การใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตกลม เลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่าน

เอกชัย บัวเกตุ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน

ชื่อเรื่อง

การใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตกลม
เลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่าน

โดย

เอกชัย บัวเกตุ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์)
วันที่ 15 เดือน มี.ค. พ.ศ. 56

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ)
วันที่ 15 เดือน มี.ค. พ.ศ. 56

กรรมการที่ปรึกษา .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมช ศีตะโกเศศ)
วันที่ 22 เดือน มี.ค. พ.ศ. 56

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมช ศีตะโกเศศ)
วันที่ 22 เดือน มี.ค. พ.ศ. 56

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาตุพงศ์ วาฤทธิ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 29 เดือน มี.ค. พ.ศ. 56

ชื่อเรื่อง การใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่าน

ชื่อผู้เขียน นายเอกชัย บัวเกตุ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ของน้ำในบ่อคอนกรีตกลมที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำและไม่ใช้เทคนิคชีววิถี โดยใช้เวลาศึกษาทดลองเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ ทั้งนี้การศึกษาทดลองดังกล่าวได้ทำการทดลองในสถานที่เลี้ยงปลาจริงในสภาพปกติที่ปฏิบัติ

ผลจากการศึกษา พบว่า คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน มีอุณหภูมิน้ำ ความโปร่งแสง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ปัจจัยที่กล่าวมานั้น ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและไม่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของปลาดุก นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิน้ำ ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความโปร่งแสง ($r = -0.943^{**}$) และแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเป็นด่างและคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ($r = 0.656^{**}$และ 0.784^{**}) ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($r = -0.384^{*}$) สำหรับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติพบว่า อุณหภูมิน้ำแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสัมพันธ์ยิ่งกับความโปร่งแสงของน้ำ ($r = -0.525^{**}$) และแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความกระด้าง ความเป็นด่าง และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($r = 0.496^{**}, 0.605^{**}$และ 0.764^{**}) ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับความเป็นกรด-ด่าง ($r = -0.363^{*}$) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความกระด้าง ($r = -0.611^{**}$) และแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($r = -0.373^{*}$) สำหรับผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสอง

รูปแบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนการเจริญเติบโตในรูปแบบน้ำหนักและความยาวของปลาดุกที่ได้จากบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปว่า ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำด้านเคมีและกายภาพที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อกัน จะพบในบ่อเลี้ยงระบบปกติจำนวนมากกว่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อกันในบ่อเลี้ยงแบบชีววิถี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ความเปราะบางด้านความสัมพันธ์ระหว่างกันของคุณภาพน้ำด้านเคมีและด้านกายภาพ ในบ่อเลี้ยงแบบปกติมีความเปราะบางไม่มั่นคงเท่ากับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงแบบชีววิถีนั่นเอง ส่วนคุณภาพน้ำด้านชีวภาพและการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำไหลผ่านแบบใช้เทคนิคชีววิถีและแบบปกตินั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงขึ้นอยู่กับผู้จะนำผลการศึกษานี้ไปใช้ว่าจะใช้ในลักษณะใดถึงจะเหมาะสมกับสภาพพื้นที่

Title Use of the "Biological-Way-of-Life" Technique for Water Quality Improvement in Round Concrete Catfish Ponds Under the Running Water System

Author Mr. Eakachai Baukhet

Degree of Master of Science in Geosocial Based Sustainable Development

Advisor Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Bunyat Montein-Art

ABSTRACT

The objeetives of this study were to: 1) compare the physical, chemical and biological characteristics of water qualities in the round concrete catfish ponds where the "Biological-Way-of-Life" technique and normal technique of the running water system were used to rear eatfish, and 2) compare the growth potential of catfish between using and not using the "Biological-Way-of-Life" technique for improving qualities. This study was conducted for 25 weeks, which consisted of two running water systems of catfish rearing in round concrete catfish ponds. The study was conducted in the catfish farm under normal condition.

Findings showed that there was a statistically significant difference in water quality, water temperature, transparency, ammonia-nitrogen (NH_3-N) and free-carbon dioxide between the two techniques ($p < 0.05$). However, all of these factors were suitable for catfish growth performance. Besides, it was found that water temperature of the "Biological – Way – of – Life" technique showed a significant inverse relationship with transparency ($r = 0.943^{**}$), alkaline ($r = 0.656^{**}$) and free-carbon dioxide ($r = 0.784^{**}$). Also, there was a significant inverse relationship between pH of water in the "Biological – Way – of – Life" technique and free-carbon dioxide ($r = 0.384^{*}$). Regarding water quality of the normal catfish pond, it was found that there was an inverse significant relationship between water temperature and water transparency ($r = 0.525^{**}$), water hardness ($r = 0.496^{**}$), alkaline ($r = 0.605^{**}$), and free-carbon dioxide ($r = 0.764^{**}$). Also, there was an inverse significant relationship between an amount of oxygen in the normal catfish pond and p-H ($r = -0.363^{*}$); pH and water hardness ($r = -0.611^{**}$); free-carbon dioxide ($r = -0.373^{*}$).

Regarding a comparative study on an amount of zoo plankton and phyto plankton, in the two techniques of catfish rearing, there was no statistically significant difference ($p > 0.05$). Also, there was a statistically significant difference in terms of weight gain and length of catfish ($p > 0.05$). It could be concluded that there was a relationship between water quality on chemical and physical aspects having a direct influenee in the normal catfish pond rather than the "Biological – Way – of – Life" pond. Based on water quality on biological and growth performance of catfish in the round concrete ponds of both techniques, it was found that there was no clear difference. Thus, it depends on users who will apply this study to what extent is suitable for each topographic condition.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปัญหาพิเศษระดับปริญญาโท ผู้ช่วยศาสดราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ และรองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมช ศีตะโกเศศ กรรมการที่ปรึกษาปัญหาพิเศษระดับปริญญาโท ซึ่งได้ให้คำแนะนำและพิจารณาความสมบูรณ์ของปัญหาพิเศษปริญญาโทฉบับนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ขจรเกียรติ ศรีนวลสม ที่ให้คำแนะนำในการเก็บข้อมูลแพลงก์ตอน ขอขอบพระคุณ นายประดับ กลัดเข็มเพชร ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ นายสุรพงษ์ วิวัชรโกเศศ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ ในขณะนั้น และคุณอุมาภรณ์ จรดล หัวหน้ากลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ผู้ซึ่งมอบโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้ารับการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา ผู้ซึ่งมอบโอกาสให้ข้าพเจ้าได้รับพระราชทานทุนการศึกษาจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อันเป็นเกียรติประวัติสูงยิ่งแก่ข้าพเจ้าและวงศ์ตระกูล

ขอขอบพระคุณครอบครัว เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

เอกชัย บัวเกตุ

มีนาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
สารบัญตารางผนวก	(12)
สารบัญภาพผนวก	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
สมมุติฐานการวิจัย	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
กรอบแนวความคิด	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ	5
การเกษตรผสมผสาน	7
อนุกรมวิธานผักตบชวา	9
การใช้ผักตบชวาเพื่อการบำบัดน้ำ	9
ปลาดุก	12
การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตกลม	15
คุณสมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาดุก	19

หน้า

บทที่ 3 วิธีการศึกษา 40
สถานที่ทำการศึกษา 40
การวางแผนการศึกษา 40
การเตรียมการศึกษา 40
การดำเนินการศึกษา 41
การเก็บข้อมูลระหว่างการศึกษา 42
การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา 43
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ 45
ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลาดุก แบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติ ในระบบน้ำไหลผ่าน 45
ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยง แบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน 60
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 63
สรุปผลการวิจัย 63
ข้อเสนอแนะ 65
บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 71
ภาคผนวก ก ประมวลภาพกิจกรรมระหว่างทำการศึกษา 72
ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 82
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 103

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าพิสัยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน (ระยะเวลา 25 สัปดาห์)	45
2	ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน (ระยะเวลา 25 สัปดาห์)	46
3	ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน (ระยะเวลา 25 สัปดาห์	46
4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาจากบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีระบบน้ำไหลผ่าน	51
5	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาจากบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติระบบน้ำไหลผ่าน	52
6	แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน	59
7	แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงปกติในระบบน้ำไหลผ่าน	59
8	ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน	60

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัยการใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อทดลองและการขยายผลสู่เกษตรกร	3
2	ผักตบชวา	9
3	รูปแบบบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำไหลผ่าน	41
4	แผนผังพื้นที่บ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุก	41
5	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือน	54
6	แสดงความโปร่งแสงในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบ	55
7	แสดงอุณหภูมิในรอบวัน วันที่ 15 มกราคม 2554	56
8	แสดงอุณหภูมิในรอบวัน วันที่ 15 มีนาคม 2554	56
9	แสดงอุณหภูมิในรอบวัน วันที่ 14 พฤษภาคม 2554	57
10	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาแอมโมเนียในน้ำและในผักตบชวาของบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถี	57
11	น้ำหนักเฉลี่ยของปลาดุกจากการชั่งน้ำหนัก 1 ครั้งต่อ 15 วัน	61
12	ความยาวเฉลี่ยของปลาดุกจากการชั่งน้ำหนัก 1 ครั้งต่อ 15 วัน	62

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำ	83
2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความโปร่งแสง	84
3	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่าง	85
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าออกซิเจน	86
5	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าแอมโมเนีย	87
6	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความกระด้าง	88
7	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเป็นด่าง	89
8	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ	90
9	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืช เดือนมีนาคม	91
10	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืช เดือนเมษายน	92
11	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืช เดือนพฤษภาคม	93
12	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ เดือนมีนาคม	94
13	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ เดือนเมษายน	95
14	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ เดือนพฤษภาคม	96
15	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักปลาดุกที่เพิ่มขึ้นต่อเดือน	97
16	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักสิ้นสุดของปลาดุกเฉลี่ย	98
17	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อเดือน	99
18	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความยาวสิ้นสุดเฉลี่ย	100
19	ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีระบบน้ำไหลผ่าน	101
20	ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติระบบน้ำไหลผ่าน	102

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ด้านหน้าพื้นที่ทำการทดลองซึ่งมีอ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้ที่ 1 อยู่หลังบ่อทดลอง	73
2	บ่อทดลองเมื่อมองจากสันอ่างเก็บน้ำ	73
3	อ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้ที่ 1 เป็นแหล่งน้ำที่ใช้น้ำเพื่อการทดลอง	74
4	น้ำที่ไหลจากอ่างเก็บน้ำผ่านระบบท่อลงสู่บ่อทดลอง	74
5	ล้างทำความสะอาดบ่อทดลองเพื่อเตรียมการทดลอง	75
6	ชั่งน้ำหนักผักตบชวาเพื่อใส่ลงไปในบ่อทดลอง	75
7	บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถี	76
8	บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติ	76
9	สุ่มจับปลาดุกในแต่ละบ่อเพื่อนำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว	77
10	ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาดุกที่ทำการทดลอง	77
11	เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	78
12	ตรวจวัดความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุก	78
13	สุ่มเก็บตัวอย่างผักตบชวาเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร	79
14	เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยงปลาดุก	79
15	ผลผลิตปลาดุกที่ได้จากบ่อทดลอง	80
16-19	ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบ	81
20-21	ตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบ	81

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงปลาเป็นสิ่งที่สำคัญเนื่องจากในปัจจุบันจำนวนปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติเริ่มลดน้อยลงไป ทำให้ไม่มีปริมาณปลาที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ที่นับวันจะเพิ่มขึ้นสวนทางกับผลผลิตปลาในธรรมชาติที่ลดลง การเลี้ยงปลาน้ำจืดเป็นสิ่งที่สำคัญในสังคมชนบท เนื่องจากบางพื้นที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งที่จำหน่ายปลาเพื่อการบริโภค จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการเลี้ยงปลาเพื่อเป็นแหล่งอาหารในครัวเรือน เนื้อปลามีระดับคอเลสเตอรอลต่ำ ร่างกายย่อยได้ง่าย ส่งผลดีต่อสุขภาพเหมาะกับทุกเพศทุกวัย นอกจากนั้นการเลี้ยงปลาช่วยในการลดรายจ่ายเพิ่มรายได้ให้กับผู้เลี้ยงและผู้เลี้ยงยังสามารถใช้เศษเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนมาเป็นอาหารปลาเพื่อลดต้นทุนในการเลี้ยงปลาได้อีกทางหนึ่ง

การเลี้ยงปลาในบ่อคอนกรีตเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงเป็นอย่างมาก เนื่องจากง่ายในการจัดการและสามารถเลี้ยงได้ทุกพื้นที่ พันธุ์ปลาที่นิยมเลี้ยงในบ่อคอนกรีตคือปลาดุก ผู้เลี้ยงสามารถเลี้ยงปลาได้ทั้งระบบปิดและระบบน้ำไหลผ่านซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำมาสู่การเลี้ยงปลาในบ่อคอนกรีต แต่การเลี้ยงปลาย่อมมีปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้น สิ่งสำคัญในการเลี้ยงปลานอกจากอาหารปลาแล้วยังมีคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่นับว่าเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง เพราะในปัจจุบันปริมาณน้ำได้ลดลงอันเกิดจากความแห้งแล้งที่มีผลมาจากสภาวะโลกร้อน ทำให้ของเสียบางประเภทอยู่ในแหล่งน้ำนานขึ้น อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ มีความผันผวน อาจส่งผลกระทบต่อปลาที่เลี้ยงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำระบบเทคนิคชีววิถีโดยใช้ผักตบชวามาช่วยดูดซับของเสียภายในบ่อเลี้ยงปลา สร้างสภาวะแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงปลาให้มีความเหมาะสมเพื่อการเลี้ยงปลามากขึ้น (บัญญัติ และ ขจรเกียรติ, 2552) รายงานว่า มีงานวิจัยต่าง ๆ มากมายที่ยืนยันถึงความสามารถของผักตบชวา ในการกรองตะกอนขุ่นและดูดซับแร่ธาตุอาหารส่วนเกินในน้ำได้ ซึ่งตะกอนขุ่นและแร่ธาตุส่วนเกินนี้เองที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดน้ำเสียขึ้นภายในบ่อเลี้ยงปลา น้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาเป็นต้นเหตุของการเกิดโรคและปัญหาสิ่งแวดล้อมชุมชนข้างเคียง

การใช้เทคนิคชีววิถีในบ่อเลี้ยงปลานอกจากเพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว ยังเป็นการน้อมนำเอาหลักการทรงงานของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ใช้ผักตบชวาแก้ไขปัญหา

น้ำเสียในพื้นที่บึงมักกะสัน นำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่การเลี้ยงปลาในพื้นที่ของกลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ ให้สามารถดำเนินกิจกรรมการเลี้ยงปลาได้อย่างปกติ เพื่อเป็นแบบอย่างและนำไปประยุกต์ใช้ส่งเสริมสู่เกษตรกรได้

สมมุติฐานการวิจัย

จากสภาพปัญหาน้ำเสียในพื้นที่บึงมักกะสัน พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริให้ทดลองใช้ผักตบชวาเพื่อช่วยบำบัดน้ำเสีย ซึ่งผักตบชวาสามารถดูดของเสียที่ส่งผลให้เกิดน้ำเสียได้ช่วยให้การบำบัดน้ำเสียเป็นผลสำเร็จ จากการศึกษาทดลองการใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำในพื้นที่บึงมักกะสัน นำมาประยุกต์ใช้ในการทดลองปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์กลมเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่าน จะส่งผลให้คุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงปลาดีขึ้นกว่าการไม่ใช้เทคนิคชีววิถี ทำให้ปลาที่เลี้ยงมีความเจริญเติบโตดี ช่วยลดอัตราการตายของปลาได้

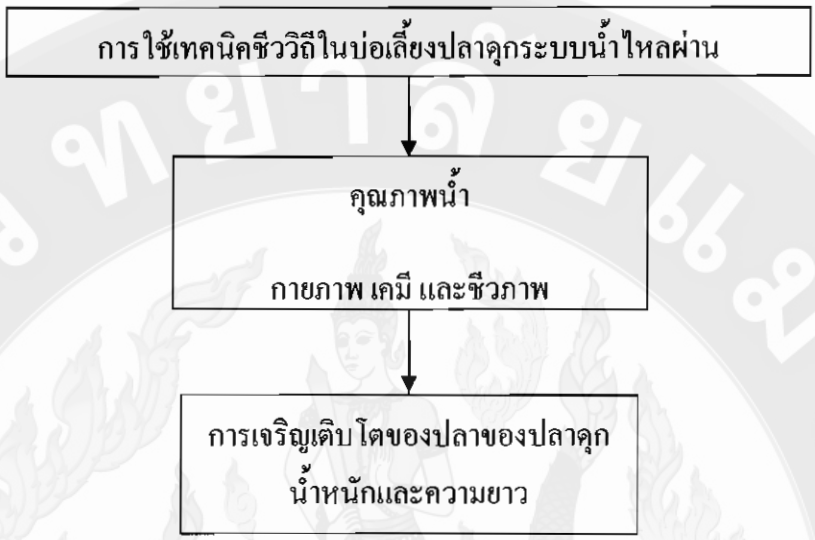
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ของน้ำในบ่อคอนกรีตกลมที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีและบ่อปกติในระบบน้ำไหลผ่าน
2. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รูปแบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเทคนิคชีววิถีเพื่อนำไปแนะนำ ส่งเสริมสู่เกษตรกรในพื้นที่รับผิดชอบและเกษตรกรที่สนใจเพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
2. คุณภาพผลผลิตปลาดีขึ้นเนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาได้รับการปรับปรุงคุณภาพที่ดีขึ้น
3. คุณภาพชีวิตผู้เลี้ยงปลาดีขึ้นเพราะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงปลา

กรอบแนวความคิด



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยการใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อทดลองและการขยายผลสู่เกษตรกร

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตเชิงพื้นที่

พื้นที่งานทดลองการเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์กลมระบบน้ำไหล กลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ

ขอบเขตเชิงเนื้อหา

ความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและผลการเจริญเติบโตของปลาดุกจากการใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำและที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี

ขอบเขตระยะเวลา

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 รวมระยะเวลาในการศึกษาทดลองทั้งสิ้น 25 สัปดาห์

นิยามศัพท์

เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้มีขอบเขตที่ชัดเจน และมีความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันในความหมายของศัพท์ที่ใช้ จึงกำหนดความหมายเฉพาะไว้ดังนี้

เทคนิคชีววิถี หมายถึง รูปแบบการใช้สิ่งมีชีวิตมาช่วยในระบบการผลิตสัตว์น้ำ โดยการใช้พืชน้ำธรรมชาติที่มีคุณสมบัติดูดซับสารอาหารและสารเคมีที่ไม่จำเป็นต่อการเลี้ยงปลามาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งในงานวิจัยใช้ผักตบชวาในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุก

การปรับปรุงคุณภาพน้ำ หมายถึง การทำให้น้ำมีคุณสมบัติทางด้านกายภาพ ทางเคมี มีความเหมาะสมในการเลี้ยงปลาดุกมากยิ่งขึ้น และปัจจัยด้านชีวภาพที่ศึกษาในครั้งนี้คือแพลงก์ตอน

บ่อซีเมนต์กลมระบบน้ำไหลผ่าน หมายถึง บ่อซีเมนต์กลมในพื้นที่สาธิต ของกลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ จำนวน 6 บ่อ ซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา

ผู้เลี้ยง หมายถึง บุคคลที่ทำการเลี้ยงปลาดุกในพื้นที่ ในงานวิจัยหมายถึงผู้ที่ทำการวิจัยที่เลี้ยงปลาดุกในบ่อซีเมนต์กลมระบบน้ำไหลผ่าน

บทที่ 2
การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากพระราชดำรัสเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2522 สรุปลักษณะการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ว่า ควรมีลักษณะประหยัด คุ้มค่าและง่าย ประชาชนทั่วไปสามารถใช้ได้ "...เทคโนโลยีที่ดี ที่สมบูรณ์แบบ จึงควรจะสร้างสิ่งที่เป็นประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า และมีความสูญเปล่าหรือความเสียหายเกิดขึ้นน้อยที่สุด แม้แต่สิ่งที่เป็นของเสียเป็นของเหลือทิ้งแล้วก็ควรจะได้ใช้เทคโนโลยีแปรสภาพเป็นของที่ใช้ได้ เช่น ใช้ทำขยะและมูลสัตว์ให้เป็นแก๊สและปุ๋ย เป็นต้น โดยทางตรงกันข้ามเทคโนโลยีใดที่ใช้การได้ไม่คุ้มค่า ทำให้เกิดความสูญเปล่า และเสียหายได้มาก จัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่บกพร่อง ไม่สมควรจะนำมาใช้ไม่ว่ากรณีใด ท่านทั้งหลายจะเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ต่าง ๆ เพื่อพิจารณาสภาพบ้านเมืองและฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนต่อไป ควรหัดเป็นคนช่างคิดช่างสังเกตในการปฏิบัติงานของตนเองนอกจากเทคโนโลยีที่ใหญ่โตระดับสูงสำหรับใช้งานใหญ่ ๆ ที่ต้องการผลมาก ๆ แล้ว แต่ละคนควรจะคำนึงถึงและคิดค้นเทคโนโลยีอย่างง่าย ๆ ควบคู่กันไป เพื่อช่วยให้กิจการที่ใช้ทุนรอนน้อยมีโอกาสนำมาใช้ได้โดยสะดวกและได้ผลด้วย..."

เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ

เทคโนโลยีระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืชกรองน้ำเสีย

เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำรินั้น พระองค์ทรงต้องการให้เป็นเทคโนโลยีที่ง่าย สะดวก และเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติด้วยกันเอง โดยการอาศัยพืชช่วยในการกรองหรือฟอกน้ำเสียให้สะอาดขึ้น อันเป็นผลมาจากพืชจะดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียนำ ไปใช้ในการเจริญเติบโต และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินช่วยประกอบกัน นอกจากนี้การใช้พืชกรองน้ำเสียยังจะได้รับผลประโยชน์ในการนำไปใช้ในการจักสาน ดอกไม้ประดิษฐ์ เยื่อกระดาษ เชื้อเพลิงเขียว และป้องกันการชะล้างพังทลายของดินอีกทางหนึ่งด้วย และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียที่ต้องลงทุนสูงอย่างในปัจจุบัน เทคโนโลยีตามแนวพระราชดำ รินี้ได้รับการศึกษาวิจัยและพัฒนาโดยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (นิรนาม, 2555ก)

มูลนิธิชัยพัฒนา (2555ก) รายงานว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยการทำแปลงหรือทำบ่อเพื่อกักเก็บน้ำเสียที่รวบรวมได้จากชุมชน และปลูกพืชน้ำที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว ว่าเหมาะสมที่สุด 2 ชนิด คือกกกลม (กกจันทบูรณ์) (*Cyperus corymbosus* Rottb.) และ ธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Linn.) ช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยมีลักษณะการให้น้ำเสีย 2 ระบบ คือระบบปิดเป็นระบบที่ให้น้ำเสียขังได้ในระดับหนึ่งและมีการระบายน้ำเสียเติมลงในระบบทุกวันและระบบเปิดเป็นระบบที่ให้น้ำเสียลงสู่ระบบบำบัดอย่างต่อเนื่องน้ำเสียใหม่เข้าไปดันน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบให้ไหลล้นทางระบายน้ำหรือทางระบบท่อใต้ดินสู่แหล่งน้ำ ธรรมชาติซึ่งมีระยะเวลาในการพักน้ำเสีย 1 วัน และพืชที่ปลูกสามารถตัดออกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้

การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพืชกรองน้ำเสียเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยการทำแปลงหรือทำบ่อเพื่อกักเก็บน้ำเสียที่รวบรวมได้จากชุมชนและ ปลูกพืชที่ผ่านการคัดเลือกว่า เหมาะสม 3 ชนิด คือ ธูปฤาษีกกกลม (กกจันทบูรณ์) และหญ้าแฝก อินโดนีเซียช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยมีลักษณะการให้น้ำเสียคือระบบที่ให้น้ำเสียขังไว้ 5 วันและปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง 2 วันและระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบโดยปล่อยระบายน้ำสู่แหล่งน้ำ ธรรมชาติและพืชที่ปลูกสามารถตัดออกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2555ก)

ระบบบึงชีวภาพ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ขุดเป็นบ่อดินตื้นๆ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า สำหรับกักขังน้ำเสียในบ่ออย่างต่อเนื่อง ให้มีระดับความลึกประมาณ 15 - 30 เซนติเมตร ภายในบึงปลูกพืชประเภทต้นกก ต้นอ้อ ฯลฯ พืชที่ปลูกจะมีลักษณะลำต้นเล็ก แต่ขึ้นหนาแน่นและมีระบบรากที่แผ่กระจาย ยึดเกาะกันกับผิวดิน สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในพื้นที่ที่มีน้ำขัง การทำงานเริ่มที่น้ำเสีย ถูกปล่อยลงสู่ต้นบึงจะค่อยๆไหลไปท้ายบึง ในขณะที่น้ำเสียอยู่ในบึงชีวภาพนั้น ธรรมชาติ สายลม แสงแดด จะช่วยบำบัดน้ำเสียได้ส่วนหนึ่ง แต่ส่วนบำบัดที่สำคัญคือพืชที่อยู่ในบึง จะช่วยดูดซับสิ่งสกปรกที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ให้ลดน้อยลง นอกจากนั้นบริเวณลำต้นและรากของพืช ยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ได้จับเกาะ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่เป็นความสกปรกในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้น้ำที่ไหลล้นออกจากท้ายบึง เป็นน้ำที่มีคุณภาพ สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์เพื่ออุปโภค บริโภค หรือการชลประทานได้เห็นอย่างดี (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2555ข)

