รายงานผลการวิจัย

เรื่อง ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*, L.) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์

Effects of Chlorophyll Levels and Filtration rate on the Production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) reared in Concrete Tanks using Fermented pig Manure as Fertilizer

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

Development of tilapia culture systems under export standard criteria

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2555

จำนวน 244,000 บาท

หัวหน้าโครงการ บัญชา ทองมี

ผู้ร่วมโครงการ นิวุฒิ หวังชัย

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 กันยายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*, L.) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์ โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงิน 244,000 บาท ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
สารบัญภาคผนวก	ง
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
บทนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	27
ผลการวิจัย	35
วิจารณ์ผลการวิจัย	57
สรุปผลการวิจัย	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก ก	70
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย	75

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) ของสิ่งขับถ่ายของสุกร	13
ตาราง 2	ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมูลหมักที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศแล้ว	15
ตาราง 3	ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร	16
ตาราง 4	คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	26
ตาราง 5	เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	30
ตาราง 6	อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ $8.15 \pm 5.54 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเริ่มก่อนการทดลอง ระยะเวลา 48 ชั่วโมง	35
ตาราง 7	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน	40
ตาราง 8	คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกร ที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน	43
ตาราง 9	ผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน	49
ตาราง 10	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน	51
ตาราง 11	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์	55

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพ 1	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน	36
ภาพ 2	ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน	37
ภาพ 3	อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน	39
ภาพ 4	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกร ที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน	41
ภาพ 5	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกร ที่ระดับต่างๆกัน ระยะเวลา 60 วัน	42
ภาพ 6	(A-D) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ตรวจพบในบ่อซีเมนต์ (A) *Oscillatoria* sp., (B) *Cylindrospermopsis* sp., (C) *Scenedesmus* sp., และ (D) *Euglena* sp.	53

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก		หน้า
1	ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	71
2	ตรวจสอบเครื่องทำความร้อน (Heater)	71
3	แผงวงจรควบคุมอุณหภูมิ	71
4	แสดงอุปกรณ์การทดลองย่อยที่ 1	71
5	เครื่องทำความเย็น (Chiller)	71
6	ตู้กระจกที่ใช้ทดลองใส่น้ำเขียว	71
7	น้ำเขียวที่ใช้ในการทดลอง	72
8	การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน (น้ำเขียว)	72
9	(A-B) ลักษณะของบ่อซีเมนต์และการเตรียมบ่อซีเมนต์ก่อนการทดลอง	72
10	(A-B) การชั่งและการใส่กากเหลือจากการหมักมูลสุกรลงในบ่อซีมนต์(A-B)	72
11	โรงเรือนเพาะเลี้ยงปลานิลและบ่อซีเมนต์ ที่ใช้ในการทดลอง	73
12	(A-B) การวัดความยาวและชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของปลานิล	73
13	(A-C) เครื่อง Spectrophotometer สารเคมี และหลอด Quartz Cuvette วิเคราะห์คลอโรฟิลล์- เอ (Chlorophyll –a)	73
14	*Chlorella*	74
15	*Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat	74
16	*Monoraphidium* sp.	74
17	*Chroococcidiopsis*	74
18	*Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat	74
19	*Chroococcus*	74

ผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*, L.) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์

Effects of Chlorophyll Levels and Filtration rate on the Production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) reared in Concrete Tanks using Fermented pig Manure as Fertilizer

บัญชา ทองมี และ นิวุฒิ หวังชัย

Bunchat Tongmee and Niwooti Whangchai

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*, L.) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชในปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในบ่อซีเมนต์ที่ให้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ และศึกษาผลผลิตของปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆในบ่อที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกัน แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองย่อย การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิที่ต่างกัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราการกรองน้ำเขียวสูงสุด มีค่าเท่ากับ 704± 5.301x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ($p \leq 0.05$) การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อการทดลองเพิ่มขึ้นตามการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกร โดยบ่อการทดลองที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ คือ 529±58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร ($p<0.05$) แต่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ในบ่อที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,155.8±782.5 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองย่อยที่ 3 การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน พบว่า ปลานิลที่ให้อาหารในอัตรา 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลสูงสุด มีค่าเท่ากับ 7,680 กรัม ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองสรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิล อัตราการกรองน้ำเขียวเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น และขนาดของปลานิลมีผลต่ออัตราการกรองน้ำเขียวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยพบว่าปลานิลขนาดเล็กจะมีอัตราการกรองน้ำเขียวมากกว่าปลานิลขนาดโตกว่า ปลานิลที่ได้รับอาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ที่ระดับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอสูง (300 ไมโครกรัมต่อลิตร) มีผลผลิตของปลานิลสูงสุด ($p\leq0.05$)

คำสำคัญ: ปลานิล (*Oreochromis niloticus1*, L.) คลอโรฟิลล์ เอ น้ำเขียว อัตราการกรอง กากเหลือหมักมูลสุกร

Abstract

Tilapia is one of the most important cultured and domesticated fish around the world. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) is the most significant species within the tilapia species. The purpose of this study was to evaluate the effect of chlorophyll levels and filtration rate on the production of Nile Tilapia. The culture was reared in concrete tanks with the fermented pig manure was used as a fertilizer. The effect of temperature and fish size on filtration rates for 48-h experiment period was conducted in "sub-experiment 1". In the concrete tanks, the effects of fertilizer with chlorophyll a levels were studied for two months as a "sub-experiment 2". Green algae filtration rates were measured as number of cell per kg wet fish weight per hour and chlorophyll levels in μg per L. "Sub-experiment 3" was conducted in concrete tanks with heater and chiller devices under temperature controlled conditions. The results were demonstrated that the cell counts of phytoplankton in water filtered by Nile Tilapias indicated significant reduction in green algae. Filtration rates at different temperature levels were differed significantly ($P\leq0.05$) with highest recorded at 34°C. The number of dominant species filtered from the water decreased significantly ($P\leq0.05$) with increasing tilapia size. Significant differences ($P\leq0.05$) in chlorophyll a levels were also observed in fermented pig manure fertilized tanks. Consequently, increased chlorophyll a levels were observed with increasing fertilization rate. High rate of green water filtration was increased by high temperature. Moreover, small fish had significantly higher efficiency on filtration than big fish. Highest yield of Nile Tilapia was obtained from feeding 6% of food per fish weight and 300 μg/L of chlorophyll a.

Key words: tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.), chlorophyll a, green water, filtration rate, fermented pig manure

บทนำ

ปลานิล (Nile tilapia) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นปลากินพืช เลี้ยงง่าย มีรสชาติดี เจริญเติบโตได้รวดเร็ว แพร่ขยายพันธุ์ง่ายและอาศัยอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย สามารถเลี้ยงได้ทั้งในกระชัง บ่อดินและบ่อซีเมนต์ แต่การเลี้ยงปลานิลในปัจจุบันเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนาจึงมักจะประสบปัญหาในเรื่องต้นทุนการผลิตที่สูง คิดเป็นค่าอาหาร 70 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิตและปัญหาในเรื่องของกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลาจึงทำให้ไม่เป็นที่นิยมในผู้บริโภค อีกทั้งมีผู้เลี้ยงบางรายเลี้ยงปลาร่วมกับสัตว์บกบนบ่อ เช่น ไก่ สุกร จึงทำให้ของเสียจากการขับถ่ายหรือเศษอาหารที่เหลือตกลงสู่บ่อโดยตรง

ผลผลิตปลานิลส่วนใหญ่ร้อยละ 70 เป็นการบริโภคภายในประเทศที่เหลือเป็นการส่งออกต่างประเทศ ซึ่งมีความต้องการสูง ตลาดต่างประเทศที่สำคัญคือ อเมริกาและยุโรป เฉพาะตลาดในอเมริกาในปี 2005 มีความต้องการปลานิลถึง 290,000 ตัน (รวมทั้งปลาที่มีชีวิต) (Lim และWebster, 2006) เฉพาะในรูปปลาแช่แข็ง ปลาแล่เนื้อ ประมาณ 126,000 ตัน มูลค่าถึง13,090,000,000 บาท ปลานิลที่นำเข้าตลาดในอเมริกาส่วนใหญ่มาจากประเทศจีนและไต้หวัน ซึ่งประเทศจีนเป็นประเทศที่ผลิตปลานิลได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก คือ 897,300 ตัน (ปี 2004) ขณะที่ประเทศไทย ผลิตได้มากกว่า100,000 ตัน ในปี 2003 และเป็น 200,000 ตัน ในปี 2008 แต่เมื่อเทียบผลผลิตของประเทศไทยในปี 2003 ที่มากกว่าประเทศไต้หวันเล็กน้อย (ไต้หวันผลิตได้ 90,000 ตัน) แต่การส่งออกปลานิลของประเทศไต้หวันไปยังตลาดอเมริกามีปริมาณถึง 24 เปอร์เซ็นต์ รองจากประเทศจีน (31 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ประเทศไทยยังมียอดส่งออกน้อยกว่ามาก (ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์)

จากความต้องการปลานิลในตลาดภายในและต่างประเทศที่ยังสูงอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีการวิจัยเกี่ยวกับปลานิลในด้านต่างๆ มากมาย แต่การเลี้ยงปลานิล ลูกผสมที่มีคุณภาพไม่คงที่ทำให้ลูกปลาโตช้า อีกทั้งไม่ได้ขนาดตามต้องการของตลาด ราคาอาหารสำเร็จรูปที่ทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศจีน ต้นทุนหลักในการเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ คือต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยที่ปลาที่เลี้ยงโตไว มีคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและติดเชื้อโรค ไม่มีกลิ่นสาบโคลน ก็จะทำให้ได้ผลผลิตสูงมีคุณภาพตามความต้องการและราคาที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

ในการวิจัยจึงได้มุ่งเน้นศึกษาอัตราการรอดแพลงก์ตอนในปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบความสามารถในการกินอาหารธรรมชาติทำให้สามารถกำหนดปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนที่เหมาะสมได้ ปริมาณแพลงก์พืชตอนสามารถควบคุม

ความหนาแน่นได้โดย ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไป การนำกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ยอมรับว่าปลอดภัยมาใช้เพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนพืชเป็นอีกแนวทางที่จะลดต้นทุนในการผลิตและนำกากเหลือมาใช้ประโยชน์และศึกษาผลผลิตของปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆในบ่อที่มีระดับคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกันจะทำให้ทราบถึงอัตราการให้อาหารที่เหมาะสมทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชในปลานิลขนาดต่างๆที่ระดับอุณหภูมิที่ต่างๆ กัน
2. เพื่อศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในบ่อดินที่ให้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน
3. เพื่อศึกษาผลผลิตปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆ กันในบ่อที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตปลานิลโดยใช้ต้นทุนต่ำ
2. เพื่อเพิ่มผลผลิตในปลานิล
3. เพื่อขจัดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิล
4. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการ ในการส่งเสริมความรู้แก่เกษตรกร สถาบันการศึกษาและบุคคลทั่วไปที่สนใจ
5. หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ หน่วยงานของรัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ ชาวประมงและประชาชนทั่วไป สถานศึกษาทางด้านประมง

การตรวจเอกสาร

ชีวประวัติของปลานิล

ที่มา : กรมประมง (2546)

ปลานิล (Nile tilapia, Mango fish, Nilotica) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งในวงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* เป็นปลาเศรษฐกิจ แพร่ขยายพันธุ์ง่าย และมีรสชาติดีสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำจืดและน้ำกร่อย มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่ทวีปแอฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบในประเทศซูดาน, ยูกันดา และทะเลสาบแทนกันยีกา (กรมประมง, 2546)

ปลานิลเข้าสู่ประเทศไทยครั้งแรกโดยสมเด็จพระจักรพรรดิอะกิฮิโตะ เมื่อครั้งดำรงพระอิสริยยศมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งทรงจัดส่งเข้ามาทูลเกล้าถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 จำนวน 50 ตัว ครั้งนั้นได้โปรดเกล้าฯ ให้ทดลองเลี้ยงปลานิลในบ่อภายในสวนจิตรลดา เป็นหนึ่งโครงการในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ผลการทดลองปรากฏว่าปลานิลที่โปรดเกล้าให้ทดลองเลี้ยงได้เจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้เป็นอย่างดี ต่อมาจึงได้พระราชทานชื่อว่า ปลานิล (โดยมีที่มาจากชื่อแม่น้ำไนล์ (Nile) ที่เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยดั้งเดิม หรือชื่อวิทยาศาสตร์ Tilapia nilotica) และพระราชทานพันธุ์ปลาดังกล่าวให้กับกรมประมงจำนวนหนึ่ง เมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2509 เพื่อนำไปขยายพันธุ์และแจกจ่ายแก่พสกนิกร และปล่อยลงไว้ตามแหล่งน้ำต่างๆ ตามที่เห็นว่าเหมาะสม (กรมประมง, 2546)

รูปร่างลักษณะ

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลซิคลิดี (Cichlidae) มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ทวีปแอฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบในประเทศซูดาน ยูกันดา แทนแกนยีกา โดยที่ปลานิลชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและเลี้ยงง่าย เหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี จึงได้รับความนิยมและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในภาคพื้นเอเชีย แม้แต่ในสหรัฐอเมริกาก็นิยมเลี้ยงปลานิล

รูปร่างลักษณะของปลานิลคล้ายกับปลาหมอเทศ แต่ลักษณะพิเศษของปลานิลมีดังนี้คือ ริมฝีปากบนและร่างเสมอกัน ที่บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวน 9–10 แถบ นอกจากนั้นลักษณะทั่วไปมีดังนี้ ครีบหลังมีเพียง 1 ครีบ ประกอบด้วยก้านครีบแข็งและก้านครีบอ่อนเป็นจำนวนมาก ครีบก้นประกอบด้วยก้านครีบแข็งและอ่อนเช่นกัน มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 33 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่จุดหนึ่ง บริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางนั้นจะมีจุดสีขาวและสีดำตัดขวางแลดูคล้ายลายข้าวตรอกอยู่โดยทั่วไป ต่อมากรมประมงโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาและพันธุกรรมสัตว์น้ำได้นำปลานิลสายพันธุ์แท้มีชื่อว่าปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาไปดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ได้ปลานิลสายพันธุ์ใหม่ จำนวน 3 สายพันธุ์ ดังนี้

1. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 1

เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธ์แบบคัดเลือกภายในครอบครัว (Within family selection) เริ่มดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบันเป็นชั่วอายุที่ 7 ซึ่งทดสอบพันธุ์แล้วพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลพันธุที่เกษตรกรเลี้ยง 22 เปอร์เซ็นต์

2. ปลานิลสายพันธุ์จิตลดา 2

เป็นปลานิลที่พัฒนาพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา โดยการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมในพ่อพันธุ์ให้มีโครโมโซมเป็น “YY” ที่เรียกว่า “YY – Male” หรือซุปเปอร์เมล ซึ่งเมื่อนำพ่อพันธุ์ดังกล่าวไปผสมพันธุ์กับแม่พันธุ์ปรกติจะได้ลูกปลานิลเพศผู้ที่เรียกว่า “ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2” ซึ่งมีลักษณะเด่นคือเป็นเพศผู้ที่มีโครโมโซมเพศเป็น “XY” ส่วนหัวเล็กลำตัวกว้าง สีขาวนวล เนื้อหนาและแน่น รสชาติดี อายุ 6–8 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 2–3 ตัวต่อกิโลกรัม ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าปลานิลพันธุ์ที่เกษตรกรเลี้ยง 45 เปอร์เซ็นต์

