สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยปีงบประมาณ 2539-2540

เรื่อง

การใช้วัสดุกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)

USING FILTRANTS FOR WATER QUALITY IMPROVMENT IN BLACK TIGER SHRIMP (*Penaeus monodon*) PONDS

T034400

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

SOMCHAI WANGVIBULKIT

RCH
SH
380.b2
.T5
ส241ร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....34400
วัน, เดือน, ปี.....1 พ.ย. 2542

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

DEPARTMENT OF FISHERIES SCIENCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHONOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้วัสดุกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)

USING FILTRANTS FOR WATER QUALITY IMPROVMENT IN BLACK TIGER SHRIMP (*Penaeus monodon*) PONDS

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

SOMCHAI WANGVIBULKIT

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

DEPARTMENT OF FISHERIES SCIENCE, FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHONOLOGY LADKRABANG

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองด้วยวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ทรายละเอียด ทรายหยาบ อิฐมอญ ถ่าน ปะการังเล็ก ปะการังใหญ่ กาบมะพร้าว กระสอบป่าน และวัสดุกรองทุกชนิดรวมกัน แต่ละชุดกรองทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังจากผ่านการกรองในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีค่าอุณหภูมิ 29.5±0.2 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง 8.50±0.06 ความเป็นด่าง 364±3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 40.047±1.112 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.140±0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 0.107±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราการกรองน้ำ 2.0 ± 0.2 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งทุกปัจจัยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นปริมาณออร์โธฟอสเฟตและเปอร์เซ็นต์การกรองแพลงค์ตอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกาบมะพร้าวจะให้ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเพิ่มขึ้น 0.670±0.191 มิลลิกรัมต่อลิตร และทรายละเอียดสามารถกรองแพลงค์ตอนได้ดีที่สุด 66.7 ± 13.1 % สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้วัสดุกรองทุกชนิดรวมกันได้ผลในทำนองเดียวกับในห้องปฏิบัติการ โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟสเพิ่มขึ้น 0.473±0.049 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถลดจำนวนแพลงค์ตอนได้ 35.34±2.18 % ที่อัตราการกรองน้ำ 8.5±0.6 ลิตรต่อนาที

Abstract

Study on quality of water filtered by using different filtrants as treatments; fine sand, coarse sand, brick, charcoal, small coral, middle coral, coconut-husk, gunny-bag and mixed filtrants was investigated. Each treatment consist of 3 replications. The results were found that temperature, pH, alkalinity, total ammonia-nitrogen, nitrite-nitrogen and nitrate-nitrogen were 29.5±0.2^{o}C, 8.50±0.06, 364±3 ppm , 40.047±1.112 ppm, 0.140±0.007 ppm and 0.107±0.004 ppm respectively at flow rate 2.0±0.2 litres/hour. They were non-significant ($P>0.05$). Besides orthophosphate and density of plankton were significant ($P<0.05$); coconut-husk increased orthophosphate 0.670±0.191 ppm and fine sand decreased density of plankton by 66.7±13.1 %. Quality of water filtered by mixed filtrants in black tiger shrimp ponds was similar to water analyzed in the laboratory. Mixed filtrants increased orthophosphate 0.473±0.049 ppm but decreased density of plankton by 35.34±2.18 % at flow rate 8.5±0.6 litres/minute.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แต่ปัจจุบันสภาพน้ำในธรรมชาติยังเป็นปัญหาต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เนื่องจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงปี 2538 มีพื้นที่การเลี้ยงประมาณ 468,385 ไร่ (ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง, 2538) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมทางน้ำเป็นอย่างมากทำให้เกษตรกรหันมาใช้วิธีการเลี้ยงแบบระบบปิด (close system) หรือระบบหมุนเวียนน้ำ (recirculating system) อย่างไรก็ตามปัญหาเนื่องจากการเพิ่มปริมาณและการตายของแพลงค์ตอนจำนวนมากในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและทำให้กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงอ่อนแอและตายลง ก็ยังเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไขต่อไป