การเกษตรผสมผสาน

ระบบเกษตรผสมผสาน

เป็นระบบการเกษตรที่มีการเพาะปลูกพืชหรือการเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ หลายชนิดอยู่ในพื้นที่เดียวกันภายใต้การเกื้อกูลประโยชน์ต่อกันและกันอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยอาศัยหลักการอยู่รวมกันระหว่างพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมการอยู่รวมกันอาจจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับพืช พืชกับสัตว์ หรือสัตว์กับสัตว์ก็ได้ ระบบเกษตรผสมผสานจะประสบผลสำเร็จได้จะต้องมีการวางรูปแบบและดำเนินการโดยให้ความสำคัญต่อกิจกรรมแต่ละชนิดอย่างเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม มีการใช้แรงงาน เงินทุน ที่ดิน ปัจจัย การผลิตและทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนรู้จักนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตชนิดหนึ่งมาหมุนเวียนใช้ประโยชน์กับการผลิตอีกชนิดหนึ่งกับการผลิตอีกชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดภายในไร่นาแบบครบวงจร ตัวอย่างกิจกรรมดังกล่าว เช่น การเลี้ยงไก่ หรือสุกรบนบ่อปลา การเลี้ยงปลาในนาข้าว การเลี้ยงผึ้งในสวนผลไม้ เป็นต้น (นิรนาม, 2553ข)

เกษตรผสมผสานที่มีปฏิสัมพันธ์เชิงเกื้อกูลกันระหว่างพืช สัตว์ ประมง

เศษเหลือของพืชจากการบริโภคของมนุษย์ใช้เป็นอาหารสัตว์และปลา พืชยืนต้นช่วยบังลม บังแดด บังฝน ให้กับสัตว์ พืชสมุนไพรเป็นยารักษาโรคให้กับสัตว์ ปลาช่วยกินแมลงศัตรูพืช วัชพืช ให้กับพืชที่ปลูกในสภาพน้ำท่วมขัง เช่น ข้าวปลาช่วยให้อินทรีย์วัตถุกับพืช จากการถ่ายมูลตกตะกอนในบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยกับพืชได้ (นิรนาม, 2553ค)

การเลี้ยงปลาในนาข้าว

สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553) รายงานว่า ระหว่างฤดูทำนาในระยะที่น้ำเอ่อนองเข้าผืนนา ปลาจากแหล่งน้ำธรรมชาติจะแพร่กระจายจากแม่น้ำลำคลอง เข้าไปอาศัยเลี้ยงตัวและเจริญเติบโตในแปลงนาปีหนึ่ง ๆ เฉลี่ยแล้วประมาณ 4 กิโลกรัมเศษต่อไร่ ดังนั้นหากชาวนาจะคิดดัดแปลงผืนนาของตนที่ใช้ปลูกข้าวอยู่ให้มีการเลี้ยงปลาในผืนนา

ควบคู่ไปด้วยแล้ว นาข้าวซึ่งเคยได้ปลาเป็นผลพลอยได้พิเศษอยู่ก่อนเพียงเล็กน้อย ก็จะให้ผลผลิตปลาเพิ่มขึ้นเป็น 20 กิโลกรัมต่อไร่หรือกว่านั้น

การเลี้ยงปลาในนานั้นมิใช่เป็นของใหม่ ประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียเลี้ยงปลาในนาข้าวได้ผลดีกันมาเป็นเวลานานแล้ว เช่นที่ประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน และอินโดนีเซีย ในประเทศเราได้เริ่มทำกันมาตั้งแต่ พ.ศ. 2491 แต่เพิ่งจะสนใจเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายเพียงไม่กี่ปีมานี้เอง

ประโยชน์จากการเลี้ยงปลาในนาข้าว

1. ชาวนาสามารถใช้ประโยชน์จากผืนนาได้เต็มที่ ตามปกติในผืนนาจะมีอาหารธรรมชาติซึ่งได้แก่ พืชและสัตว์เล็ก ๆ ทั้งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและที่ปรากฏอยู่ทั่วไป อาหารธรรมชาติเหล่านี้ตามปกติแล้วมิได้มีการใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ยิ่งถ้าหากชาวนาทำ นาตามแบบที่ทางราชการแนะนำ คือมีการใส่ปุ๋ยในแปลงนาด้วยแล้วอาหารธรรมชาติจะยิ่งสมบูรณ์มากขึ้น แต่อาหารธรรมชาติอันมีคุณค่านี้ถูกทอดทิ้งโดยมิได้ใช้ให้เป็นประโยชน์แต่อย่างใด หากชาวนาสนใจหันมาเลี้ยงปลาในนาข้าว ปลาที่เลี้ยงก็จะสามารถใช้อาหารธรรมชาติอันเป็นอาหารของปลาโดยเฉพาะให้เป็นประโยชน์อย่างคุ้มค่า โดยเปลี่ยนเป็นอาหารจำพวกโปรตีนในรูปของเนื้อปลาให้แก่เจ้าของนาและผู้เลี้ยงตลอดจนอาจเพิ่มรายได้ให้อีกทางหนึ่งด้วย

2. ปลาช่วยกำจัดวัชพืช ชาวนาย่อมตระหนักดีถึงความยุ่งยากในการกำจัดวัชพืชที่ขึ้นรกในแปลงนาในระหว่างทำนา วัชพืชจะแย่งอาหารจากต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ นาจะให้ผลผลิตต่ำ ชาวนาจะต้องเสียทั้งเวลาและเหนื่อยในการกำจัดวัชพืชดังกล่าว หากมีการเลี้ยงปลาในนาข้าวแล้ว ปลาจะช่วยกำจัดโดยกินวัชพืชนานาชนิดในแปลงนาเป็นอาหาร โดยชาวนาไม่ต้องเหนื่อยอีกด้วย

3. ปลาช่วยกำจัดศัตรูของต้นข้าว หนอนและตัวอ่อนของแมลงชนิดที่อยู่ในน้ำและที่ร่วงหล่นลงไปในนาอันเป็นศัตรูร้ายแรงของต้นข้าว จะกลับเป็นอาหารวิเศษสุดของปลา

4. ปลาช่วยพรวนดินในนา จากการที่ปลาว่ายวนเวียนในน้ำรอบ ๆ กอข้าวบนผืนนา การเคลื่อนไหวของครีบและหางปลาจะช่วยพัดโบกมวลดินในผืนนามิให้ทับอัดกันแน่น อันเป็นเสมือนการพรวนดินให้แก่ต้นข้าว ซึ่งจะช่วยทำให้ต้นข้าวเจริญงอกงามขึ้นกว่าปกติ

5. ปลาช่วยเพิ่มปุ๋ยมูลและสิ่งขับถ่ายจากปลาซึ่งประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนและอื่น ๆ จะเป็นปุ๋ยโดยตรงสำหรับต้นข้าว

6. การเลี้ยงปลาในนาข้าวช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้นกว่าการปลูกข้าวแต่เพียงอย่างเดียว

การเลี้ยงปลาในนาข้าวเป็นอาชีพที่ชาวนาสามารถปฏิบัติได้เกือบตลอดปีเป็นการเพิ่มผลผลิตแก่พี่น้องชาวนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะสามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารได้เป็นอย่างดี หรืออย่างน้อยที่สุดก็จะช่วยให้ชาวนามีการกินดีอยู่ดี กับทั้งจะเป็นการเสริมสร้างรายได้ของครอบครัวเพิ่มขึ้นอีกด้วย (สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553)

อนุกรมวิธานผักตบชวา

ชื่อสามัญ ผักตบชวา

Common name : Water hyacinth, Floating water hyacinth

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms

วงศ์ Pontederiaceae

ภาพ 2 ผักตบชวา

ที่มา: นพพล (2553)

การใช้ผักตบชวาเพื่อการบำบัดน้ำ

สำนักงาน กปร. (2548) รายงานว่าไตธรรมชาติ เป็นหลักการบำบัดน้ำเสียโดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา ตามแนวทฤษฎีการพัฒนา อันเนื่องมาจากพระราชดำริ "บึงมักกะสัน" เป็นแนวพระราชดำริที่ทรงแนะนำให้เมืองใหญ่ทุกแห่งต้องมี "ปอด" ซึ่งได้แก่ สวนสาธารณะไว้หายใจ หรือ ฟอกอากาศ ในขณะเดียวกัน ก็จัดให้มีแหล่งน้ำไว้สำหรับกลั่นกรองสิ่งโสโครกเน่าเสีย ทำหน้าที่เสมือนเป็น "ไตธรรมชาติ" ซึ่งได้ทรงใช้ บึงมักกะสัน เป็นไตธรรมชาติ ของกรุงเทพมหานคร

เพ็ญศรี (2550) รายงานว่า ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพืชน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้ง ผักตบชวา และผักกระเฉด 2) การศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำกากส่าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยทำการทดลองเป็นเวลา 2 เดือน ผลการทดลองที่ 1 เมื่อใส่น้ำกากส่า 100 มิลลิลิตร ในน้ำ 50 ลิตร ของทั้ง 3 บ่อ โดยใส่พืชแต่ละชนิดลงในแต่ละบ่อ พบว่าบ่อที่ใส่ผักกระเฉดมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีกว่าบ่อผักบุ้งและบ่อผักตบชวา โดยพิจารณาจากค่าบีโอดีและค่าซีโอดีในการทดลองเป็นเกณฑ์ ซึ่งพบว่าบีโอดีและซีโอดีในบ่อผักกระเฉดลดลง 93% และ 95.5% ตามลำดับ และผลการทดลองที่ 2 พบว่าผักกระเฉดสามารถอยู่รอดและมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำกากส่าเจือจางที่ความเข้มข้น 500 มิลลิลิตร ในน้ำ 50 ลิตร ได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าบีโอดีและค่าซีโอดีในการทดลองเป็นเกณฑ์ พบว่าที่ความเข้มข้น 500 มิลลิลิตร ผักกระเฉดสามารถลดค่าซีโอดีได้มากที่สุดในช่วงระยะการกักเก็บ 15-20 วัน คิดเป็น 86.4% และสามารถลดค่า บีโอดีลงมากที่สุดในช่วงระยะการกักเก็บ 20-30 วัน คิดเป็น 85.7% ตามลำดับ

ทิฆัมพร (2540) รายงานว่า พืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาที่แตกต่างกัน จะมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้แตกต่างกันเล็กน้อยซึ่งไม่แตกต่างกันเท่าไดนัก กล่าวคือ พืชที่มีนิเวศวิทยาเป็นแบบลอยน้ำ ในที่นี้คือผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) จะมีการบำบัดค่าความสกปรกของน้ำที่วัดออกมาในรูปของ BOD ได้ดีกว่าพืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาแบบอื่น เนื่องจากว่าผักตบชวามีการเจริญเติบโตที่เร็วมีความต้องการใช้สารในการเจริญเติบโตสูง ส่วนพืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาแบบจมน้ำ ซึ่งในที่นี้คือ สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle) มีความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนในรูปของไนเตรทได้ดีกว่า เนื่องจากจะมีการสังเคราะห์แสงอยู่ใต้ผิวน้ำ ทำให้เป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำโดยตรง ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ Nitrification พืชจึงสามารถนำเอาไนโตรเจนรูปไนเตรทไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าพืชอื่นๆ และพืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาแบบกึ่งจมกึ่งลอย ซึ่งในที่นี้ใช้ธูปฤาษี (*Typha angustifolai L.*) มีผลในการบำบัดน้ำเสียอยู่ระหว่างความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของพืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาแบบจมน้ำ และลอยน้ำ เนื่องจากว่าในการบำบัดน้ำเสียของพืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาแบบจมน้ำ และลอยน้ำ เนื่องจากว่าไม่มีการเพิ่ม DO ในน้ำมากเหมือนพืชจมน้ำ และไม่ลด BOD ในปริมาณสูงเหมือนพืชลอยน้ำ ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาทั้ง 3 แบบนี้ หากดูจากตัวเลขการบำบัดน้ำแล้วจะเห็นว่ามีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกันพอสมควร แต่หากผลการวิเคราะห์ออกมาทางสถิติแล้วพบว่า พืชที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาทั้ง 3 แบบ มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้เหมือน ๆ กัน

กรรณิการ์ และ ธรรมเรศ (2538) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยพืชน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยนำน้ำเสียมาบำบัดในบ่อซีเมนต์กลมที่ปลูกพืชน้ำบางชนิดได้แก่ ผักตบชวา พุทธรักษา กกกลม ผักตบชวาร่วมกับพุทธรักษา และผักตบชวาร่วมกับกกกลม เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์มาวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ ซึ่งได้แก่ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ฟอสเฟต ของแข็งทั้งหมด และความเป็นกรด-ด่างในน้ำ ผลการศึกษาพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลองการใช้พุทธรักษา กกกลม และผักตบชวาร่วมกับกกกลม มีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยสามารถลดค่า COD จากวันแรกของการทดลองเป็น 68.7 73.1 และ 67.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพุทธรักษา กกกลม ผักตบชวาร่วมกับพุทธรักษา และผักตบชวาร่วมกับกกกลม มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD จากวันแรกของการทดลองเป็น 90.1 95.0 88.7 และ 93.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าปริมาณฟอสเฟตและของแข็งทั้งหมด พืชทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดค่าปริมาณฟอสเฟตและของแข็งทั้งหมดสูงสุดใน 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง โดยผักตบชวา พุทธรักษา และกกกลม มีประสิทธิภาพในการลดฟอสเฟตจากวันแรกของการทดลองเป็น 30.2 30.6 และ 31.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผักดบชวา พุทธรักษา ผักตบชวาร่วมกับพุทธรักษา ผักตบชวาร่วมกับกกกลมมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดจากวันแรกของการทดลองเป็น 66.0 64.9 64.9 และ 65.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าพืชทุกชนิดในการทดลองนี้มีความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียให้มีค่าอยู่ในช่วง 7.7-8.5

สุขเกษม (2545) รายงานว่า พืชน้ำมีหลายประเภท บางประเภทลอยน้ำ เช่น ผักตบชวา ผักบุ้งนา บางประเภทขึ้นอยู่ริมตลิ่ง ริมคลอง เช่น ธูปฤาษี พุทธรักษา กกสานเสื่อ แพงพวยน้ำ บางชนิดอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก สันตะวา บางชนิดอยู่ใต้น้ำ เช่น บัวต่าง ๆ เป็นต้น การเลือกพืชน้ำมาใช้งานต้องคำนึงถึงความสามารถในการทนต่อน้ำเสียเป็นสำคัญ การนำพืชมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียนั้นเป็นประโยชน์ ทำให้น้ำมีคุณภาพดีกว่าเดิม เพราะพืชน้ำสามารถดูดซับสารละลายอาหารและโลหะหนักบางอย่างจากน้ำเสีย เช่น กก และธูปฤาษี สามารถดูดซับธาตุอาหารและสังกะสีได้ นอกจากนี้ในการเลือกใช้พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียต้องพิจารณาพื้นที่และสภาพแวดล้อมเป็นหลัก

สุพร (2539) รายงานว่า จากการศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งและระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ บริเวณหนองหารจังหวัดสกลนคร พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ความนำไฟฟ้า ความขุ่นใส ค่าบีโอดี ซีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนทั้งหมด ระบบบำบัดน้ำเสียแบบพืชมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง

กลุ่มวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ (2534) ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำทิ้งโดยวิธีทางชีวะ โดยการใช้พืชน้ำบางชนิด เช่น ผักตบชวา จอก ผักบุ้ง และผักกระเฉด อีกทั้งการใช้ปลากินพืชได้แก่ ปลานิลในการบำบัดน้ำทิ้งในอัตราการปล่อยที่แตกต่างกัน ก็สามารถทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นได้

ปลาดุก

กรมประมง (ม.ป.ป.) รายงานว่า ปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดที่ชาวไทยนิยมรับประทานเป็นอาหารประจำวัน เนื้อมีรสดี มีขายอยู่ตามตลาดทั่วไป ราคาดี เลี้ยงง่าย โตเร็วและอดทนต่อสิ่งแวดล้อม พันธุ์ปลาหาได้ง่าย โดยการเพาะหรือรวบรวมจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

สันต์ (2548) รายงานว่า ปลาดุกบิ๊กอุย เกิดจากการผสมเทียมข้ามพันธุ์ระหว่างพ่อพันธุ์ปลาดุกยักษ์กับแม่พันธุ์ปลาดุกอุย ปลาดุกยักษ์ที่นำมาเป็นพ่อพันธุ์เป็นปลาในตระกูล อาฟริกันแคทฟิช (African catfish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias gariepinus* ชื่อสามัญคือ African sharptooth catfish ถิ่นกำเนิดอยู่ในอาฟริกากลาง จากนั้นได้แพร่กระจายสู่อเมริกา รัสเซียและจีน สำหรับปลาดุกยักษ์พันธุ์แท้ที่นำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์เพื่อผลิตลูกผสมบิ๊กอุย เป็นหนึ่งใน 32 สายพันธุ์ของปลาในตระกูลอาฟริกัน แคทฟิช โดยชาวรัสเซียนำมาแพร่พันธุ์ในประเทศลาว แล้วจึงถูกนำเข้ามาในไทยอีกทอดหนึ่ง ลักษณะทั่วไปของปลาดุกยักษ์สายพันธุ์นี้ มีขนาดโตกว่าปลาดุกอุยและปลาดุกด้าน ใต้คางมีสีขาว มีหนวดขนาดใหญ่ 4 คู่ ลำตัวสีเหลืองอมเทาและเป็นลายคล้ายหินอ่อน ขอบครีบหลังและปลายครีบหางสีแดง เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย กินอาหารได้แทบทุกชนิด มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อม เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีขนาดใหญ่และอายุยืนยาวมาก แต่มีข้อเสียคือเนื้อเหลวสีขาวซีดไม่น่ารับประทาน รสชาติไม่อร่อยและเป็นปลาที่มีนิสัยดุร้าย

สำหรับปลาดุกอุยที่ใช้เป็นแม่พันธุ์ในการผลิตลูกผสมบิ๊กอุยเป็นปลาพื้นบ้านของไทยที่รู้จักคุ้นเคยกันดี มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias macrocephalus* ชื่อสามัญคือ Walking catfish มีลักษณะรูปร่างยาวเรียว ไม่มีเกล็ด มีหนวด 4 คู่ที่ริมฝีปาก ผิวหนังสีน้ำตาล เนื้อออกสีเหลือง รสชาติอร่อยนุ่มหวาน และเป็นที่นิยมบริโภคของประชาชนทั่วไป (สันต์, 2548)

เมื่อนำปลาดุกสองพันธุ์นี้มาผสมเทียมข้ามพันธุ์กัน จึงทำให้เกิดปลาดุกลูกผสมพันธุ์ใหม่ ที่มีลักษณะเหมาะสำหรับเลี้ยงเป็นการค้ายิ่งขึ้น ปลาดุกบิ๊กอุยได้รวมเอาลักษณะที่ดีเด่นของพ่อแม่พันธุ์ มาไว้ในตัวเดียวกันจึงเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงได้น้ำหนักมากในระยะเวลาอันสั้น เนื้อมีลักษณะรสชาติอร่อย ทนทานต่อโรคพยาธิและสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

อนุกรมวิธานปลาดุก

Smith (1945) ได้จำแนกลำดับทางอนุกรมวิธานของปลาดุกไว้ ดังนี้

Phylum Chordata

Class Pisces

Subclass Teleostomi

Order Nematognathi

Family Clariidae

วิทย์ และคณะ (2530 อ้างใน วรรณี, 2536) รายงานว่า ในประเทศไทยมีปลาดุกอยู่ 5 ชนิด คือ

Clarias batrachus	ปลาดุกด้านหรือปลาดุกน้ำจืด
Clarias leiacanthus	ปลาดุก
Clarias melanoderma	ปลาดัก
Clarias teysmsnni	ปลามดหรือปลามอด
Clarias macrocephalus	ปลาดุกอุยหรือปลาดุกเลา หรือปลาดุกเนื้ออ่อน

แหล่งกำเนิด และถิ่นที่อยู่อาศัย

ปลาดุกจะพบแพร่กระจาย (Distribution) ทั่วไปในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศอินเดีย พม่า ไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม และมาเลเซีย เป็นต้น เป็นปลาที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดทั่วไป แม้แต่ในหนองน้ำที่มีน้ำเพียงเล็กน้อยก็ยังพบปลาดุก ทั้งนี้เพราะว่าปลาดุกเป็นปลาที่มีอวัยวะพิเศษที่ช่วยในการหายใจเช่นเดียวกับปลาช่อน ดังนั้นจึงสามารถดำรงชีวิตได้ในน้ำที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยและถึงแม้ว่าในน้ำที่ค่อนข้างกร่อยปลาดุกก็ยังสามารถอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี (เฉิดฉัน และคณะ, 2538)

ลักษณะทั่วไปของปลาดุก

สันต์ (2548) รายงานว่า ลักษณะรูปร่างและอุปนิสัยจึงอยู่กึ่งกลางระหว่างปลาสองพันธุ์นี้ กล่าวคือ ลักษณะภายนอกและนิสัยการกินอาหารคล้ายกับปลาดุกอุยมาก มีผิวค่อนข้างเหลือง โดยเฉพาะลำตัวและหางจะเป็นลายจุดประสีขาวของปลาดุกอุยชัดเจนมาก แต่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จุดนี้จะหายไป ลำตัวบางส่วนคล้ายกับปลาดุกยักษ์ เช่น กะโหลกท้ายทอยแหลมเป็นหยัก 3 หยัก หัวมีขนาดใหญ่และคอดหางมีจุดประสีขาวเรียงดามขวางในระยะที่ปลายังเล็ก บางครั้งก็ไม่อาจแยกได้ ว่าเป็นปลาดุกบิ๊กอุย หรือปลาดุกยักษ์พันธุ์แท้ ดังนั้นต้องดูที่ลักษณะหัวปลาและลายขวางที่คอดหางเมื่อปลาอายุได้ 3 อาทิตย์ขึ้นไป

สุทธิชัย (2548) รายงานว่า อาหารปลาใหญ่ ปลาดุกบิ๊กอุยเป็นปลาที่กินอาหารได้ทั้งเนื้อปลาผัก ซึ่งพอจะแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1. อาหารจำพวกเนื้อ ได้แก่ เนื้อปลา เนื้อสัตว์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามแต่จะหาได้ หรือจะเป็นเครื่องในสัตว์ต่าง ๆ ตลอดจนเลือดสัตว์และพวกแมลง เช่น ปลวก หนอน ตัวไหม ไส้เดือน ฯลฯ

2. อาหารจำพวกพืชผัก ได้แก่ รำข้าว ปลายข้าว กากถั่ว กากมัน แป้งข้าวโพด แป้งมัน และผักต่าง ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มอาหารหรืออาจจะให้มูลสัตว์ เช่น มูลไก่ มูลหมู โดยการตั้งคอกเลี้ยงสัตว์นั้นให้อยู่ใกล้บ่อปลา มูลสัตว์เหล่านี้จะเป็นทั้งอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่ปลาดุกได้

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ปลาดุกบิ๊กอุยชอบกินการหารประเภทเนื้อสัตว์มากกว่าอาหารประเภทพืชและประเภทแป้ง แต่การให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์เพียงอย่างเดียว จะทำให้ปลาเจริญเติบโตไม่ได้สัดส่วน เช่น ทำให้ปลาอ้วน สั้น มีไขมันมากเกินไป ดังนั้น เพื่อให้ปลาเติบโตได้สัดส่วนและมีน้ำหนักดี ควรให้อาหารประเภทเนื้อในอัตรา 30-50 % ของอาหารประเภทพืชและแป้ง

บริเวณที่ให้อาหารปลาในแต่ละครั้ง ควรมีมากกว่า 1 แห่ง และควรให้เป็นเวลาเพื่อฝึกให้ปลารู้เวลาและกินอาหารได้ทั่วถึง ไม่เป็นการแออัดและแย่งอาหาร ทำร้ายกันเอง ปริมาณของอาหารควรให้ปริมาณ 5% ของน้ำหนักของปลาทั้งหมดที่ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อ

การเจริญเติบโตของปลาดุก

สันต์ (2548) รายงานว่า การเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุยใกล้เคียงกับปลาดุกยักษ์ที่เป็นเพศพ่อมาก เนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ในช่วงระยะเวลาการเลี้ยง 3 เดือน ปลาดุกบิ๊กอุยสามารถสร้างน้ำหนักได้ประมาณตัวละ 200 กรัม (ขนาด 5 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม) ซึ่งเป็นปลาที่ตลาดมีความต้องการ ลักษณะเนื้อปลาดุกบิ๊กอุยคล้ายกับเนื้อของปลาดุกอุยมาก คือ ออกสีเหลือง ลักษณะนุ่มแต่ไม่เหลว และมีรสชาติดี