3. ปลานิลสายพันธุจิตรลดา 3

เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากการนำปลานิลพันธุ์ผสมกลุ่มต่างๆที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาและปลานิลสายพันธุ์อื่นๆ อีก 7 สายพันธุ์ ได้แก่ อียิปต์ กานา เคนยา สิงคโปร์ เซเนกัล อิสราเอล และไต้หวัน ซึ่งมีการเจริญเติบโตเร็วและมีอัตรารอดสูงในสภาพแวดล้อมการเลี้ยงต่างๆ ไปสร้างเป็นประชากรพื้นฐาน จากนั้นจึงดำเนินการคัดพันธุ์ในประชากรพื้นฐานต่อโดยวิธีดูลักษณะครอบครัวร่วมกับวิธีดูลักษณะภายในครอบครัว ปลานิลชั่วอายุที่ 1–5 ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์โดยหน่วยงาน ICLARM ในประเทศฟิลิปปินส์ จากนั้นจึงนำลูกปลาชั่วอายุที่ 5 เข้ามาในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2538 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำจึงดำเนินการปรับปรุงปลาพันธุ์ดังกล่าวต่อ โดยวิธีการเดิมจนในปัจจุบันได้ 2 ชั่วอายุ และเรียกว่า "ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3" ปลาสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือ ส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้าง สีเหลืองนวล เนื้อหนาและแน่น รสชาติดี อายุ 6–8 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 3–4 ตัวต่อกิโลกรัม ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าปลานิลพันธุ์ที่เกษตรกรเลี้ยง 40 เปอร์เซ็นต์

ปัจจุบันสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำได้กระจายพันธุ์ปลานิลทั้ง 3 สายพันธุ์ไปสู่ภาครัฐและเอกชนทั่วประเทศ เพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงแล้ว โดยหน่วยงานของสถาบันฯในจังหวัดปทุมธานีและหน่วยพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำจืดพิษณุโลก ขอนแก่น และสุราษฎร์ธานี นอกจากนี้ยังดำเนินการดำรงสายพันธุ์และทดสอบพันธุ์ปลานิลดังกล่าวด้วย

คุณสมบัติและนิสัย

ปลานิลมีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง (ยกเว้นเวลาสืบพันธุ์) มีความอดทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี จากการศึกษาพบว่า ปลานิลทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพันส่วน ทนต่อค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ได้ดีในช่วง 6.5–8.3 และสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ถึง 40 องศาเซลเซียส แต่ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสพบว่าปลานิลปรับตัวและเจริญเติบโตได้ไม่ดีนักทั้งนี้เป็นเพราะถิ่นกำเนิดเดิมของปลาชนิดนี้อยู่ในเขตร้อน (กรมประมง, 2546)

การสืบพันธุ์

1. ลักษณะ

ตามปกติแล้วรูปร่างภายนอกของปลานิลตัวผู้และตัวเมีย จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่จะสังเกตลักษณะเพศได้ก็โดยการดูอวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวาร โดยตัวผู้จะมีอวัยวะเพศในลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา แต่สำหรับตัวเมียจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ขนาดปลาที่จะดูเพศได้ชัดเจนนั้นต้องเป็นปลาที่มีขนาดความยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับปลาที่มีขนาดโตเต็มที่นั้นเราจะสังเกตเพศได้อีกวิธีหนึ่งด้วยการดูสีที่ลำตัวซึ่งปลาตัวผู้ที่ใต้คางและลำตัวจะมีสีเข้มต่างกับตัวเมีย โดยเฉพาะในช่วงฤดูผสมพันธุ์สีจะยิ่งเข้มขึ้น

2. การผสมพันธุ์และวางไข่

ปลานิลสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปีโดยใช้เวลา 2– 3 เดือนต่อครั้ง แต่ถ้าอาหารเพียงพอและเหมาะสมในระยะเวลา 1 ปี จะผสมพันธุ์ได้ 5–6 ครั้ง ขนาดอายุและช่วงการสืบพันธุ์ของปลาแต่ละตัวจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม และสภาพทางสรีรวิทยาของปลาเอง การวิวัฒนาการของรังไข่และถุงน้ำเชื่อของปลานิล พบว่าปลานิลจะมีไข่และน้ำเชื้อเมื่อมีความยาว 6.5 เซนติเมตร

โดยปกติปลานิลที่ยังโตไม่ได้ขนาดผสมพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเพื่อการวางไข่ ปลารวมกันอยู่เป็นฝูง แต่ภายหลังที่ปลามีขนาดที่จะสืบพันธุ์ได้ปลาตัวผู้จะแยกออกจากฝูงแล้วเริ่มสร้างรังโดยเลือกเอาบริเวณเชิงลาดหรือก้นบ่อที่มีระดับน้ำลึกระหว่าง 0.5–1 เมตร วิธีการสร้างรังนั้นปลาจะปักหัวลง โดยที่ตัวของมันอยู่ในระดับที่ตั้งฉากกับพื้นดิน แล้วใช้ปากพร้อมกับการเคลื่อนไหวของลำตัวเพื่อเขี่ยดินตะกอนออกจากนั้นจะอมดินตะกอนงับเศษสิ่งของต่างๆออกไปทิ้งนอกรังทำเช่นนี้จนกว่าจะได้รังที่มีลักษณะค่อนข้างกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20–35 เซนติเมตร ลึกประมาณ 3–6 เซนติเมตร ความกว้างและความลึกของรังไข่ขึ้นอยู่กับขนาดของพ่อปลาหลังจากสร้างรังเรียบร้อยแล้วมันพยายามไล่ปลาตัวอื่นๆ ให้ออกไปนอกรัศมีของรังไข่ประมาณ 2–3 เมตรขณะเดียวกันพ่อปลาที่สร้างรังจะแผ่ครีบหางและอ้าปากกว้าง ในขณะที่ปลาตัวเมียว่ายน้ำอยู่ใกล้ๆรัง และเมื่อเลือกตัวเมียได้ถูกใจแล้วก็แสดงอาการจับคู่ โดยว่ายน้ำเคล้าคู่กันไปโดยใช้หางดีดและกัดกันเบาๆ การเคล้าเคลียดังกล่าวใช้เวลาไม่นานนัก ปลาตัวผู้ก็จะใช้บริเวณหน้าผากตุนที่ใต้ท้องของตัวเมียเพื่อเป็นการกระตุ้นเร่งเร้าให้ตัวเมียวางไข่ ซึ่งตัวเมียจะวางไข่ครั้งละ 10–15 ฟอง ปริมาณไข่รวมกันแต่ละครั้งมีปริมาณ 50–600 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่ปลา เมื่อปลาวางไข่แต่ละครั้งปลาตัวผู้จะว่ายไปเหนือไข่พร้อมกับปล่อยน้ำเชื้อลงไปทำเช่นนี้จนกว่าการผสมพันธุ์แล้วเสร็จโดยใช้เวลา 1–2 ชั่วโมง ปลาตัวเมียเก็บไข่ที่ได้รับการผสมแล้วอมไว้ในปากและว่ายออกจากรังส่วนปลาตัวผู้ก็จะคอยหาโอกาสเค้าเคลียกับปลาตัวเมียอื่นต่อไป

3. การฟักไข่

ไข่ปลาที่อมไว้โดยปลาตัวเมียจะวิวัฒนาการขึ้นตามลำดับ แม่ปลาจะขยับปากให้น้ำไหลเข้าออกในช่องปากอยู่เสมอ เพื่อช่วยให้ไข่ที่อมไว้ได้รับน้ำที่สะอาด ทั้งยังเป็นการป้องกันศัตรูที่จะมากินไข่ ระยะเวลาฟักไข่ที่ใช้แตกต่างกันตามอุณหภูมิของน้ำ สำหรับน้ำที่มีอุณหภูมิ 27 องศา-เซลเซียส ไข่จะมีวิวัฒนาการเป็นลูกปลาวัยอ่อนภายใน 8 วัน ซึ่งในระยะเวลาดังกล่าวถุงอาหารยังไม่ยุบและจะยุบเมื่อลูกปลามีอายุครบ 13–14 วัน นับจากวันที่แม่ปลาวางไข่ ในช่วงระยะเวลาที่ลูกปลาฟักออกมาเป็นตัวใหม่ๆ ลูกปลานิลวัยอ่อนจะเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่ม โดยว่ายวนเวียนอยู่บริเวณหัวของแม่ปลา และเข้าไปหลบซ่อนอยู่ในช่องปากเมื่อมีภัย เมื่อถุงอาหารยุบลงลูกปลานิลจะเริ่มกินอาหารจำพวกพืชและไรน้ำขนาดเล็กได้ และหลังจาก 3 สัปดาห์แล้วลูกปลาก็จะกระจายแตกฝูงไปหากินเลี้ยงตัวเองได้โดยลำพัง

การเพาะพันธุ์ปลานิล

การเพาะพันธุ์ปลานิลให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพต้องได้รับการเอาใจใส่และมีการปฏิบัติด้านต่างๆ เช่น การเตรียมบ่อ การเลี้ยงพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ การตรวจสอบลูกปลาและการอนุบาลลูกปลาและการอนุบาลลูกปลาสำหรับการเพาะพันธุ์ปลานิลอาจทำได้ทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และกระชังไนลอนตาถี่ ดังวิธีการต่อไปนี้

1. การเตรียมบ่อเพาะพันธุ์

1.1 บ่อดิน บ่อเพาะปลานิลควรเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเนื้อที่ตั้งแต่ 50–1,600 ตารางเมตร สามารถเก็บกักน้ำได้สูง 1เมตร บ่อควรมีเชิงลาดตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันดินพังทลาย และมีชานบ่อกว้าง 1–2 เมตร ถ้าเป็นบ่อเก่าก็ควรวิดน้ำและสาดเลนขึ้นตกแต่งภายในบ่อให้ดินแน่น ใส่โล่ติ๊นกำจัดศัตรูของปลาในอัตราส่วนโล่ติ๊นแห้ง 1 กิโลกรัมต่อปริมาตรของน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร โรยปูนขาวให้ทั่วบ่อ 1 กิโลกรัมต่อพื้นที่บ่อ 10 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยคอกแห้ง 300 กิโลกรัมต่อไร่ ตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 2–3 วัน จึงเปิดหรือสูบน้ำเข้าบ่อผ่านผ้ากรองหรือตะแกรงตาถี่ให้มีระดับสูงประมาณ 1 เมตร การใช้บ่อดินเพาะปลานิล จะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอื่น เพราะเป็นบ่อที่มีลักษณะคล้ายคลึงตามธรรมชาติ และการผลิตลูกปลานิลจากบ่อดินจะได้ผลผลิตสูงและต่ำกว่าต้นทุนกว่าวิธีอื่น

1.2 บ่อซีเมนต์ ก็สามารถใช้ผลิตลูกปลานิลได้ รูปร่างของบ่อจะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือทรงกรมก็ได้ มีความลึกประมาณ 1 เมตร พื้นที่ผิวน้ำตั้งแต่ 10 ตารางเมตรขึ้นไป ทำความสะอาดบ่อและเติมน้ำที่กรองด้วยผ้าไนลอน ให้มีระดับความสูงประมาณ 80 เซนติเมตร ถ้าใช้เครื่องเป่าลมช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำจะทำให้การเพาะพันธุ์ปลานิลด้วยวิธีนี้ได้ผลมากขึ้น การเพาะปลานิลในบ่อซีเมนต์ถ้าจะให้ได้ลูกปลามากก็ต้องใช้บ่อขนาดใหญ่ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านการลงทุนสูง

1.3 กระชังไนลอนตาถี่ ขนาดของกระชังที่ใช้ประมาณ 5x8x2 เมตร วางกระชังในบ่อดิน หรือในหนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ให้พื้นกระชังอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำประมาณ 1 เมตร ใช้หลักไม้ 4 หลัก ผูกตรงมุม 4 มุม ยึดปากและพื้นกระชังให้แน่นเพื่อให้กระชังขึงตึงการเพาะพันธุ์ปลานิลด้วยวิธีนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ผลิตลูกปลาในกรณีซึ่งเกษตรกรไม่มีพื้นที่

2. การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์

การคัดเลือกพ่อแม่ปลานิล โดยการสังเกตลักษณะภายนอก ของปลาที่สมบูรณ์ ปราศจากเชื้อโรคและบาดแผล สำหรับพ่อแม่ปลาที่พร้อมจะวางไข่นั้นสังเกตได้จากอวัยวะเพศ ถ้าเป็นปลาตัวเมียจะมีสีชมพูแดงเรื่อ ส่วนปลาตัวผู้ก็สังเกตได้จากสีของปลาตัวผู้และตัวควรมีขนาดไล่เลี่ยกันคือมีความยาวตั้งแต่ 15 – 25 เซนติเมตร น้ำหนักตั้งแต่ 150 – 200 กรัม

3. อัตราส่วนที่ปล่อยพ่อแม่ปลาลงเพาะพันธุ์

ปริมาณพ่อแม่ปลาที่จะนำไปปล่อยในบ่อเพาะ 1 ตัวต่อ 4 ตารางเมตร หรือไร่ละ 400 ตัว ควรปล่อยในอัตราส่วนพ่อปลา 2 ตัวต่อปลา 3 ตัว จากการสังเกตพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ของปลาชนิดนี้ ปลาตัวผู้มีสรรถภาพที่จะผสมพันธุ์กับปลาตัวเมียอื่นๆ ได้อีก ดังนั้นการเพิ่มอัตราส่วนของปลาตัวเมียให้มากขึ้นก็จะทำให้ได้ลูกปลานิลเพิ่มขึ้น ส่วนการเพาะปลานิลในกระชังใช้อัตราส่วนปลา 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้ตัวผู้ 1 ตัวต่อตัวเมีย 3 – 5 ตัว การเพาะปลานิลแต่ละรุ่นจะใช้เวลาประมาณ 2 เดือน จึงเปลี่ยนพ่อแม่ปลารุ่นใหม่ต่อไป

4. การให้อาหารและปุ๋ยในบ่อเพาะพันธุ์

การเลี้ยงปลานิลมีความจำเป็นที่ต้องให้อาหารสมทบหรืออาหารผสม ได้แก่ ปลายข้าว สาหร่าย รำละเอียด ในอัตราส่วน 1:2:3 โดยให้อาหารดังกล่าวแก่พ่อแม่ปลานิลประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้เพื่อให้ปลานิลใช้เป็นพลังงานซึ่งต้องใช้พลังงานมากกว่าในช่วงการผสมพันธุ์ ส่วนปุ๋ยคอกแห้งก็ต้องใส่ในอัตราส่วนประมาณ 100–200 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มปริมาณอาหารธรรมชาติในบ่อ ได้แก่ พืชน้ำขนาดเล็กๆไรน้ำและตัวอ่อน อันจะเป็น

ประโยชน์ต่อลูกปลานิลวัยอ่อนภายหลังที่ถุงอาหารยุบตัวลง และจะต้องดำรงชีวิตอยู่ในบ่อเพาะดังกล่าวประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนย้ายไปเลี้ยงในบ่ออนุบาล ถ้าในบ่อขาดอาหารธรรมชาติดังกล่าว ผลผลิตลูกปลานิลจะได้น้อยเพราะขาดอาหารที่จำเป็นเบื้องต้น หลังจากถุงอาหารได้ยุบลงใหม่ๆ ก่อนที่ลูกปลานิลจะสามารถกินอาหารสมทบอื่นๆ ได้อาหารสมทบที่หาได้ง่ายคือ รำข้าว ซึ่งควรปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้นโดยใช้ปลาป่น กากถั่ว และวิตามินเป็นส่วนผสม นอกจากนี้แหนเป็ดและสาหร่ายบางชนิดก็สามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่พ่อแม่ปลานิลได้เป็นอย่างดีในกรณีที่ใช้กระชังไนลอนตาถี่เพาะพันธุ์ปลานิลก็ควรให้อาหารสมทบแก่พ่อแม่ปลาอย่างเดียว