การกรองเป็นการแยกของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำโดยผ่านวัสดุกรองซึ่งอาจเป็นวัสดุที่มีรูพรุนวัสดุที่เป็นเม็ด หรือแผ่นกรอง (Bridgwater and Mumford, 1979; Tchobanoglous and Burton, 1991; Boyd, 1995) วัสดุกรองที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ทรายเนื่องจากสามารถลดปริมาณสารแขวนลอย และปริมาณเฟอริคไฮดรอกไซด์ในน้ำก่อนที่จะนำน้ำไปใช้ในโรงเพาะฟัก (Boyd, 1995) นอกจากนี้ยังมีวัสดุกรองอีกหลายชนิดที่ใช้ในการเกิดปฏิกริยาไนตริฟิเคชั่น เช่น หิน พลาสติก และวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่เป็นพิษกับแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับปฏิกริยาไนตริฟิเคชั่น (Losordor, 1991; Wheaton et al., 1994) ดังนั้นการศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านวัสดุกรอง จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อลดปัญหาการเลี้ยงกุ้งอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองด้วยวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้คลอเรลล่าความหนาแน่น $1x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5 ลิตร กรองผ่านวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ทรายละเอียด ทรายหยาบ อิฐมอญ ถ่าน ปะการังเล็ก ปะการังใหญ่ กาบมะพร้าว กระสอบป่าน และวัสดุกรองทุกชนิดรวมกัน โดยกรองแบบช้ามีทิศทางการไหลของน้ำเป็นแบบไหลลง (down flow filter) ควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้ใกล้เคียงกัน แต่ละวัสดุกรองทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ตามวิธีของ APHA (1981) และเปอร์เซ็นต์การกรองแพลงค์ตอน ก่อนและหลังกรองน้ำผ่านวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ นำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบทางสถิติตามวิธีของ Duncan' s New Multiple Range Test

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองด้วยวัสดุกรองทุกชนิดรวมกันในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ขนาด 2 ไร่ จำนวน 2 บ่อ ในเขตอำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง แต่ละบ่อมีชุดกรอง 2 ชุด (ภาพที่ 1 และ 2)โดยมีวัสดุกรองทุกชนิดรวมกันเรียงตัวแบบละเอียดไปหยาบ (fine-to-coarse filter) โดยกรองแบบช้ามีทิศทางการไหลของน้ำเป็นแบบไหลลงควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้ใกล้เคียงกัน วิเคราะห์คุณภาพน้ำเช่นเดียวกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

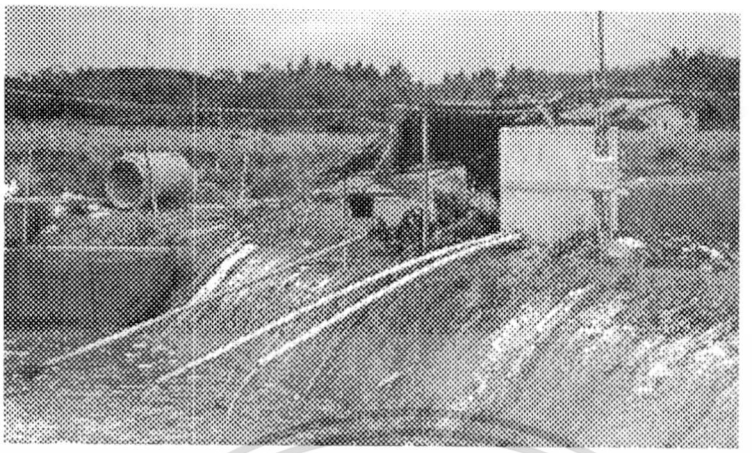

Figure 1 The front of filter settled on the edge of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) pond

