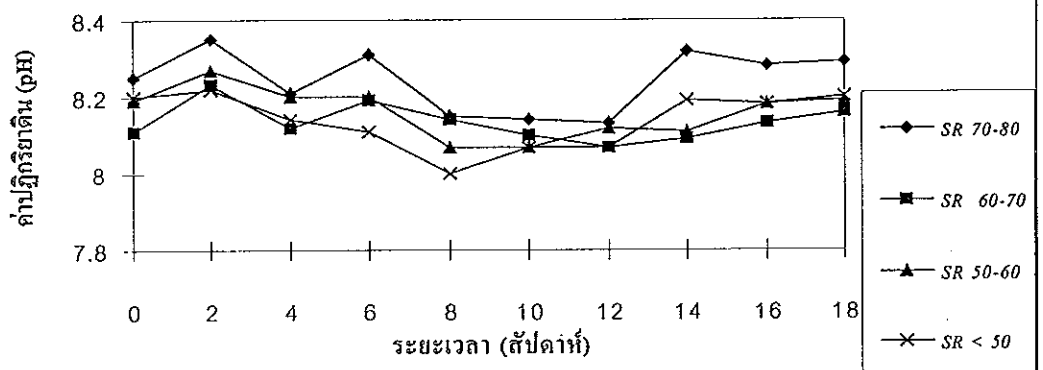
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	8.22	8.31	8.17	8.22	8.06	8.15	8.14	8.29^{b}	8.26^{b}	8.26
ADG .17	8.23	8.25	8.24	8.23	8.12	8.06	8.11	8.18^{ab}	8.16^{ab}	8.19
ADG .16	8.10	8.27	8.17	8.18	8.14	8.12	8.05	8.09^{a}	8.13^{a}	8.15
ADG .15	8.18	8.19	8.06	8.14	8.03	7.99	8.05	8.07^{a}	8.20^{ab}	8.23

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95โดยวิธี Duncan's new multiple range test

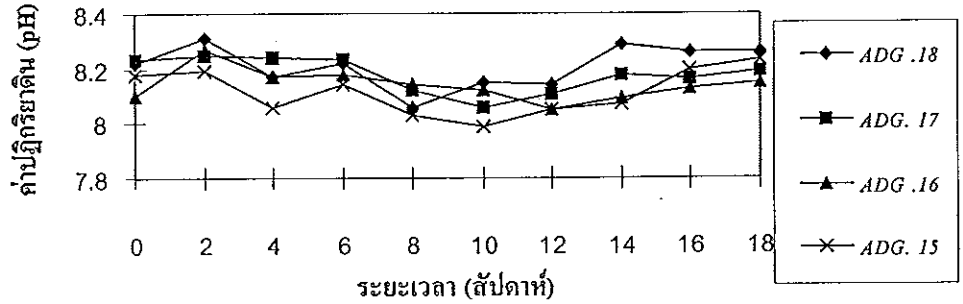
ภาพประกอบ 3.1 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปฏิกริยาดิน (pH) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.2 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปฏิกริยาดิน (pH) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.3 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปฏิกริยาดิน (pH) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

1.2.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.57-6.49 4.03-7.32 และ 4.38-7.80 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มีค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำกว่ากลุ่ม AY 750-900 และ AY <700 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 0 2 14 16 และ18 (ตาราง 3.4 และภาพประกอบ 3.4)

1.2.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และ SR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.23-6.06 4.16-7.08 4.26-7.68 และ 4.34-7.88 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรตามลำดับ โดยพบกลุ่ม SR 70-80 มีค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 0 2 4 14 16 และ 18(ตาราง 3.5 และภาพประกอบ 3.5)

1.2.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของดินนากุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.56-6.07 4.18-8.60 4.08-6.98 และ 4.48-7.70 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG. 18 มีค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำกว่ากลุ่ม ADG .17 .16 และADG. 15 (ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวน้อยกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 10 12 14 16 และ 18(ตาราง 3.6 และภาพประกอบ 3.6)

สรุปได้ว่า ค่าการนำไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในช่วง 3.23-7.88 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งถือว่าเป็นดินเค็มต่ำจนถึงปานกลาง (ภาคผนวก ค) โดยกลุ่ม AY >1000 SR 70-80 และADG.18 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง อัตรารอดสูง และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงจะมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) ในช่วงเดือนแรกและช่วงท้ายของการเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และเมื่อระยะเวลาผ่านไปพบว่าการเลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแล้วลดลง อันเป็นผลมาจากการเลี้ยงกุ้งในฤดูร้อนและในช่วงท้ายของการเลี้ยงเป็นฤดูฝนอันเป็นอิทธิพลหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำและส่งผลกระทบต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินพื้นบ่อ เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในกลุ่ม AY >1000 SR 70-80 และADG .18 มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ

ตาราง 3.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	3.57^{a}	3.67^{a}	4.01	4.58	5.73	6.27	6.49	5.96^{a}	5.75^{a}	5.64^{a}
AY 750-900	4.03^{ab}	4.35^{b}	4.53	4.92	6.29	7.07	7.32	6.98^{ab}	6.71^{ab}	6.57^{ab}
AY < 700	4.38^{b}	4.63^{b}	4.65	4.83	5.64	7.08	7.71	7.80^{a}	7.33^{b}	7.09^{b}

ตาราง 3.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

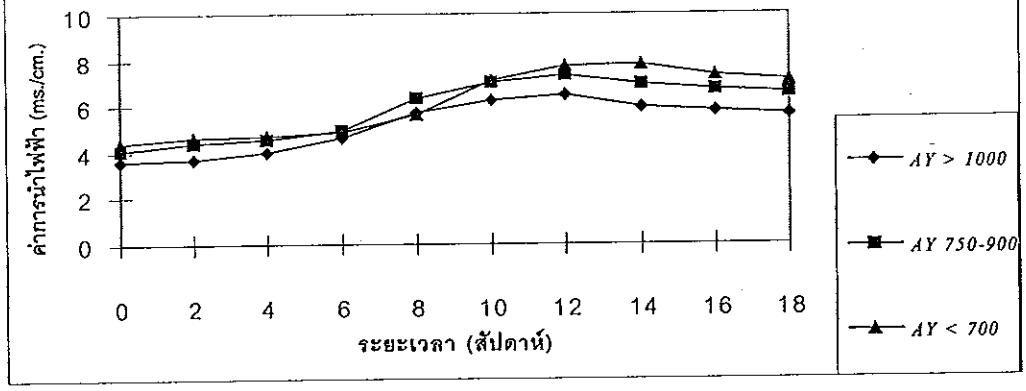
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	3.23^{a}	3.38^{a}	3.84^{a}	4.28	5.41	5.91	6.06	5.70^{a}	5.53^{a}	5.50^{a}
SR 60-70	4.16^{b}	4.38^{b}	4.35^{ab}	4.82	5.87	6.78	7.08	6.67^{ab}	6.43^{ab}	6.25^{ab}
SR 50-60	4.26^{b}	4.46^{b}	4.73^{b}	5.17	6.5	7.38	7.68	7.40^{ab}	7.01^{ab}	6.70^{ab}
SR < 50	4.43^{b}	4.67^{b}	4.66^{b}	4.85	5.76	7.17	7.88	7.88^{b}	7.41^{b}	7.29^{b}

ตาราง 3.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

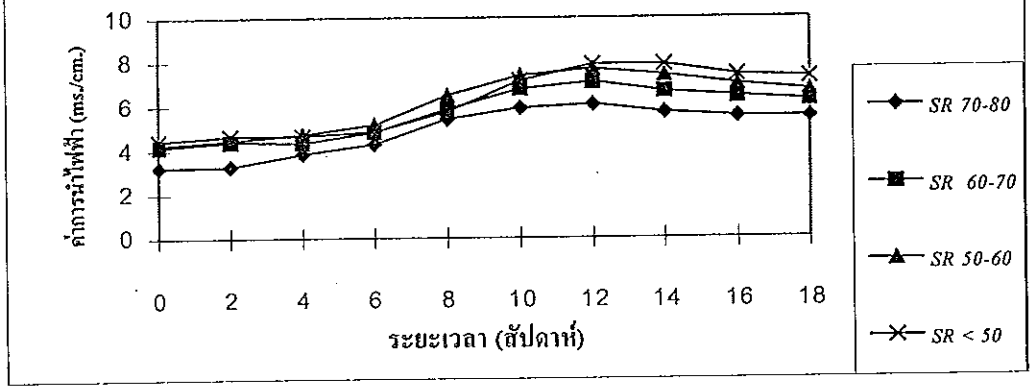
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG. 18	3.56	3.79	4.21	4.57	5.44	5.94^{a}	6.07^{a}	5.90^{a}	5.62^{a}	5.58^{a}
ADG . 17	4.18	4.42	4.62	5.37	6.39	7.53^{b}	8.60^{b}	8.10^{c}	7.51^{b}	7.22^{b}
ADG. 16	4.08	4.33	4.35	4.53	5.91	6.67^{ab}	6.98^{ab}	6.56^{ab}	6.41^{ab}	6.33^{ab}
ADG. 15	4.48	4.62	4.49	4.69	5.97	7.67^{b}	7.54^{b}	7.7^{bc}	7.45^{b}	7.13^{b}

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

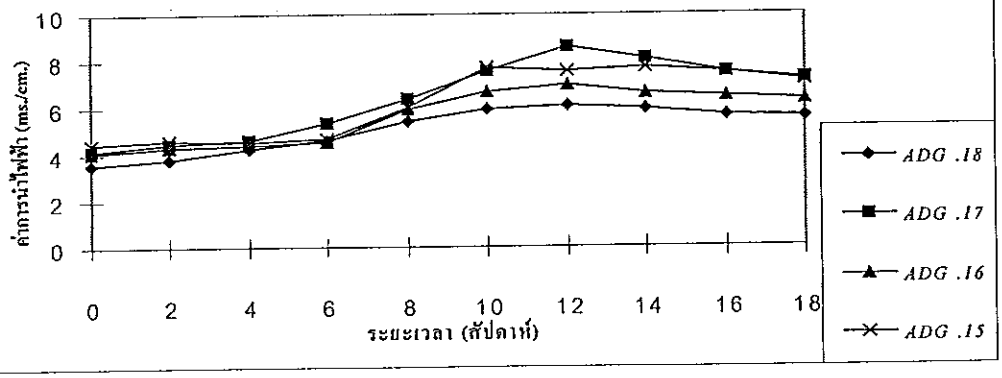
ภาพประกอบ 3.4 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้า (ms./cm.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.5 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้า (ms./cm.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ms./cm.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter)

1.3.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.9-2.70 0.94-2.10 และ 0.88-1.70 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY>1000 มีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมบนพื้นบ่อมากกว่ากลุ่ม AY 750-900 และ AY <700 (ที่มีผลผลิตต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 16 และ18 (ตาราง 3.7 และภาพประกอบ 3.7)

1.3.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.83-2.75 1.01-2.25 0.91-2.09 และ 0.89-1.76 ตามลำดับ โดยพบว่าในช่วงแรก (สัปดาห์ที่ 2 และ 4) กลุ่ม SR 70-80 มีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมต่ำกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 แต่เมื่อถึงช่วงท้ายกลุ่ม SR 70-80 กลับมีการสะสมของอินทรียวัตถุมากกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ 16 และ 18 (ตาราง 3.8 และภาพประกอบ 3.8)

1.3 3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และ ADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.89-2.48 0.96-2.26 0.93-2.03 และ 0.82-1.86 ตามลำดับ โดยพบว่าในกลุ่ม ADG .18 มีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมบนพื้นบ่อต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักตัวต่ำกว่า (ADG .17 กลุ่ม ADG .16 และกลุ่ม ADG .15) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6 และ 10 แต่เมื่อช่วงท้ายของการเลี้ยง (สัปดาห์ที่16และ18) มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 3.9 และภาพประกอบ 3.9)

สรุปได้ว่า ในระยะเริ่มต้นของการเลี้ยงจัดได้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินพื้นบ่อค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.08-1 โดยประมาณ (ภาคผนวก ค) และมีการสะสมตัวขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาของการเลี้ยง จนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บข้อมูลในสัปดาห์ที่ 18 มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงร้อยละ 1.70-2.73 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลางจนถึงค่อนข้างสูง การสะสมตัวของปริมาณอินทรียวัตถุมีแนวโน้มการสะสมตัวอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิตและอัตรารอด โดยกลุ่ม AY >1000 SR 70-80 ADG.18 (ผลผลิต อัตรารอดสูง และน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูง) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำกว่า) ในช่วงแรกของการเลี้ยงแต่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ในช่วงท้ายของการเลี้ยง

ตาราง 3.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	0.9	0.91	0.95	1.05	1.18	1.52	1.80	2.04^{c}	2.45^{b}	2.70^{c}
AY 750-900	0.94	0.99	1.04	1.19	1.35	1.56	1.58	1.86^{b}	1.98^{a}	2.10^{b}
AY < 700	0.88	0.92	0.97	1.13	1.35	1.3	1.42	1.53^{a}	1.66^{a}	1.70^{a}

ตาราง 3.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

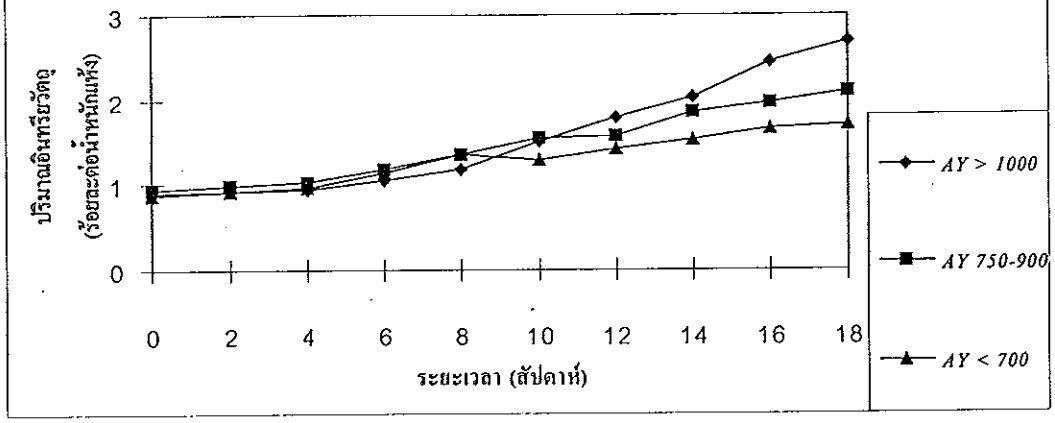
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	0.83	0.84^{a}	0.85^{a}	0.96	1.08	1.38	1.64	1.93	2.45^{b}	2.73^{b}
SR 60-70	1.01	1.07^{b}	1.15^{b}	1.16	1.36	1.70	1.85	2.01	2.13^{ab}	2.25^{ab}
SR 50-60	0.91	0.94^{ab}	0.99^{ab}	1.25	1.35	1.46	1.54	1.82	1.93^{ab}	2.09^{a}
SR < 50	0.89	0.92^{ab}	0.97^{ab}	1.14	1.38	1.31	1.38	1.48	1.64^{a}	1.76^{a}

ตาราง 3.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละต่อน้ำหนักแห้ง) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

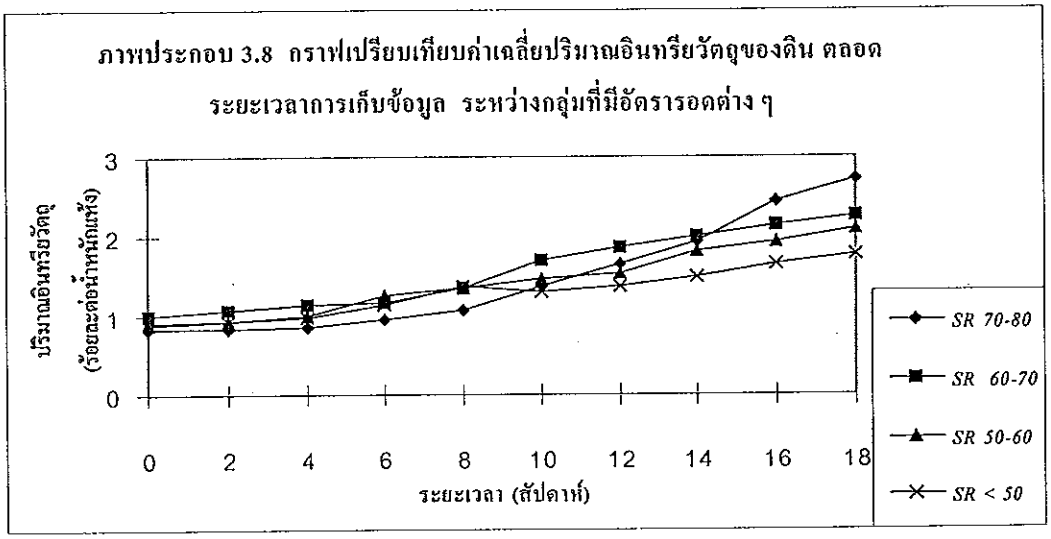
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG. 18	0.90	0.9	0.92	0.99^{a}	1.21	1.36^{a}	1.57	1.83	2.24	2.48
ADG. 17	0.96	0.99	1.08	1.43^{b}	1.55	1.77^{b}	1.84	2.08	2.17	2.26
ADG. 16	0.93	0.99	1.03	1.05^{a}	1.23	1.44^{ab}	1.53	1.71	1.86	2.03
ADG. 15	0.82	0.86	0.92	1.05^{a}	1.17	1.23^{a}	1.41	1.52	1.68	1.86

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95โดยวิธี Duncan's new multiple range test

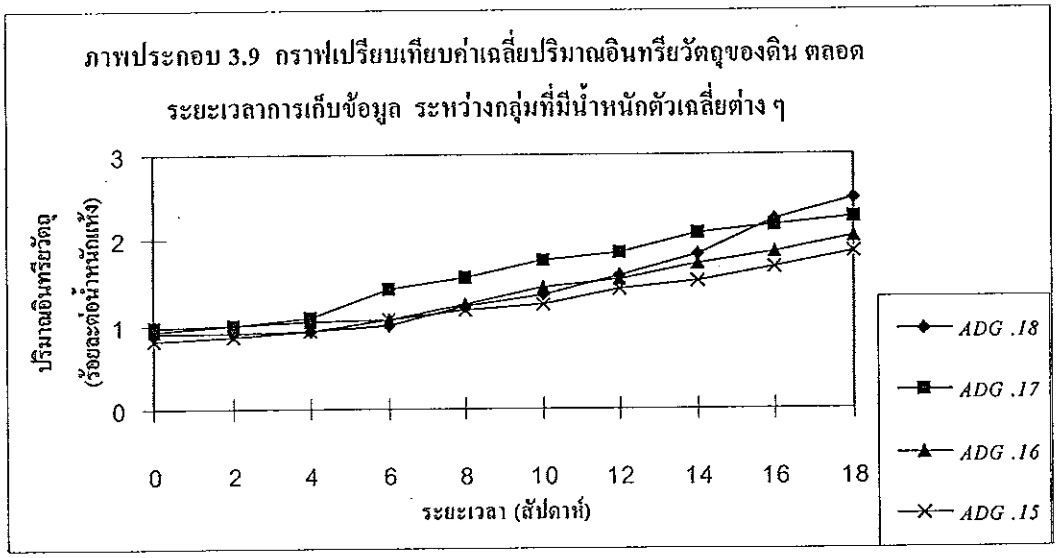
ภาพประกอบ 3.7 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.8 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.9 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.4 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน (Total Kjeldahl nitrogen, TKN)

1.4.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาปริมาณ TKN ในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และ AY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 480-1400 550-1200 และ 520-980 ppm. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มีการสะสมของ TKN สูงกว่ากลุ่ม AY 750-900 และAY <700 (ที่มีผลผลิตต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 10 12 14 16 และ18 (ตาราง 3.10 และภาพประกอบ 3.10)

1.4.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาปริมาณ TKN ในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 450-1400 550-1200 560-1100 และ 530-980 ppm.ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR 70-80 มีการสะสมของ TKN ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีอัตรารอดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงแรกของการเลี้ยง (สัปดาห์ที่ 0 2) แต่กลุ่ม SR 70-80 มีการสะสมของ TKN สูงกว่ากลุ่ม อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงกลางและช่วงท้ายของการเลี้ยง (สัปดาห์ที่ 10 12 14 16 และ 18) (ตาราง 3.11 และภาพประกอบ 3.11)

1.4.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณ TKN ในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 480-1300 580-1200 540-1100 และ 510-1000 ppm. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีค่า TKN ต่ำกว่ากลุ่ม ADG .17 .16 และADG .15 (กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันน้อยกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงแรก (สัปดาห์ที่ 0 และ 2) แต่กลุ่ม ADG .18 มีปริมาณ TKN สะสมสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงท้าย (สัปดาห์ที่ 16 และ18 (ตาราง 3.12 และภาพประกอบ 3.12)

สรุปได้ว่า ปริมาณ TKN มีการสะสมตัวขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาของการเลี้ยงโดยในช่วง 1 เดือนแรกค่า TKN โดยในช่วงแรก (สัปดาห์ที่ 0 และ2) กลุ่มAY>1000 SR70-80 และ ADG.18 (กลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูง) มีปริมาณ TKN ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำ) แต่ในตอนท้ายของการเลี้ยง (สัปดาห์ที่ 16 และ18) กลุ่มAY>1000 SR70-80 และ ADG.18 (กลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูง) มีปริมาณ TKN สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม AY>1000 SR70-80 (กลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอดสูง) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TKN ในกลุ่ม AY>1000 SR70-80 สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไป

ตาราง 3.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN (ppm.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	490	510	530	640	730	800^{b}	910^{b}	1003^{c}	1250^{c}	1400^{c}
AY 750-900	550	560	580	610	720	780^{ab}	810^{a}	900^{b}	1001^{b}	1180^{b}
AY < 700	520	540	560	570	600	630^{a}	680^{a}	730^{a}	850^{a}	980^{a}

ตาราง 3.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN (ppm.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

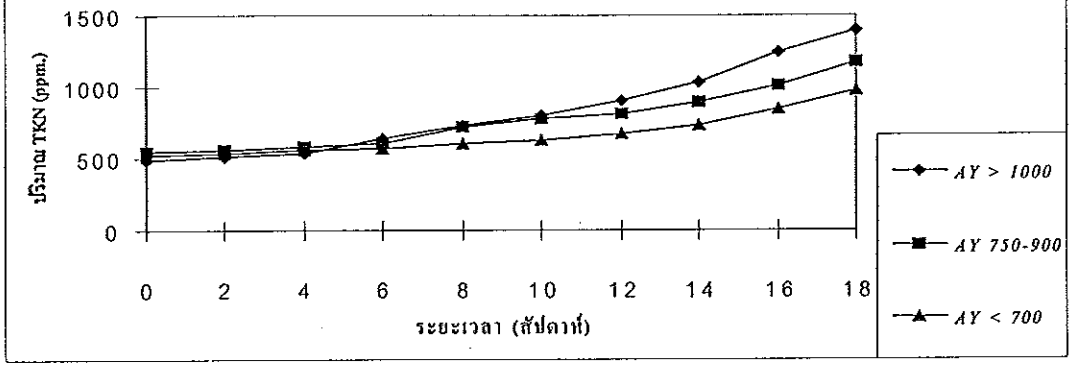
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	450^{a}	470^{a}	480	610	670	720^{ab}	860^{ab}	980^{b}	1230^{c}	1400^{c}
SR 60-70	560^{b}	560^{b}	590	620	770	870^{b}	900^{b}	1000^{b}	1100^{bc}	1210^{b}
SR 50-60	560^{b}	570^{b}	590	640	680	710^{ab}	760^{ab}	830^{ab}	950^{ab}	1120^{ab}
SR < 50	530^{b}	540^{ab}	550	570	610	640^{a}	690^{a}	740^{a}	860^{a}	980^{a}

ตาราง 3.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN (ppm.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

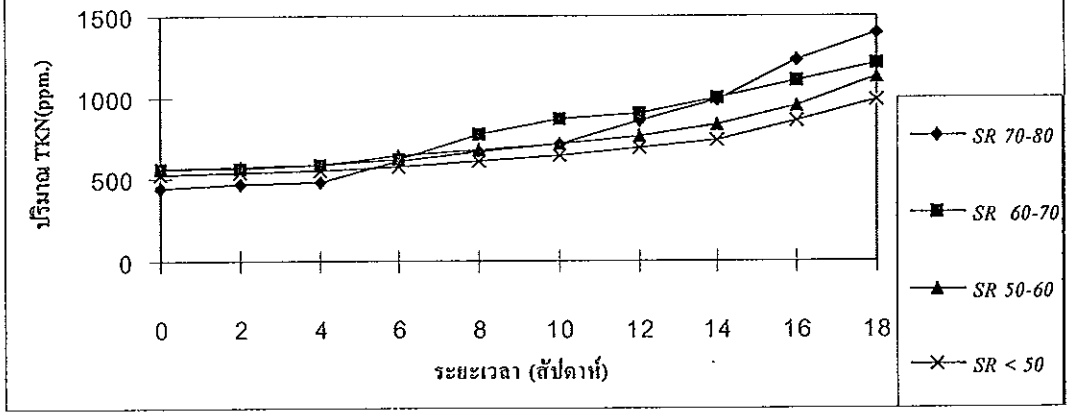
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	480^{a}	490^{a}	810^{c}	610^{ab}	660^{ab}	710^{ab}	810	940	1130	1270
ADG .17	580^{b}	600^{b}	630^{b}	680^{b}	810^{b}	850^{b}	900	940	1080	1190
ADG .16	540^{ab}	540^{ab}	560^{ab}	580^{a}	670^{ab}	750^{ab}	780	880	980	1140
ADG .15	510^{ab}	510^{a}	530^{ab}	540^{a}	560^{a}	580^{a}	670	700	850	1010

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95โดยวิธี Duncan's new multiple range test

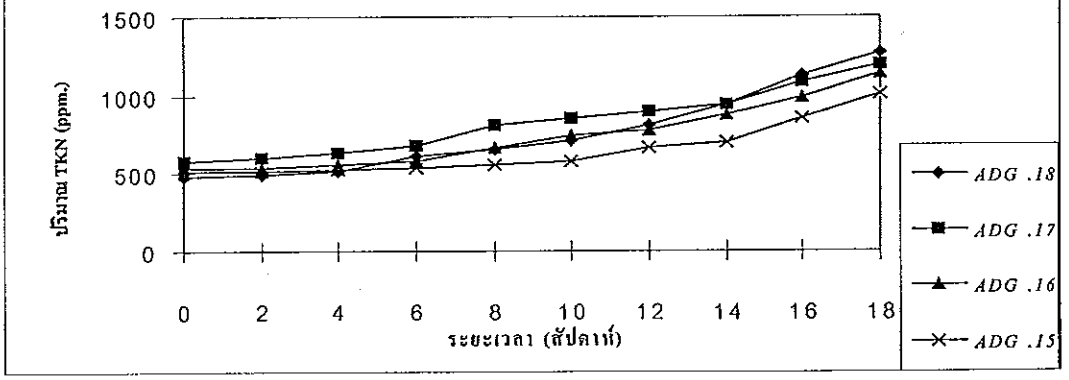
ภาพประกอบ 3.10 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ TKN ของดิน ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.11 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TKN ของดิน ตลอดระยะเวลาเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.12 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ TKN ของดิน ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดิน (Total phosphorus, TP)

1.5.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาปริมาณ TP ในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 272-828 257-721 และ 244-600 มก./กก. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มีการสะสมของ TP สูงกว่ากลุ่ม AY 750-900 และAY <700 (กลุ่มที่มีผลผลิตต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6-18 (ตาราง 3.13 และภาพประกอบ 3.13)

1.5.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาปริมาณ TP ในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และ SR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 288-853 279-740 229-678 และ 242-597 มก./กก. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR 70-80 มีการสะสมของ TP มากกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 (กลุ่มที่มีอัตรารอดต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6-18 (ตาราง 3.14 และภาพประกอบ 3.14)

1.5.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณ TP ในดินของดินนากุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 275-780 237-695 279-727 และ 244-607 มก./กก. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีการสะสมของ TP มากกว่ากลุ่ม ADG .17 .16 และADG .15 (กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 16 (ตาราง 3.15 และภาพประกอบ 3.15)

สรุปได้ว่า ปริมาณ TP มีการสะสมตัวขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาของการเลี้ยง โดยในช่วง 2 เดือนแรกพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 3 กลุ่มการเปรียบเทียบ และหลังจากเดือนที่ 2 ผ่านไปตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6-18 จึงพบว่ากลุ่ม AY >1000 SR 70-80 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ให้ผลผลิต และ อัตรารอดสูงที่สุดมีการสะสมปริมาณ TP สูงกว่ากว่ากลุ่มอื่น ๆ (กลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในส่วนที่เปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในสัปดาห์ที่ 16 เท่านั้นแต่ก็สามารถมองเห็นแนวโน้มได้เช่นเดียวกันตามลำดับ

ตาราง 3.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP (มก./กก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	312	291	273	492^{b}	528^{b}	584^{b}	616^{b}	692^{c}	739^{b}	828^{c}
AY 750-900	278	284	257	364^{a}	420^{ab}	466^{a}	517^{a}	601^{b}	660^{b}	721^{b}
AY < 700	244	265	302	326^{a}	356^{a}	411^{a}	455^{a}	494^{a}	521^{a}	600^{a}

ตาราง 3.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP (มก./กก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

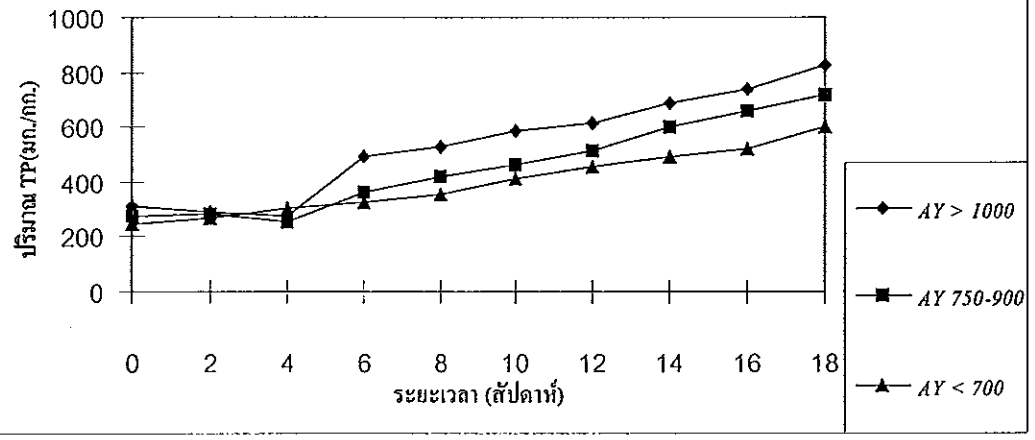
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	316	288	292	492^{b}	526^{b}	598^{b}	633^{b}	725^{c}	769^{c}	853^{c}
SR 60-70	326	328	279	416^{ab}	495^{b}	527^{b}	567^{b}	622^{b}	671^{bc}	740^{b}
SR 50-60	289	235	243	342^{a}	363^{a}	410^{a}	467^{a}	544^{a}	578^{ab}	678^{b}
SR < 50	242	268	295	326^{a}	357^{a}	414^{a}	451^{a}	493^{a}	543^{a}	597^{a}

ตาราง 3.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TP (มก./กก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

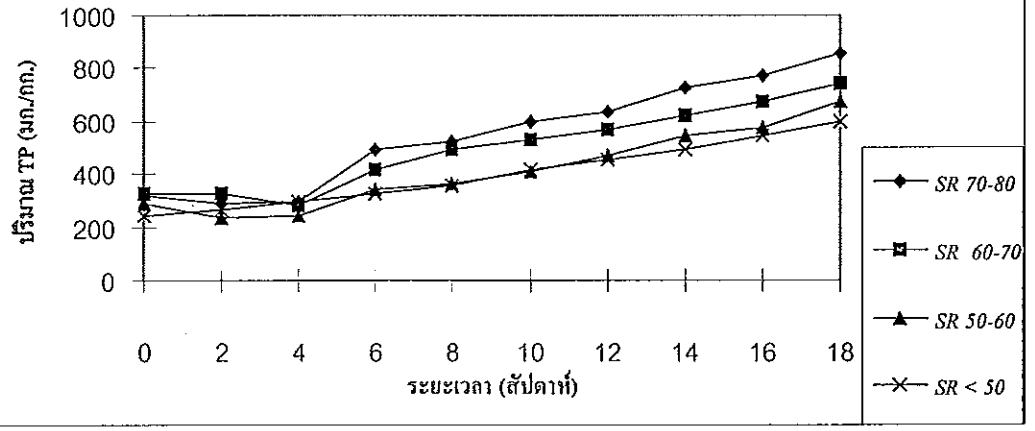
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	292	275	282	432	467	538	577	656	697^{b}	780
ADG .17	254	261	237	384	424	479	523	577	628^{ab}	695
ADG .16	306	316	279	385	450	486	530	600	668^{ab}	727
ADG .15	244	264	323	348	363	400	444	488	503^{a}	607

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

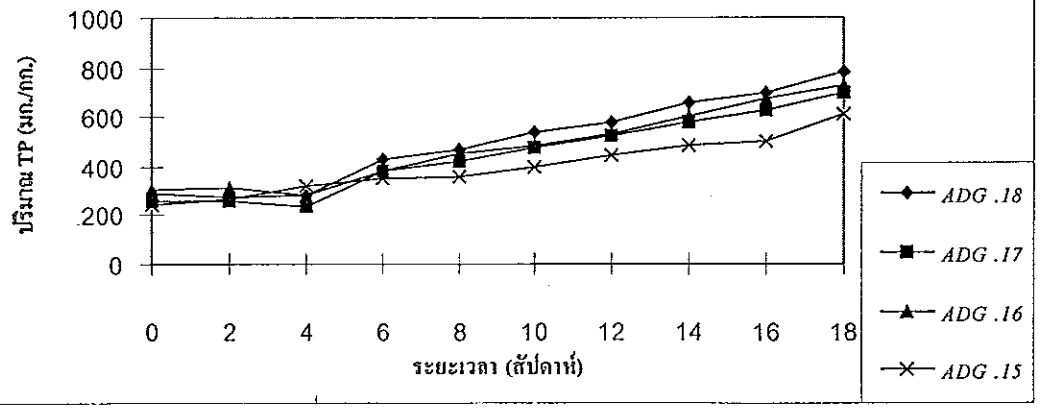
ภาพประกอบ 3.13 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ TP ของดิน (มก./กก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.14 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ TP ของดิน (มก./กก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.15 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ TP ของดิน (มก./กก.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.6 ค่าความโปร่งแสง (Transparency)

1.6.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาค่าความโปร่งแสงของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และ AY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-40 17-50 และ 16-53 ซ.ม. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มีค่าความโปร่งแสงต่ำกว่ากลุ่ม AY 750-900 และ กลุ่ม AY <700 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 และ6 (ตาราง 3.16 และภาพประกอบ 3.16)

1.6.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาค่าความโปร่งแสงของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-40 20-57 13-52 และ 17-53 ซ.ม. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR<50 มีค่าความโปร่งแสงสูงกว่ากลุ่ม SR 70-80 60-70 และSR 50-60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6 (ตาราง 3.17 และภาพประกอบ 3.17)

1.6.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาค่าความโปร่งแสงของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-42 15-51 18-50 และ 15-57 ซ.ม. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .15 มีค่าความโปร่งแสงสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6 และเมื่อเข้าสู่ช่วงท้ายของการเลี้ยงกลับมีค่าความโปร่งแสงต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 16 (ตาราง 3.18 และภาพประกอบ 3.18)

สรุปได้ว่า ค่าความโปร่งแสงมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการเลี้ยง โดยในช่วงเดือนแรกพบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ภาคผนวก ค) กลุ่ม AY <700 กลุ่ม SR<50 และADG .15 มีค่าความโปร่งแสงสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 หลังจากนั้นมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ปกติในทุกกลุ่มและทุกการเปรียบเทียบ โดยกลุ่ม ADG .15 มีค่าความโปร่งแสงต่ำกว่ากลุ่มอื่น (ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 16

ตาราง 3.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	40	37	27[a]	30[a]	22	22	15	21	22	21
AY 750-900	52	50	50[ab]	27[a]	24	22	17	19	21	21
AY < 700	54	52	52[b]	49[b]	24	22	16	22	24	22

ตาราง 3.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

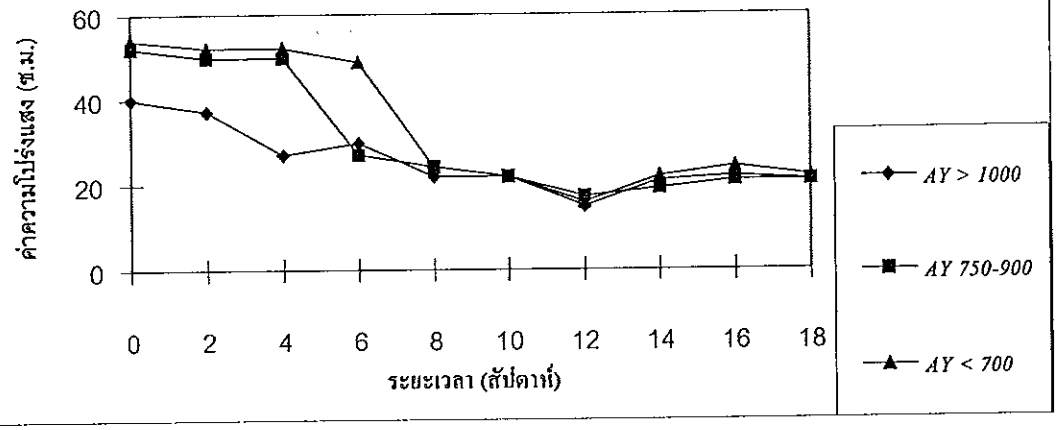
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	40	37	27	33[ab]	25	25	15	22	23	21
SR 60-70	51	47	40	23[a]	23	25	20	20	20	21
SR 50-60	52	50	53	37[ab]	22	20	13	20	18	20
SR < 50	53	53	53	48[b]	23	20	17	22	28	23

ตาราง 3.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าความโปร่งแสง (ซ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

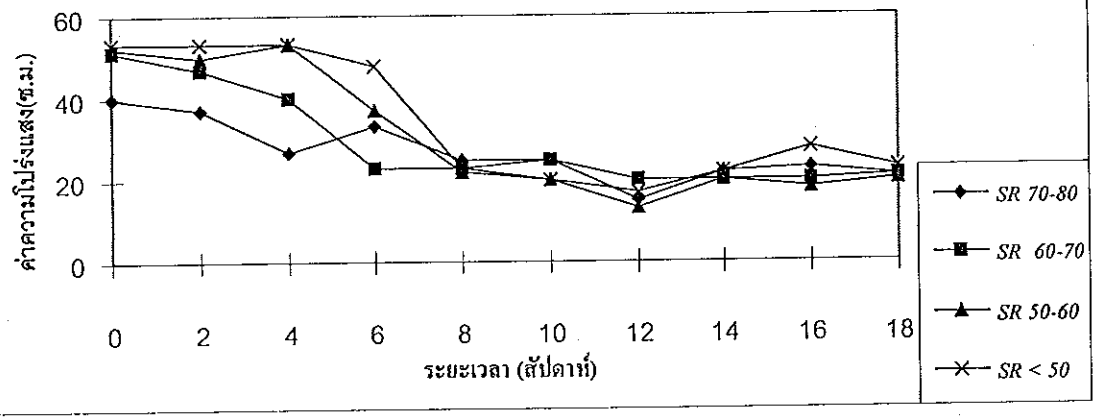
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	42	40	32	34[a]	22	22	15	21	25[ab]	24
ADG .17	51	50	50	35[ab]	22	17	15	22	27[b]	20
ADG .16	50	47	43	25[a]	27	25	18	18	20[ab]	22
ADG .15	57	55	55	55[b]	22	27	17	22	15[a]	20

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

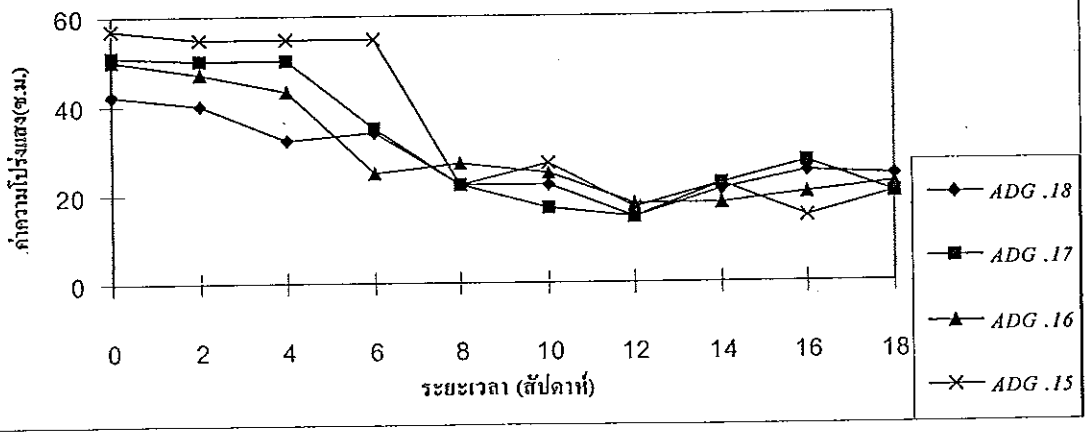
ภาพประกอบ 3.16 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงของน้ำ (ซ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.17 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงของน้ำ (ซ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.18 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงของน้ำ (ซ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

1.7.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.92-4.57 3.27-4.5 และ 4.25-4.57 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY <700 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงกว่ากลุ่ม AY >1000 และ AY 750-900 (กลุ่มที่มีผลผลิตมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 และ18 (ตาราง 3.19 และภาพประกอบ 3.19)

1.7.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.9-4.6 3.9-4.7 4.1-4.5 และ 4.3-4.6 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR<50 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอัตรารอดต่ำมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงกว่ากลุ่ม SR 70-80 60-70 และ50-60 (กลุ่มที่มีอัตรารอดสูงกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 18 (ตาราง 3.20 และภาพประกอบ 3.20)

1.7.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และ ADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-4.5 4.2-4.7 3.9-4.5 และ 4.05-4.5 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .15 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 8 14 และ18 (ตาราง 3.21 และภาพประกอบ 3.21)

สรุปได้ว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของทุกกลุ่มและทุกการเปรียบเทียบพบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ภาคผนวก ค) โดยในกลุ่มที่มีอัตรารอดและผลผลิตที่สูงมีแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนในกลุ่มที่มีการเปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยต่อวันก็พบว่ากลุ่ม ADG .15 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่ได้เป็นไปตามลำดับความมากน้อยของน้ำหนักตัว

ตาราง 3.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	-	-	4.35	4.32	4.57	4.47	4.50	4.20^{ab}	4.10	3.92^{a}
AY 750-900	-	-	4.3	4.37	4.40	4.25	4.50	3.87^{a}	4.37	3.92^{a}
AY < 700	-	-	4.50	4.45	4.57	4.32	4.30	4.37^{b}	4.25	4.45^{b}