ปลานิล

ตลาดความต้องการปลานิลในตลาดภายในและต่างประเทศที่ยังสูงอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีการวิจัยเกี่ยวกับปลานิลในด้านต่างๆ มากมาย แต่การเลี้ยงปลานิล ลูกผสมที่มีคุณภาพไม่คงที่ทำให้ลูกปลาโตช้า อีกทั้งไม่ได้ขนาดตามต้องการของตลาด ราคาอาหารสำเร็จรูปที่ทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศจีน ต้นทุนหลักในการเลี่ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ คือต้นทุนค่าอาหาร ในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยที่ปลาที่เลี้ยงโตไว มีคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและติดเชื้อโรค ไม่มีกลิ่นสาบโคลน ก็จะทำให้ได้ผลผลิตสูงมีคุณภาพตามความต้องการและราคาที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

ปลานิลเป็นปลาที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดี ไม่ประสบกับปัญหาเรื่องโรคระบาด ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยปัจจุบันปลานิลสามารถจัดเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแล่เนื้อ โดยตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, 2551)

อาหารปลานิล

การเลี้ยงปลานิลมีความจำเป็นที่ต้องให้อาหารสมทบหรืออาหารผสม ได้แก่ ปลายข้าว สาหร่าย รำละเอียด ในอัตราส่วน 1:2:3 โดยให้อาหารดังกล่าวแก่พ่อแม่ปลานิลประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้เพื่อให้ปลานิลใช้เป็นพลังงานซึ่งต้องใช้พลังงานมากกว่าในช่วงการผสมพันธุ์ ส่วนปุ๋ยคอกแห้งก็ต้องใส่ในอัตราส่วนประมาณ 100–200 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน

ทั้งนี้เพื่อเพิ่มปริมาณอาหารธรรมชาติในบ่อ ได้แก่ พืชน้ำขนาดเล็กๆ ไรน้ำและตัวอ่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อลูกปลานิลวัยอ่อนภายหลังที่ถุงอาหารยุบตัวลง และจะต้องดำรงชีวิตอยู่ในบ่อเพาะดังกล่าวประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนย้ายไปเลี้ยงในบ่ออนุบาล หลังจากถุงอาหารได้ยุบลงใหม่ๆ ก่อนที่ลูกปลานิลจะสามารถกินอาหารสมทบอื่นๆ ได้อาหารสมทบที่หาได้ง่ายคือ รำข้าว ซึ่งควรปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้นโดยใช้ปลาป่น กากถั่ว และวิตามินเป็นส่วนผสม นอกจากนี้แหนเป็ดและสาหร่ายบางชนิดก็สามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่พ่อแม่ปลานิลได้เป็นอย่างดีในกรณีที่ใช้กระชังไนลอนดาถี่เพาะพันธุ์ปลานิลก็ควรให้อาหารสมทบแก่พ่อแม่ปลาอย่างเดียว (กรมประมง, 2551)

มูลสุกรและมลภาวะที่เกิดขึ้น

ข้อมูลจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดระบุว่า ในปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนฟาร์มสุกรทั้งสุกรขุนและสุกรพันธุ์ 33,939 ฟาร์ม จังหวัดที่มีฟาร์มสุกรมากที่สุด คือ จังหวัดนครปฐม มีจำนวนมากกว่า 2,000 ฟาร์ม จังหวัดที่มีจำนวนสุกรมากที่สุด คือ จังหวัดราชบุรี มีจำนวน 1,608,296 ตัว ฟาร์มส่วนมากมักตั้งใกล้แหล่งน้ำและปล่อยมูลและของเสียลงแม่น้ำโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อน

ปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงสุกรมีผลกระทบต่อสุขภาพคน สัตว์เลี้ยง และสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญได้แก่

1. กลิ่นเหม็นและก๊าซพิษ ปฏิกิริยาของแบคทีเรียในการย่อยสะลายสิ่งขับถ่ายของสุกรที่เกิดขึ้นในสภาพใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนไตรท์ ไนเตรท สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบซัลเฟด ส่วนในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซมีเทน แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (Miller, 1980) โดยเฉพาะก๊าซแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพิษต่อคนและสุกรที่เลี้ยง

1.1. ผลกระทบต่อผู้เลี้ยงและผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง ถ้าก๊าซแอมโมเนียมีความเข้มข้นในอากาศ 40 ppm ผู้ที่ได้รับจะเกิดอาการระคายเคืองตา จมูก คอ เมื่อสัมผัสนานเกิน 20 นาที และถ้ามีความเข้มข้นในอากาศ 400 ppm ผู้ที่ได้รับจะแสดงอาการเวียนศีรษะ มีอาการทางประสาท เป็นปอดบวมได้ง่ายเมื่อสัมผัสภายใน1ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิในอากาศสูงขึ้น กลิ่นจะยิ่งเพิ่มขึ้น ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หากมีความเข้มข้นในอากาศ 500 ppm ผู้ที่ได้รับจะแสดงอาการคลื่นเหียน ขี้ดกใจ และสลบเมื่อสัมผัสภายใน 30 นาที และที่ความเข้มข้นในอากาศมากกว่า 600 ppm เมื่อสัมผัสจะตายอย่างรวดเร็ว

1.2. ผลกระทบต่อสุกรที่เลี้ยงในฟาร์ม เมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนียที่ความเข้มข้นในอากาศ 50 ppm อาจทำให้ผลผลิตสุกรลดลง ติดโรคปอดบวมได้ง่ายเมื่อได้รับต่อเนื่องเป็นเวลานาน และถ้าความเข้มข้นในอากาศมากกว่า 300 ppm จะแสดงอาการระคายเคืองจมูก ปาก หายใจไม่สม่ำเสมอ หอบ สั่น ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นในอากาศ 20 ppm เมื่อได้รับจะมีอาการกลัวแสง เบื่ออาหาร ดกใจง่าย และถ้าความเข้มข้นในอากาศ 200 ppm จะแสดงอาการน้ำท่วมปอด หายใจลำบาก สลบ และตาย (พันทิพา, 2539)

2. เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หนอน แมลงวัน และยุง มูลสุกรที่สะสมอยู่ในฟาร์มนอกจากมีกลิ่นแล้วยังเป็นแหล่งแพร่เชื้อมาสู่คน เช่น โรคท้องร่วง (สุภัทร, 2531) โดยมีแมลงวันที่เกิดขึ้นในฟาร์มเป็นพาหะนำโรคมาสู่คน อีกทั้งแมลงวันจะสร้างความรำคาญให้แก่สุกรที่เลี้ยง ในกรณีที่สุกรมีบาดแผล แมลงวันจะเข้าไปกินเนื้อเยื่อบาดแผลทำให้แผลหายช้า (อุดมและบุญเสริม, 2526)

3. ทำลายสิ่งแวดล้อมในฟาร์มและบริเวณใกล้เคียง ของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะมูลเหลว ปัสสาวะ รวมทั้งน้ำล้างคอก ถ้ามีวิธีการจัดการไม่เหมาะสมจะไหลลงสู่ คู คลอง หนอง และบึงที่อยู่ใกล้ฟาร์ม เกิดการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของสุกร ทำให้ไม่สามารถนำมาอุปโภคบริโภคได้ แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามธรรมชาติถูกทำลาย เนื่องจากน้ำเน่าเสีย ทำให้จำนวนสัตว์น้ำลดลง ความรุนแรงของปัญหานี้จะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน

ดังจะกล่าวได้ว่าส่วนประกอบทางเคมีและปริมาณมูลสุกรที่ขับถ่ายออกมาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว พันธุ์ อาหาร ปริมาณน้ำที่กิน ความสามารถในการย่อยใช้อาหาร สิ่งแวดล้อม และการจัดการเกี่ยวกับของเสีย (ตารางที่1) สิ่งขับถ่ายของสุกรจะมีมูลเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ และปัสสาวะ 54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักสด แต่หากคิดเป็นน้ำหนักแห้งจะมีมูล 77 เปอร์เซ็นต์ และปัสสาวะ 23 เปอร์เซ็นต์ มูลจะมีความเป็นกรดด่างประมาณ 7.2-8.2 ส่วนประกอบทางเคมีของมูลจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วภายหลังขับถ่ายออกมาแล้ว (Mullre, 1980)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) ของสิ่งขับถ่ายของสุกร

ชนิดของสิ่งขับถ่าย	ความชื้น	อินทรีย์วัตถุ	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
มูล	82.0	16.0	0.6	0.5	0.4
ปัสสาวะ	94.0	2.5	0.4	0.05	1.0

ดัดแปลงจาก: กรมวิชาการเกษตร (2540)

หลักการทำงานของกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion)

ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Hydrolysis ขั้นตอนนี้อินทรีย์สารที่อยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ แบคทีเรียไม่สามารถจะย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กเสียก่อน โดยมีเอนไซม์ที่ปล่อยมาจากแบคทีเรียช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล อาจจะมีโมเลกุลของอินทรีย์สารบางชนิดถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำให้เกิดการแตกตัวก่อน

ขั้นตอนที่ 2 Acidogenesis ขั้นตอนนี้แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวจากโมเลกุลใหญ่ที่มาจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ซึ่งได้แก่ Acetic Acid, H2O และ CO2 เป็นต้น แบคทีเรียที่ใช้นี้เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน หรืออาจเรียกว่าเป็นพวก Acid Former Bacteria

ขั้นตอนที่ 3 Methanogenesis ในขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Methanogens หรือ Methane Forming Bacteria จะทำการเปลี่ยน Acetic Acid และก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียพวกนี้เป็นชนิดที่ต้องอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจริง ๆ (Obligate Anaerobic Bacteria) ในปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Acetic Acid เนื่องจากปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$CH3COOH \longrightarrow CH4 + CO2$$

$$CO2 + 4H2 \longrightarrow CH4 + 2H2O \quad . .$$

จากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศข้างต้น ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น คือ ก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน(CH4) 50-70 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) 30-50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH3), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) และ ไอน้ำ (H2O) เป็นต้น

น้ำมูลหมักและกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

ส่วนของมูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศแล้ว จะถูกหมักย่อยในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะถูกดึงออกมาด้านท้ายของบ่อหมัก ซึ่งน้ำมูลหมักนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ทันทีหากมีแปลงปลูกพืชอยู่ในบริเวณเดียวกัน

น้ำมูลหมัก

น้ำมูลหมักนี้จะเป็นของเหลวข้นที่เกือบไม่มีกลิ่น ธาตุคาร์บอนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์จะลดลง ทำให้อัตราส่วนของ C:N แคบลงกว่าที่มีอยู่เดิมในมูลสัตว์ ส่วนธาตุไนโตรเจน พบว่ามีการเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบแอมโมเนียซึ่ง พืชสามารถนำไปใช้ได้ดีกว่าอยู่ในรูปไนเตรท ละลายน้ำได้ง่าย เมื่อวิเคราะห์ส่วนของน้ำมูลหมักพบว่ามีส่วนประกอบ ดังนี้ส่วนประกอบทางเคมีที่ได้มีค่าดังตารางที่ 2 และยังมีสารอินทรีย์ส่วนที่สลายตัวต่อไปได้ในดินและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารอื่นๆ ให้พืชในระยะยาวได้ด้วย

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมูลหมักที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศแล้ว

องค์ประกอบ	สัดส่วน(เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	86.2
วัตถุแห้ง	13.8
ไนโตรเจน	0.373
ฟอสฟอรัส	0.347
โพแทสเซียม	0.208

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2551)

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ เนื่องจาก พบว่ายังมีส่วนประกอบของไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่อีกแนวทางหนึ่งซึ่งเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน คือ การนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลาในปัจจุบันมีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเนื่องจากความนิยมในการบริโภคปลาสูง จากการศึกษาพบว่าประชากรในเขตภาคเหนือมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำจืดต่อคนต่อปีสูงถึง 32 กิโลกรัม (Piumsombun, 2001) จากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความต้องการสัตว์น้ำประเภทปลาน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่สูงถึง 40,000 กิโลกรัมต่อวัน (เทพรัตน์ และคณะ, 2545) ปลาที่นิยมเลี้ยงและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก คือปลานิลเนื่องจากเป็นปลาที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี โดยในปี พ.ศ. 2547 พบว่า ประเทศไทยมีผลผลิตปลานิลทั้งหมด 160,241 ตัน มาจากผลผลิตจากการเลี้ยงในบ่อดินมากที่สุดเท่ากับ 131,181 ตัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดี ไม่ประสบกับปัญหาเรื่องโรคระบาด ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย

โดยปัจจุบันปลานิลสามารถจัดเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแล่เนื้อ โดยตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, 2547) แต่ในการเลี้ยงปลาจะมีต้นทุนค่าอาหารสูง ต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เวียง (2542) การเลี้ยงปลาสลิดต้องใช้ต้นทุนค่าอาหาร 64 เปอร์เซ็นต์ ปลาช่อน 77 เปอร์เซ็นต์และกุ้งกุลาดำ 85 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากลดต้นทุนค่าอาหารลงจะทำให้ได้กำไรจากการเลี้ยงปลามากขึ้น ซึ่งจะช่วยเสริมรายได้ร่วมกับปลาแก่ผู้เลี้ยงสุกรได้เป็นอย่างมาก

รวมทั้งสามารถนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปขายหรือเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารปลาที่มีต้นทุนต่ำลงเนื่องจากของกากเหลือจากการหมักสุกรมีค่า ไนโตรเจน 2.6 เปอร์เซ็นต์ (ค่าโปรตีนประมาณ 16.25 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่ามากพอที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารปลาได้ อุทัย (2530) รายงานว่า การนำมูลสุกรระยะรุ่น-ขุน ตากแห้ง ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดละเอียดผสมกับอาหารเลี้ยงสุกรขุน 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรลดลงและการหมักมูลสุกรกับวัตถุอาหารชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ในสภาวะไร้อากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน จะช่วยกำจัดเชื้อโรคและกลิ่นมูลสุกรลงได้ และสามารถใช้แทนอาหารเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์ได้ถึง 2 ใน 3 ส่วน โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์ของแม่สุกรเสียไป (อุทัย, 2530; อภิพรรณและคณะ, 2541)

ส่วนของน้ำมูลหมักเมื่อนำมาผ่านลานแยกตะกอน จะได้ส่วนของกากตะกอนที่ตากแห้งหรือที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 3 และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชไร่ และ พืชผัก แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่มีอยู่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสม จึงควรนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุกรเพื่อใช้ในฟาร์มได้

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

ธาตุที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้ (%)
ไนโตรเจน	2.6
P_2O_5	0.49
K_2O	0.25
Fe	0.18
Zn	0.21
Cu	0.15
Mn	0.06

ดัดแปลงจาก: กรมวิชาการเกษตร (2540)

การเติมปุ๋ยในบ่อเลี้ยงปลานิล

การเติมและไม่เติมปุ๋ยในบ่อทำให้มีผลต่อปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอน จากรายงานของ Lanford (1948) พบว่าในบ่อที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืช 32,700 เซลล์ต่อลิตร ส่วนในบ่อที่ได้รับปุ๋ย จะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืช 80,400 เซลล์ต่อลิตร

ผลการศึกษาในประเทศอิสราเอล พบว่า ในบ่อที่ไม่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ตั้งแต่ 8.8-115.5 ไมโครกรัมต่อลิตร ขณะที่บ่อที่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ตั้งแต่ 103.4 – 212.3 ไมโครกรัมต่อลิตร Boyd (1982) รายงานว่า ธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมต่อผลผลิตเบื้องต้นคือ ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน โดย ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวันและฟอสฟอรัส 0.128 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน