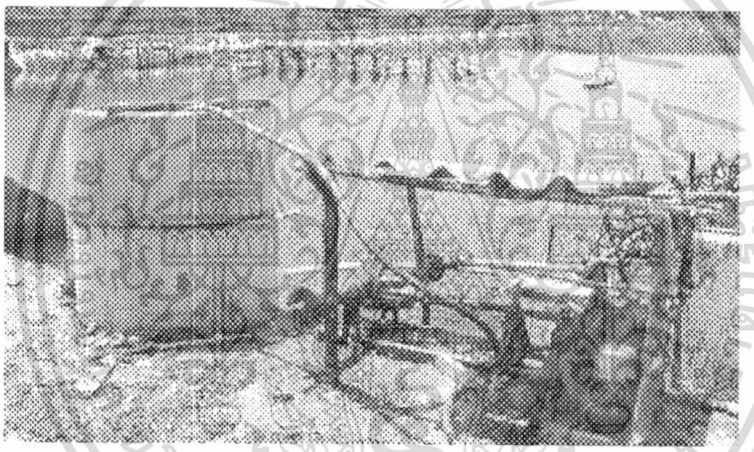

Figure 2 The back of filter settled on the edge of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) pond

ผลการทดลอง

ผลการทดลองกรองน้ำผ่านวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ พบว่าคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนไตรท์ -ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท -ไนโตรเจน ก่อนและหลังการผ่านวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นปริมาณออร์โธฟอสเฟตและเปอร์เซ็นต์การกรองแพลงค์ตอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกาบมะพร้าวจะให้ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเพิ่มขึ้น 0.670 ± 0.191 มิลลิกรัมต่อลิตร และทรายละเอียดสามารถกรองแพลงค์ตอนได้ดีที่สุด 66.7 ± 13.1 % ที่อัตราการกรอง 2.0 ± 0.2 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 1, ภาพที่ 3 และ 4)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้วัสดุกรองทุกชนิดรวมกันได้ผลในทำนองเดียวกับในห้องปฏิบัติการ โดยมีออร์โธฟอสเฟสเพิ่มขึ้น 0.473 ± 0.049 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถลดจำนวนแพลงค์ตอนได้ 35.34 ± 2.18% ที่อัตราการกรองน้ำ 8.5 ± 0.6 ลิตรต่อนาที (ตารางที่ 2 และภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Quality of water before and after filtration by using different filtrants in laboratory

Parameters	Before filtration	After filtration								
		Find sand	Coarse sand	Brick	Charcoal	Small coral	Middle coral	Coconut-husk	Gunny-bag	Mixed filtrants
Temperature (^{o}C)	30.0 ± 0.6	29.4 ± 0.2	29.4 ± 0.2	29.5 ± 0.3	29.6 ± 0.2	29.4 ± 0.3	29.5 ± 0.3	29.4 ± 0.3	29.4 ± 0.3	29.4 ± 0.3
pH	8.46 ± 0.02	8.54 ± 0.08	8.53 ± 0.06	8.43 ± 0.04	8.56 ± 0.04	8.53 ± 0.05	8.54 ± 0.06	8.36 ± 0.02	8.53 ± 0.12	8.54 ± 0.03
Alkalinity (ppm)	363 ± 10	365 ± 8	366 ± 2	359 ± 3	367 ± 6	363 ± 5	359 ± 11	361 ± 2	367 ± 4	364 ± 11
Ammonia-nitrogen (ppm)	41.158 ± 3.054	38.759 ± 2.422	39.450 ± 0.691	40.369 ± 1.897	39.301 ± 2.288	40.996 ± 3.688	39.560 ± 1.496	42.163 ± 3.638	39.926 ± 1.129	38.786 ± 0.949
Nitrite-nitrogen (ppm)	0.133 ± 0.019	0.148 ± 0.027	0.149 ± 0.022	0.135 ± 0.015	0.141 ± 0.019	0.151 ± 0.017	0.136 ± 0.018	0.135 ± 0.023	0.135 ± 0.019	0.137 ± 0.015
Nitrate-nitrogen (ppm)	0.109 ± 0.008	0.105 ± 0.011	0.104 ± 0.011	0.104 ± 0.010	0.104 ± 0.008	0.109 ± 0.010	0.113 ± 0.009	0.106 ± 0.009	0.105 ± 0.007	0.113 ± 0.003
Orthophosphate (ppm)	0.586 ± 0.040	0.548 ± 0.015	0.607 ± 0.039	0.517 ± 0.069	0.622 ± 0.052	0.513 ± 0.017	0.578 ± 0.011	1.140 ± 0.163	0.713 ± 0.065	0.669 ± 0.018
Filtered plankton (%)	-	66.7 ± 13.1	52.5 ± 10.8	41.6 ± 12.5	45.1 ± 10.2	27.9 ± 8.2	16.9 ± 1.2	29.1 ± 8.6	33.7 ± 9.4	37.1 ± 6.2