กรมประมง (2544) รายงานว่า การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการนั้น การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ควรปรับสภาพของน้ำในบ่อที่เลี้ยงให้มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย แต่ต้องแน่ใจว่าบ่อซีเมนต์จะต้องหมดฤทธิ์ของปูน ระดับในบ่อเมื่อเริ่มปล่อยลูกปลาขนาด 2-3 เซนติเมตร ควรมีความลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร เมื่อลูกปลาเติบโตขึ้นค่อย ๆ เพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้นตามลำดับ โดยเพิ่มระดับน้ำประมาณ 5 เซนติเมตรต่ออาทิตย์ ให้อาหารเม็ดประมาณ 3-7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลา โดยปล่อยปลาในอัตรา 50-70 ตัวต่อตารางเมตร ปลาจะเจริญเติบโตได้ขนาดประมาณ 100-200 กรัมต่อตัว ในระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 90 วัน อัตราการรอดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยง สามารถให้อาหารชนิดต่าง ๆ ทดแทนอาหารเม็ดได้ โดยใช้อาหารพวกไส้ไก่หรือปลาเป็ดผสมกับเศษอาหารก็ได้ แต่จำเป็นต้องถ่ายเทน้ำเพื่อป้องกันน้ำเสียบ่อยกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ด

การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตกลม

การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินได้รับความนิยมมาโดยตลอดเช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาชนิดอื่น ๆ จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ.2524 ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคณะประมงได้ทำการวิจัยเรื่องหนึ่งที่สร้างความฮือฮาในวงการมาก ซึ่งเรื่องนั้นคือ “การเลี้ยงปลาดุกด้านในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียน” นั่นเอง (สันต์, 2548)

คณะผู้วิจัย ซึ่งนำโดย อาจารย์วิทย์ ธารชลานุกิจ ได้กล่าวไว้ว่า การเลี้ยงปลาในบ่อคอนกรีตกลม เพื่อให้ได้ปลาโตถึงขนาดตลาด ไม่เคยปรากฏว่ามีการดำเนินการมาก่อนในประเทศไทย การนำเอาแนวความคิดจากเอกสารที่เกี่ยวกับการเลี้ยงปลาเทราท์และปลานิลมาปรับใช้สู่ขั้นการดำเนินการนั้น ก็เพื่อประสงค์จะนำเอาเทคโนโลยีขั้นสูงมาประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาการเลี้ยงปลาดุกรวมทั้งปลาชนิดอื่น ๆ ให้บังเกิดผลในทางเจริญขึ้นต่อ ๆ ไปในภายหน้า การเลี้ยงปลาโดยวิธีนี้

อาจแพร่หลายไปทั่วประเทศได้ในอนาคต คาดว่าผลผลิตที่ได้ต่อตารางหน่วยจะเพิ่มมากขึ้นกว่าวิธีการเลี้ยงเดิมไม่น้อยกว่า 40 เท่า

การเลี้ยงปลาดุกของเกษตรกรที่เป็นอยู่ในสภาพปัจจุบัน มักไม่มีระบบการเลี้ยงแม่บทใดใช้ถือปฏิบัติ จึงไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้อย่างถูกต้อง การป้องกันกำจัดโรคพยาธิที่เกิดขึ้นกับปลายังไม่สู่จุดยุติได้ ผู้เลี้ยงยังต้องประสบปัญหานี้อยู่เสมอ ความไม่มั่นใจในการเลี้ยงปลาดุกของเกษตรกรจึงมีอยู่ตลอดเวลามากระทั่งบัดนี้

การนำเอาเทคโนโลยีใหม่ขั้นสูงที่ไม่เคยปรากฏมีมาก่อนในประเทศไทยเรามาใช้ทดลองเลี้ยงปลาดุกในครั้งนี้ ก็เพื่อต้องการที่จะพัฒนาวิธีการเลี้ยงปลาดุกให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แล้วประมวลข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้สร้างเป็นแนวทางหรือระบบการเลี้ยงแม่บทที่ทรงคุณภาพสู่เกษตรกร อันเป็นการช่วยยกระดับการเลี้ยงปลาดุกภายในประเทศให้เจริญรุดหน้าในช่วงเวลาที่ผ่าน ๆ มา

การทดลองที่คณะประมง ใช้ลูกปลาดุกด้านขนาด 4-5 เซนติเมตร ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เมตร จุน้ำ 15 ลูกบาศก์เมตร รวมทั้งหมด 3 ชุด ๆ ละ 2 ซ้ำ ซึ่งการเลี้ยงนี้ก็จะใช้อาหารผสมสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในช่วง 45 วันแรก และใช้ที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในช่วง 45 วันสุดท้าย

ส่วนการจัดการเรื่องน้ำนั้นก็ใช้ปั๊มจุ่มใต้น้ำ (ไดโว่) ขนาด 2 นิ้ว (0.5 แรงม้า) สูบน้ำจากบ่อดิน (มีเนื้อที่ประมาณ 10 ไร่) ส่งผ่านบ่อทดลองเลี้ยงดังกล่าวเพื่อให้ระบบน้ำเกิดการไหลเวียนตลอด 90 วัน และทำการตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงเป็นประจำทุกสัปดาห์

เมื่อเลี้ยงครบ 90 วัน ผลการทดลองที่ได้พบว่า

ชุดที่ 1 มีจำนวนปลาที่เลี้ยงรอดทั้งสิ้นเฉลี่ย 3,976 ตัว (79.5 เปอร์เซ็นต์) ชั่งน้ำหนักได้ทั้งสิ้นเฉลี่ย 381.5 กิโลกรัม โดยมีปลาขนาดตลาด 218 กิโลกรัม (57.2 เปอร์เซ็นต์) ปลากินอาหารไปทั้งสิ้นเฉลี่ย 531.7 กิโลกรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 379.5 คิดเป็นประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 1.40

ชุดที่ 2 มีจำนวนปลาเลี้ยงรอดทั้งสิ้นเฉลี่ย 6,829 ตัว (91 เปอร์เซ็นต์) ชั่งน้ำหนักได้ทั้งสิ้นเฉลี่ย 607.3 กิโลกรัม โดยมีปลาขนาดตลาด 214.2 กิโลกรัม (37.9 เปอร์เซ็นต์) ปลาดินอาหารไปทั้งสิ้นเฉลี่ย 894.5 กิโลกรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 599.8 กิโลกรัม คิดเป็นประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.49

ชุดที่ 3 มีจำนวนปลาเลี้ยงรอดทั้งสิ้นเฉลี่ย 9,072 ตัว (90.7 เปอร์เซ็นต์) ชั่งน้ำหนักได้ทั้งสิ้นเฉลี่ย 775 กิโลกรัม โดยมีปลาขนาดตลาด 308 กิโลกรัม (39.6 เปอร์เซ็นต์) ปลากินอาหาร

ไปทั้งสิ้นเฉลี่ย 950.8 กิโลกรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 765 กิโลกรัม คิดเป็นประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 1.24

แต่เมื่อเกษตรกรนำไปทดลองเลี้ยงปรากฏว่าหลายรายล้มเหลว บางรายประสบผลสำเร็จ

ข้อผิดพลาดที่สำคัญ 3 ประการ (สันต์, 2548)

ประการแรก ปลาโตไม่เท่ากัน เกิดจากได้รับอาหารไม่สมบูรณ์และเพียงพอ คืออาการที่ให้คุณภาพไม่แน่นอนและมาสม่ำเสมอ วิตามินและแร่ธาตุบางตัว เช่น วิตามินซี จะสลายตัวขณะผ่านขบวนการอัดเม็ดจึงทำให้ขาดได้ และสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปลาโตไม่เท่ากัน คือเกษตรกรมักจะปล่อยลูกพันธุ์ปลาลงเลี้ยงมากกว่ากำหนด (อัตราที่กรมประมงแนะนำให้ปล่อย คือ 350-500 ตัวต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร) และลูกพันธุ์ปลาที่ปล่อยก็มีขนาดเล็กเกินไป จึงมีปัญหาปลากินอาหารได้แตกต่างกัน เป็นผลทำให้มีปลาตัวแคระแกรนปนอยู่มาก

ประการที่สอง น้ำ เกษตรกรส่วนใหญ่มักจัดหาน้ำหมุนเวียนใช้ได้ไม่เพียงพอ และน้ำที่ใช้ก็มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร

ประการที่สาม โรค เมื่อปลาอ่อนแอและน้ำคุณภาพไม่ดีแล้ว ก็จะเป็นสาเหตุโน้มนำให้ปลาเกิดโรคขึ้นได้ ครั้นผู้เลี้ยงใส่ยารักษาลงไปซึ่งมักจะใส่จนเกินขนาดที่เหมาะสม หรือใช้ผิดวิธี ทำให้ปลาตัดคดตัวงอและถึงตายได้

แนวทางแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ (สันต์, 2548)

จากปัญหาทั้งสามประการ ดังที่ได้กล่าวมา เรื่องระบบน้ำนี้นับว่าสำคัญมาก ต้องคอยควบคุมให้คุณสมบัติดีจริง ๆ และสม่ำเสมอ ส่วนอาหารที่ใช้เลี้ยงอยู่ยังไม่ดีพอ ต้องแก้ไขโดยการซื้อพรีมิกซ์ของไก่มาผสมกับอาหารเลี้ยง ทางด้านโรคปลาดุกก็ต้องมีการจัดระบบการป้องกันต่าง ๆ ที่ดี มีการเลี้ยงที่ต้องดูแลอย่างละเอียดถี่ถ้วน

การเลี้ยงปลาดุกโดยระบบนี้ยังมีอนาคตอยู่ แม้ว่าต้นทุนครั้งแรกจะสูง แต่จากสภาวะราคาปลาดุกที่ค่อนข้างสูง ถ้ามองในระยะยาวก็คุ้มทุน สำหรับผู้ที่จะเริ่มต้นเลี้ยงควรต้องศึกษาให้ละเอียดและเข้าใจก็สามารถเลี้ยงได้แน่ ไม่ว่าจะเป็นปลาดุกด้านหรือปลาดุกอุย, ปลาดุกบิ๊กอุย หากปฏิบัติถูกต้องตามหลักวิชาการ

การเลี้ยงโดยวิธีนี้ต้องให้ความเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะระบบน้ำ ถ้ามีต้นไม้อยู่บริเวณบ่อเลี้ยง อาจมีปัญหาเรื่องใบไม้ร่วงลงมาอุดรูระบายน้ำ ถ้าน้ำไม่ระบาย ปลาก็มีโอกาสเกิดโรคและตายได้มาก และต้องคอยสังเกตอยู่เสมอว่าปลากินอาหารดีหรือเปล่า มีปลาลอยหัวบ้างหรือไม่ สำหรับน้ำที่ใช้เลี้ยงก็ต้องมีคุณภาพดี มีพอเพียงและควรมีบ่อพักสำรองด้วย

เกี่ยวกับเรื่องลูกพันธุ์ปลา ไม่ควรมีขนาดเล็กกว่า 3 เซนติเมตร ถ้าลูกพันธุ์ปลามีขนาดเล็กกว่า 3 เซนติเมตรแล้ว อาจหลุดเข้าสู่รูกรองได้ และถ้าหากใช้รูกรองที่มีขนาดเล็กลง เพื่อป้องกันลูกพันธุ์ปลาหลุดเข้ารูกรองก็จะทำให้ระบายน้ำไม่สะดวก ในฤดูฝนถ้ามีฝนตกหนักลูกปลาที่เลี้ยงอาจถึงกับช็อกและตายได้

ระหว่างการเลี้ยง ช่วงที่มีอากาศหนาวเย็น เช่นเดือนพฤศจิกายน-เดือนมกราคม จะมีปัญหาโรคเกิดขึ้นได้ง่าย จึงต้องระวังให้ดี การใส่ยาก็ให้เป็นระยะสั้น ๆ โดยใช้เกลือกับฟอร์มาลินและใช้แค่เพียง 2-3 ชั่วโมง ใน 2-3 วันติดต่อกัน ซึ่งก็นับว่าได้ผลดีพอสมควร เพราะการเลี้ยงระบบนี้น้ำในบ่อเลี้ยงมีปริมาณน้อยและควบคุมได้ง่าย อีกอย่างที่ควรทราบไว้ก็คือ ปูนขาวอย่าใส่โดยเด็ดขาด ถ้าไม่ทราบหลักและวิธีการที่ถูกต้อง เพราะสภาพบ่อปูนนี้ไม่เหมือนกับบ่อดิน ถ้าใสลงไปอาจทำให้ปลาเกิดช็อกตายได้

ปลาดุกจัดเป็นปลาที่มีศักยภาพสูงในบรรดาปลาที่เลี้ยงกันอยู่ในปัจจุบัน นับว่าเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตเร็วมาก ถ้าปัจจัยในการผลิตมีคุณภาพดีแล้ว ปลาดุกจะให้ปัจจัยเหล่านั้นและตอบสนองออกมาดีมาก ซึ่งอาจเปรียบเหมือนกับว่าปลาดุก เป็นไก่กระทงลูกผสม เมื่อได้รับอาหารข้น มีโปรตีนสูง และมีปริมาณมากตามความต้องการแล้ว การเจริญเติบโตก็เป็นไปด้วยความรวดเร็ว จึงทำให้เกิดแนวความคิดในการเร่งการผลิตปลาชนิดนี้โดยใช้หลักที่ว่า ให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้ได้มากที่สุด จากแนวคิดนี้จึงทำให้เกิดการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตระบบน้ำหมุนเวียน โดยสร้างบ่อให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้แล้วปล่อยปลาลงเลี้ยง ในอัตราที่มากที่สุดตามที่ปลาจะทนทานอยู่ได้ และให้อาหารที่มีคุณภาพดีอยู่เสมอ ซึ่งการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียน สามารถที่จะผลิตปลาดุกออกจำหน่ายได้ในระยะเวลาเพียง 3-4 เดือนเท่านั้น

ผลผลิตจากการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียนจะมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงกว่าบ่อดินนั้น มีช่องทางที่จะเป็นไปได้มากพอสมควร และการเลี้ยงก็มีความได้เปรียบมากกว่าการเลี้ยงปลาดุกแบบเดิม ซึ่งเป็นการเลี้ยงในบ่อดินขนาดใหญ่ ที่ปล่อยปลาเลี้ยงเป็นจำนวนมาก แล้วยังให้ปลากินเปือกบดผสมรำละเอียดเป็นอาหาร น้ำในบ่อจึงมักเสียอยู่เรื่อย ๆ ทำให้ปลาเป็นโรคอยู่เสมอ เมื่อจะใส่ยารักษาโรคก็ทำได้ยาก เพราะน้ำในบ่อมีมาก ทำให้เปลืองตัวยา จะทำการถ่ายเทน้ำทีก็ลำบาก นอกจากนี้ยังสังเกตอาการของปลายากอีกด้วย เพราะพื้นที่บ่อกว้างปลา

จะอยู่กระจายกันทั่วบ่อ จนบางครั้งปลาตายไปเกือบหมดแล้ว ผู้เลี้ยงก็ยังไม่รู้เลย แต่เมื่อเลี้ยงด้วยบ่อแบบนี้ปัญหาที่ว่านั้นจะหมดไป เพราะบ่อที่ใช้เลี้ยงมีขนาดเล็กเหมาะสม ทำการดูแลปลาได้ทั่วถึง การถ่ายเทน้ำได้ง่าย ใส่ยารักษาโรคก็สะดวกสามารถปล่อยปลาลงเลี้ยงได้เป็นจำนวนมาก (10,000-15,000 ตัวต่อบ่อ) นอกจากนั้น ยังสามารถทยอยจับส่งตลาดในระดับท้องถิ่นได้ดีกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งหากมีการทยอยเลี้ยงหลาย ๆ บ่อแล้วก็สามารถกำหนดจับปลาได้ ในปริมาณที่พอเหมาะกับความต้องการ ได้ทุกวัน ทำให้เงินหมุนเวียนตลอดเวลา เงินจึงไม่จม แต่ไม่เหมาะที่จะใช้เลี้ยงเพื่อผลิตป้อนตลาดระบบเปิด เช่น ตลาดกรุงเทพฯ หรือในเขตที่ใกล้เคียง เนื่องจากกำลังการผลิตน้อยกว่าจากบ่อดิน ที่สามารถผลิตปลาออกขายได้บ่อละหลาย ๆ ตัน และในทางตรงกันข้ามบ่อดินก็ไม่สามารถทยอยจับได้ทุกวันเช่นกัน เนื่องจากปลาที่เหลือภายในบ่อจะได้รับความกระทบกระเทือนและเกิดความเสียหายได้ จำเป็นต้องจับให้มากและหมดในเร็ววัน

คุณสมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาดุก

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

Swingle (1969) รายงานว่า คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่เหมาะสมควรมีออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 3 ppm. แต่ปลาดุกเป็นปลาที่มีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจเรียกว่า เดนไดรท์ (dendrite) ทำให้สามารถอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำหรือไม่มีเลยบางช่วงได้

เทิดพันธุ์ (2553) รายงานว่า ความสามารถในการละลายน้ำของแก๊สออกซิเจนขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ และปริมาณเกลือแร่ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ ความสามารถละลายของแก๊สออกซิเจนในน้ำจืดอยู่ที่ 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 35 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นสัตว์น้ำจึงต้องเสี่ยงต่อการขาดแคลนออกซิเจนมากกว่าสัตว์บกโดยเฉพาะน้ำที่มีอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อนโดยทั่วไปแล้วปลาไม่สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือระดับที่ต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลานาน ทั้งนี้ในน้ำดังกล่าวจะต้องไม่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง (ซึ่งทำให้ปลาใช้ออกซิเจนไม่ได้) การขาดแคลนออกซิเจนในน้ำ ถึงแม้จะไม่ต่ำลงจนถึงระดับที่ทำให้ปลาตาย แต่อาจมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำได้หลายประการ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิดรทำให้ระยะเวลาในการฟักเป็นตัวของไข่ปลาช้าลงกว่าปกติ

Colman *et al.* (1981) รายงานว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกมักจะมีค่าใกล้ศูนย์ในช่วงเวลาเช้าและเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาบ่าย ส่วนในช่วงเวลากลางคืนพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับศูนย์ โดยเฉพาะในบ่อที่มีอัตราการปล่อยปลาดุกลงเลี้ยงค่อนข้างสูง ซึ่งในระยะต่อมาทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลงและไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้และตายในที่สุด เนื่องจากขาดออกซิเจนหรือมีปริมาณแอมโมเนียที่สูงขึ้น

ศิริเพ็ญ (2543) รายงานว่า ก๊าซออกซิเจนเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตสิ่งมีชีวิตในน้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการอาศัยก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งได้มาจากการละลายของออกซิเจนจากอากาศและกระบวนการสังเคราะห์แสง ปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสิ่งมีชีวิต โดยจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ของปฏิกิริยาทางชีวเคมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการหายใจ อัตราการสังเคราะห์แสง ความลึกของน้ำ ความดันบรรยากาศ ช่วงเวลาของวัน ฤดูกาล ปริมาณอินทรีย์สาร และประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เกรียงศักดิ์ (2539) ที่พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการละลายตัวของออกซิเจน นอกจากช่วงเวลาของวัน ความลึก อัตราการสังเคราะห์ และการหายใจ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น ความเข้มของแสง อุณหภูมิ ความสูง ความกดดันของบรรยากาศและมลพิษที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำ

ประจวบ (2547) รายงานว่า โดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีไม่ต่ำกว่า 4 มก./ล. น้ำธรรมชาติมีคุณภาพดีมักมี DO อยู่ระหว่าง 5-7 มก./ล. ความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและปริมาณคลอไรด์ในน้ำ โดยเป็นปฏิภาคผกผันต่อกัน คือเมื่ออุณหภูมิหรือปริมาณคลอไรด์ในน้ำเพิ่มขึ้น การละลายของออกซิเจนในน้ำจะลดลง การวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในน้ำสามารถทำได้โดยวิธีทางเคมีและใช้เครื่องวัดโดยตรง

ประเทือง (2538) รายงานว่า ออกซิเจนมีความสำคัญอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดเพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่าง ๆ ที่ต้องใช้ออกซิเจนเรียกว่า Aerobic process กาซออกซิเจนเป็นกาซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากว่าไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้นการละลายจึงขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำและปริมาณเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำ

สิทธิชัย (2549) รายงานว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำมาก ออกซิเจนจะเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำและไม่ว่าพืชหรือสัตว์ก็มีความจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ สอดคล้อง

กับรายงานของ ประเทือง (2534) ที่รายงานว่าออกซิเจนมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดซึ่งจะถูกใช้ในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน (Aerobic process) แต่โดยธรรมชาติแล้วออกซิเจนสามรถละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงกับน้ำ ดังนั้นการละลายของออกซิเจนจึงขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำและปริมาณเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำ ความสามรถในการละลายของออกซิเจนนั้นอยู่ระหว่าง 14. มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และ 7.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในสภาพความกดดัน 1 บรรยากาศ เมื่อความกดดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการละลายน้ำก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือถ้าระดับน้ำสูงเพิ่มขึ้นอัตราการละลายน้ำของออกซิเจนก็จะลดลง และเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้นออกซิเจนก็จะละลายน้ำได้น้อยลงเช่นเดียวกัน ในฤดูร้อนปริมาณของออกซิเจนจะละลายได้น้อยลงเพราะว่าอุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะเดียวกันการย่อยสลายและปฏิกิริยาต่าง ๆ จะเพิ่มมากขึ้นทำให้มีความต้องการออกซิเจนเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ สูงขึ้นตามไปด้วย มีผลทำให้เกิดภาวะขาดแคลนออกซิเจนในน้ำขึ้นได้ ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของแหล่งน้ำ ในทางตรงกันข้ามแหล่งน้ำอาจเกิดปรากฏการณ์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเกินจุดอิ่มตัว เนื่องจากมีการผลิตออกซิเจนขึ้นมาก เช่น การที่มีแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำมากเกินไป อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในช่วงที่กว้างก็อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (ประเทือง, 2534)

1. ออกซิเจนที่ละลายน้ำซึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งนับว่าเป็นกระบวนการผลิตออกซิเจนที่สำคัญของแหล่งน้ำ ในกรณีที่ออกซิเจนดังกล่าวมีปริมาณสูงกว่ากระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียเพื่อใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สาร ก็ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสะสมมากขึ้นกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวออกซิเจนก็จะระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ แต่การระเหยนั้นจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งในบางครั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอาจจะสูงกว่าจุดอิ่มตัว

2. ออกซิเจนที่ละลายน้ำจากบรรยากาศโดยตรง เกิดจากแรงกดดันบรรยากาศหรือเกิดจากกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำ ซึ่งทำให้ออกซิเจนจากบรรยากาศละลายน้ำ ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในกรณีที่ออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าจุดอิ่มตัว แต่เนื่องจากอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และใช้เวลามากในบางครั้งปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอาจอยู่ในระดับที่ต่ำมาก เนื่องจากออกซิเจนถูกดึงไปใช้ในกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิดในน้ำ และกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรีย

3. ออกซิเจนที่ละลายน้ำซึ่งได้จากปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ซึ่งในบางแหล่งน้ำอาจมีสารประกอบหรือแร่ธาตุบางชนิดที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วให้ออกซิเจนได้

4. ออกซิเจนที่ละลายน้ำถูกใช้ในกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์น้ำ พืชน้ำ เป็นต้น

5. ออกซิเจนที่ละลายน้ำถูกใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรีย หากมีการสะสมอินทรีย์สารในแหล่งน้ำมาก อาจส่งผลให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนได้ บางครั้งรุนแรงจนทำให้ปลาที่เลี้ยงรวมทั้งสัตว์น้ำอื่น ๆ ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ อินทรีย์สารที่กล่าวถึงนั้นได้แก่ เศษอาหาร สิ่งขับถ่ายรวมถึงซากแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงปลา ปริมาณแพลงก์ตอนที่แบคทีเรียต้องการใช้เพื่อการย่อยสลายอินทรีย์สารเรียกว่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) ทั้งนี้ปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอินทรีย์สาร รวมถึงปริมาณของแบคทีเรีย และอุณหภูมิของน้ำ ณ ขณะนั้นด้วย ในบ่อเลี้ยงปลามีแบคทีเรียที่ใช้ประโยชน์จากอินทรีย์สารเพื่อใช้เป็นอาหาร (Saprophytic bacteria) และมีแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งใช้ประโยชน์จากอนินทรีย์สาร (Autotrophic bacteria) โดยแบคทีเรียกลุ่มหลังนี้จะใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ภาวะขาดออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อปลาจนถึงขั้นที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำนั้นพบว่าเกิดจากการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียกลุ่มหลัง

6. ออกซิเจนที่ละลายน้ำถูกใช้ในกระบวนการทางเคมีของสารประกอบและแร่ธาตุต่าง ๆ เนื่องจากในบางครั้งมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมอย่างกะทันหัน หรือการที่บ่อเลี้ยงปลาได้รับการปนเปื้อนของสารพิษก็อาจเกิดภาวะขาดแคลนออกซิเจนได้ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Chemical Oxygen Demand (COD) ภาวะขาดแคลนออกซิเจนที่เกิดในกรณีนี้จะส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำอย่างมาก ในบางครั้งออกซิเจนที่ละลายน้ำอาจจะลดต่ำลงเป็นเวลาติดต่อกันหลายวัน

7. ออกซิเจนที่ละลายน้ำลดต่ำลงจากการหมุนเวียนของน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่าเช่น น้ำบาดาลซึ่งมีสารพวกเฟอรัสไบคาร์บอเนต $4Fe(HCO_3)_2$ และแมงกานีสไบคาร์บอเนต $4Mn(HCO_3)_2$ ในปริมาณที่มาก

เวียง (2525) รายงานว่า แพลงก์ตอนพืชบางชนิด เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) ซึ่งมักจะพบมากในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะในฤดูร้อนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะลอยตัวบริเวณผิวน้ำ ในบางครั้งจะตายพร้อม ๆ กัน ซึ่งเกษตรกรจะสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของน้ำจากสีเขียวเป็นสีเทา หรือสีน้ำตาลแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงชนิดของแพลงก์ตอนที่มีอยู่ ในบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปลาที่อยู่ในบ่อเลี้ยงได้ จึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าว นอกจากปริมาณ