จากการวิเคราะห์โดยกรมวิชาการเกษตร (2540) พบว่า กากเหลือจากการหมักมูลสุกร พบว่ามีค่าไนโตรเจน 2.6 และฟอสฟอรัส 0.49 เปอร์เซ็นต์ ปลานิลกินอาหารธรรมชาติได้เกือบทุกชนิดเช่นแพลงก์ตอนใบไม้ที่อ่อนนุ่ม สัตว์หน้าดิน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ลูกปลาวัยอ่อน และซากพืชซากสัตว์ โดยทั่วไปปลานิลเป็นปลากินพืชแต่อาจจะแตกต่างแล้วแต่ชนิดของปลาในกลุ่มปลานิล (Bowen, 1982) ปลาระยะวัยรุ่นจะกินแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหารและจะกินทั้งพืชสัตว์เมื่อโตเต็มวัย การกินอาหารใช้วิธีการกรองโดยซี่กรองอาหารที่บางและยาว (Wohlfarth และ Hulata, 1983) ความต้องการอาหารประเภทโปรตีน Hakim และคณะ (2006) พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูง (48 เปอร์เซ็นต์) จะมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่า (30 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ ปลานิล (*Oreochomis* sp.) สามารถย่อยโปรตีนจากแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายได้ 30-60 เปอร์เซ็นต์ โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะมีประสิทธิภาพดีกว่าสาหร่ายสีเขียว จากรายงานของนิวุฒิ (2008) รายงานว่าผลผลิตของปลานิลแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยมูลไก่ เป็น 750 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อสัปดาห์ แต่ปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่มากจนเกินไป (937.5 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อสัปดาห์) จะมีผลต่อการสะสมของกลื่นสาบโคลนในปลานิลแดง

คลอโรฟิลล์-เอ

สาหร่ายทุกชนิดประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ เอ จึงสามารถหาความสัมพันธ์ ของปริมาณสาหร่ายในเชิงของ standing crop สาหร่ายบางชนิดก็มีคลอโรฟิลล์ บี และซี ซึ่งเป็นองค์ประกอบเสริม (นันทา, 2544) การวัดความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแหล่งน้ำทำได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และมวลชีวภาพที่สำคัญปัจจัยหนึ่งคือ ปริมาณสารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของแพลงก์ตอนเป็นดัชนีบ่งบอกถึงผลผลิตเบื้องต้น (Primary

productivity) ของแหล่งน้ำ ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและปัจจัยอื่นๆ และความแปรปรวนส่วนใหญ่เนื่องมาจากสาหร่ายแต่ละกลุ่มจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะแปรผันตามความหนาแน่นของสาหร่าย องค์ประกอบของสาหร่ายและมวลชีวภาพของสาหร่าย (สุฤทธิ์, 2547)

ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลวและของแข็งส่วนใหญ่จะเป็นมูลสัตว์เลี้ยง เช่น มูลวัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วยอุจจาระและปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนของซากพืชและสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยของสัตว์ ปัสสาวะก็จะเป็นส่วนประกอบของเกลือและสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยคอกจะมีปริมาณน้อยและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ (มุกดา, 2543)

ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ มีทั้งธาตุหลักธาตุรองและจุลธาตุพืชได้รับประโยชย์จากปุ๋ยคอกดังนี้ ให้ธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์เป็นการให้ธาตุอาหารที่มีลักษณะต่อเนื่องและช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลที่สัมพันธ์กันไปทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถแยกออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ครั้งแรกๆ จะได้ผลในด้านธาตุอาหารมากกว่าปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน แต่ผลทางฟิสิกส์ของดินจะเพิ่มพูนขึ้นจากการใส่ปุ๋ยคอกหลายๆครั้ง (ยงยุทธ, 2528)

วิธีการใส่ปุ๋ย ถ้าเป็นปุ๋ยคอกควรตากบ่อให้แห้ง เพราะถ้าเป็นปุ๋ยสดแล้วจะทำให้น้ำในบ่อมีก๊าซจำพวกแอมโมเนียละลายอยู่ในน้ำมาก ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ชาติชาย, 2543)

ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) อาจเกิดจากขุ่นตะกอนหรือพวกแพลงก์ตอน สาหร่าย ข้อเสียอาจจะไปรบกวนการหายใจของสัตว์น้ำและบดบังแสงที่จะส่องลงในน้ำมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย และพืชพรรณไม้น้ำอื่นๆ ข้อดีถ้าหากเป็นความขุ่นที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช ก็จะเป็นตัวเพิ่มปริมาณ ออกซิเจนในน้ำ และลดปริมาณแอมโมเนียลง (Hargreaves, 1999)

การเลี้ยงกุ้งฝอยในน้ำที่มีความขุ่นมากกว่า จะมีน้ำหนักสุทธิ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและขนาดความยาวเฉลี่ยของกุ้งฝอยมากกว่ากุ้งฝอยที่เลี้ยงในน้ำที่มีความขุ่นน้อยกว่าและกุ้งฝอยที่เลี้ยงในน้ำขุ่นจะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากุ้งฝอยที่เลี้ยงในน้ำใส เนื่องจากมีการกินอาหารและการเจริญเติบโดดีกว่า (กรมประมง, 2540)

น้ำเขียว (Green water) นอกจากจะใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตในปลานิลแล้ว โดยสามารถเพิ่มผลผลิตปลานิลมากกว่าบ่อที่ไม่มีน้ำเขียวถึง 22.4 เท่า (Martin, 1996)

Pantastico และคณะ (1988) รายงานว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำที่หนาแน่นจนเกินไป การขาดอาหารและขาดการคัดขนาดจะเป็นปัจจัยทำให้อัตรารอดลดลงเนื่องจากการกินกันเอง (cannibalism) โดยสัตว์น้ำตัวโตจะกัดกินตัวที่เล็กกว่า จากการทดลองของ บัญชา (2549) พบว่าลูกปลานิลที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่มีน้ำเขียวมีอัตรารอดตายแตกต่างจากบ่อที่ไม่มีน้ำเขียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ซึ่ง บัญชา (2549) อธิบายว่าในบ่อที่มีน้ำเขียวสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนลดปริมาณแอมโมเนียและพฤติกรรมการก้าวร้าวและกินกันเอง ทำให้มีอัตรารอดสูงกว่า

จากการทดลองของ วิเชียร (2523) รายงานว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำหนักเพิ่มต่อหน่วยต่อวันของกุ้งฝอยที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่นของอัตราปล่อย 10 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าสูงและแตกต่างกว่าที่ความหนาแน่นของอัตราปล่อยที่ 30 และ 50 กรัม ต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อศึกษาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเพิ่มสุทธิของกุ้งฝอยที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อย 50 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าและแตกต่างกับที่ระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อย 10 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ที่อัตราความหนาแน่นของกุ้งฝอยที่มากขึ้นจะมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง

การวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงที่มีสีเขียว คลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชมีหลายชนิด แต่ที่รู้จักกันทั่วไปคือ คลอโรฟิลล์เอ นอกจากนี้ยังคลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ซี และคลอโรฟิลล์ดี คลอโรฟิลล์เอ และบีมีสูตรทางเคมีดังนี้ $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ และ $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ตามลำดับ คลอโรฟิลล์ละลายได้ดีในไขมันแต่ไม่ละลายน้ำ

คลอโรฟิลล์เอเป็นรงควัตถุสังคราะห์แสงที่พบมากในแพลงก์ตอนพืชที่ยังมีชีวิตทุกชนิด แต่พบในแพลงก์ตอนพืชที่ตาย แพลงก์ตอนสัตว์ และสสารที่ไม่มีชีวิตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงนิยมใช้คลอโรฟิลล์เอชี้ถึงมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ ซึ่งคลอโรฟิลล์เอมีสัดส่วนประมาณ 0.5-2 % ของน้ำหนักแห้งของแพลงก์ตอนพืชฟีโอไฟตินเอ (phaeophytin a) เป็นคลอโรฟิลล์เอที่สลายตัวไปแล้ว

ในการวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์เอนั้นฟีโอไฟตินเอสามารถรบกวนการวัดค่าคลอโรฟิลล์เอได้ เพราะสามารถดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับคลอโรฟิลล์เอ เมื่อวัดคลอโรฟิลล์เอควรจะวิเคราะห์หาฟีโอไฟตินเอด้วย สัดส่วนของคลอโรฟิลล์เอกับฟีโอไฟตินเอจะเป็นดัชนีที่บอกสภาพของคลอโรฟิลล์เอได้เป็นอย่างดี

การวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์มี 3 วิธี คือ Spectrophotometric method, Fluorimetric method และ HPLC method วิธี Fluorimetric นั้นค่อนข้างจะไว (sensitive) และใช้ตัวอย่างน้ำน้อยกว่าวิธี Spectrophotometric การวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์ด้วยวิธี Spectrophotometric (Strickland and Parsons, 1972)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
2. Clinical centrifuge
3. Tissue grinder มีส่วนประกอบด้วยคือ grinding tube และตัวอัดบด (pestle) ซึ่ง grinding tube จะต้องมีก้นกลม จึงจะสะดวกต่อการใช้งาน
4. Centrifuge tube เป็น test tube ที่มีเกลียวสำหรับปิดฝา (screw-cap tube) มีความจุ 15 มิลลิลิตร
5. ชุดกรอง ซึ่งประกอบด้วย vacuum pump และแผ่นกรองชนิดที่เป็น membrane หรือ glass fiber เช่น แผ่นกรอง GF/F แผ่นกรอง GF/C หรือ แผ่นกรองชนิด cellulose acetate

น้ำยาเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต : ชั่งแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ประมาณ 1 กรัม ลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายอะซีโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมอะซีโตน (analytical grade) 9 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 1 ส่วน (V/V) ในขวดวัดปริมาตร แล้วเก็บไว้ไม่ให้ถูกแสง
3. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เจือจางกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. กรองตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตรผ่านแผ่นกรอง Membrane หรือ glass fiber ที่มี pore size ประมาณ 0.5 m (ตัวอย่างเช่น แผ่น GF/F หรือแผ่น cellulose acetate) ขณะกรองตัวอย่างน้ำหยดสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต 2-3 หยด จากนั้นนำแผ่นกรองที่ได้ไปสกัดคลอโรฟิลล์ หากไม่สามารถทำได้ให้พับแผ่นกรองแล้วห่อด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปแช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน 2-3 สัปดาห์

2. นำแผ่นกรองในข้อ 1 มาบดด้วยเครื่องบดเนื้อเยื่อ (tissue grinder) ก่อนบดให้เติมสารละลายอะซีโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ลงไปพอประมาณ (เพื่อให้คลอโรฟิลล์ละลายออกมามากที่สุดควรทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที) แล้วบดจนแผ่นกรองละเอียด หลังจากนั้นเทสารละลายที่ได้ลงในหลอดฝาเกลียว แล้วปรับให้ได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ถึง 10 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายอะซีโตน 90 เปอร์เซ็นต์ เก็บในที่มืดอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน (ใช้ผ้าดำคลุมหลอดตัวอย่าง เก็บไว้ในตู้เย็น)

3. นำสารละลายที่อยู่ในหลอดเกลียวมา centrifuge ด้วยความเร็ว 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที เอาสารละลายส่วนใสออกมาหาปริมาตรที่แน่นอน

4. จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง โดยค่อย ๆ เทสารละลายลงใน cuvette อย่างช้าๆ ระวังอย่าให้เกิดตะกอนขุ่น แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750, 663, 645 และ 630 นาโนเมตร โดยใช้ cuvette ขนาด 1 เซนติเมตร สำหรับแบลงค์ และ reference cell ใช้สารละลายอะซีโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นั้นใช้ปรับค่าเนื่องจากการรบกวนของความขุ่น เพราะค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นั้นจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นอันเกิดจากการนำอะซีโตน ผสมน้ำในอัตราส่วน 9 : 1

5. เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงเสร็จแล้ว เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 2 หยด ทำให้ผสมกัน ทิ้งไว้ 4-5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร อีกครั้ง

6. นำไปคำนวณค่าคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ ซีและฟีโอไฟตินได้ดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ } (\mu g/L.) = \frac{[11.64\,(abs663) - 2.16(abs645) + 0.10\,(abs630)] \times vol \times 106}{VOL}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ บี } (\mu g/L.) = \frac{[20.97\,(abs645) - 3.94\,(abs663) - 3.66\,(abs630)] \times vol \times 106}{VOL}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ ซี } (\mu g/L.) = \frac{[54.22\,(abs630) - 14.81\,(abs645) - 5.53\,(abs663)] \times vol \times 106}{VOL}$$

$$\text{ฟีโอไฟติน } (\mu g/L.) = \frac{26.7\,[1.7\,(abs6650) - abs665a] \times vol}{VOL}$$

เมื่อ vol = ปริมาตรสารละลายอะซีโตนที่ใช้สกัด(มิลลิลิตร) และ VOL= ปริมาตรน้ำที่กรอง (ลิตร) abs630, abs645 และ abs663 = ค่า abs ที่ปรับแก้ด้วยค่า abs750 แล้ว และ abs6630 และ abs663a = ค่า abs ก่อนและหลังจากเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ปรับแก้ด้วยค่า abs750 แล้ว วิธีการใช้เครื่องวัดการดูกลืนแสงยี่ห้อ Shimadzu UV-160A เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงในการ

วิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์

1. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 15-30 นาที เลือก Mode photometric ตั้งค่า parameter โดยเลือก processing แล้วตั้งค่าที่ต้องการวัดทั้ง 5 ค่า
2. Return กลับไปที่ mode ใหม่ แล้วเลือก mode spectrum ตั้งค่า parameter โดยเลือกช่วงความยาวคลื่นให้ครอบคลุมที่จะวัด (ใส่แบลงค์ทั้ง 2 ด้าน)
3. return กลับไปที่ mode ใหม่ แล้วเลือก mode condition test แล้วเลือกข้อ 1 base line หลังจากเครื่องทำ baseline ผ่านแล้วให้ย้อนกลับไปที่ mode photometric อีกครั้ง
4. ให้กด Start (ใน mode photometric) เพื่อทดสอบดูว่าค่าเป็นศูนย์หรือไม่แล้วจึงค่อยใส่ตัวอย่างลงในช่อง sample แล้วกด start เพื่อทำการวัดตัวอย่างต่อไป

แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอน (Plankton) คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่างๆ ซึ่งล่องลอยเป็นอิสระอยู่ในน้ำบางชนิดต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย สาหร่ายเกือบทุกคลาส ซึ่งรวมไปถึงพวกแบคทีเรียและราบางชนิดด้วย สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์นั้นจะประกอบไปด้วยสัตว์เซลล์เดียวและสัตว์หลายเซลล์รวมทั้งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กๆ และรวมไปถึงตัวอ่อนระยะว่ายน้ำของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังด้วย (บัญญัติ, 2533)

ประเทือง (2531) กล่าวว่า แพลงก์ตอน มาจากภาษากรีก แพลงก์ตอนแปลว่า "wandering" ได้แก่พวกพืชและสัตว์ขนาดเล็กซึ่งมีทั้งแพลงก์ตอนสัตว์และแพลงตอนพืช จะมีขนาดตั้งแต่เล็กมาก เช่น แบคทีเรีย ถึงขนาดที่มองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เช่น Algae และ Crustaceans และแพลงก์ตอนขนาดเล็กลอดผ่านถุงลากแพลงก์ตอน เบอร์ 25 ซึ่งมีขนาด 30-40 ไมครอน เรียกว่า nanoplankton และที่ไม่ลอดผ่านถุงแพลงก์ตอน เรียกว่า netplankton ซึ่งnanoplankton จะเก็บได้โดยการ centrifuging water samples

แพลงก์ตอนพืช

ลัดดา (2542) กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) หมายถึง สาหร่ายขนาดเล็กสามารถสังเคราะห์แสงได้ ล่องลอยในกระแสน้ำอย่างอิสระ มีบางชนิดที่เคลื่อนที่ได้เล็กน้อยด้วยหนวด (fragellum) เป็นผู้ผลิตลำดับแรกในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นถึงขนาดเซลล์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและเป็นกลุ่มที่มีมวลชีวภาพที่มากที่สุดในจำนวนแพลงก์ตอนทั้งหมดจะเป็นพวกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนสารอาหารพวกอนินทรีย์ให้เป็น