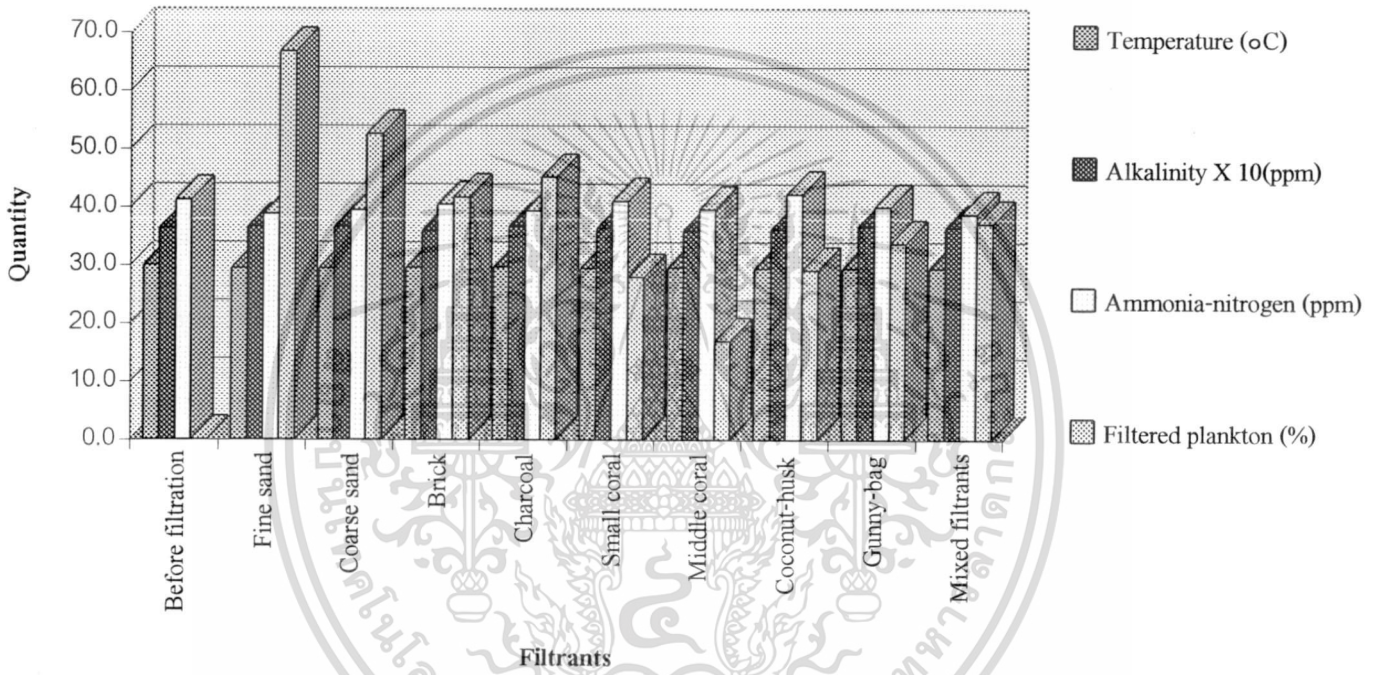

Figure 3 Quality of water filtered by using different filtrants in laboratory (temperature, alkalinity, ammonia-nitrogen and filtered plankton)