ตาราง 3.20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

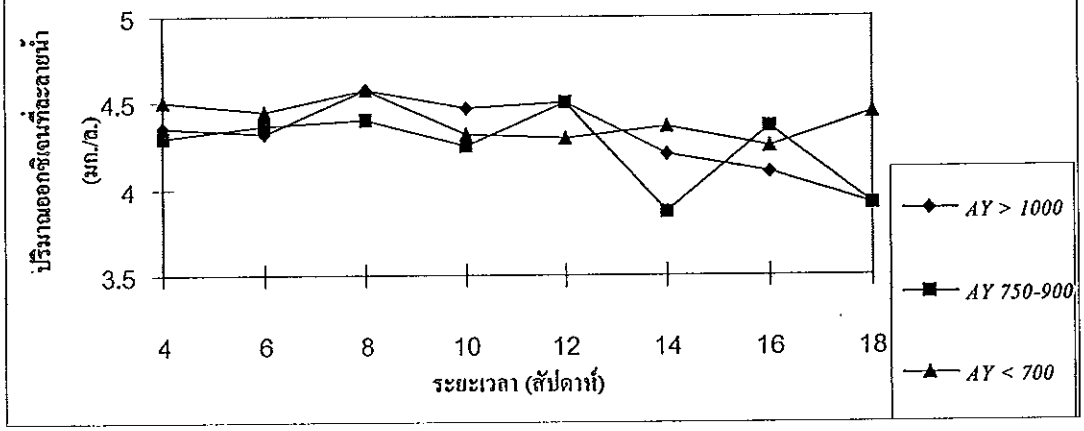
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	-	-	4.23	4.30	4.60	4.60	4.50	4.20	4.03	3.90^{a}
SR 60-70	-	-	4.50	4.30	4.40	4.30	4.70	3.90	4.30	3.90^{a}
SR 50-60	-	-	4.30	4.45	4.50	4.20	4.30	4.10	4.30	4.10^{a}
SR < 50	-	-	4.50	4.50	4.60	4.30	4.30	4.30	4.40	4.50^{b}

ตาราง 3.21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

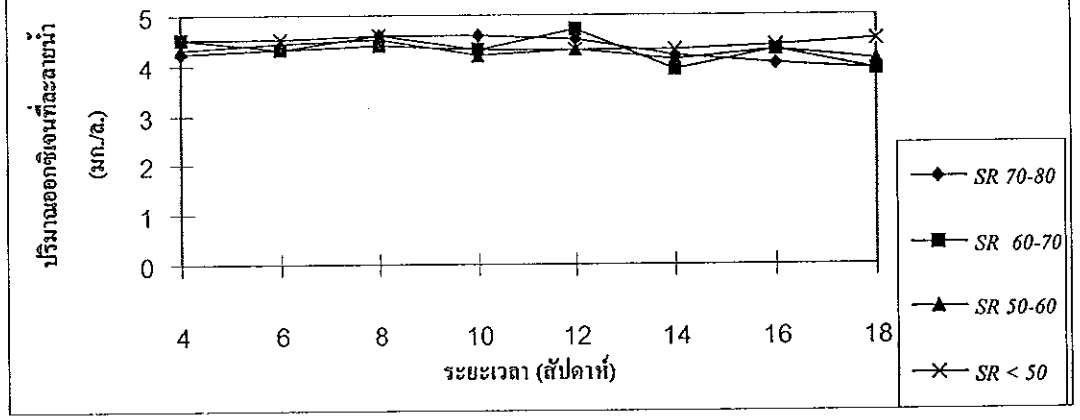
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	-	-	4.30	4.30	4.50^{ab}	4.40	4.30	4.10^{ab}	4.10	4.00^{ab}
ADG .17	-	-	4.40	4.40	4.70^{b}	4.20	4.50	4.30^{ab}	4.40	4.20^{ab}
ADG .16	-	-	4.40	4.40	4.30^{a}	4.30	4.50	3.90^{a}	4.30	3.90^{a}
ADG .15	-	-	4.50	4.40	4.50^{ab}	4.50	4.40	4.50^{b}	4.05	4.45^{b}

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

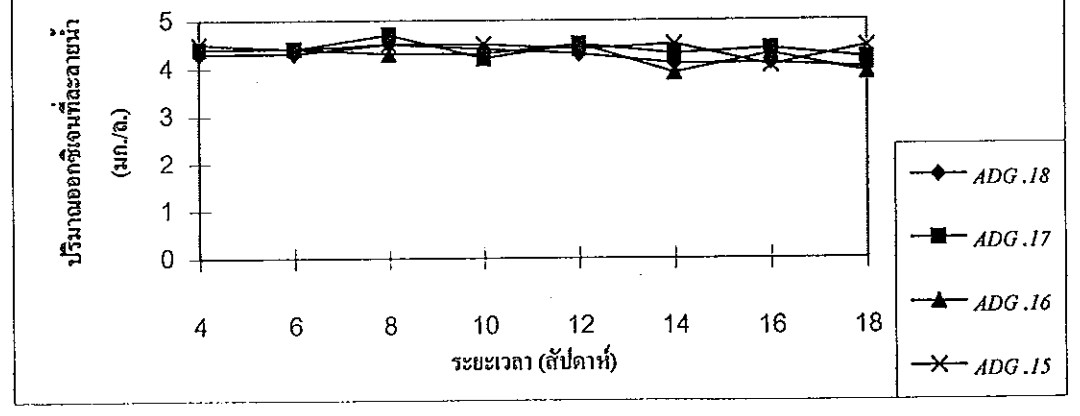
ภาพประกอบ 3.19 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.20 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.21 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.8 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

1.8.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่มที่ AY >1000 750-900 และ AY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 106-161 125-163 และ 124-183 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่าในช่วงแรกกลุ่ม AY >1000 มีค่าความเป็นด่างของน้ำต่ำกว่า กลุ่มอื่น ๆ ที่มีผลผลิตต่ำกว่า แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงสุดท้ายกลับมีค่าความเป็นด่างสูงกว่ากลุ่ม AY 750-900 และAY <700 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 16 และ 18 (ตาราง 3.22 และภาพประกอบ 3.22)

1.8.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และ SR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 105-181 127-158 128-160 และ 120-185 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่าในช่วงแรกกลุ่ม SR 70-80 มีค่าความเป็นด่างต่ำกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 (ที่มีอัตรารอดต่ำกว่า) แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงสุดท้ายค่าความเป็นด่างกลับสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 0 2 14 16 และ18 (ตาราง 3.23 และภาพประกอบ 3.24)

1.8.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 110-179 131-157 121-165 และ 124-187 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีค่าความเป็นด่างของน้ำสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 และ 16 (ตาราง 3.24 และภาพประกอบ 3.24)

สรุปได้ว่า ค่าความเป็นด่างของน้ำของทุกกลุ่มและทุกการเปรียบเทียบพบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ภาคผนวก ค) มีการแกว่งตัวอยู่ในช่วง 100-200 มก./ล. ค่าความเป็นด่างมีแนวโน้มสูงที่สุดในช่วงระยะกลางของการเลี้ยง (สัปดาห์ที่ 0-12) และหลังจากนั้นจึงปรับตัวลดลงในช่วงท้ายซึ่งพบว่ากลุ่ม AY >1000 SR 70-80 ADG .18 (กลุ่มที่มีผลผลิตสูง อัตรารอดสูง และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูง) มีค่าความเป็นด่างสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (กลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน น้อยกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 3.22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	135	126	106[a]	134	150	161	158	159	148[b]	159[b]
AY 750-900	163	148	138[ab]	155	149	151	151	133	134[a]	125[a]
AY < 700	159	158	149[b]	148	183	173	162	139	132[a]	124[a]

ตาราง 3.23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

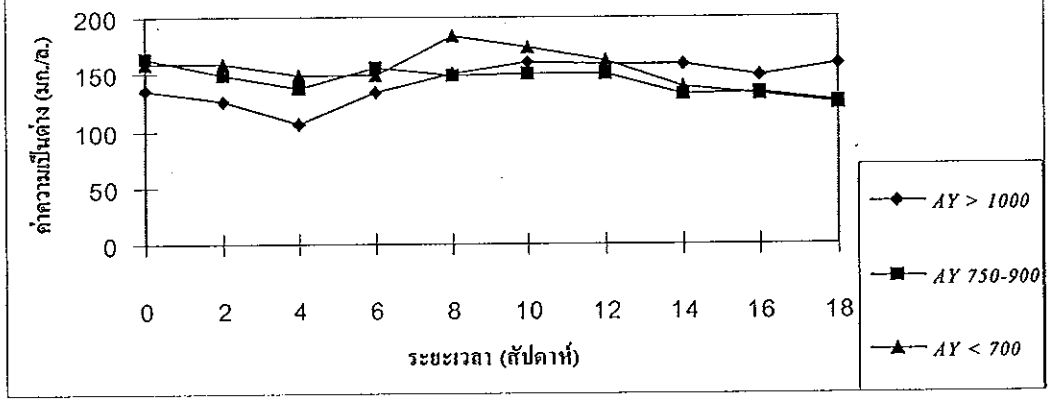
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	126[a]	122[a]	105	141	166	181	176	171[b]	153[b]	167[b]
SR 60-70	158[ab]	149[b]	138	152	151	140	147	133[a]	137[a]	127[a]
SR 50-60	160[b]	146[b]	140	145	143	153	140	132[a]	128[a]	131[a]
SR < 50	167[b]	159[b]	141	146	185	174	165	140[ab]	135[a]	120[a]

ตาราง 3.24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

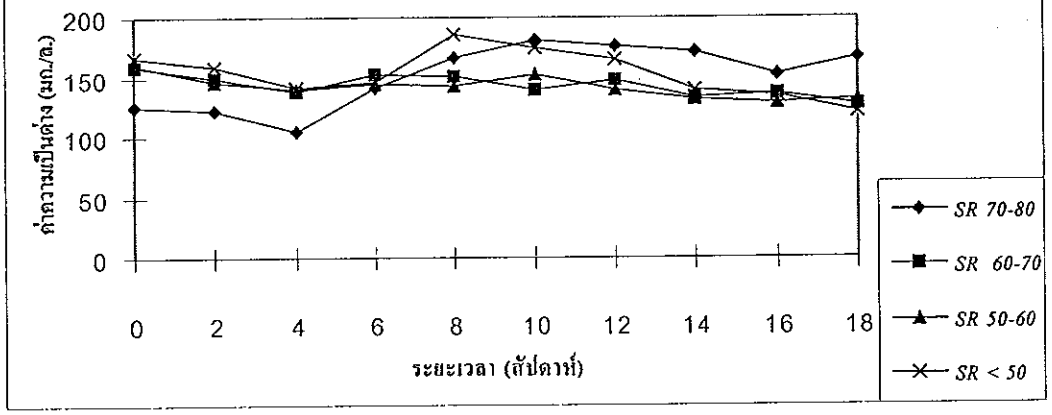
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	140	132	110	138	169	179	178	163[b]	149[b]	152
ADG .17	157	151	139	149	152	147	141	144[ab]	131[a]	134
ADG .16	165	145	133	148	143	148	152	131[ab]	135[a]	121
ADG .15	155	155	159	153	187	171	149	124[a]	132[a]	131

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

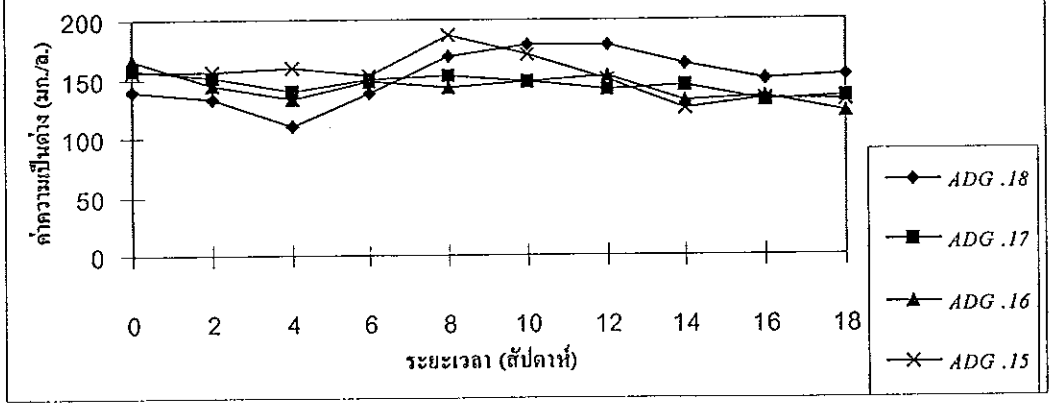
ภาพประกอบ 3.22 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.23 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.24 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.9 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

1.9.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.84-8.32 7.33-8.37 และ 7.92-8.43 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มี ค่า pH ของน้ำต่ำกว่ากลุ่ม AY 750-900 และAY <700 (ที่มีผลผลิตน้อยกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 (ตาราง 3.25 และภาพประกอบ 3.25)

1.9.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.82-8.31 7.77-8.37 7.78-8.34 และ 7.95-8.43 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR 70-80 มีค่า pH ของน้ำต่ำกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 (ที่มีอัตรารอดน้อยกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 (ตาราง 3.26 และภาพประกอบ 3.26)

1.9.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และ ADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.86-8.35 7.84-8.39 7.71-8.41 และ 7.82-8.44 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีค่า pH ของน้ำต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 3 และ 4 (น้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันน้อยกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 (ตาราง 3.27 และภาพประกอบ 3.27)

สรุปได้ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำของทุกกลุ่มและทุกการเปรียบเทียบ พบว่าค่อนข้างเป็นด่าง และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาคผนวก ค) มีการแกว่งตัวเล็กน้อยอยู่ในช่วง 7.71-8.44 และมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนสุดท้ายของการเลี้ยงแต่ไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 3.25 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	8.21	8.22[a]	8.13	8.27	8.32	8.20	8.17	7.95	7.84	8.03
AY 750-900	8.35	8.37[ab]	8.26	8.33	8.25	8.31	8.21	8.05	7.73	8.02
AY < 700	8.43	8.41[b]	8.28	8.37	8.25	8.38	8.25	8.15	7.94	7.92

ตาราง 3.26 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำตลอดระยะ เวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

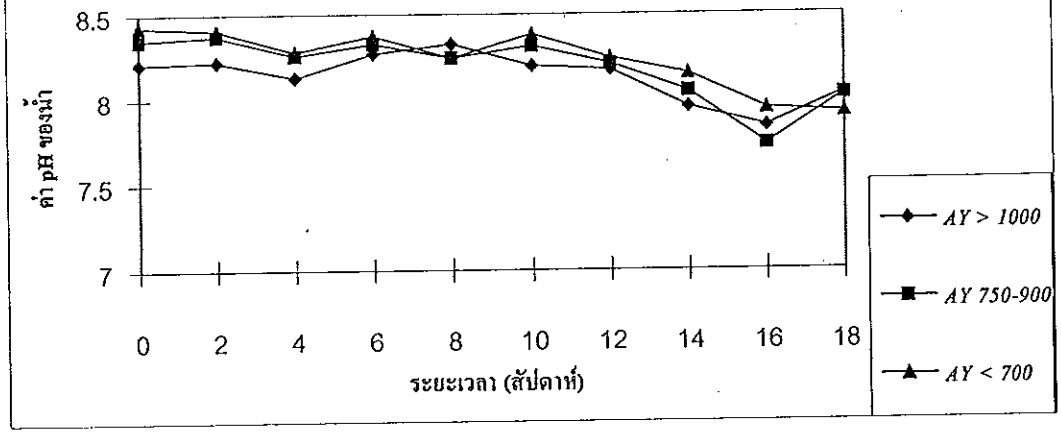
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	8.24	8.23	8.17	8.29	8.31	8.20	8.17	7.89[a]	7.82	8.03
SR 60-70	8.33	8.37	8.31	8.35	8.37	8.31	8.21	8.07[ab]	7.77	8.16
SR 50-60	8.33	8.36	8.15	8.31	8.15	8.34	8.20	8.07[ab]	7.78	7.83
SR < 50	8.43	8.38	8.27	8.37	8.27	8.35	8.27	8.17[b]	7.90	7.95

ตาราง 3.27 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำตลอดระยะ เวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

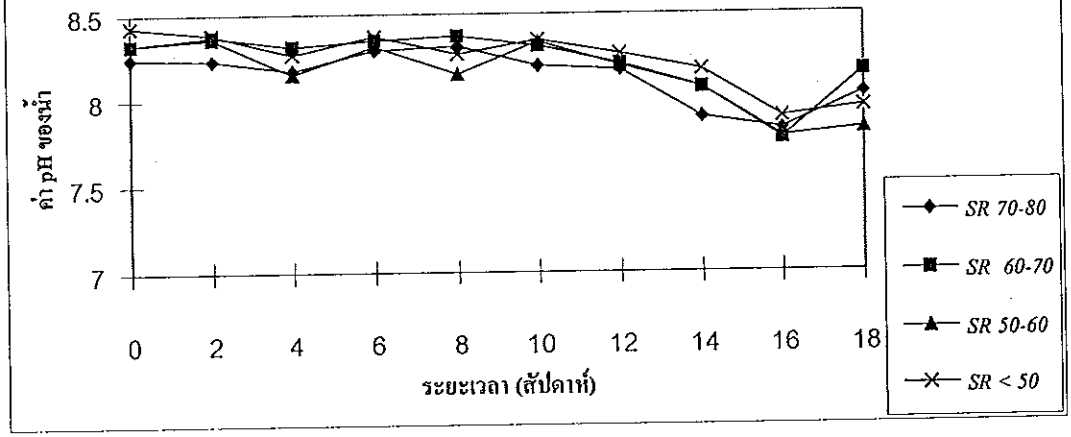
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	8.22	8.22[a]	8.17	8.31	8.35	8.25	8.23	8.01	7.86	8.05
ADG .17	8.39	8.36[ab]	8.16	8.30	8.15	8.29	8.14	8.02	7.96	7.84
ADG .16	8.41	8.40[b]	8.32	8.34	8.25	8.28	8.21	8.11	7.71	8.11
ADG .15	8.32	8.44[b]	8.30	8.39	8.34	8.43	8.28	8.08	7.82	7.92

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

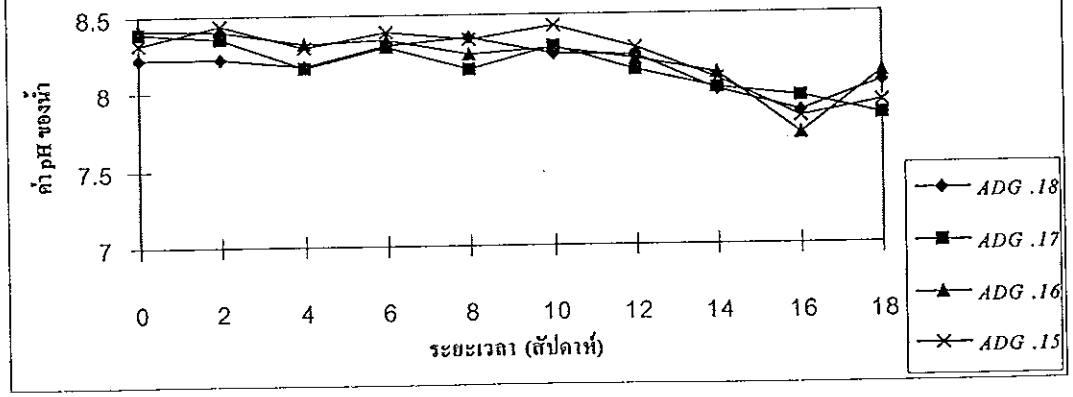
ภาพประกอบ 3.25 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาเก็บตัวอย่าง ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.26 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.27 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย pH ของน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.10 ค่าความเค็มของน้ำ (Salinity)

1.10.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาค่าความเค็มของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 35-43 37-44 และ 36-43 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY >1000 มีค่าความเค็มของน้ำต่ำกว่ากลุ่ม AY 750-900 และAY <700 (กลุ่มที่มีผลผลิตต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 16 และ18 (ตาราง 3.28 และภาพประกอบ 3.28)

1.10.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาค่าความเค็มของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และ SR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 34-43 37-44 37-44 และ 37-44 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม SR 70-80 มีค่าความเค็มของน้ำต่ำกว่ากลุ่ม SR 60-70 50-60 และSR<50 (กลุ่มที่มีอัตรารอดต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 16 และ18 (ตาราง 3.29 และภาพประกอบ 3.29)

1.10.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาค่าความเค็มของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 35-43 37-45 37-44 และ 36-43 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีค่าความเค็มของน้ำต่ำกว่ากลุ่ม ADG .17 .16 และADG .15 (กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 16 และ18 (ตาราง 3.30 และภาพประกอบ 3.30)

สรุปได้ว่า ค่าความเค็มของน้ำโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในช่วง 34-45 ส่วนในพันส่วน ซึ่งถือว่าเป็นความเค็มที่สูงสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาคผนวก ค) โดยกลุ่ม AY > 1000 SR 70-80 และADG .18 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง อัตรารอดสูง และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงในช่วงเดือนแรกและช่วงท้ายของการเลี้ยงและมีแนวโน้มค่าความเค็มต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงเวลาเดียวกัน และเมื่อระยะเวลาผ่านไปพบว่าการเลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มทำให้ค่าความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแล้วลดลง อันเป็นผลมาจากการเลี้ยงกุ้งในฤดูร้อนและในช่วงท้ายของการเลี้ยงเป็นฤดูฝนอันเป็นอิทธิพลหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำและส่งผลกระทบต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินพื้นบ่อ เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำในกลุ่ม AY >1000 SR 70-80 และADG .18 ของการเปรียบเทียบทั้ง 3 ลักษณะมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ

ตาราง 3.28 เปรียบเทียบค่าความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	37	37[a]	39	40	41	43	43	39	37[a]	35[a]
AY 750-900	37	38[b]	40	41	42	43	44	43	41[b]	39[b]
AY < 700	36	39[b]	39	40	42	43	43	40	42[b]	39[b]

ตาราง 3.29 เปรียบเทียบค่าความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

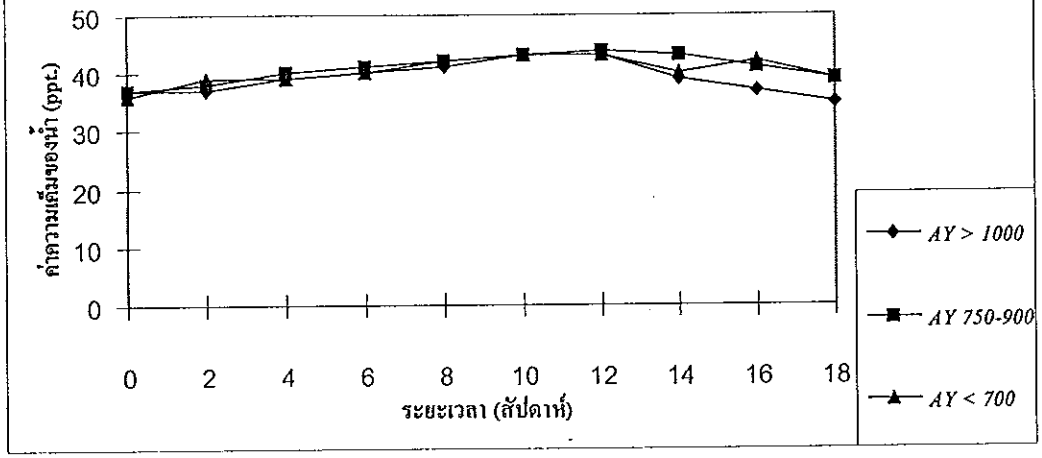
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	37	36[a]	39	40	41	43	42	38	36[a]	34[a]
SR 60-70	37	38[b]	40	41	42	43	44	44	41[b]	39[b]
SR 50-60	37	38[b]	40	40	42	43	43	44	42[b]	39[b]
SR < 50	37	38[b]	39	40	42	43	44	44	41[b]	39[b]

ตาราง 3.30 เปรียบเทียบค่าความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

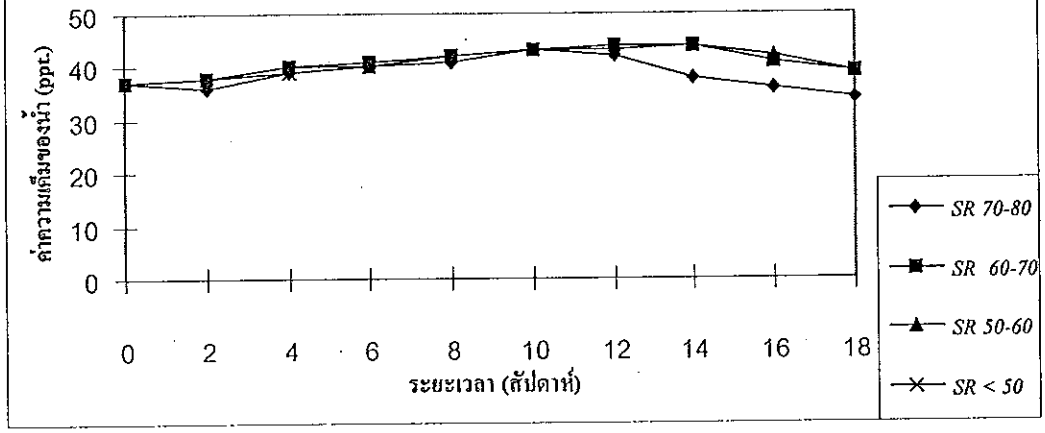
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	37	37[a]	39	40	41	43	43	40	38[a]	35[a]
ADG .17	37	38[ab]	40	41	42	44	45	44	42[b]	39[b]
ADG .16	37	38[ab]	39	41	41	42	44	42	41[ab]	38[b]
ADG .15	36	39[b]	39	40	41	42	43	43	41[ab]	39[b]

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

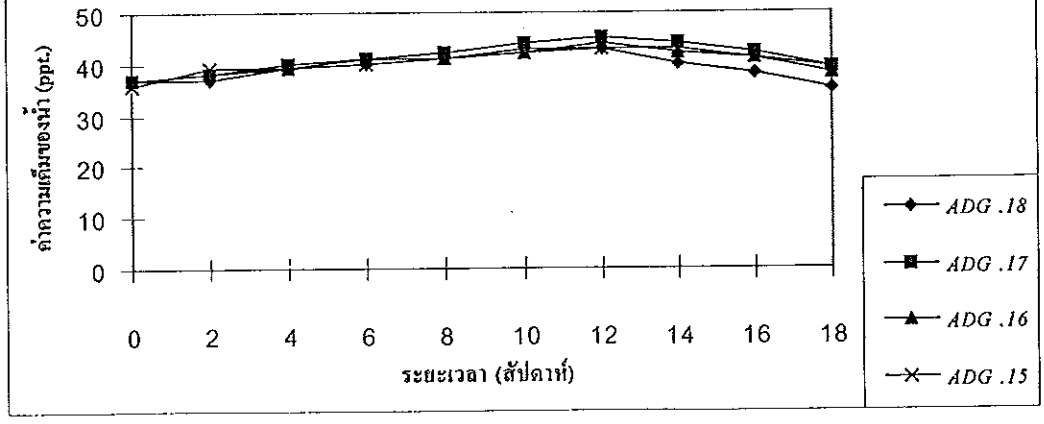
ภาพประกอบ 3.28 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt) ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.29 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.30 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำ (ppt.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ



1.11 ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำ (Total ammonia)

1.11.1 เปรียบเทียบตามกลุ่มของผลผลิต

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม AY >1000 750-900 และAY <700 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.03-0.71 0.03-0.39 และ 0.03-0.36 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม AY <700 มีค่าแอมโมเนียรวมของน้ำต่ำกว่ากลุ่ม AY >1000 และ AY 750-900 (ที่มีผลผลิตมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 8 และ 14 (ตาราง 3.31 และภาพประกอบ 3.31)

1.11.2 เปรียบเทียบตามกลุ่มของอัตรารอด

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม SR 70-80 60-70 50-60 และSR<50 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.03-0.71 0.02-0.47 0.04-0.40 และ 0.03-0.25 มก./ล. ตามลำดับ โดยไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 3.32 และภาพประกอบ 3.32)

1.11.3 เปรียบเทียบตามกลุ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำในบ่อกุ้งในกลุ่ม ADG .18 .17 .16 และADG .15 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.02-0.66 0.05-0.45 0.03-0.32 และ 0.02-0.52 มก./ล. ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่ม ADG .18 มีค่าแอมโมเนียรวมในน้ำต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 0 8 และ 18 (ตาราง 3.33 และภาพประกอบ 3.33)

สรุปได้ว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำของทุกกลุ่มและทุกการเปรียบเทียบพบว่ามีการแกว่งตัวขึ้นลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงแต่ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงสุดท้าย โดยในช่วง 3 เดือนแรกมีค่าปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ หลังจากนั้นกลุ่ม AY >1000 มีปริมาณแอมโมเนียรวมในสูงกว่ากลุ่ม AY 750-900 และAY <700 (ที่มีผลผลิตต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 14 และ กลุ่ม ADG .15 มีค่าแอมโมเนียรวมในน้ำสูงกว่ากลุ่ม ADG .18 .17 และADG .16 (กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันดีกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 0 และ18 จากการเปรียบเทียบทั้งหมดนี้การเปรียบเทียบในกลุ่มที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสามารถมองภาพได้ชัดเจนที่สุด กล่าวได้ว่าปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

ตาราง 3.31 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AY > 1000	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04^{ab}	0.05	0.28	0.53^{b}	0.71	0.32
AY 750-900	0.09	0.04	0.06	0.06	0.10^{b}	0.03	0.12	0.14^{a}	0.39	0.25
AY < 700	0.23	0.11	0.04	0.04	0.03^{a}	0.10	0.08	0.12^{a}	0.20	0.36

ตาราง 3.32 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ

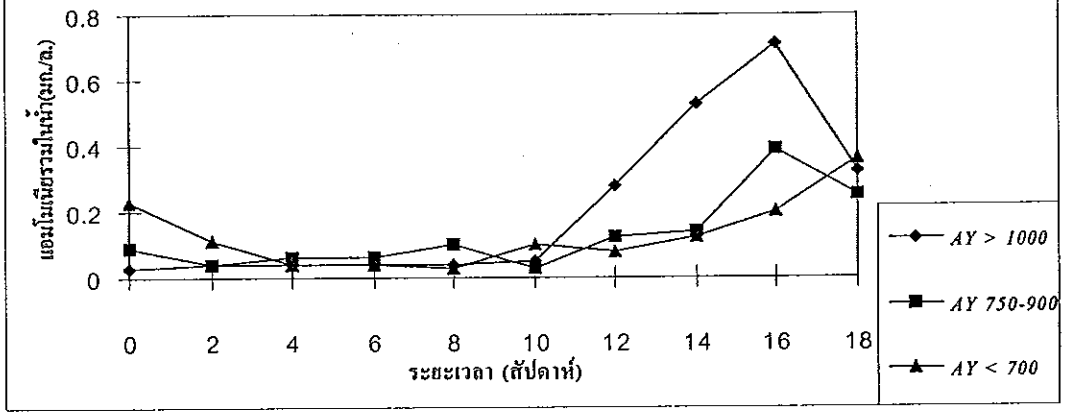
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
SR 70-80	0.05	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.22	0.45	0.71	0.27
SR 60-70	0.08	0.04	0.02	0.05	0.08	0.06	0.29	0.36	0.47	0.33
SR 50-60	0.27	0.04	0.07	0.05	0.09	0.04	0.09	0.19	0.37	0.40
SR < 50	0.09	0.14	0.05	0.05	0.03	0.12	0.06	0.06	0.20	0.25

ตาราง 3.33 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำ (มก./ล.) ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่าง ๆ

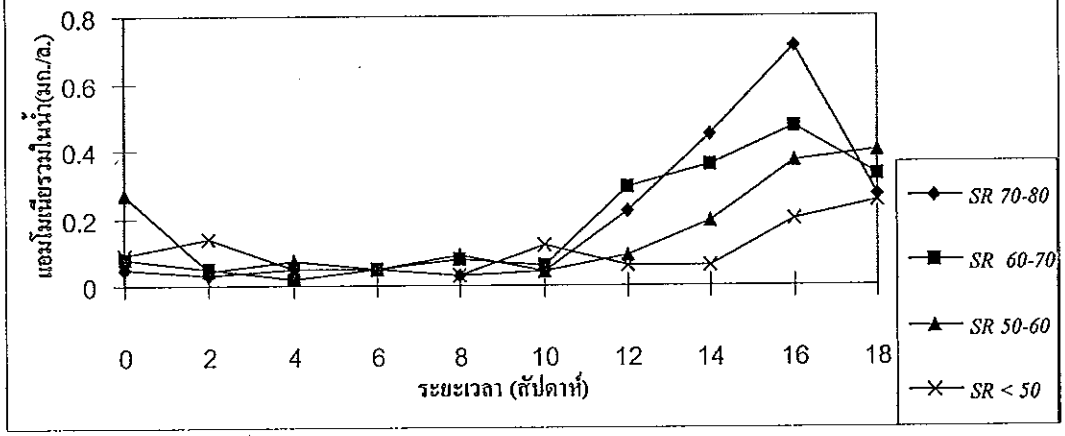
ตัวอย่างดิน	ระยะเวลาที่การเก็บตัวอย่าง (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
ADG .18	0.06^{a}	0.02	0.05	0.05	0.03^{a}	0.11	0.18	0.36	0.66	0.22^{a}
ADG .17	0.05^{a}	0.17	0.07	0.05	0.06^{ab}	0.06	0.21	0.33	0.45	0.35^{ab}
ADG .16	0.09^{a}	0.04	0.03	0.06	0.11^{b}	0.04	0.15	0.13	0.32	0.25^{ab}
ADG .15	0.41^{b}	0.02	0.03	0.04	0.03^{a}	0.04	0.09	0.17	0.15	0.52^{b}

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในสดมภ์เดียวกันตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's new multiple range test

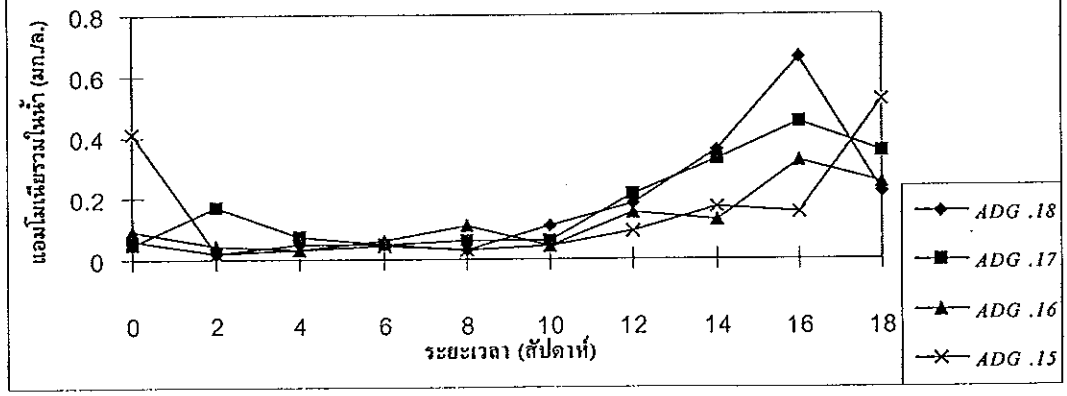
ภาพประกอบ 3.31 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.)
ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.32 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.)
ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีอัตรารอดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 3.33 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำ (มก./ล.)
ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ระหว่างกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่าง ๆ

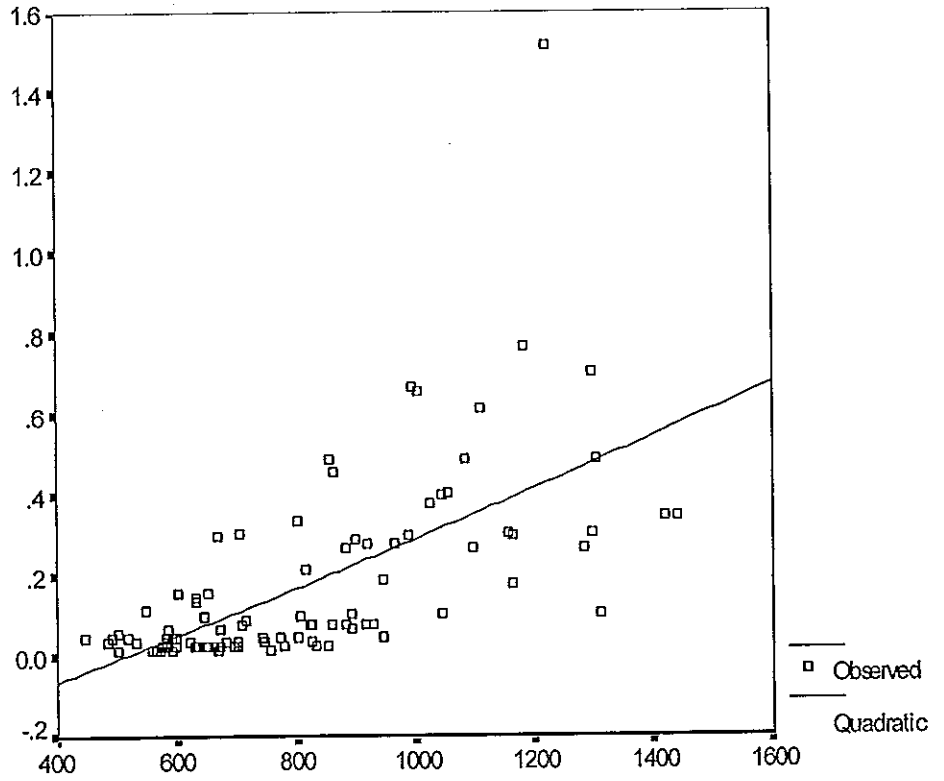


2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน

2.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN ของดินกับปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำ (NH_3-N)

เมื่อให้ค่า TKN เป็นตัวแปรอิสระและให้ ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่า TKN มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) มีแนวโน้มเป็นเชิงบวกซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient :r) เท่ากับ 0.64

ภาพประกอบ 3.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN ของดินกับปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำ

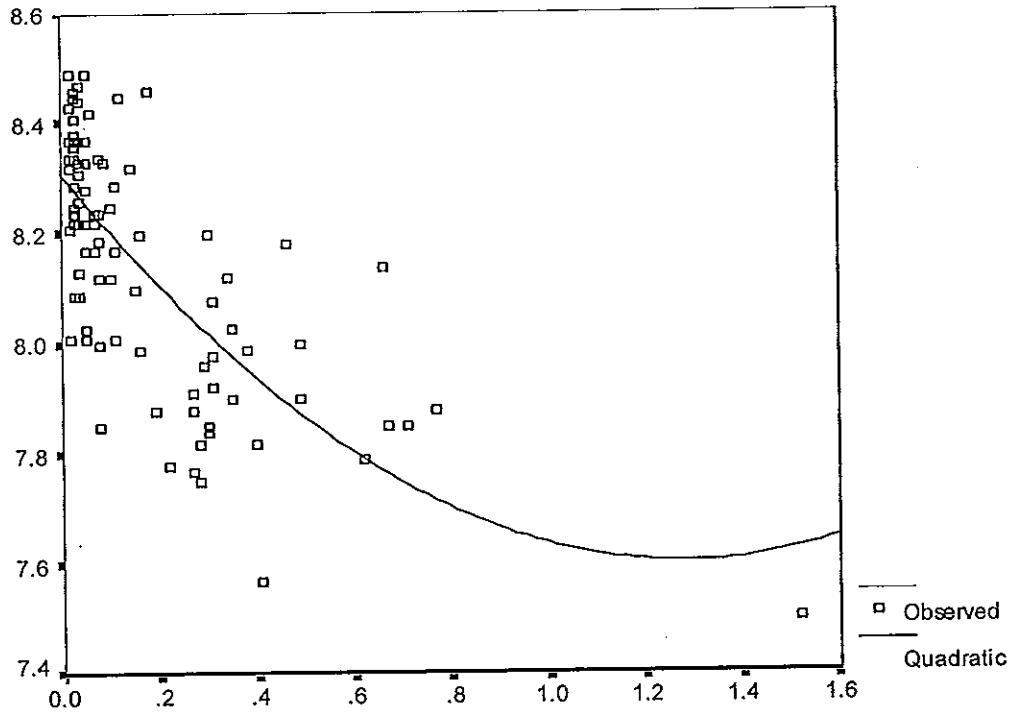


$$Y = -0.2805 + (0.0005 \times X) + (-4.9\ e^{-08} \times X^2)$$

2.2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียรวม (NH_3-N) กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ

เมื่อให้ปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็นตัวแปรตาม พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมมีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นทางลบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient :r) เท่ากับ 0.74

ภาพประกอบ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียรวมกับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

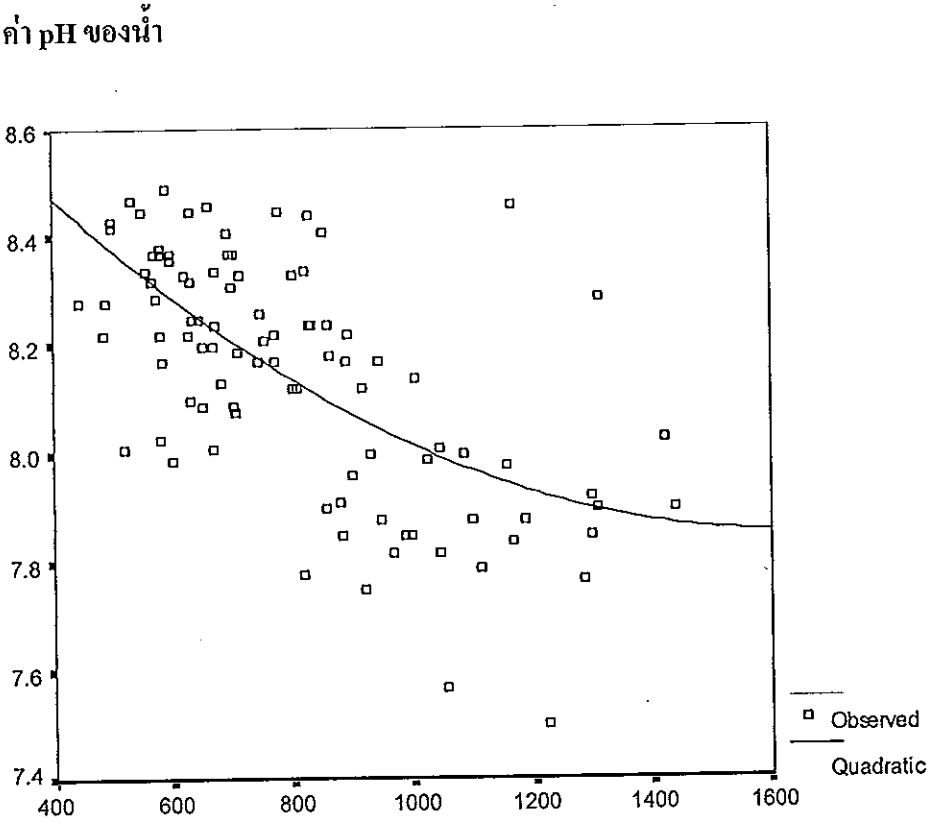


$$Y = 8.3069 + (-1.1096 \times X) + (0.4338 \times X^2)$$

2.3 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำกับค่า TKN ในดิน

เมื่อให้ค่า TKN ในดินเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) มีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นลบกับค่า TKN ในดินในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.64