แพลงก์ตอนพืชแล้ว ชนิดของแพลงก์ตอนพืชก็ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเช่นกัน โดยปกติแล้วปริมาณออกซิเจนที่ลายในบ่อปลามักจะได้รับจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช 2 ชนิดเป็นส่วนใหญ่ คือ สาหร่ายสีเขียว (Green algae) และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) สาหร่ายทั้งสองชนิดนี้อาศัยอยู่ในระดับน้ำที่ต่างกันคือ สาหร่ายสีเขียวจะกระจายอยู่ทั่วไปทุกระดับชั้นของน้ำที่แสงแดดส่องถึง ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชอบอยู่ระดับผิวน้ำเท่านั้น ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะมีเฉพาะผิวหน้าเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ต่างจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีเขียว ซึ่งจะมีปริมาณออกซิเจนทุกระดับของน้ำ นอกจากนี้ในบางกรณีที่แพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณมากจนเกินไปก็อาจเป็นสาเหตุของภาวะขาดออกซิเจนได้เช่นเดียวกันแต่เกิดขึ้นได้ไม่บ่อยนัก

ประเทือง (2534) รายงานว่า ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่า 3 ppm. ด้วยเหตุที่ภาวะขาดออกซิเจนนั้นถึงแม้เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ก็ตามแต่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอย่างมากเช่น การฟักไข่เป็นตัวช้าลง ความแข็งแรงของตัวอ่อนลดลง ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารลดลง ความสามารถในการต้านทานสารพิษลดลง ในบ่อปลาที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำมากเกินไป มักจะทำให้ภาวะขาดออกซิเจนในช่วงเช้า ซึ่งเกษตรกรสังเกตได้จากการที่ปลาลอยหัวบริเวณผิวน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้ในสภาพอากาศมืดครึ้มไม่มีแสงแดดจะส่งผลให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจนที่ยาวนานยิ่งขึ้น ซึ่งเกษตรกรอาจใช้เครื่องให้อากาศที่เหมาะสมเช่น เครื่องตีน้ำ เพื่อเติมอากาศและเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ส่วนการป้องกันในระยะยาวก็ทำได้โดยการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืช หรือพืชน้ำไม่ให้มีปริมาณมากเกินไป โดยทั่วไปแล้วจะใช้เครื่องมือเพื่อวัดค่าความโปร่งแสง (Transparency) ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวเรียกว่า Secchi disk มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลม โดยวัดเป็นระยะความลึกของน้ำที่มองเห็นแผ่นวงกลมที่หย่อนลงไปในน้ำ จนถึงระดับที่มองไม่เห็นแผ่นวงกลมดังกล่าว หากน้ำในบ่อเลี้ยงปลามีค่าความโปร่งแสงอยู่ระหว่าง 30 – 60 เซนติเมตร แสดงว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่ถ้ามีค่าความโปร่งแสงมากกว่า 60 เซนติเมตร แสดงว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในระดับที่น้อยเกินไป และถ้ามีค่าความโปร่งแสงน้อยกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในระดับที่มากเกินไป ไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา การลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานั้นทำได้โดยการถ่ายเทน้ำในบ่อเลี้ยงและควบคุมปริมาณการให้อาหาร รวมทั้งลดการใส่ปุ๋ยบ่อปลาควบคู่กันไป จนกระทั่งปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีอยู่ในระดับที่เหมาะสม

สิทธิชัย (2549) รายงานว่า สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจตลอดเวลา แต่ในช่วงเวลากลางคืนแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำไม่มีการสังเคราะห์แสงเพื่อเติมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ฉะนั้นปริมาณออกซิเจนจึงลดลงเรื่อยๆ กระทั่งช่วงเช้าของวันรุ่งขึ้น ในกรณีที่แพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำในแหล่งน้ำมีปริมาณมากเกินไป กระบวนการสังเคราะห์แสงในช่วงกลางวันจะสามารถผลิตออกซิเจนละลายในน้ำในปริมาณที่มาก แต่ในทางตรงกันข้ามก็อาจจะเกิดภาวะขาดออกซิเจนในช่วงเช้าได้ เนื่องจากการใช้ออกซิเจนในการหายใจของแพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำเหล่านั้น ซึ่งรวมไปถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำดังกล่าวอีกด้วย ดังนั้นการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม จึงเป็นการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไปด้วยในตัว แต่ในบางครั้งที่มีสภาพอากาศปิดไม่มีแสงแดดเป็นเวลานานหลายวันติดต่อกัน ก็อาจจะทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนขึ้นได้ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่

บีโอดี

มั่นสิน (2543) รายงานว่า ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในขวดบีโอดีเกิดจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งมีการกินอาหารซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในน้ำเสียการกินอาหารเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้อากาศ ทำให้มีการใช้หรือบริโภคออกซิเจนในขวดบีโอดี การย่อยสลายสารอินทรีย์จนหมดมิได้เกิดขึ้นทันที โดยทั่วไปพบว่า ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 20 วัน นั่นคือในแต่ละวันแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ไปบางส่วน ซึ่งอาจวัดได้เป็นปริมาณความเข้มข้นของ COD และ COD ที่ลดลง ในแต่ละวันเมื่อต้องการทราบว่าแหล่งน้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใดสามารถวัดได้โดยการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ BOD ในน้ำ ถ้าวัดพบ BOD เข้มข้นมาก แสดงว่ามีความสกปรกมาก ถ้าวัดพบ BOD เข้มข้นต่ำแสดงว่ามีความสกปรกน้อย ความสกปรกในที่นี้หมายถึงความสกปรกที่เกิดจากสารอินทรีย์ซึ่งทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเหม็นได้

อุณหภูมิ

วิรัช (2544) รายงานว่า อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำมีผลกระทบต่อการกินอาหาร การสืบพันธุ์ ความต้านทานโรคและอัตราเมแทบอลิซึมของสัตว์น้ำ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ก็อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ สำหรับระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดตลอดจนวัยของสัตว์น้ำ แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำทุก

ชนิดสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนมากกว่า 1 – 2 องศาเซลเซียส ภายใน 24 ชั่วโมง จะทำให้สัตว์น้ำเกิดอาการเครียด (Stress) แม้จะไม่มีผลทำให้สัตว์น้ำตายทันที แต่ก็จะทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอส่งผลให้ความต้านทานโรคลดลง คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของน้ำคือ น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) สูง จึงมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หรืออาจกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าน้ำสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันและในรอบฤดูกาลให้เป็นไปอย่างช้า ๆ การควบคุมอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำให้เป็นไปตามความต้องการ ทั้งการเพิ่มหรือลดอุณหภูมินั้นทำได้ยากในทางปฏิบัติและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง แต่การป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแบพลันสามารถทำได้โดยการรักษาระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่า 1 เมตร

นอกจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงและโดยทางอ้อมแล้วอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและไฟฟ้าบางประการของน้ำ เช่น อุณหภูมิมีอิทธิพลกับการละลายของออกซิเจนและสัดส่วนของแอมโมเนียในรูป NH_3 และ NH_4^+ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของน้ำหลายประการ จำเป็นต้องมีการปรับอุณหภูมิ หรือบันทึกอุณหภูมิของน้ำ ณ เวลาที่มีการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบ และเพื่อการแปลผลข้อมูลที่ถูกต้อง (วิรัช, 2544)

พลพจน์ (2547) รายงานว่า อุณหภูมิน้ำมีผลต่อขบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกายของปลา เช่น การย่อยอาหาร การหายใจ การสืบพันธุ์ การเคลื่อนไหว การกินอาหาร การเจริญเติบโต และยังมีผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ ของแบคทีเรียในน้ำ ปกติปลาในเขตร้อนอาศัยอยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 25-32 อาศาเซลเซียส และปลาไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันของอุณหภูมิ จึงไม่ควรนำปลาไปปล่อยในอุณหภูมิที่ต่างจากที่มันเคยอยู่มากเกินไป โดยเฉพาะจากอุณหภูมิต่ำไปอยู่อุณหภูมิที่สูงกว่า ปกติการเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำต้องเปลี่ยนช้าๆไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส

มั่นสิน (2551) รายงานว่า ระดับอุณหภูมิและความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำมีผลกระทบต่อปลาแต่ละชนิด ปลาบางชนิดอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงกว้าง แต่ปลาบางชนิดสามารถดำรงชีวิตในระดับอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก หากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงกว้างก็จะมีผลกระทบต่อการกินอาหาร และการเจริญเติบโตอย่างมาก ปลาเขตร้อนเจริญเติบโตได้ดีถึงแม้อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมาก ได้แก่ ปลาหมอ ปลาดุก และปลาแขยง เป็นต้น สามารถเจริญเติบโตในอุณหภูมิตั้งแต่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอุณหภูมิเหมาะสมสำหรับปลาเขตร้อนควรอยู่ที่ 28 – 32 องศาเซลเซียส

ประเทือง (2534) รายงานว่า อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลทั้งในทางตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยปกติอุณหภูมิของน้ำจะแปรผัน

ตามอุณหภูมิของอากาศในแต่ละฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำยังขึ้นอยู่กับระดับความเข้มของแสงอาทิตย์ และกระแสลม ความลึกของน้ำ ปริมาณสารแขวนลอยความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่วไป ของแหล่งน้ำ โดยแหล่งน้ำในประเทศไทยจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23 – 32 องศาเซลเซียส โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำนั้นจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ในกรณีของสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาซึ่งจัดอยู่ในจำพวกเลือดเย็น ซึ่งไม่สามารถรักษาอุณหภูมิในตัวได้คงที่เหมือนสัตว์เลือดอุ่นได้ อุณหภูมิในตัวปลาจะแปรผันตามอุณหภูมิของน้ำและสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ ปลาส่วนใหญ่จะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงที่จำกัด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของปลาจะสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลงกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านั้นก็จะลดลงตามไปด้วย ตามกฎของแวนฮอฟฟ์ (Van hoff's law) ซึ่งกล่าวว่า อัตราการเมตตาโบลิซึม (Metabolic rate) ของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าของระดับปกติเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส และกิจกรรมดังกล่าวจะลดลงในทำนองเดียวกันเมื่ออุณหภูมิลดลง อย่างไรก็ตามอัตรากระบวนการเมตตาโบลิซึมของปลาก็จะมีความแตกต่างกันไปในรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งขึ้นกับกระบวนการทางชีวเคมีภายในร่างกายและสภาวะแวดล้อม เช่น ปลาที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราทางเมตตาโบลิซึมน้อยกว่าปลาชนิดเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่า

ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) รายงานว่าโดยปกติอุณหภูมิภายในตัวปลาจะแตกต่างจากอุณหภูมิของน้ำเพียง 0.5-1 องศาเซลเซียส เท่านั้น เหงือกปลาจะเป็นอวัยวะสำคัญในการรักษาระดับอุณหภูมิภายในร่างกาย ปลาขนาดเล็กจะมีอัตราส่วนระหว่างเหงือกต่อน้ำหนักตัวมากกว่าปลาขนาดใหญ่ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำ ปลาขนาดเล็กจึงสามารถปรับตัวและทนทานได้ดีกว่าปลาขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามหากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็ว ก็อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ เช่น ทำให้ระบบการควบคุมการขับถ่ายและแร่ธาตุภายในตัวผิดปกติไป ทำให้อ่อนแอและตายได้ การปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่แหล่งน้ำ หรือน้ำจากระบบหล่อเย็นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงกว่าระดับปกติตามธรรมชาติ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่สูงกว่าปกติเพียง 2 – 3 องศาเซลเซียสนั้น ก็อาจส่งผลกระทบอย่างมากต่อสัตว์น้ำ ห่วงโซ่อาหาร และระบบนิเวศของแหล่งน้ำบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้อุณหภูมิของแหล่งน้ำก็เป็นตัวกำหนดและควบคุมชนิด ปริมาณ และสัดส่วนของประชากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้นๆอีกด้วย อุณหภูมิของน้ำยังส่งผลต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพของแหล่งน้ำหลายประการ เช่น ความหนาแน่น ความหนืด ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจน การแบ่งชั้นของน้ำ การหมุนเวียนของแร่ธาตุต่าง ๆ และทิศทางของกระแสน้ำ เป็นต้น ผลกระทบที่สำคัญของอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำคือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะเดียวกันกระบวนการเมตตาโบลิซึมจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณความต้องการ

ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น การทำงานของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุในน้ำจะเพิ่มขึ้น จึงอาจเกิดปัญหาภาวะขาดออกซิเจนขึ้นได้ แหล่งน้ำที่ขาดออกซิเจนเป็นเหตุให้น้ำเน่าเสีย นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลกระทบทางอ้อม เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้พิษของสารพิษชนิดต่าง ๆ มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงช่วยเร่งการดูดซึม และการแพร่กระจายของพิษในตัวได้เร็วยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามสารพิษบางชนิดนั้นความเป็นพิษนั้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิทั่วไปทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายและการกำจัดพิษออกนอกร่างกายได้เร็วกว่าปกติ นอกจากนี้ยังทำให้ความต้านทานโรคของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย เชื้อโรคบางชนิดสามารถแพร่กระจายได้ดีในระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันอีกด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตสำหรับปลาในเขตร้อนอยู่ในช่วงระหว่าง 25 – 32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับปกติของอุณหภูมิในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่ว ๆ ไป เนื่องจากในบ่อเลี้ยงปลานั้นมีปริมาณแร่ธาตุ สารแขวนลอย แพลงก์ตอน และความขุ่นค่อนข้างสูง ดังนั้นในวันที่แสงแดดมาก ผิวน้ำชั้นบนเก็บความร้อนไว้ได้มาก จึงมีอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำชั้นล่างอุณหภูมิต่ำกว่าในกรณีเช่นนี้จึงอาจเกิดการแบ่งชั้นของน้ำตามอุณหภูมิและความลึก แต่เหตุการณ์ดังกล่าวมักปรากฏในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกมาก ๆ สำหรับบ่อปลาซึ่งมีเนื้อที่น้อย และส่วนมากมีความลึกไม่เกิน 2 เมตร จึงไม่ค่อยปรากฏเหตุการณ์ดังกล่าวมากนัก

ลักษณะสมบัติกรด-ด่างของน้ำในบ่อปลา

เทิตพันธุ์ (2553) รายงานว่า แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป มีค่า pH ระหว่าง 5 – 9 ซึ่งความแตกต่างนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดิน และหิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปกติพบอยู่เสมอว่าระดับ pH ของน้ำผันแปร ไปตามคุณสมบัติของดิน ดังนั้นในบริเวณที่ดินมีสภาพเป็นกรดจะทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรดตามไปด้วย นอกจากนี้ สิ่งมีชีวิตทั้งในดินและในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำมีความเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ช่วงที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังนี้ 4.0-6.5 ปลาบางชนิดทนอยู่ได้ แต่ให้ผลผลิตต่ำเดิบโตช้า 6.5 – 9.0 เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ประจวบ (2547) รายงานว่าค่า pH เป็นตัวแสดงค่าความเป็นกรด หรือค่าความเป็นด่างของน้ำ โดยกำหนดว่าค่า pH ถึง 7 มีฤทธิ์เป็นกรด และจาก 7 – 14 มีฤทธิ์เป็นด่าง ถ้ามี 7 พอดีมีฤทธิ์เป็นกลาง pH ที่สามรถทำให้สัตว์น้ำ เช่น ปลา ดำรงชีวิตได้อย่างปกติ จะอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 ซึ่งหมายความว่าน้ำมีความเป็นกลาง ไม่เป็นกรดมากนัก และไม่เป็นด่างมากนัก แต่ถ้า pH มีค่าต่ำ

หมายความว่าน้ำมีค่าความเป็นกรดสูง ถ้า pH มีค่าสูงหมายความว่าน้ำมีความเป็นด่างสูง น้ำมีความเป็นกรดหรือด่างสูงมักจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

อุดมลักษณ์ และสุฤทธิ์ (2553) รายงานว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นเครื่องแสดงว่าน้ำหรือสารละลายมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง การวัดค่า pH ของน้ำเป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (Hydrogen ion concentration) ที่มีอยู่ในน้ำ ระดับ pH มีอยู่ระหว่าง 0 ถึง 14 โดย pH เป็นกลาง ค่าต่ำกว่า 7 แสดงว่า มีสภาวะเป็นกรด ถ้าสูงกว่า 7 ขึ้นไปแสดงว่า น้ำมีสภาวะเป็นด่าง ค่า pH ของแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5 ถึง 9 ซึ่งความแตกต่างขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะดิน หิน ปริมาณน้ำฝน จุลินทรีย์ในดิน สิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นต้น สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่ดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตดีในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างในช่วงกลาง ๆ ถ้าความเป็นกรด-ด่างสูงหรือต่ำมากจะทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตได้หรือมีการเจริญเติบโตผิดปกติ

ในช่วงที่มีอัตราการสงเคราะห์แสงสูง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำจะลดลง แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้นทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้น ตรงกันข้ามถ้าอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมากและมีค่า pH ต่ำลง โดยทั่วไปน้ำธรรมชาติมีค่า pH ระหว่าง 6-9 ค่า pH ของน้ำในช่วงกลางวันและกลางคืนจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเกือบตลอดเวลา โดยต่ำสุดในตอนเช้าก่อนอาทิตย์ขึ้น เพราะสิ่งมีชีวิตในน้ำหายใจแล้วปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากในตอนกลางคืน ซึ่งทำให้น้ำมีกรดคาร์บอนิคมาก จึงมีค่า pH ต่ำ ส่วนเวลากลางวันพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงทำให้ค่า pH สูงเรื่อย ๆ จนสูงสุดในช่วงบ่าย ดังนั้นสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับ pH ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนนั้นเนื่องจากอัตราการหายใจ การสังเคราะห์จะเชื่อมโยงเป็นลูกโซ่ไปถึง Carbon dioxide – carbonate-bicarbonate system

พลพจน์ (2547) รายงานว่า ค่า pH 7 มีค่าเป็นกลาง pH ต่ำกว่า 7 ที่เป็นกรด และ pH สูงกว่า 7 มีค่าเป็นด่าง โดยปกติปลาสามารถอาศัยอยู่ในช่วงต่างของค่า pH ในช่วงกว้างได้ แต่ต้องมีความเป็นกรดเป็นด่างอย่างช้า ๆ ปลาทะเลจะมีปฏิกิริยาต่อความแตกต่างของความเป็นกรด เป็นด่างได้ไวกว่าปลาน้ำจืด ดังนั้นการย้ายปลาจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งจึงควรมีการปรับสภาพก่อนนำปลามาปล่อย ถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันสูง หรือต่ำไม่เกิน 0.5ปลาจะเครียดไม่มาก

ศิริเพ็ญ (2543) รายงานว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง หรือค่า Power of Hydrogen ion concentration (pH) ของน้ำโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 6-8 หรือ 6-9 และการละลายของสารประกอบบางตัวจะถูกควบคุมด้วย pH และยังมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตด้วย

มั่นสิน และไพรพรรณ (2540) รายงานว่า ปลาและสิ่งมีชีวิตในน้ำสามารถดำรงอยู่ได้อย่างสบายที่ pH เหมาะสมคือ ในช่วง pH ที่เป็นกลางประมาณ 6-9 เท่านั้น pH สูงหรือต่ำเกินไปสร้างความเครียดให้กับปลาและสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งหลาย บางครั้งถึงกับทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายได้ทันที ถ้า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากระดับเหมาะสม แม้ไม่มากนักก็ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และพืชน้ำ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เป็นอาหารของปลามีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง pH มากกว่าตัวปลาเอง ยกตัวอย่างเช่น *Daphnia magna* และ *Gammarus* ไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ในน้ำที่มี pH ต่ำกว่า 6 น้ำที่มี pH สูงกว่า 8.5 จะเป็นด่างเกินไปทำให้ปลาหลายชนิดวางไข่น้อยลง นอกจากนี้น้ำที่เป็นด่างเกินไปยังทำให้เกิดแอมโมเนียอิสระมากขึ้น ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในทางตรงกันข้าม การที่ pH ลดลงเพียง 1.5 ก็อาจทำให้พิษของสารประกอบโลหะไซยาไนด์เพิ่มขึ้นเป็นพันเท่า

pH ยังมีบทบาทอีกประการหนึ่ง คือ ควบคุมการปล่อยสารอาหาร เช่น เหล็กฟอสฟอรัสจากดินก้นบ่อให้กับน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าน้ำมีสภาพต่างสูงหรือมี pH สูง น้ำจะขาดแคลนอิออนเหล็ก สำหรับการเจริญเติบโตของพืชน้ำ เป็นต้น

pH มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพกรดและสภาพด่างในน้ำ การเพิ่มสภาพด่างจะมีผลทำให้ pH สูงขึ้น ในทางครงคันข้าม การลดสภาพกรดจะทำให้ pH มีค่าลดลง

ประเทือง (2534) รายงานว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำนอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อปลาแล้ว ยังส่งผลทางอ้อมต่อปลาอีกด้วยตัวอย่างเช่น ทำให้สารพิษบางชนิด มีการแตกตัว เพิ่มขึ้น หรือลดลง เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ที่สูงขึ้นทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงปลาในกรณีที่ดินหรือน้ำมีสภาพความเป็นกรด-ด่าง ต่ำเกินไปก็จะไม่ได้รับประโยชน์เท่าที่ควร ฉะนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการปรับปรุงความเป็นกรต-ด่างของน้ำหรือดินก่อนใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงปลา ปุ๋ยเหล่านั้นจะถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์โดยสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปรับปรุงแก้ไขความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำและดินให้สูงขึ้น ทำได้โดยการใส่ปูนขาวซึ่งนอกจะทำให้ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำและดินสูงขึ้นแล้วยังจะช่วยเพิ่มความเป็นด่าง และความกระด้างอีกด้วย ปูนขาวที่ใช้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) การคำนวณปริมาณ ปูนขาวที่ต้องใช้นั้นพิจารณาจากความเป็นกรด-ด่าง ของดิน และค่าความเป็นด่างของน้ำเสียก่อน เพราะปริมาณปูนขาวที่ใช้เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง นั้นจะไม่เท่ากันทุกบ่อเสมอไป ดังนั้นในทางปฏิบัติต้องนำดินก้นบ่อมาตรวจวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณปูนขาวที่ต้องใช้และในระหว่างการเลี้ยงปลานั้นควรจะหมั่นตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในบ่ออย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าก่อนพระอาทิตย์ขึ้นและในช่วงบ่าย เนื่องจากความเป็นกรต-ด่าง ในรอบวันจะมีการ

เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ และการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในรอบวัน ไม่ควรจะเกินกว่า 2 หน่วย

สิทธิชัย (2549) รายงานว่า ความเป็นกรดเป็น-ด่าง (Positive potential of hydrogen ions) เป็นค่าที่แสดงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งบ่งชี้ความเป็นกรด และสิ่งที่บ่งชี้ความเป็นด่างคือ ความเข้มข้นของไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) แต่อย่างไรก็ตามความเป็นกรด-ด่าง ไม่ได้บอกถึงความเป็นกรดหรือความเป็นด่างรวมของน้ำ แต่เป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในขณะนั้นเท่านั้น ดังนั้นน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากัน อาจจะมีความเป็นกรดหรือความเป็นด่างต่างกันได้ นอกจากนี้ความเป็นกรด-ด่าง ยังสามารถบอกสัดส่วนอย่างคร่าวๆ ระหว่างคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต สอดคล้องกับ ประเทือง (2534) ซึ่งรายงานว่า ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการคำนวณปริมาณคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และคาร์บอนไดออกไซด์

น้ำในแหล่งน้ำโดยทั่วไปมีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5-9 ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลทำให้น้ำมีความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะของพื้นดินและหิน ปริมาณฝนที่ตกตลอดตนการใช้ประโยชน์จากที่ดินรอบบริเวณแหล่งน้ำนั้น ๆ นอกจากนี้ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำนั้นจะเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน และกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่นจุลินทรีย์และแพลงก์ตอน ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลานั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยช่วงกลางวันแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในกิจกรรมการสังเคราะห์แสง เพราะฉะนั้นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำนั้นจะลดต่ำลง ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำสูงขึ้น และในช่วงกลางคืนแพลงก์ตอนและพืชน้ำไม่มีกิจกรรมการสังเคราะห์แสง มีแต่การหายใจของสิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งได้คายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูงขึ้น และเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านั้นได้รวมตัวกับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิค ส่งผลทำให้เกิดความเป็นกรด-ด่าง ลดต่ำลง สำหรับความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสม ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5-9

Reid (1961) รายงานว่า ความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาอยู่ในช่วง 6.5-8.5 ในกรณีที่ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5-9 ปลายังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4 หรือสูงกว่า 11 ปลาไม่สามารถดำรงชีวิดอยู่ได้เลย (Death point) ทั้งนี้ระดับของความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่ต่างกันอาจเกิดขากความปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากชุมชน หรือโรงงานอุดสาหกรรมก็ได้

แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรต

แอมโมเนีย (Ammonia)ในแหล่งน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น โปรตีนและจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ แอมโมเนียในแหล่งน้ำปรากฏอยู่ 2 รูปแบบคือ NH_3 และ NH_4 ซึ่งสัดส่วนระหว่าง NH_3 และ NH_4 จะเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และอุณหภูมิของแหล่งน้ำ แอมโมเนียในรูป NH_3 ในปริมาณที่เข้มข้นจะเกิดโทษต่อสัตว์น้ำอย่างเช่น การระคายเคืองของเหงือก การหายใจ การขับถ่ายของเสีย pH ในเลือดสูงรบกวนกระบวนการบางของ Enzyme บางตัว เป็นต้น ระดับความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ประกอบกัน (อุดมลักษณ์ และสุฤทธิ์, 2553)

Rokocy *et al.* (1993) รายงานว่า สัตว์น้ำจะขับถ่ายของเสียในรูปของสารละลายต่าง ๆ กันอยู่หลายรูป แต่ที่ขับถ่ายออกมามากที่สุดจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยคิดเป็นร้อยละ 60-70 รองลงมาคือ ยูเรีย ยูริค ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจน โดยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนไตรท์-ไนโตรเจน มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่ไนเตรต-ไนโตรเจนจะมีความเป็นพิษต่ำ และยังเป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับพืชชั้นสูงด้วย

เทิดพันธุ์ (2553) รายงานว่า แอมโมเนียโดยปกติเป็นพิษต่อปลาโดยเฉพาะในรูปแบบของ Unionized form หรือ NH_3 ส่วน Ionized Form หรือ NH_4^+ ไม่มีพิษต่อสัตว์น้ำ เว้นแต่จะมีอยู่ในปริมาณสูงมากๆ การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับค่า pH และอุณหภูมิของน้ำ หาก pH ลดลง เปอร์เซ็นต์การแตกตัวก็จะมีมากขึ้น ทำให้ความเป็นพิษลดลง ดังนั้นในบ่อปลาที่มีการให้อาหารปลาประเภทเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง ของเสียที่เกิดขึ้นหรืออาหารที่เหลือก็จะทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น และอาจเป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำเองได้ในที่สุด การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในบ่อปลาบางครั้งจึงมีความจำเป็น ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่จะไม่เป็นอันตรายในรูปของ Unionized form แอมโมเนีย (NH_3) ก่อผลกระทบต่อปลาตั้งแต่ความเข้มข้น 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับเนื้อเยื่อเมื่อสัมผัสอย่างต่อเนื่อง ความเข้มข้น 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเจริญเติบโตลดลงและเหงือกถูกทำลาย ปลาน้ำเย็นส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อสัมผัสน้ำที่มีแอมโมเนียเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างต่อเนื่อง บ่อเลี้ยงปลาส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมด 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับปลอดภัยเมื่อ pH ของน้ำไม่เกิน 8.0 เนื่องจากความเป็นพิษของแอมโมเนียจะสูงขึ้นเมื่อ pH สูงขึ้น (เทิดพันธุ์, 2553)

สันติธรรม (2553) รายงานว่า แอมโมเนียเราจะพบได้ 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนียอิออน ซึ่งแตกตัวได้ง่าย (Ionized ammonie NH_4) ส่วนใหญ่จะพบในสภาพน้ำที่เป็นกรด กับก๊าซ

แอมโมเนีย ซึ่งไม่แตกตัว (Unionized ammonia, NH_3) ซึ่งมักพบในสภาพน้ำที่เป็นด่างและอุณหภูมิสูง รูปแบบแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว (NH_3) ความเป็นพิษของอันอิออไนซ์แอมโมเนีย เพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณต่ำและพิษของ อันอิออไนซ์แอมโมเนียลดลงถ้าในน้ำมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง เพราะว่าคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลง ส่วนแอมโมเนียในรูปที่แตกตัว (NH_4) จะไม่มีพิษต่อสัตว์น้ำนอกจากมีความเข้มข้นสูงมาก ๆ สำหรับแอมโมเนียในรูปที่ไม่แตกตัวนั้นจะมีความสามารถในการแพร่กระจายผ่านผนังเซลล์ได้ดี เนื่องจากไม่มีประจุไฟฟ้าและสามารถละลายได้ดีในไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ การให้อาหารที่มีโปรตีนสูงในบ่อปลา เศษอาหารหรือของเสียที่มีอยู่จะทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้

เวียง (2525 อ้างใน ประพัฒน์พงศ์, 2553) รายงานว่า ไนโตรเจนในหมู่ไนเตรต มักพบในรูปสารประกอบโซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) หรือแคลเซียมไนเตรต ($Ca(NO_3)_2$) ซึ่งมีผลมากจากการย่อยสลายแอมโมเนีย โดยแบคทีเรียตามสมการ

$$NH_2 + H \longrightarrow NH_4^+$$

$$NH_4^+ + CO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{nitrosomonas}} C_5H_7O_2N + NO_2^- + H_2O + H^+$$

$$NO_2^- + CO_2 + NH_4^+ + O_2 + H_2O \xrightarrow{\text{nitorbacter}} C_5H_7O_2N + NO_2^- + H_2O + H^+$$

พิษของแอมโมเนีย

มั่นสิน และ ไพรพรรณ (2540) รายงานว่า พืชและสัตว์สามาระใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับการเจริญเติบโตและดำรงชีวิต พืชสามารถดูดซับแอมโมเนียได้อย่างรวดเร็ว แบคทีเรียบางอย่างสามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนเตรต ถ้าน้ำมีพีเอชสูงจะมีแอมโมเนียอิสระ (ก๊าซ) ซึ่งสามารถระเหยหนีขึ้นไปบนอากาศได้

การใช้อาหารปลาอย่างหนักในบ่อปลาที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่น อาจทำให้เกิดแอมโมเนียปริมาณสูงมากเกินไป

แอมโมเนียในน้ำอาจอยู่ในรูป NH_3 หรือ NH_4^+ โดยมีสมดุลเคมีดังนี้

$$NH_4^+ + H_2O \longrightarrow NH_3 + H_3O^+ \quad K = 10^{-9} \quad \text{—} \quad (2.24)$$

หรือ $$NH_4+ \longrightarrow NH_3 + H^+$$

แอมโมเนียอิสระ หรือ NH_3 เป็นพิษอย่างมากต่อปลา แต่อิออนแอมโมเนียหรือ NH_4^+ ไม่มีพิษ สัดส่วนของ NH_3 และ NH_4^+ ในน้ำขึ้นอยู่กับพีเอช อุณหภูมิและปริมาณเกลือแร่ ปริมาณ NH_3 จะเพิ่มตามระดับพีเอช และอุณหภูมิที่สูงขึ้น พีเอชมีอิทธิพลต่อเคมีของแอมโมเนียใน

น้ำมากกว่าอุณหภูมิ ปริมาณเกลือแร่ในน้ำมีอิทธิพลน้อยเช่นเดียวกับอุณหภูมิ แต่มีอิทธิพลในทางตรงกันข้าม นั่นคือ แอมโมเนียจะมีน้อยลงถ้ามีปริมาณเกลือแร่สูงขึ้น

แอมโมเนียเป็นพิษต่อปลาในทางอ้อม กล่าวคือ ทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือด ถ้า NH_3 ในน้ำมีปริมาณสูงเกินไป นักวิจัยพบว่าในขณะที่ระดับแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ปลาขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงและระดับแอมโมเนียในเลือด และในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้พีเอชของเลือดมีค่าสูงขึ้นและเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ ทำให้มีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ทำอันตรายต่อเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงถึงดับ Sublethal มักอ่อนแอและติดโรคง่าย ค่า LC_{50} ของแอมโมเนียอิสระสูงประมาณ 0.5 มก./ล. (มั่นสิน และไพรพรรณ, 2540)

เวียง (2525) รายงานถึงความเป็นพิษของแอมโมเนียว่า แอมโมเนียในร่างกายสัตว์นั้นเกิดจากกระบวนการ Deamination คือการย่อยสลายโพลีเปปไทด์ และกรดอะมิโน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน ในขณะเดียวกันก็จะได้แอมโมเนียด้วย ซึ่งแอมโมเนียที่ได้นี้จะมีความเป็นพิษต่อเซลล์ในตัวปลา ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการกำจัดแอมโมเนียดังกล่าวออก หรือมีการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษ แอมโมเนียในน้ำมีความเป็นพิษต่อปลาในทางอ้อมกล่าวคือ ทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือดได้ มั่นสิน และ ไพพรรณ (2543) รายงานว่าถ้าแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงเกินไปส่งผลทำให้แอมโมเนียในเลือดและในเนื้อเยื่อของปลาเพิ่มสูงขึ้น และทำให้ความเป็นกรดด่างของเลือดสูงขึ้น และก็ให้เกิดผลเสียต่อปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ ในตัวปลา ทำให้ปลามีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ทำอันตรายต่อเหงือกปลา และลดความสามารถของเลือดในการแลกเปลี่ยนออกซิเจน ความเข้มข้นของแอมโมเนียเพียง 0.025 ppm ก็สามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาได้

สุชาติ และคณะ (2534) รายงานว่า ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (NH_4-N) ที่วิเคราะห์เป็นค่า Total Ammonia Nitrogen (TAN) ในบ่อเลี้ยงปลาดุกอุยเทศของเกษตรกรมีค่าสูงถึง 17 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งค่า (NH_4-N) มีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากเนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของปลาดุกอุยเทศพร้อมกับการขับถ่ายของเสีย ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่พบในบ่อปลาดุกมีทั้ง UIA และ Ionized ammonia (NH_4^+) ซึ่ง UIA มีความเป็นพิษสูงต่อปลาที่ระดับความเข้มข้น 0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยจะมีพิษต่อเหงือกและอวัยวะช่วยในการหายใจ อีกทั้งลดการเจริญเติบโตและเพิ่มความเครียด โดยปริมาณของแอมโมเนียจะขึ้นอยู่กับระดับของพีเอช (pH) และอุณหภูมิของน้ำ

สุชาติ และคณะ (2534) พบว่าปริมาณฟอสเฟตในบ่อเลี้ยงปลาดุกอุยเทศจะเพิ่มมากขึ้นถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเวลาที่มีการให้อาหารสดเช่น หัวไก่บดละเอียด และไส้ไก่

อุตมลักษณ์ และสุฤทธิ์ (2553) รายงานว่า ไนไตรต์ (Nitrite) เป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง โดยเกิดกึ่งกลางระหว่างการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียเป็นไนเตรต (Nitrification) และไนเตรตเปลี่ยนกลับเป็นแอมโมเนีย (Denitrification) ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอไนไตรต์จะออกซิไดส์ (Oxidation) ไปเป็นไนเตรตได้รวดเร็ว แต่ถ้าน้ำขาดออกซิเจนพวกจุลินทรีย์จะรีดิวซ์ (Reduced) ไนเตรตไปเป็นไนไตรต์ ทำให้เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ไรไดรต์ ทำให้ฮีโมโกลบินในเลือดปลามีประสิทธิภาพรับออกซิเจนน้อยลง ความเป็นพิษของไนไดรต์ต่อปลาและสัตว์น้ำจะแตกต่างกันไปตามชนิดของปลาและสัตว์น้ำ แต่มักจะเกิดในปริมาณต่ำ

มานพ และคณะ (2536) รายงานว่า แอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำจะเปลี่ยนเป็นไนไดรท์และไนเดรต โดยขบวนการออกซิเดชั่นของแบคทีเรีย การเกิดไนไตรท์อาจเกิดจากการย่อยสลายของแพลงก์ตอนพืช กรณีที่แอมโมเนียไม่ถูกนำไปใช้จึงเกิดเป็นไนไดรท์และไนเตรด ไนไดรท์เป็นพิษต่อปลา เนื่องจากไนไดรท์ไปออกซิไดซ์เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเลือดปลา ทำให้กลายเป็นเมทธิโมโกลบินซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ทำให้เกิดการตายเนื่องจากขาดออกซิเจน การลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้เกลือแกง 600 – 800 กก./ไร่ หรือ ใช้ทีละน้อยประมาณ 200 – 250 กก./ไร่ ทุก ๆ 1-2 สัปดาห์ เนื่องจากการเติมแคลเซียม และคลอไรด์ ช่วยลดพิษของไนไตรท์ที่มีต่อปลาได้

พิษของไนไตรต์

มั่นสิน และ ไพรพรรณ (2540) รายงานว่า ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ได้ เมทธิโมโกลบิน (Methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ปลาที่ได้ไนไตรต์จึงมีเมทธิโมโกลบินในเลือด ซึ่งเห็นได้เป็นสีน้ำตาล ปลาที่มีอาการเช่นนี้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เนื่องจากไม่สามารถใช้ออกซิเจน การสะสมตัวของไนไตรต์ เชื่อว่าเกิดจากความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น บ่อปลาอาจพบไนไตรต์ ได้สูงถึง 0.5-5 มก./ล.

นิสากร (2546) รายงานว่า ไนเตรตจะถูกพืชนำไปใช้โดยตรงในที่สุดจะถูกสร้างไปเป็นกรดอะมิโนและโปรตีนในพืชใหม่ จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นไนโตรเจนในบรรยากาศได้ใหม่ โดยการกระทำของ Denitrifying bacteria เช่น *Pseudomonas*, *Thiobacillus* การเปลี่ยนแปลงจากไนไตรท์ และไนเตรต ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ในบรรยากาศใหม่นี้เรียกว่า Denitrification

Quillere *et al.* (1993 อ้างใน สุฤทธิ์, 2552) ได้ทดลองเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus)* ร่วมกับการปลูกมะเขือเทศ (*Lycopersion esculentum*) ในระบบนิเวศแบบปิดพบว่าในช่วงที่เขือเทศมีอัตราการเจริญเติบโตสูง ในระบบมีไนเตรต (NO_3) แอมโมเนีย (NH_4) และ

ฟอสเฟต (PO_4^3) เหลืออยู่น้อยมาก หลังจากนั้น ไนเตรต (NO_3) แอมโมเนีย (NH_4) และฟอสเฟต (PO_4^3) ในระบบจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพืชมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยลง ส่วนธาตุไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัส (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ที่สะสมอยู่ในใบมะเขือเทศเท่ากับ 3.4 และ 1.1 ตามลำดับ ส่วนในผลของมะเขือเทศ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 2.7 และ 0.7 ตามลำดับ และในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มากขึ้น แต่ในน้ำมี ค่าพีเอชสูงจะทำให้ปริมาณไนเตรต แอมโมเนีย และไดไฮโรเจนฟอสเฟตน้อยลง

ไนเตรต (Nitrate) เป็นสารประกอบของไนโตรเจนที่พบมากที่สุดในลำธาร ทะเลสาบ ซึ่งจะพบในปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะ และวิธีการใช้ดินในทางการเกษตร บริเวณแหล่งต้น เนื่องจากไนเตรตเป็นสารประกอบที่สามารถถูกชะล้างได้ง่าย เมื่อมีการไหลผ่านของน้ำบนพื้นดิน ดังนั้น ปริมาณไนเตรต จะลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น เมื่อมีการพังทลายของดินมาก ปริมาณของไนเตรตสามารถใช้เป็นตัวชี้ถึงระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ ไนเตรต โดยปกติจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อย เมื่อเทียบกับไนไตรต์และแอมโมเนีย นอกจากนี้ไนเตรตยังมีประโยชน์ต่อพืชในการดูดซึมไปใช้ในขบวนการสร้างโปรตีนอีกด้วย (อุดมลักษณ์และสุฤทธิ์, 2553)

ความเป็นด่าง

อุดมลักษณ์ และสุฤทธิ์ (2553) รายงานว่า ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถรับโปรตอนหรือไฮโดรเจนอิออนของน้ำหรือความสามารถในการทำปฏิกิริยากับกรด ความเป็นด่างในน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปเกิดจากไบคาร์บอเนต (HCO_3) เป็นส่วนใหญ่ อาจมีคาร์บอเนต (CO_3) และไฮดรอกไซด์ (OH) ในบางสภาวะ โดยเฉพาะเมื่อ pH ของน้ำมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้อาจมีพวกบอเรต (Borates) ซิลิเกต (Silicates) และฟอสฟอรัส (Phosphates) ปนอยู่บ้างแต่ปริมาณน้อย คุณสมบัติที่สำคัญของความเป็นด่างต่อแหล่งน้ำ คือ เป็นตัวการที่ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH รวดเร็วเกินไป แหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นด่างสูงก็เหมือนกันมีความสามารถในการต้านการเปลี่ยนแปลง pH สูง เกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นด่างใกล้เคียง 100 mg/l การปรับค่าความเป็นด่างของน้ำทำให้สูงโดยการใส่ปูนขาว (Liming) แหล่งน้ำที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบค่าความเป็นด่างหรือมีความกระด้างเท่ากับศูนย์

เทิดพันธุ์ (2553) รายงานว่า แหล่งน้ำโดยทั่วไปมีค่าความเป็นด่าง ตั้งแต่ 25-500 มิลลิกรัมต่อลิตร แหล่งน้ำใดที่ได้รับน้ำทิ้งจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม จะมีค่าความเป็นด่าง

ค่อนข้างสูง เช่นน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเบียร์ น้ำอัดลม อาหารสำเร็จรูป และโรงงานกระดาษ เป็นต้น ดังนั้นน้ำฝนจึงมีค่าความเป็นด่างค่อนข้างต่ำ ความเป็นด่างกับความกระด้าง มีความสัมพันธ์กัน น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นด่างและความกระด้างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และค่าความเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำนั้น ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และลดจากค่าปกติเกินร้อยละ 25 น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำจะเป็นน้ำอ่อน และมีค่า pH ต่ำ ซึ่งมีผลให้ผลผลิตต่ำไปด้วย น้ำที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบค่าความเป็นด่างปรากฏอยู่เลย

พลพจน์ (2547) รายงานว่า ความเป็นด่างจะเป็นตัวควบคุมไม่ให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH อย่างรวดเร็วซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นได้ โดยค่า pH ที่เปลี่ยนไปนี้จะทำให้รูปต่างๆ ของความเป็นด่างเปลี่ยนไปด้วยทำให้สัตว์น้ำหรือพืชน้ำขาดธาตุอาหารเพราะค่าความเป็นด่างจะเป็นแหล่งให้คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับพืชน้ำเพื่อการสังเคราะห์แสงความเป็นด่างที่เหมาะในการเลี้ยงสัตว์ควรอยู่ที่ 80-120 มก./ล ความเป็นด่างในแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ระหว่าง 25-400 มก./ล

ความกระด้าง

มั่นสิน (2551) รายงานว่า ค่าความกระด้างโดยตัวของมันเอง ไม่ถือว่าเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่ความกระด้างของน้ำมักมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) และความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ความกระด้างของน้ำช่วยลดพิษของสารพิษหลายชนิด เช่นพวกโลหะหนัก ต่างๆ ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคทเมียม ดังนั้นน้ำที่มีความกระด้างปานกลาง หรือสูงจึงมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งควรอยู่ระหว่างช่วง 50-250 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำอ่อนโดยเฉพาะน้ำฝนไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

อุดมลักษณ์ และสุฤทธิ์ (2553) รายงานว่า ความกระด้างของน้ำ หมายถึง ปริมาณของเกลือแคลเซียมและเมกนีเซียมที่ละลายในน้ำความเข้มข้นเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนต และอาจรวมถึงอิออนของโลหะอื่น ๆ ที่ มีวาเลนซี่ สอง โดยปกติความกระด้างและความเป็นด่างจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรงเนื่องจากส่วนที่เป็นอิออนบวกที่ส่วนของความกระด้าง และส่วนที่เป็นอิออนลบที่เป็นด่างมักมาจากสารประกอบพวกคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต โดยปกติความกระด้างของน้ำไม่มีผลเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (ยกเว้นเป็นสาเหตุให้เกิดโรคนิ่ว) ด้วยปริมาณจำกัด อิออนต่าง ๆ เหล่านี้จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ยังอาจมีผลต่อความทนทานของสัตว์น้ำต่อโลหะเป็นพิษต่าง ๆ

พลพจน์ (2547) รายงานว่า ความกระด้างคือ เป็นตัวช่วยควบคุมค่า pH ของน้ำ ระดับที่เหมาะกับการเลี้ยงปลาคือ 80-200 มิลลิกรัมต่อลิตรค่าความเป็นด่างและความกระด้างควรมีค่าใกล้เคียงกันจะดีกว่าแตกต่างกันและจะเพิ่มความกระด้างได้โดยใส่ปูนขาว

ความโปร่งแสง

เทิดพันธุ์ (2553) รายงานว่า ความโปร่งแสงเป็นการวัดความลึกของน้ำที่แสงสามารถส่องผ่านลงไปได้ ความโปร่งแสงจะผันแปรตามสี และความขุ่นของน้ำ แต่บางครั้งความโปร่งแสงอาจผันแปรตามความเข้มของแสงและทิศทางของแสง ความโปร่งแสงเป็นตัวแปรคุณภาพน้ำที่วัดได้ง่ายและรวดเร็วโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Secchi dish ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ น้อยกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีค่าความโปร่งแสงน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากน้ำในแหล่งน้ำนั้นมีความเข้มข้นสูงที่อาจเกิดจาก ตะกอนดิน สารแขวนลอย หรือแพลงตอนพืช ซึ่งจะมีผลต่ออุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และสัมพันธ์กับคุณสมบัตรของน้ำอื่นๆ ซึ่งจัดได้ว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้นไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ อาจแก้ไขโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หรืออาจใช้ปูนขาว ซึ่งต้องพิจารณาถึงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำด้วย ค่าเฉลี่ยที่วัดได้อยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เนื่องจากมีสารแขวนลอย หรือแพลงก์ตอนอยู่ในระดับที่เหมาะสม ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ 60 เซนติเมตรขึ้นไป แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำไม่ดีเท่าที่ควร หากเป็นในบ่อเลี้ยงปลาอาจมีการเติมปุ๋ยอินทรีย์เช่นปุ๋ยคอกลงไป

คาร์บอนไดออกไซด์

อุดมลักษณ์ และสุฤทธิ์ (2553) รายงานว่า คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ละลายน้ำส่วนใหญ่ได้รับมาจากขบวนการย่อยสลายอินทรีย์ของจุลินทรีย์ขบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดและสารประกอบคาร์บอเนตรวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะทำปฏิกิริยาในการช่วยควบคุมได้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าค่อนข้างคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงน้อย ถ้ามีมากเกินไปอาจทำสัตว์น้ำตายเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์จะไปขัดขวางการหายใจ มีผลทำให้สัตว์น้ำได้รับออกซิเจนน้อยลง ขัดขวางประสิทธิภาพการรับออกซิเจนของฮีโมโกลบิน ทำให้สัตว์น้ำมีความทนทานต่อสภาวะที่น้ำขาด

ออกซิเจนลดลง ปลาเกือบทุกชนิดอาศัยในน้ำที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดถึง 60 mg/l ทั้งนี้ต้องมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ

เวียง (2525) รายงานว่า ธาตุคาร์บอนเป็นสิ่งบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ นอกจากนี้แคลเซียมไบคาร์บอเนตยังทำหน้าที่เป็นแหล่งสำรองคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับพืชได้ใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงแล้ว แคลเซียมไบคาร์บอเนตยังให้ความกระด้างแก่น้ำและทำหน้าที่ควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในรอบวันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอีกด้วย

Boy (1982) รายงานว่า คาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำได้มาจากบรรยากาศโดยตรง การหายใจของพืชและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ การสลายอินทรีย์สารโดยแบคทีเรียและน้ำใต้ดินซึ่งซึมเข้ามามีปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์เมื่อละลายในน้ำเป็นกรดคาร์บอนิค โดยปกติคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีความเป็นพิษต่อปลา ปลาส่วนใหญ่สามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 60 ppm ในกรณีที่มีออกซิเจนในน้ำสูงพอ และจากการศึกษาของ Boyd (1979) พบว่าเมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำ คาร์บอนไดออกไซด์จะไปขัดขวางการแลกเปลี่ยนออกซิเจนของปลา

ประเทือง (2534) รายงานว่า คาร์บอนเป็นธาตุที่พบโดยทั่วไปในธรรมชาติ และเป็นต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลก นอกจากนี้ยังพบคาร์บอนสารประกอบในรูปอนินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปคาร์บอเนต เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และโซเดียมคาร์บอเนต ($Na\ CO_3$) พืชบกนั้นได้รับธาตุคาร์บอนเพื่อการสร้างอาหารจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศ ส่วนพืชน้ำได้รับธาตุคาร์บอนจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและกลิ่น โดยปกติอยู่ในบรรยากาศมีอัตราส่วน 0.03 เปอร์เซ็นต์ของมวลอากาศทั้งหมด มีความสามารถละลายน้ำได้ดี คาร์บอนไดออกไซด์มีปรากฏอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไป ซึ่งในระดับปกติจะมีอยู่ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินอาจมีสูงถึง 200 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากน้ำได้รับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศโดยตรงแล้ว ยังได้มาจากกระบวนการย่อยสลายของพวกอินทรีย์สารต่าง ๆ โดยแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ รวมถึงการที่พืชและสัตว์น้ำหายใจแล้วปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาอีกด้วย แหล่งสำคัญอีกแหล่งหนึ่งคือน้ำฝนซึ่งจะสะสมคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนหนึ่งจากอากาศขณะฝนตก โดยพบว่าน้ำฝนมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และในดินจะมีปริมาณมากกว่าที่น้ำได้จากอากาศหลายเท่า

คาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้สูงกว่าออกซิเจนประมาณ 200 เท่า แต่เนื่องจากอากาศมีคาร์บอนไดออกไซด์น้อย ด้วยเหตุนี้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำได้จริงๆ จึงมีน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊สอื่น ๆ นอกจากนั้นการละลายน้ำของคาร์บอนไดออกไซด์ยัง

ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศอีกด้วย กล่าวคือคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำได้น้อยลงเมื่อ อุณหภูมิสูงขึ้น ถ้าหากน้ำมีคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่ต่ำกว่าจุดอิ่มตัว คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจะละลายน้ำเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าจุดอิ่มตัว คาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยจากน้ำขึ้นสู่อากาศ การแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ระว่างน้ำกับอากาศยังคงมีอยู่เรื่อย ๆ จนกระทั่งปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ถึงจุดอิ่มตัว ในดอนกลางวันคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบานการหายใจจะมีน้อยกว่ากระบวนการสังเคราะห์แสง จึงมักพบคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อย ขณะที่เวลากลางคืนพืชไม่สังเคราะห์แสงมีเฉพาะการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ จึงมักจะพบคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูง การเปลี่ยนแปลงปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำในรอบวันจะเป็นเช่นนี้ และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีมากขึ้นในบ่อปลาที่มีแพลงก์ตอนพืชที่หนาแน่น

นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ยังทำปฏิกิริยากับน้ำและแร่ธาตุที่เจือปนอยู่ในน้ำ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) และคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{-2}) โดยปกติแล้วจะมีคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 5-10 เปอร์เซ็นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำเท่านั้นที่เปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิค และถ้ากรดคาร์บอนิคมีความเข้มข้นลดลง คาร์บอนไดออกไซด์จึงจะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิคมากกว่าปกติ ในทางตรงกันข้ามถ้ากรดคาร์บอนิคมีมากขึ้น ก็จะมีกรดคาร์บอนิคบางส่วนกลับเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำที่มีกรดคาร์บอนิคนั้นเมื่อไปสัมผัสกับหินปูนหรือดินที่มีหินปูนอยู่ จะละลายหินปูนได้แคลเซียมไบคาร์บอเนต ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี แต่ขณะที่ไม่มีกรดคาร์บอนิค น้ำจะสามารถละลายหินปูนได้เพียงเล็กน้อยคือประมาณ 13-15 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น ในกรณีที่มีปริมาณคาร์บอนิคและแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำมากจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้แคลเซียมไบคาร์บอเนตมากขึ้นด้วย แต่ถ้ากรดคาร์บอนิคและแคลเซียมคาร์บอเนตมีปริมาณลดลงแคลเซียมไบคาร์บอเนตก็จะสลายตัวให้แคลเซียมคาร์บอเนตและกรดคาร์บอนิค จากนั้นกรดคาร์บอนิคจะสลายตัวต่อไปให้คาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเหตุนี้จึงถือว่าแคลเซียมไบคาร์บอเนตเป็นแหล่งสำรองคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญในบ่อปลา เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ถูกพืชใช้ไปในการสังเคราะห์แสงจนหมด พืชก็จะได้คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มเติมจากการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนต

สรุป ปลาดุกบิ๊กอุยเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายมีความอดทนต่อสภาพแวดล้อมสูง การเจริญเติบโตดี สามารถกินอาหารได้ทุกชนิด แต่จะชอบกินอาหารจำพวกเนื้อมากกว่าพืชผัก การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยให้ประสบผลสำเร็จนั้นผู้เลี้ยงควรมีความเอาใจใส่ในด้านอาหารปลาและคุณภาพของน้ำ ทั้งด้านกายภาพ ด้านเคมี และชีวภาพ เนื่องจากการเลี้ยงปลาเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนจนทำให้เกิดผลกระทบต่อปลาที่เลี้ยงได้

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

การศึกษาการใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่าน ในการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สถานที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาทดลองในบ่อซีเมนต์กลมเลี้ยงปลาระบบน้ำไหลผ่าน ภายในกลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลป่าเมี่ยง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อซีเมนต์กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เมตร จำนวน4 บ่อ และบ่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร จำนวน 2 บ่อ รวมทั้งสิ้น 6 บ่อ ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้ที่ 1ไหลผ่านบ่อก่อนจะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้ที่ 2

การวางแผนการศึกษา

การใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่าน ใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Samples T-test) ชุดการทดลองที่ 1 คือ การใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุก ชุดการทดลองที่ 2 คือ ไม่ใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุก ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์

การเตรียมการศึกษา

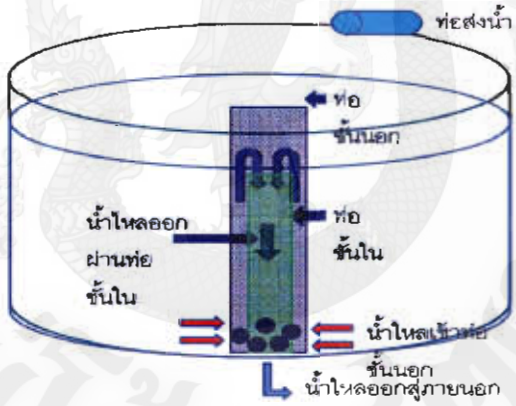
1. การเตรียมบ่อซีเมนต์กลมเลี้ยงปลาจำนวน 6 บ่อ ความลึก 1 เมตร มีบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เมตร จำนวน 4 บ่อ บ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร จำนวน 2 บ่อ ล้างทำความสะอาดบ่อและฆ่าเชื้อโดยใช้ด่างทับทิม ตากบ่อให้แห้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เปิดน้ำเข้าบ่อให้ความเร็วของกระแสน้ำเท่ากันทุกบ่อโดยใช้วิธีการจับเวลา น้ำ 15 ลิตรต่อ 1 นาที ให้ได้ระดับน้ำลึก 50 เซนติเมตร

2. เตรียมผักตบชวาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยใช้ผักตบชวาที่มีความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักผักตบชวาก่อนใส่ลงบ่อใช้พื้นที่ 50% ของพื้นที่บ่อทั้งหมด

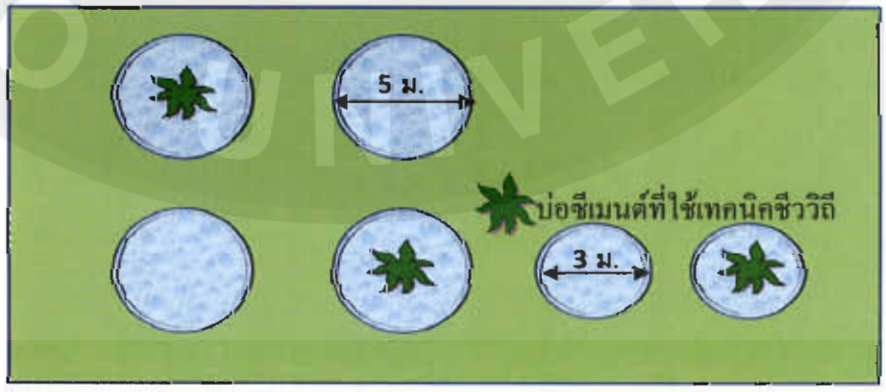
3. เตรียมลูกพันธุ์ปลาดุกขนาดเฉลี่ย 5 เซนติเมตร จำนวน 2,820 ตัว

การดำเนินการศึกษา

นำลูกพันธุ์ปลาดุกที่เตรียมไว้ปล่อยลงในบ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุก 30 ตัว/ตารางเมตร ทั้ง 6 บ่อ โดยแบ่งเป็นบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เมตร ปล่อยปลา 600 ตัว บ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ปล่อยปลา 210 ตัว เลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ให้อาหารปลาดุกสำเร็จรูปวันละ 2 มื้อในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัว



ภาพ 3 รูปแบบบ่อคอนกรีดกลมระบบน้ำไหลผ่าน



ภาพ 4 แผนผังพื้นที่บ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุก

การเก็บข้อมูลระหว่างการศึกษา

1. เก็บข้อมูลผลผลิตปลาดุก และประสิทธิภาพการดูดซับของผักตบชวา

1.1 ในระหว่างการเลี้ยงปลาดุกทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักและความยาวของปลาดุก ทำการสุ่มเดือนละ 1 ครั้ง โดยคัดปลา 3 ขนาดคือ ขนาดเล็กที่สุด ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ที่สุด มาทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของปลาในแต่ละบ่อ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

น้ำหนักปลาดุกที่เพิ่มขึ้น (กรัม) = น้ำหนักเฉลี่ยปลาดุกปัจจุบัน – น้ำหนักเฉลี่ยปลาดุกเริ่มต้นปล่อย

ขนาดปลาดุกที่เพิ่มขึ้น (ซม.) = ขนาดเฉลี่ยปลาดุกปัจจุบัน – ขนาดเฉลี่ยปลาดุกเริ่มต้นปล่อย

1.2 สังเกตพฤติกรรมการกินอาหารของปลาดุกทั้งสองรูปแบบการเลี้ยงหลังจากให้อาหารไปแล้ว 15 นาที

1.3 หาผลผลิตรวมของปลาดุกเมื่อสิ้นสุดการทดลองด้วย น้ำหนักรวมทั้งหมดต่อบ่อ

1.4 เก็บข้อมูลการดูดสารประกอบในผักตบชวาก่อนการทำการวิจัยและระหว่างการใช้ผักตบชวาเพื่อการบำบัดน้ำเสียจะทำการสุ่มผักตบชวาภายในบ่อเลี้ยงปลามาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารเดือนละ 1 ครั้ง โดยจะวิเคราะห์หาสารอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพเตสเซียม ที่ผักตบชวาสามารถดูดซับได้ ใช้วิธีการสุ่มผักตบชวาที่มีความสูงสุด กลาง และต่ำสุด นำไปดากแดดให้แห้งแล้วบดรวมกัน ส่งหน่วยงานบริการตรวจวิเคราะห์ที่ได้รับมาตรฐาน

2. การเก็บข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของปลา

2.1 ปัจจัยด้านกายภาพ

2.1.1 น้ำหนักอาหารปลาดุกสำเร็จรูป (กิโลกรัม) บันทึกน้ำหนักอาหารปลาดุก ที่ใช้ระหว่างการศึกษาจนสิ้นสุดการศึกษาทดลอง โดยชั่งน้ำหนักอาหารเพื่อทำการเก็บข้อมูล

2.1.2 อุณหภูมิของน้ำ และอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) บันทึกอุณหภูมิของน้ำ 2 ครั้งต่อวัน คือ เวลา 8.00 น. และเวลา 17.00 น. โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการตรวจวัดอุณหภูมิทั้งสอง

2.1.3 ความโปร่งแสงใช้ Secchi disc วัดค่า หน่วยเป็น เซนติเมตร 2 ครั้งต่อวัน

2.2 ปัจจัยทางด้านเคมี (ความถี่ของการเก็บข้อมูล 1 ครั้งต่อสัปดาห์)

2.2.1 ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) โดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามความเป็นกรด–ด่าง

2.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามออกซิเจน หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.3 ปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามแอมโมเนีย หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.4 ปริมาณไนไตรท์ที่ละลายในน้ำโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามไนไตรท์ หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.5 ปริมาณไนเตรทที่ละลายในน้ำโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามไนเตรท หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.6 ความกระด้างของน้ำโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามความกระด้าง หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.7 ความเป็นด่างของน้ำโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามความเป็นด่าง หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.8 คาร์บอนไดออกไซด์อิสระโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ หน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

การเก็บข้อมูลด้านเคมีทั้งหมดโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนามของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554)

2.3 ปัจจัยด้านชีวภาพ เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 3 เดือน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 22 ไมครอน จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มานับจำนวนเซลล์และจำแนกชนิด

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำไหลผ่านปกติกับปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำไหลผ่านที่ใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและขนาดความยาวของปลาดุกระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี T-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2. วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้านกายภาพ และด้านเคมี ระหว่างการใช้เทคนิคชีววิถีกับการไม่ใช้เทคนิคชีววิถีและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อผลการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อทั้งสองรูปแบบ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและ บ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ ระหว่างศึกษาทำการบันทึกข้อมูลปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางเคมี ทุกสัปดาห์ โดยแสดงรายละเอียดจากการศึกษาดังต่อไปนี้

ตาราง 1 ค่าพิสัยคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน (ระยะเวลา 25 สัปดาห์)

ปัจจัยที่ศึกษา	บ่อเลี้ยงแบบชีววิถี	บ่อเลี้ยงปกติ
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	21.00-27.00	19.66-27.33
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	23.33-50.00	25.00-50.00
ความเป็นกรด – ด่าง	6.06-7.03	6.10-7.50
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.00-4.46	4.00-4.63
แอมโมเนีย -ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.00-0.50	0.00-0.23
ไนไตรท์ -ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.00	0.00
ไนเตรท -ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.00	0.00
ความกระด้าง	23.33-31.53	22.20-34.40
ความเป็นด่าง	15.40-30.20	16.73-35.86
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ	5.76-23.96	4.83-30.30

ตาราง 2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน (ระยะเวลา 25 สัปดาห์)

ปัจจัยที่ศึกษา	บ่อเลี้ยงแบบชีววิถี	บ่อเลี้ยงปกติ	Prob.
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	22.86±0.05	22.27±0.50	.027*
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	38.53±0.19	35.32±4.84	.020*
ความเป็นกรด – ด่าง	6.76±0.05	6.86±0.01	.060 ns
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.16±0.03	4.22±0.06	.155 ns
แอมโมเนีย -ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.06±0.04	0.02±0.01	.046*
ความกระด้าง	29.34±0.51	28.57±1.43	.094 ns
ความเป็นด่าง	19.89±0.25	20.71±1.23	.052 ns
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ	13.20±0.46	10.64±1.85	.045*

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
** คือ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน (ระยะเวลา 25 สัปดาห์)

ปัจจัยที่ศึกษา	บ่อเลี้ยงแบบชีววิถี	บ่อเลี้ยงปกติ
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	0.772 ns	0.698 ns
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	0.888 ns	0.592 ns
ความเป็นกรด – ด่าง	0.019*	0.091 ns
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.043*	0.078 ns
ความกระด้าง	0.040*	0.395 ns
ความเป็นด่าง	0.243 ns	0.291 ns
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ	0.583 ns	0.605 ns

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
** คือ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ผลจากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่านเมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ พบว่าค่าพิสัยของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและไม่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของปลาดุก (ตาราง 1) โดยพบว่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 2) จากผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น พบว่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะเวลาที่ศึกษา ($b = 0.772^{ns}$ และ 0.698^{ns}) ตามลำดับ (ตาราง 3) โดยบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 21.00-27.00 องศาเซลเซียส (ตาราง 1) และบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติมีอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 19.66-27.33 องศาเซลเซียส (ตาราง 1) เนื่องจากในช่วงทำการทดลองเป็นช่วงฤดูหนาวและทดลองจนถึงฤดูร้อนส่งผลให้ช่วงห่างของอุณหภูมิมีมาก นอกจากนั้นการที่ได้เก็บข้อมูลอุณหภูมิในรอบวันทำให้ทราบว่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบเทคนิคชีววิถีมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวันไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส แตกต่างจากบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติที่ที่อุณหภูมิในรอบวันเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ 3-5 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของปลาดุกในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบให้มีความแตกต่างกัน โดยปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีพฤติกรรมการกินอาหารที่ดีแตกต่างจากบ่อเลี้ยงปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบปกติอย่างชัดเจน สอดคล้องกับวิรัช (2544) รายงานว่าสัตว์น้ำทุกชนิดสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนมากกว่า 1-2 องศาเซลเซียส ภายใน 24 ชั่วโมง จะทำให้สัตว์น้ำเกิดอาการเครียด (stress) แม้จะไม่มีผลทำให้สัตว์น้ำตายทันที แต่ก็จะทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอส่งผลให้ความต้านทานโรคลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างความโปร่งแสงและระยะเวลาที่ศึกษาระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 2) จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นพบว่าความโปร่งแสงในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติพบว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะเวลาที่ศึกษา ($b = 0.888^{ns}$ และ 0.592^{ns}) ตามลำดับ (ตาราง 3) โดยบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 23.33-50.00 เซนติเมตร (ตาราง 1) และบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติมีความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 25.00-50.00 เซนติเมตร (ตาราง 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ ประเทือง (2534) ซึ่งรายงานว่าหากน้ำในบ่อเลี้ยงปลามีความโปร่งแสงมากกว่า 60 เซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นขาดความอุดมสมบูรณ์ของอาหารตามธรรมชาติและถ้าความโปร่งแสงน้อยกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่ามีความขุ่นหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไปไม่เหมาะสำหรับการ

เลี้ยงปลา แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ได้เลี้ยงปลาดุกซึ่งไม่กินพืชส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชมีจำนวนมากจนทำให้ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อต่ำกว่า 30 เซนติเมตร สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งผลจากการศึกษาระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 3) จากผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น พบว่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($b = 0.019^*$) (ตาราง 3) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถี พบว่าอยู่ในช่วง 6.06-7.03 ส่วนบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติ พบว่าอยู่ในช่วง 6.10-7.50 (ตาราง1) ซึ่งอาจเป็นเพราะน้ำที่นำมาใช้ในบ่อเลี้ยงปลาดุกเป็นน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีส่วนประกอบของหินและดินอาจส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาได้ แต่อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้ยังเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุก และสอดคล้องกับการศึกษาของ Swingle (1969) และ มนัส (2549) ซึ่งรายงานว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาควรอยู่ในช่วง 6.5-9 หากความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าดังกล่าวจะมีผลทำให้ปลาเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ และ ประเทือง (2534) รายงานว่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำนอกจากส่งผลโดยตรงต่อปลาแล้วยังส่งผลทางอ้อมต่อปลาอีกด้วย ในกรณีที่ความเป็นกรด-ด่างสูงเกินไปทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น หรือในกรณีที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำเกินไปการเพิ่มธาตุอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาก็จะไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งผลจากการศึกษาระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 2) จากผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($b = 0.043^*$) (ตาราง 3) เนื่องจากภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีเศษซากผักตบชวาที่ตายแล้วและมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จึงส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง นอกจากนั้นน้ำที่นำมาใช้เลี้ยงปลาดุกเป็นน้ำที่ได้มาจากอ่างเก็บน้ำที่เป็นอ่างดินและหินโดยใช้ท่อส่งน้ำวางไว้ต่ำกว่าระดับผิวน้ำซึ่งอาจทำให้น้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 4-4.63 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตาราง 1) สอดคล้องกับ ประจวบ (2547) รายงานว่า โดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีไม่ต่ำกว่า 4 มก./ล. น้ำธรรมชาติมีคุณภาพดีมักมี DO อยู่ระหว่าง 5-7 มก./ล. ความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและปริมาณคลอไรด์ในน้ำ

โดยเป็นปฏิภาคผกผันต่อกัน คือเมื่ออุณหภูมิหรือปริมาณคลอไรด์ในน้ำเพิ่มขึ้น การละลายของออกซิเจนในน้ำจะลดลง

ผลจากการศึกษาความกระด้างของน้ำระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 2) โดยค่าความกระด้าง ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีอยู่ในช่วงระหว่าง 23.33-31.53 ส่วนบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติ อยู่ในช่วงระหว่าง 22.20-34.40 (ตาราง 1) ซึ่งอยู่ในระดับของน้ำอ่อน 0-75 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับ มั่นสิน (2551) รายงานว่าน้ำที่มีความกระด้างปานกลาง หรือสูงจึงมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งควรอยู่ระหว่างช่วง 50-250 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำอ่อนโดยเฉพาะน้ำฝนไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผลจากการศึกษาค่าความเป็นด่างระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 2) โดยค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีอยู่ในช่วงระหว่าง 15.40 -30.20 ส่วนบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติ อยู่ในช่วงระหว่าง 16.73-35.86 ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับข้อมูลของ เทิดพันธุ์ (2553) รายงานว่า แหล่งน้ำโดยทั่วไปมีค่าความเป็นด่างตั้งแต่ 25-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำนั้น ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และลดจากค่าปกติเกินร้อยละ 25 น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำจะเป็นน้ำอ่อน และมีค่า pH ต่ำ ซึ่งมีผลให้ผลผลิตต่ำไปด้วย สำหรับผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 2) โดยบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระอยู่ในช่วง 5.76-23.96 (ตาราง 1) และบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระอยู่ในช่วง 4.83-30.30 (ตาราง 1) ซึ่งปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระระดับดังกล่าวไม่เป็นอันตรายต่อปลา สอดคล้องกับรายงานของ อุดมลักษณ์ และสุฤทธิ์ (2553) รายงานว่า ปลาเกือบทุกชนิดอาศัยในน้ำที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดถึง 60 mg/I ทั้งนี้ต้องมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ

ผลจากการศึกษาปริมาณ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ละลายน้ำจากบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบ พบว่าในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีพบปริมาณแอมโมเนีย 0.50 มิลลิกรัมต่อ (ตาราง 1) ซึ่งอาจเกิดมาจากการทับถมของผักตบชวาที่ตายแล้วบริเวณพื้นก้นบ่อโดยอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยง ส่วนในบ่อเลี้ยงดุกแบบปกติพบปริมาณแอมโมเนีย 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตาราง 1) สำหรับค่าของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในบ่อเลี้ยงทั้งสองเป็นค่าที่สูงมากจากระดับปกติของการเลี้ยงปลาน้ำจืด

ทั่วไปที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) การที่แอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีปริมาณที่สูงนี้อาจเกิดมาจากมีการทับถมและเกิดการหมักของซากผักตบชวาหรือตะกอนก้นบ่อซึ่งแรงน้ำที่ไหลผ่านไม่มีความแรงพอที่จะชะล้างไปได้ บัญญัติ และ ขจรเกียรติ (2552) รายงานว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ส่วนเกินจะเป็นสิ่งกระตุ้นทำให้เกิดน้ำเขียวที่มาจากสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลาดุกอย่างรวดเร็วแตกต่างจากบ่อเลี้ยงปลากินพืชชนิดอื่น ๆ อย่างชัดเจนภายในระยะเวลาเดียวกัน สำหรับไนไตรท์ และไนเตรต การศึกษาทดลองครั้งนี้ไม่พบปัจจัยดังกล่าว

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่านเมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในบางปัจจัย โดยอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกมากนัก

ตาราง 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาจากบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีระบบน้ำไหลผ่าน

ปัจจัยที่ศึกษา น้ำหนักปลาดุก	อุณหภูมิน้ำ	ความโปร่งแสง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	ความเป็นกรด – ด่าง	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ
น้ำหนักปลาดุก 1	.878**	-.943**	.208 ns	-.138 ns	.200 ns	.493**	763**
อุณหภูมิน้ำ	1	-.822**	.091 ns	-.096 ns	.207 ns	.656**	.784**
ความโปร่งแสง		1	-.231 ns	.193 ns	-.087 ns	-.363*	-.709**
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ			1	-.282 ns	.069 ns	-.197 ns	.096 ns
ความเป็นกรด – ด่าง				1	.080 ns	.118 ns	-.384*
ความกระด้าง					1	.266 ns	.263 ns
ความเป็นด่าง						1	.456**
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ							1

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ** คือ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ตาราง 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาจากบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติระบบน้ำไหลผ่าน

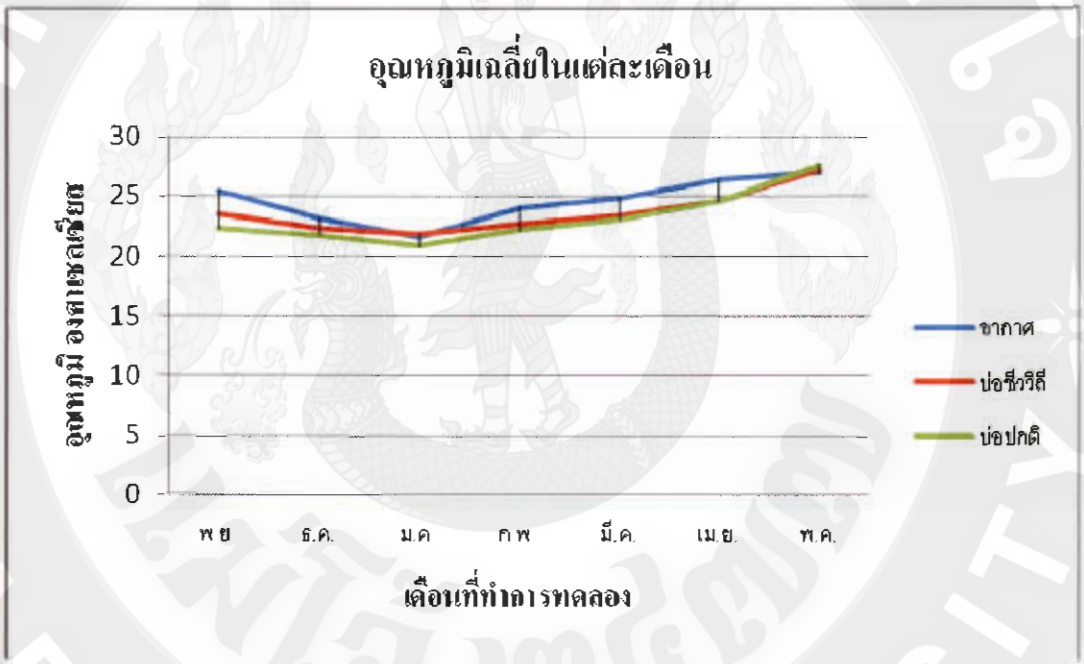
ปัจจัยที่ศึกษา น้ำหนักปลาดุก	อุณหภูมิน้ำ	ความโปร่งแสง	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	ความเป็นกรด – ด่าง	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ
น้ำหนักปลาดุก 1	.835**	-.770**	.280ns	-.302ns	.629**	.539**	.778**
อุณหภูมิน้ำ	1	-.525**	.065ns	-.257ns	.496**	.605**	.764**
ความโปร่งแสง		1	-.500**	.238ns	-.603**	-.361*	-.651**
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ			1	-.363*	.289ns	-.164ns	.163ns
ความเป็นกรด – ด่าง				1	-.611**	-.269ns	-.373*
ความกระด้าง					1	.566**	.662**
ความเป็นด่าง						1	.795**
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ							1