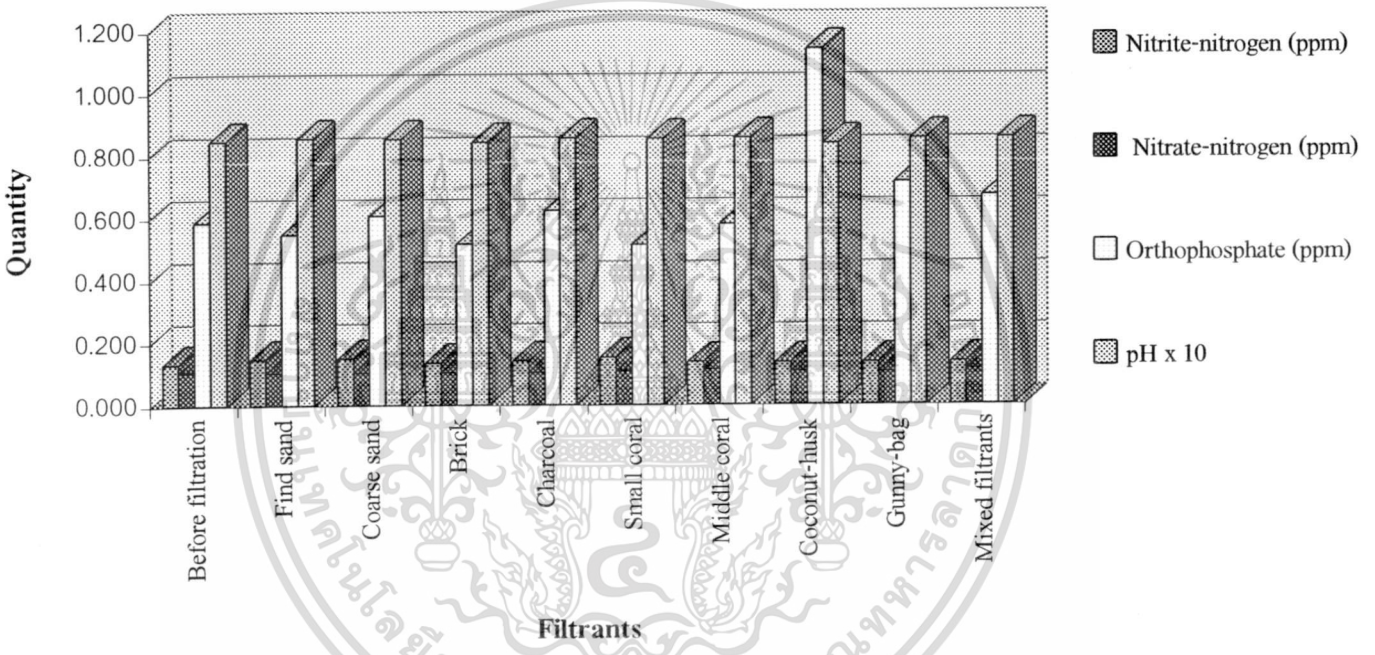

Figure 4 Quality of water filtered by using different filtrants in laboratory (nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, orthophosphate and pH)

Table 2 Quality of water before and after filtration by mixed filtrants in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) ponds

Parameter	Before filtration	Filter No.1.1	Before filtration	Filter No.1.2	Before filtration	Filter No.2.1	Beforefiltration	Filter No.2.2
Temperature (^{o}C)	26.7 ± 0.1	26.6 ± 0.0	26.7 ± 0.0	26.6 ± 0.1	26.5 ± 0.1	26.4 ± 0.1	26.5 ± 0.1	26.4 ± 0.1
pH	8.25 ± 0.02	8.25 ± 0.00	8.23 ± 0.02	8.24 ± 0.01	8.19 ± 0.01	8.20 ± 0.01	8.20 ± 0.01	8.20 ± 0.01
Alkalinity (ppm)	256 ± 1	260 ± 2	258 ± 2	258 ± 7	296 ± 1	297 ± 1	297 ± 1	291 ± 3
Ammonia-nitrogen (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrite-nitrogen (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0
Orthophosphate (ppm)	0	0.433 ± 0.002	0	0.553 ± 0.001	0	0.457 ± 0.002	0	0.448 ± 0.002
Filtered plankton (%)	0	32.45 ± 1.12	0	35.17 ± 1.08	0	36.2 ± 0.73	0	37.57 ± 1.54