ภาพประกอบ 3.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN ในดินกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

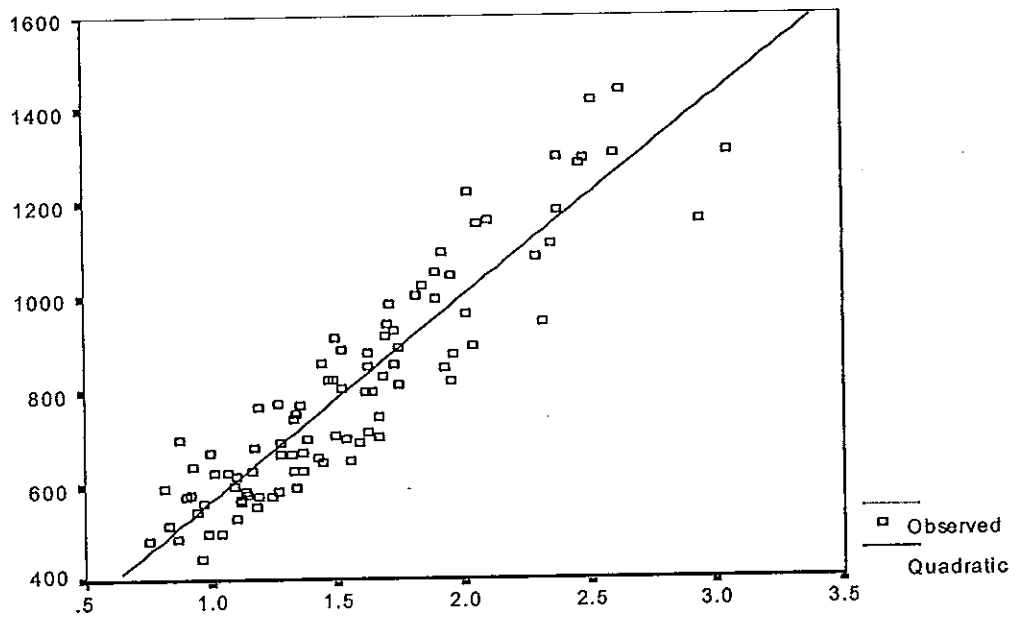


$$Y = 8.9591 + (-0.0014 \times X) + (4.5e^{-07} \times X^2)$$

2.4 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุกับค่า TKN ของดิน

เมื่อให้ค่าอินทรียวัตถุเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่า TKN เป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าอินทรียวัตถุ มีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นบวกกับค่า TKN ในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.92

ภาพประกอบ 3.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุกับค่า TKN ของดิน

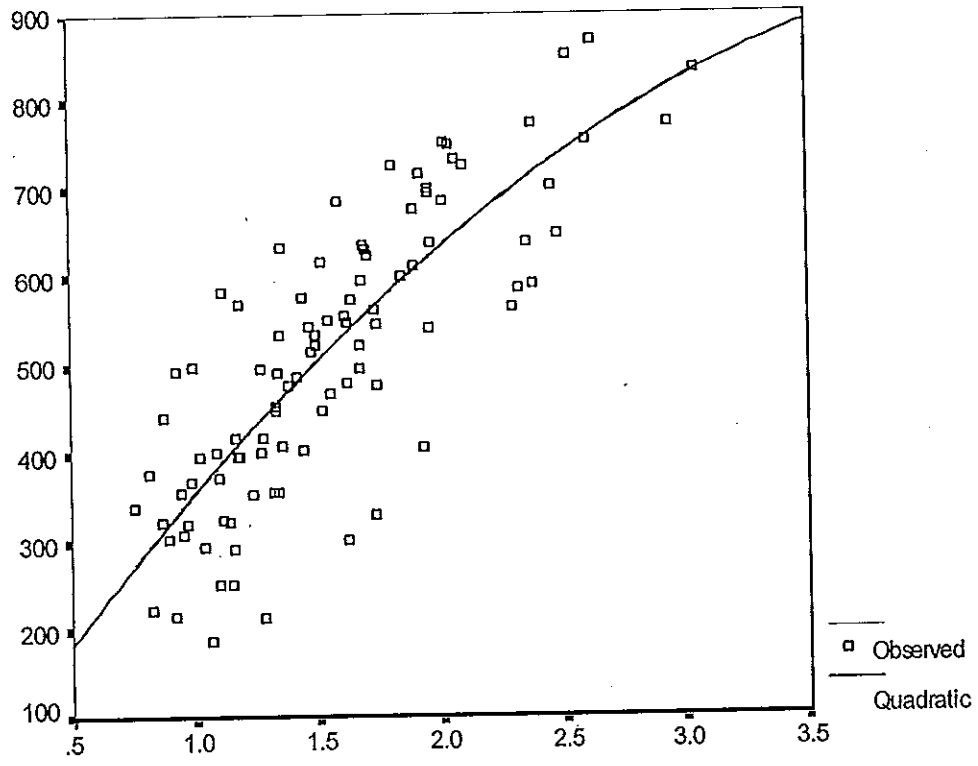


$$Y = 127.290 + (442.726 \times X) + (-2.9506 \times X^2)$$

2.5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุกับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน

เมื่อให้ค่าอินทรียวัตถุเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าฟอสฟอรัสเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าอินทรียวัตถุมีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นบวกกับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.81

ภาพประกอบ 3. 38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุกับค่าฟอสฟอรัสของดิน

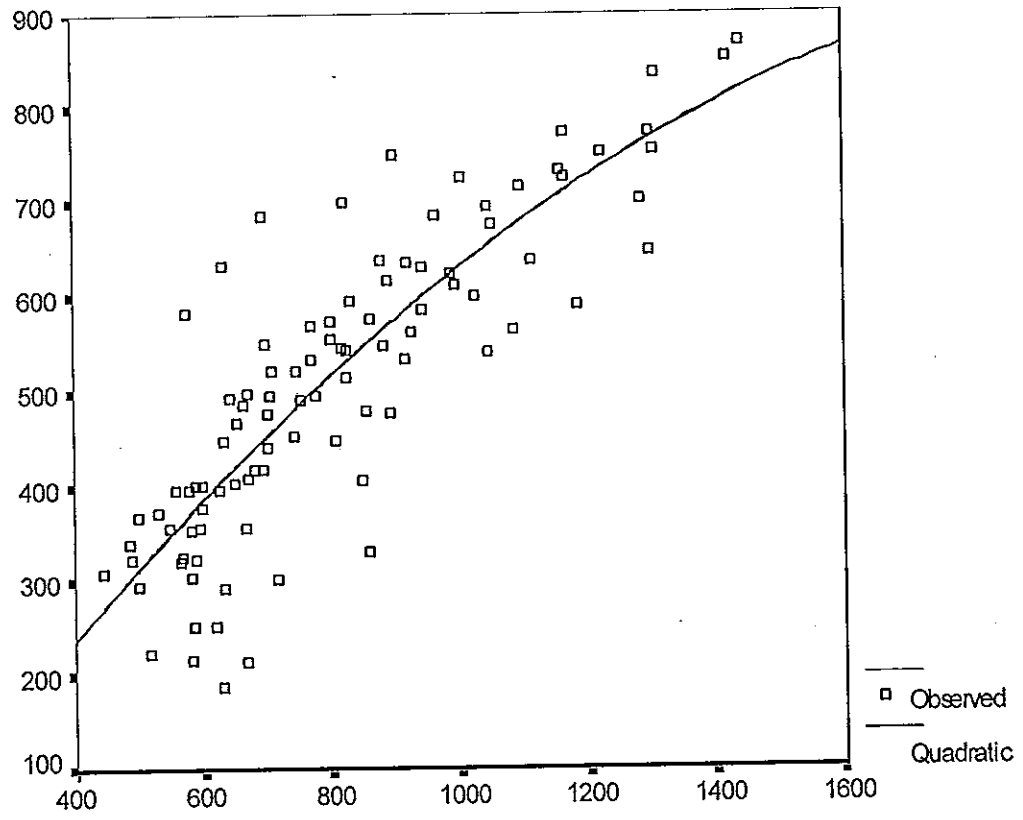


$$Y = -13.695 + (411.348 \times X) + (-43.922 \times X^2)$$

2.6 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN กับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน

เมื่อให้ค่า TKN เป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่า TKN มีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นบวกกับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.84

ภาพประกอบ 3.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN กับค่าฟอสฟอรัสของดิน

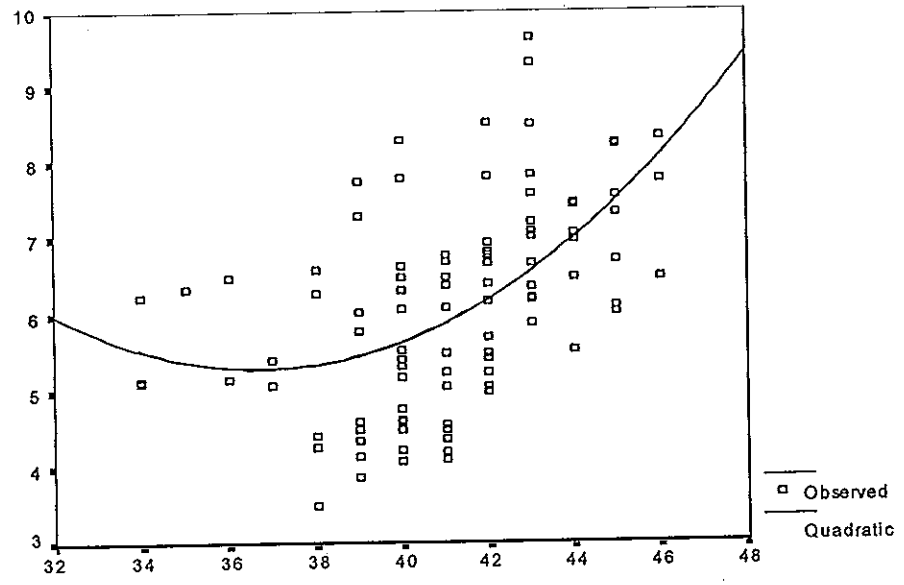


$$Y = -120.98 + (0.9787 \times X) + (-0.0002 \times X^2)$$

2.7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มของน้ำกับค่าการนำไฟฟ้าของดิน

เมื่อให้ค่าความเค็มของน้ำเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าความเค็มมีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นบวกกับค่าการนำไฟฟ้าในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.54 สำหรับการที่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าการนำไฟฟ้าเป็นลบในช่วงที่มีค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเค็มในระดับต่ำนั้นเป็นลักษณะที่ผิดปกติที่อาจเกิดจากการวัดค่าเค็มของน้ำโดยใช้ Reflectometer ที่ใช้ดัชนีของแสงเป็นตัววัดความเค็มของน้ำ ทั้งนี้ดัชนีของแสงนั้นถูกควบคุมโดยหลายปัจจัยอาทิ ความเค็มของน้ำ ปริมาณสิ่งแขวนลอยในน้ำ เช่น สาหร่าย (algae) ตะกอนแขวนลอยในน้ำเมื่อน้ำมีความเค็มต่ำอาจเป็นผลทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณสาหร่ายในน้ำในจำนวนมากทำให้ดัชนีของแสงในน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนไปรบกวนค่าความเค็มที่วัดได้โดยเครื่อง Reflectometer

ภาพประกอบ 3.40 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มของน้ำกับค่าการนำไฟฟ้าของดิน

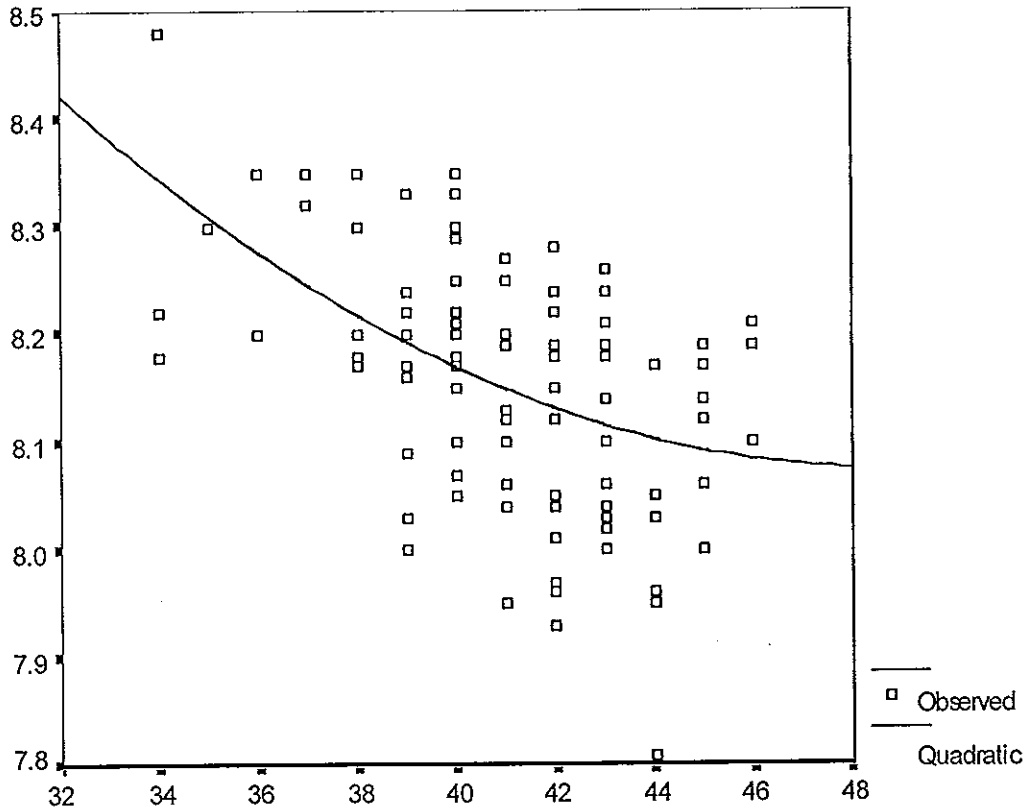


$$Y = 48.9457 + (-2.3786 \times X) + (0.0324 \times X^2)$$

2.8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าปฏิกริยาดินกับค่าความเค็มของน้ำ

เมื่อให้ค่าความเค็มของน้ำเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าปฏิกริยาดินมีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นลบกับค่าความเค็มของน้ำ ในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.5

ภาพประกอบ 3. 41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มของน้ำกับค่าปฏิกริยาดิน

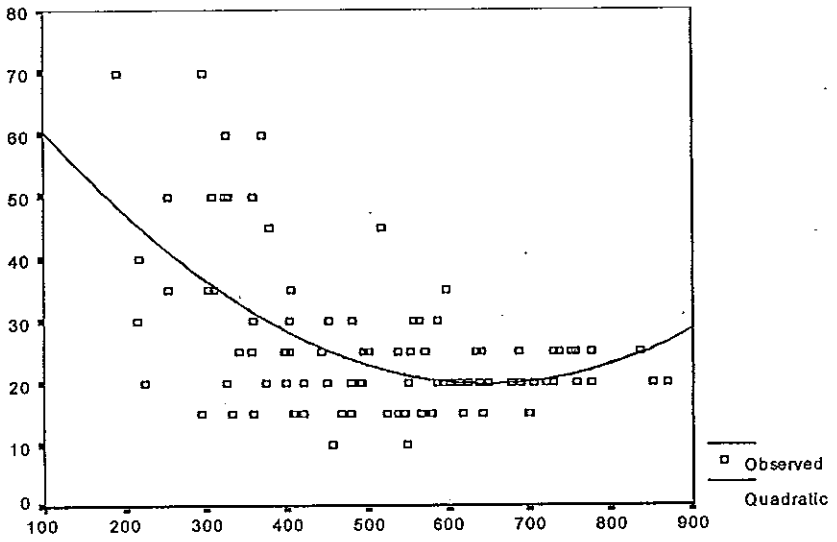


$$Y = 11.0422 + (-0.1220 \times X) + (0.0013 \times X^2)$$

2.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟอสฟอรัสรวมในดินกับค่าความโปร่งแสงของน้ำ

เมื่อให้ค่าฟอสฟอรัสรวมในดินเป็นตัวแปรอิสระและให้ค่าความโปร่งแสงของน้ำเป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าฟอสฟอรัสรวมในดินมีแนวโน้มความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นเชิงลบกับค่าความโปร่งแสงของน้ำ ในลักษณะของสมการต่อเนื่องกำลัง 2 (Quadratic) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.56 สำหรับที่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟอสฟอรัสรวมในดินกับค่าความโปร่งแสงของน้ำเป็นบวกในช่วงที่มีค่าฟอสฟอรัสรวมในดินสูงและค่าความโปร่งแสงต่ำนั้นเป็นลักษณะที่ผิดปกติที่อาจเกิดจากค่าความโปร่งแสงของน้ำถูกรบกวนโดยสิ่งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำอาทิปริมาณสาหร่ายหรือพืชน้ำเล็กๆที่อยู่ในน้ำและตะกอนแขวนลอยในน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งตะกอนพวกที่ละลายในน้ำ(Dissolved suspended solid) จะถูกควบคุมโดย pH ของน้ำถ้าน้ำมี pH ต่ำหรือเป็นกรดมากขึ้น ตะกอนพวกที่ละลายได้ในน้ำก็จะละลายได้ในน้ำมากขึ้นทำให้มีปริมาณตะกอนเหล่านี้หลงเหลืออยู่ในน้ำลดลงเป็นผลให้น้ำมีความโปร่งแสงมากขึ้น ดังนั้นในบ่อใดที่มีค่าฟอสฟอรัสรวมในดินสูงก็ย่อมมีค่า TKN สูง(ภาพประกอบ 3.39) และเมื่อมีค่า TKN ในดินสูงก็ย่อมมีค่า pH ของน้ำต่ำ(ภาพประกอบ 3.36) ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าความโปร่งแสงของน้ำเพิ่มขึ้นตามค่าฟอสฟอรัสรวมในดิน

ภาพประกอบ 3.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟอสฟอรัสรวมในดินกับค่าความโปร่งแสงของน้ำ



$$Y = 76.9468 + (-0.1766 \times X) + (0.0001 \times X^2)$$

3. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับการผลิต

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับปริมาณผลผลิต

ในบรรดาคุณภาพดินและน้ำทั้ง 11 ตัว เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์และจัดอันดับความสัมพันธ์โดยใช้ Multiple regression วิธี Stepwise ปรากฏว่าค่า TKN ฟอสฟอรัสรวม อินทรียวัตถุ แอมโมเนียในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตของกุ้ง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.961 ดังสมการข้างล่าง

$$Y = 814.608 + (0.361 \times TKN) + (0.504 \times TP) + (150.704 \times NH_3) + (152.890 \times OM) + (-115.594 \times pH) + (-61.052 \times D.O.)$$

ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำและค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับผลผลิตกุ้ง ส่วนคุณภาพดินและน้ำตัวอื่น ๆ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกดังตาราง 3.34

ตาราง 3.34 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับปริมาณผลผลิตกุ้ง

คุณภาพดินและน้ำ	ค่าความลาดชันกราฟ	Partial R^2	Standardized Coefficients
ค่าคงที่	814.608		-
TKN ในดิน	.361	0.87	.297
ฟอสฟอรัสรวมในดิน (TP)	.504	0.025	.281
แอมโมเนียรวมของน้ำ (NH_3-N)	150.704	0.011	.119
อินทรียวัตถุของดิน (OM)	152.890	0.0014	.267
pH ของน้ำ	-115.594	.004	-0.87
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O.)	-61.052	.003	-0.064

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับอัตราการเจริญเติบโต

ในบรรดาคุณภาพดินและน้ำทั้ง 11 ตัว เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์และจัดอันดับความสัมพันธ์โดยใช้ Multiple regression วิธี Stepwise ปรากฏว่าค่าฟอสฟอรัสรวม ค่าการนำไฟฟ้า TKN และค่าความเค็มของน้ำ มีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.89 ดังสมการข้างล่าง

$$Y = 7.089 + ((-2.6 \times 10^{-3}) \times TP) + (-0.317 \times EC) + ((-7.8 \times 10^{-4}) \times TKN) + ((-5.9 \times 10^{-2}) \times Sal)$$

ทั้งนี้คุณภาพดินและน้ำทุกตัวมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบดังตาราง 3.35

ตาราง 3.35 ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับอัตราการเจริญเติบโต

คุณภาพดินและน้ำ	ค่าความลาดชันกราฟ	Partial R^2	Standardized Coefficients
ค่าคงที่	7.089		-
ฟอสฟอรัสรวมในดิน (TP)	-2.6×10^{-3}	0.578	-0.523
ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC)	-0.189	0.185	-0.317
ค่าความเค็มของน้ำ (SAL)	-5.9×10^{-2}	0.018	-0.199
TKN ในดิน	-7.8×10^{-4}	0.016	-0.235

บทที่ 4

วิเคราะห์และวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา

1.1 ค่าปฏิกริยาดิน (pH)

จากการวิเคราะห์ pH ของบ่อเลี้ยงกุ้งทั้ง 12 บ่อ พบว่าค่าเฉลี่ย pH ของทุกบ่อมีความใกล้เคียงกันมากอยู่ในช่วง 7.99-8.35 มีการแกว่งตัวของ pH เล็กน้อยและมีสภาพเป็นด่าง โดยทั่วไปแล้วดินชุดบางกอกที่เกิดจากการทับถมของตะกอนจากน้ำทะเลและน้ำกร่อยบนที่ราบลุ่มน้ำเดยท่วมถึง มี pH ของดินที่ลึกกว่า 30 เซนติเมตรลงไปจะอยู่ในช่วง 6.5-8.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2527 : 35) และจากการศึกษา pH ของดินนาข้าวความลึก 100-120 เซนติเมตร มีค่าประมาณ 8.83 และดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้วมี pH ประมาณ 8,17 (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 24)

เห็นได้ว่าดินชุดบางกอกที่ได้ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว มี pH ต่ำกว่าดินเดิม โดยมีการใช้วัสดุปูนโดยตลอดก็มิได้มีผลทำให้ยกระดับ pH สูงขึ้น อีกทั้งตลอดระยะเวลาที่มีการเลี้ยง pH ของทุกบ่อและทุกกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1.1.1 น้ำทะเล (pH ประมาณ 8) ที่ใช้เลี้ยงกุ้งนั้นมีเกลือหลายชนิดและคาร์บอเนตผสมอยู่ทำให้น้ำทะเลมีคุณสมบัติในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลาย (Buffer capacity) ดังนั้นเมื่อดินบ่อกุ้งสัมผัสกับน้ำทะเลทำให้ pH ของดินถูกควบคุมด้วยเกลือและคาร์บอเนตจากน้ำทะเล ทำให้ pH ของดินพื้นบ่อมีค่าใกล้เคียงกับ pH ของน้ำทะเลและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

1.1.2 ดินในบ่อกุ้งที่ทำการศึกษานี้เป็นชุดบางกอก (BK) มีเนื้อเป็นดินเหนียวและมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity หรือ C.E.C.) ประมาณ 23.2 me/100 g. (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2534 : 270) หรือ 38.90 c mol (+) /Kg (กรมพัฒนาที่ดิน, 2527 : 36) การที่ดินชุดนี้มีค่า C.E.C. สูงก็เท่ากับว่ามีความสามารถในการดูดซับหรือปลดปล่อย H^+ ได้ในปริมาณมาก ทำให้ดินชุดนี้มีคุณสมบัติในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของ pH ของดินด้วย

ผลจากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า pH ของดินในบริเวณที่ศึกษาไม่ได้เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัว เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตามถ้าดินในบริเวณที่เพาะเลี้ยงกุ้งเป็นดินประเภท Potential acid sulfate soil ตัวอย่างเช่นดินส่วนใหญ่ที่พบในบริเวณป่าชายเลนจะมีวัตถุต้นกำเนิดดินที่เกี่ยวข้องกับแร่ Pyrite (FeS_2) เมื่อมีกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้ง มีการขุดบ่อ มีการสูบน้ำเข้าออกจากบ่อกุ้ง จะทำให้แร่ Pyrite สัมผัสกับ

อากาศเกิดเป็นสารประกอบพวก Jarosite และในที่สุดจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น H_2SO_4 ส่งผลให้ดินเป็นกรดจัด ถ้าสถานเพาะเลี้ยงกุ้งตั้งอยู่ในบริเวณเหล่านี้แล้ว pH ของดินพื้นบ่อกุ้งจะมีผลกระทบต่อผลผลิต อัตรารอด และการเจริญเติบโตของกุ้ง

1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดิน

จากสภาพของดินนาเมื่อนำน้ำทะเลเข้ามาเพื่อทำการเลี้ยงกุ้งย่อมส่งผลทำให้ค่า EC ของดินสูงขึ้นกว่าปกติ โดยพบว่าในกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 มีค่าเฉลี่ย EC ต่ำกว่าในกลุ่มอื่น ๆ ในทุกการเปรียบเทียบโดยพบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าความเค็มของน้ำ (ภาพประกอบ 3.5) คือเมื่อความเค็มของน้ำสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ค่า EC สูงขึ้นตามไปด้วย

ค่า EC ของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาโดยเป็นผลมาจากค่าความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในทุกกลุ่มของการเปรียบเทียบทั้ง 3 ลักษณะเนื่องจากเป็นการเลี้ยงกุ้งในฤดูร้อน และเมื่อถึงฤดูฝนค่า EC ได้มีแนวโน้มลดลงตามค่าความเค็มของน้ำแต่การลดลงของค่า EC มีไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการลดลงของค่าความเค็มของน้ำซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจาก

1.2.1 การหมุนเวียนของน้ำโดยเครื่องให้อากาศไม่สามารถเป็นไปอย่างทั่วถึง ทำให้น้ำส่วนล่างหรือพื้นบ่อยังเป็นน้ำที่ค่อนข้างเค็มกว่าน้ำผิวบน อาจทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำอันเนื่องมาจากความเค็ม ทำให้การลดลงของความเค็มช้ากว่าน้ำส่วนบน ส่งผลให้ค่า EC ของดินเปลี่ยนแปลงลงเล็กน้อย

1.2.2 ในช่วงที่ความเค็มของน้ำลดลงอันเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำฝน ได้มีการใช้ปูนขาวที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญและแคลเซียมก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ค่า EC ของดินไม่ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ค่า EC ของดินที่เกิดจากการใช้ปูนขาวจะไม่สามารถคงตัวอยู่ได้นานทั้งนี้เพราะแคลเซียมจะถูกแทนที่ด้วยโซเดียมที่มีอยู่จำนวนมากในน้ำทะเลลงไปสะสมในดินชั้นล่างที่มีระดับความลึกมากกว่า 140 เซนติเมตร (พิภพ ปราบณรงค์, 2536 : 59)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า EC เฉลี่ยภายในกลุ่มผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน พบว่ากลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 (กลุ่มที่ให้ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ) จะเป็นกลุ่มที่มีค่า EC ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ที่ให้ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงสัปดาห์แรก ๆ และสัปดาห์สุดท้ายของการเลี้ยง ซึ่งอาจแสดงว่าค่า EC อาจเป็นพารามิเตอร์มีอิทธิพลบางส่วนในการควบคุมผลผลิตของกุ้งที่เลี้ยง เนื่องจากความเค็มของดินอาจมีผลต่อการแลกเปลี่ยน Na^+ และ Cl^- ระหว่างส่วนที่เป็นน้ำและดินพื้นบ่อ กล่าวคือเมื่อน้ำมี NaCl มากกว่าดินทำให้เกิดการแพร่ลงสู่ดิน

พื้นบ่อจนมีความเข้มข้นเท่ากัน ในขณะเดียวกันถ้าดินมีความเค็มมากกว่าน้ำก็จะมีการแพร่จากดินสู่น้ำในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นจุดเชื่อมต่อระหว่างดินกับน้ำจึงเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดประกอบกับกุ้งเป็นสัตว์หน้าดิน การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลกับขบวนการ Osmolegulation ของกุ้งดังได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 3.1.2.1

1.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง โดยพบว่ามีความชัดเจนมากในกลุ่มที่เปรียบเทียบตามผลผลิตและอัตรารอด แต่ในกรณีที่เปรียบเทียบตามกลุ่มที่เปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันในระยะสุดท้ายของการเลี้ยงจะไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ก็มีแนวโน้มให้เห็น การที่ดินพื้นบ่อของกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 (หรือกลุ่มที่ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันที่สูง) มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ (กลุ่มที่ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า) นั้นสามารถอธิบายได้ 2 แนวทางคือแนวทางที่ 1 อธิบายได้ว่าลักษณะดังกล่าวเกิดมาจาก

1.3.1 อาหารที่ให้ เมื่อกุ้งมีอัตรารอดที่สูงย่อมทำให้ผลผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้จำเป็นที่ต้องให้อาหารมากขึ้นตามอัตรารอด ส่งผลให้ในบ่อที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูงมีการให้อาหารมากกว่าบ่อที่มีอัตรารอดและผลผลิตที่ต่ำกว่า โอกาสที่อาหารเหลือตกค้างก็มีมากกว่า

1.3.2 สิ่งขับถ่ายของกุ้ง เมื่อกุ้งมีผลผลิตและอัตรารอดสูงสิ่งขับถ่ายย่อมมีมากกว่าในกลุ่มที่มีอัตรารอดและผลผลิตที่ต่ำกว่า

1.3.3 การตายของพืชน้ำและแพลงค์ตอน ในการเลี้ยงกุ้งจำเป็นที่ต้องทำสีน้ำหรือขยายจำนวนของแพลงค์ตอนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อเป็นอาหารธรรมชาติสำหรับกุ้งและควบคุมคุณภาพน้ำตัวอื่นในทางอ้อม จำเป็นที่ต้องใช้ปุ๋ยเพื่อเป็นอาหารของแพลงค์ตอนเหล่านี้ และเมื่อแพลงค์ตอนเหล่านี้ตายลงไปจะถูกสะสมไว้ที่พื้นบ่อ

แนวความคิดที่ 2 เป็นแนวความคิดที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับแนวความคิดที่ 1 กล่าวคือการที่บ่อมีปริมาณอินทรียวัตถุมากในบ่อที่ให้ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงเป็นเพราะว่าบ่อที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจะเป็นบ่อที่มีศักยภาพในการปลดปล่อยธาตุอาหาร (NและP) ให้แก่น้ำในบ่อได้ในปริมาณที่มากกว่า ผลที่ตามมาทำให้เกิดอาหารธรรมชาติมากขึ้นนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต อัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโต

ถ้าพิจารณาถึงลักษณะการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุของดินพื้นบ่อในของทุกกลุ่มที่ศึกษาตั้งแต่ระยะเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเลี้ยงพบว่า กลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 (กลุ่มที่ให้

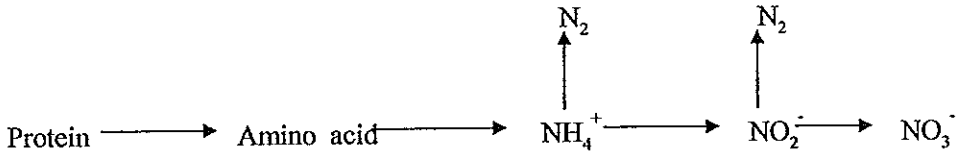
ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่สูง) ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-4 มีปริมาณอินทรียวัตถุพื้นบ่อส่วนใหญ่ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ และปริมาณอินทรียวัตถุของกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากในอัตราที่ค่อนข้างเร็วกว่ากลุ่มอื่น ๆ จนในที่สุดเมื่อถึงสัปดาห์ท้าย (สัปดาห์ที่ 16-18) ของการเลี้ยง (ตารางที่ 3.7) จะพบว่ากลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ จากลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นสิ่งที่สนับสนุนแนวความคิดที่ 1 ว่าควรเป็นแนวคิดที่เหมาะสมในการอธิบายการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุของดินพื้นบ่อกุ้งมากกว่าแนวความคิดที่ 2 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ ในระยะเริ่มต้นของการเลี้ยงกุ้ง ดินพื้นบ่อของกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทำให้พื้นบ่อกุ้งของกลุ่มที่ 1 มีความสะอาดและมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง โดยเฉพาะกุ้งในวัยอ่อนทำให้กุ้งที่เลี้ยงในกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 มีอัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในกลุ่มอื่น ๆ เป็นผลทำให้เมื่อการเลี้ยงต่อไปจำเป็นต้องให้อาหารกุ้งในบ่อที่อยู่ในกลุ่มนี้ในปริมาณที่มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นบ่อกุ้งในกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 จึงมีโอกาสที่อาหารเหลือตกค้างและสิ่งขับถ่ายของกุ้งในปริมาณที่สูงกว่าบ่อกุ้งในกลุ่มอื่น ๆ ตามระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้ง จึงเป็นผลทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินพื้นบ่อของกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 ในสัปดาห์ที่16-18 มีสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทั้ง ๆ ที่ตอนเริ่มต้นของการเลี้ยงมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าในกลุ่มอื่น ๆ

เป็นที่น่าสังเกตุว่าการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินพื้นบ่อนี้ตามปกติจะเป็นการเพิ่มความสกปรกให้กับบ่อกุ้งและทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเสื่อมโทรมลงจนอาจส่งผลกระทบต่ออัตรารอด อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งในบ่อซึ่งผลการศึกษานี้ได้ผลตรงกันข้ามกับที่คาดไว้กล่าวคือ กลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 เป็นกลุ่มที่มีการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุในดินพื้นบ่อในอัตราที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ กลับมีผลผลิต อัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่า ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissloved oxygen) ของบ่อกุ้งในกลุ่ม AY>1000 SR70-80 และ ADG.18 ยังคงมีปริมาณมากเพียงพอจนทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุที่สะสมอยู่เป็นจำนวนมากในดินไม่สามารถก่อผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของกุ้งในบ่อที่เลี้ยงได้คือปริมาณออกซิเจนที่ถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการหายใจและย่อยสลายอินทรียวัตถุรวมกับปริมาณออกซิเจนที่กุ้งและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่นแพลงค์ตอนพืช สัตว์หน้าดินใช้ในการหายใจยังมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณออกซิเจนที่ถูกเติมลงไปในน้ำโดยกังหันตีน้ำ นอกจากนี้อัตราความหนาแน่นของกุ้งหลังจากเดือนแรกค่อนข้างน้อย (ประมาณ 15-40 ตัว/ตารางเมตร) ทำให้พื้นบ่อมีศักยภาพเพียงพอที่จะรองรับปริมาณอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้น

1.4 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน (TKN)

ปริมาณ TKN ส่วนใหญ่ในบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุ และมีการสะสมตัวไปในทางเดียวกันนั้นคือบ่อที่มีอัตรารอดและผลผลิตที่สูงนั้นมีแนวโน้มการสะสม TKN มากกว่าบ่อที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำด้วยเหตุผลเดียวกัน TKN ส่วนใหญ่ที่สะสมอยู่พื้นบ่อได้มาจาก

1.4.1 อาหารที่ใช้เลี้ยง โดยทั่วไปแล้วอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีปริมาณโปรตีนสูง (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40) ประกอบด้วยโปรตีนส่วนที่มาจากสัตว์ที่สำคัญได้แก่ ปลาป่น และส่วนที่เป็นโปรตีนจากพืชได้แก่ ข้าวโพด กากถั่ว ฯ อาหารที่เหลือจะถูกสะสมอยู่พื้นบ่อในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน หลังจากนั้นจุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายปลดปล่อยให้ออกมาอยู่ในรูปของอนินทรียไนโตรเจนดังสมการข้างล่าง



ที่มา : ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2534 : 122)

1.4.2 สิ่งขับถ่ายของกุ้ง โปรตีนเมื่อเข้าสู่ร่างกายของกุ้งแล้วจะถูกย่อยด้วยเอ็นไซม์ ซึ่งผลสุดท้ายของการย่อยที่ได้มาคือกรดอะมิโน ส่วนหนึ่งนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนและเอ็นไซม์ที่ร่างกายต้องการ และอีกส่วนหนึ่งจะสลายต่อไปเป็นพลังงาน แต่กรดอะมิโนทุกชนิดจะมีหมู่อัลฟา-อะมิโน (α - NH_2) ที่ร่างกายไม่ต้องการดังนั้นจะถูกขับถ่ายออกนอกร่างกายหรือนำกลับไปสังเคราะห์โปรตีนอีกครั้ง (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2536 : 89) ซึ่งแอมโมเนียที่ได้จากขบวนการเมตาบอลิสมในกุ้งซึ่งเหงือกทำหน้าที่ขับออก (Cameron, 1986 quoted in Lin, *et al.* 1993 :596) และสิ่งขับถ่ายของกุ้งก็มีส่วนของสารประกอบไนโตรเจนที่ย่อยได้ไม่หมดเป็นองค์ประกอบ

การสะสมของ TKN ในกลุ่มที่เปรียบเทียบตามอัตรารอดและผลผลิตนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่คาดไว้กล่าวคือกลุ่มที่ผลผลิตและอัตรารอดสูงมีการสะสมตัวมากกว่าในกลุ่มที่ผลผลิตและอัตรารอดต่ำ แต่เมื่อมาพิจารณาตามกลุ่มที่เปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันแล้วพบว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย แสดงว่าการให้อาหารค่อนข้างเหลือมากในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำ ทำให้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตามพบว่าในกลุ่มที่มีอัตรารอดสูง (ร้อยละ 70-80) มีปริมาณ TKN ต่ำกว่ากลุ่มที่มีอัตรารอดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 2 สัปดาห์แรก ซึ่งแสดงว่าพื้นบ่อค่อนข้างสะอาดกว่า แต่ความแตกต่างที่พบมีไม่มากนักดังตาราง 3.11 อีกทั้งตัวของ TKN เองก็ไม่ได้เป็นพิษโดยตรงกับกุ้งเป็นแต่ดัชนีที่บ่งชี้ความเน่าเสียของพื้นบ่อเท่านั้น

ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TKN ในดินกับ ผลผลิต อัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงมีลักษณะเช่นเดียวกันกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ 1.3

1.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน (TP)

ปริมาณ TP ของดินพื้นบ่อพบว่ามีการสะสมตัวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยงของการเปรียบเทียบทั้ง 3 ลักษณะเหมือนกับกรณีของอินทรียวัตถุและ TKN ที่มาของ TP มาจากหลายแหล่งด้วยกันได้แก่

1.5.1 อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ในส่วนนี้ถือว่าเป็นแหล่งสำคัญของ TP ที่สะสมตามพื้นบ่อมีทั้งส่วนที่ได้มาจากพืชและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาป่นที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักในการเลี้ยงกุ้งมีส่วนประกอบของกระดูกที่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ อาหารที่เหลือตกค้างจากการกินทำให้ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟต

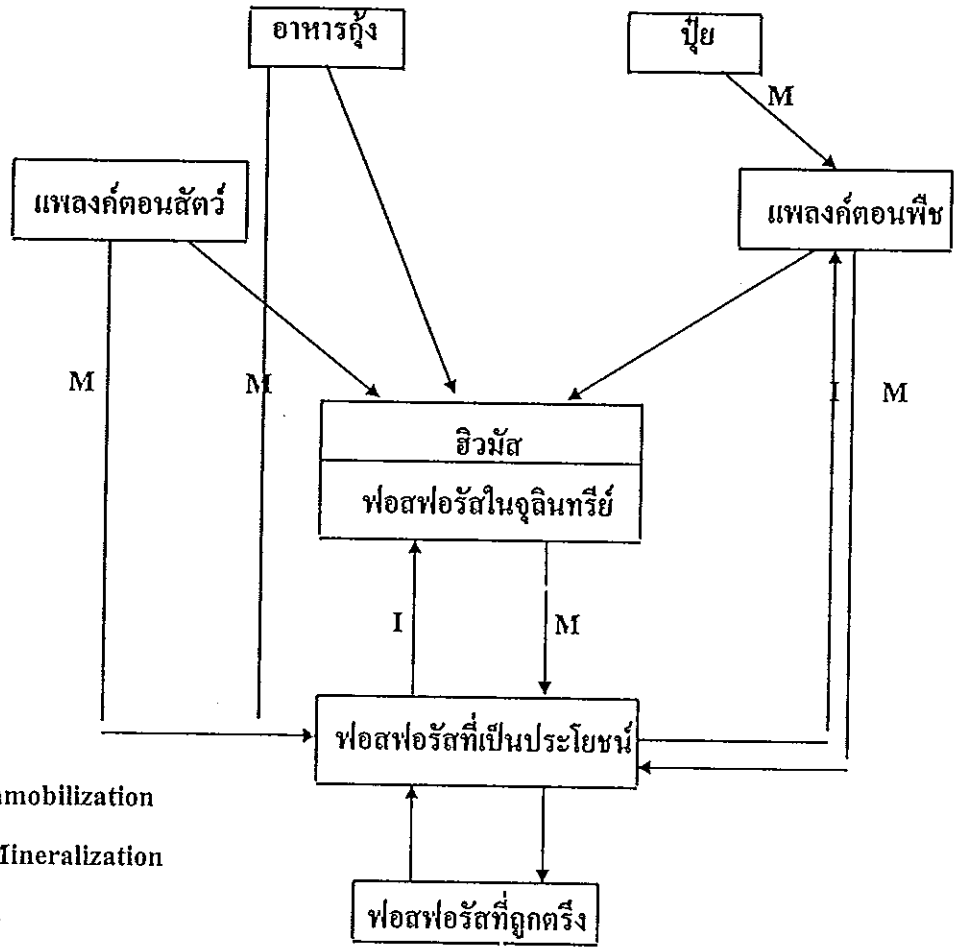
1.5.2 การตายของแพลงค์ตอน ฟอสฟอรัสมีอยู่ในพืชโดยทั่วไปมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 0.05-0.5 ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบอยู่ใน Phytin Phospholipids Nucleic acid Phosphorylated sugar Co-enzyme และสารอื่น ๆ ในส่วนที่เป็น Vacuole ของพืชอาจมีฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของ Orthophosphate ซึ่งทำหน้าที่เป็น Buffer อยู่เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ในส่วนของแบคทีเรียก็มีฟอสฟอรัสอยู่ด้วยเช่นกันส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ RNA (Alexander, 1977 : 333)

1.5.3 การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มจำนวนแพลงค์ตอนและอาหารธรรมชาติในบ่อ

ทั้งหมดนี้ถูกสะสมในดินพื้นบ่อในรูปของอินทรียฟอสฟอรัสถูกดูดยึดไว้กับอนุภาคดินเหนียวแต่การดูดยึดจะมีแรงน้อยเพราะดินพื้นบ่อมี pH ค่อนข้างเป็นด่าง (สมศักดิ์ วังใน, 2528 : 126) จากนั้นกิจกรรมของแบคทีเรียที่ทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นด่าง ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปจากอินทรียฟอสฟอรัสไปเป็นอนินทรียฟอสฟอรัส และจากอนินทรียฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ทำให้ความโปร่งแสงของน้ำต่ำลงเมื่อแพลงค์ตอนขยายจำนวนอย่างรวดเร็วดังภาพประกอบ 4.1

เมื่อพิจารณาในกลุ่มที่เปรียบเทียบตามผลผลิตและอัตรารอดพบว่าในกลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูงมีการสะสมของ TP ในดินพื้นบ่อมากกว่าในกลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำทั้งนี้เนื่องมาจากมีการให้อาหารที่แตกต่างกันตามอัตรารอดของกุ้ง โดยพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติหลังจากสัปดาห์ที่ 4 นั้นคือในระยะแรกช่วงประมาณเดือนแรกการตรวจสอบอัตรารอดและผลผลิต