อินทรีย์ ที่สลับซับซ้อน ซึ่งเป็นอาหารของผู้บริโภคลำดับต่างๆ ได้แก่พวกแพลงก์ตอนสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตลำดับแรก (primary producer) ในห่วงโซ่อาหาร (นันทนา, 2539) แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ล่องลอยอยู่ในน้ำสุดแต่คลื่นลมและกระแสน้ำจะพัดพาไป แพลงก์ดอนพืชมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือพลังงานจากแหล่งอื่นเพื่อผลิตอาหารในรูปของ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ฯลฯ ดังนั้น ชนิด ปริมาณ ความหลายหลากของรูปร่างลักษณะการแพร่กระจาย ฯลฯ ของแพลงก์ตอนจึงมีความสัมพันธ์อย่างชิดใกล้กับระบบนิเวศน์ ดังนั้นการจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำ การจัดการสิ่งแวดล้อมในน้ำและการจัดการทรัพยากรประมงจำเป็นต้องใช้ความรู้เรื่องแพลงก์ตอนพืชเป็นความรู้พื้นฐาน เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ เป็นต้น

แพลงก์ตอนสัตว์

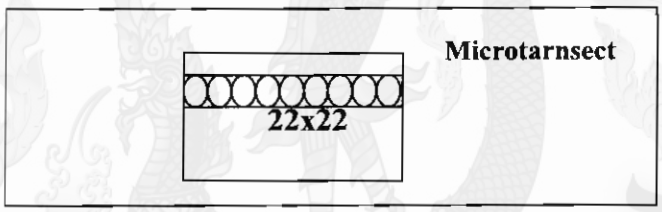
บัญญัติ (2533) แพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) คือสัตว์ขนาดเล็กที่ใช้ชีวิตแบบล่องลอยไปตามกระแสน้ำแพลงก์ตอนสัตว์มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีมากกว่าเป็นอาหาร นอกจากนี้อาจกินเศษซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร

ลัดดา (2542) กล่าวว่าแพลงก์ดอนสัตว์ในน้ำจืดมักประกอบด้วยกลุ่มของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่สำคัญเพียง 3 กลุ่ม คือ Rotfer,Cladocera ในอันดับ Cladocera, Class Crustacea Phylum Arthropoda และCopepod ในอันดับ CopepodของClass Crustacea Phylum Arthropoda (Davis,1955) แพลงก์ตอนทั้ง 3 กลุ่มนี้ มีความสำคัญมากในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำจืด ส่วน Moss (1980) รายงานว่า Protozoa, Rotifer และ Crustaceans เป็นกลุ่มหลักของแพลงก์ตอนสัตว์ในน้ำจืดและประเทือง (2534) พบว่าแพลงก์ดอนสัตว์ได้แก่ Protozoa, Rotifer และ Crustaceans พวกนี้เจริญเติบโตโดยอาศัยสารอินทรีย์แบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืช

ลัดดา (2542) รายงานว่านอกจากแพลงก์ดอนสัตว์ทั้ง 3 กลุ่ม (Rotifer, Cladoceran และ Copepod) ที่มีความสำคัญในแหล่งน้ำจืดแล้ว พวก Protozoa ใน Phylum Protozoa ก็อาจมีความสำคัญในแหล่งน้ำจืด เช่น ในฤดูร้อน Protozoa ชนิดที่มีขน (Cilia) เช่น สกุล *Paramecium, Holophyra, Urotricha, Tinnopsis* เป็นต้น จะมีความสำคัญในแหล่งน้ำจืดนั้นๆ ด้วย

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปหาชนิดและประมาณของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 22 ไมครอน แล้วนำตัวอย่างน้ำไปตรวจหาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนทุกๆ 7 วัน โดยใช้วิธี Drop Microtarnsect วิธีนี้ใช้สำหรับสาหร่ายที่มีปริมาณค่อนข้างมาก ไม่เหมาะสำหรับสาหร่ายที่มีปริมาณน้อย นอกจากนี้วิธีนี้ยังมีข้อดี ที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ ถ้าทำอย่างระมัดระวัง จะได้ที่ละเอียดและถูกต้อง สำหรับข้อเสียวิธีนี้จะพบปัญหาเรื่องความแปรปรวนในการสุ่มนับตัวอย่างสาหร่าย จึงทำให้มีความแตกต่างของชนิดและปริมาณสาหร่ายที่นับ แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มจำนวนครั้งในการนับมากขึ้น Microtarnsect/Strip คือ พื้นที่ซึ่งดูผ่านกล้องจุลทรรศน์โดยการเลื่อนจากกระจกปิดสไลด์ (cover glass) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง



พื้นที่ Microtarnsect/Strip (mm^2) = ความกว้างของกระจกปิดสไลด์ (mm) x ความกว้างของ Microtarnsect (mm)*

*ใช้ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ในการวัดความกว้าง

วิธีการนับแบบ Drop Microtarnsect

1. ดูดสาหร่ายที่ต้องการนับ หยดลงแผ่นสไลด์ที่ต้องการ 1 หยด (0.02 หรือ 0.05 ml) ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ขนาด 22x22 mm อย่างระมัดระวังไม่ให้น้ำเอ่อมาบริเวณขอบของกระจกปิดสไลด์
2. นำสไลด์วางบนแท่นของกล้อง ตรวจดูสาหร่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงนับจำนวนเซลล์สาหร่ายที่เห็นตลอด 1 Microtarnsect (การนับจำนวนสาหร่ายค่อนข้างรวดเร็วเพื่อไม่ให้น้ำระเหยแล้วเกิดฟองอากาศภายใต้กระจกปิดสไลด์ หรืออาจแก้ไขปัญหาได้โดยใช้น้ำยาล้างเล็บแบบใสทาขอบของกระสไลด์) บันทึกจำนวนและทำเช่นเดียวกันซ้ำอีก 2 Microtarnsect
3. ทำซ้ำอีก 1 สไลด์ โดยวิธีเดียวกันถ้าขอมูลแตกต่างจากสไลด์แรกให้ทำซ้ำเป็นสไลด์ที่ 3

4. คำนวณสาหร่ายจากสูตร

Total number/drop (B) = $\frac{\text{พ.ท. กระจกปิดสไลด์ x (ค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์ใน 1 Microtarnsect;A)}}{\text{พ.ท. ใน 1 Microtarnsect}}$

Total number/ml = B x 20 x ความเข้มข้น (เมื่อ 1 หยด เท่ากับ 0.05 ml)

หรือ = B x 50 x ความเข้มข้น (เมื่อ 1 หยด เท่ากับ 0.02 ml)

ประโยชน์ของแพลงก์ตอน

1. เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นของห่วงโซ่อาหาร (food chain) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ห่วงโซ่อาหารนี้อาจยาวหรือสั้นนั้นขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำ เช่น ในมหาสมุทร (oceanic water) จะมีห่วงโซ่อาหารยาวถึง 7 ห่วงโซ่อาหาร แถบชายฝั่งทะเลห่วงโซ่อาหารสั้นลงเหลือเพียง 4 ห่วงโซ่อาหาร ส่วนชายฝั่งที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์มาก หรือบริเวณน้ำพุ (upwelling) ได้แก่ ชายฝั่งทะเลเปรู (ลัดดา, 2542)

2. ชนิดและปริมาณ ของแพลงก์ตอนใช้ตรวจสอบมลภาวะของแหล่งน้ำได้ จะใช้ได้ดีกับภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ (orginic pollution) แพลงก์ตอนพืชหลายชนิดที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัด เช่น *Euglena viridis, Nizschai palea, Oscilltoria limosa, Scenedesmus quadricauda, Oscillatoria tenuis* ทั้งหมดนี้เป็นห้าชนิดแรกที่ใช้ในการตรวจสอบมลภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ในน้ำ นอกจากนั้นยังใช้ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity index) ซึ่งคำนวณโดยใช้ข้อมูลจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนและปริมาณของแพลงก์ตอนแต่ละชนิด ประเมินสภาวะมลพิษในแหล่งน้ำที่ต้องการศึกษา

3. ชนิดของแพลงก์ตอนใช้เป็นตัวชี้ความอุดมสมบูรณ์ของน้ำธรรมชาติในทะเลที่มี ธาตุอาหารสมบูรณ์ เช่น บริเวณใกล้ฝั่งที่มีน้ำพุ (Upwelling) ของประเทศเปรู มักจะพบไดอะตอมสกุล *Thalassiosira , Chaetoceros* เป็นต้น แต่ถ้าบริเวณห่างจากฝั่งของประเทศเปรู ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแร่ธาตุอาหารต่ำและมีสัตว์น้ำน้อย จะพบไดอะตอม*สกุล Rhizosolenia , Planktoniella* เป็นต้น

4. เป็นตัวชี้กระแสน้ำในมหาสมุทร ในกรณีนี้นิยมใช้แพลงก์ตอนพืชที่มีขนาดใหญ่หรือแพลงก์ตอนสัตว์ที่จำแนกชนิด หรือกลุ่มได้ง่าย เช่น หนอนธนูบางชนิด ได้แก่ *Sagitta elegans* เป็นตัวชี้กระแสน้ำนอกชายฝั่ง และในชายฝั่ง (ลัดดา, 2542)

คุณภาพน้ำ

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ลำดับที่	ค่าพารามิเตอร์	ค่าระดับที่เหมาะสม	เอกสาร/อ้างอิง
1	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	25.0-32.0	กรมประมง (2540)
2	ค่าความโปร่งแสงของน้ำ (เซนติเมตร)	30-60	กรมประมง (2540)
4	ปริมาณไนเตรท (NO_3) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 0.5	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
5	ปริมาณไนไตรท (NO_2) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 5.0	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
6	ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 0.5	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
7	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่ต่ำกว่า 6.0	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
8	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.0-8.5	กรมประมง (2540)
9	ปริมาณความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	100-150	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
10	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	100-150	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
11	ค่าความสกปรกในรูปอินทรีย์สาร (BOD) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 1.5	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2537)
12	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (CO_2) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 30	ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด (2549)

อุปกรณ์และวิธีการ

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2556

สถานที่ทำการทดลอง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

การทดลองย่อยที่ 1: การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส

1.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment) จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 48 ชั่วโมง แบ่งการทดลองออกเป็น 15 ชุดการทดลอง โดยติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส และใช้ปลานิลขนาด 6.5, 12.5, 25.0, 50.0 และ 100 กรัม ดังนี้

ชุดการทดลอง	ปลานิล (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
ชุดการทดลองที่ 1	6.5	24
ชุดการทดลองที่ 2		29
ชุดการทดลองที่ 3		34
ชุดการทดลองที่ 4	12.5	24
ชุดการทดลองที่ 5		29
ชุดการทดลองที่ 6		34
ชุดการทดลองที่ 7	25.0	24
ชุดการทดลองที่ 8		29
ชุดการทดลองที่ 9		34
ชุดการทดลองที่ 10	50.0	24
ชุดการทดลองที่ 11		29
ชุดการทดลองที่ 12		34
ชุดการทดลองที่ 13	100.0	24
ชุดการทดลองที่ 14		29
ชุดการทดลองที่ 15		34

1.2. วัสดุอุปกรณ์และปลานิลที่ใช้ในการทดลอง

1.2.1.วิธีการเตรียมแพลงก์ตอน (น้ำเขียว) นำน้ำในบ่อเลี้ยงปลากรองด้วยผ้ากรอง แพลงก์ตอนขนาด 2 ไมครอน ขยายพันธุ์โดยใช้ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

1.2.2. ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับคือ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียสทำการควบคุมโดยอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสใช้เครื่อง chiller ควบคุม ส่วนที่ระดับ 29 และ 34 องศาเซลเซียสใช้เครื่องทำความร้อน (heater) ยี่ห้อ Shogun ขนาด500 วัตต์กระบะละ 2 ตัว ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.25 องศาเซลเซียส พร้อมติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิกระบะละ 1 ชุด

1.2.3. ใช้ปลานิลขนาด 6.5, 12.5, 25.0, 50.0 และ 100 กรัม จำนวนขนาดละ 5 ตัว นำมาใส่ตู้กระจกที่ใช้ในการทดลองที่มีแพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ งดให้แสงในบริเวณทดลอง โดยใช้พลาสติกสีดำคลุมบ่อที่ทดลอง เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ทำการตรวจปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ความหนาแน่นของน้ำเขียว (เซลล์ต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง) และอัตราการกรองน้ำเขียว (เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง)

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. **วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช**

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

2. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

การทดลองย่อยที่ 2: การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10 x 10^6 ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน

2.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 60 วัน ในการศึกษาแบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง โดยใส่ปุ๋ยจากกากเหลือจกการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน ดังนี้

การทดลองที่ 1 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 2 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 30 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 3 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 4 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 90 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 5 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 6 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 150 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 7 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 180 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
การทดลองที่ 8 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์

2.2. วิธีการเตรียมบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 เตรียมบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร จำนวน 24 บ่อ ณ โรงเรือนเพาะเลี้ยงปลานิล คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.2.2 นำสารส้มมาแช่น้ำในบ่อซีเมนต์ ประมาณ 3-4 วัน แล้วจึงปล่อยน้ำทิ้ง จากนั้นนำน้ำเข้าบ่อซีเมนต์ โดยผ่านการกรองน้ำด้วยผ้าโอล่อนแก้ว ที่ระดับความลึกของน้ำประมาณ 20 เซนติเมตร พร้อมกับมีการเติมอากาศ พร้อมติดตั้งชุดกรองน้ำในบ่อซีเมนต์ของแต่ละชุดการทดลอง

2.2.3 จากนั้นใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ ตามลำดับ และใส่แพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ขนาด 2 ไมครอน จำนวน 10 ลิตร ปรับระดับน้ำที่ระดับความลึก 35 เซนติเมตร ของความสูงของบ่อซีเมนต์

2.2.4 ทำการตรวจนับปริมาณและวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ ทุกๆ สัปดาห์

2.2.5 ทำการทดลองจนครบ 60 วัน ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง บันทึกผลผลิตของปลานิลในแต่ละหน่วยการทดลองในบ่อซีเมนต์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมีและทางชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณความขุ่น ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไน ปริมาณฟอสฟอรัส คลอโรฟิลล์ A และค่าความเป็นด่าง วิธีการเก็บและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยใช้วิธีของ Standard Methods (1982) ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกเดือน ได้แก่

ตารางที่ 5 เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์
1. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	Thermometer (YSI model 59)
2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	pH meter (HI 9812)
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(DO)	DO meter (YSI model 59)
4. ปริมาณความขุ่นของน้ำ	Multirole
5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)	Indophenol Blue Method
6. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)	Cadmium Reduction Method
7. ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)	Ascorbic Acid method
8. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll –a)	Spectrophotometric Determination
9. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	Titration Method

2. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุกๆ สัปดาห์ โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

การทดลองย่อยที่ 3: การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟีลล์ เอ ที่แตกต่างกัน

3.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment) ในการศึกษาแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 30 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 90 วัน โดยให้อาหารปลานิลที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟีลล์ เอ ในปริมาณ X, Y และ Z ดังนี้

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟีลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)
1	0	X
2	2	X
3	2.5	X
4	3	X
5	3.5	X
6	4	X
7	4.5	X
8	5	X
9	5.5	X
10	6	X
11	0	Y
12	2	Y
13	2.5	Y
14	3	Y
15	3.5	Y
16	4	Y
17	4.5	Y
18	5	Y
19	5.5	Y

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)
20	6	Y
21	0	Z
22	2	Z
23	2.5	Z
24	3	Z
25	3.5	Z
26	4	Z
27	4.5	Z
28	5	Z
29	5.5	Z
30	6	Z