หมายเหตุ ns คือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ** คือ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ผลจากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ พบว่าอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสัมพันธ์ยิ่งกับความโปร่งแสง (r = -0.943**) (ตาราง 4) และแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเป็นด่างและคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = 0.656** และ 0.784**) (ตาราง 4) ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับความเป็นด่างและแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = -0.363* และ -0.709**) ตามลำดับ (ตาราง 4) ส่วนความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = 0.384*) (ตาราง 4) นอกจากนั้นค่าความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = 0.384**) (ตาราง 4) สำหรับน้ำหนักปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับอุณหภูมิน้ำ (r = 0.878**) (ตาราง 4) และแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความโปร่งแสงของน้ำ (r = -0.943**) (ตาราง 4) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเป็นด่างและคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = 0.493** และ 0.763**) ตามลำดับ (ตาราง 4)

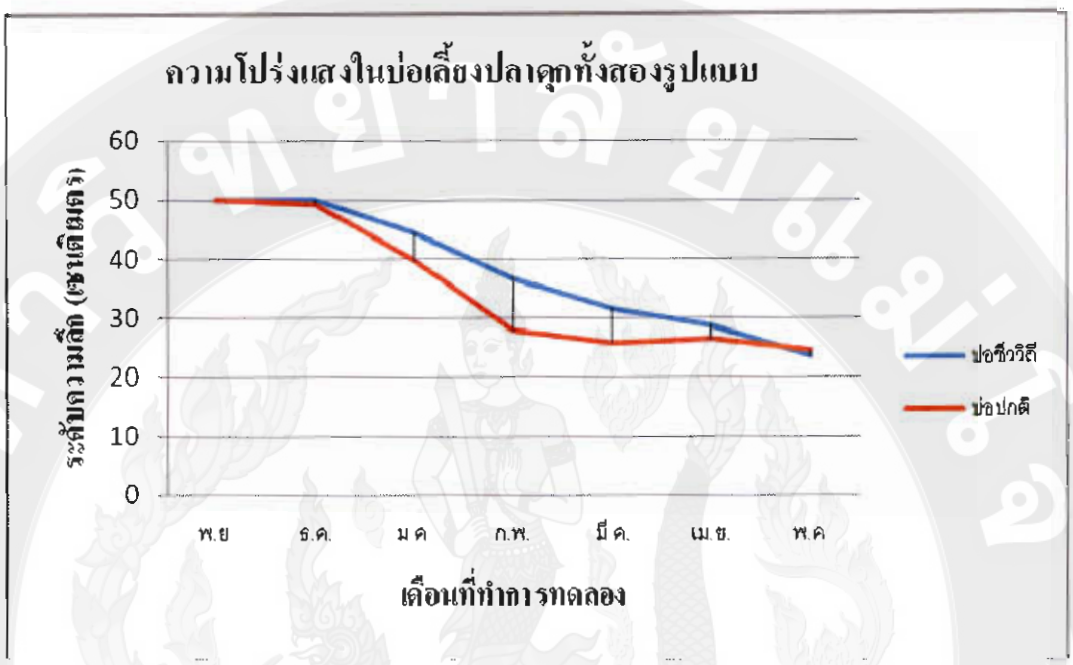
ผลจากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความโปร่งแสงของน้ำ (r = -0.525**) (ตาราง 5) และแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความกระด้าง ความเป็นด่าง และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = 0.496**,0.605** และ 0.764**) ตามลำดับ (ตาราง 5) ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับความเป็นด่าง (r = 0.764*) (ตาราง5) และแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความกระด้างและคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = -0.500**, -0.603** และ -0.651**) ตามลำดับ (ตาราง 5) ปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับความเป็นกรด-ด่าง (r = -0.363*) (ตาราง 5) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความกระด้าง (r = -0.611**) และแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = -0.373*) ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสัมพันธ์ยิ่งกับความเป็นด่าง และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (r = 0.566** และ 0.662**) ตามลำดับ (ตาราง 5) นอกจากนั้นความเป็น

ด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($r = 0.795^{**}$) สำหรับน้ำหนักปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบปกติแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับอุณหภูมิ ความกระด้าง ความเป็นด่าง และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($r = 0.835^{**}, 0.629^{**}, 0.539^{**}$ และ 0.778^{**}) ตามลำดับ (ตาราง 5) นอกจากนั้นน้ำหนักปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบปกติแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความโปร่งแสงของน้ำ ($r = -0.770^{**}$) (ตาราง 5) จากผลการศึกษาจะสังเกตได้ว่าปัจจัยที่แสดงความสัมพันธ์ต่อน้ำหนักของปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด



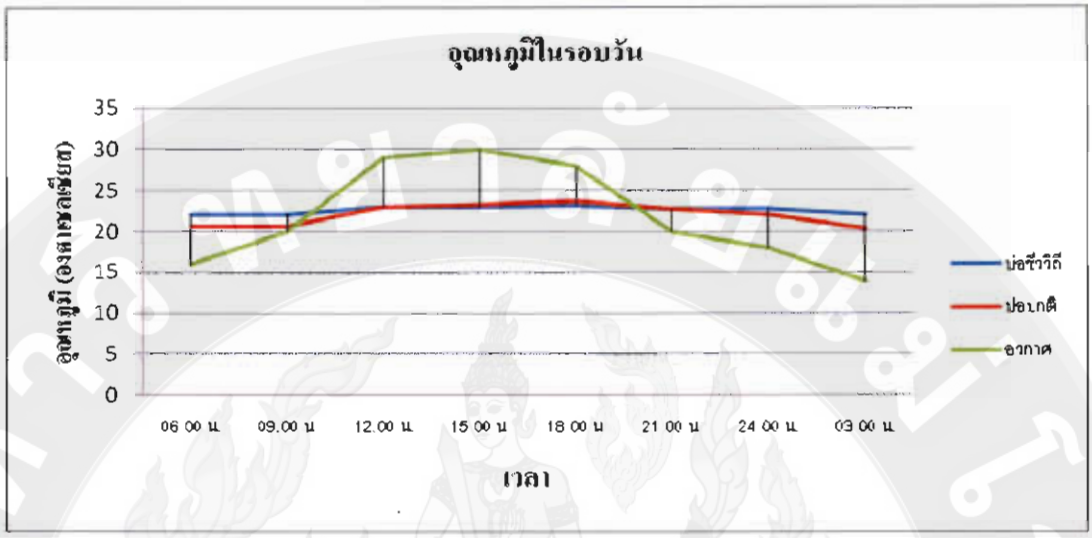
ภาพ 5 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือน

จากภาพ 5 จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิคชีววิถีในบ่อเลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่านส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในแต่ละเดือนเปลี่ยนแปลงในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ทั้งที่อุณหภูมิของอากาศมีความเปลี่ยนแปลงสูงต่ำในแต่ละช่วงเดือน เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงแบบปกติจะเห็นได้ว่าบ่อเลี้ยงแบบปกติมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำสูงต่ำไปตามระดับของอุณหภูมิอากาศ จากระดับอุณหภูมิของน้ำดังกล่าวทำให้ได้สังเกตเห็นถึงพฤติกรรมการกินอาหารของปลาที่เลี้ยง โดยปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีพฤติกรรมการกินอาหารที่ดีกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อแบบปกติอย่างชัดเจน

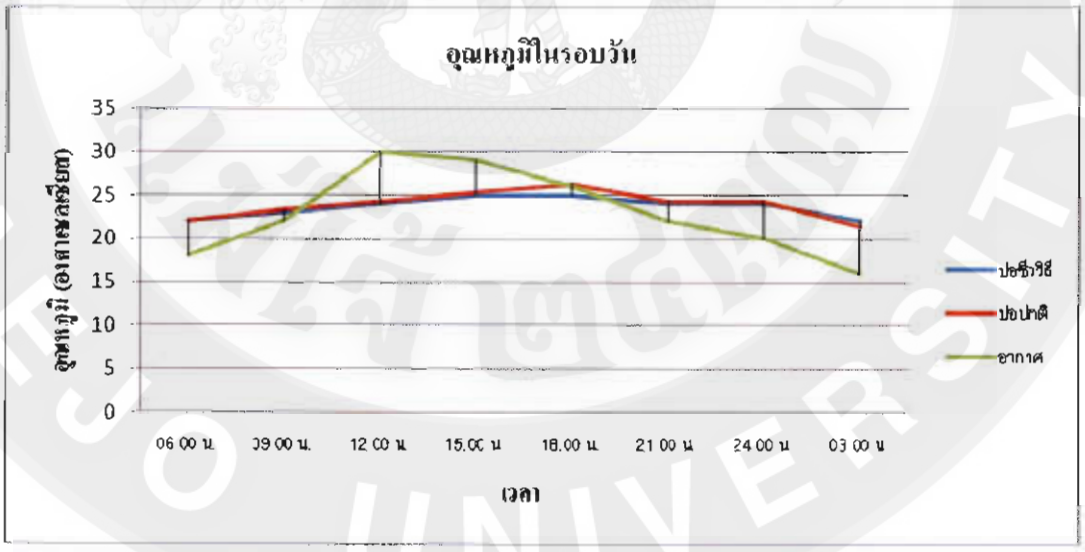


ภาพ 6 แสดงความโปร่งแสงในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบ

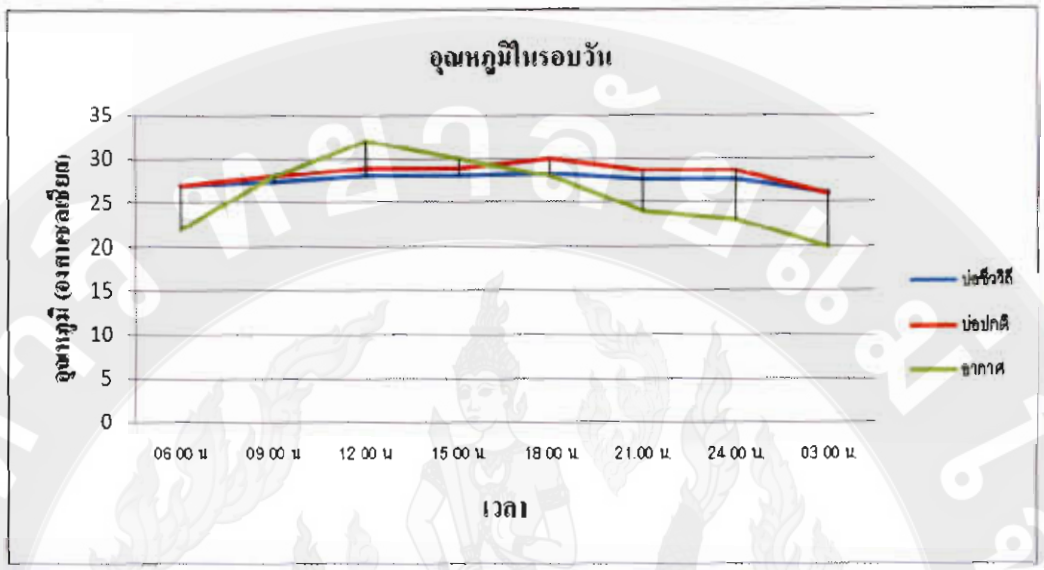
จากภาพ 6 ซึ่งแสดงถึงความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบนั้น จะเห็นได้ว่าบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีจะมีความเปลี่ยนแปลงของระดับความโปร่งแสงแบบค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากมีผักตบชวาช่วยในการดูดซับและดักตะกอนภายในบ่อ แตกต่างกับบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติมีมีระดับของความโปร่งแสงของน้ำเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากไม่มีผักตบชวาช่วยในการดูดซับตะกอนภายในบ่อเลี้ยง



ภาพ 7 แสดงอุณหภูมิในรอบวัน วันที่ 15 มกราคม 2554

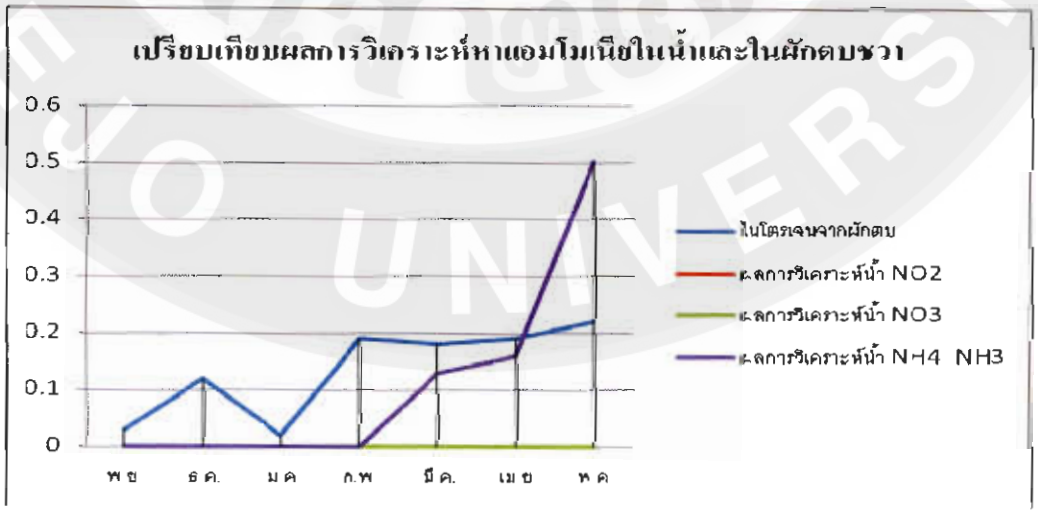


ภาพ 8 แสดงอุณหภูมิในรอบวัน วันที่ 15 มีนาคม 2554



ภาพ 9 แสดงอุณหภูมิในรอบวัน วันที่ 14 พฤษภาคม 2554

จากภาพ 7, 8 และ 9 จะเห็นความเปลี่ยนแปลงสูง-ต่ำของอุณหภูมิในรอบวัน ซึ่งบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวันน้อยมาก เมื่อเทียบกับบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติที่มีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวันค่อนข้างคล้อยตามอุณหภูมิของอากาศ จากลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของปลาดุกที่เลี้ยงไว้ให้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน



ภาพ 10 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาแอมโมเนียในน้ำและในผักตบชวาของบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถี

จากภาพ 10 จะเห็นว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำตอนเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณเป็นศูนย์ แต่หลังจากกลางเดือนกุมภาพันธ์ปริมาณแอมโมเนียค่อย ๆ เพิ่มปริมาณสูงขึ้นจนสิ้นสุดการบของทดลองปริมาณแอมโมเนียในน้ำอยู่ที่ระดับ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นระดับแอมโมเนียที่สูงมากและไม่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เมื่อเทียบกับปริมาณของแอมโมเนียที่ผักตบชวาดูดซับจากเริ่มต้นที่ 0.03 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผ่านไปหนึ่งเดือนปริมาณแอมโมเนียมีการดูดซับอยู่ที่ 0.12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ในเดือนมกราคมการดูดซับแอมโมเนียของผักตบชวาลดน้อยลงอยู่ที่ 0.02 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก การที่ผักตบชวาดูดซับแอมโมเนียได้น้อยลงอาจเนื่องมาจากผักตบชวาแก่เกินไปจึงทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดน้อยลง จึงได้ทำการตัดใบของผักตบชวาออกเหลือก้านใบไว้ 20 เซนติเมตร เพื่อให้สร้างใบใหม่และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับ หลังจากนั้นในเดือนกุมภาพันธ์การดูดซับแอมโมเนียของผักตบชวาเพิ่มขึ้นอยู่ที่ระดับ 0.19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จนสิ้นสุดการทดลองปริมาณแอมโมเนียที่ผักตบชวาดูดซับได้อยู่ที่ 0.22 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีข้อสังเกตว่าในช่วงเดือนเมษายนจนสิ้นสุดการทดลองปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นมากว่าปริมาณแอมโมเนียที่ผักตบชวาดูดซับได้ สิ่งนี้อาจเกิดมาจากผักตบชวาที่ตายในระหว่างการทดลองหมักหมมอยู่ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกจนเกิดแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ส่วนไนไตรท์และไนเตรทในน้ำไม่มีการตรวจพบ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน ซึ่งเป็นการศึกษาและเก็บข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์จำนวน 3 ครั้ง โดยแสดงรายละจากการศึกษาดังต่อไปนี้

ตาราง 6 แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ปัจจัยที่ศึกษา	บ่อเลี้ยงแบบชีววิถี	บ่อเลี้ยงปกติ	Prob.
ครั้งที่ 1	212.76±71.64	237.29±132.06	.189 ns
ครั้งที่ 2	249.48±48.59	275.80±107.15	.143 ns
ครั้งที่ 3	244.71±53.11	270.36±89.95	.266 ns

หมายเหตุ ns คือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
** คือ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ตาราง 7 แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ปัจจัยที่ศึกษา	บ่อเลี้ยงแบบชีววิถี	บ่อเลี้ยงปกติ	Prob.
ครั้งที่ 1	25.77±11.08	21.49±7.63	.266 ns
ครั้งที่ 2	38.58±15.48	28.07±12.53	.650 ns
ครั้งที่ 3	22.73±2.20	25.41±5.62	.119 ns

หมายเหตุ ns คือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
** คือ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบคือบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 6 และ 7) โดยปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นปริมาณแพลงก์ตอนยังสอดคล้องกับผลการศึกษาเปรียบเทียบความโปร่งแสงที่มีความเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง โดยบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 23.33-50.00 เซนติเมตร (ตาราง 8) และบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติมีความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 25.00-50.00 เซนติเมตร (ตาราง 8) ทั้งนี้การเก็บข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนได้ทำการ

เก็บข้อมูล จำนวน 3 ครั้ง โดยได้เริ่มทำการเก็บข้อมูลหลังจากที่ได้เริ่มการทดลองไปแล้ว 3 เดือน จากการสังเกตพบว่าแม้น้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกที่ทำการวิจัยเป็นระบบน้ำไหลผ่านแต่ยังพบปริมาณแพลงก์ตอนที่มากเนื่องจากว่าปลาที่ใช้เพื่อการทดลองในครั้งนี้เป็นปลาที่ไม่ได้กินพืชจึงส่งผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนยังมีอยู่มากในบ่อเลี้ยง นอกจากนั้นความแรงของน้ำก็ไม่มีความแรงมากพอที่จะนำเอาแพลงก์ตอนออกไปจากบ่อจนหมดได้ แต่อย่างไรก็ตามการมีแพลงก์ดอนในปริมาณที่เหมาะสมอยู่ในบ่อเลี้ยงปลาดุกโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชจะช่วยให้เพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ประเทือง (2534) ที่รายงานว่าในกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนพืชจะได้ออกซิเจน ซึ่งมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไป

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ ในพื้นที่ของกลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างการศึกษาทำการบันทึกข้อมูลผลผลิตของปลาดุกซึ่งประกอบด้วยน้ำหนัก (กรัม) และขนาดความยาว (เซนติเมตร) เดือนละ 2 ครั้ง โดยแสดงรายละเอียดจากการศึกษาดังต่อไปนี้

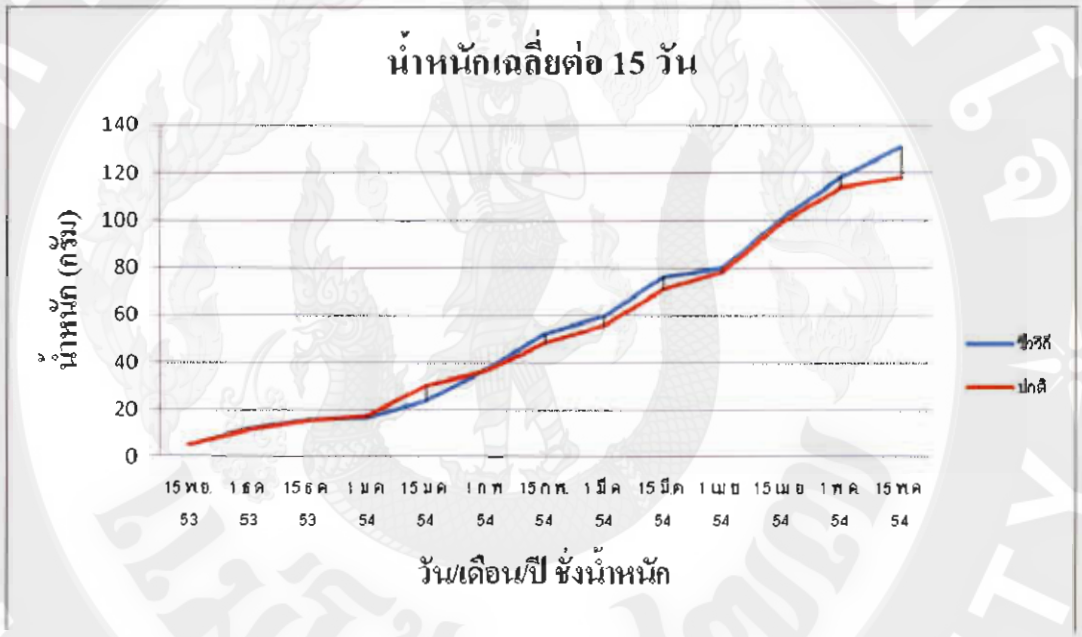
ตาราง 8 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีกับบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ปัจจัยที่ศึกษา	บ่อเลี้ยงแบบชีววิถี	บ่อเลี้ยงปกติ	Prob.
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)	5.07±0.00	5.07±0.00	
ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร)	7.10±0.00	7.10±0.00	
น้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย (กรัม)	130.58±17.50	117.89±8.52	.159 ns
ความยาวสิ้นสุดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	27.11±0.73	27.11±0.90	.574 ns
น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัมต่อเดือน)	20.90±2.93	18.80±1.42	.156 ns
ความยาวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อเดือน)	3.33±0.121	3.35±0.140	.739 ns

หมายเหตุ ผลการศึกษาเมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์

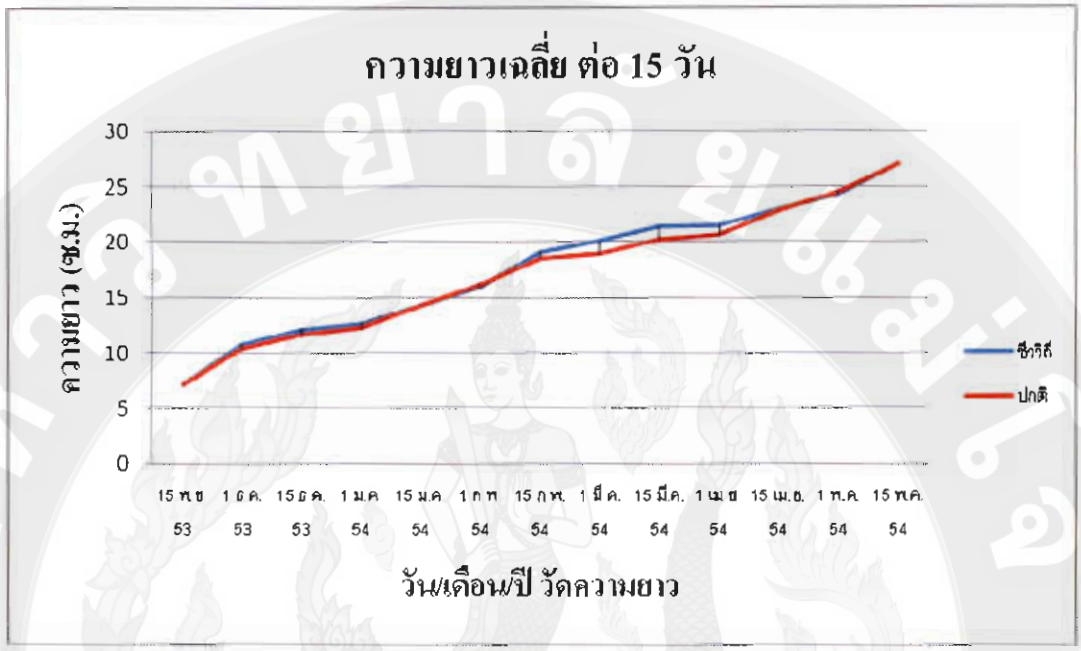
ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลจากการศึกษาน้ำหนักและความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยของปลาดุกจากบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 8) ผลการศึกษาน้ำหนักและความยาวสิ้นสุดเฉลี่ยของปลาดุกจากบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองแบบ เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 8) และผลการศึกษาน้ำหนักและความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อเดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ($p>0.05$) (ตาราง 8)



ภาพ 11 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาดุกจากการชั่งน้ำหนัก 1 ครั้งต่อ 15 วัน