ภาพประกอบ 4.1 วงจรการแปรสภาพของฟอสฟอรัสในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Alexander, 1961 : 334

เป็นไปได้ยากและหลังจาก 1 เดือนแรกผ่านไปการตรวจสอบจึงมีแนวโน้มถูกต้องขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ปริมาณอาหารเริ่มแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสมีการสะสมแตกต่างกันไป

ในกลุ่มที่เปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันยกเว้นในสัปดาห์ที่ 16 มีแนวโน้มเหมือนกับ TKN ของดินพื้นบ่อ เนื่องจากพื้นบ่อมีสภาพเป็นด่างอินทรียฟอสฟอรัสจะถูกดูดยึดด้วยแรงที่น้อยกว่าในสภาพที่เป็นกรดทำให้ง่ายต่อการเกิด Mineralization (สมศักดิ์ วังใน, 2528 : 126) ดังนั้นโอกาสที่ฟอสฟอรัสในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้มีมากพอ ๆ กัน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในค่าความโปร่งแสงของน้ำที่มีแนวโน้มไม่ต่างกันที่จะได้อธิบายรายละเอียดในหัวข้อ 1.6

ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง TP ในดินกับผลผลิต อัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงมีลักษณะเช่นเดียวกันกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 1.3 แต่ต่างกันเล็กน้อยที่ปริมาณ TP ของกลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่สูงจะมีปริมาณ TP ที่ก้นบ่อในสัปดาห์แรกสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของบ่อมากขึ้น อาหารธรรมชาติมากขึ้น ส่งผลที่ดีกับกุ้งในบ่อ

1.6 ความโปร่งแสงของน้ำ

ค่าความโปร่งแสงของน้ำในบ่อมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาคือ ในช่วงแรกค่าเฉลี่ยของความโปร่งแสงของน้ำค่อนข้างสูงอยู่ส่วนใหญ่ในช่วงประมาณ 50 เซนติเมตรโดยประมาณและมีแนวโน้มต่ำลงตามระยะเวลา ซึ่งโดยปกติทั่วไปค่าความโปร่งแสงควรอยู่ในช่วง 25-40 เซนติเมตร (Lee and Wickins, 1992 : 223) ความโปร่งแสงของน้ำประกอบด้วย

1.6.1 ส่วนที่มีชีวิต ที่สำคัญได้แก่แพลงค์ตอน ซึ่งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำความโปร่งแสง ที่เกิดจากแพลงค์ตอนสำคัญเป็นอันดับแรก (Boyd, 1982 : 87) ทั้งนี้เนื่องจากในบ่อเลี้ยงกุ้งมีสภาวะ ที่เอื้ออำนวยต่อการขยายจำนวนของแพลงค์ตอนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของแพลงค์ตอนพืชที่ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Lee and Wickins, 1992 : 223) ซึ่งพบว่ามีอยู่มากพอในบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.6.2 ส่วนที่ไม่มีชีวิต องค์ประกอบในส่วนนี้ได้แก่ กลุ่มอนุภาคดินเหนียว (Clay) และ (Silt) โดยเฉพาะอย่งยิ่งในส่วนที่เป็น Collioid (1-100 nm) นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นดีไทรทัส (Detritus) รวมอยู่ด้วย ในบ่อเลี้ยงกุ้งมีกระแสน้ำที่เกิดจากเครื่องให้อากาศและนิสัยการขุดคุ้ยพื้นบ่อ ทำให้เกิดการแขวนลอยของตะกอนมีมากขึ้น ทำให้ค่าความโปร่งแสงของน้ำต่ำลง

ผลจากการศึกษาในการเปรียบเทียบทั้ง 3 ลักษณะพบว่ามีแนวโน้มที่เหมือนกัน ถึงแม้พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบางสัปดาห์แต่ก็ไม่ได้มีผลอะไรมากนักเพราะว่าค่าเฉลี่ยของความโปร่งแสงยังอยู่ในระดับที่ไม่มีปัญหากับกุ้ง อย่างไรก็ตามข้อมูลส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์มีอยู่มากพอที่ทำให้เกิดการขยายจำนวนของแพลงค์ตอนได้เท่า ๆ กัน การแกว่งตัวของค่าเฉลี่ยของความโปร่งแสงที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการจัดการคุณภาพน้ำเช่นการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เพื่อไม่ให้ความโปร่งแสงลดต่ำลงมากเกินไป

1.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าไม่มีค่าที่ต่ำจนถึงระดับวิกฤต ถึงแม้ว่าในกลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูงมีแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้โดยเฉลี่ยต่ำกว่าในกลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำ การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมี 3 ปัจจัยที่สำคัญควบคุมอยู่ได้แก่

1.7.1 เครื่องให้อากาศ จำเป็นมากสำหรับการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่น สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้พอเพียงกับความต้องการของกุ้งได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงกลางคืนและในช่วงที่กุ้งเริ่มโต

1.7.2 สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบ่อ แพลงค์ตอนพืชมีความสำคัญทั้งในแง่ของการเพิ่มและการลดลงของออกซิเจน โดยทั่วไปในช่วงกลางวันปริมาณออกซิเจนจะสูงขึ้นเนื่องจากขบวนการสังเคราะห์แสงโดยใช้พลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีสังเคราะห์อินทรียสารจากวัตถุดิบคือน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2 + H_2O \longrightarrow CH_2O + O_2$) และในช่วงกลางคืนออกซิเจนจะต่ำลงเนื่องจากการหายใจของสิ่งมีชีวิต ($C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$) นอกจากนี้ออกซิเจนยังสูญเสียไปกับการย่อยสลายอินทรียสารของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ด้วย

1.7.3 ความหนาแน่นและระยะการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อ ถ้าบ่อใดเลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่นสูงและมีกุ้งโตเต็มวัยอยู่ ก็ย่อมมีโอกาสใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำได้มากกว่าบ่อที่มีกุ้งหนาแน่นน้อยกว่าและเป็นกุ้งวัยอ่อน

ในเดือนแรกที่ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลเพราะว่าในช่วงนี้มักไม่มีปัญหาในการขาดออกซิเจนของกุ้งเนื่องจากกุ้งยังมีอายุน้อย การที่ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนไม่ลดลงมากนักเนื่องมาจากประสิทธิภาพในการให้อากาศของฟาร์มและการควบคุมระดับความโปร่งแสงที่เหมาะสม ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่าระดับของออกซิเจนที่ละลายน้ำนั้นไม่ต่ำจนเกิดวิกฤต แต่ถ้าพิจารณาว่าประสิทธิภาพของเครื่องให้อากาศ ในแต่ละบ่อใกล้เคียงกันและค่าความโปร่งแสงที่มีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน ในกลุ่มที่เปรียบเทียบ ตามผลผลิตและอัตรารอดสูงมีการใช้ออกซิเจนมากกว่าในกลุ่มที่ผลผลิตและอัตรารอดต่ำในช่วงท้ายของการเลี้ยง การที่บ่อกุ้งในกลุ่มที่ผลผลิตและอัตรารอดสูงมีปริมาณมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยงย่อมเป็นเครื่องบ่งบอกว่าความหนาแน่นของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อ (ความหนาแน่นของกุ้งที่ตรวจสอบหลังจับ 15-40 ตัว/ตารางเมตร) ของการศึกษานี้เริ่มเข้าสู่จุดวิกฤตแล้วและถ้าเพิ่มความหนาแน่นของกุ้งมากไปกว่านี้อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิต อัตรารอด และการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงได้

1.8 ค่าความเป็นด่าง

ภาพรวมของค่าความเป็นด่างที่ทำการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคืออยู่ในช่วง 100-200 มก./ล (ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533 :22) ค่าความเป็นด่างในบ่อเลี้ยงกุ้งที่เก็บตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากระบบคาร์บอเนตที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในน้ำทะเลและทำหน้าที่เป็นระบบ Buffer คอยควบคุม pH ของน้ำทะเลให้อยู่ในช่วง 7.8-8.3 ดังสมการข้างล่าง

นอกจากนี้แล้วการเลี้ยงกุ้งครั้งนี้มีการใช้วัสดุปูนได้แก่กลุ่มของ Calcite ($CaCO_3$) และ Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$) ซึ่งสุดท้ายเมื่อทำปฏิกริยากับกรดจะแตกตัวได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อรวมตัวกันแล้วได้เป็นกรดคาร์บอนิคสามารถแตกตัวได้คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-}$$

ที่มา : มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 : 110

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน เพราะว่าเมื่อน้ำทะเลได้รับความร้อนทำให้เกิดการระเหย ความเข้มข้นของธาตุที่ก่อให้เกิดความเป็นด่างจึงมากขึ้นเมื่อคิดเทียบต่อลิตร และเมื่อเข้าฤดูฝนปรากฏว่าค่าความเป็นด่างมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้เมื่องมาจาก

1.8.1 การถูกเจือจางด้วยปริมาณน้ำจืด เมื่อฝนตกทำให้ความเข้มข้นของธาตุในกลุ่มของคาร์บอเนตเจือจางลงเพราะน้ำฝนเป็นน้ำที่ไม่มีสารที่ก่อให้เกิดความเป็นด่างเจือปน (นอกจากกรดคาร์บอนิคที่เกิดจากการรวมตัวของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ) เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาตอนกลางของการเลี้ยง (สัปดาห์ที่ 10-12)

1.8.2 การเปลี่ยนรูปของธาตุในกลุ่มคาร์บอเนต นั้นการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหนาแน่นโดยเฉพาะในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยงมีการสะสมอินทรียวัตถุในดินในปริมาณมากประกอบกับกุ้งที่เลี้ยงมีขนาดโตแล้ว ย่อมมีการเกิดกรดขึ้นได้จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์หรือจากขบวนการหายใจของกุ้ง สิ่งเหล่านี้ทำให้คาร์บอเนตเกิดการเปลี่ยนรูปได้ทำให้น้ำในบ่อมี pH ต่ำลงซึ่งสอดคล้องกับผลของ pH ของน้ำที่วัดได้ดังสมการข้างล่าง

$$4H^+ + 2CO_3^{2-} \rightleftharpoons 2H^+ + 2HCO_3^- \rightleftharpoons 2H_2CO_3 \rightleftharpoons 2H_2O + CO_2$$

ที่มา: Lee and Wickin, 1992 : 231

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าในช่วงสัปดาห์ท้าย ๆ ของการเลี้ยง กลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่มีผลผลิตสูง อัตรารอดสูง และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูง) มีค่าความเป็นด่างสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่ออาจมีผลบางส่วนต่อการควบคุมผลผลิต อัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อเพราะค่าความเป็นด่างเป็นตัวควบคุมไม่ให้คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเช่นต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำในรอบวัน หรือในกรณีที่ฝนตกหนักและเกิดการผสมผสานของน้ำในบ่อ ทำให้กุ้งไม่ต้องปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำมากเกินไป

1.9 ค่า pH ของน้ำ

ค่า pH ของน้ำโดยทั่วไปในทุกบ่อเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่เมื่อเข้าฤดูฝนค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงต่ำลงเล็กน้อยซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.9.1 ในช่วงก่อนฤดูฝน เนื่องจากน้ำทะเลมีระบบของธาตุในกลุ่มคาร์บอเนตที่ทำหน้าที่เป็น Buffer อย่างดี ควบคุมไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำที่อยู่ในบ่อกุ้งที่ทำการศึกษาทำให้ค่าเฉลี่ย pH มีค่าไม่ต่ำกว่า 8.15

1.9.2 ในช่วงฤดูฝน ค่า pH ของน้ำมีแนวโน้มต่ำลงเพราะว่า

1.9.2.1 เมื่อมีปริมาณน้ำฝนเข้ามาเจือจาง ทำให้ความเข้มข้นของธาตุในกลุ่มคาร์บอเนตลดลง เมื่อสูญเสียความเป็นด่างไปจากการเจือจางของน้ำฝนทำให้ pH ของน้ำมีแนวโน้มต่ำลง

1.9.2.2 น้ำฝนปกติมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน pH < 7 เนื่องจากมีการปนเปื้อนกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในอากาศ เกิดเป็นกรด H_2CO_3 ทำให้ pH ของน้ำในบ่อมีค่าต่ำลง

1.9.2.3 ในระยะสุดท้ายของการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่น คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตย่อมมีมากขึ้น ขณะเดียวกันความเข้มข้นของธาตุในกลุ่มคาร์บอเนตก็ได้ลดลง ส่งผลให้ pH ของน้ำมีค่าต่ำลงไปด้วยดังภาพประกอบ 4.5

แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าน้ำจืดได้เข้ามาเจือจางในช่วงท้ายในบ่อที่ทำการศึกษาก็ไม่ได้ทำให้ระบบคาร์บอเนตเปลี่ยนแปลงไปรุนแรงแต่ประการใด ดังเห็นได้จากค่า pH ของน้ำที่วัดได้อยู่ใน

ช่วง7.71-8.44 ซึ่งจากรายงานพบว่าระบบคาร์บอเนตในน้ำทะเลสามารถควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 7.8-8.3 (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 : 110) เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่ามีระดับค่า pH ที่ใกล้เคียงกันมาก นอกจากนั้น pH ของน้ำในบ่อเลี้ยงกลุ่มต่าง ๆ (ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ย) ที่ศึกษาก็ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนให้สังเกตุได้ ดังนั้น pH ของน้ำไม่ได้มีผลในการควบคุมผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ย ของกุ้งที่เลี้ยง

1.10 ค่าความเค็มของน้ำ

จากการเก็บข้อมูลความเค็มของน้ำพบว่าน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทุกบ่อมีแนวโน้มว่าความเค็มเพิ่มขึ้นและหลังจากเข้าสู่ช่วงฤดูฝนประมาณเดือนที่ 4 ความเค็มของน้ำได้ลดลงเป็นเพราะว่า

1.10.1 ในช่วงฤดูร้อน อัตราการระเหยของน้ำค่อนข้างสูง ระบบการเลี้ยงของฟาร์มได้มีการนำน้ำทะเลเข้ามาเก็บในบ่อพักน้ำครั้งละปริมาณมาก ๆ ในช่วงที่คุณภาพน้ำภายนอกค่อนข้างดีแล้วทำการปรับปรุงคุณภาพเช่นการใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรค ฯ น้ำที่เก็บไว้มีความเค็มเพิ่มขึ้นเมืออัตราการระเหยสูงและไม่มีน้ำจืดมาเจือจางจากภายนอก ประกอบกับในบ่อเลี้ยงเองไม่ได้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำโดยไม่จำเป็น ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ความเค็มของน้ำสูงขึ้น

1.10.2 ในช่วงฤดูฝน ความเค็มของน้ำได้ลดลงอย่างรวดเร็วโดยอิทธิพลของน้ำฝนเข้ามาเจือจาง ทั้งในส่วนของบ่อเลี้ยงเองและในส่วนของบ่อเก็บน้ำ ถึงแม้ว่าความเค็มจะลดลงก็ตามแต่ยังถือว่าค่อนข้างสูงสำหรับการเลี้ยงกุ้ง

ผลการศึกษานี้พบว่ากลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่ให้ผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูง) มีค่าความเค็มของน้ำต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเริ่มต้นและช่วงสุดท้ายของระยะเวลาการเลี้ยง ดังนั้นค่าความเค็มของน้ำอาจมีผลบางส่วนต่อการควบคุมผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งที่เลี้ยงเนื่องมาจากความเค็มของน้ำมีผลต่อการควบคุม Osmolegulation ที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 3.1.2.1 ของบทนี้

1.11 แอมโมเนียรวมในน้ำ

แอมโมเนียรวมในน้ำที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ทำการศึกษาพบว่าอยู่ในช่วงต่ำ ในระดับที่ไม่น่าเกิดอันตรายต่อการเลี้ยง ซึ่งมาตราฐานคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ปลอดภัยคือ 0.4 มก/ล. โดยค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมที่พบสูงสุดในการเก็บข้อมูลครั้งนี้คือ 0.7 มก./ล. แอมโมเนียส่วนใหญ่ในบ่อเลี้ยงกุ้งเกิดจากอาหารที่เหลือตกค้าง สิ่งขับถ่ายจากนากุ้ง ซากสิ่งมีชีวิต และปุ๋ย ที่สะสมบริเวณพื้นบ่อเกิดการย่อยสลายทำให้ได้แอมโมเนียละลายออกมาอยู่ในน้ำ แทรกอยู่ระหว่าง

เม็ดดิน (พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ, 2533 : 12) จากนั้นจะมีการรักษาสมดุลโดยการแพร่ไปสู่น้ำชั้นบนที่มีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่า และพาร์ลี (Parry, 1960 : 341) รายงานว่าแอมโมเนียเกิดจากการขับถ่ายของเสียใน Crustaceans คิดเป็นร้อยละ 40-90 ของสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogenous) ทั้งหมด

ในกลุ่มที่มีการเปรียบเทียบตามผลผลิตและอัตรารอด พบว่าส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวมในน้ำ นั้นคือทุกบ่อที่ทำการศึกษาสามารถเกิดแอมโมเนียรวมได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน การแกว่งตัวของค่าแอมโมเนียรวมที่พบเกิดจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้ง

ในส่วนของกลุ่มที่มีการเปรียบเทียบตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน ส่วนใหญ่แล้วไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่เมื่อพิจารณาในส่วนที่มีความแตกต่างคือในสัปดาห์ที่ 0 8 และ 18 พบว่าในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงสุดมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแอมโมเนียรวมต่ำกว่าในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าแอมโมเนียมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Boyd, 1982 :31) สาเหตุที่ทำให้ความแตกต่างทางสถิติไม่ชัดเจนมากนักอาจมีสาเหตุมา จากน้ำในบ่อกุ้งทุกบ่อมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในปริมาณมากพอสมควรอันเป็นผลมาจากเครื่องให้อากาศทำให้ลดความเป็นพิษของแอมโมเนียที่มีต่อการดำรงชีวิตของกุ้งประกอบกับ บริเวณก้นบ่อที่มีอินทรียวัตถุและสิ่งขับถ่ายของกุ้งที่มีแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสะสมอยู่เป็นจำนวนมากยังมีสภาพเป็น Aerobic อยู่ จึงเป็นผลทำให้จุลินทรีย์จำพวก Nitrification ย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนเกิดเป็น NH_3 NO_2^- NO_3^- ซึ่งข้อมูลที่สนับสนุนสมสุติฐานนี้ก็คือความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN กับ แอมโมเนียรวมของน้ำที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยมีค่า $r = 0.67$ (ภาพประกอบ 3.34) ซึ่งจัดว่ามีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้ นอกจากนี้อัตราความหนาแน่นของกุ้งที่เลี้ยงค่อนข้างต่ำ (15-40 ตัว/ตร.ม.(ความหนาแน่นที่ตรวจสอบจากผลผลิตที่ได้)) ทำให้การจัดการคุณภาพน้ำอยู่ในวิสัยที่ควบคุมได้ จากเหตุผลทั้งหมดเป็นผลให้ทุกบ่อมีปริมาณแอมโมเนียรวมของน้ำใกล้เคียงกัน ดังนั้นปริมาณแอมโมเนียรวมจึงมีอิทธิพลน้อยมากหรือไม่มีอิทธิพลในการควบคุมปริมาณ อัตรารอด และการเจริญเติบโตของกุ้งในการศึกษาครั้งนี้

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน

2.1 ค่า TKN ของดินและค่าแอมโมเนียรวมของน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TKN ของดินและแอมโมเนียรวมของน้ำส่วนใหญ่เป็นเชิงบวก นั้นคือถ้าดินพื้นบ่อมีการสะสมของ TKN สูงย่อมมีโอกาสที่มีปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำสูงด้วย

แอมโมเนียโดยทั่วไปได้มาจากการย่อยสลายของอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุ การปลดปล่อยแอมโมเนียในบ่อกุ้งเกิดจากขบวนการทาง ชีวเคมีของกลุ่มแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ (Boyd, 1995 : 173) เพราะเนื่องจากพื้นบ่อนากุ้งที่ศึกษามีค่าปฏิกริยาดินเป็นด่าง ขบวนการแปรสภาพจากอินทรียไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียที่สำคัญได้แก่

2.1.1 การแปรสภาพจากโปรตีน แหล่งโปรตีนที่มากที่สุดได้แก่อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งเป็นโปรตีนที่สามารถย่อยได้ง่ายเช่นในส่วนที่มาจากปลาป่น นอกจากนี้ยังมีโปรตีนบางส่วนที่ยากต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โดยมีสมมติฐานที่ว่าโปรตีนสามารถรวมตัวอย่างสลับซับซ้อนกับส่วนที่ไม่ใช้ไนโตรเจนของฮิวมัสเป็น Lignin - protein complex หรือ Ligno - protein complex (สมศักดิ์ วังใน, 2528 : 101) จุลินทรีย์จะผลิตเอมไซม์ Proteases มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ Exopeptidases ย่อยกรดอมิโนที่อยู่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้างของโปรตีนในส่วนที่เป็น Peptides และ Endopeptidases ย่อยกรดอะมิโนจากอณูสุดท้ายของโปรตีน ย่อยทั้งส่วนที่เป็น Peptides และโปรตีน (Alexander, 1977 : 246) กรดอะมิโนที่เกิดจากการย่อยสามารถเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียได้และกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในที่สำคัญ 4 ปฏิกริยาด้วยกันคือ

2.1.1.1 Deamination by direct removal of ammonia :

$$RCH_2CHNH_2COOH \longrightarrow RCH = CHCOOH + NH_3$$

2.1.1.2 Oxidative deamination :

$$RCHNH_2COOH + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow RCOCOOH + NH_3$$

2.1.1.3 Reductive deamination :

$$RCHNH_2COOH + 2H \longrightarrow RCH_2COOH + NH_3$$

2.2.2.4 Decarboxylation :

$$RCHNH_2COOH \longrightarrow RCH_2NH_2 + CO_2$$

ที่มา : Alexander, 1977 : 248

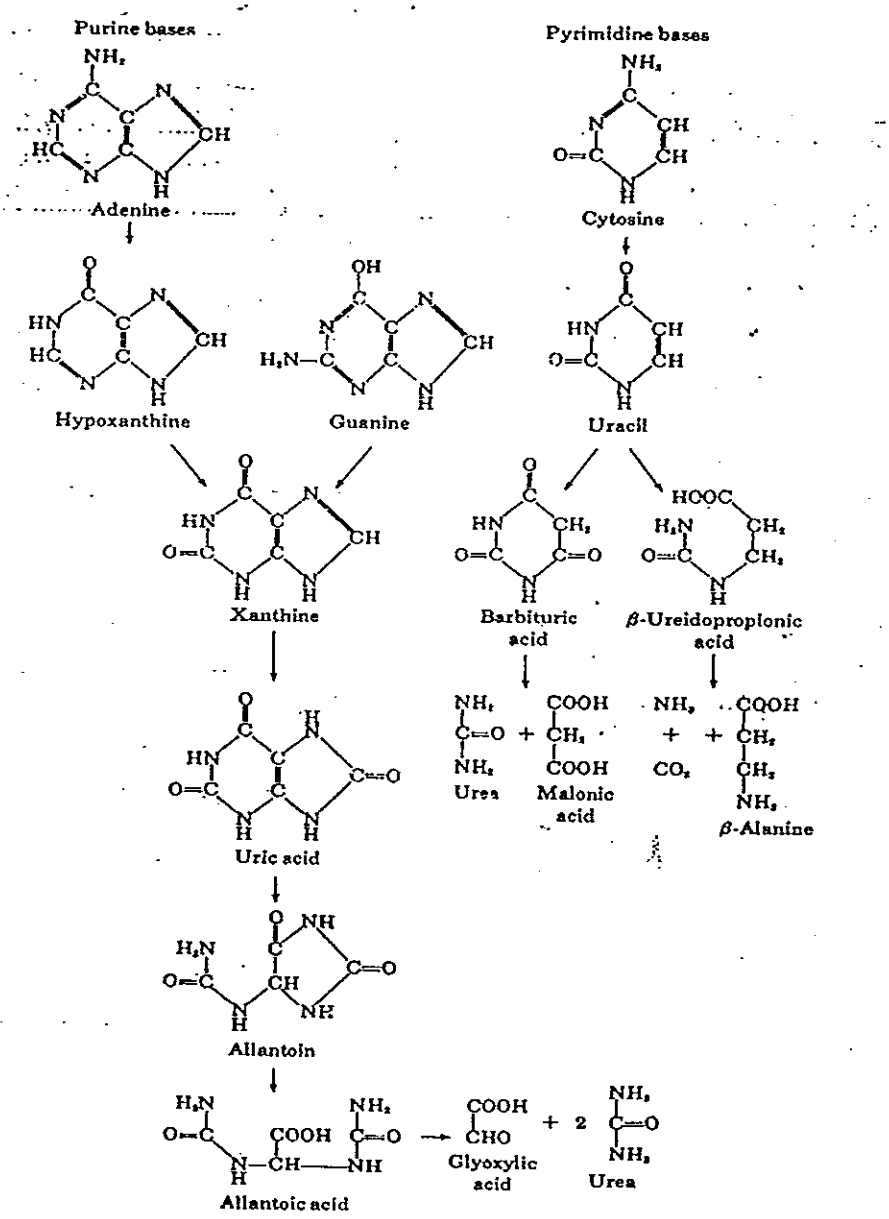
2.1.2 การปลดปล่อยแอมโมเนียจาก Nucleic acid Nucleic acid เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วย Ribonucleic acid และ Deoxyribonucleic acid แต่ละกลุ่มประกอบด้วย Nucleotides จำนวนมาก แต่ละ Nucleotides ประกอบด้วย น้ำตาล ฟอสเฟต Purine และ Pyrimidine base ซึ่งใน 2 ส่วนหลังมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีขั้นตอนที่สำคัญ 3ขั้นตอนคือ

2.2.1.1 ทำการย่อย Nucleic acid ให้อยู่ในระดับ Mononucleotides ด้วย Ribonuclease และ Deoxyribonuclease

2.2.1.2 ปลดปล่อยน้ำตาลและฟอสเฟตออกจากสูตรโครงสร้าง

2.2.1.3 ทำการย่อยสารประกอบส่วนที่เหลือดังกล่าว แสดงให้เห็นในภาพประกอบ 4.2

ภาพประกอบ 4.2 การปลดปล่อยแอมโมเนียจากกรด Nucleic acid



ที่มา : Alexander, 1977 : 237

2.2 ความสัมพันธ์ของ ค่า TKN ของดิน ค่าแอมโมเนียรวมในน้ำกับค่า pH ของน้ำ

เนื่องจากค่า TKN ของดินมีความสัมพันธ์กับค่าแอมโมเนียรวมของน้ำดังได้อธิบายในข้อ 2.1 และตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้มีความสัมพันธ์กับค่า pH ของน้ำโดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ กล่าวคือถ้าในน้ำมีปริมาณแอมโมเนียและพื้นบ่อมีการสะสมของ TKN มากจะส่งผลทำให้ค่า pH ของน้ำต่ำลง ทั้งนี้เนื่องมาจาก

2.2.1 ในการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นนั้น ปริมาณของแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์แปรผันโดยตรงกับปริมาณผลผลิต และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง แอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยที่สามารถลด pH ของน้ำได้ดังสมการข้างล่าง

$$55NH_4^+ + 5CO_2 + 76O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} C_5H_7O_2N + 54NO_2^- + 52H_2O + 109H^+$$

$$400NO_2^- + 5CO_2 + NH_4^+ + 195O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} C_5H_7O_2N + 400NO_3^- + H^+$$

ไฮโดรเจนอิออนจากกิจกรรมของ Nitrosomonas ที่ได้มาปกติแล้วระบบ Buffer ที่มีอยู่ในน้ำทะเลจะทำหน้าที่ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของ pH แต่การเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นอาจทำให้เกิดการสูญเสียสมดุลของระบบ Buffer หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตไป ทำห้ pH ของน้ำต่ำลงดังสมการข้างล่าง

$$4H^+ + 2CO_3^{2-} \rightleftharpoons 2H^+ + 2HCO_3^- \rightleftharpoons 2H_2CO_3 \longrightarrow 2H_2O + CO_2$$

ที่มา: Lee and Wickin, 1992 : 231

2.2.2 เกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่พอเหมาะกับเวลา ในช่วงท้ายของการเลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มว่าค่าแอมโมเนียรวมของน้ำสูงขึ้น แต่ในขณะที่ pH ของน้ำในบ่อมีแนวโน้มลดลง (ได้อธิบายในหัวข้อ 1.9) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าถ้าน้ำทะเลไม่ถูกเจือจางด้วยน้ำฝนแล้วระบบ Buffer ที่มีอยู่สามารถควบคุม pH ของน้ำไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงได้ หรือเกิดจากสภาพการเปลี่ยนน้ำเพราะเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ น้ำทะเลใหม่เป็นตัวช่วยยกระดับของ pH ของน้ำจะสูงขึ้นแน่นอนขณะเดียวกันปริมาณแอมโมเนียรวมได้ลดลงด้วย

อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่าง pH และแอมโมเนียรวมของน้ำมีในลักษณะอื่นอีกเช่น pH ของน้ำมีผลต่อสัดส่วนของรูปแบบแอมโมเนียดังสมการข้างล่าง

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O$$

จากสมการดังกล่าวพบว่าเมื่อ pH ของน้ำสูงขึ้นทำให้แอมโมเนียอยู่ในรูปของก๊าซที่ละลายน้ำ เมื่อมีการให้อากาศในบ่อกุ้งย่อมมีโอกาสที่ก๊าซแอมโมเนียจะระเหยออกไปจากบ่อมีความเป็นไปได้ ทำให้ค่าแอมโมเนียรวมในน้ำมีค่าลดลง

ค่าแอมโมเนียรวมที่ทำให้ค่าของก๊าซแอมโมเนียในน้ำเปลี่ยนแปลงไปนั้น ขึ้นอยู่กับ ความเค็ม อุณหภูมิ และ pH ของน้ำซึ่ง pH มีความสำคัญมากที่สุด (Boyd, 1982 : 31) เช่นถ้าให้อุณหภูมิและความเค็มของน้ำเท่ากันที่ 28 °C และ 24 ส่วนในพันส่วน ในบ่อที่มี pH 6.8 ต้องมีปริมาณแอมโมเนียรวมสูงถึง 26.1 มิลลิกรัมไนโตรเจน / ลิตร จึงทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนียในน้ำ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจน / ลิตร ในขณะที่ pH 8.4 ปริมาณแอมโมเนียรวมแค่ 0.8 มิลลิกรัมไนโตรเจน / ลิตร สามารถทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจน / ลิตร ได้ (บริษัทเทสโก้ จำกัด 2530 : 2-9)

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง อินทรียวัตถุ TKN และ TP

ปริมาณอินทรียวัตถุ TKN และTP มีความสัมพันธ์กันอย่างมากในดินพื้นบ่อ ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปในเชิงบวกนั้นคือถ้าดินพื้นบ่อมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงก็จะมีปริมาณ TKN และ TP สูงด้วยเช่นกัน โดยความสัมพันธ์ระหว่าง อินทรียวัตถุกับ TKN มีความสัมพันธ์กันสูงสุด (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.92 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุกับ TP มีค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) 0.81 และความสัมพันธ์ระหว่าง TKN กับ TP มีค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.84 นอกจากนี้ปริมาณที่มีการสะสมของตัวแปรทั้ง 3 ก็เป็นไปอย่างมีลำดับ กล่าวคือปริมาณอินทรียวัตถุมีอยู่มากที่สุด รองลงมาคือปริมาณ TKN และสุดท้ายคือ TP ดังแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ในตาราง 4.1

ค่าที่คำนวณได้สอดคล้องกับทฤษฎีคืออินทรียวัตถุมีปริมาณมากที่สุดและรองลงมาคือ TKN และ TP ตามลำดับ สิ่งที่น่าสนใจในส่วนนี้ได้แก่ส่วนของ C:N ration และ N:P ration จากการวิเคราะห์ดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตน้ำกร่อย จากประเทศ เม็กซิโก ฮอนดูรัส โคลัมเบีย เอกวาดอร์ ไทย และฟิลิปปินส์ พบว่ามีค่า C:N ratio ประมาณ 6 และมีไม่กี่ตัวอย่างที่มีค่ามากกว่า 10 (Boyd, 1995 : 100) ซึ่งค่า C:N ratio ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วง 9.1-13.26 ถือว่าค่อนข้างปกติสูงกว่าปกติ (ตาราง 4.1) อันแสดงให้เห็นว่าการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ (Mineralization) เป็นไปอย่างช้า

เมื่อพิจารณาในส่วนของ N:P ratio ค่อนข้างที่ต่ำมากอยู่ในช่วง 1.39-2.73 ปกติแล้วในดินทั่วไปในเขตร้อนจะมีค่า N:P ratio อยู่ในช่วง 5-10:1 โดยสัดส่วนนี้มีแนวโน้มต่ำลงเมื่อดินนั้นทำการเกษตรกรรมไปนาน ๆ (สมศักดิ์ วังใน, 2528 : 125) การที่สัดส่วนตัวนี้ต่ำมีสาเหตุมาจากการลด

ลงของไนโตรเจนหรือว่าไนโตรเจนมีน้อยเกินไปกับการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัส แต่ในกรณีนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากการสะสมตัวของฟอสฟอรัสในดินพื้นบ่อมากกว่าเกิดการขาดไนโตรเจนเพราะ หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วจะมีการทำความสะอาดพื้นบ่อโดยการกำจัดขี้เลน ตะกอนดิน อินทรียวัตถุที่สะสมตามพื้นบ่อออกไปแต่ฟอสฟอรัสสามารถที่จะดูดยึดอยู่กับอนุภาคดินเหนียวได้ดีอีกทั้งรวมตัวอยู่ในรูปของอนินทรียฟอสเฟตอยู่ในดินซึ่งส่วนนี้จะไม่ถูกกำจัดออกไป และการปาดพื้นบ่อที่ลึกเกินไปทำให้บ่อลึกเพิ่มมากขึ้นทำให้มีปัญหาในการจัดการภายหลังได้ นอกจากนี้การสูญเสียของฟอสฟอรัสในระหว่างการเลี้ยงเป็นไปได้ยาก (Boyd, 1995 : 87) นั้นคือมีแต่การสะสมมากขึ้นในขณะที่กลุ่มของไนโตรเจนมีอยู่มากในตะกอนดิน ขี้เลน และอินทรียวัตถุมากกว่าที่ยึดกับอนุภาคดินเหนียวดังนั้นเมื่อมีการทำความสะอาดพื้นบ่อปริมาณไนโตรเจนที่หลงเหลืออยู่ในดินจึงมีค่อนข้างน้อยซึ่งเห็นได้จากข้อมูลคุณภาพดินเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงที่มีปริมาณ TKN ค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 0.45-0.58) ดังนั้นจึงทำให้ได้ที่สัดส่วนของ N:P ในบ่อกุ้งมีค่าต่ำ

ตาราง 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุ TKN และ TP ในดินพื้นบ่อ

บ่อที่	ปริมาณเฉลี่ย (ร้อยละ)				สัดส่วนความสัมพันธ์		
	Organic C	TKN	TP	C:N ratio	Organic C	TKN (N/P)	TP
B 10	0.68	0.07	0.05	09.10	21.89	1.4	1
B 11	0.95	0.07	0.05	13.26	31.77	1.39	1
B 12	0.76	0.08	0.15	09.64	27.65	1.67	1
C 22	0.91	0.08	0.04	10.96	46.32	2.50	1
C 24	1.00	0.09	0.04	10.90	51.13	2.73	1
C 25	0.74	0.06	0.03	11.25	40.18	2.07	1
D 32	0.78	0.07	0.05	10.99	29.93	1.58	1
D 33	0.82	0.07	0.05	11.43	29.56	1.50	1
D34	0.82	0.07	0.05	11.43	29.56	1.50	1
D 35	0.65	0.06	0.04	10.96	29.69	1.65	1
D 36	0.68	0.07	0.04	09.99	32.35	1.90	1
D 38	0.73	0.07	0.04	10.82	30.42	1.67	1

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดิน ค่าความเค็มของน้ำ และค่าปฏิกริยาดิน

ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์กันโดยตรงเป็นไปในเชิงบวกนั้น คือเมื่อน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้นก็ส่งผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงขึ้นด้วย มีค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) 0.54 และนอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเค็มของน้ำยังส่งผลกระทบต่อค่า ปฏิกริยาดินเป็นไปในเชิงลบด้วย มีค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) - 0.51นั้นคือเมื่อน้ำในบ่อเค็มมากขึ้นทำให้ค่าปฏิกริยาดินลดลง

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเค็มของน้ำนั้น จากการศึกษาของพิภพ ปราบณรงค์ (2535) พบว่าเมื่อนำน้ำทะเลเข้ามาเลี้ยงกุ้งส่งผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นประมาณ 396 เท่าจากพื้นที่ที่เคยเป็นนาข้าว และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าระดับของค่าการนำไฟฟ้าในดินในขณะเลี้ยงนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าความเค็มของน้ำ ความเค็มของน้ำแต่ละระดับมีผลในการเพิ่มหรือลดค่าการนำไฟฟ้าในดินโดยตรงทั้งนี้เพราะปริมาณความเข้มข้นของเกลือที่แตกต่างกันนั้นเองดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบหลักบางชนิดของแม่น้ำที่พบในแม่น้ำทั่วโลกเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำทะเล

องค์ประกอบ	แม่น้ำ (0 p.p.t.)		น้ำทะเล (35 p.p.t)	
	ความเข้มข้น (mgl^{-1})	ร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำ	ความเข้มข้น (mgl^{-1})	ร้อยละของซาลินิตี
Sodium	6.3	5	10,770	31
Potassium	2.3	2	399	1
Magnesium	4.1	3.5	1,294	4
Calcium	15	12.5	412	1
Iron	0.7	<1	<0.01	-
Chloride	7.8	6.5	19,340	55
Sulphate	11.2	9	2,712	8
Bicarbonate	58.4	49	140	0.4
Silicate	13.1	11	<0.01 - >10	-

ที่มา : มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532 : 181)

จากตาราง 4.2 พบว่าปริมาณโซเดียมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากโซเดียมในน้ำทะเล นั้นคือปริมาณโซเดียมที่เข้ามาในบ่อและระยะเวลาที่ตกค้างอยู่ภายในเป็นตัวควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของดิน เห็นได้ชัดเจนจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ (ภาพประกอบ 3.40) ที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงกุ้งไปได้ระยะหนึ่งตามความเค็มที่เพิ่มขึ้นและได้ลดลงมาตามอิทธิพลของน้ำจืดที่เข้ามาเจือจาง

ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นแต่ค่าปฏิกริยาดินมีแนวโน้มลดลง การที่น้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้นแล้วทำให้ค่าปฏิกริยาดินลดลงนั้นสามารถอธิบายได้โดยใช้กฎของการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ดังนั้นเมื่อมีเกลืออยู่ในสารละลายค่าปฏิกริยาดินที่วัดได้จะต่ำกว่าดินที่ไม่มีสารละลายของเกลือผสมอยู่ ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับรายงานของพอนนัมพีลูมา (Ponnamperuma, 1978) ที่พบว่าเมื่อมีสารละลายเกลือเพิ่มขึ้นบวกกับสภาพที่มีน้ำขังของนาข้าวทำให้ค่าปฏิกริยาดินมีแนวโน้มลดต่ำลงไปอีกเนื่องจากมีไอออนบวกละลายได้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ค่า Ion strength ของดินก็สูงขึ้นอย่างชัดเจนอีกด้วยเนื่องจากเกิดการไล่ที่ของโซเดียมดังตาราง 4.3

อย่างไรก็ตามปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าปฏิกริยาดินมีแนวโน้มลดลงก็ตาม แต่ในน้ำทะเลมี Buffer อยู่เป็นจำนวนมาก แทรกตัวอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินของดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำให้การลดลงของค่าปฏิกริยาดินเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย อยู่ในช่วงแคบ ๆ

ตาราง 4.3 การเปลี่ยนแปลง pH ของดินและไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในที่น้ำขังเมื่อใส่เกลือเข้าไปในปริมาณต่าง ๆ

NaCl ที่ใส่ลงไป (ร้อยละ)	K (mmho/cm)	pH	ไอออนบวกที่วัด K^+	NH^{4+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}
			(มิลลิสมมูลย์/ลิตร)					
0.0	2.33	6.73	0.75	0.89	3.5	8.1	0.97	0.54
0.135	6.60	6.54	1.18	1.56	17.7	12.6	2.64	1.36
0.405	14.7	6.45	1.82	2.41	31.8	32.9	5.14	2.34
0.950	26.3	6.36	4.15	3.54	71.8	34.9	8.64	3.96

ที่มา : Ponnamperuma, 1978 quoted in ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2534 : 164

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TP ของดินกับความโปร่งแสงของน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TP ของดินกับความโปร่งแสงของน้ำส่วนใหญ่เป็นไปในลักษณะเชิงลบมีค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) -0.56 นั้นคือบ่อที่มีการสะสม TP ในดินพื้นบ่อมากทำให้ค่าความโปร่งแสงต่ำหรืออีกนัยหนึ่งคือในบ่อมีแพลงค์ตอนพืชมากนั้นเอง โดยทั่วไปฟอสฟอรัสจะไม่มีการสูญเสียไปจากบ่อระหว่างการเลี้ยง ซึ่งจะถูกยึดไว้ในดินในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือแพลงค์ตอน (Boyd, 1995 : 87) ถึงแม้ว่าฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์แต่สามารถปลดปล่อยออกมาด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ และฟอสฟอรัสจะอยู่ในสภาวะสมดุลระหว่างสารละลายในดินและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในอนุภาคดิน หลังจากการเปลี่ยนสภาพจากอินทรียฟอสฟอรัสมาเป็นอนินทรียฟอสฟอรัสแล้วในสภาพพื้นบ่อที่ศึกษานี้มีค่าปฏิกริยาดินเป็นด่างทำให้อนินทรียฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นถูกดูดยึดไว้กับธาตุอื่น ๆที่มี
ประจุบวกเช่น Ca^{2+} ได้เป็น $Ca_5(PO_4)_3OH$ $Ca(H_2PO_4)_2$ $CaHPO_4$ $Ca_3(PO_4)_2$ หรือรวมตัวกันกับคอลลอยด์ดังสมการข้างล่าง

$$\begin{array}{l} - \quad - \\ -\text{Colloid}+ + Ca^{2+} + Mg^{+} + K^{+} + H_2PO_4^{-} = K^{+} - \text{Colloid} + H_2PO_4^{-} \\ - \quad - \end{array} \qquad \begin{array}{l} \\ Mg^{2+} \\ \\ Ca^{2+} \end{array}$$

ที่มา : Boyd, 1995 : 89

จากนั้นอนินทรียฟอสฟอรัสเหล่านี้ก็จะถูกละลายออกมาด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์อีกเช่นกัน โดยการผลิตกรดขึ้นมาเพื่อละลายฟอสฟอรัสเช่น การผลิตกรดจากอินทรียวัตถุ การผลิตกรดไนตริก (HNO_3) การผลิตกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) หรือสารประกอบกำมะถัน เมื่อถูกละลายออกมาส่วนที่เกินพอจากการใช้ของจุลินทรีย์ ก็จะถูกพืชดูดไปใช้ประโยชน์ (Alexander, 1977 : 338-343)