หมายเหตุ : X คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร

Y คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 200 ไมโครกรัมต่อลิตร

Z คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร

3.2. วิธีการเตรียมบ่อที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เตรียมบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร จำนวน 30 บ่อ ณ โรงเรือนเพาะเลี้ยงปลานิล คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.2.2 นำสารส้มมาแช่น้ำในบ่อซีเมนต์ ประมาณ 3-4 วัน แล้วจึงปล่อยน้ำทิ้ง จากนั้นนำน้ำเข้าบ่อซีเมนต์ โดยผ่านการกรองน้ำด้วยผ้าโอล่อนแก้ว ที่ระดับความลึกของน้ำประมาณ 20 เซนติเมตร พร้อมกับมีการเติมอากาศ พร้อมติดตั้งชุดกรองน้ำในบ่อซีเมนต์ของแต่ละชุดการทดลอง

3.2.3 จากนั้นใส่แพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ขนาด 2 ไมครอน ในปริมาณ X, Y และ Z แล้วปรับระดับน้ำที่ระดับความลึก 35 เซนติเมตร ของความสูงของบ่อซีเมนต์

3.2.4 ใช้ปลานิลขนาด 100.0 กรัม จำนวน 10 ตัวต่อชุดการทดลอง จำนวน 30 ชุดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของปลาในแต่ละหน่วยการทดลอง แล้วบันทึกผล และปล่อยปลานิลลงในบ่อซีเมนต์ที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในแต่ละชุดการทดลอง ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอด ทำการทดลองจนครบ 90 วัน ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง บันทึกผลผลิตของปลานิลในแต่ละหน่วยการทดลองในบ่อซีเมนต์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. ปัจจัยที่ทำการศึกษาด้านคุณภาพน้ำ

ตรวจสอบปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีภาพ และชีวภาพในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิล ทุก 30 วัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิน้ำ ความขุ่น โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A แอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธี Phenate method ไนเตรท-ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction method ไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method ออร์โธฟอสเฟต โดยวิธี stannous chloride method ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992) คลอโรฟิลล์-เอ ดัดแปลงจากวิธี Lee (2000) ดังตารางที่ 5

2. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณผลผลิตของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังนี้

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง–น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)

$$= \left[\frac{\text{นน.เฉลี่ยสิ้นสุดทดลอง (กรัม)–นน. เฉลี่ยเริ่มทดลอง (กรัม)}}{\text{นน. เฉลี่ยเริ่มการทดลอง}} \right] \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \ln \left[\frac{\text{น้ำหนักปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) – น้ำหนักปลานิลเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}} \right] \times 100$$

อัตราการแลกเนื้อ (food conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{นน.สิ้นสุดการทดลอง (กรัม) – นน.เมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}$$

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (%) (food conversion efficiency, FCE)

$$= \frac{\text{นน.สิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \text{นน.เมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)}} \times 100$$

$$\text{อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

$$\text{ค่าพันธุ์ปลานิล (บาท)} = \frac{\text{น้ำหนักปลานิล (กรัม)} \times \text{ราคาของปลานิลต่อกิโลกรัม (บาท)}}{1{,}000}$$

ค่าอาหาร (บาท) = น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด × ราคาอาหารปลาต่อกิโลกรัม (บาท)

ผลผลิต (กรัม) = น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง × จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)

***หมายเหตุ:** คิดน้ำหนักปลานิลเป็นหน่วยต่อกรัม

ต้นทุนการผลิต (บาท) = ค่าพันธุ์ปลานิล (บาท) + ค่าอาหาร (บาท)

$$\text{ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท)} = \frac{\text{ต้นทุนการผลิต (บาทต่อบ่อซีเมนต์)} \times 1{,}000}{\text{น้ำหนักปลานิลสุดท้าย (กรัม)}}$$

$$\text{รายได้จากการขายปลานิล (บาท)} = \frac{\text{น้ำหนักปลานิลสุดท้าย (กรัม)} \times \text{ราคาปลานิลต่อกิโลกรัม (บาท)}}{1{,}000}$$

กำไร (บาท) = รายได้จากการขายปลานิล (บาท) – ต้นทุนการผลิต (บาท)

3. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุกๆ สัปดาห์ โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

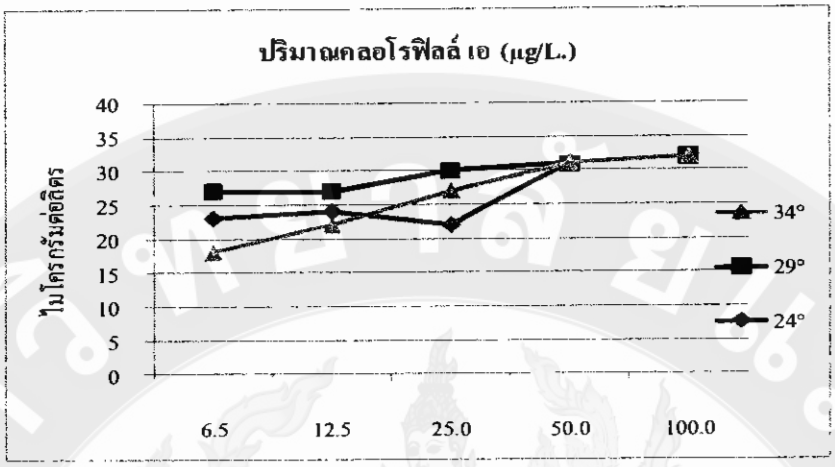
นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

ผลการวิจัย

ผลการทดลองย่อยที่ 1: การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 6 อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 8.15 ± 5.54 x10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเริ่มก่อนการทดลอง ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ปลานิล (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)	พารามิเตอร์		
		ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (cell x10^3/ml)	อัตราการกรองน้ำเขียว (cell x10/kg/hr)
6.5	24	23.33±0.348	202±7.234	175±0.355
	29	27.53±0.504	715±2.728	168±0.302
	34	18.57±0.731	226±4.371	704±5.301
12.5	24	24.23±0.285	210±4.098	173±0.008
	29	27.83±0.088	771±1.856	160±0.001
	34	22.07±0.639	269±1.155	696±5.226
25.0	24	22.87±0.448	226±4.910	172±0.123
	29	30.43±0.410	800±5.239	153±0.889
	34	27.33±0.561	355±3.180	678±5.101
50.0	24	31.07±0.240	295±6.009	171±0.002
	29	31.27±0.260	819±1.763	153±0.558
	34	31.22±0.588	440±0.577	175±0.023
100.0	24	32.10±0.115	366±2.906	170±0.002
	29	32.33±0.273	847±1.453	115±0.303
	34	32.10±0.306	458±9.920	161±0.004



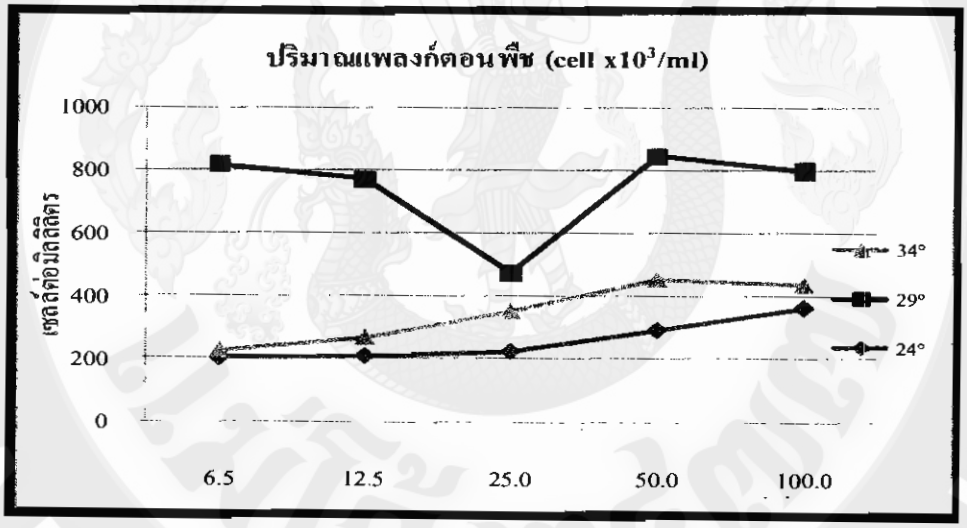
ภาพที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 32.10±0.115 และ 31.07±0.240 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ 24.23±0.285 ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 และ 25.0 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 23.33±0.285 และ 22.87±0.448 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 6 และภาพที่ 1

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0, 50.0 และ 25.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 32.33±0.273, 31.27±0.260 และ 30.43±0.410 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ 27.83±0.088 ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 27.53±0.504ไมโครกรัมต่อลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 6 และภาพที่ 1

ที่ระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 32.10±0.306 และ 31.22±0.588 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 27.33±0.561 ไมโครกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม โดยมีค่า 22.07±0.639 ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 18.57±0.731ไมโครกรัมต่อลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 6 และภาพที่ 1



ภาพที่ 2 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

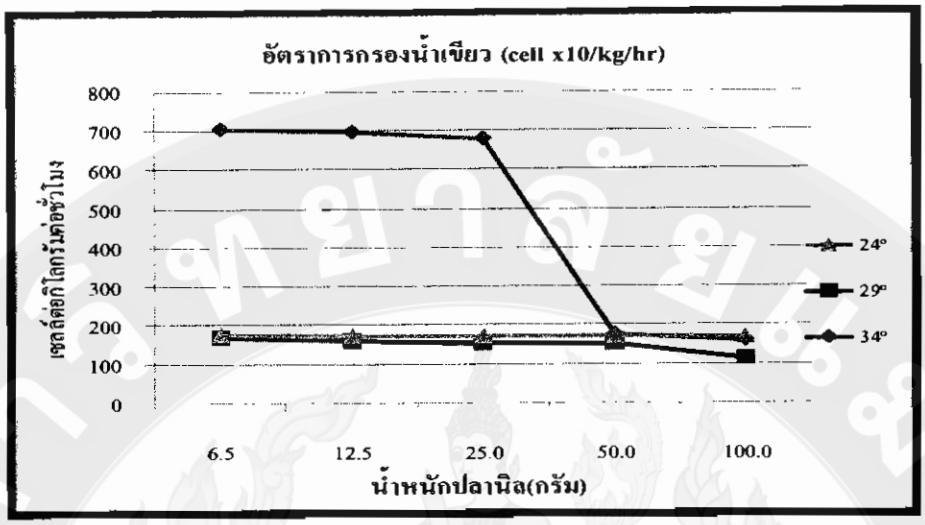
ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

จากการทดลองการศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococcidiopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp.

พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 366±2.906 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 295±6.009 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 25.0, 12.5 และ 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 226±4.910 $x10^3$, 210±4.098 $x10^3$ และ 202±7.234 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 6 และภาพที่ 2

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 5 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด มีค่า 847±1.453 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 819±1.763 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 25.0 กรัม มีค่า 800±5.239 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ 771±1.856 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 5 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 715±2.728 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 6 และภาพที่ 2

ที่ระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 458±9.292 $x10^3$ และ 440±0.577 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 355±3.180 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม มีค่า 269±1.155 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และกลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 226±4.4371 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 6 และภาพที่ 2



ภาพที่ 3 อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

อัตราการกรองน้ำเขียว

การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 175±0.355 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0 และ 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 173±0.008 x10, 172±0.123 x10 และ 171±0.002 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม ค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 170±0.002 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ไม่ความแตกต่างกับอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 25.0 และ 50.0 กรัม ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 3

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 168±0.302 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0 และ 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 160±0.001, x10 153±0.889 x10 และ 153±0.558 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 115±0.303 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตังตารางที่ 6 และภาพที่ 3

ที่ระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 704±5.301 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0, 50.0 และ 100.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 696±5.226 x10, 678±5.101 x10, 175±0.023 x10 และ161±0.004 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 3

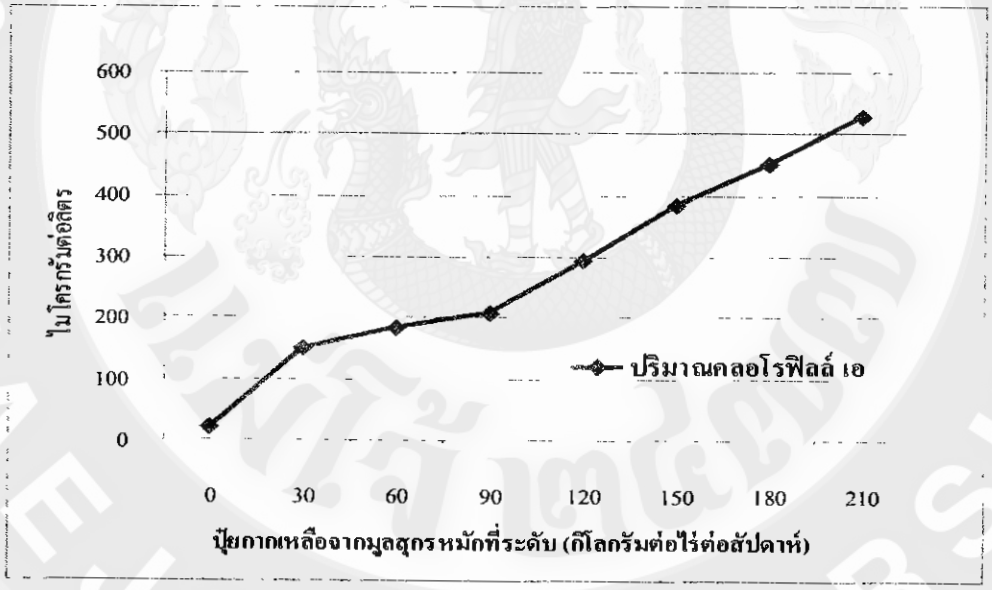
ผลการทดลองย่อยที่ 2: การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

ตารางที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์)	พารามิเตอร์	
	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (cell $x10^3$/ml)
0	22±12.7	102.3±12.4
30	151±41.3	578.9±365.5
60	184±13.5	598.5±352.6
90	208±16.4	620.5±154.3
120	295±12.3	710.4±236.2
150	385±22.5	825.5±452.1
180	452±65.8	856.8±485.7
210	529±58.2	1,155.8±782.5

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10 x 10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรในอัตราส่วนแตกต่างกัน คือ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำ มีค่าดังนี้ คือ 22±12.7, 151±41.3, 184±13.5, 208±16.4, 295±12.3, 385±22.5, 452±65.8 และ 529±58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 529±58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 150 และ 180 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ($p \geq 0.05$) ดังปรากฏตามตารางที่ 7 และภาพที่ 4



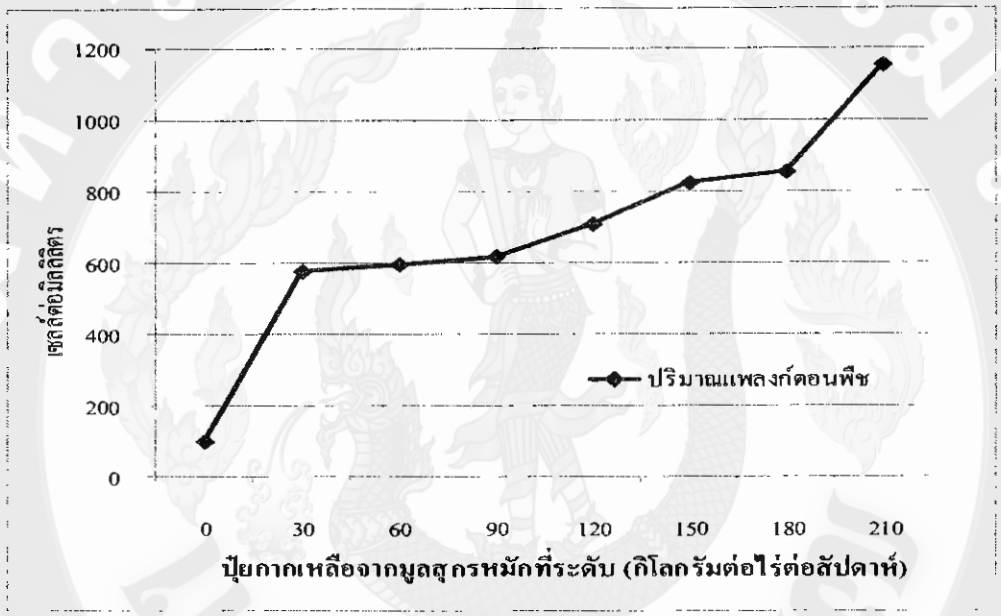
ภาพที่ 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta

จากการทดลองการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10x10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน ระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองผลปรากฏดังนี้

ชนิดและปริมาณ แพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชก่อนทำการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococcidiopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp.