จากภาพ 11 ซึ่งแสดงถึงน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 15 วัน ของปลาดุกในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบ จากการสุ่มชั่งน้ำหนักของปลาดุกจะเห็นได้ว่าในระยะเริ่มต้นปลาดุกในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบมีน้ำหนักไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากเดือนกุมภาพันธ์ไปจนสิ้นสุดการทดลองปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างมากกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบปกติ



ภาพ 12 แสดงความยาวเฉลี่ยของปลาดุกจากการชั่งน้ำหนัก 1 ครั้งต่อ 15 วัน

จากภาพ 12 ซึ่งแสดงถึงความยาวเฉลี่ยต่อ 15 วัน ของปลาดุกในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบ ซึ่งผลจากการสุ่มวัดความยาวของปลาดุกจะเห็นได้ว่าจากระยะเริ่มต้นความยาวเฉลี่ยของปลาดุกที่เท่ากันหลังจากผ่านการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่มีรูปแบบต่างกันทำให้ความยาวของปลาดุกที่ได้แตกต่างกัน โดยปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีความยาวที่วัดได้ค่อนข้างยาวมากกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบปกติ

จากข้อมูลในภาพ 12 และ 13 จะเห็นได้ชัดเจนว่าปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนักและความยาวค่อนข้างดีกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อแบบปกติแม้ไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนก็ตาม กรณีดังกล่าวอาจเกิดจากการที่ปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีสามารถกินอาหารที่ให้ได้ดีกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อแบบปกติ จึงส่งผลให้ปลาดุกในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีการเจริญเติบโตที่ดี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบการใช้เทคนิคชีววิถีปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตกลมเลี้ยงปลาดุกระบบน้ำไหลผ่านกับการเลี้ยงปลาดุกในบ่อปกติระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ ในพื้นที่ของกลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ โดยได้สรุปผลจากการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี ในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ พบว่าอุณหภูมิของน้ำ ความโปร่งแสง แอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปว่า ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำด้านเคมีและกายภาพที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อกัน จะพบในบ่อเลี้ยงระบบปกติจำนวนมากกว่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อกันในบ่อเลี้ยงแบบชีววิถี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ความเปราะบางด้านความสัมพันธ์ระหว่างกันของคุณภาพน้ำด้านเคมีและด้านกายภาพ ในบ่อเลี้ยงแบบปกติมีความเปราะบางไม่มั่นคงเท่ากับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงแบบชีววิถีนั่นเอง ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อแบบปกติ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความกระด้าง และความเป็นด่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และปัจจัยที่ศึกษาที่กล่าวมานั้นส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและไม่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของปลาดุก

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน เป็นการศึกษาปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์จำนวน 3 ครั้ง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงทั้งสองรูปแบบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสังเกตได้ว่าปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นปริมาณแพลงก์ตอนยังสอดคล้องกับผลการศึกษาเปรียบเทียบความโปร่งแสงที่มีความเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของปลาดุก

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใช้เทคนิคชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบปกติในระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเลี้ยงปลาดุกเป็นระยะเวลา 25 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักและขนาดความยาวสิ้นสุดของปลาดุกที่เลี้ยงทั้งสองรูปแบบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้พบว่าอัตราการเจริญเติบโตในรูปของน้ำหนักและขนาดความยาวก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ($p>0.05$) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการเจริญเติบโตของปลาดุกที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อชีววิถีและบ่อปกติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาโดยรวมแสดงสอดคล้องกับสมมุติฐาน โดยปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อแบบใช้เทคนิคชีววิถีมีการเจริญเติบโตค่อนข้างดีกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อแบบปกติ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

รูปแบบในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้น้อมนำเอาพระราชดำริในการพัฒนาตามภูมิสังคมของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยนำมาปรับใช้ในพื้นที่การทำงานจริงเพื่อจะได้เป็นแบบอย่างต่อเกษตรกรและผู้ที่สนใจ ซึ่งในการศึกษานี้มีประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาในพื้นที่ปฏิบัติงานจริง เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของฤดูการ ไม่มีการควบคุมสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงในพื้นที่

2. การศึกษาในครั้งนี้ทำให้ได้ทราบว่าการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดอนกรีตกลมระบบน้ำไหลผ่านแบบใช้เทคนิคชีววิถีและแบบปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงขึ้นอยู่กับผู้จะนำผลการศึกษานี้ไปใช้ว่าจะใช้ในลักษณะใดถึงจะเหมาะสมกับสภาพพื้นที่

3. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริเป็นการใช้เทคโนโลยีอย่างง่าย สะดวก และเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติ ใช้ต้นทุนต่ำ แต่สามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาตามสภาพภูมิสังคม นำไปสู่ความยั่งยืนในการพัฒนาได้

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ ว่องวุฒิญาณ และ ธรรมเรศ เชื้อสาวถี. 2538. **การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยผักตบชวา พุทธรักษา และกกกลม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pikul.lib.ku.ac.th (15 สิงหาคม 2553).

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. **คู่มือประชาชน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 12 น.

_____. 2544. **คู่มือฝึกอบรมการเลี้ยงปลาน้ำจืด โครงการฟื้นฟูอาชีพเกษตรกรหลังการพักชำระหนี้ (ด้านการประมง) ปี 2544**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 27 น.

กลุ่มวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ. 2534. **โครงการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 45 น.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2539. **เอกสารประกอบการสอน วิชา พล.301 หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 212 น.

เฉิดฉัน อมาตยกุล, สืบพงษ์ ฉัตรมาลัย และ วัชรินทร์ รัตนชู. 2538. **ปลาดุก**. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 171 น.

ฑิฆัมพร ชาลีกุล. 2540. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของผักตบชบา ธูปฤาษี และสาหร่ายหางกระรอก**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.champa.kku.ac.th/turenjai/thesis/2540/abstract.asp (18 กันยายน 2553).

นพพล เกตุประสาท. 2553. **ผักตบชวา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.school.net.th/Library/wabcontest2003 (18 กันยายน 2553).

นิรนาม. 2555ก. **เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.chaipat.or.th/chaipat_old/n_stage/activities_t/pakbia/pb1 (18 ธันวาคม 2555).

_____. 2553ข. **ระบบเกษตรผสมผสาน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://k.domaindlx.com (14 ธันวาคม 2553).

_____. 2553ค. **ห่วงโซ่อาหาร**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaigoodview.com/contest/2551/Science03/09/2/econsystem/html/topic03.html (14 ธันวาคม 2553)

นิสากร ปานประสงค์. 2546. เคมีของสิ่งมีชีวิต. **วารสาร Update** 3(5): 26-28.

เทิดพันธุ์ นิ่มสกล. 2553. การวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพน้ำ. **แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะและบูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง**. สระแก้ว: แผนกประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และ ขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2552. **การใช้เทคนิคชีววิถีเพื่อลดปริมาณกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบึก: รายงานการวิจัย**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประจวบ ฉายบุ. 2547. **การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านทรัพยากรทางน้ำ**. เอกสารประกอบการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 87 น.

_____. 2538. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. ลำปาง: แผนกประมง คณะสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง. 86 น.

พลพจน์ กิตติสุวรรณ์. 2547. คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลา. **วารสารPET-MAG** 7, 84 (มิถุนายน).

เพ็ญศรี ชายชาญณรงค์. 2550. **ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำกากส่าด้วยผักบุ้ง ผักกระเฉด และผักตบชวา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://dcms.thailis.or.th (20 กรกฎาคม 2553).

มหาวิทยาลัยมหิดล. 2554. **ผลิตภัณฑ์และบริการวิชาการ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.sc.mahidol.ac.th/tha/research/output.htm (15 ธันวาคม 2554).

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภานุ เทวรัตน์มณีกุล และ วิมล จันทโรทัย. 2536. **การพัฒนาการเลี้ยงปลานิล: เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง. 96 น.

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2555ก. **การบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php (28 ธันวาคม 2555).

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2555ข. **โครงการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยวิธีการธรรมชาติ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.chaipat.or.th/chaipat_old/n_stage/activities_t/pakbia/pb1. (28 ธันวาคม 2555).

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และ ไพรพรรณ พรประภา. 2540. **การจัดการคุณภาพน้ำและการกำจัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 214 น.

_____. 2543. **คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 351 น.

_____. 2551. **คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง.** กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 115 น.

วิทย์ ธารชลานุกิจ, ยรรยง ตันตาปกุล และ ประดิษฐ์ ศรีภัทรประสิทธิ์. 2530. การเพาะเลี้ยงปลาดุก. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างโดย วรรณี มณีพงษ์. 2536. **ผลของวิตามินซีรูปต่างๆ ในอาหารปลาดุกอุยเทศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 28 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2525. **คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตในบ่อปลา.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 105 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2525. คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตในบ่อปลา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 105 น. อ้างโดย ประพัฒน์พงศ์ ทักษิณสัมพันธ์. 2553. **การเปรียบเทียบผลผลิตปลานิลจากบ่อเลี้ยงแบบชีววิถีและบ่อเลี้ยงแบบเดี่ยวในพื้นที่โครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายในพระองค์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 125 น.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2549. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 174 น.

สุขเกษม จริญจันทร์. 2545. **น้ำเสียเป็นน้ำใสด้วยพืชและเครื่องเติมอากาศ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http//www.Chipat.or.th/ Chipat/journal/augo 2/waste awter.html. (19 ตุลาคม 2553).

สุชาติ อิงค์ธรรมจิตร์, โสภา อารีรัตน์, ไพรพรรณ เทียนทอง และ เสาวคนธ์ วัลลีย์. 2534. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ แพลงค์ตอนพืชและแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาดุก. 243-254. ใน **รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2534.** กรุงเทพฯ: กรมประมง.

สุพร สุทธานุรักษ์. 2539. **การศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งและระบบบำบัดน้ำเสียแบบพืชน้ำบริเวณหนองหาร จังหวัดสกลนคร.** เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 8/2539. สกลนคร: สถานีประมงน้ำจืดสกลนคร. 45 น.

สุทธิชัย ปทุมล่องทอง. 2548. **ปลาเศรษฐกิจคู่ชีวิตคนไทย**. กรุงเทพฯ: ผ่องพัฒน์การพิมพ์. 68 น.

สำนักงาน กปร. 2548. **แนวคิดและทฤษฎีการพัฒนาของโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริไตธรรมชาติ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.google.co.th (15 สิงหาคม 2553).

สันต์ นาตะสุวรรณ. 2548. **คู่มือปลาน้ำจืด**. กรุงเทพฯ: เทพพิทักษ์. 86 น.

สันติธรรม เทพฉิม. 2553. **คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.sonfree.go.th (15 ธันวาคม 2553).

สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553. **การเลี้ยงปลาในนาข้าว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.eto.ku.ac.th/neweto/index.html (15 ธันวาคม 2553).

อุดมลักษณ์ สมพงษ์ และ สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2553. **บทปฏิบัติการ วิชาคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Boyd, C. E. 1979. **Water Quality in Warm Water Fish Ponds**. Alabama: Auburn University. 359 p.

_____. 1982. **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. Alabama: Auburn University. 318 p.

Colman, J. A., V. Srisuwantach, S. Boonyaratpalin and S. Chinbut. 1981. **Pond Management, Water Environment and Fish Grow-Out Performance Reliance Relationships in *Clarias* culture**. Programme for Development of Pond Management Techniques and Disease Control (DoF-UNDP/FAO THA/75/012). Bangkok: National Inland Fisheries Institues. 33 p.

Quillere, L. Et al. 1993. An artificial productive ecosystem based on a fish/ptant association. l. desing and management. Aqricuture Ecosystem and Envionment 47 อ้างโดย สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2552. **การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อซีเมนต์ระบบหมุนเวียนร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Reid, G. K. 1961. **Ecology of inland Water Estuaries**. New York: Reinhold Publishing Corporation Chapman and Hall. 485 p.

Rokocy, J. E., J. A. Hargreaves and D. S. Bailey. 1993. Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponics vegetable production. pp. I48-158. In Wang J. K. (Ed). I993. **Teehniques for Modern Aquaculture**. Proceeding of a Conference 21-23. June Spokane.

Srisuwantach, V., R. Soungchomphan and P. Sitasit. 1981. **Comparison of the Effect of Trashfish and Pelleted Diets on *Clarias* Grow-Out Operations**. DoF- UNDP/FAO THA/75/012/WP15 NIFI. Bangkok: O-dian store. 21 p.

Swingle, H. S. 1969. **Methods of Analysis, Organic Matter and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research.** Alabama: Auburn University. 119 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ประมวลภาพกิจกรรมระหว่างทำการศึกษา

ภาพผนวก 1 ด้านหน้าพื้นที่ทำการทดลองซึ่งมีอ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้ที่ 1 อยู่หลังบ่อทดลอง

ภาพผนวก 2 บ่อทดลองเมื่อมองจากสันอ่างเก็บน้ำ

ภาพผนวก 3 อ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้ที่ 1 เป็นแหล่งน้ำที่ใช้น้ำเพื่อการทดลอง

ภาพผนวก 4 น้ำที่ไหลจากอ่างเก็บน้ำผ่านระบบท่อลงสู่บ่อทดลอง

ภาพผนวก 5 ล้างทำความสะอาดบ่อทดลองเพื่อเตรียมการทดลอง

ภาพผนวก 6 ชั่งน้ำหนักผักตบชวาเพื่อใส่ลงไปในบ่อทดลอง

ภาพผนวก 7 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถี

ภาพผนวก 8 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติ

ภาพผนวก 9 สุ่มจับปลาดุกในแต่ละบ่อเพื่อนำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว

ภาพผนวก 10 ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาดุกที่ทำการทดลอง

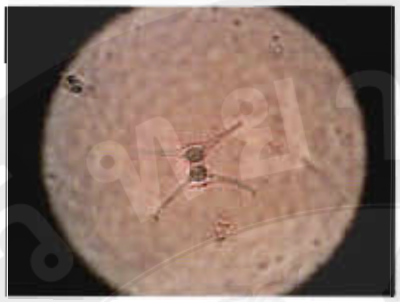
ภาพผนวก 11 เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ภาพผนวก 12 ตรวจวัดความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุก

ภาพผนวก 13 สุ่มเก็บตัวอย่างผักตบชวาเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร

ภาพผนวก 14 เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยงปลาดุก

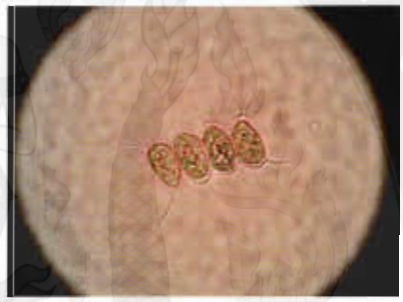
ภาพผนวก 15 ผลผลิตปลาดุกที่ได้จากบ่อทดลอง



16. *Staurastrum* sp. 2

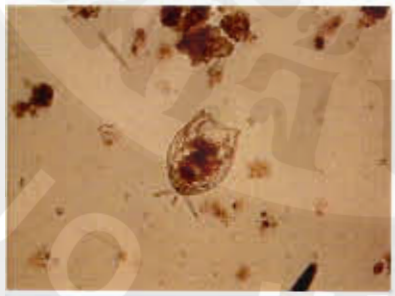
17. *Fragilaria* sp.

18. *Euglena* sp. 1

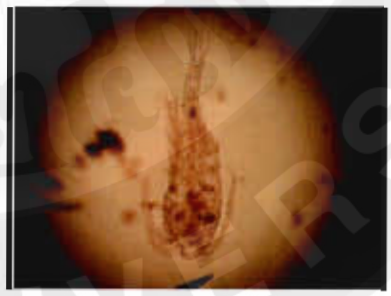


19. *Scenedesmus* sp. 12

ภาพผนวก 16-19 ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบ



20. *lecane* sp.



21. *Macrocyclop* sp.

ภาพผนวก 20-21 ตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลาดุกทั้งสองรูปแบบ

ภาคผนวก ข

รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำ

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	22.8687	.05445	.03143
2.00	3	22.2733	.50829	.29346

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	11.502	.027	2.017	4	.114	.59533	.29514	-.22411	1.41478
Equal variances not assumed			2.017	2.046	.178	.59533	.29514	-.64765	1.83832

ตารางผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความโปร่งแสง

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	38.5327	.19026	.10869
2.00	3	35.3207	4.84090	2.79489

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	13.923	.020	1.148	4	.315	3.21200	2.79700	-4.55373	10.97773
Equal variances not assumed			1.148	2.006	.369	3.21200	2.79700	-8.78783	15.21183

ตารางผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่าง

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	6.7677	.05086	.02936
2.00	3	6.8660	.01039	.00600

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	6.734	.060	-3.281	4	.030	-.09833	.02997	-.18154	-.01513
Equal variances not assumed			-3.281	2.167	.073	-.09833	.02997	-.21822	.02155

ตารางผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าออกซิเจน

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	4.1663	.03099	.01789
2.00	3	4.2200	.06447	.03722

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	3.055	.155	-1.300	4	.264	-.05367	.04130	-.16833	.06099
Equal variances not assumed			-1.300	2.877	.288	-.05367	.04130	-.18832	.08098

ตารางผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าแอมโมเนีย

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	.0658	.04479	.02586
2.00	3	.0229	.01136	.00656

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	8.176	.046	1.609	4	.183	.04293	.02668	-.03114	.11700
Equal variances not assumed			1.609	2.256	.235	.04293	.02668	-.06022	.14608

ตารางผนวก 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความกระด้าง

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	29.3473	.51278	.29605
2.00	3	28.5797	1.43312	.82741

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	4.789	.094	.874	4	.432	.76767	.87878	-1.67222	3.20756
Equal variances not assumed			.874	2.504	.458	.76767	.87878	-2.37023	3.90556

ตารางผนวก 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเป็นด่าง

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	19.8983	.25358	.14641
2.00	3	20.7193	1.23939	.71556

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	7.457	.052	-1.124	4	.324	-.82100	.73039	-2.84888	1.20688
Equal variances not assumed			-1.124	2.167	.370	-.82100	.73039	-3.74238	2.10038

ตารางผนวก 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	13.2083	.46301	.26732
2.00	3	10.6463	1.85670	1.07197

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	8.300	.045	2.319	4	.081	2.56200	1.10480	-.50541	5.62941
Equal variances not assumed			2.319	2.248	.132	2.56200	1.10480	-1.72308	6.84708

ตารางผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืช เดือนมีนาคม

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	212.7600	71.64699	41.36541
2.00	3	237.2933	132.06754	76.24923

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	2.496	.189	-.283	4	.791	-24.53333	86.74700	-265.38162	216.31496
Equal variances not assumed			-.283	3.083	.795	-24.53333	86.74700	-296.42465	247.35798

ตารางผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืช เดือนเมษายน

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	249.4800	48.59877	28.05851
2.00	3	275.8000	107.15569	61.86637

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	3.305	.143	-.387	4	.718	-26.32000	67.93179	-214.92888	162.28888
Equal variances not assumed			-.387	2.789	.726	-26.32000	67.93179	-252.04426	199.40426

ตารางผนวก 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืช เดือนพฤษภาคม

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	244.7100	53.11163	30.66401
2.00	3	270.3633	89.95553	51.93585

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	1.665	.266	-.425	4	.692	-25.65333	60.31264	-193.10806	141.80139
Equal variances not assumed			-.425	3.243	.697	-25.65333	60.31264	-209.70095	158.39428

ตารางผนวก 12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ เดือนมีนาคม

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	25.7733	11.08227	6.39835
2.00	3	21.4933	7.63001	4.40519

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	1.665	.266	-.425	4	.692	-25.65333	60.31264	-193.10806	141.80139
Equal variances not assumed			-.425	3.243	.697	-25.65333	60.31264	-209.70095	158.39428

ตารางผนวก 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ เดือนเมษายน

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	38.5867	15.48760	8.94177
2.00	3	28.0767	12.53822	7.23895

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.239	.650	.914	4	.413	10.51000	11.50468	-21.43211	42.45211
Equal variances not assumed			.914	3.834	.415	10.51000	11.50468	-21.98549	43.00549

ตารางผนวก 14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ เดือนพฤษภาคม

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	22.7300	2.20027	1.27033
2.00	3	25.4133	5.62816	3.24942

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	3.911	.119	-.769	4	.485	-2.68333	3.48890	-12.37008	7.00341
Equal variances not assumed			-.769	2.597	.506	-2.68333	3.48890	-14.82669	9.46002

ตารางผนวก 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักปลาดุกที่เพิ่มขึ้นต่อเดือน

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	20.9033	2.93997	1.69739
2.00	3	18.8033	1.42156	.82074

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	3.037	.156	1.114	4	.328	2.10000	1.88541	-3.13473	7.33473
Equal variances not assumed			1.114	2.887	.349	2.10000	1.88541	-4.03562	8.23562

ตารางผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักสิ้นสุดของปลาดุกเฉลี่ย

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	130.5800	17.50102	10.10422
2.00	3	117.8967	8.52790	4.92358

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	2.982	.159	1.128	4	.322	12.68333	11.23997	-18.52382	43.89049
Equal variances not assumed			1.128	2.899	.344	12.68333	11.23997	-23.80214	49.16881

ตารางผนวก 17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อเดือน

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	3.3300	.12124	.07000
2.00	3	3.3500	.14000	.08083

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.128	.739	-.187	4	.861	-.02000	.10693	-.31688	.27688
Equal variances not assumed			-.187	3.920	.861	-.02000	.10693	-.31928	.27928

ตารางผนวก 18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความยาวสิ้นสุดเฉลี่ย

Group Statistics

treatm	N	Mean	Std.Deviation	Std. Error Mean
1.00	3	27.1167	.73050	.42176
2.00	3	27.1100	.90967	.52520

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.375	.574	.010	4	.993	.00667	.67358	-1.86349	1.87683
Equal variances not assumed			.010	3.822	.993	.00667	.67358	-1.89838	1.91171

ตารางผนวก 19 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบใช้เทคนิคชีววิถีระบบน้ำไหลผ่าน

Correlations

		น้ำหนัก	อุณหภูมิน้ำ	ความโปร่งแสง	ออกซิเจน	กรด-ด่าง	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	คาร์บอนฯ
น้ำหนัก	Pearson Correlation	1	.878**	-.943**	.208	-.138	.200	.493**	.763**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.203	.402	.223	.001	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
อุณหภูมิน้ำ	Pearson Correlation	.878**	1	-.822**	.091	-.096	.207	.656**	.784**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.583	.561	.207	.000	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ความโปร่งแสง	Pearson Correlation	-.943**	-.822**	1	-.231	.193	-.087	-.363*	-.709**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.156	.239	.598	.023	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ออกซิเจน	Pearson Correlation	.208	.091	-.231	1	-.282	.069	-.197	.096
	Sig. (2-tailed)	.203	.583	.156		.082	.677	.228	.563
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
กรด-ด่าง	Pearson Correlation	-.138	-.096	.193	-.282	1	.080	.118	-.384*
	Sig. (2-tailed)	.402	.561	.239	.082		.627	.473	.016
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ความกระด้าง	Pearson Correlation	.200	.207	-.087	.069	.080	1	.266	.263
	Sig. (2-tailed)	.223	.207	.598	.677	.627		.101	.106
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ความเป็นด่าง	Pearson Correlation	.493**	.656**	-.363*	-.197	.118	.266	1	.456**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.023	.228	.473	.101		.004
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
คาร์บอนฯ	Pearson Correlation	.763**	.784**	-.709**	.096	-.384*	.263	.456**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.563	.016	.106	.004	
	N	39	39	39	39	39	39	39	39

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ตารางผนวก 20 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของบ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปกติระบบน้ำไหลผ่าน

Correlations

		น้ำหนัก	อุณหภูมิน้ำ	ความโปร่งแสง	ออกซิเจน	กรด-ด่าง	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	คาร์บอนฯ
น้ำหนัก	Pearson Correlation	1	.835**	-.770**	.280	-.302	.629**	.539**	.778**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.084	.062	.000	.000	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
อุณหภูมิน้ำ	Pearson Correlation	.835**	1	-.525**	.065	-.257	.496**	.605**	.764**
	Sig. (2-tailed)	.000		.001	.694	.114	.001	.000	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ความโปร่งแสง	Pearson Correlation	-.770**	-.525**	1	-.500**	.238	-.603**	-.361*	-.651**
	Sig. (2-tailed)	.000	.001		.001	.145	.000	.024	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ออกซิเจน	Pearson Correlation	.280	.065	-.500**	1	-.363*	.289	-.164	.163
	Sig. (2-tailed)	.084	.694	.001		.023	.074	.319	.322
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
กรด-ด่าง	Pearson Correlation	-.302	-.257	.238	-.363*	1	-.611**	-.269	-.373*
	Sig. (2-tailed)	.062	.114	.145	.023		.000	.097	.020
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ความกระด้าง	Pearson Correlation	.629**	.496**	-.603**	.289	-.611**	1	.566**	.662**
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.000	.074	.000		.000	.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
ความเป็นด่าง	Pearson Correlation	.539**	.605**	-.361*	-.164	-.269	.566**	1	.795**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.024	.319	.097	.000		.000
	N	39	39	39	39	39	39	39	39
คาร์บอนฯ	Pearson Correlation	.778**	.764**	-.651**	.163	-.373*	.662**	.795**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.322	.020	.000	.000	
	N	39	39	39	39	39	39	39	39

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายเอกชัย บัวเกตุ	
เกิดเมื่อ	17 สิงหาคม 2526	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (การประมง) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
	พ.ศ. 2549	ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2549	นักวิชาการเกษตร สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2550	เจ้าพนักงานประมง กลุ่มงานศึกษาและพัฒนาประมง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2552	นักวิชาการประมง ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่