อนึ่งปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินกับค่าความโปร่งแสงของน้ำคือปริมาณตะกอนแขวนลอยในดินที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าความโปร่งแสงของน้ำเป็นเหตุให้ความสัมพันธ์ระหว่างสองพารามิเตอร์นั้นต่ำกว่าที่ควรเป็นและส่งผลให้กราฟที่ได้เกิดการโค้งงอ

3 ผลของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อกุ้งและสิ่งแวดล้อม

3.1 ผลของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อการเลี้ยงกุ้ง

3.1 ผลของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อการเลี้ยงกุ้ง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาผลของคุณภาพดินและน้ำที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตและอัตรารอดของกุ้ง โดยใช้สมการเส้นตรงแบบหลายตัวแปรภายใต้สมมุติฐานคือการผลิตของกุ้งในช่วง 126 วันนั้นเป็นช่วงแรกของการเจริญเติบโตของกุ้งซึ่งยังถือว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่และความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่มาทำการวิเคราะห์ถึงแม้ว่าโดยภาพรวมจะเป็นความสัมพันธ์ในรูปของสมการ Quadratic แต่ว่ายังมีแนวโน้มของสมการที่ส่วนใหญ่เป็นเส้นตรงมีเพียงบางจุดที่เกิดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำให้เกิดการโค้งงอของเส้นกราฟดังได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 2.7 และ 2.9 (บทที่ 3) ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพดินและน้ำกับผลผลิตและอัตรารอดพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมากโดยทั้ง 2 ส่วนมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ซึ่งปริมาณผลผลิตของกุ้งเป็นตัวควบคุมปริมาณสารอินทรีย์ที่สะสมในบ่อและย้อนกลับมากระทบต่อกุ้ง นอกจากนี้ปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลงก็ส่งผลต่อกุ้งเช่นกัน

3.1.1 ผลของคุณภาพดินและน้ำต่อปริมาณผลผลิต

เมื่อให้ X เป็นตัวแปรอิสระคือคุณภาพดินและน้ำมีด้วยกัน 11 ตัวแปร และ Y คือตัวแปรตามได้แก่ปริมาณผลผลิตในแต่ละบ่อมีทั้งหมด 12 บ่อ พบว่าคุณภาพดินและน้ำที่มีความสัมพันธ์กันและถูกคัดเลือกเข้ามาในสมการประกอบด้วย TKNของดิน ฟอสฟอรัสในดินทั้งหมดในดิน แอมโมเนียรวมของน้ำ อินทรียวัตถุในดิน และแอมโมเนียรวมของน้ำ ออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่า pH ตามลำดับ (ตาราง 3.34)

ตัวแปรอิสระอีก 5 ตัวที่ไม่ถูกนำเข้ามาในสมการเพราะเมื่อนำเข้ามาแล้วจะทำให้ค่า r^2 ลดลง วิธีการคำนวณโดยวิธี Stepwise จะนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับตัวแปรตามเข้าไปในสมการ แล้วจึงพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์เชิงส่วน (ความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ตัวแปรอิสระที่เข้าไปในสมการแล้วคงที่) กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้าไปในสมการ และพร้อมกันนั้นจึงพิจารณาว่าตัวแปรอิสระที่เข้าไปก่อนหน้านั้นทุกตัวแปรยังสมควรอยู่ในสมการต่อไปหรือไม่ ถ้าไม่ควรอยู่ก็ตัดออกแล้วทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระใหม่ ถ้าควรอยู่ก็ดำเนินการคัดเลือกตัวแปรอิสระใหม่ (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2540 : 349)

จากการศึกษาครั้งนี้คุณภาพดินและน้ำที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตแต่ละระดับมีอยู่ 2 ลักษณะคือความสัมพันธ์ในเชิงบวกและเชิงลบ โดยพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลสูงสุดกับผลผลิตคือ ปริมาณ TKN ซึ่งตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกนั้นได้แก่ TKN TP แอมโมเนียรวมในน้ำ

และอินทรียวัตถุ หมายความว่าทั้งตัวแปรอิสระ (คุณภาพดินและน้ำ) และตัวแปรตาม (ผลผลิตกุ้ง) มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่อย่างไรก็ดีผลที่ได้ออกมานี้มีข้อจำกัดอยู่โดยที่เมื่อคุณภาพดินและน้ำในบ่อเพิ่มขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่ง (จุดสูงสุด) ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามจะเปลี่ยนแปลงเป็นความสัมพันธ์เชิงลบ เหตุผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเช่นนี้ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ 1.3 1.4 1.5 และ 1.11 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปัจจัยเหล่านี้ไม่เป็นที่ปรารถนาสำหรับการจัดการคุณภาพดินและน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้ง เพราะว่าเมื่อมีปริมาณของเสียเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วจะทำให้กุ้งไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงนั้นได้ แต่ที่การแปลผลออกมาในลักษณะเชิงบวกนี้เพราะยังไม่ถึงจุดวิกฤตที่กุ้งเป็นอันตรายที่การจัดการที่ต้องรักษาระดับเอาไว้ให้เหมาะสมและทางผู้เลี้ยงจะไม่ยอมให้เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถหาจุดที่วิกฤตของตัวแปรแต่ละตัวได้ในการศึกษาครั้งนี้

ส่วนความสัมพันธ์ในเชิงลบของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อระดับของผลผลิตนั้น คือ ค่า pH ของน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O.) กล่าวคือเมื่อตัวแปรอิสระเพิ่ม (คุณภาพดินและน้ำ) ตัวแปรตาม (ผลผลิตของกุ้ง) จะมีความสัมพันธ์เชิงลบ ซึ่งผลที่ได้ค่อนข้างขัดแย้งกับความเป็นจริงทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าค่า pHและ D.O. ของน้ำมีความสัมพันธ์หรือเกิดการผูกค่ากับพารามิเตอร์อื่นที่มีผลเชิงบวกในสมการที่ได้ ตัวอย่างที่เห็นชัดเจนคือค่าแอมโมเนียรวมและค่า pH ของน้ำที่มีแนวโน้มส่วนใหญ่เป็นลบจึงทำให้เมื่อ (ภาพประกอบ3.3ข)ดังนั้นเมื่อค่า pH ของน้ำถูกนำเข้ามาพิจารณาในสมการจึงทำให้เกิดการติดลบหรือค่า D.O.ของน้ำในทางทฤษฎีมีความสัมพันธ์กับอินทรียสารต่างๆ เช่นอินทรียวัตถุ TKN และ TP ในเชิงลบนั้นคือเมื่อปริมาณมลสารมากขึ้นปริมาณการใช้ออกซิเจนย่อมเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ ถึงอย่างไรก็ตามความสัมพันธ์หรืออิทธิพลของ pH และ D.O. ของน้ำในสมการน้อยมากอีกทั้งข้อจำกัดที่เห็นผลชัดเจนคือค่า pH ของน้ำซึ่งไม่สามารถเป็นไปตามสมการนี้และไม่สามารถยอมให้เกิดขึ้นได้ เพราะการเปลี่ยนแปลง pH สามารถที่จะควบคุมได้ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งน้ำทะเลเป็นระบบ Buffer ในตัวของมันเอง และถ้า pH ของน้ำมีแนวโน้มลดลงมากทำให้ส่งผลกระทบต่อ Ionic balance ของของเหลวภายในร่างกายที่สำคัญนั้นคือกุ้งสามารถขับไอออนบวกออกจากร่างกายได้น้อยลงเช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) อันเนื่องมาจากไอออนลบในสภาพแวดล้อมลดลงนั้นเอง ทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง หรือลดความถี่ในการลอกคราบ (Wickins, 1984 : 38) ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำถ้าประสิทธิภาพการให้อากาศดี การเลี้ยงกุ้งที่ไม่หนาแน่นเกินไป ปัญหาการขาดออกซิเจนก็เป็นไปได้น้อย ซึ่งการศึกษาครั้งนี้พบว่าออกซิเจนอยู่ในสภาวะที่พอเพียง ดังนั้นเหตุผลที่เป็นไปได้จึงเป็นไปได้อันจากสาเหตุที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.1.2 ผลของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง

ผลการศึกษาพบว่ามีตัวแปร 4 ตัวที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งและมีผลในเชิงลบทั้งสิ้นได้แก่ ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ค่าความเค็มของน้ำ และค่า TKN ในดิน (ตาราง 3.35) กล่าวคือถ้าตัวแปรอิสระ (คุณภาพดินและน้ำ) เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวแปรตาม (อัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง) ลดลงซึ่งผลของตัวแปรทั้ง 4 ที่มีต่อกุ้งสรุปได้ดังนี้

3.1.2.1 ผลของค่าการนำไฟฟ้าของดินและค่าความเค็มของน้ำ

ทั้ง EC และ ค่าความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์สิ่งกันและกันดังภาพประกอบ 3.40 ซึ่งได้อธิบายไว้แล้ว 2.4 ของบทนี้ ความเค็มจะมีผลต่อสัตว์น้ำได้เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นเกลือส่วนใหญ่ที่พบในน้ำทะเลและในดินเค็มที่ใช้เลี้ยงกุ้ง และมีความเกี่ยวข้องกับกุ้งในเรื่องของ Osmolegulation สัตว์ในกลุ่ม Crustacean มีเปลือกที่แข็ง (Exoskeleton) ทำหน้าที่เป็น Reduces permeability (Nicol, 1960 : 45) และเหงือกทำหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยน Na^+ /H^+ Cl^-/$HCO3^-$ ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม (Henry., *et al.* 1981 quoted in Wickins, 1984 : 37) กุ้งในวงษ์ Penaeid ซึ่งกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) จัดอยู่ในกลุ่มนี้เป็นสัตว์ที่เป็น Hyperosmotic คือความดันออสโมติกของของเหลวภายในร่างกายสูงกว่าสภาพแวดล้อมภายนอกเมื่ออยู่ในเขตน้ำกร่อยและเป็น Hypoosmotic ความดันออสโมติกของของเหลวภายในร่างกายต่ำกว่าสภาพแวดล้อมภายนอกเมื่ออยู่ในเขตน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง (Nicol, 1960 : 47) กุ้งโดยทั่วไปมีความดันออสโมติกของของเหลวภายในร่างกายเท่ากับกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก (Isoosmotic) ที่ความเค็ม 28 ppt. และเป็น Hypoosmotic หรือHyperosmotic ที่ความเค็มสูงกว่าหรือต่ำกว่านี้ตามลำดับ (Lin, *et al.* 1993 : 591) ในกุ้งกุลาดำมีการศึกษาในกุ้งที่มีอายุ 28-155 วัน พบว่า เป็น Isoosmotic ที่ระดับความเค็มประมาณ 23-25 ppt. และที่กุ้งอายุ 150 วันที่ความดัน Osmotic ของของเหลวภายในร่างกายประมาณ 790 mOsm (Cawthorne, et al. 1983 : 171,173) ความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำอยู่ในช่วง 15-30 ppt. การลดลงของความเค็มมีผลทำให้มีอัตรา Metabolic ของกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus indicus.*) (Kulty, *et al.* 1971 quoted in Moreira, McNamara and Moreira, 1982 :98) การที่อัตรา Metabolic เพิ่มขึ้นหมายถึงการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำที่เจริญเติบโตได้ดีในน้ำกร่อยมากกว่าน้ำเต็มแต่อัตรา Metabolic จะลดลงถ้าระดับของความเค็มของน้ำต่ำกว่าจุดเหมาะสมของกุ้งแต่ละชนิด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำย่อมส่งผลต่อขบวนการ Osmolegulation อย่างแน่นอน โดยปกติกุ้งเป็นสัตว์ที่โตด้วยการลอกคราบและจะลอกคราบอีกครั้งเมื่อโตจนเต็มเปลือกที่มีอยู่เพื่อเพิ่มขนาดภายใต้เปลือกใหม่ที่สร้างขึ้นมา การลอกคราบเริ่มจากการสูญเสีย Cuticle เดิมภายใต้ชั้น

Epidermal cell ช่วงนี้ของเหลวที่ได้จาก Cuticle เดิมซึ่งส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่เป็นองค์ประกอบหลักของ Cuticle (Wickins, 1984 : 38) ถูกดูดซึมกลับภายในร่างกายพร้อม ๆ กับการสูญเสียน้ำออกไปทำให้แรงดัน Osmotic เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ประมาณ 5 เท่า) Cuticle อันใหม่ - Endocuticle และ Epicuticle จะถูกวางอยู่ภายใต้ Oldendocuticle ซึ่งจะถูกทิ้งไป หลังจากลอกคราบใหม่ ๆ เปลือกจะนิ่มและเริ่มแข็งในเวลาต่อมาเมื่อสารละลายที่ถูกดูดซึมไว้ในช่วงแรกกลับเข้าสู่เปลือกอันใหม่พร้อม ๆ กับการลดลงของแรงดัน Osmotic ภายในร่างกาย (Nicol, 1960 : 49,64)

เมื่อความเค็มสูงเกินปกติจากช่วงที่เหมาะสมในกรณีที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ย่อมส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งเพราะเมื่อกุ้งอยู่ในความเค็มที่สูงนั้นกุ้งจะเป็น Hyposmotic กุ้งจะต้องขับเกลือที่มีอยู่สูงในน้ำทะเลมากขึ้นเพื่อรักษาความดัน Osmotic ภายในร่างกาย เมื่อสัตว์น้ำจำเป็นต้องใช้พลังงาน (Nutrient energy) อาจทำให้การเจริญเติบโตลดลง (Stickner, 1991 :108) และประมาณกันว่าการรักษาสมดุล Osmotic ที่พื้นผิวของร่างกายและ Excretory organ ในเขตน้ำกร่อยต้องใช้พลังงานร้อยละ 1 ของ Metabolicenergy ทั้งหมด (Nicol, 1960 :47) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้กุ้งไม่สามารถใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ทำให้การเจริญเติบโตช้าลง ระยะเวลาที่กุ้งจะโตเต็มคราบเดิมก็ย่อมช้าลงไป ส่งผลถึงระยะเวลาลอกคราบต้องยืดออกไปด้วย

ในระดับความเค็มที่ต่ำเกินไปก็พบว่ามีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำด้วย โดยกุ้งที่อยู่ในความเค็ม 1.7 ppt. และ 10 ppt. มีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่ากุ้งที่อยู่ในน้ำทะเล (ความเค็ม 32 ppt.) และกุ้งที่โตมีความสามารถในการปรับตัวในน้ำที่ความเค็มต่ำน้อยกว่ากุ้งที่มีอายุน้อย ความเค็มที่จำกัดต่ำสุดอยู่ที่ 1.7 ppt. (Cawthorne, *et al.* 1983 : 172) กุ้งที่เลี้ยงในความเค็มที่ค่อนข้างต่ำพบว่าคราบของกุ้งไม่แข็งเท่าที่ควร อาจเป็นเพราะปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่ในน้ำต่ำกว่าในน้ำทะเล

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วนของค่า EC ของดินที่มีความสัมพันธ์กันกับอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งแต่ในส่วนของคุณภาพดินและน้ำที่มีต่อผลผลิตนั้น ค่า EC ของดินกลับไม่ถูกนำเข้ามาในสมการ ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้วเมื่อค่า EC ของดินมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งย่อมที่จะต้องมีผลกับผลผลิตของกุ้งด้วยเช่นกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากค่า EC ของดินที่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรงอันเป็นผลมาจากปริมาณน้ำฝนในช่วงกลางและท้ายของการเลี้ยง เมื่อนำมาทดสอบโดยใช้สมการวิเคราะห์การทดถอยพหุคูณเชิงเส้น (Multiple linear regression) ซึ่งเป็นสมการเชิงเส้นตรงทำให้ความสัมพันธ์ที่ได้น้อยมากจนไม่ถูกนำเข้ามาพิจารณาในสมการ

3.1.2.2 ผลของ TKN และฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง

ในส่วนของ TKN นั้นปกติแล้วไม่ได้เป็นพิษโดยตรงกับกุ้งแต่แอมโมเนียซึ่งมีความสัมพันธ์กันกับ TKN มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งเป็นอย่างมาก ถ้าในบ่อมีปริมาณ TKN อยู่มากย่อมมีโอกาสที่แอมโมเนียในน้ำสูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงขอวิจารณ์ผลของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำเป็นตัวแทนของกลุ่มไนโตรเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

แอมโมเนียเป็นสิ่งขับถ่ายจากกุ้งส่วนใหญ่ในกลุ่มของสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogenous) (Waterman, 1961 : 542) คิดเป็นร้อยละ40-90ของสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (Parry, 1960 :341) สามารถทำอันตรายต่อเหงือกและพื้นผิวของร่างกาย (Body surface) ของ Crustacea และ Molluscs ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน Metabolism (Lin, *at al.* 1993 : 591) ผลที่มีต่อกุ้งมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือ

ก. พิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) การที่มีปริมาณแอมโมเนียในรูปของก๊าซอยู่สูงสามารถทำให้กุ้งตายได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกุ้งวัยอ่อนและพบว่าจะมีความทน ทานต่อพิษของแอมโมเนียเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถลดการบริโภคออกซิเจนดีกว่ากุ้งวัยอ่อน (พุทธ ส่องแสงจินดา, 2537 : 1) โดยค่า 24 ช.ม. LC_{50} ของ แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ในกุ้งกุลาดำระยะ Nauplius Zoea Mysis และ Post larva อยู่ที่ 6.00 8.48 24.4 และ 52.11 มก./ล. (0.54 0.76 2.17 และ 4.70 มก./ล. ในรูปของก๊าซ (NH_3-N)) (Chin and Chen, 1987 :247)

ข. พิษเรื้อรัง (Chronic toxicity) การที่บ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณแอมโมเนียอยู่แต่ไม่เพียงพอทำให้เกิดพิษแบบเฉียบพลัน แต่จะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุล Osmolegulation ภายในร่างกาย กุ้งกุลาดำจะมีน้ำหนักลดลงจาก 23 กรัม มาเป็น1.6 กรัม ถ้ามีการขับถ่าย NH_3-N เพิ่มขึ้นจาก 0.3 เป็น 0.93 mg N g^{-1} day^{-1} (Wickins, 1985 quoted in Chin and Chen, 1987 : 247) จากการศึกษาในกุ้ง *Penaeus japonicus* ในระยะ Larva และ Post larva พบว่าแอมโมเนียมีผลต่อการรักษาระดับ Hypo-regulate ที่ระดับน้ำทะเล(36 ppt.) และ Hyper-regulate ที่ระดับน้ำกร่อย (15ppt.) มีระดับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำ นั่นคือระดับของแรงดัน Osmotic ในร่างกายมีแนวโน้มลดลงกว่าปกติเมื่อมีแอมโมเนียในน้ำสูง เพราะความสามารถในการควบคุมการเปลี่ยนแปลง Na^+ และ Cl^- ของ Hemolymph ผิดปกติ ทำให้ระดับ Na^+ และ Cl^- ในเลือดลดลง ที่ระดับมากกว่า 16 mg N l^{-1} ในน้ำทะเล (36 ppt.) และที่32 mg N l^{-1} ที่ความเค็ม 15 ppt. (Lin, *et al.* 1993 : 596) การสูญเสียสมดุลนี้เกิดจากเหงือกและเปลือกกุ้งถูกทำลาย ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้สำคัญมากในการรักษา

ระบบ Osmolegulation ในร่างกายดังได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยเหงือกเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการกำจัดแอมโมเนียออกนอกร่างกาย (Cameron, 1986 quoted in Lin, *et al.*, 1993 : 596) เมื่อเหงือกถูกทำลายทำให้การขับแอมโมเนียไม่เป็นไปตามปกติ อาจทำให้แอมโมเนียสะสมในร่างกายในปริมาณที่สูงย่อมส่งผลเสียต่อกุ้ง ซึ่งการศึกษาเรื่องนี้ในกุ้งยังไม่กระจ่างชัด แต่ในปลานั้นมีการศึกษาอย่างกว้างขวางซึ่งพบว่าถ้าร่างกายมีแอมโมเนียสูงขึ้นทำให้เลือดปลามี pH สูงขึ้น ลดความสามารถในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีการบริโภคออกซิเจนมากขึ้น และมีผลเสียต่อเสถียรภาพการทำงานของ Enzyme catalyzed และเนื้อเยื่อ (Boyd, 1982 : 31) นำไปสู่การเกิดโรคต่อไป จากการที่ Hemolymph สูญเสียสมดุลการควบคุม Na^+ และ Cl^- ย่อมส่งผลกระทบต่อ Osmolegulation ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งดังได้กล่าวไว้ในเรื่องของความเค็มที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตแล้ว นอกจากนี้พบว่าถ้าปริมาณออกซิเจนมีอยู่ต่ำจะทำให้พิษของแอมโมเนียรุนแรงขึ้นด้วย (Allan, Maguire and Hopkins, 1990 : 276)

ในส่วนของฟอสฟอรัสในดินที่มีผลเชิงลบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งนั้นสามารถอธิบายได้เป็น 2 แนวทางด้วยกัน ในแนวคิดที่ 1 นั้นอธิบายได้ว่าการสะสมของฟอสฟอรัสในดินยิ่งมากขึ้นเท่าไหร่ก็หมายถึงพื้นบ่อสกปรกมากขึ้นเท่านั้น เพราะฟอสฟอรัสในบ่อกุ้งส่วนใหญ่ได้มาจากอาหารจึงแสดงถึงอาหารที่เหลือตกค้างในพื้นบ่อนั้นเองในจุดนี้ก็สามารถส่งผลกระทบโดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งได้เมื่อพื้นบ่อสกปรก ส่วนแนวคิดที่ 2 นั้นอาจอธิบายได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินนั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแต่เป็นเพราะธรรมชาติของข้อมูลมากกว่าเพราะกุ้งวัยอ่อนนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะสูงมากและจะลดลงตามลำดับเมื่ออายุมากขึ้นในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสนั้นในช่วงเริ่มต้นเลี้ยงมีอัตราการสะสมที่ต่ำ และจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไปเนื่องปริมาณอาหารที่ให้เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสกับอัตราการเจริญเติบโตปรากฏเป็นเชิงลบ ซึ่งแนวคิดที่ 2 นี้เหมาะสมที่สุดเพราะเมื่อพิจารณาข้อมูลในตาราง 3.15 พบว่าในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันที่สูงมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินสูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่า (น้ำหนักที่มากกว่าแสดงถึงอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าในระยะเวลาเดียวกัน) ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่พื้นบ่อในขณะนั้นจึงไม่มีปัญหาต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง

อย่างไรก็ดีเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นลักษณะ Fild observation ไม่ได้เป็นการวางแผนการทดลองทำให้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ได้ อีกทั้งตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเองด้วยทำให้ตัวแปรบางตัวที่มีความสัมพันธ์ไม่ถูกคัดเข้ามาอยู่ในสมการดังนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปรที่ไม่ได้ถูกเลือก (Neter, Wasserman and Kuter, 1989

: 296) ดังในกรณีของแอมโมเนียเป็นต้น ส่วนตัวแปรตัวอื่นที่ไม่ได้ถูกคัดเลือกไม่ใช่ว่าจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระแต่อาจเป็นเพราะว่าอยู่ในสภาวะที่ปลอดภัยไม่เป็นอันตรายกับกุ้งก็ได้และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตกุ้งอันอยู่นอกเหนือจากการควบคุมของผู้วิจัยอาจมีสาเหตุมาจาก

- พันธุ์กุ้ง พันธุ์กุ้งที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ถึงแม้ว่าได้ผ่านกระบวนการในการตรวจสอบแล้วว่าเป็นลูกกุ้งที่แข็งแรงแต่ความแตกต่างทางสายพันธุ์อาจมีผลอยู่ซึ่งกุ้งที่ผลิตจากพ่อแม่ที่ดี กระบวนการเพาะฟัก การอนุบาลที่ดี ย่อมมีอัตรารอด อัตราการเจริญเติบโตที่ดีตามไปด้วย

- ขนาดของบ่อ บ่อที่มีขนาดใหญ่ย่อมมีความยากในการจัดการบ่อมากกว่าบ่อเล็กเช่นการจัดการคุณภาพน้ำ การรวมตะกอน ที่ทำได้ยากกว่าบ่อเล็กหรือ การให้อาหารซึ่งบ่อเล็กการให้อาหารมีโอกาสทั่วถึงมากกว่า กุ้งมีโอกาสหาอาหารพบได้มากกว่า

- ระยะเวลาการปล่อยที่แตกต่างกัน อาจส่งผลกระทบต่อการผลิตได้ เช่นกุ้งที่มาจากสายพันธุ์ที่ดีหรือมีคุณภาพดีกว่าแต่ถ้าอยู่ในสภาวะที่น้ำมีความเค็มเป็นระยะเวลานานกว่ากุ้งอีกบ่อหนึ่งที่อยู่ในสภาวะน้ำเค็มนานต่ำกว่าซึ่งความเค็มของน้ำมีผลโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโต ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้

3.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากคุณภาพดินและน้ำจะส่งผลกระทบต่อกุ้งเองแล้วการเลี้ยงกุ้งยังส่งผลกระทบต่อทรัพยากรดิน และน้ำอีกด้วย จากการศึกษาครั้งนี้สามารถแยกผลกระทบออกได้คือ

3.2.1 ความเค็มของดินที่เป็นผลมาจากการนำน้ำทะเลเข้ามาเลี้ยงกุ้งทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านชีววิทยา เคมี และกายภาพ ความเค็มของดินจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่มีการเลี้ยง (ชูสิน วรเดช, 2541 : 140) ความเค็มของดินมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง ดังนั้นกุ้งที่เลี้ยงในบ่อเก่าจึงมีอัตราการเจริญเติบโตไม่ดีเท่ากับบ่อใหม่ และเมื่อทำการเลี้ยงต่อไปในระยะเวลานานความเค็มของดินพื้นบ่อที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้ดินนั้นมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งต่อไป ทำให้มีการละทิ้งบ่อเกิดการสูญเสียทรัพยากรดินและเร่งอัตราการทำลายพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อบุกเบิกมาทำบ่อเลี้ยงกุ้ง

3.2.2 คุณภาพน้ำทิ้งที่เลวลง ในการตรวจสอบน้ำทิ้งของนากุ้งนิยมตรวจวัดจากปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพราะมีผลโดยตรงกับกุ้ง แต่ไม่ค่อยมีการตรวจวัดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเพราะมีปริมาณน้อยแต่เมื่อถูกปล่อยออกมาจากแต่ละฟาร์มก็สามารถเพิ่มปริมาณในสิ่งแวดล้อมได้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าบ่อที่มีฟอสฟอรัสสะสมอยู่มากมีโอกาสที่จะปลดปล่อยออกมาสู่น้ำมากเช่นกัน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินที่สูงทำให้ค่าความโปร่งแสงของน้ำต่ำลง อาจทำให้สัดส่วนของ N : P ratio ของน้ำแคบลง นั่นคือมีฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นนั้นเอง และ

เป็นการจำกัดปริมาณไนโตรเจน การที่ N : P ratio ต่ำลงเอื้ออำนวยให้กับการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน สัดส่วนอยู่ในช่วง 4-8 : 1 (Huebel and Huebel 1994 : 151) ในบริเวณที่มีการเลี้ยงปลา Salmon ของประเทศแคนาดาพบว่าน้ำทิ้งจากฟาร์มปลามีสัดส่วนของ N : P ratio ประมาณ 6 : 1 ซึ่งทำให้เกิด ปัญหา Eutrophication เนื่องจากอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับแพลงค์ตอนที่อยู่ในทะเล (Molver, Stigebrandt and Bjerkkenes, 1988 : 80) ส่วนในพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบว่าเกิดปัญหา Eutrophication บ่อยครั้งขึ้นในเขตอำเภอระโนด และแถบภาคใต้ (CP Grop, 1993 : 4) ซึ่งฟาร์มกุ้งอาจเป็นต้นเหตุของการเกิดปัญหานี้ (Chiavareesajja, Rakkiteaw and Tansakul, 1996 : 226) จากเหตุการณ์ดังกล่าวพบว่าสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่ปล่อยออกมาจากบ่อเก่า ถึงแม้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งค่อนข้างน้อยมากแต่ถ้ามองในภาพรวมแล้วมีโอกาสที่จะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมได้สูงเมื่อน้ำทิ้งจำนวนมากถูกปล่อยออกมาจากแต่ละบ่อ แต่ละฟาร์มมารวมกันในเขตชายฝั่ง สิ่งเหล่านี้จึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้องแก้ไข

บทที่ 5

สรุป

1. ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและน้ำของบ่อกุ้งที่มีผลผลิตแตกต่างกัน

1.1 ค่าปฏิกริยาดิน (pH)

1.1.1 ค่าปฏิกริยาดินทั้งหมดจัดว่าเป็นด่างอย่างอ่อน

1.1.2 ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงค่าปฏิกริยาดินมีการแกว่งตัวในช่วงแคบ ๆ ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่มีผลผลิตต่ำและสูงยกเว้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง

1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

1.2.1 ดินพื้นบ่อกุ้งในช่วงเริ่มแรกเป็นดินเค็มปานกลาง

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่า EC ของดินมีผลมาจากความเค็มของน้ำทะเลเป็นสำคัญ

1.2.3 กลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงมีแนวโน้มว่าค่า EC ต่ำกว่ากลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter)

1.3.1 ในช่วงแรกดินมีอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำและปริมาณอินทรียวัตถุในบ่อกุ้งกลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงมีปริมาณต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในช่วงต้นของระยะเวลาการเลี้ยงและเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไป

1.3.2 อินทรียวัตถุสะสมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง

1.3.3 อินทรียวัตถุมีปริมาณแตกต่างกันตามกลุ่มของผลผลิตกล่าวคือ บ่อที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงมีการสะสมของอินทรียวัตถุมากกว่าบ่อที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำ

1.4 ปริมาณ TKN (Total Kjeldahl nitrogen)

1.4.1 ในช่วงแรกดินมีปริมาณ TKN ค่อนข้างต่ำ

1.4.2 ในกลุ่มที่แบ่งตามอัตรารอดพบว่าในช่วง 2 สัปดาห์แรกมีค่า TKN ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่สามารถสรุปได้ว่า TKN เป็นต้นเหตุที่ทำให้กุ้งมีอัตรารอดมีความแตกต่างกัน

1.4.3 ในกลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูงมีปริมาณ TKN สูงกว่ากลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำในสัปดาห์ที่ 10

1.4.4 ในกลุ่มที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันพบว่าในช่วงท้ายไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนของปริมาณ TKN ทั้งที่การให้อาหารต้องคิดจากร้อยละของน้ำหนักตัวเป็นสำคัญ เช่นกุ้งในเดือนที่ 4 ต้องกินอาหารร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักตัว

1.5 ปริมาณฟอสฟอรัส (Total phosphorus)

1.5.1 ในช่วงเริ่มต้นไม่พบความแตกต่างของฟอสฟอรัสในทุกกลุ่ม

1.5.2 ในกลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูงพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่ากลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6 8 และ10 ของการเลี้ยง

1.6 ค่าความโปร่งแสง (Transparency)

1.6.1 ในระยะแรกค่าความโปร่งแสงค่อนข้างสูงและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เลี้ยง

1.6.2 ค่าความโปร่งแสงที่พบว่ากุ้งยังคงสามารถอยู่ได้โดยไม่มีปัญหาอยู่ในช่วง 20 - 50 เซนติเมตร (ค่ามาตราฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงอยู่ที่ 30-60 เซนติเมตร และ ของ Lee and Wickins แนะนำว่าควรอยู่ในช่วง 25-40 เซนติเมตร) ในขณะที่ค่าความโปร่งแสงในบ่อกุ้งทั้งหมดของการศึกษานี้อยู่ในช่วง 15-53 ซ.ม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ

1.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

1.7.1 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนสูงกว่าระดับวิกฤตที่กุ้งต้องการคือมากกว่า 4 มก./ล. โดยประมาณ

1.7.2 กลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูง มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.8 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

1.8.1 ค่าความเป็นด่างของทุกบ่อที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

1.8.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างในบ่อเลี้ยงกุ้งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำจืดที่ เข้ามาเจือจาง

1.8.3 น้ำทะเลมีระบบ Buffer คอยควบคุมการเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำในตัวของมันเองที่มีประสิทธิภาพ

1.8.4 กลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันสูงมีค่าความเป็นด่างสูงกว่ากลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงระยะท้ายของการเลี้ยง

1.9 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

1.9.1 ค่า pH ของน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีสภาพเป็นด่างอย่างอ่อน

1.9.2 การแกว่งตัวของ pH ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำจืดและการใช้วัสดุปูน

1.9.3 ค่า pH ของน้ำไม่มีผลต่อการควบคุมผลผลิต อัตรารอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกุ้งที่เลี้ยง

1.10 ค่าความเค็มของน้ำ (Salinity)

1.10.1 ค่าความเค็มของน้ำทะเลในขณะที่ศึกษา อยู่ในช่วง 34-45 ppt.

1.10.2 ระดับของความเค็มขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่เลี้ยง

1.10.3 ค่าความเค็มของน้ำในกลุ่มที่มีผลผลิต อัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตสูง ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงท้ายของการเลี้ยง

1.11 ค่าแอมโมเนียรวมในน้ำ (Total ammonia)

1.11.1 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป

1.11.2 ปริมาณที่พบอยู่ในระดับต่ำทำให้มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตน้อย

1.11.3 กลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดสูงมีแนวโน้มของแอมโมเนียรวมของน้ำสูงกว่ากลุ่มที่มีผลผลิตและอัตรารอดที่ต่ำกว่า

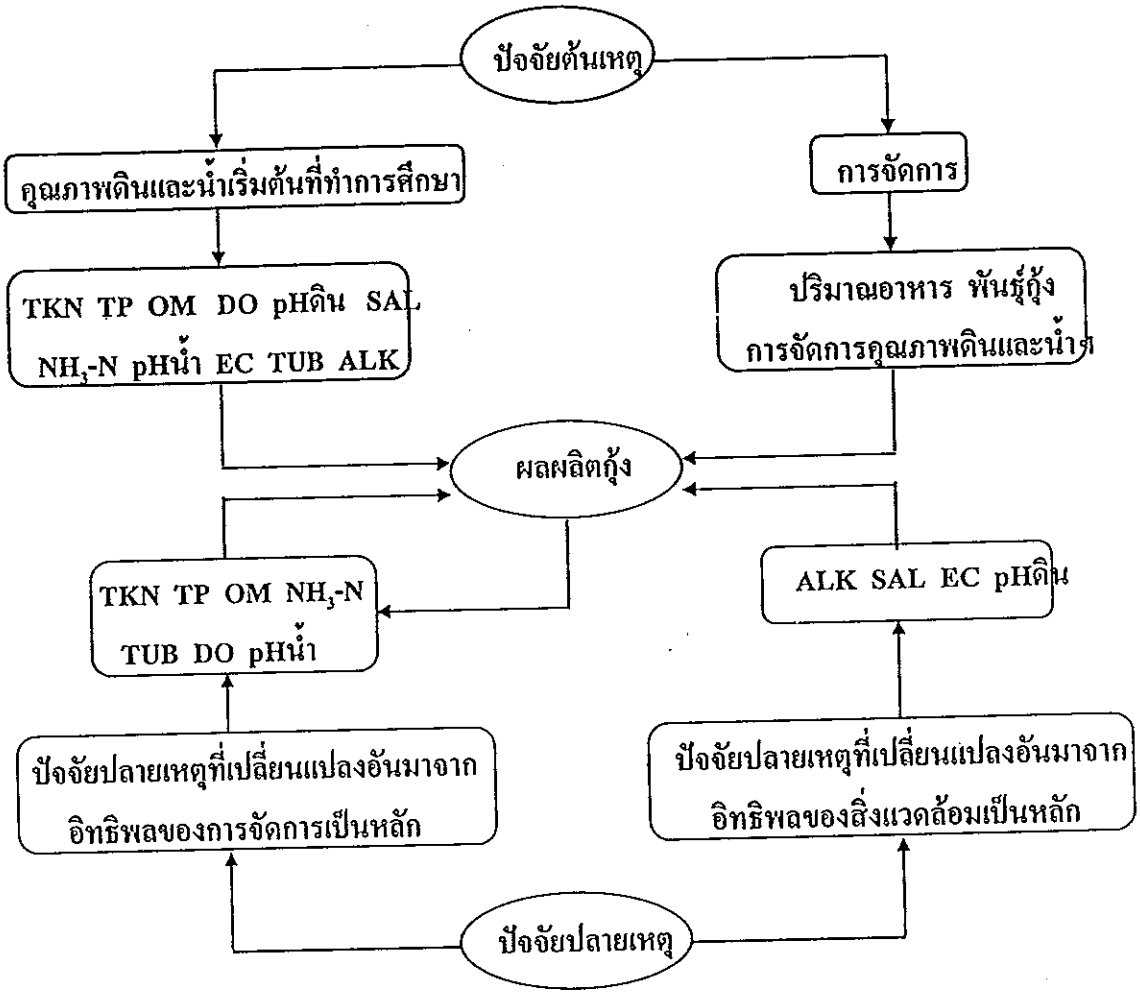
1.11.4 กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงมีแนวโน้มของแอมโมเนียรวมต่ำกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่ำกว่า

2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับผลผลิตของบ่อกุ้ง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและน้ำมีผลมาจากการจัดการเฉพาะบ่อเป็นสำคัญ ปัจจัยที่เป็นเหตุได้แก่ อัตรารอด หรือความหนาแน่นของกุ้งหลังปล่อยที่เป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและน้ำ นั้นคือบ่อที่มีอัตรารอดสูงหรือความหนาแน่นของกุ้งมากย่อมเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและน้ำที่เลวลงมากกว่าบ่อที่มีอัตรารอดและความหนาแน่นต่ำกว่า สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อกุ้งเองในการเลี้ยงระยะท้ายของการเลี้ยงดังภาพประกอบ 5.1

จากภาพประกอบ 5.1 ปัจจัยต้นเหตุเป็นอิทธิพลหลักที่มีผลต่ออัตรารอดและความหนาแน่นในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงและปัจจัยปลายเหตุก็เข้ามามีอิทธิพลในช่วงหลังซึ่งถ้าสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต้นเหตุและปลายเหตุได้ทำให้สามารถควบคุมการผลิตกุ้งได้เช่นกัน ปัจจัยต้นเหตุโดยทั่วไปสามารถกำหนดและควบคุมได้ภายใต้การจัดการบ่อและการวางแผนการใช้ปัจจัยการผลิต ถ้าทุกอย่างลงตัวและเหมาะสมทำให้ง่ายต่อการควบคุมปัจจัยปลายเหตุได้ การปล่อยกุ้งในอัตราที่หนาแน่นเกินไปทำให้ยากต่อการควบคุมปัจจัยปลายเหตุ การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถค้นพบจุดวิกฤตในระดับที่เป็นปัญหาหรือส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงกุ้งได้เนื่องมาจากการควบคุมคุณภาพน้ำและการจัดการของฟาร์มที่มีประสิทธิภาพในขณะที่ฟาร์มอื่นๆที่อยู่รอบนอกไม่ประสบความสำเร็จ

ภาพประกอบ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและน้ำต่อการผลิตกุ้ง



ความสำเร็จในการเลี้ยงเพราะการระบาดของโรค อีกทั้งการปล่อยกุ้งในอัตราที่ไม่หนาแน่นคือ 40-50 ตัวต่อตารางเมตรทำให้ง่ายต่อการควบคุมคุณภาพดินและน้ำ ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 5.1 สรุปความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ดินและน้ำ

ความสัมพันธ์เชิงบวก	ค่าสหสัมพันธ์ (r)	ความสัมพันธ์เชิงลบ	ค่าสหสัมพันธ์ (r)
TKN – Total ammonia	0.67	Total ammonia - pH	-0.75
OM - TKN	0.92	TKN – pH ของน้ำ	-0.64
OM - TP	0.81	S‰ – pH ของดิน	-0.51
TKN – TP	0.84	TP – Tub	-0.56
S‰ - EC	0.54		

ตาราง 5.2 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ดินและน้ำกับผลผลิต

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก	Partial r^2	ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ	Partial r^2
TKN	0.87	D.O.	.004
TP	0.25	pH ของน้ำ	.004
Total ammonia	0.017		
OM	.01		

ความสัมพันธ์ที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ถ้าการสะสมของ TKN TP Total ammonia OM เพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤต และ D.O. ลดลงจนไม่เพียงพอต่อสิ่งมีชีวิตในบ่อ

ตาราง 5.3 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของดินและน้ำกับอัตราการเจริญเติบโต

พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ	Partial r^2
TP	0.5780
EC	0.1850
S‰	0.0180
TKN	0.0160

(ความสัมพันธ์ระหว่าง TP กับอัตราการเจริญเติบโตเป็นผลมาจากธรรมชาติของข้อมูล และ TKN ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเพราะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำ)

3. ข้อเสนอแนะในการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับนากุ้ง

3.1 พารามิเตอร์ที่เป็นตัวควบคุมผลผลิตและอัตรารอดของกุ้งกุลาดำที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ความสะอาดของดินพื้นบ่อ (เพื่อลดปัญหาสารพิษที่อาจเกิดขึ้น) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสม (เพื่อประโยชน์ในการเตรียมสีน้ำและอาหารธรรมชาติ) ซึ่งคุณภาพดินนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงกับคุณภาพน้ำ ถ้าคุณภาพดินและน้ำดีก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อัตรารอดของกุ้งสูง ดังนั้นหลังทำความ

สะอาดบ่อสมควรตรวจสอบปริมาณ TKN และ OM โดยเฉพาะอย่างยิ่ง TKN ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของกุ้งที่สูงมาก (ประมาณร้อยละ 87) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าพื้นบ่อที่มีปริมาณ TKN ไม่เกิน 400 มก./ดิน 1 กก. และเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นไม่เกิน 40 ตัวต่อ ตารางเมตรภายใต้การจัดการที่มีคุณภาพและเป็นระบบสามารถที่จะรองรับของปริมาณ TKN ที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงกุ้งได้ แต่ถ้าเกินหรือแตกต่างไปจากเงื่อนไขดังกล่าวยังไม่มีความชัดเจนว่าจะสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้หรือไม่ เพราะการศึกษาครั้งนี้ไม่พบจุดวิกฤตที่ทำให้การเลี้ยงกุ้งประสบปัญหา ไม่สามารถเลี้ยงต่อไปได้ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสถ้าไม่เพียงพอสามารถที่จะเพิ่มเติมลงไปได้ภายหลัง (โดยปกติดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมานานมักไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนฟอสฟอรัสในดินยกเว้นบริเวณพื้นบ่อที่เป็นทราย) นอกจากนี้การที่พื้นบ่อมีความสะอาดยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการรองรับของเสียที่ได้จากการเลี้ยงกุ้งสูงขึ้น แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นอัตราการปล่อยกุ้งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเสื่อมโทรมของบ่อซึ่งไม่ควรจะปล่อยให้หนาแน่นเกินไป

3.2 พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตได้ในส่วนของความเค็มของดินและน้ำนั้นควรมีการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกุ้ง เพราะถ้าระยะเวลาการผลิตกุ้งเร็วขึ้นช่วยเป็นการลดความเสี่ยงได้ ซึ่งแนวทางการจัดการอาจทำได้โดย

3.2.1 การเลี้ยงกุ้งในช่วงฤดูร้อนควรมีแหล่งน้ำจืดสำรองไว้โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งระบบปิดเพื่อใช้เจือจางความเค็มของน้ำลง แนวทางนี้อาจทำได้โดยการสร้างบ่อเก็บน้ำจืดไว้ในช่วงฤดูฝนหรือใช้แหล่งน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำจืดสำหรับเจือจางความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง

3.2.2 ในช่วงหน้าฝนควรอาศัยปริมาณน้ำฝนที่ตกอย่างชุกชุมในภาคใต้ช่วยชะล้างความเค็มของดินพื้นบ่อเพื่อให้ดินพื้นบ่อมีความเค็มลดลง โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับการล้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในสภาพที่เป็นกรด และอาจเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายกลับคืนของเกลือด้วยการใช้กังหันตีน้ำเข้าช่วย

3.3 ควรมีการกำจัดแพลงค์ตอนพืชออกก่อนทำการปล่อยน้ำทิ้ง ในบ่อที่มีฟอสฟอรัสในดินสูงปริมาณแพลงค์ตอนพืชย่อมสูงตามไปด้วย ถึงแม้ว่าเมื่อตรวจสอบ ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำแล้วมีปริมาณน้อยก็ตาม ฟอสฟอรัสส่วนหนึ่งจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากบ่อโดยเหล่าแพลงค์ตอนพืชเหล่านี้ ถ้าไม่มีการกำจัดออกแพลงค์ตอนพืชจากน้ำทิ้งก่อนปล่อย ฟอสฟอรัสจะถูกสะสมเพิ่มขึ้นในแหล่งน้ำธรรมชาติ ตามชายฝั่ง หลังจากที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง และแพลงค์ตอนพืชที่ถูกปล่อยออกมาจากบ่อกุ้งอาจมีส่วนช่วยเร่งในการเกิด Eutrophication บ่อยขึ้น ซึ่งบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นเปรียบเสมือนเป็นโรงเพาะและขยายแพลงค์ตอนเมื่อถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและพบสภาวะที่เหมาะสมจึงง่ายต่อการเกิด Eutrophication การบำบัดนี้อาจใช้วิธีการง่าย ๆ คือ การขังน้ำทิ้งไว้ในบ่อพักน้ำ

เสียโดยไม่ต้องไปยุ่งเกี่ยวเพราะเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่งเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมแพลงค์ตอนพืชเหล่านี้ก็จะตายไปเอง หลังจากนั้นก็ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำดังกล่าวเข้าอีกบ่อหนึ่งและทำการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งโดยใช้ปูนขาวตกตะกอนฟอสฟอรัสและเมื่อน้ำมี pH สูงขึ้นแอมโมเนียในน้ำจะอยู่ในรูปของก๊าซต้องทำการตีน้ำเพื่อเร่งให้เกิดการระเหยส่วนธาตุในกลุ่มของไนโตรเจนอื่นๆ อาจใช้กระบวนการทางชีววิทยาเช่นการใช้แบคทีเรียช่วยย่อยสลายเป็นต้น

3.4 ควรสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อรวบรวมน้ำทิ้งจากเกษตรกรรายย่อย ถึงแม้ว่าปริมาณแอมโมเนีย และฟอสฟอรัสในบ่อจะมีค่อนข้างน้อยแต่เมื่อเกษตรกรแต่ละรายปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมปริมาณธาตุอาหารย่อมมีมากขึ้นส่งผลต่อความถี่ในปรากฏการณ์ Eutrophication โดยเฉพาะบริเวณที่การถ่ายเทของน้ำไม่สะดวก แต่ถ้าแหล่งน้ำในธรรมชาติมีการไหลเวียนดี มีการเจือจางปริมาณมลสารโดยธรรมชาติระบบนี้อาจไม่จำเป็น

3.5 การกำหนดเขตของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Zoning) ควรนำมาใช้ในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เพื่อความชัดเจนระหว่างพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกับพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ที่อาจเกิดปัญหากระทบกระทั่งกันเช่น นากุ้งกับนาข้าวหรือนากุ้งกับการเลี้ยงปลาในกระชัง โดยนอกจากขอบเขตของพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง ชัดเจนแล้วจำเป็นที่จะต้องมีระบบป้องกันการแพร่กระจายของมลสารอาทิ สารอินทรีย์ที่มีอยู่ปริมาณมากในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง ความเค็มที่อาจแพร่กระจายจากบ่อกุ้งสู่พื้นที่ข้างเคียงทั้งในแนวดิ่งและแนวระนาบ

3.6 ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งเบาบางหรือแหล่งที่เปิดการเลี้ยงกุ้งใหม่ ควรมีการกำหนดปริมาณผู้เลี้ยง จำนวนพื้นที่ที่ให้เลี้ยง ให้เหมาะสมกับขีดความสามารถของพื้นที่และธรรมชาติ (Carring capacity, C.C.)