34400

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

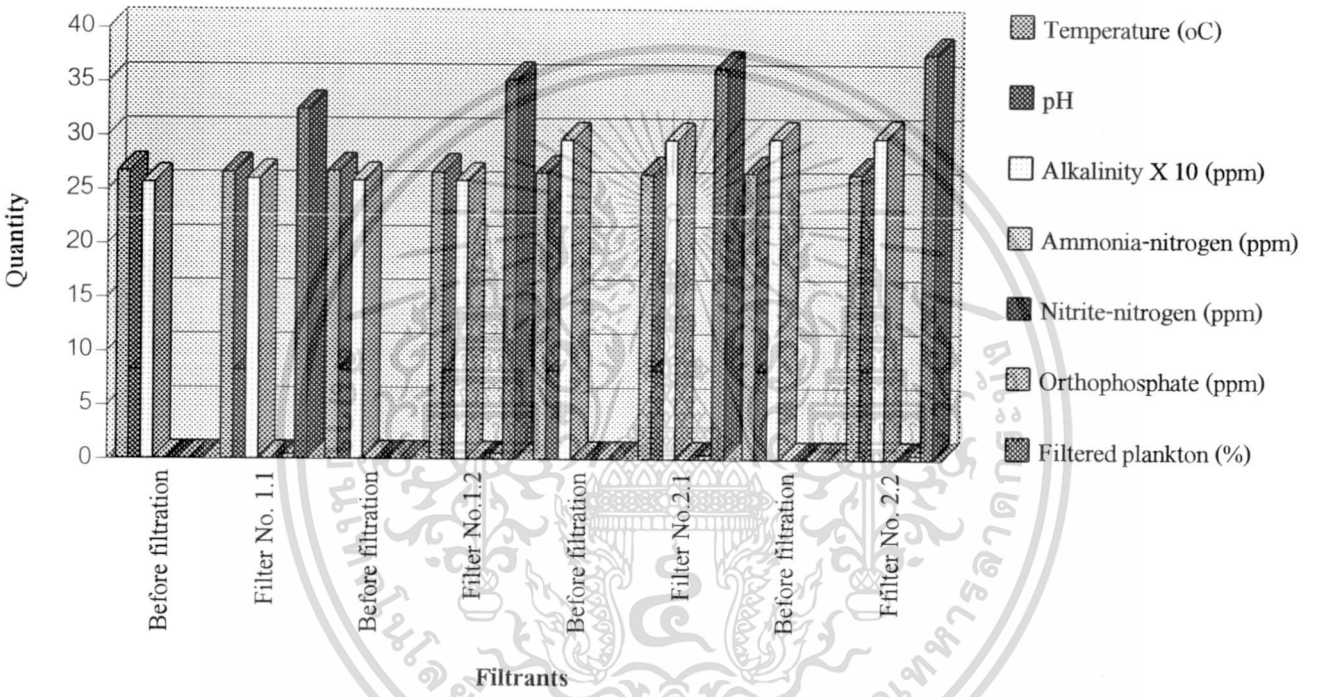

Figure 5 Quality of water filtered by mixed filtrants in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) ponds

วิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณแอมโมเนีย -ไนโตรเจน ปริมาณไนไตรต์ -ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ก่อนและหลังการกรองผ่านวัสดุกรองชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากน้ำตัวอย่างมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนปริมาณสูงจะไปยับยั้งแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับขบวนการไนตริฟิเคชั่นในตัวกรอง (nitrification filter) (Wheaton et al., 1994) นอกจากนี้การดูดซับยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุกรอง ขนาดของรูพรุน พื้นที่ผิว ความสูงของชั้นวัสดุกรอง และสารที่ถูกดูดซับ (Paul, 1995) เช่น การดูดซึมของถ่านขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของถ่านที่มีรูพรุนต่างกันและชนิดสารที่ถูกดูดซึม (เสริมพล และไชยยุทธ, 2524; Tcholbanoglous et al., 1991) สำหรับเปอร์เซ็นต์การกรองแพลงค์ตอนและปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าทรายละเอียดสามารถกรองแพลงค์ตอนได้ดีที่สุด 66.7±13.1 % ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cleasby et al.(1984) ที่ใช้เครื่องกรองทรายแบบช้าสามารถลดปริมาณสารแขวนลอยได้มากกว่า 96.9 % และ Mayo (1976) ซึ่งได้ทดลองใช้ทรายกรองน้ำที่มีสารแขวนลอยพบว่าสามารถลดสารแขวนลอยได้ 70-90 % ส่วนกาบมะพร้าวสามารถเพิ่มปริมาณออร์โธฟอสเฟตซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่ใช้ในการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอน ดังนั้นกาบมะพร้าวจึงเป็นวัสดุที่ควรนำมาใช้ประโยชน์แทนปุ๋ยเคมีในการเตรียมสีน้ำช่วงเดือนแรกของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

สรุป

จากผลการทดลองทรายละเอียดเป็นวัสดุกรองที่เหมาะสมสำหรับใช้ลดปริมาณแพลงค์ตอนโดยสามารถกรองแพลงค์ตอนได้ดีที่สุด 66.7±13.1 % และกาบมะพร้าวเป็นวัสดุที่สามารถเพิ่มปริมาณออร์โธฟอสเฟตได้ 0.670±0.191 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำที่ผ่านวัสดุกรองอื่น ๆ ได้แก่ อิฐมอญ ถ่าน ปะการังเล็ก ปะการังใหญ่ และกระสอบป่าน คุณภาพน้ำทุกปัจจัยให้ผลแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนคุณภาพน้ำที่ผ่านวัสดุกรองรวมทุกชนิดในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำสามารถลดปริมาณแพลงค์ตอนได้ 35.34 %

เอกสารอ้างอิง

ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง. 2538. สถิติกรมประมงแห่งประเทศไทย. เอกสารฉบับที่ 5/2541. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 86 หน้า.

เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,กรุงเทพ ฯ. 318 หน้า.

American Public Heath Association. 1981. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. Washington, D. C. 1134 pp.

Boyd, C.E. 1995. Bottom Soils, and Pond Aquaculture. Chapman & Hall, U.S.A. 348 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bridgwater, A. V. and C.J. Mumford. 1979. Waste Recycling and Pollution Control Handbook. Gorge Godwin Limited, Great Britain. 706 pp.

Cleasby, J. L., D. J. Hilmone and C. J. Dimitracopoulos. 1984. Slow Sand and Direct in line Filtration of Surface Water.

Losordo, T.M. 1991. Engineering Considerations in Closed Recirculating Systems. pp. 58-69. In World Aquaculture Society 22nd Annual Meeting. 1991. Aquaculture Systems Engieering: Proceeding of the World Aquaculture Society of Agricultural Engineers Jointly Sponsored Session. Puerto Rico, U.S.A.

Mayo, R.D. 1976. Technical and Economic Review of the Use of Reconditioned Water in Aquaculture. FAO, Kyoto, Japan. 30 pp.

Paul, N. C. 1995. Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology. Marcel Dekker, New York. 883 pp.

Tchobanoglous, G, and F. L. Burton. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd ed. McGraw-Hill, Inc., Singapore. 1334 pp.

Wheaton, F.W., J.N. Hochheimer, G.E. Kaiser, M.J. Krones, G.S. Libey and C.C. Easter. 1994. Nitrification Filter Principles. pp.100-126. In Timmons, M.B. and T.M. Losordo (eds.). 1994. Aquaculture Water Reuse Systems : Engineering Design and Managment. Elsevier, Netherlands. 333 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้