3.7 ในการวิเคราะห์ไนโตรเจนเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยุ่งยากดังนั้นในทางปฏิบัติถ้าต้องการตรวจสอบสามารถคำนวณได้โดยอ้อมจากปริมาณอินทรียวัตถุโดยที่

$$N = OM \times 0.05$$

เมื่อ N = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

OM = ปริมาณอินทรียวัตถุ

แต่ค่าที่ได้ย่อมคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นค่าโดยประมาณขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมเช่น อัตราการ Mineralization ของอินทรียวัตถุ เป็นต้น

3.8 เนื่องจากปริมาณ TKN มีอิทธิพลสูงมากกับปริมาณผลผลิตกุ้งดังนั้นควรที่จะมีการศึกษาวิจัยถึงความสามารถในการรองรับปริมาณ TKN ของบ่อเลี้ยงกุ้ง (Carring Cappacity C.C.)ในอัน

ที่จะนำมาเป็นมาตราฐานสำหรับการจัดการบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในแต่ละพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

3.9 จากผลการศึกษาถ้าปริมาณ TKN ของดินเริ่มต้นอยู่ในช่วง 400-450 ppm.และอัตราความหนาแน่นแรกปล่อยอยู่ในช่วงไม่เกิน 40 ตัวต่อตารางเมตร และตลอดการดำเนินการผลิตสามารถควบคุมให้ปริมาณ TKN ของดินไม่เกิน 1400 ppm. ภายใต้การจัดการบ่อที่ถูกต้องตามหลักวิชาการพบว่าการเลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มการผลิตที่เป็นปกติ

3.10 จากมาตราฐานค่าความโปร่งแสงของน้ำที่เหมาะกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือ30-60 ซ.ม. นั้น จากผลการศึกษาพบว่าควรที่จะอยู่ในระดับไม่ควรต่ำกว่า 20 ซ.ม. เพราะกุ้งยังสามารถเจริญเติบโตได้ดี ประกอบกับการเลี้ยงกุ้งในปัจจุบันที่ค่อนข้างเป็นระบบปิดเพื่อควบคุมการระบาดของโรคกุ้งทำให้ค่าที่เสนอนี้ง่ายต่อการปฏิบัติ

3.11 การวัดค่า D.O. ของน้ำควรจะมีการวัดในบริเวณที่พื้นก้นบ่อ ทั้งนี้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า E.C. กับค่าความเค็มของน้ำเห็นได้ชัดว่ามีความสัมพันธ์ค่อนข้างน้อยอาจเนื่องมาจากการตีน้ำไม่สามารถตีได้ถึงพื้นก้นบ่อดังนั้นค่า D.O. ที่วัดได้ทำให้เป็นค่าที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง ทั้งนี้เพราะกุ้งเป็นสัตว์หน้าดินใช้ชีวิตส่วนใหญ่อยู่ก้นบ่อการวัดบริเวณนี้จึงควรเหมาะสมกว่า

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

คณิต ไชยาคำ และคณะ. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สงขลา : สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา.

จำแนกพื้นที่เลี้ยงกุ้ง 8 จังหวัด แยกน้ำจืด/กร่อย ออกจากกัน. 2541. ประชาชาติธุรกิจ. 10 กันยายน 2541, หน้า 6.

จิราพร เกษรจันทร์ และคณะ. 2538. ไวรัสรูปแท่งสาเหตุของโรคตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการฉบับที่3/2538. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิราพร เกษรจันทร์, สิทธิ บุณยรัตผลิน และ ไฟรเออร์, เจ. เอฟ. 2540. การผลิตดีเอ็นเอต้นแบบเพื่อใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำด้วยปฏิกริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส. เอกสารวิชาการฉบับที่14/2540. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิราพร เกษรจันทร์, สิทธิ บุณยรัตผลิน และ อิตามิ, ที. 2540. การตรวจวินิจฉัยโรคตัวแดงดวงขาวของกุ้งที่เลี้ยงในแถบเอเชียด้วยกล้องจุลทรรศน์และปฏิกริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส. เอกสารวิชาการฉบับที่8/2540. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เจียมจิต บุญสม. 2523. คุณสมบัติของดินและน้ำที่มีความสำคัญต่อสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ.

ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. 2535. "ผลกระทบจากการทำนากุ้งในพื้นที่ป่าชายเลนต่อคุณสมบัติของดิน - บริเวณอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา)

ชัยนาม ดิสถาพร. 2532. "การปลูกป่าเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม" เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น. 2533. คุณภาพน้ำเบื้องต้นสำหรับการประมง. ชลบุรี : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

ชูสิน วรเดช. 2541. "การฟื้นฟูดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างสำหรับการปลูกหญ้าเมอรีซัส (หญ้าขน)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

ดุสิต ตันวิลัย และคณะ. 2537. การตรวจและติดตามคุณภาพน้ำและดินจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำจังหวัดปัตตานี. เอกสารวิชาการฉบับที่5/2537. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ทองเพชร สันบูกา. 2538. พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในเขตภาคใต้ตั้งแต่กันยายน 2537 - กันยายน 2538. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2539. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

ทัศนีย์ ฉันทาดิสัย. 2531. "ผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ", วารสารสิ่งแวดล้อมฉบับทรัพยากรชายฝั่ง. 69-82.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2534. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทสโก้ จำกัด, บริษัท. 2530. รายงานการศึกษาการคัดเลือกพื้นที่โครงการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลแบบครบวงจรใน 6 จังหวัด ตราด จันทบุรี ชุมพร สุราษฎ์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา (รายงานฉบับหลัก). กรุงเทพฯ : กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธนู คำแก่น. 2525. "การกสิกรรม (บนที่ดินชายฝั่งทะเล)", ใน ระบบนิเวศน์วิทยาป่าชายเลน : รายงานการประชุมสัมนาครั้งที่ 3 เมษายน 2522 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. หน้า 277. กรุงเทพ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

บรรพต วิรุณราช. 2534. "4 คำถามกับสารซีโอไลท์", นิตยสารส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจสัตว์น้ำ. (2534), 44-46.

ประมง, กรม. กองเศรษฐกิจการประมง. 2539. สถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลปี 2537. เอกสารฉบับที่ 3/2539. กรุงเทพฯ :กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัฒนาที่ดิน, กรม. กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2527. เอกสารประกอบการประชุมกลุ่มย่อยการประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิชาการ กรมพัฒนาที่ดินครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัฒนาที่ดิน, กรม. กองสำรวจดิน. 2528. รายงานการสำรวจดิน จังหวัดราชบุรี. เอกสารฉบับที่ 321.กรุงเทพ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิภพ ปราบณรงค์. 2536. "ผลกระทบจากการทำนากุ้งต่อสมบัติทางเคมีของดิน ในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

พิภพ ปราบณรงค์, ประวิทย์ โตวัฒนะ และ สมศักดิ์ มณีพงษ์. 2537. "ผลกระทบของการทำนากุ้งที่มีต่อสมบัติทางเคมีของดิน ในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา", วารสารสงขลา-นครินทร์. 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2537), 430-436

พยุง ภัทรกุลชัย. 2532. "สมบัติของดินและความต้องการปูนของดินในบริเวณนากุ้งและป่าชาย-เลนของจังหวัดตราด", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา)

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2537. ผลของแอมโมเนียที่ระดับต่าง ๆ ต่อการบริโภคออกซิเจนของกุ้ง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2537. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ. 2533. ข้อสังเกตเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินบางประการในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่12/2533. กรุงเทพฯ : สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พุทธ ส่องแสงจินดา และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2538. "ผลของออกซีเตตร้าซัยคลินระดับต่าง ๆ กันต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจน อินทรีย์คาร์บอนรวมและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา", ใน รายงานสัมนาวิชาการประจำปี 2538 กรมประมง. หน้า 663-667. กรุงเทพฯ : กรมประมง.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. 2526. วิถีเมตาบอลิสม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

มนูวดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 75. กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2539. "การหาฟอสฟอรัสรวมในตะกอนดินโดยวิธี Ignition method ตามวิธีการของ J.M. Andersens". สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. (สำเนา)

ยงยุทธ โอสถสภา. 2524. ดินเค็มและดินโซดิก. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยนต์ มุสิก. 2531. "การพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย". กรุงเทพฯ : บริษัทสามัคคีประกันภัย.

ยี่สิบหกจังหวัดสั่งระงับ "นากุ้ง" เขตน้ำจืด รัฐยันไม่ยืดเวลา. 2541. กรุงเทพธุรกิจ. 3 กันยายน 2541, หน้า จ3.

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

ระโนด, อำเภอ. สำนักงานเกษตร. 2534. แนวทางการพัฒนาการเกษตรสงขลา.

รังสรรค์ อิ่มเอิบ, ประสิทธิ์ ตันประภาศ และ สมศรี อรุณินท์. 2539. "การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดฉะเชิงเทรา", วารสารอนุรักษ์ ดินและน้ำ. 12 (มกราคม -เมษายน 2539), 27-23.

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

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2540. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

สมสุข มัจฉาชีพ. 2528. นิเวศน์วิทยา. กรุงเทพฯ : เจริญรัตน์การพิมพ์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ. 2536. คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ. 2536. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

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

สุกาญจนวดี มณีรัตน์. 2539. "ผลกระทบต่อสมบัติบางประการของดินในการพัฒนาที่ดินชายทะเลเพื่อการเลี้ยงกุ้ง", วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ. 12 (มกราคม-เมษายน 2539), 15-25.

สุเมธ ชัยวัชรากูล, สมบัติ สิริพันธ์วราภรณ์ และ นิวุฒิ หวังชัย. 2530. การเพาะขยายพันธุ์และอนุบาลกุ้งกุลาดำ. สงขลา : ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

หัวไทร, อำเภอ. 2540. บรรยายสรุป : ข้อมูลทั่วไปของอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช. 11 พฤศจิกายน 2540.

_____. สำนักงานเกษตรอำเภอ. 2540. รายงานทะเบียนผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรรม อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช.

_____. สำนักงานประมงอำเภอ. 2540. รายงานทะเบียนผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช.

Allan, G.L. ; Maguire, G.B. and Hopkins, S.P. 1990. "Acutte and Chronic Toxicity of Ammonia to Juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and Influence of Low Dissolved-Oxygen Levels", Journal of Aquaculture. 91 (1990), 265-280.

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2d ed. New York : John Wiley & sons, Inc.

Allison, L.E., *et al.* 1969. "Determination of Properties of Saline and Alkali soils", Saline and Alkali soil. Washington D.C. : United States Department of Agriculture.

APHA, AWWA and WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. New York : American Public Health Association.

Boyd, C. E. 1995. Bottom Soils, Sediment and Pond Aquaculture. United States of America : Department of Fisherys and Aillied Aquaculture. Auburn University.

_____. 1992. Shrimp Pond Bottom Soil and Sediment Management. Proc. of the Special Session on Shrimp Farming. Florida : The World Aquaculture Society.

_____. 1990. Water Quality in Pond for Aquaculture. Alabama : Department of Fishery and Allied Aquaculture.

_____. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Netherlands : Eisevire Scientific Publishing Company.

Boyd, C. E. and Pippopinyo, S. 1994. "Factors Affecting Respiration in Dry Pond Bottom Soils", Aquaculture. 120 (1994), 283-293.

Boyd, C. E. and Musig, Y. 1981. "Orthophosphate Uptake by Phytoplankton", Aquaculture. 22 (1981), 165-173.

Boyd, C. E., *et al.* 1994. "Chemical Characteristic of Bottom Soils form Freshwater and Brackishwater Aquaculture Ponds", World Aquaculture Society. 25 (1994), 513-517.

Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S. 1982. "Nitrogen-total", In Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties, pp. 610-613. 2d ed. Miller, R.H. and Keeney, D.R. eds. Wisconsin : Medison Publisher.

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

Cameron, J.N. 1986. "Responses to Reversed NH_3 and NH_4^+ Gradients in a Teleost (*Ictalurus punctatus*), an Elasmobranch (*Raja erinacea*), and a Crustacean (*Callinectes sapidus*) : Evidence for NH_4^+/H^+ Exchange in the Teleost and the Elassmobranch", J. Exp. Zool. 239 (1986), 183-195. quoted in Lin, H.P., *et al.* 1993. "Effect of Ammonia on Survival and Osmoregulation of Various Development Stages of the Shrimp *Penaeus japonicus*", Marinebiology. 117 (1995), 591-598.

Cawthorne., *et al.* 1983. "Responses of Juvenile *Penaeus monodon* Fabricius to Natural and Artificial Sea water of Low Salinity", Aquaculture. 32 (1983), 165-174.

Chanratchakool, P. ; Turnbull, J. F. and Limsuwan, C. 1994. Health Management in Shrimp Ponds. Bangkok : Aquatic Animal Health Research Department of Fieheries. Kasetsart University.

Chin, T.S. and Chen, J.C. 1987. "Acute Toxicity of Ammonia to Larvae of the Tiger Prawn, *Penaeus monodo.*", Aquaculture. 66 (1987), 247-253.

Chiavareesajja, s. ; Rakkiteaw, S. and Tansakul, R. 1996. "Quality of Coastal Water and Sediment Adjacent to Marine Shrimp Farm in Southern of Thailand", Thai Journal of Agriculture science. 29 (April 1996) , 219-228.

Chuan, L. L. and Sugahala, I. 1984. A Manaul on Chemical Analysis of Coastal Water and Bottom Sediment. Singapore : Primary Production Department and Marine Fisheries Research Department, SEAFDEC.

CP Group. 1993. Shrimp Culture Newsletter. 5 (59) : 4.

Donahue, R.L. ; Miller, R.W. and Shickluna, J.C. 1977. An Introduction to Soils and Plant Growth. New Jersey : Prentice-Hall.

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

Henry, R.P., *et al.* 1981. "The Role of $CaCO_3$ Dissolution as a Source of HCO_3^- for the Buffering of Hypercapnic Acidosis in Aquatic and Terrestrial Decapod Crustaceans", J. Exp.Biology. 94 (1981), 269-274. quoted in Wickin, J.F. 1984. "The Effect of Hypercapnic Sea Water on Growth and Mineralization in Peanaeus Shrimp", Aquaculture. 41 (1984), 37-48.

Huebel, H. and Huebel, M. 1995. "Bloom of Blue Green Algae in the Baltic-Sea : Causes - Dimensions - Consequences", In Internationales Wissenschaftliches Symposium. Akktuelle Probleme der Meeresumwelt, Hambure (FRG), 31 May - 1 Jun 1994 pp.151-158. (CD-ROM Record ASFA 1988-1996)

Kutty, N.R. ; Murugapoopathy, G. and Krishnan, T.S. 1971. "Influence of Salinity and Temperature on the Oxygen Consumption in Young Juveniles of the Indian Prawn *Penaeus indicus.*", Marine Biology. 124 (1971), 124-135. quoted in Moreira, G.S., *at al.* "The Effect of Salinity on the Metabolic Rates of Some Palaemonid Shrimp Larvae", Journal of Aquaculture. 29 (1982), 95-100.

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

Lee, D. O'C. and Wickins, J. F. 1992. Crustacean Farming. Oxford : Blackwell Scientific Publications.

Lin, H.P., *et al.* 1993. "Effect of Ammonia on Survival and Osmoregulation of Various Development Stages of the Shrimp *Penaeus japonicus.*", Marine Biology. 117 (1995), 591-598.

Lindsay, L.W. 1979. Chemical Equilibria in Soil. USA. : Wiley and Sons.

Melean, E. O. 1982. "Soil pH and Lime Requirement", In Methods of Soil Analysis Part 2 : Chemical and Microbiological Properties, pp. 200-208. 2d ed. Miller R.H. and Keeney, D.R. eds. Wisconsin : Medison Publisher. Miller, R. W. and Donahue, R. L. 1990. An Introduction to Soils and Plant Growth. 6 th ed. New York : Prentice - Hall International.

Mollver, J. ; Stigebrandt, A. and Bjerkenes, V. 1988. "On the Excretion of Nitrogen and Phosphorus from Salmon", In Aquaculture International Congress and Exposition, Vancouver, B.C. (Canada), 6-9 Sep 1988. P.80 Vancouver, British,- Columbia, Canada. (CD-ROM Record-ASFA 1988-1996)

Nelson, D. W. and Sommer, L.E. 1982. "Total Carbon,Organic Carbon and Organic Matter", In Methods of Soil Analysis Part 2 : Chemical and Microbiological Properties, pp. 574-576. 2d ed. Miller, R.H. and Keeney, D.R. eds. Wisconsin : Medison Publisher.

Neter, J. ; Wasserman, W. and Kutner, M. H. 1989. Applied Linear Regression Models. United States of America : R. R. Donnelley & Sons Company.

Nicol, J. A. 1961. The Biology of Marine Animals. London : Hazell Watson and Viney ltd.

Orlov, D.S. 1992. Soil Chemistry. Brookfield : A.A. Balkema Publishers.

Parry, G. 1960. "Excretion", In The Physiology of Crustacea Volume 1 : Metabolism and Growth, P. 341. Waterman, T. H., eds. New York : Acandemic Press.

Ponnamperuma, F.N. 1978. Ellectrochemical Changes in Sumberged Soils and the Growth of Rice. Philippines : Rice Res. Inst. quoted in ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2534. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Riely, J. P. and Chester, R. 1971. Introduction to Marine Chemisty. London : Academic Press. quoted in มนูวดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตรเคมี กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Rosswall, T. 1982. "Microbiological Regulation of the Biogeochemical Nitrogen Cycle", Journal of Plant and Soil. 67 (1982), 15-34.

Simon, F.S. and Stewart, H. 1996. "The Effect of Bacterial Remediation Products on Water Quality in the Presence of Shrimp Pond Sediment", In World Aquqculture Society Book of Abstracts, p.133. Creswell, R.L. eds. Bongkok : Department of Fishery and the Chulabhorn Institute.

Stickney, R.R. 1991. "Effects of Salinity on Aquaculture Production", In Advances in World Aquaculture Volume 3 : Aquaculture and Water Quality, p. 108. Brune, D.E. and Tomasso, J.R. eds. South Carolina : The World Aquaculture Society.

Sverdrup, H.U. ; Johnson, M. W. and Fleming, R. H. 1970. The Ocean : Their Physic, Chemistry,and General Biology. New Jersey, USA : Prentice - Hall, Englewood Cliffs.

Tisdale, S.L. ; Nelson, W.L. and Beaton, J.D. 1985. "Soil and Fertilizer Sulfer, Calcium and Magnesium", Soil Feryility and Fertilizer. New York : Mac. Publishing.

Viets, F.g. and Lindsay, W.L. 1973. "Testing Soils for Zinc, Cupper, Magnesium, and Iron", In Soil Test and Plant Analysis. Walsh, L.M. and Beaton, J.D. eds. pp.153-172. Wiscosin : Soil Science Society of America.

Waterman, T. H. 1961. "Comparative Physiology.", In The Physiology of Crustacea Volume 2 Sense Organs, Integration, and Behavior, p. 542. Waterman, T. H. eds. New York : Acandemic Press.

Wickin, J.F. 1985. " Ammonia Production Oxidation during Culture of Marine Prawns and Lobsters in Laboratory Recirculateed Systems", Aquaculture Engineering. 4 (1985), 155-174. quoted in Chin, T.S. and Chen, J.C. 1987. "Acute Toxicity of Ammonia to Larvae of the Tiger Prawn, *Penaeus monodo.*", Aquaculture. 66 (1987), 247-253.

Wickin, J.F. 1984. "The Effect of Hypercapnic Seawater on Growth and Mineralization in Peanaeus Shrimp", Aquaculture. 41 (1984), 37-48

Wrobel, S. 1965. "The Role of Soil in Fish Production in Pond", World Symposium on Warm Water Pond Fish Culture. 44 (1965), 1-10.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สภาพทั่วไปของอำเภอหัวไทร

ประวัติ

อำเภอหัวไทรเป็นอำเภอเก่าแก่ขึ้นตรงต่อจังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ห่างจากศาลากลางจังหวัดตามระยะทางหลวงแผ่นดินสายนครศรีธรรมราช - สงขลา 66 กิโลเมตร ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 417.733 ตารางกิโลเมตร

ความเป็นมา

อำเภอหัวไทรตั้งขึ้นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2447 ที่หมู่ที่ 1 ตำบลเขาพังไกร ชื่ออำเภอพังไกร ต่อมาปี พ.ศ. 2460 ทางราชการได้ย้ายไปตั้ง ณ หมู่ที่ 1 ตำบลหัวไทร เปลี่ยนชื่อมาเป็นอำเภอหัวไทร ครั้นถึงปี พ.ศ. 2467 ได้ถูกทางราชการลดฐานะลงเป็นกิ่งอำเภอและขึ้นตรงต่ออำเภอปากพนัง และในปีนั้นเองได้ย้ายมาอยู่ที่ หมู่ที่ 8 ตำบลหัวไทร ต่อมาปี พ.ศ. 2480 ได้ยกฐานะเป็นอำเภอหัวไทร อีกครั้งหนึ่ง ปัจจุบันอำเภอหัวไทรเป็นอำเภอชั้น 2 ตั้งอยู่หมู่ที่ 8 ถนนธรรมสิทธิ์ ตำบลหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

อาณาเขต

ทิศเหนือ จด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ทิศใต้ จด อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

ทิศตะวันออก จด อ่าวไทย

ทิศตะวันตก จด อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

ลักษณะภูมิประเทศ

โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มโดยตลอด พื้นที่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีเนินเขาพระบาทและเขาน้อย ซึ่งสูงประมาณ 130 เมตร และยาวประมาณ 10 กิโลเมตร เป็นแนวแบ่งเขตระหว่างอำเภอหัวไทรกับอำเภอเชียรใหญ่ เดิมเนินดังกล่าวมีป่าไม้ธรรมชาติขึ้นหนาแน่น เป็นที่เกิดของลำธารขนาดเล็กหลายสาย ปัจจุบันถูกบุกรุกทำลายจนสภาพป่าหมดไป จนกลายเป็นภูเขาดิน มีการขุดดินลูกรังไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น พื้นที่ถัดไปเป็นเนินเขาพังไกร เนินเขาชะลิก และเนินเขาเล็ก ๆ คล้ายหลังเตาค่อย ๆ ลาดลงไปทั้งสองข้าง

ลักษณะภูมิอากาศ

อำเภอหัวไทรเป็นอำเภอที่มีพื้นที่ทางทิศตะวันออกติดชายฝั่งทะเลตลอดความยาวของอำเภอ ระยะทางประมาณ 25 กิโลเมตร จึงทำให้สภาพอากาศของอำเภอหัวไทรไม่ร้อนหรือหนาวจัด เนื่องจากมีลมมรสุมพัดผ่านทำให้ฝนตกชุก ในรอบปีมี 2 ฤดูคือ

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายน ถึง เดือนมกราคม

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม

การปกครอง

- การบริหารราชการส่วนภูมิภาค แบ่งเป็น 11 ตำบล 93 หมู่บ้าน เป็นหมู่บ้านปกติ 59 หมู่บ้าน หมู่บ้านอาสาพัฒนาและป้องกันตนเอง 34 หมู่บ้าน หมู่บ้านแผ่นดินธรรมแผ่นดินทอง 45 หมู่บ้าน

- การบริหารราชการส่วนท้องถิ่น มี 12 แห่งคือ

1. สุขาภิบาลหัวไทร ประธานมาจากการเลือกตั้ง
2. องค์การบริหารส่วนตำบลควรชะลิก
3. องค์การบริหารส่วนตำบลรามแก้ว
4. องค์การบริหารส่วนตำบลแหลม
5. องค์การบริหารส่วนตำบลเขาพังไกร
6. องค์การบริหารส่วนตำบลหัวไทร
7. องค์การบริหารส่วนตำบลหน้าสตน
8. องค์การบริหารส่วนตำบลทรายขาว
9. องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านราม
10. องค์การบริหารส่วนตำบลบางนบ
11. องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะเพชร
12. องค์การบริหารส่วนตำบลท่าซอม

ประชากร

มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 71,533คน แยกเป็นชาย 35,493 หญิง 36,060 มีจำนวนครัวเรือน 16,677 ครัวเรือน

การประกอบอาชีพ

การประกอบอาชีพของประชากรอำเภอหัวไทรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม เช่นทำนา ไร่นาสวนผสม การปลูกผัก การเลี้ยงโค เลี้ยงสุกร เป็นต้น มีพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรประมาณ 174,000 ไร่ เป็นพื้นที่ทำนา 163,624 ไร่ (อำเภอหัวไทร, สำนักงานเกษตร, 2540 : 1) หรับผู้ที่อยู่อาศัยริมทะเลอ่าวไทย ประกอบอาชีพทางการประมง เป็นเรือประมงขนาดเล็กและเลี้ยงเป็ดไข่ นอกจากนี้ยังมีการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและน้ำเค็ม

การเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ได้แก่การเลี้ยงปลานิลและปลายี่สกในบ่อดินมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตำบลที่มีการเลี้ยงปลาน้ำจืด	จำนวนราย	จำนวนบ่อ	จำนวนพื้นที่ (ไร่)
ตำบลท่าซอม	63	63	179.5
ตำบลรามแก้ว	67	69	146
ตำบลบางนบ	61	70	212.5
ตำบลหัวไทร	105	127	292.5
ตำบลบ้านราม	192	202	475
ตำบลแหลม	284	412	496
ตำบลควรชะลิก	84	88	122.5
ตำบลเขาพังไกร	313	317	660.5
ตำบลทรายขาว	260	263	684
รวม	1,429	1,531	3,208.5

ที่มา : อำเภอหัวไทร, สำนักงานประมงอำเภอ. (รายงานทะเบียนผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) 2540.

การเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม ที่สำคัญได้แก่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตำบลที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	จำนวนราย	จำนวนบ่อ	จำนวนพื้นที่ (ไร่)
ตำบลท่าซอม	261	431	1,265
ตำบลรามแก้ว	91	272	1,164
ตำบลบางนบ	139	216	580
ตำบลหัวไทร	150	308	887
ตำบลเขาพังไกร	24	49	138
ตำบลเกาะเพชร	498	892	3,282
ตำบลหน้าสตน	560	908	3,375
รวม	1,693	3,076	10,692

ที่มา : อำเภอหัวไทร, สำนักงานประมงอำเภอ. (รายงานทะเบียนผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) 2540.

แหล่งน้ำ

อำเภอหัวไทรมีแหล่งน้ำที่สำคัญคือ

1. คลองหัวไทร-ปากพนัง ไหลผ่านใจกลางอำเภอเป็นเส้นทางคมนาคมทางน้ำระหว่างอำเภอหัวไทรกับอำเภอใกล้เคียงมีทางออกสู่ทะเลที่อำเภอปากพนัง และอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา มีสภาพเป็นน้ำเค็มใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

2. คลองส่งน้ำพลเอกอาทิตย์ กำลังเอก จำนวน 2 สายคือ จากหมู่ที่ 8 ตำบลเขาพังไกร-หมู่ที่ 9 ตำบลทรายขาว และจากหมู่ที่ 1 ตำบลท่าซอม-หมู่ที่ 7 ตำบลรามแก้ว แล้วเข้าเขตอำเภอเชียรใหญ่

ซึ่งสภาพโดยทั่วไปของอำเภอหัวไทร เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน เกษตรกรใช้น้ำฝนจากธรรมชาติในการเพาะปลูก ซึ่งมักเกิดปัญหาขาดน้ำจากฝนทิ้งช่วง เมื่อได้คลองพลเอกอาทิตย์กำลังเอก ซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำคัญ ทำให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ในการทำนาปี นาปรัง รวมทั้งในการปลูกพืชไร่นอกฤดูกาลอีกด้วย

ปัญหาที่สำคัญ

1. ปัญหาภัยธรรมชาติ มักประสบปัญหาการเกิดอุทกภัยในฤดูฝนเป็นประจำทุกปี สร้างความเสียหายทางด้านการเกษตรและความเดือดร้อนให้ประชาชนในพื้นที่เป็นอย่างมาก ส่วนฤดูร้อนก็ประสบปัญหาภัยแล้งอีกด้วย

2. ปัญหาสิ่งแวดล้อม เป็นปัญหาสืบเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แล้วมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง โดยไม่ผ่านการบำบัด ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ

3. ปัญหาในการประกอบอาชีพ

- นากุ้งกับนาข้าว เนื่องจากในระยะเวลาที่ผ่านมามีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นจำนวนมาก สร้างความเสียหายให้กับพื้นที่การทำนาข้าวเป็นพื้นที่กว้าง เนื่องจากมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่นาข้าวโดยตรงหรือปล่อยลงในพื้นที่สาธารณะ หรือลำคลองสาธารณะ ก่อให้เกิดความขัดแย้งกัน

- ปัญหาตลาดการเกษตร เนื่องจากอำเภอหัวไทรประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตรแต่ในปัจจุบันยังขาดตลาดมารองรับผลผลิตของเกษตรกรที่เพียงพอ

- ปัญหาโครงสร้างพื้นฐาน เส้นทางการคมนาคมในหมู่บ้าน ตำบล ที่ห่างไกลบางแห่งยังไม่สะดวกเท่าที่ควร ในฤดูฝนไม่สามารถใช้ในการสัญจรไปมาได้

แนวทางแก้ไข

1. **ภัยธรรมชาติ** มีการเตรียมแผนปฏิบัติการขณะเกิดเหตุและหลังจากเกิดภัยธรรมชาติแล้ว โดย**การปรับปรุง** ซ่อมแซม บูรณะ และ**ฟื้นฟู** เพื่อรับมือกับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากอุกทกภัย**และภัยแล้ง**

2. ปัญหาสิ่งแวดล้อมและการอาชีพ

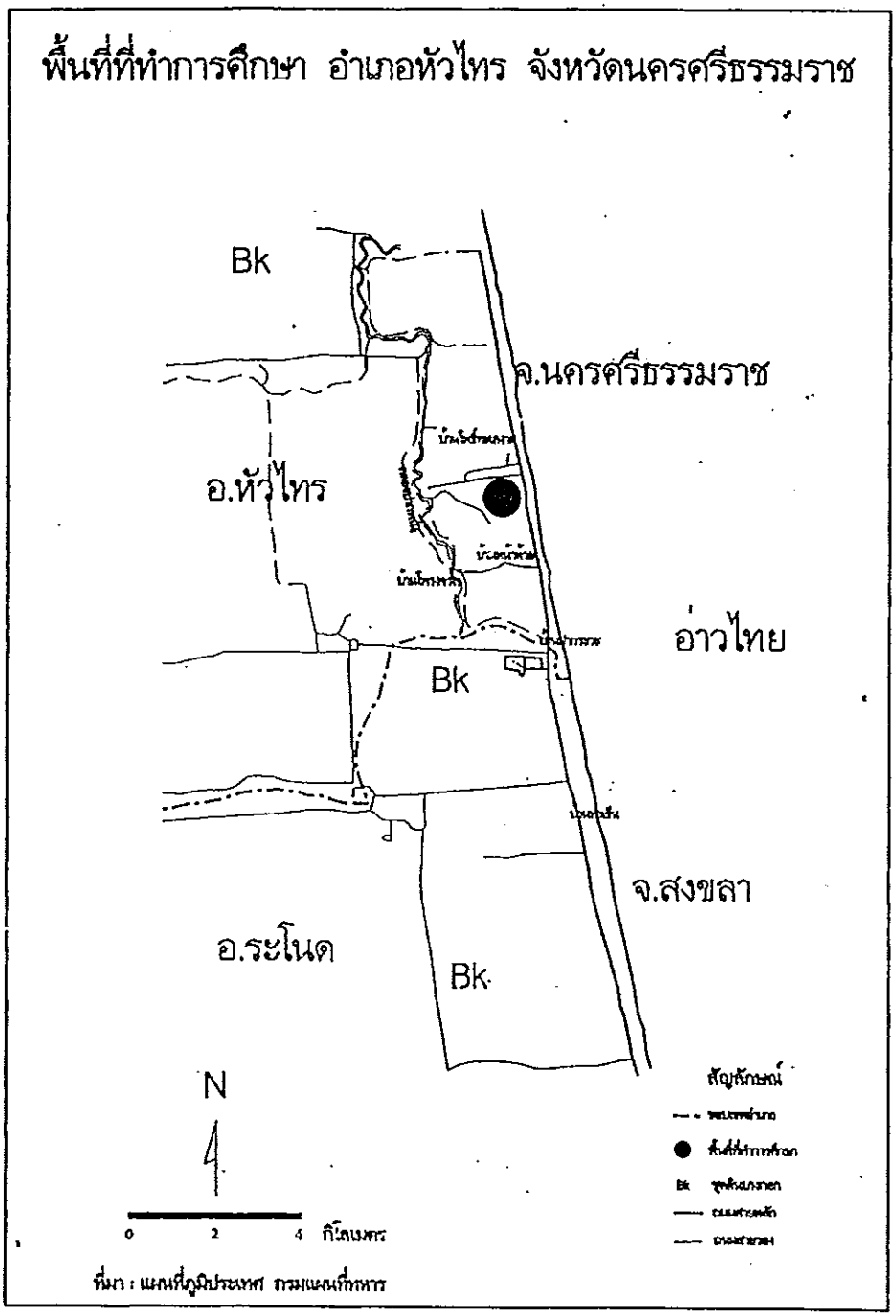
-แบ่งเขตพื้นที่การทำนา**กุ้งและนาข้าว**ให้ชัดเจน (Zoning) รวมทั้งวางระบบการถ่ายเทน้ำเสียให้เป็นระบบและผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ให้น้อยที่สุด

-จัดตั้งตลาดกลาง**เพื่อการเกษตร**ของอำเภอขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการตลาดของเกษตรกร

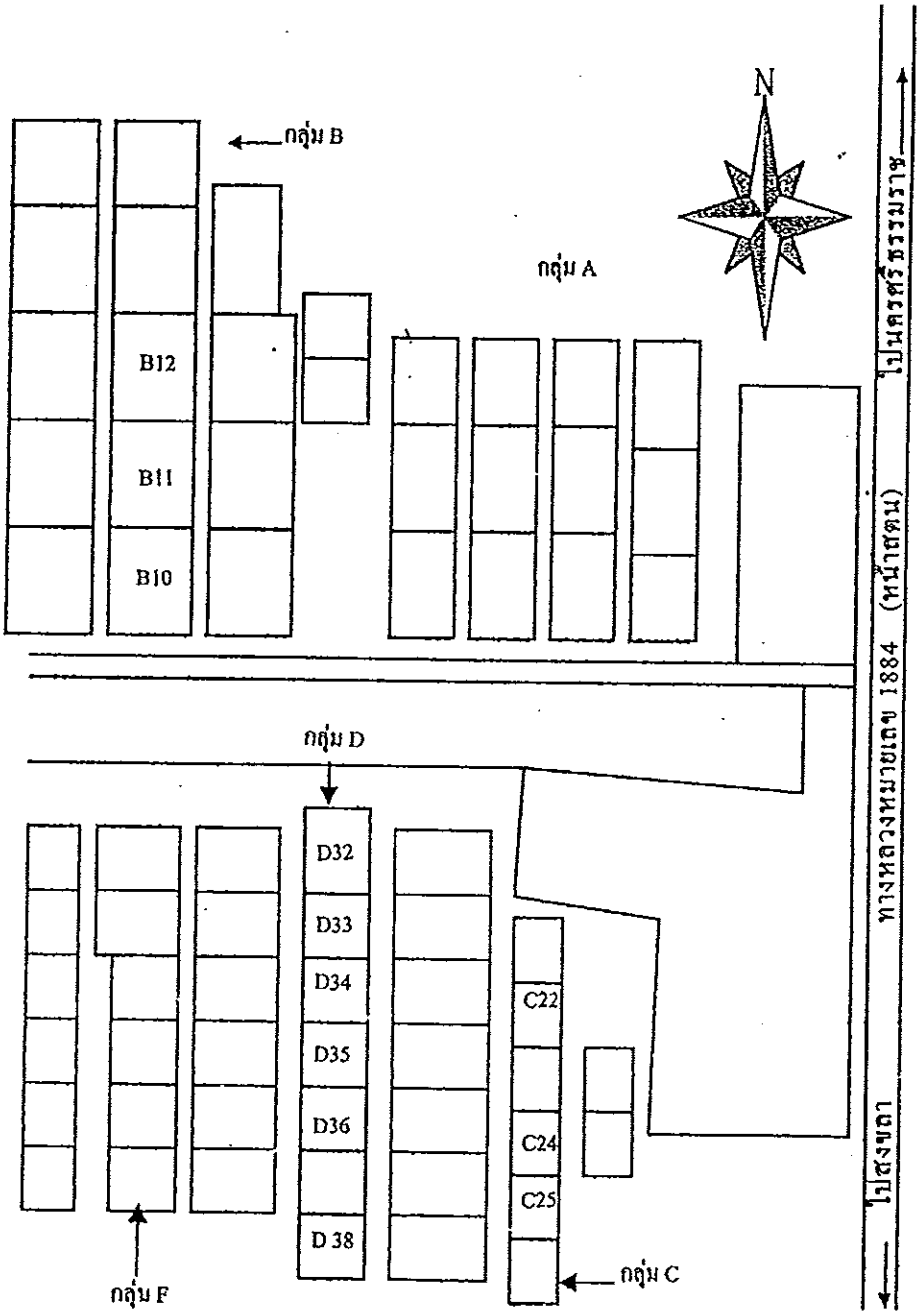
3. ปัญหาโครงสร้างพื้นฐาน

-ประสานแผนปรับปรุงเส้นทางคมนาคมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อปรับปรุงให้มีสภาพที่ดีขึ้น สามารถให้สัญจรไปมาได้สะดวก

ภาพ ก.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินของตำบลหน้าสตน อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพ ก.2 ที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำของพื้นที่ที่สำรวจ



ภาคผนวก ข

คุณสมบัติของดินชุดบางกอก (ชุดดินระโนด)

ดินชุดบางกอกแพร่กระจายในทุกภาคของประเทศไทยและผลจากการสำรวจดินพบว่าส่วนใหญ่พบในบริเวณที่ราบลุ่มและที่ราบชายฝั่งทะเลของภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออก นอกจากนี้ยังพบในที่ราบลุ่มของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือด้วย
ดินชุดนี้เกิดจากการทับถมของตะกอนจากน้ำทะเลและน้ำกร่อยบนที่ลุ่มราบน้ำเคยท่วมถึง สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชันร้อยละ 0-1

ลักษณะทางกายภาพ เนื่องจากดินชุดนี้เป็นดินเหนียวดังนั้นจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง เป็นดินลึกมีการระบายน้ำเลว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่า 120 เซนติเมตรแต่จะมีน้ำขังอยู่ประมาณ 5 เดือนในช่วงฤดูฝน ดินบนลึกประมาณ 30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาเข้มถึงสีเข้มของน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือแดงปนเหลือง ส่วนดินล่างลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตรเป็นต้นไปมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินกลุ่มนี้ถ้าพบแถบชายทะเลมักจะมีเปลือกหอยปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง ที่ความลึกระหว่าง 100-150 เซนติเมตร ในดินชั้นนี้จะพบสารพวกแมงกานีสและเหล็กจับตัวกันเป็นก้อนสีดำอยู่ในลักษณะอ่อนจนถึงค่อน ข้างแข็งปะปนอยู่กระจัดกระจาย ในระดับความลึกที่ต่ำกว่า 125-150 เซนติเมตร ดินจะอ่อนเหลวมีสีเทาปนเขียวเข้ม

ลักษณะทางเคมี จากการวิเคราห์ทางเคมีของตัวแทนดินชุดนี้ ปรากฏว่าดินบนหนาประมาณ 30 เซนติเมตร มี pH อยู่ในช่วง 4.5-8.0 มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ มีการอิ่มตัวด้วยเบสสูง มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมาก มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก ส่วนดินชั้นล่างตั้งแต่ 30 เซนติเมตรลงไปมี pH อยู่ในช่วง6.5-8.5 มีการอิ่มตัวด้วยเบสสูงมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมาก มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชปานกลาง และมีธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก กล่าวโดยสรุปแล้วดินชุดนี้มีความอุดมสมบูรณ์สูงถึงค่อนข้างสูง

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน โดยทั่วไปใช้ในการทำนา ส่วนใหญ่แล้วใช้ทำนาดำ บางพื้นที่ใช้ในการปลูกผักหรือทำสวนผลไม้โดยการยกร่องและทำคันคูกันน้ำท่วม ทำการขุดบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเช่นบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสงขลาและนครศรีธรรมราชที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ภาคผนวก ค.

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำทางเคมี

1. การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ Total Kjeldah Nitrogen

1.1 Potassium sulfate - catalyst Mixture : เตรียมโดยใช้เกลือ 3 ชนิดคือ Potassium sulfate (K_2SO_4) จำนวน 200 กรัม Copper sulfate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 20 กรัม และ Selenium (Se) 2 กรัม โดยบดเกลือแต่ละตัวให้ละเอียดเสียก่อนแล้วค่อยผสมเกลือทั้ง 3 ให้เข้ากันดี

1.2 กรดกำมะถันเข้มข้น (Concentrated H_2SO_4)

1.3 สารละลาย NaOH 40% : ละลาย NaOH 400 กรัมลงในน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์แล้วปริมาณ 500 มล. คนจน NaOH ละลายหมดทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มล. (ควรเตรียมในตู้ดูดควัน)

1.4 Boric acid - indicator solution : ชั่ง Boric acid (H_3BO_3) 20 กรัม ในปีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 900 มล. ให้ความร้อนเล็กน้อยเพื่อให้ Boric acid ละลายเร็วขึ้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม Mixed indicator ลงไป 20 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มล.

1.5 Mixed indicator : ชั่ง Bromocresol green จำนวน 0.099 กรัมและ Methyl red 0.066 กรัม ละลายด้วย Ethanol จำนวน 100 มล. ค่อย ๆ เติมสารละลายด่าง 0.1 N. NaOH จนสารละลาย Indicator เป็นสีม่วงแดง (มี pH ประมาณ 5)

1.6 สารละลายมาตราฐาน 0.05 N ของ H_2SO_4

1.7 สารละลายมาตราฐานแอมโมเนีย : ชั่งแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ที่อบแห้งแล้ว 3.818 กรัม ละลายในน้ำกลั่น กำจัดอิออน ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 ml. โดยสารละลาย 0.1 ml. มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1000 ไมโครกรัมต่อลิตร (1ppm.)

2. การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ Total phosphorus

2.1 สารละลายกรด HCl 1 N

2.2 Color reagent

2.2.1 Antimony potassium tartrate 0.1 % เตรียมโดยละลาย Antimony potassium tartrate 0.1 กรัม ด้วยน้ำ Deionized ปรับปริมาตรเป็น 100 มล.

2.2.2 H_3BO_3 0.8 M เตรียมโดยละลาย H_3BO_3 24.73 กรัม ในน้ำ Deionized ประมาณ 350 มล. อุ่นบน Hotplate ให้ละลายแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

2.2.3 Ammonium molybdate เตรียมโดยละลาย $(HN_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 15 กรัมใน

น้ำ Deionized 250 มล. เติม Conc H_2SO_4 140 มล. ทิ้งไว้ให้เย็นลงแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

ผสมสารละลาย Ammonium molybdate 30 มล. H_3BO_3 0.8 M 90 มล.น้ำ Deionized 330 มล. และ Antimony potassium tartrate 0.1 % 30 มล. เขย่าสารละลายให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชา

2.3 Ascorbic acid 0.5 % (ควรเตรียมเท่าที่จำเป็นในแต่ละครั้ง)

2.4 สารละลายมาตราฐาน P ความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร เตรียมโดยละลาย KH_2PO_4 (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง) 3.4800 กรัม ด้วยน้ำ Deionized ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ค่อย ๆ เติม Conc NHO_3 12 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ Deionized

2.5 สารละลายมาตราฐาน P ความเข้มข้น 10 มก./ลิตร เตรียมโดย ปิเปตสารละลายมาตราฐาน P ความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร 1 มล.ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มล. จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำ Deionized

3. การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ Organic matter

3.1 $K_2Cr_2O_7$ 1.0 N เตรียมโดยละลาย $K_2Cr_2O_7$ 49.07 กรัม (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ105°Cอย่างน้อย 3 ชั่วโมง) ในน้ำ Deionized แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.2 Conc. H_2SO_4

3.3 $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ 0.5 N เตรียมโดยละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ 196.07 กรัมในน้ำ Deionized แล้วเติม Conc. H_2SO_4 15 มล. ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.4 1,10 - Phennanthroline ferrous sulfate indicator (ferrion) เตรียมโดยละลาย 1,10 - Phennanthroline 1.485 กรัม และ $FeSO_4.7H_2O$ 0.695 กรัมในน้ำ Deionized 100 มล.

4. การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ Alkalinity

4.1 Phenolphthalein indicator เตรียมโดยละลาย Phenolphthalein 0.5 กรัม ในเอทธิลแอลกอฮอล์ 95% (C_2H_5OH) จนได้ปริมาตรครบ 100 มล.

4.2 Methyl orange indicator เตรียมโดยละลาย Methyl orange 0.5 กรัมในน้ำ Deionized จนได้ปริมาตรครบ 1000 มล.

4.3 Methyl red indicator เตรียมโดยละลาย Methyl red 0.5 กรัมในน้ำ Deionized ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มล.

4.4 Standard sulfuric acid solution, (H_2SO_4) 0.2 N เตรียมโดย Conc. H_2SO_4 6 มล. ลงในน้ำกลั่น (ที่ต้มเดือดใหม่ ๆ แล้วปิดฝาทำให้เย็น) ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

4.5 Standard Sodium carbonate solution 0.2 N เตรียมโดยชั่ง Sodium carbonate Na_2CO_3 ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 90 นาที แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น จำนวน 10.600 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ ๆ ปิดฝาแล้วทำให้เย็น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

การหาความเข้มข้นของสารละลาย

1. ดูดสารละลาย Na_2CO_3 0.2 N มา 25 มล. ใส่ลงใน Flask ขนาด 125 มล.

2. หยด Methyl red indicator 5 หยด เขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายสีเหลือง

3. ไตเตรทด้วย Standard sulfuric acid solution จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

4. นำสารละลายไปต้มจนเดือดประมาณ 3-5 นาที เพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้หมด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอีกครั้งหนึ่ง

5. ไตเตรทต่อไปอีกด้วย Standard sulfuric acid solution จนสารละลายเป็นสีชมพูอีกครั้ง

6. บันทึกปริมาตร Standard sulfuric acid solution ทั้งหมดที่ใช้ไป

ความเข้มข้นของ Standard sulfuric acid solution (N) = $\frac{(0.2 \times 25)}{\text{Standard sulfuric acid solution(ml.)}}$

ทำการปรับค่าให้ได้ 0.2 N โดยใช้ สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

5. การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ Total ammonia

1. น้ำกลั่น Deionized (Ammonia - free water)

ทำการไล่แอมโมเนียออกจากน้ำกลั่น โดยผ่านน้ำกลั่นลงใน Buretre ขนาด 25 มล. ซึ่งบรรจุ Cation Exchange paresin (Hydrogen from) สูง 25 มล. (ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน)

2. สารละลาย Phenol - alcohol

ละลาย 5 กรัมของ Phenol C_6H_5OH (A.R.) ใน 50 มล. ของ 95% V/V ethyl alcohol, C_2H_5OH

3. สารละลาย Sodium nitroprusside Na_2 Fe $(CN)_5NO.2H_2O$ (A.R.) ในน้ำกลั่น Deionized 200 มล. เก็บรักษาในขวดสีชาและสารละลายนี้มีอายุการใช้งาน 1 เดือน

4. สารละลาย Alkaline citrate

ละลาย 40 กรัมของ Tri - sodium citrate C_3H_4OH $(COO\ Na)_3.2H_2O$ (A.R.) และ 2 กรัมของ NaOH (A.R.) ใน 200 มล. น้ำกลั่น Deionized

5. สารละลาย Sodium hypochlorite, NaOCl

ใช้สารละลาย Hypochlorite ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด, NaOCl (ควรมีความเข้มข้นของ Chlorox มากกว่า 1.5 N สารละลายนี้จะสลายตัวได้อย่างช้า ๆ ควรตรวจสอบความแรงเป็นระยะดังนี้

5.1 สารละลาย 12.5 กรัมของ Sodium thiosulphate, $Na_2S_2O_3.5H_2O$ (A.R.) ในน้ำกลั่น Deionized 500 มล. สารละลายจะมีความเข้มข้น 0.1 N ของ Thiosulphate

5.2 ละลาย 2 กรัมของ KI ใน 50 มล. ของน้ำกลั่น Deionized ใน Flask แล้วดูดสารละลาย NaOCl 1 มล. ใส่ลงไปใน Flask ดังกล่าว

5.3 เติม 5-10 หยดของ HCl เข้มข้น แล้วไตเตรทด้วย 0.1 N Thiosulfate จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองไปเป็นไม่มีสี

5.4 สารละลาย Hypochlorite จะใช้ไม่ได้ถ้าปริมาตรของ Thiosulpate ที่ใช้ในการไตเตรทน้อยกว่า 12 มล.

6. สารละลาย Oxidizing

ผสม 100 มล. ของสารละลาย Alkaline citrate กับ 25 มล. ของสารละลาย Hypochlorite (ควรเตรียมเมื่อใช้งานเท่านั้น)

7. กรด HCl 10% V/V ใช้ล้างเครื่องแก้ว

8. สารละลาย Standard Ammonia

ละลาย 0.165 กรัมของ $(NH_4)_2SO_4$ (A.R.) ซึ่งอบแห้งที่ 110-115 ^{0}C เป็นเวลา 30 นาที กับ 1 ลิตรของน้ำกลั่น Deionized เติม 1 มล. ของ Chloroform สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 2500 μ g-at N/L ทำการเก็บรักษาไว้ในขวดสีชา (ถ้าดูดสารละลายนี้มา 10 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น Deionized ให้ครบ 250 มล. สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 100 μ g-at N/L)

9. เจือจาง 1.0 มล. ของสารละลาย Standard ammonia ลงในน้ำกลั่น Deionized ปรับปริมาตรให้ได้ 500 มล. ใน Volumetric flask สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 5 μ g-at N/L

การเตรียมสารละลายกรดและด่างตามความเข้มข้นต่าง ๆ (APHA, 1995)

ส่วนประกอบที่ต้องการ	HCl	H_2SO_4	HNO_3
- ความถ่วงจำเพาะ (20°C)ของ ACS Grade กรดเข้มข้น	1.174-1.189	1.834-1.836	1.409-1.418
- เปอร์เซ็นต์กรดเข้มข้น	36-37	96-98	69-70
- ความเข้มข้นเป็นนอร์มอล N	11-12	36	15-16
- ปริมาตร (มล.) ของกรดเข้มข้น เพื่อเตรียมสารละลาย 1 ลิตร			
สารละลาย 18 N	-	500 (1+1)	-
สารละลาย 6 N	500 (1+1)	167 (1+5)	380
สารละลาย 1 N	83 (1+11)	28	64
สารละลาย 0.1 N	8.3	2.8	6.4
- ปริมาตร (มล.) ของสารละลาย 6 N เพื่อเตรียม 1 ลิตร ของสารละลาย 0.1 N	17	17	17
- ปริมาณ (มล.) ของสารละลาย 1 N เพื่อเตรียม 0.02 N	20	20	20

ความเข้มข้น NaOH N	น้ำหนัก (กรัม) NaOH ในสารละลาย 1 ลิตร	ปริมาตร (มล.) ของ 15 N NaOH ในสารละลาย 1 ลิตร
6	240	400
1	40	67
0.1	4	6.7

ความเข้มข้น NH_4OH, N	ปริมาตร (มล.) ของ NH_4OH ในสารละลาย 1 ลิตร
5	333
3	200
0.2	13

ภาคผนวก ง.

มาตราฐานคุณภาพดินและน้ำ

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง ของดิน[1](1:1)

ระดับ (rating)	ช่วง (range)
เป็นกรดจัดมาก (Extremely acid)	น้อยกว่า 4.0
เป็นกรดรุนแรงมาก (Very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดรุนแรง (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (Moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (Slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (Near neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างอย่างอ่อน (Slightly Alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (Moderately Alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างรุนแรง (strongly Alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัด(Extremely Alkaline)	มากกว่า 9.0

2. อินทรียวัตถุ ในดิน[3]

ระดับ (rating)	ช่วง (range) (ร้อยละ)
ต่ำมาก (VL)	น้อยกว่า 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)	มากกว่า 4.5

3. TKN ของดิน[3]

ระดับ (rating)	ช่วง (range) (ppm.)
ต่ำมาก (VL)	น้อยกว่า 250
ต่ำ (L)	250-500
ค่อนข้างต่ำ (ML)	500-750
ปานกลาง (M)	750-1250
ค่อนข้างสูง (MH)	1250-1750
สูง (H)	1750-2250
สูงมาก (VH)	มากกว่า 2250

4. 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	มากกว่า 16

1 = ดัดแปลงมาจาก เล็ก มอญเจริญ (2528)

2 = ดัดแปลงมาจาก ยงยุทธ โอสถสภา (2524)

3 = Land Classification Division and FAO Staff (1973)

ค่ามาตราฐานคุณภาพน้ำทะเล

คุณภาพน้ำ	หน่วย	คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
วัตถุลอยน้ำ (Floatable Solid)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
น้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ (Floatable Oil & Grease)	-	มองไม่เห็น
สีและกลิ่น (Color &Odour	-	-
อุณหภูมิ (Water Temp)	°C	ไม่เกิน 33
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	-	7.5-8.9
ความเค็ม (Salinity)	ส่วนในพันส่วน (ppt)	29-35
ความโปร่งแสง (Transparency)	เซนติเมตร	30-60
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่น้อยกว่า 4
ค่ารวมของแบคทีเรียชนิดโคโลฟอร์ม (Total Coliform Bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 (มล.) (MPN/100ml)	ไม่เกิน 1000
โคโลฟอร์มแบคทีเรียชนิด ฟีคอล (Faecal Coliform)	เอ็มพีเอ็น/100 (มล.) (MPN/100ml)	ธ
ไนเตรท - ไนโตรเจน (NO_3-N)	มก./ลิตร (mg/l)	-
ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส (PO_4-P)	มก./ลิตร (mg/l)	-
ค่ารวมของปรอท (Total Hg)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.0001
แคดเมียม (Cd)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.005
โครเมียม (Cr)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.01
โครเมียมเฮ็กซาวาเลนท์ (Cr Hexavalent)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.05
ตะกั่ว(Pb)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.05
ทองแดง (Cu)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.05
แมงกานีส (Mn)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.1
สังกะสี (Zn)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.1

คุณภาพน้ำ	หน่วย	คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
เหล็ก (Fe)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.3
ฟลูออไรด์ (F)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 1.5
คลอรีนตกค้าง (Residual chlorine)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.01
ฟีนอล (Phenol)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.03
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.4*
ไซยาไนด์ (CN)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.01
ซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ลิตร (mg/l)	ไม่เกิน 0.01
พีซีบี (PCB)	มก./ลิตร (mg/l)	ธ
ค่ารวมของสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีน (Total Organochlorine Pesticides)	ไมโครกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.05
กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	เบคเคอเรล/ลิตร (Becquerel/l)	-
ค่าความแรงรังสีรวมแบบแอลฟา (-Gross)	(Becquerel/l)	ไม่เกิน 0.1
ค่าความแรงรังสีรวมแบบเบตา*** (-Gross)	(Becquerel/l)	ไม่เกิน 1
ค่าความเป็นด่าง****	มก./ลิตร	100-200 **

ที่มา : คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537 : 31-33

หมายหตุ ▲ = เปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติ * = ไม่รวมวัตถุลอยน้ำที่เกิดจากธรรมชาติ

** = จะกำหนดตามความจำเป็น *** = ไม่รวมค่าโปแตสเซียม 40 ตามธรรมชาติ

ธ = ธรรมชาติ

**** = ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533. ชลบุรี : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเกษตรศาสตร์บางพระ

ภาคผนวก จ

ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการวิเคราะห์

บ่อ	DO	SAL	NH_3-N	Tran	ALK	pH น้ำ	pH ดิน	EC	TP	OM	TKN
	ppm.	ppt.	ppm.	CM.	ppm.		(1:5)	ms/cm.	ppm.	%	ppm.
B10	-	37	0.4	40	124	8.19	8.13	3.32	408.17	0.75	450
	-	36	0.1	40	124	8.25	8.26	3.51	372.26	0.75	475
	4.2	39	0.04	25	112	8.22	8.33	3.88	340	0.76	486
	3.8	40	0.03	45	142	8.36	8.25	4.09	379	0.82	599
	4.6	41	0.03	25	172	8.37	8.27	4.22	443	0.88	702
	4.9	42	0.05	25	180	8.17	8.24	5.01	536	1.35	771
	5	42	0.46	15	196	8.18	8.19	5.26	579	1.44	862
	4.6	40	0.4	15	156	7.82	8.29	5.2	697	1.95	1045
	3.8	36	1.52	25	148	7.5	8.2	5.17	755	2.02	1224
	3.9	34	0.35	20	148	7.9	8.18	5.14	870	2.63	1441
B11	-	37	0.5	40	118	8.19	8.22	3.19	231	0.94	420
	-	37	0.5	40	112	8.19	8.3	3.31	260	0.94	448
	4.5	38	0.05	35	114	8.28	8.3	3.5	310	0.96	447
	4.3	40	0.03	30	150	8.29	8.35	4.5	586	1.12	574
	4.6	41	0.03	25	178	8.45	7.95	6.49	635	1.36	633
	4.3	44	0.03	25	194	8.41	7.95	7	687	1.59	694
	4.2	41	0.08	15	164	8.34	7.95	6.7	701	1.95	822
	4	36	0.29	25	188	7.96	8.35	6.5	751	2.04	898
	4.5	35	0.3	25	152	7.84	8.3	6.35	775	2.94	1164
	3.8	34	0.11	25	170	8.29	8.22	6.25	837	3.05	1310
B12	-	36	0.05	40	136	8.13	8.39	3.17	309	0.81	482
	-	36	0.02	30	130	8.22	8.5	3.31	232	0.82	485
	4	39	0.05	20	90	8.01	8	4.15	225	0.83	519
	4.8	40	0.1	25	132	8.25	8.33	4.24	495	0.93	644
	4.5	40	0.03	25	148	8.34	8.22	5.55	500	1	671
	4.5	42	0.05	25	168	8.22	8.24	5.72	571	1.19	770
	4.3	43	0.11	15	168	8.17	8.26	6.21	618	1.52	890
	3.9	37	0.66	25	168	8.14	8.32	5.41	728	1.81	1005
	3.8	37	0.31	20	160	7.92	8.35	5.08	776	2.38	1298
	4	34	0.35	20	184	8.03	8.48	5.12	853	2.52	1421

บ่อ	DO	SAL	NH_3-N	Tran	ALK	pH น้ำ	pH ดิน	EC	TP	OM	TKN
	ppm.	ppt.	ppm.	CM.	ppm.		(1:5)	ms/cm.	ppm.	%	ppm.
C22	-	38	0.11	60	160	8.15	8.21	3.9	194	0.97	580
	-	38	0.05	60	156	8.31	8.36	4.42	189	0.99	620
	4	42	0.15	70	154	8.1	8.28	5.07	190	1.07	630
	4.3	41	0.09	35	176	8.33	8.2	6.1	302	1.62	714
	4.6	44	0.08	15	170	8.24	8.03	7.45	332	1.73	859
	4	45	0.03	15	160	8.41	8.06	8.27	407	1.93	850
	4.5	46	0.07	15	150	8.22	8.1	8.35	479	1.74	893
	3.9	45	0.19	20	138	7.88	8.14	8.24	587	2.32	945
	4.5	43	0.62	25	130	7.79	8.14	7.6	639	2.35	1113
	4	39	0.27	20	138	7.77	8.16	7.3	704	2.46	1284
C24	-	38	0.05	40	136	8.33	8.24	4.62	301	1.1	600
	-	38	0.02	30	130	8.25	8.14	4.57	298	1.15	620
	4.7	41	0.02	30	108	8.01	8.1	4.51	215	1.28	668
	4.4	41	0.02	20	114	8.21	8.2	5.5	493	1.34	754
	4.6	43	0.08	15	104	8.12	8.06	6.68	536	1.49	916
	4.2	45	0.11	15	102	8.01	8.12	7.36	543	1.95	1045
	4.5	46	0.49	15	106	8	8.21	7.79	567	2.29	1086
	4.3	45	0.77	20	124	7.88	8.17	6.73	593	2.38	1185
	4.3	42	0.71	20	134	7.85	8.18	6.41	649	2.48	1297
	4	39	0.49	20	136	7.9	8.2	6.05	757	2.6	1306
C25	-	38	0.09	50	182	8.39	8.16	4.55	222	1.09	551
	-	39	0.02	50	164	8.22	8.2	5.03	234	1.12	559
	4.5	40	0.07	50	126	8.17	8.05	5.33	254	1.15	585
	4.3	42	0.04	35	130	8.33	7.96	5.44	253	1.1	621
	4.5	44	0.03	15	178	8.25	7.81	5.54	294	1.16	635
	4	45	0.3	15	174	8.2	8.19	6.04	358	1.32	668
	3.8	45	0.07	15	184	8.24	8.17	6.12	410	1.36	671
	3.9	46	0.1	20	140	8.12	8.19	6.5	450	1.52	806
	4.4	43	0.49	30	138	7.9	8.18	5.9	482	1.62	854
	4.3	39	0.08	30	108	8	8.17	5.8	564	1.73	928

บ่อ	DO	SAL	NH_3-N	Tran	ALK	pH น้ำ	pH ดิน	EC	TP	OM	TKN
	ppm.	ppt.	ppm.	CM.	ppm.		(1:5)	ms/cm.	ppm.	%	ppm.
D32	-	37	0.12	70	170	8.44	7.9	3.95	2966	0.95	490
	-	38	0.03	70	153	8.46	8.27	4.58	230	0.97	494
	4.5	41	0.02	70	150	8.43	8.06	4.12	296	1.04	501
	4	41	0.12	30	187	8.45	8.25	4.38	358	0.95	549
	4.6	42	0.03	25	190	8.45	8.22	5.51	498	1.27	777
	4.3	42	0.04	45	166	8.44	8.05	6.79	516	1.48	826
	4.7	44	0.05	30	180	8.33	7.96	7.08	557	1.61	800
	3.8	42	0.05	25	144	8.17	8.04	6.79	632	1.7	944
	3.9	40	0.41	20	136	7.57	8.17	6.65	678	1.89	1054
	3.7	38	0.18	20	120	8.46	8.18	6.6	729	2.1	1165
D33	-	35	0.12	40	140	8.43	8.2	3.9	380	0.97	574
	-	39	0.02	30	156	8.45	8.27	3.99	387	1.1	577
	4.3	38	0.02	20	156	8.49	8.2	4.42	325	1.14	590
	4.6	41	0.02	20	154	8.34	8.12	4.57	398	1.18	557
	4	40	0.14	30	158	8.32	8.15	5.43	451	1.33	632
	4.5	42	0.04	15	152	8.26	8.12	6.18	523	1.67	746
	4.8	43	0.34	15	156	8.12	8.03	6.37	577	1.64	802
	3.8	44	0.27	15	130	7.91	8.05	6.5	641	1.96	880
	4.6	43	0.28	20	140	7.82	8.04	6.24	688	2.01	965
	4	40	0.31	25	126	7.98	8.1	6.09	735	2.06	1157
D34	-	35	0.67	55	136	8.44	8.17	4.5	250	0.88	538
	-	39	0.02	50	156	8.49	8.17	4.53	255	0.92	540
	4.5	39	0.02	50	174	8.32	8.09	4.62	322	0.97	566
	4.3	40	0.02	50	154	8.37	8.21	4.77	327	1.12	570
	4.6	41	0.03	25	178	8.22	8.13	5.26	355	1.24	581
	4.5	42	0.05	30	172	8.49	7.97	6.83	403	1.27	590
	4.3	43	0.16	15	152	8.2	8.1	7.22	468	1.55	653
	4.5	45	0.31	25	138	8.08	8	7.58	498	1.67	706
	3.8	43	0.22	10	124	7.78	8.21	7.1	548	1.74	816
	4.4	40	0.67	20	138	7.85	8.25	6.5	613	1.89	995

บ่อ	DO	SAL	NH_3-N	Tran	ALK	pH น้ำ	pH ดิน	EC	TP	OM	TKN
	ppm.	ppt.	ppm.	CM.	ppm.		(1:5)	ms/cm.	ppm.	%	ppm.
D35	-	38	0.16	60	174	8.12	8.19	4.46	237	0.76	480
	-	39	0.02	60	154	8.4	8.21	4.71	273	0.8	484
	4.5	39	0.05	60	144	8.28	8.03	4.37	324	0.87	490
	4.6	40	0.06	60	152	8.42	8.07	4.62	370	0.99	501
	4.4	42	0.04	20	196	8.47	7.93	6.69	373	1.1	532
	4.5	43	0.03	25	170	8.38	8.02	8.51	397	1.19	580
	4.6	43	0.03	20	146	8.37	8	7.86	420	1.28	695
	4.5	42	0.04	20	110	8.09	8.15	7.83	479	1.38	701
	4.3	40	0.08	20	140	7.85	8.2	7.8	550	1.62	883
	4.5	39	0.38	20	124	7.99	8.22	7.76	602	1.84	1024
D36	-	38	0.04	40	184	8.39	8.2	4.39	242	0.88	554
	-	38	0.06	40	126	8.29	8.28	4.42	260	0.9	545
	4.4	39	0.05	40	92	8.03	8.24	4.5	218	0.92	582
	4.6	40	0.03	25	104	8.22	8.18	4.63	399	1.02	628
	4.4	41	0.16	25	80	7.99	8.04	6.79	403	1.09	601
	4.2	43	0.04	15	126	8.13	8.19	7.05	420	1.17	682
	4	44	0.05	10	120	8.17	8.17	7.48	456	1.33	742
	4	41	0.08	15	120	8.24	8.19	6.39	546	1.47	826
	4.5	40	0.28	20	130	7.75	8.18	6.33	638	1.69	919
	4	38	0.27	20	118	7.88	8.17	6.3	719	1.92	1097
D38	-	35	0.02	50	146	8.68	8.24	4.02	267	0.81	559
	-	38	0.38	50	160	8.53	8.26	4.26	296	0.85	563
	4.5	38	0.04	50	154	8.37	8.35	4.28	306	0.9	581
	4.6	40	0.05	50	156	8.37	8.3	4.5	357	1.34	597
	4.8	41	0.03	35	182	8.09	8.27	5.06	405	1.44	652
	4.3	42	0.03	20	178	8.46	8.01	6.96	489	1.42	663
	4.5	43	0.08	15	166	8.19	8.03	9.65	523	1.49	708
	4.6	43	0.04	25	170	8.31	8.24	9.32	552	1.54	700
	4.5	42	0.03	35	128	8.24	8.15	8.53	597	1.68	831
	4.6	40	0.3	20	128	7.85	8.2	8.31	625	1.71	987

ภาคผนวก ฉ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ DO ที่แบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 4-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DO04	Between Groups	8.7E-02	2	4.3E-02	.907	.438
	Within Groups	.430	9	4.8E-02		
	Total	.517	11			
DO06	Between Groups	3.2E-02	2	1.6E-02	.169	.847
	Within Groups	.845	9	9.4E-02		
	Total	.877	11			
DO08	Between Groups	8.2E-02	2	4.1E-02	1.097	.375
	Within Groups	.335	9	3.7E-02		
	Total	.417	11			
DO10	Between Groups	.105	2	5.2E-02	.808	.476
	Within Groups	.585	9	6.5E-02		
	Total	.690	11			
DO12	Between Groups	.107	2	5.3E-02	.421	.669
	Within Groups	1.140	9	.127		
	Total	1.247	11			
DO14	Between Groups	.515	2	.258	3.650	.069
	Within Groups	.635	9	7.1E-02		
	Total	1.150	11			
DO16	Between Groups	.152	2	7.6E-02	.698	.523
	Within Groups	.978	9	.109		
	Total	1.129	11			
DO18	Between Groups	.735	2	.367	22.810	.000
	Within Groups	.145	9	1.6E-02		
	Total	.880	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ DO ที่แบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่4-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DO04	Between Groups	.170	3	5.7E-02	1.308	.337
	Within Groups	.347	8	4.3E-02		
	Total	.517	11			
DO06	Between Groups	7.0E-02	3	2.3E-02	.231	.872
	Within Groups	.807	8	.101		
	Total	.877	11			
DO08	Between Groups	5.7E-02	3	1.9E-02	.420	.744
	Within Groups	.360	8	4.5E-02		
	Total	.417	11			
DO10	Between Groups	.203	3	6.8E-02	1.114	.399
	Within Groups	.487	8	6.1E-02		
	Total	.690	11			
DO12	Between Groups	.313	3	.104	.895	.484
	Within Groups	.933	8	.117		
	Total	1.247	11			
DO14	Between Groups	.203	3	6.8E-02	.573	.649
	Within Groups	.947	8	.118		
	Total	1.150	11			
DO16	Between Groups	.209	3	7.0E-02	.606	.629
	Within Groups	.920	8	.115		
	Total	1.129	11			
DO18	Between Groups	.647	3	.216	7.390	.011
	Within Groups	.233	8	2.9E-02		
	Total	.880	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ DO ที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 4-16

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DO04	Between Groups	5.7E-02	3	1.9E-02	.329	.805
	Within Groups	.460	8	5.8E-02		
	Total	.517	11			
DO06	Between Groups	4.5E-02	3	1.5E-02	.144	.930
	Within Groups	.832	8	.104		
	Total	.877	11			
DO08	Between Groups	.173	3	5.8E-02	1.900	.208
	Within Groups	.243	8	3.0E-02		
	Total	.417	11			
DO10	Between Groups	.169	3	5.6E-02	.866	.497
	Within Groups	.521	8	6.5E-02		
	Total	.690	11			
DO12	Between Groups	7.4E-02	3	2.5E-02	.169	.915
	Within Groups	1.172	8	.147		
	Total	1.247	11			
DO14	Between Groups	.537	3	.179	2.333	.150
	Within Groups	.613	8	7.7E-02		
	Total	1.150	11			
DO16	Between Groups	.263	3	8.8E-02	.811	.523
	Within Groups	.866	8	.108		
	Total	1.129	11			
DO18	Between Groups	.435	3	.145	2.607	.124
	Within Groups	.445	8	5.6E-02		
	Total	.880	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Alk ที่แบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ALK0	Between Groups	1834.667	2	917.333	2.214	.165
	Within Groups	3729.000	9	414.333		
	Total	5563.667	11			
ALK02	Between Groups	2193.167	2	1096.583	9.348	.006
	Within Groups	1055.750	9	117.306		
	Total	3248.917	11			
ALK04	Between Groups	4064.667	2	2032.333	4.154	.053
	Within Groups	4403.000	9	489.222		
	Total	8467.667	11			
ALK06	Between Groups	887.167	2	443.583	.763	.494
	Within Groups	5229.750	9	581.083		
	Total	6116.917	11			
ALK08	Between Groups	2994.667	2	1497.333	1.275	.325
	Within Groups	10569.0	9	1174.333		
	Total	13563.7	11			
ALK10	Between Groups	1016.667	2	508.333	.769	.492
	Within Groups	5947.000	9	660.778		
	Total	6963.667	11			
ALK12	Between Groups	228.667	2	114.333	.148	.865
	Within Groups	6966.000	9	774.000		
	Total	7194.667	11			
ALK14	Between Groups	1464.667	2	732.333	1.539	.266
	Within Groups	4283.000	9	475.889		
	Total	5747.667	11			
ALK16	Between Groups	624.667	2	312.333	4.639	.041
	Within Groups	606.000	9	67.333		
	Total	1230.667	11			
ALK18	Between Groups	3176.000	2	1588.000	6.790	.016
	Within Groups	2105.000	9	233.889		
	Total	5281.000	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Alk ที่แบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ALK0	Between Groups	3025.000	3	1008.333	3.178	.085
	Within Groups	2538.667	8	317.333		
	Total	5563.667	11			
ALK02	Between Groups	2244.250	3	748.083	5.957	.020
	Within Groups	1004.667	8	125.583		
	Total	3248.917	11			
ALK04	Between Groups	2686.333	3	895.444	1.239	.358
	Within Groups	5781.333	8	722.667		
	Total	8467.667	11			
ALK06	Between Groups	166.917	3	55.639	.075	.972
	Within Groups	5950.000	8	743.750		
	Total	6116.917	11			
ALK08	Between Groups	3179.667	3	1059.889	.817	.520
	Within Groups	10384.0	8	1298.000		
	Total	13563.7	11			
ALK10	Between Groups	3190.333	3	1063.444	2.255	.159
	Within Groups	3773.333	8	471.667		
	Total	6963.667	11			
ALK12	Between Groups	2370.667	3	790.222	1.310	.336
	Within Groups	4824.000	8	603.000		
	Total	7194.667	11			
ALK14	Between Groups	2998.333	3	999.444	2.908	.101
	Within Groups	2749.333	8	343.667		
	Total	5747.667	11			
ALK16	Between Groups	1030.667	3	343.556	13.742	.002
	Within Groups	200.000	8	25.000		
	Total	1230.667	11			
ALK18	Between Groups	4001.000	3	1333.667	8.335	.008
	Within Groups	1280.000	8	160.000		
	Total	5281.000	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Alk ที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ALK0	Between Groups	1132.333	3	377.444	.681	.588
	Within Groups	4431.333	8	553.917		
	Total	5563.667	11			
ALK02	Between Groups	935.250	3	311.750	1.078	.412
	Within Groups	2313.667	8	289.208		
	Total	3248.917	11			
ALK04	Between Groups	3433.333	3	1144.444	1.819	.222
	Within Groups	5034.333	8	629.292		
	Total	8467.667	11			
ALK06	Between Groups	360.583	3	120.194	.167	.916
	Within Groups	5756.333	8	719.542		
	Total	6116.917	11			
ALK08	Between Groups	2859.000	3	953.000	.712	.572
	Within Groups	10704.7	8	1338.083		
	Total	13563.7	11			
ALK10	Between Groups	2611.000	3	870.333	1.600	.264
	Within Groups	4352.667	8	544.083		
	Total	6963.667	11			
ALK12	Between Groups	2766.000	3	922.000	1.666	.251
	Within Groups	4428.667	8	553.583		
	Total	7194.667	11			
ALK14	Between Groups	2725.000	3	908.333	2.404	.143
	Within Groups	3022.667	8	377.833		
	Total	5747.667	11			
ALK16	Between Groups	782.333	3	260.778	4.653	.036
	Within Groups	448.333	8	56.042		
	Total	1230.667	11			
ALK18	Between Groups	1793.333	3	597.778	1.371	.320
	Within Groups	3487.667	8	435.958		
	Total	5281.000	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ EC ที่แบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EC0	Between Groups	1.313	2	.656	3.248	.087
	Within Groups	1.818	9	.202		
	Total	3.131	11			
EC02	Between Groups	1.939	2	.969	5.452	.028
	Within Groups	1.600	9	.178		
	Total	3.539	11			
EC04	Between Groups	.923	2	.462	2.447	.142
	Within Groups	1.698	9	.189		
	Total	2.621	11			
EC06	Between Groups	.245	2	.123	.304	.745
	Within Groups	3.628	9	.403		
	Total	3.873	11			
EC08	Between Groups	1.013	2	.507	.547	.597
	Within Groups	8.337	9	.926		
	Total	9.350	11			
EC10	Between Groups	1.734	2	.867	.855	.457
	Within Groups	9.125	9	1.014		
	Total	10.859	11			
EC12	Between Groups	3.117	2	1.558	1.176	.352
	Within Groups	11.926	9	1.325		
	Total	15.043	11			
EC14	Between Groups	6.851	2	3.426	3.846	.062
	Within Groups	8.016	9	.891		
	Total	14.867	11			
EC16	Between Groups	5.063	2	2.532	3.505	.075
	Within Groups	6.500	9	.722		
	Total	11.564	11			
EC18	Between Groups	4.333	2	2.166	3.335	.082
	Within Groups	5.847	9	.650		
	Total	10.180	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ EC ที่แบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EC0	Between Groups	2.429	3	.810	9.235	.006
	Within Groups	.701	8	8.8E-02		
	Total	3.131	11			
EC02	Between Groups	2.977	3	.992	14.121	.001
	Within Groups	.562	8	7.0E-02		
	Total	3.539	11			
EC04	Between Groups	1.466	3	.489	3.387	.074
	Within Groups	1.155	8	.144		
	Total	2.621	11			
EC06	Between Groups	1.229	3	.410	1.239	.358
	Within Groups	2.644	8	.331		
	Total	3.873	11			
EC08	Between Groups	1.847	3	.616	.656	.601
	Within Groups	7.504	8	.938		
	Total	9.350	11			
EC10	Between Groups	3.808	3	1.269	1.440	.302
	Within Groups	7.051	8	.881		
	Total	10.859	11			
EC12	Between Groups	6.031	3	2.010	1.785	.228
	Within Groups	9.012	8	1.126		
	Total	15.043	11			
EC14	Between Groups	8.108	3	2.703	3.199	.084
	Within Groups	6.759	8	.845		
	Total	14.867	11			
EC16	Between Groups	5.959	3	1.990	2.845	.105
	Within Groups	5.595	8	.699		
	Total	11.564	11			
EC18	Between Groups	5.114	3	1.705	2.692	.117
	Within Groups	5.066	8	.633		
	Total	10.180	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ EC ที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EC0	Between Groups	1.360	3	.453	2.049	.186
	Within Groups	1.770	8	.221		
	Total	3.131	11			
EC02	Between Groups	1.212	3	.404	1.389	.315
	Within Groups	2.327	8	.291		
	Total	3.539	11			
EC04	Between Groups	.308	3	.103	.356	.787
	Within Groups	2.313	8	.289		
	Total	2.621	11			
EC06	Between Groups	1.420	3	.473	1.544	.277
	Within Groups	2.453	8	.307		
	Total	3.873	11			
EC08	Between Groups	1.578	3	.526	.541	.667
	Within Groups	7.773	8	.972		
	Total	9.350	11			
EC10	Between Groups	6.101	3	2.034	3.419	.073
	Within Groups	4.758	8	.595		
	Total	10.859	11			
EC12	Between Groups	11.310	3	3.770	8.079	.008
	Within Groups	3.733	8	.467		
	Total	15.043	11			
EC14	Between Groups	9.916	3	3.305	5.340	.026
	Within Groups	4.952	8	.619		
	Total	14.867	11			
EC16	Between Groups	7.862	3	2.621	5.664	.022
	Within Groups	3.702	8	.463		
	Total	11.564	11			
EC18	Between Groups	5.789	3	1.930	3.516	.069
	Within Groups	4.391	8	.549		
	Total	10.180	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ NH_3-Nที่แบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
NH0	Between Groups	9.3E-02	3	3.1E-02	.959	.457
	Within Groups	.258	8	3.2E-02		
	Total	.351	11			
NH02	Between Groups	2.4E-02	3	8.2E-03	.730	.562
	Within Groups	8.9E-02	8	1.1E-02		
	Total	.114	11			
NH04	Between Groups	4.4E-03	3	1.5E-03	1.188	.374
	Within Groups	9.8E-03	8	1.2E-03		
	Total	1.4E-02	11			
NH06	Between Groups	7.6E-05	3	2.5E-05	.016	.997
	Within Groups	1.3E-02	8	1.6E-03		
	Total	1.3E-02	11			
NH08	Between Groups	8.9E-03	3	3.0E-03	1.615	.261
	Within Groups	1.5E-02	8	1.8E-03		
	Total	2.4E-02	11			
NH10	Between Groups	1.3E-02	3	4.2E-03	.639	.611
	Within Groups	5.2E-02	8	6.5E-03		
	Total	6.5E-02	11			
NH12	Between Groups	.106	3	3.5E-02	1.440	.302
	Within Groups	.197	8	2.5E-02		
	Total	.303	11			
NH14	Between Groups	.273	3	9.1E-02	1.951	.200
	Within Groups	.373	8	4.7E-02		
	Total	.646	11			
NH16	Between Groups	.409	3	.136	.838	.510
	Within Groups	1.300	8	.162		
	Total	1.708	11			
NH18	Between Groups	4.1E-02	3	1.4E-02	.456	.720
	Within Groups	.242	8	3.0E-02		
	Total	.283	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ NH_3-Nที่แบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
NH0	Between Groups	.209	3	7.0E-02	3.928	.054
	Within Groups	.142	8	1.8E-02		
	Total	.351	11			
NH02	Between Groups	4.3E-02	3	1.4E-02	1.628	.258
	Within Groups	7.1E-02	8	8.8E-03		
	Total	.114	11			
NH04	Between Groups	2.8E-03	3	9.5E-04	.669	.594
	Within Groups	1.1E-02	8	1.4E-03		
	Total	1.4E-02	11			
NH06	Between Groups	3.7E-04	3	1.2E-04	.079	.969
	Within Groups	1.2E-02	8	1.5E-03		
	Total	1.3E-02	11			
NH08	Between Groups	1.2E-02	3	4.0E-03	2.809	.108
	Within Groups	1.2E-02	8	1.4E-03		
	Total	2.4E-02	11			
NH10	Between Groups	1.0E-02	3	3.4E-03	.498	.694
	Within Groups	5.5E-02	8	6.8E-03		
	Total	6.5E-02	11			
NH12	Between Groups	1.9E-02	3	6.3E-03	.176	.909
	Within Groups	.284	8	3.6E-02		
	Total	.303	11			
NH14	Between Groups	.120	3	4.0E-02	.609	.628
	Within Groups	.526	8	6.6E-02		
	Total	.646	11			
NH16	Between Groups	.396	3	.132	.804	.526
	Within Groups	1.312	8	.164		
	Total	1.708	11			
NH18	Between Groups	.138	3	4.6E-02	2.552	.129
	Within Groups	.145	8	1.8E-02		
	Total	.283	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ NH_3-Nที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
NH0	Between Groups	8.1E-02	2	4.1E-02	1.359	.305
	Within Groups	.269	9	3.0E-02		
	Total	.351	11			
NH02	Between Groups	1.4E-02	2	6.9E-03	.618	.560
	Within Groups	.100	9	1.1E-02		
	Total	.114	11			
NH04	Between Groups	8.7E-04	2	4.3E-04	.293	.753
	Within Groups	1.3E-02	9	1.5E-03		
	Total	1.4E-02	11			
NH06	Between Groups	1.3E-03	2	6.3E-04	.498	.624
	Within Groups	1.1E-02	9	1.3E-03		
	Total	1.3E-02	11			
NH08	Between Groups	1.1E-02	2	5.7E-03	4.135	.053
	Within Groups	1.2E-02	9	1.4E-03		
	Total	2.4E-02	11			
NH10	Between Groups	8.8E-03	2	4.4E-03	.704	.520
	Within Groups	5.6E-02	9	6.2E-03		
	Total	6.5E-02	11			
NH12	Between Groups	9.0E-02	2	4.5E-02	1.891	.206
	Within Groups	.213	9	2.4E-02		
	Total	.303	11			
NH14	Between Groups	.417	2	.209	8.195	.009
	Within Groups	.229	9	2.5E-02		
	Total	.646	11			
NH16	Between Groups	.521	2	.261	1.977	.194
	Within Groups	1.187	9	.132		
	Total	1.708	11			
NH18	Between Groups	2.1E-02	2	1.0E-02	.357	.709
	Within Groups	.262	9	2.9E-02		
	Total	.283	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ OMที่แบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
OM0	Between Groups	7.1E-03	2	3.6E-03	.227	.801
	Within Groups	.141	9	1.6E-02		
	Total	.148	11			
OM02	Between Groups	1.4E-02	2	6.8E-03	.357	.709
	Within Groups	.172	9	1.9E-02		
	Total	.186	11			
OM04	Between Groups	1.6E-02	2	8.2E-03	.320	.734
	Within Groups	.232	9	2.6E-02		
	Total	.248	11			
OM06	Between Groups	4.0E-02	2	2.0E-02	.364	.705
	Within Groups	.492	9	5.5E-02		
	Total	.532	11			
OM08	Between Groups	7.6E-02	2	3.8E-02	.552	.594
	Within Groups	.620	9	6.9E-02		
	Total	.696	11			
OM10	Between Groups	.159	2	7.9E-02	1.078	.380
	Within Groups	.663	9	7.4E-02		
	Total	.822	11			
OM12	Between Groups	.291	2	.146	2.155	.172
	Within Groups	.608	9	6.8E-02		
	Total	.899	11			
OM14	Between Groups	.551	2	.276	4.013	.057
	Within Groups	.618	9	6.9E-02		
	Total	1.169	11			
OM16	Between Groups	1.263	2	.632	8.478	.009
	Within Groups	.671	9	7.5E-02		
	Total	1.934	11			
OM18	Between Groups	1.680	2	.840	21.541	.000
	Within Groups	.351	9	3.9E-02		
	Total	2.031	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ OMที่แบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
OM0	Between Groups	4.7E-02	3	1.6E-02	1.251	.354
	Within Groups	.101	8	1.3E-02		
	Total	.148	11			
OM02	Between Groups	8.6E-02	3	2.9E-02	2.310	.153
	Within Groups	9.9E-02	8	1.2E-02		
	Total	.186	11			
OM04	Between Groups	.140	3	4.7E-02	3.430	.073
	Within Groups	.109	8	1.4E-02		
	Total	.248	11			
OM06	Between Groups	.138	3	4.6E-02	.937	.467
	Within Groups	.394	8	4.9E-02		
	Total	.532	11			
OM08	Between Groups	.186	3	6.2E-02	.975	.451
	Within Groups	.510	8	6.4E-02		
	Total	.696	11			
OM10	Between Groups	.261	3	8.7E-02	1.242	.357
	Within Groups	.561	8	7.0E-02		
	Total	.822	11			
OM12	Between Groups	.347	3	.116	1.675	.249
	Within Groups	.552	8	6.9E-02		
	Total	.899	11			
OM14	Between Groups	.497	3	.166	1.969	.197
	Within Groups	.673	8	8.4E-02		
	Total	1.169	11			
OM16	Between Groups	1.037	3	.346	3.083	.090
	Within Groups	.897	8	.112		
	Total	1.934	11			
OM18	Between Groups	1.478	3	.493	7.125	.012
	Within Groups	.553	8	6.9E-02		
	Total	2.031	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ OMที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
OM0	Between Groups	2.6E-02	3	8.6E-03	.567	.652
	Within Groups	.122	8	1.5E-02		
	Total	.148	11			
OM02	Between Groups	3.4E-02	3	1.1E-02	.600	.633
	Within Groups	.152	8	1.9E-02		
	Total	.186	11			
OM04	Between Groups	5.8E-02	3	1.9E-02	.821	.518
	Within Groups	.190	8	2.4E-02		
	Total	.248	11			
OM06	Between Groups	.382	3	.127	6.792	.014
	Within Groups	.150	8	1.9E-02		
	Total	.532	11			
OM08	Between Groups	.271	3	9.0E-02	1.704	.243
	Within Groups	.425	8	5.3E-02		
	Total	.696	11			
OM10	Between Groups	.427	3	.142	2.887	.102
	Within Groups	.395	8	4.9E-02		
	Total	.822	11			
OM12	Between Groups	.262	3	8.7E-02	1.094	.406
	Within Groups	.638	8	8.0E-02		
	Total	.899	11			
OM14	Between Groups	.413	3	.138	1.455	.298
	Within Groups	.756	8	9.5E-02		
	Total	1.169	11			
OM16	Between Groups	.563	3	.188	1.096	.405
	Within Groups	1.370	8	.171		
	Total	1.934	11			
OM18	Between Groups	.642	3	.214	1.234	.359
	Within Groups	1.389	8	.174		
	Total	2.031	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ pH ของน้ำที่แบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PHH0	Between Groups	9.9E-02	2	5.0E-02	2.360	.150
	Within Groups	.190	9	2.1E-02		
	Total	.289	11			
PHH02	Between Groups	7.6E-02	2	3.8E-02	4.074	.055
	Within Groups	8.4E-02	9	9.3E-03		
	Total	.160	11			
PHH04	Between Groups	5.6E-02	2	2.8E-02	1.046	.390
	Within Groups	.241	9	2.7E-02		
	Total	.297	11			
PHH06	Between Groups	1.8E-02	2	9.2E-03	1.924	.202
	Within Groups	4.3E-02	9	4.8E-03		
	Total	6.1E-02	11			
PHH08	Between Groups	1.2E-02	2	5.9E-03	.215	.810
	Within Groups	.247	9	2.7E-02		
	Total	.259	11			
PHH10	Between Groups	6.6E-02	2	3.3E-02	1.521	.270
	Within Groups	.194	9	2.2E-02		
	Total	.260	11			
PHH12	Between Groups	1.2E-02	2	6.0E-03	.527	.608
	Within Groups	.103	9	1.1E-02		
	Total	.115	11			
PHH14	Between Groups	8.0E-02	2	4.0E-02	1.875	.209
	Within Groups	.192	9	2.1E-02		
	Total	.272	11			
PHH16	Between Groups	9.1E-02	2	4.5E-02	2.401	.146
	Within Groups	.170	9	1.9E-02		
	Total	.260	11			
PHH18	Between Groups	2.9E-02	2	1.4E-02	.324	.731
	Within Groups	.400	9	4.4E-02		
	Total	.429	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ pH ของน้ำที่แบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PHH0	Between Groups	5.4E-02	3	1.8E-02	.616	.624
	Within Groups	.235	8	2.9E-02		
	Total	.289	11			
PHH02	Between Groups	4.8E-02	3	1.6E-02	1.133	.392
	Within Groups	.112	8	1.4E-02		
	Total	.160	11			
PHH04	Between Groups	5.5E-02	3	1.8E-02	.600	.633
	Within Groups	.243	8	3.0E-02		
	Total	.297	11			
PHH06	Between Groups	1.4E-02	3	4.6E-03	.770	.543
	Within Groups	4.7E-02	8	5.9E-03		
	Total	6.1E-02	11			
PHH08	Between Groups	7.8E-02	3	2.6E-02	1.159	.384
	Within Groups	.180	8	2.3E-02		
	Total	.259	11			
PHH10	Between Groups	4.4E-02	3	1.5E-02	.548	.663
	Within Groups	.215	8	2.7E-02		
	Total	.260	11			
PHH12	Between Groups	1.4E-02	3	4.7E-03	.378	.772
	Within Groups	.100	8	1.3E-02		
	Total	.115	11			
PHH14	Between Groups	.128	3	4.3E-02	2.375	.146
	Within Groups	.144	8	1.8E-02		
	Total	.272	11			
PHH16	Between Groups	.101	3	3.4E-02	1.697	.244
	Within Groups	.159	8	2.0E-02		
	Total	.260	11			
PHH18	Between Groups	.167	3	5.6E-02	1.709	.242
	Within Groups	.261	8	3.3E-02		
	Total	.429	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ pH ของน้ำที่แบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PHH0	Between Groups	7.7E-02	3	2.6E-02	.972	.452
	Within Groups	.212	8	2.6E-02		
	Total	.289	11			
PHH02	Between Groups	9.2E-02	3	3.1E-02	3.636	.064
	Within Groups	6.8E-02	8	8.4E-03		
	Total	.160	11			
PHH04	Between Groups	6.1E-02	3	2.0E-02	.691	.583
	Within Groups	.236	8	3.0E-02		
	Total	.297	11			
PHH06	Between Groups	1.3E-02	3	4.2E-03	.699	.578
	Within Groups	4.8E-02	8	6.1E-03		
	Total	6.1E-02	11			
PHH08	Between Groups	8.2E-02	3	2.7E-02	1.238	.358
	Within Groups	.177	8	2.2E-02		
	Total	.259	11			
PHH10	Between Groups	4.8E-02	3	1.6E-02	.607	.629
	Within Groups	.212	8	2.6E-02		
	Total	.260	11			
PHH12	Between Groups	2.9E-02	3	9.8E-03	.921	.474
	Within Groups	8.5E-02	8	1.1E-02		
	Total	.115	11			
PHH14	Between Groups	2.1E-02	3	6.9E-03	.219	.881
	Within Groups	.251	8	3.1E-02		
	Total	.272	11			
PHH16	Between Groups	9.4E-02	3	3.1E-02	1.501	.287
	Within Groups	.166	8	2.1E-02		
	Total	.260	11			
PHH18	Between Groups	.135	3	4.5E-02	1.226	.362
	Within Groups	.294	8	3.7E-02		
	Total	.429	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ pH ของดินแบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PHS0	Between Groups	2.8E-02	2	1.4E-02	1.154	.358
	Within Groups	.108	9	1.2E-02		
	Total	.135	11			
PHS02	Between Groups	2.0E-02	2	1.0E-02	1.195	.347
	Within Groups	7.7E-02	9	8.6E-03		
	Total	9.8E-02	11			
PHS04	Between Groups	9.5E-03	2	4.8E-03	.253	.782
	Within Groups	.170	9	1.9E-02		
	Total	.179	11			
PHS06	Between Groups	4.5E-02	2	2.2E-02	2.210	.166
	Within Groups	9.1E-02	9	1.0E-02		
	Total	.136	11			
PHS08	Between Groups	1.9E-02	2	9.3E-03	.388	.689
	Within Groups	.216	9	2.4E-02		
	Total	.234	11			
PHS10	Between Groups	1.7E-02	2	8.3E-03	.767	.492
	Within Groups	9.7E-02	9	1.1E-02		
	Total	.114	11			
PHS12	Between Groups	1.8E-02	2	9.2E-03	.833	.465
	Within Groups	9.9E-02	9	1.1E-02		
	Total	.117	11			
PHS14	Between Groups	6.9E-02	2	3.5E-02	4.695	.040
	Within Groups	6.6E-02	9	7.4E-03		
	Total	.136	11			
PHS16	Between Groups	3.2E-02	2	1.6E-02	4.165	.052
	Within Groups	3.4E-02	9	3.8E-03		
	Total	6.6E-02	11			
PHS18	Between Groups	2.8E-02	2	1.4E-02	1.858	.211
	Within Groups	6.7E-02	9	7.4E-03		
	Total	9.4E-02	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ pH ของดินแบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PHS0	Between Groups	2.7E-02	3	9.1E-03	.675	.591
	Within Groups	.108	8	1.4E-02		
	Total	.135	11			
PHS02	Between Groups	3.3E-02	3	1.1E-02	1.361	.322
	Within Groups	6.5E-02	8	8.1E-03		
	Total	9.8E-02	11			
PHS04	Between Groups	1.8E-02	3	5.9E-03	.294	.829
	Within Groups	.161	8	2.0E-02		
	Total	.179	11			
PHS06	Between Groups	6.1E-02	3	2.0E-02	2.169	.170
	Within Groups	7.5E-02	8	9.4E-03		
	Total	.136	11			
PHS08	Between Groups	4.2E-02	3	1.4E-02	.588	.640
	Within Groups	.192	8	2.4E-02		
	Total	.234	11			
PHS10	Between Groups	9.8E-03	3	3.3E-03	.251	.859
	Within Groups	.104	8	1.3E-02		
	Total	.114	11			
PHS12	Between Groups	1.2E-02	3	3.9E-03	.291	.831
	Within Groups	.106	8	1.3E-02		
	Total	.117	11			
PHS14	Between Groups	.100	3	3.3E-02	7.470	.010
	Within Groups	3.6E-02	8	4.5E-03		
	Total	.136	11			
PHS16	Between Groups	3.8E-02	3	1.3E-02	3.668	.063
	Within Groups	2.8E-02	8	3.5E-03		
	Total	6.6E-02	11			
PHS18	Between Groups	3.0E-02	3	9.9E-03	1.222	.363
	Within Groups	6.5E-02	8	8.1E-03		
	Total	9.4E-02	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ pH ของดินแบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PHS0	Between Groups	3.4E-02	3	1.1E-02	.898	.483
	Within Groups	.101	8	1.3E-02		
	Total	.135	11			
PHS02	Between Groups	2.2E-02	3	7.2E-03	.764	.545
	Within Groups	7.6E-02	8	9.5E-03		
	Total	9.8E-02	11			
PHS04	Between Groups	4.0E-02	3	1.3E-02	.776	.540
	Within Groups	.139	8	1.7E-02		
	Total	.179	11			
PHS06	Between Groups	1.3E-02	3	4.5E-03	.291	.831
	Within Groups	.122	8	1.5E-02		
	Total	.136	11			
PHS08	Between Groups	1.9E-02	3	6.5E-03	.241	.865
	Within Groups	.215	8	2.7E-02		
	Total	.234	11			
PHS10	Between Groups	3.9E-02	3	1.3E-02	1.399	.312
	Within Groups	7.5E-02	8	9.4E-03		
	Total	.114	11			
PHS12	Between Groups	1.9E-02	3	6.4E-03	.522	.679
	Within Groups	9.8E-02	8	1.2E-02		
	Total	.117	11			
PHS14	Between Groups	9.1E-02	3	3.0E-02	5.372	.026
	Within Groups	4.5E-02	8	5.6E-03		
	Total	.136	11			
PHS16	Between Groups	3.3E-02	3	1.1E-02	2.665	.119
	Within Groups	3.3E-02	8	4.1E-03		
	Total	6.6E-02	11			
PHS18	Between Groups	2.5E-02	3	8.2E-03	.944	.464
	Within Groups	7.0E-02	8	8.7E-03		
	Total	9.4E-02	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Sal ของดินแบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
SAL0	Between Groups	.667	2	.333	.176	.841
	Within Groups	17.000	9	1.889		
	Total	17.667	11			
SAL02	Between Groups	8.667	2	4.333	9.176	.007
	Within Groups	4.250	9	.472		
	Total	12.917	11			
SAL04	Between Groups	2.167	2	1.083	.582	.578
	Within Groups	16.750	9	1.861		
	Total	18.917	11			
SAL06	Between Groups	.500	2	.250	.500	.622
	Within Groups	4.500	9	.500		
	Total	5.000	11			
SAL08	Between Groups	1.167	2	.583	.269	.770
	Within Groups	19.500	9	2.167		
	Total	20.667	11			
SAL10	Between Groups	.167	2	8.3E-02	.040	.961
	Within Groups	18.750	9	2.083		
	Total	18.917	11			
SAL12	Between Groups	3.167	2	1.583	.655	.542
	Within Groups	21.750	9	2.417		
	Total	24.917	11			
SAL14	Between Groups	44.667	2	22.333	2.913	.106
	Within Groups	69.000	9	7.667		
	Total	113.667	11			
SAL16	Between Groups	48.667	2	24.333	4.977	.035
	Within Groups	44.000	9	4.889		
	Total	92.667	11			
SAL18	Between Groups	41.167	2	20.583	8.233	.009
	Within Groups	22.500	9	2.500		
	Total	63.667	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตาราง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของ Sal ของดินแบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
SAL0	Between Groups	.333	3	.111	.051	.984
	Within Groups	17.333	8	2.167		
	Total	17.667	11			
SAL02	Between Groups	10.250	3	3.417	10.250	.004
	Within Groups	2.667	8	.333		
	Total	12.917	11			
SAL04	Between Groups	4.250	3	1.417	.773	.541
	Within Groups	14.667	8	1.833		
	Total	18.917	11			
SAL06	Between Groups	1.667	3	.556	1.333	.330
	Within Groups	3.333	8	.417		
	Total	5.000	11			
SAL08	Between Groups	4.667	3	1.556	.778	.539
	Within Groups	16.000	8	2.000		
	Total	20.667	11			
SAL10	Between Groups	.917	3	.306	.136	.936
	Within Groups	18.000	8	2.250		
	Total	18.917	11			
SAL12	Between Groups	10.917	3	3.639	2.079	.181
	Within Groups	14.000	8	1.750		
	Total	24.917	11			
SAL14	Between Groups	81.000	3	27.000	6.612	.015
	Within Groups	32.667	8	4.083		
	Total	113.667	11			
SAL16	Between Groups	75.333	3	25.111	11.590	.003
	Within Groups	17.333	8	2.167		
	Total	92.667	11			
SAL18	Between Groups	59.000	3	19.667	33.714	.000
	Within Groups	4.667	8	.583		
	Total	63.667	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Sal ของดินแบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
SAL0	Between Groups	.500	3	.167	.078	.970
	Within Groups	17.167	8	2.146		
	Total	17.667	11			
SAL02	Between Groups	6.250	3	2.083	2.500	.133
	Within Groups	6.667	8	.833		
	Total	12.917	11			
SAL04	Between Groups	3.583	3	1.194	.623	.620
	Within Groups	15.333	8	1.917		
	Total	18.917	11			
SAL06	Between Groups	.667	3	.222	.410	.750
	Within Groups	4.333	8	.542		
	Total	5.000	11			
SAL08	Between Groups	4.500	3	1.500	.742	.556
	Within Groups	16.167	8	2.021		
	Total	20.667	11			
SAL10	Between Groups	5.000	3	1.667	.958	.458
	Within Groups	13.917	8	1.740		
	Total	18.917	11			
SAL12	Between Groups	9.500	3	3.167	1.643	.255
	Within Groups	15.417	8	1.927		
	Total	24.917	11			
SAL14	Between Groups	41.083	3	13.694	1.509	.285
	Within Groups	72.583	8	9.073		
	Total	113.667	11			
SAL16	Between Groups	42.750	3	14.250	2.284	.156
	Within Groups	49.917	8	6.240		
	Total	92.667	11			
SAL18	Between Groups	41.083	3	13.694	4.851	.033
	Within Groups	22.583	8	2.823		
	Total	63.667	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TKN ของดินแบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TKN0	Between Groups	8032.667	2	4016.333	1.311	.316
	Within Groups	27569.0	9	3063.222		
	Total	35601.7	11			
TKN02	Between Groups	5829.167	2	2914.583	.855	.457
	Within Groups	30685.8	9	3409.528		
	Total	36514.9	11			
TKN04	Between Groups	3321.167	2	1660.583	.308	.742
	Within Groups	48503.8	9	5389.306		
	Total	51824.9	11			
TKN06	Between Groups	9994.500	2	4997.250	1.005	.404
	Within Groups	44743.5	9	4971.500		
	Total	54738.0	11			
TKN08	Between Groups	41271.2	2	20635.6	1.827	.216
	Within Groups	101628	9	11292.0		
	Total	142899	11			
TKN10	Between Groups	73127.2	2	36563.6	3.095	.095
	Within Groups	106332	9	11814.6		
	Total	179459	11			
TKN12	Between Groups	109127	2	54563.3	8.960	.007
	Within Groups	54805.5	9	6089.500		
	Total	163932	11			
TKN14	Between Groups	186914	2	93457.0	13.979	.002
	Within Groups	60168.3	9	6685.361		
	Total	247082	11			
TKN16	Between Groups	322526	2	161263	38.303	.000
	Within Groups	37891.5	9	4210.167		
	Total	360418	11			
TKN18	Between Groups	297994	2	148997	34.750	.000
	Within Groups	38588.8	9	4287.639		
	Total	336582	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TKN ของดินแบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TKN0	Between Groups	22387.7	3	7462.556	4.518	.039
	Within Groups	13214.0	8	1651.750		
	Total	35601.7	11			
TKN02	Between Groups	19646.9	3	6548.972	3.106	.089
	Within Groups	16868.0	8	2108.500		
	Total	36514.9	11			
TKN04	Between Groups	23736.3	3	7912.083	2.253	.159
	Within Groups	28088.7	8	3511.083		
	Total	51824.9	11			
TKN06	Between Groups	6692.667	3	2230.889	.371	.776
	Within Groups	48045.3	8	6005.667		
	Total	54738.0	11			
TKN08	Between Groups	43660.9	3	14553.6	1.173	.379
	Within Groups	99238.0	8	12404.8		
	Total	142899	11			
TKN10	Between Groups	88220.9	3	29407.0	2.578	.126
	Within Groups	91238.0	8	11404.8		
	Total	179459	11			
TKN12	Between Groups	77298.7	3	25766.2	2.379	.145
	Within Groups	86633.3	8	10829.2		
	Total	163932	11			
TKN14	Between Groups	147814	3	49271.4	3.971	.053
	Within Groups	99268.0	8	12408.5		
	Total	247082	11			
TKN16	Between Groups	245500	3	81833.2	5.697	.022
	Within Groups	114918	8	14364.8		
	Total	360418	11			
TKN18	Between Groups	264920	3	88306.5	9.858	.005
	Within Groups	71662.7	8	8957.833		
	Total	336582	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TKN ของดินแบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TKN0	Between Groups	19755.6	3	6585.194	3.325	.077
	Within Groups	15846.1	8	1980.760		
	Total	35601.7	11			
TKN02	Between Groups	22242.2	3	7414.083	4.156	.048
	Within Groups	14272.7	8	1784.083		
	Total	36514.9	11			
TKN04	Between Groups	28101.5	3	9367.167	3.159	.086
	Within Groups	23723.4	8	2965.427		
	Total	51824.9	11			
TKN06	Between Groups	32569.8	3	10856.6	3.918	.054
	Within Groups	22168.2	8	2771.021		
	Total	54738.0	11			
TKN08	Between Groups	82207.7	3	27402.6	3.612	.065
	Within Groups	60691.3	8	7586.406		
	Total	142899	11			
TKN10	Between Groups	90196.8	3	30065.6	2.695	.117
	Within Groups	89262.1	8	11157.8		
	Total	179459	11			
TKN12	Between Groups	60711.9	3	20237.3	1.568	.271
	Within Groups	103220	8	12902.5		
	Total	163932	11			
TKN14	Between Groups	87513.4	3	29171.1	1.462	.296
	Within Groups	159569	8	19946.1		
	Total	247082	11			
TKN16	Between Groups	124282	3	41427.3	1.404	.311
	Within Groups	236136	8	29517.0		
	Total	360418	11			
TKN18	Between Groups	99408.4	3	33136.1	1.118	.398
	Within Groups	237174	8	29646.7		
	Total	336582	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TP ของดินแบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TP0	Between Groups	9252.792	2	4626.396	1.153	.358
	Within Groups	36112.6	9	4012.512		
	Total	45365.4	11			
TP02	Between Groups	1473.381	2	736.691	.197	.825
	Within Groups	33691.7	9	3743.523		
	Total	35165.1	11			
TP04	Between Groups	4072.109	2	2036.055	.681	.530
	Within Groups	26898.9	9	2988.766		
	Total	30971.0	11			
TP06	Between Groups	60768.5	2	30384.3	8.452	.009
	Within Groups	32355.8	9	3595.083		
	Total	93124.3	11			
TP08	Between Groups	60429.5	2	30214.8	6.635	.017
	Within Groups	40986.5	9	4554.056		
	Total	101416	11			
TP10	Between Groups	62310.2	2	31155.1	7.987	.010
	Within Groups	35104.8	9	3900.528		
	Total	97414.9	11			
TP12	Between Groups	52928.2	2	26464.1	8.103	.010
	Within Groups	29394.8	9	3266.083		
	Total	82322.9	11			
TP14	Between Groups	78194.0	2	39097.0	13.716	.002
	Within Groups	25654.3	9	2850.472		
	Total	103848	11			
TP16	Between Groups	97052.7	2	48526.3	17.305	.001
	Within Groups	25238.3	9	2804.250		
	Total	122291	11			
TP18	Between Groups	104099	2	52049.3	46.248	.000
	Within Groups	10129.0	9	1125.444		
	Total	114228	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TP ของดินแบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TP0	Between Groups	22316.2	3	7438.739	2.582	.126
	Within Groups	23049.2	8	2881.148		
	Total	45365.4	11			
TP02	Between Groups	13851.4	3	4617.130	1.733	.237
	Within Groups	21313.7	8	2664.212		
	Total	35165.1	11			
TP04	Between Groups	4986.029	3	1662.010	.512	.685
	Within Groups	25985.0	8	3248.122		
	Total	30971.0	11			
TP06	Between Groups	52384.2	3	17461.4	3.429	.073
	Within Groups	40740.0	8	5092.500		
	Total	93124.2	11			
TP08	Between Groups	69302.0	3	23100.7	5.755	.021
	Within Groups	32114.0	8	4014.250		
	Total	101416	11			
TP10	Between Groups	75469.6	3	25156.5	9.171	.006
	Within Groups	21945.3	8	2743.167		
	Total	97414.9	11			
TP12	Between Groups	66386.9	3	22129.0	11.109	.003
	Within Groups	15936.0	8	1992.000		
	Total	82322.9	11			
TP14	Between Groups	91684.3	3	30561.4	20.100	.000
	Within Groups	12164.0	8	1520.500		
	Total	103848	11			
TP16	Between Groups	92688.2	3	30896.1	8.350	.008
	Within Groups	29602.7	8	3700.333		
	Total	122291	11			
TP18	Between Groups	104806	3	34935.4	29.665	.000
	Within Groups	9421.333	8	1177.667		
	Total	114228	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ TP ของดินแบ่งตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TP0	Between Groups	7224.367	3	2408.122	.505	.689
	Within Groups	38141.0	8	4767.629		
	Total	45365.4	11			
TP02	Between Groups	5501.841	3	1833.947	.495	.696
	Within Groups	29663.2	8	3707.906		
	Total	35165.1	11			
TP04	Between Groups	9167.552	3	3055.851	1.121	.396
	Within Groups	21803.5	8	2725.432		
	Total	30971.0	11			
TP06	Between Groups	10646.8	3	3548.944	.344	.794
	Within Groups	82477.4	8	10309.7		
	Total	93124.2	11			
TP08	Between Groups	15465.8	3	5155.278	.480	.705
	Within Groups	85950.2	8	10743.8		
	Total	101416	11			
TP10	Between Groups	25717.6	3	8572.528	.957	.459
	Within Groups	71697.3	8	8962.167		
	Total	97414.9	11			
TP12	Between Groups	23785.6	3	7928.528	1.084	.410
	Within Groups	58537.3	8	7317.167		
	Total	82322.9	11			
TP14	Between Groups	39110.3	3	13036.8	1.611	.262
	Within Groups	64738.0	8	8092.250		
	Total	103848	11			
TP16	Between Groups	53262.2	3	17754.1	2.058	.184
	Within Groups	69028.7	8	8628.583		
	Total	122291	11			
TP18	Between Groups	42145.3	3	14048.4	1.559	.273
	Within Groups	72082.3	8	9010.292		
	Total	114228	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความโปร่งแสงของน้ำแบ่งตามผลผลิต ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TRAN0	Between Groups	428.167	2	214.083	2.580	.130
	Within Groups	746.750	9	82.972		
	Total	1174.917	11			
TRAN02	Between Groups	516.667	2	258.333	2.022	.188
	Within Groups	1150.000	9	127.778		
	Total	1666.667	11			
TRAN04	Between Groups	1516.667	2	758.333	3.412	.079
	Within Groups	2000.000	9	222.222		
	Total	3516.667	11			
TRAN06	Between Groups	1079.167	2	539.583	6.118	.021
	Within Groups	793.750	9	88.194		
	Total	1872.917	11			
TRAN08	Between Groups	4.167	2	2.083	.045	.956
	Within Groups	412.500	9	45.833		
	Total	416.667	11			
TRAN10	Between Groups	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups	875.000	9	97.222		
	Total	875.000	11			
TRAN12	Between Groups	12.500	2	6.250	.231	.798
	Within Groups	243.750	9	27.083		
	Total	256.250	11			
TRAN14	Between Groups	29.167	2	14.583	.808	.476
	Within Groups	162.500	9	18.056		
	Total	191.667	11			
TRAN16	Between Groups	12.500	2	6.250	.136	.874
	Within Groups	412.500	9	45.833		
	Total	425.000	11			
TRAN18	Between Groups	4.167	2	2.083	.167	.849
	Within Groups	112.500	9	12.500		
	Total	116.667	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความโปร่งแสง ของน้ำแบ่งตามอัตรารอด ในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TRAN0	Between Groups	328.917	3	109.639	1.037	.427
	Within Groups	846.000	8	105.750		
	Total	1174.917	11			
TRAN02	Between Groups	466.667	3	155.556	1.037	.427
	Within Groups	1200.000	8	150.000		
	Total	1666.667	11			
TRAN04	Between Groups	1466.667	3	488.889	1.908	.207
	Within Groups	2050.000	8	256.250		
	Total	3516.667	11			
TRAN06	Between Groups	956.250	3	318.750	2.782	.110
	Within Groups	916.667	8	114.583		
	Total	1872.917	11			
TRAN08	Between Groups	16.667	3	5.556	.111	.951
	Within Groups	400.000	8	50.000		
	Total	416.667	11			
TRAN10	Between Groups	75.000	3	25.000	.250	.859
	Within Groups	800.000	8	100.000		
	Total	875.000	11			
TRAN12	Between Groups	72.917	3	24.306	1.061	.418
	Within Groups	183.333	8	22.917		
	Total	256.250	11			
TRAN14	Between Groups	8.333	3	2.778	.121	.945
	Within Groups	183.333	8	22.917		
	Total	191.667	11			
TRAN16	Between Groups	175.000	3	58.333	1.867	.214
	Within Groups	250.000	8	31.250		
	Total	425.000	11			
TRAN18	Between Groups	16.667	3	5.556	.444	.728
	Within Groups	100.000	8	12.500		
	Total	116.667	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความโปร่งแสงของน้ำตามน้ำหนักตัวเฉลี่ย/วันในสัปดาห์ที่ 0-18

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TRAN0	Between Groups	324.750	3	108.250	1.019	.434
	Within Groups	850.167	8	106.271		
	Total	1174.917	11			
TRAN02	Between Groups	350.000	3	116.667	.709	.573
	Within Groups	1316.667	8	164.583		
	Total	1666.667	11			
TRAN04	Between Groups	875.000	3	291.667	.883	.490
	Within Groups	2641.667	8	330.208		
	Total	3516.667	11			
TRAN06	Between Groups	1104.167	3	368.056	3.830	.057
	Within Groups	768.750	8	96.094		
	Total	1872.917	11			
TRAN08	Between Groups	45.833	3	15.278	.330	.804
	Within Groups	370.833	8	46.354		
	Total	416.667	11			
TRAN10	Between Groups	170.833	3	56.944	.647	.606
	Within Groups	704.167	8	88.021		
	Total	875.000	11			
TRAN12	Between Groups	27.083	3	9.028	.315	.814
	Within Groups	229.167	8	28.646		
	Total	256.250	11			
TRAN14	Between Groups	27.083	3	9.028	.439	.731
	Within Groups	164.583	8	20.573		
	Total	191.667	11			
TRAN16	Between Groups	208.333	3	69.444	2.564	.128
	Within Groups	216.667	8	27.083		
	Total	425.000	11			
TRAN18	Between Groups	31 250	3	10.417	.976	.451
	Within Groups	85.417	8	10.677		
	Total	116.667	11			

หมายเหตุ : ถ้าค่า Significant น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Multiple Linear Regression ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับผลผลิต โดยวิธี Stepwise

Model Summary[a,b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	TKN[c]	.	.933	.870	.869	104.4785
2	TP[d]	.	.946	.895	.893	94.4885
3	NH3[e]	.	.952	.906	.903	89.7104
4	OM[f]	.	.958	.917	.914	84.6495
5	PHH[g]	.	.960	.921	.917	83.2568
6	DO[h]	.	.961	.924	.919	81.8514
7	DO[h,i]	.	.961	.924	.919	81.8514

a. Dependent Variable: PRODUC

b. Method: Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

c. Independent Variables: (Constant), TKN

d. Independent Variables: (Constant), TKN, TP

e. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3

f. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3, OM

g. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3, OM, PHH

h. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3, OM, PHH, DO

i. Probability of F-to-enter = .050 limits reached.

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6868411	1	6868411	629.220	.000[b]
	Residual	1026081	94	10915.8		
	Total	7894492	95			
2	Regression	7064181	2	3532091	395.616	.000[c]
	Residual	830311	93	8928.074		
	Total	7894492	95			
3	Regression	7154081	3	2384694	296.311	.000[d]
	Residual	740411	92	8047.950		
	Total	7894492	95			
4	Regression	7242428	4	1810607	252.683	.000[e]
	Residual	652064	91	7165.536		
	Total	7894492	95			
5	Regression	7270640	5	1454128	209.780	.000[f]
	Residual	623852	90	6931.693		
	Total	7894492	95			
6	Regression	7298223	6	1216370	181.557	.000[g]
	Residual	596269	89	6699.654		
	Total	7894492	95			
7	Regression	7298223	6	1216370	181.557	.000[g]
	Residual	596269	89	6699.654		
	Total	7894492	95			

a. Dependent Variable: PRODUC

b. Independent Variables: (Constant), TKN

c. Independent Variables: (Constant), TKN, TP

d. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3

e. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3, OM

f. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3, OM, PHH

g. Independent Variables: (Constant), TKN, TP, NH3, OM, PHH, DO

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-495.834	38.157		-12.995	.000
	TKN	1.134	.045	.933	25.084	.000
2	(Constant)	-521.741	34.949		-14.929	.000
	TKN	.837	.075	.689	11.094	.000
	TP	.522	.112	.291	4.683	.000
3	(Constant)	-466.690	37.045		-12.598	.000
	TKN	.722	.079	.594	9.082	.000
	TP	.536	.106	.299	5.063	.000
	NH3	175.733	52.580	.138	3.342	.001
4	(Constant)	-455.360	35.104		-12.972	.000
	TKN	.443	.109	.365	4.060	.000
	TP	.473	.102	.263	4.652	.000
	NH3	191.224	49.809	.151	3.839	.000
	OM	156.444	44.554	.273	3.511	.001
5	(Constant)	492.342	471.030		1.045	.299
	TKN	.395	.110	.325	3.589	.001
	TP	.498	.101	.277	4.946	.000
	NH3	150.860	52.918	.119	2.851	.005
	OM	153.393	43.847	.268	3.498	.001
	PHH	-111.571	55.304	-.084	-2.017	.047
6	(Constant)	814.008	489.463		1.663	.100
	TKN	.361	.109	.297	3.298	.001
	TP	.504	.099	.281	5.090	.000
	NH3	150.704	52.025	.119	2.897	.005
	OM	152.890	43.107	.267	3.547	.001
	PHH	-115.594	54.407	-.087	-2.125	.036
	DO	-61.052	30.089	-.064	-2.029	.045
7	(Constant)	814.008	489.463		1.663	.100
	TKN	.361	.109	.297	3.298	.001
	TP	.504	.099	.281	5.090	.000
	NH3	150.704	52.025	.119	2.897	.005
	OM	152.890	43.107	.267	3.547	.001
	PHH	-115.594	54.407	-.087	-2.125	.036
	DO	-61.052	30.089	-.064	-2.029	.045

a. Dependent Variable: PRODUC

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Multiple Linear Regression ระหว่างคุณภาพดินและน้ำกับอัตราการเจริญเติบโต โดยวิธี Stepwise

Model Summary [a,b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	TP [c]	.	.760	.578	.574	.5142
2	EC [d]	.	.874	.763	.758	.3874
3	SAL [e]	.	.884	.781	.774	.3744
4	TKN [f]	.	.893	.797	.788	.3624
5	TKN [f,g]	.	.893	.797	.788	.3624

a. Dependent Variable: ADG100

b. Method: Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

c. Independent Variables: (Constant), TP

d. Independent Variables: (Constant), TP, EC

e. Independent Variables: (Constant), TP, EC, SAL

f. Independent Variables: (Constant), TP, EC, SAL, TKN

g. Probability of F-to-enter = .050 limits reached.

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	34.041	1	34.041	128.755	.000[b]
	Residual	24.852	94	.264		
	Total	58.893	95			
2	Regression	44.935	2	22.468	149.707	.000[c]
	Residual	13.957	93	.150		
	Total	58.893	95			
3	Regression	45.996	3	15.332	109.370	.000[d]
	Residual	12.897	92	.140		
	Total	58.893	95			
4	Regression	46.940	4	11.735	89.345	.000[e]
	Residual	11.952	91	.131		
	Total	58.893	95			
5	Regression	46.940	4	11.735	89.345	.000[e]
	Residual	11.952	91	.131		
	Total	58.893	95			

a. Dependent Variable: ADG100

b. Independent Variables: (Constant), TP

c. Independent Variables: (Constant), TP, EC

d. Independent Variables: (Constant), TP, EC, SAL

e. Independent Variables: (Constant), TP, EC, SAL, TKN

Coefficients [a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.474	.176		19.754	.000
	TP	-3.7E-03	.000	-.760	-11.347	.000
2	(Constant)	4.761	.201		23.695	.000
	TP	-3.0E-03	.000	-.614	-11.518	.000
	EC	-.270	.032	-.454	-8.520	.000
3	(Constant)	6.817	.772		8.826	.000
	TP	-3.5E-03	.000	-.710	-11.404	.000
	EC	-.199	.040	-.335	-4.959	.000
	SAL	-5.5E-02	.020	-.185	-2.750	.007
4	(Constant)	7.089	.754		9.396	.000
	TP	-2.6E-03	.000	-.523	-5.664	.000
	EC	-.189	.039	-.317	-4.834	.000
	SAL	-5.9E-02	.019	-.199	-3.049	.003
	TKN	-7.8E-04	.000	-.235	-2.682	.009
5	(Constant)	7.089	.754		9.396	.000
	TP	-2.6E-03	.000	-.523	-5.664	.000
	EC	-.189	.039	-.317	-4.834	.000
	SAL	-5.9E-02	.019	-.199	-3.049	.003
	TKN	-7.8E-04	.000	-.235	-2.682	.009

a. Dependent Variable: ADG100

ภาคผนวก ช.

ปริมาณผลผลิตกุ้งทั้ง 12 บ่อที่ได้จากการทำนายโดยใช้ Fit curve

บ่อที่ / อายุ	B10	B11	B12	C22	C24	C25	D32	D33	D34	D35	D36	D38
28	107	80	106	134	142	127	65	135	107	154	81	113
42	138	128	129.	155	156	164	103	141	143	159	130	155
56	247	238	224	131	245	233	170	203	193	193	189	196
70	411	394	367	345	389	326	261	306	259	253	262	238
84	610	576	539	484	566	432	375	435	340	333	353	285
98	822	768	716	632	755	541	507	575	435	429	469	340
112	1027	949	879	774	934	643	654	711	546	534	613	406
126	1202	1104	1006	897	1088	728	813	829	671	645	791	488

สมการ Cubic ของการทำนายผลผลิต $Y = b_0 + b_1X + b_2 X^2 + b_3 X^3$

เมื่อ Y = ผลผลิต

X = จำนวนวันที่เลี้ยงกุ้ง

บ่อที่	b0 (a)	b1	b2	b3
B10	362.877	-18.226	0.3613	-0.0013
B11	248.019	-13.517	0.2998	-0.0011
B12	356.794	-17.576	0.3442	-0.0013
C22	311.968	-12.673	0.2508	-0.0009
C24	429.934	-19.273	0.3579	-0.0013
C25	189.917	-06.2507	0.1591	-0.0006
D32	86.3053	-03.3527	0.0976	-0.0002
D33	347.363	-14.044	0.2552	-0.0009
D34	79.9968	-0.1075	0.0381	$-1E^{-06}$
D35	255.265	-6.5824	0.1146	-0.0003
D36	-9.5010	3.4166	-0.145	0.0003
D38	8.8268	4.3911	-0.0299	0.0002

อัตราการเจริญเติบโตกุ้งทั้ง 12 บ่อที่ได้จากการ Sampling

บ่อที่ / อายุ	B10	B11	B12	C22	C24	C25	D32	D33	D34	D35	D36	D38
28	3.42	3.65	3.85	3.33	2.92	3	2.76	3.33	3.13	3.13	3.08	2.69
42	2.26	2.73	2.41	2.46	2.22	2.25	2.23	2.33	2.42	2.3	2.08	2
56	1.72	2.03	1.72	1.83	1.66	1.69	1.9	1.77	1.62	1.62	1.75	1.78
70	1.41	1.64	1.44	1.45	1.31	1.38	1.41	1.38	1.39	1.32	1.40	1.47
84	1.14	1.27	1.14	1.2	1.09	1.13	1.23	1.14	1.11	1.18	1.15	1.15
98	0.98	1.11	1.04	1.08	1	1	1.03	1.31	1.04	0.98	0.97	1
112	0.89	0.97	0.89	0.91	0.87	0.89	0.89	0.87	0.9	0.88	0.86	0.87
126	0.77	0.81	0.77	0.83	0.81	0.77	0.78	0.81	0.77	0.78	0.81	0.79

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายโกเมนทร์ บุญเจือ

วัน เดือน ปี เกิด 21 กุมภาพันธ์ 2512

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง)	คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2534

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	ปีที่ทำ
อาจารย์	สถาบันราชภัฏจันทรเกษม	2538-ปัจจุบัน