<u>ภาพที่ 5</u> ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน ระยะเวลา 60 วัน

พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,155.8±782.5 x10^3 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102.3±12.4 x10^3 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 30, 60, 90, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ($p \geq 0.05$) โดยมีปริมาณเท่ากับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 578.9±365.5, 598.5±352.6, 620.5±154.3, 710.4±236.2, 825.5±452.1 และ 856.8±485.7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 7 และภาพที่ 5

คุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ความโปรงแสงของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) คลอโรฟิลด์ เอ (Chlorophyll –a) และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าดังนี้

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 60 วัน

พารามิเตอร์	ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์)							
	0	30	60	90	120	150	180	210
อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	25.5	25.4	26.0	25.2	25.5	25.4	25.5	25.8
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	7.5	7.8	7.8	7.8	7.5	7.8	7.8	7.5
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	6.75	6.82	6.76	6.85	6.84	6.75	6.58	6.95
ความโปรงแสงของน้ำ	55.4	52.2	48.3	45.6	41.2	38.6	36.7	33.2
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)	0.12	0.18	0.25	0.28	0.26	0.28	0.32	0.32
ฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate)	0.054	0.063	0.065	0.074	0.070	0.074	0.083	0.083
ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	102	102	104	105	105	106	106	106

เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลของคุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำ มีค่าเท่ากับ 25 – 26 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) มีค่าเท่ากับ 7 - 8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าเท่ากับ 6.5 – 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความโปร่งแสงของน้ำ มีค่าเท่ากับ 33.0 – 55.5 เซนติเมตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าเท่ากับ 0.12 - 0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) มีค่าเท่ากับ 0.050 - 0.085 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าเท่ากับ 102 - 106 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ดังปรากฏตามตารางที่ 8

ผลการทดลองย่อยที่ 3: การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 90 วัน พบว่า มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ที่มีคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 5,560, 5,320, 4,800, 4,540, 4,280 และ 4,140 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 3,550, 3,320, และ 3,060 กรัม ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2,180 กรัม ดังตารางที่ 9

ปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 6,700, 6,450 และ 6,200 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 6,050, 5,810, 5,640, 5,260, 4,920 และ 4,660 กรัม ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2,840 กรัม ดังตารางที่ 9

ปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 7,680, 7,300 และ 7,050 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 6,840, 6,520, 6,380, 6,000, 5,920 และ 5,780 กรัม ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 3,450 กรัม ดังตารางที่ 9

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเท่ากับ 1,180, 2,060, 2,320, 2,550, 3140, 3,280, 3,540, 3,800, 4,320 และ 4,560 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเท่ากับ 1,840, 3,660, 3,920, 4,260, 4,640, 4,810, 5,050, 5,200, 5,450 และ 5,700 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเท่ากับ 2,450, 4,780, 4,920, 5,000, 5,380, 5,520, 5,840, 6,050, 6,300 และ 6,680 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 8.53±0.01, 8.48±0.02, 8.35±0.01, 8.28±0.04, 8.20±0.06 และ 8.16±0.02 กรัมต่อวัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่า เท่ากับ 7.95±0.04, 7.74±0.02, และ 7.18±0.06 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 8.75±0.02, 8.71±0.01, 8.66±0.02, 8.63±0.02, 8.58±0.06, 8.55±0.01, 8.46±0.02, 8.38±0.06 และ 8.31±0.04 กรัมต่อวัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเท่ากับ 7.62±0.01 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 8.91±0.02, 8.85±0.06, 8.81±0.01, 8.78±0.02, 8.72±0.01, 8.70±0.01, 8.62±0.02, 8.61±0.04 และ 8.58±0.06 กรัมต่อวัน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 7.91±0.01 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 67.80±0.14 กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 2, 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 38.83±0.16, 34.48±0.08 และ 31.37±0.06 ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 25.48±0.08, 24.39±0.012, 22.60±0.10, 21.05±0.06, 18.52±0.04 และ17.54±0.08 ดังตารางที่ 9

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 39.13±0.10 กลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 2, 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 19.67±0.08, 18.37±0.12 และ 16.90±0.14 ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 15.52±0.10, 14.97±0.06, 14.26±0.08, 13.85±0.12, 13.21±0.14 และ12.63±0.10 ดังตารางที่ 9

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 26.53±0.14 และกลุ่มที่ 2 คือ ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 2, 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 13.60±0.10, 13.21±0.08, 13.00±0.06, 12.08±0.14, 11.78±0.04, 11.13±0.08, 10.74±0.12, 10.32±0.10 และ 9.73±0.12 ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

อัตรารอดของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตรารอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2 และ 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าอัตราการรอด เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 9

ค่าพันธุ์ปลานิลที่ใช้ในการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร ก่อนทำการทดลองมีค่าพันธุ์ปลานิล 35 บาทต่อบ่อซีเมนต์ ดังตารางที่ 9

ค่าอาหารของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าอาหารปลานิลเท่ากับ 36, 32.4 และ 29.25 บาทต่อบ่อซีเมนต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ต้นทุนการผลิตของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าต้นทุนการผลิต เท่ากับ 71, 67.4 และ 64.25 บาทต่อบ่อซีเมนต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 32.57, 23.20, 21.39, 20.00, 17.15, 16.59, 15.64, 14.79, 13.35 และ 12.77 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 23.73, 14.46, 13.70, 12.81, 11.95, 11.60, 11.14, 10.87, 10.45 และ 10.06 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 18.6, 11.1, 10.9, 10.7, 10.1, 9.9, 9.4, 9.1, 8.8 และ 8.4 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

รายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีรายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีรายได้จากการขายปลานิลเท่ากับ 152.6, 214.2, 232.4, 248.5, 289.8, 299.6, 317.8, 336.0, 372.4 และ 389.2 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

รายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีรายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีรายได้จากการขายปลานิลเท่ากับ 198.8, 326.2, 344.4, 368.2, 394.8, 406.7, 423.5, 434.0, 451.5 และ 469.0 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

รายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า มีรายได้จากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีรายได้จากการขายปลานิลเท่ากับ 241.5, 404.6, 414.4, 420.0, 446.6, 456.4, 478.8, 493.5, 511.0 และ 537.6 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

กำไรจากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรสูงสุดเท่ากับ 376.4 บาท รองลงมาคือปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรเท่ากับ 359.1, 321.2, 302.2, 283.0, 272.7, 228.5, 211.0 และ 191.0 บาท ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรต่ำสุดเท่ากับ 120.0 บาท ดังตารางที่ 9

กำไรจากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรสูงสุดเท่ากับ 458.9 บาท รองลงมาคือปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรเท่ากับ 441.1, 423.1, 412.4, 395.1, 382.8, 355.4, 330.7 และ 311.7 บาท ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรต่ำสุดเท่ากับ 175.1บาท ดังตารางที่ 9

กำไรจากการขายปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า ปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรสูงสุดเท่ากับ 529.2บาท รองลงมาคือปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรเท่ากับ 502.2, 484.4, 469.4, 446.5, 436.5, 409.3, 403.5และ 393.5บาท ตามลำดับ และปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีกำไรต่ำสุดเท่ากับ 222.9 บาท ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

พารามิเตอร์	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg /L.)	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)									
		0	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	100	2180^{c}	3060^{b}	3320^{b}	3550^{b}	4140^{a}	4280^{a}	4540^{a}	4800^{a}	5320^{a}	5560^{a}
	200	2840^{c}	4660^{b}	4920^{b}	5260^{b}	5640^{ab}	5810^{ab}	6050^{ab}	6200^{a}	6450^{a}	6700^{a}
	300	3450^{c}	5780^{b}	5920^{b}	6000^{b}	6380^{ab}	6520^{ab}	6840^{ab}	7050^{a}	7300^{a}	7680^{a}
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	100	1180	2060	2320	2550	3140	3280	3540	3800	4320	4560
	200	1840	3660	3920	4260	4640	4810	5050	5200	5450	5700
	300	2450	4780	4920	5000	5380	5520	5840	6050	6300	6680
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อวัน)	100	7.18±0.06^{b}	7.74±0.02^{b}	7.85±0.01^{b}	7.95±0.04^{b}	8.16±0.02^{a}	8.20±0.06^{a}	8.28±0.04^{a}	8.35±0.01^{a}	8.48±0.02^{a}	8.53±0.01^{a}
	200	7.62±0.01^{b}	8.31±0.04^{a}	8.38±0.06^{a}	8.46±0.02^{a}	8.55±0.01^{a}	8.58±0.06^{a}	8.63±0.02^{a}	8.66±0.02^{a}	8.71±0.01^{a}	8.75±0.02^{a}
	300	7.91±0.01^{b}	8.58±0.06^{a}	8.61±0.04^{a}	8.62±0.02^{a}	8.70±0.01^{a}	8.72±0.01^{a}	8.78±0.02^{a}	8.81±0.01^{a}	8.85±0.06^{a}	8.91±0.02^{a}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	100	67.80±0.14^{a}	38.83±0.16^{b}	34.48±0.08^{b}	31.37±0.06^{b}	25.48±0.08^{c}	24.39±0.012^{c}	22.60±0.10^{c}	21.05±0.06^{c}	18.52±0.04^{c}	17.54±0.08^{c}
	200	39.13±0.10^{a}	19.67±0.08^{b}	18.37±0.12^{b}	16.90±0.14^{b}	15.52±0.10^{c}	14.97±0.06^{c}	14.26±0.08^{c}	13.85±0.12^{c}	13.21±0.14^{c}	12.63±0.10^{c}
	300	26.53±0.14^{a}	13.60±0.10^{b}	13.21±0.08^{b}	13.00±0.06^{b}	12.08±0.14^{b}	11.78±0.04^{b}	11.13±0.08^{b}	10.74±0.12^{b}	10.32±0.10^{b}	9.73±0.12^{b}
อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	300	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 9 (ต่อ) ผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)									
		0	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
ค่าพันธุ์ปลานิล (บาทต่อบ่อซีเมนต์)	100	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	200	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	300	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
ค่าอาหาร(บาท)	100	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	200	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
	300	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อบ่อซีเมนต์)	100	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
	200	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4
	300	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25	64.25
ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท)	100	32.57	23.20	21.39	20.00	17.15	16.59	15.64	14.79	13.35	12.77
	200	23.73	14.46	13.70	12.81	11.95	11.60	11.14	10.87	10.45	10.06
	300	18.6	11.1	10.9	10.7	10.1	9.9	9.4	9.1	8.8	8.4
รายได้จากการขายปลานิล (บาท)	100	152.6	214.2	232.4	248.5	289.8	299.6	317.8	336.0	372.4	389.2
	200	198.8	326.2	344.4	368.2	394.8	406.7	423.5	434.0	451.5	469.0
	300	241.5	404.6	414.4	420.0	446.6	456.4	478.8	493.5	511.0	537.6
กำไร (บาท)	100	120.0	191.0	211.0	228.5	272.7	283.0	302.2	321.2	359.1	376.4
	200	175.1	311.7	330.7	355.4	382.8	395.1	412.4	423.1	441.1	458.9
	300	222.9	393.5	403.5	409.3	436.5	446.5	469.4	484.4	502.2	529.2

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta

จากการทดลองการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน $10x10^6$ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชก่อนทำการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococcidiopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน ผลการทดลองผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน $10x10^6$ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (cell $x10^3$/mL.)
1	0	28±45.5	845±186
2	2	33±25.3	1450±173
3	2.5	38±42.7	1681±126
4	3	39±12.8	1788±193
5	3.5	40±25.2	1842±102
6	4	42±56.4	1940±142
7	4.5	47±48.1	2105±165
8	5	53±21.9	2274±147
9	5.5	57±18.6	2344±164
10	6	61±28.9	2452±124
11	0	108±178	4174±685
12	2	126±182	5977±256
13	2.5	129±169	6393±389
14	3	135±144	6554±341
15	3.5	137±136	6702±355
16	4	140±195	6890±321
17	4.5	144±164	7174±298

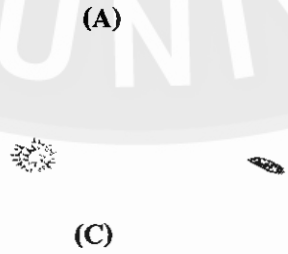
ตารางที่ 10 (ต่อ) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน $10x10^6$ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระยะเวลา 90 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการให้อาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (µg /L.)	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (cell $x10^3$/ml.)
18	5	148±148	7512±246
19	5.5	152±177	7796±205
20	6	159±102	7946±178
21	0	122±188	8784±877
22	2	152±147	1089±585
23	2.5	159±183	1135±512
24	3	164±162	1197±477
25	3.5	175±120	1241±422
26	4	186±134	1298±341
27	4.5	191±142	1334±395
28	5	197±168	1386±286
29	5.5	200±177	1416±289
30	6	208±105	1458±156

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิลเท่ากับ 28±45.5, 33±25.3, 38±42.7, 39±12.8, 40±25.2, 42±56.4, 47±48.1, 53±21.9, 57±18.6 และ 61±28.9 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $2452±124×10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5 , 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 , 2, 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2344±164×10^3$, $2274±147×10^3$, $2105±165×10^3$, $1940±142×10^3$, $1842±102×10^3$, $1788±193×10^3$, $1681±126×10^3$, $1450±173×10^3$ และ $845±186×10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 10

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 200 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิลเท่ากับ 108±178, 126±182, 129±169, 135±144, 137±136, 140±195, 144±164, 148±148, 152±177 และ 159±102 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $7946\pm178\times10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5 , 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 , 2, 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7796\pm205\times10^3$, $7512\pm246\times10^3$, $7174\pm298\times10^3$, $6890\pm321\times10^3$, $6702\pm355\times10^3$, $6554\pm341\times10^3$, $6393\pm389\times10^3$,$5977\pm256\times10^3$ และ$4174\pm685\times10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 10

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 300 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิลเท่ากับ 152±147, 159±183, 164±162, 175±120, 186±134, 191±142, 197±168, 200±177 และ208±105 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $1458\pm156\times10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 5.5, 5 , 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5 , 2, 0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1416\pm289\times10^3$, $1386\pm286\times10^3$, $1334\pm395\times10^3$, $1298\pm341\times10^3$, $1241\pm422\times10^3$, $1197\pm477\times10^3$, $1135\pm512\times10^3$, $1089\pm585\times10^3$ และ $8784\pm877\times10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 10



ภาพที่ 6 (A-D) แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ตรวจพบในบ่อซีเมนต์ (A) *Oscillatoria* sp., (B) *Cylindrospermopsis* sp., (C) *Scenedesmus* sp., และ (D) *Euglena* sp.

ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีภาพและชีวภาพ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลานิล เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่นใส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) แอมโมเนีย ไนเตรท ไนเตรท ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวมและค่าความเป็นด่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะเวลา 90 วัน ดังตารางที่ 11

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า อุณหภูมิน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 27.0±0.04 - 28.2±0.12 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.4±0.08 - 7.8±0.08 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.8±0.02 - 4.8±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความขุ่น (NTU) มีค่าอยู่ระหว่าง 96.4±4.08 - 192.6±2.60 ปริมาณของแอมโมเนีย (Ammonia) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06±0.01-0.08±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของไนไตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.08±0.02 - 0.24±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.032±0.02 - 0.076±0.02มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าอยู่ระหว่าง 80.20±1.50 - 102.80±2.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 11

คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมงและอยู่ในหลักเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4, 2537) ซึ่งมีข้อกำหนดไว้ว่า แหล่งน้ำจะต้องมี ค่า pH อยู่ในช่วง 5.0 - 8.5 มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) น้อยกว่า 6 ส่วนปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 11 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์							
	(°C)	(pH)	(DO) (mg/l)	(NTU)	(Ammonia) (mg/l)	(Nitrate) (mg/l)	(Orthophosphate) (mg/l)	(Alkalinity) (mg/l)
1	27.0±0.04^{b}	7.4±0.08^{a}	4.8±0.08^{a}	96.4±4.08^{b}	0.06±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	0.032±0.02^{b}	80.20±1.50^{a}
2	27.2±0.04^{b}	7.4±0.08^{a}	4.8±0.04^{a}	106.6±6.08^{b}	0.06±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	0.034±0.02^{b}	84.40±1.20^{a}
3	27.4±0.04^{b}	7.5±0.08^{a}	4.6±0.04^{a}	110.2±2.02^{b}	0.06±0.01^{a}	0.12±0.02^{a}	0.039±0.02^{b}	85.40±1.44^{a}
4	27.8±0.04^{a}	7.6±0.08^{a}	4.4±0.16^{a}	122.8±2.90^{b}	0.06±0.02^{a}	0.14±0.01^{a}	0.045±0.02^{b}	88.40±1.64^{a}
5	27.6±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.4±0.16^{a}	124.8±8.40^{b}	0.08±0.02^{a}	0.14±0.01^{a}	0.044±0.02^{b}	94.20±2.04^{a}
6	27.8±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	4.2±0.14^{a}	144.8±8.90^{a}	0.08±0.02^{a}	0.16±0.01^{a}	0.042±0.02^{b}	97.20±2.06^{a}
7	28.0±0.12^{a}	7.4±0.08^{a}	4.2±0.08^{a}	158.4±7.20^{a}	0.08±0.01^{a}	0.20±0.01^{a}	0.048±0.02^{b}	98.20±4.02^{a}
8	28.2±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.0±0.08^{a}	162.2±7.10^{a}	0.08±0.01^{a}	0.22±0.01^{a}	0.070±0.02^{a}	98.80±4.06^{a}
9	28.1±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	3.8±0.02^{a}	170.4±4.20^{a}	0.08±0.02^{a}	0.24±0.02^{a}	0.070±0.02^{a}	102.40±2.06^{a}
10	28.2±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	3.8±0.02^{a}	186.6±5.60^{a}	0.08±0.02^{a}	0.24±0.02^{a}	0.072±0.02^{a}	102.80±2.08^{a}
11	27.0±0.04^{b}	7.2±0.08^{a}	4.8±0.08^{a}	101.2±4.08^{b}	0.06±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	0.038±0.02^{b}	80.20±1.50^{a}
12	27.2±0.04^{b}	7.4±0.08^{a}	4.8±0.04^{a}	114.6±6.08^{b}	0.06±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	0.034±0.02^{b}	84.40±1.20^{a}
13	27.4±0.04^{b}	7.5±0.08^{a}	4.6±0.04^{a}	118.2±2.02^{b}	0.06±0.01^{a}	0.12±0.02^{a}	0.039±0.02^{b}	85.40±1.44^{a}
14	27.8±0.04^{a}	7.6±0.08^{a}	4.4±0.16^{a}	124.8±2.90^{b}	0.06±0.02^{a}	0.14±0.01^{a}	0.045±0.02^{b}	88.40±1.64^{a}
15	27.6±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.4±0.16^{a}	126.8±8.40^{b}	0.08±0.02^{a}	0.14±0.01^{a}	0.045±0.02^{b}	94.20±2.04^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 11 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์							
	(°C)	(pH)	(DO) (mg/l)	(NTU)	(Ammonia) (mg/l)	(Nitrate) (mg/l)	(Orthophosphate) (mg/l)	(Alkalinity) (mg/l)
16	27.8±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.2±0.14^{a}	147.8±8.20^{a}	0.08±0.02^{a}	0.16±0.01^{a}	0.044±0.02^{b}	97.20±2.06^{a}
17	28.0±0.12^{a}	7.4±0.08^{a}	4.2±0.08^{a}	154.4±6.20^{a}	0.08±0.01^{a}	0.20±0.01^{a}	0.048±0.02^{b}	98.20±4.02^{a}
18	28.2±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	4.0±0.08^{a}	168.2±4.20^{a}	0.08±0.01^{a}	0.22±0.01^{a}	0.070±0.02^{a}	98.80±4.06^{a}
19	28.1±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	3.8±0.02^{a}	172.4±5.40^{a}	0.08±0.02^{a}	0.24±0.02^{a}	0.074±0.02^{a}	102.40±2.06^{a}
20	28.2±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	3.8±0.02^{a}	186.6±5.60^{a}	0.08±0.02^{a}	0.24±0.02^{a}	0.077±0.02^{a}	102.80±2.08^{a}
21	27.0±0.04^{b}	7.4±0.08^{a}	4.8±0.08^{a}	102.2±6.08^{b}	0.06±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	0.039±0.02^{b}	80.20±1.50^{a}
22	27.2±0.04^{b}	7.4±0.08^{a}	4.8±0.04^{a}	118.6±2.08^{b}	0.06±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	0.036±0.02^{b}	84.40±1.20^{a}
23	27.4±0.04^{b}	7.5±0.08^{a}	4.6±0.04^{a}	124.2±7.02^{b}	0.06±0.01^{a}	0.12±0.02^{a}	0.039±0.02^{b}	85.40±1.44^{a}
24	27.8±0.04^{a}	7.6±0.08^{a}	4.4±0.16^{a}	127.8±4.70^{b}	0.06±0.02^{a}	0.14±0.01^{a}	0.042±0.02^{b}	88.40±1.64^{a}
25	27.6±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.4±0.16^{a}	129.8±2.40^{b}	0.08±0.02^{a}	0.14±0.01^{a}	0.045±0.02^{b}	94.20±2.04^{a}
26	27.8±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	4.2±0.14^{a}	152.8±7.20^{a}	0.08±0.02^{a}	0.16±0.01^{a}	0.046±0.02^{b}	97.20±2.06^{a}
27	28.0±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.2±0.08^{a}	158.4±4.08^{a}	0.08±0.01^{a}	0.20±0.01^{a}	0.048±0.02^{b}	98.20±4.02^{a}
28	28.2±0.12^{a}	7.6±0.08^{a}	4.0±0.08^{a}	168.2±2.40^{a}	0.08±0.01^{a}	0.22±0.01^{a}	0.074±0.02^{a}	98.80±4.06^{a}
29	28.1±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	3.8±0.02^{a}	178.4±8.40^{a}	0.08±0.02^{a}	0.24±0.02^{a}	0.076±0.02^{a}	102.40±2.06^{a}
30	28.2±0.12^{a}	7.8±0.08^{a}	3.8±0.02^{a}	192.6±2.60^{a}	0.08±0.02^{a}	0.24±0.02^{a}	0.076±0.02^{a}	102.80±2.08^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

<u>การทดลองย่อยที่ 1</u> การศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด มีค่า 847±1.453 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 715±2.728 $x10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าอัตราการกรองน้ำเขียวในปลานิลสูงที่สุด โดยมีค่า 704±5.301 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กับอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 161±0.004 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง

โดย HakanTurker *et al.* (2003) กล่าวว่าปลานิลเป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง และอัตราการกินอาหารจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ปลานิลแดงลูกผสม เช่น O. *mossambicus*, O. *niloticus* และ O. *aureus* อัตราการกินอาหารสูงขึ้นจาก 3.7 เปอร์เซ็นต์ เป็น 4.97 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 20 องศาเซลเซียล เป็น 32 องศาเซลเซียล (Bhikajee&Gobin, 1997) สอดคล้องกับการทดลองของ Chervinski *et al.* (1982) ที่พบว่า ปลานิล O. *mossambicus* กินอาหารลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียล และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mironova (1975) พบว่า O. *mossambicus* มีอัตราการกินอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และต่อเนื่องเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 22 องศาเซลเซียล เป็น 31 องศาเซลเซียล และ Caulton (1982) พบว่าในปลานิลวัยอ่อน tilapia rendalli มีอัตราการกินอาหารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิระดับ 18 องศาเซลเซียล ถึง 34 องศาเซลเซียล แต่หากเกิน 34 องศาเซลเซียล กิจกรรมการกินอาหารจะลดลง สอดคล้องกับการศึกษา Lovell (1998) ที่ว่าปลาในเขตร้อนอุณหภูมิที่ทำให้การกินอาหารเหมาะสมคือ 28 องศาเซลเซียล ส่วน Turker *et al.* (2003) พบว่าในปลานิล อัตราการกรองในพวก cyan bacteria มากกว่า green algae และจากผลการทดลองของ Brett (1979) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมทางชีวเคมีโมเลกุลและกระบวนการเผาผลาญอาหารในสัตว์น้ำ เพราะว่ามีผลต่อระบบการหายใจ การกินอาหาร การย่อย และการดูดซึมและการเจริญเติบโต HakanTurker *et al.* (2003) รายงานว่า จำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชในน้ำกรองที่เลี้ยงปลานิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย อัตราการกรองในปลานิลมีประสิทธิภาพมากขึ้นหากอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น

<u>การทดลองย่อยที่ 2</u> การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน 10×10^6 ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน

จากการทดลองผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 529±58.2 ไมโครกรัมต่อลิตร ($p \geq 0.05$) สรุปได้ว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเพิ่มขึ้นตามการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ Schroeder *et al.* (1990) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเพิ่มผลผลิตของแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำ ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตของปลาจากบ่อที่มีการใส่ปุ๋ยมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการกินแพลงก์ตอน ส่วน Wohlfarth and Hulata (1987) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะกระตุ้นให้เกิดผลผลิตของทั้งแบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ วิรัช (2544) กล่าวว่า บทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารโดยตรงหรือถูกย่อยสลายแล้วปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน

คุณภาพน้ำจากการศึกษาด้านทางกายภาพมีค่าสอดคล้องกับการศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ธำรง, 2542 และพรศิริ, 2544) ซึ่งค่าที่ได้จัดอยู่ในเกณฑ์ของแหล่งน้ำปกติ (เปี่ยมศักดิ์, 2509) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์พบว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าเท่ากับ 0.12-0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) มีค่าเท่ากับ 0.050-0.085 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าเท่ากับ 102-106 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยภาพรวมคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

โดยปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta จะเพิ่มสูงขึ้นตามการใส่กากเหลือจากมูลสุกรหมักในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1155.8 \pm 782.5 \times 10^3$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การทดลองย่อยที่ 3: การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน

การศึกษาผลผลิตปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 0, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 90 วัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลานิลสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Alhadhrami (1994) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอามูลอูฐ และมูลวัว มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิล เลี้ยงปลา 90 วัน โดยใช้อาหารระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มูลอูฐและมูลวัวเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง พบว่า การใช้มูลอูฐและมูลวัวทดแทนโปรตีนจากปลาป่น มีอัตราการเจริญเติบโตของปลาดี มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลต่ำที่สุด ในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาที่ 30 เปอร์เซ็นต์

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลานิลที่อัตราการให้อาหารที่ต่างๆ กัน ในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกัน พบว่า คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมงและอยู่ในหลักเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4, 2537) ซึ่งมีข้อกำหนดไว้ว่า แหล่งน้ำจะต้องมี ค่า pH อยู่ในช่วง 5.0 - 8.5 มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) น้อยกว่า 6 ส่วนปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 9)

Yamamoto และ Yamazaki (1966) กล่าวว่า ขบวนการเมตาโบลิซึมจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของ พืชน้ำ แพลงค์ตอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ เช่น สาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินที่อุณหภูมิมากกว่า 35 องศาซลเซียล ซึ่งไม่เป็นประโยชน์บางครั้งทำให้เกิดเน่าเสียเป็นพิษแก่สัตว์น้ำได้ อุณหภูมิน้ำ (°C) ควรอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส น้ำจะต้องไม่ร้อนหรือเย็นจนเกินไป ถ้าน้ำเย็นมากปลากินอาหารน้อยลง ควรลดปริมาณน้ำในบ่อและลดปริมาณอาหารลง ปริมาณออกซิเจน (DO) โดยเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนในรอบวันไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าต่ำกว่านี้อาจทำให้ปลาเจริญเติบโตไม่ดีหรือตายได้ เมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำให้ใช้เครื่องตีน้ำหรือสูบพ่นน้ำไปในอากาศก็ได้ เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณในน้ำ โดยเฉพาะเวลากลางคืนและเช้ามืด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ควรอยู่ระหว่าง 6.5-9 การเปลี่ยนแปลงของ pH ที่เกิดขึ้นจะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไป และมีผลต่อ

ความเป็นพิษของสารบางชนิดได้ เช่น ความเป็นพิษของแอมโนเนียมากขึ้นหรือลดลงได้ แอมโมเนียรวมไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง เป็นตัวที่คอยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง pH ควรมีค่าอยู่ในระหว่าง 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในน้ำที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า อัตราการให้อาหารมีผลต่อผลผลิตปลานิลจะแปรผันตามปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Schroeder *et al.* (1990) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเพิ่มผลผลิตของแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำ ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตของปลาจากบ่อที่มีการใส่ปุ๋ยมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการกินแพลงก์ตอน ในบทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารโดยตรงหรือถูกย่อยสลายแล้วปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน (วิรัช, 2544)

ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายแพลงก์ตอนพืช พบชนิดของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งหมด 26 สปีชีส์ ได้แก่ *Anabaena* sp. *Oscillatoria* sp., *Spirulina* sp., *Phormidium* sp., *Merismpedia* sp., *Chroococcus* sp., *Microcystis* sp., *Scenedesmus* spp., *Euglena* sp., *Phacus* sp.,

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชุดการทดลองปลานิลที่อัตราการให้อาหาร 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ในบ่อซีเมนต์ ที่มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 100, 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $2452\pm124\times10^3$, $7946\pm178\times10^3$ และ $1458\pm156\times10^3$ เซลล์ต่อลิตร ดังตารางที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน Tabachek และ Yurkowski (1976); Lovell และ Broce, (1985); ชลอ (2536) กล่าวว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ประกอบด้วยสกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. ส่วน Van Der Ploeg and Boyd (1991) กล่าวว่า ทั้งการสะสมของสารสร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ยังมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยเฉพาะสกุล *Anabena* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp. ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจีออสมินหรือเอ็มไอบีในน้ำก็จะมีความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

1. ขนาดของปลานิลมีผลต่ออัตราการกรองน้ำเขียว โดยปลานิลขนาดเล็กจะมีอัตราการกรองน้ำเขียวมากกว่าปลานิลขนาดโตกว่า อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)
2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ใส่ในบ่อการทดลอง ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ในบ่อทดลองที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$)
3. ผลผลิตปลานิลที่ให้อาหารในอัตรา 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร มีผลผลิตของปลานิลสูงสุด ($p \leq 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. **รายงานสถานการณ์ และการจัดปัญหามลพิษทางน้ำ**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.

กรมประมง. 2540. **ผลของความหนาแน่นและความขุ่นของน้ำต่อการผลิตกุ้งฝอยในบ่อซีเมนต์**. กรมประมง. 3-39 หน้า.

กรมประมง. 2546. **การเพาะเลี้ยงปลานิล**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2556.

กรมประมง. 2551. **การเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน**.เข้าถึงที่ http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp?ArticleID=198 สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2556.

กรมปศุสัตว์. 2533. **พระราชบัญญัติสถานพยาบาลสัตว์ พ.ศ. 2533.** แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/region5/images/stories/region5/law/act_clinic2533.pdf, สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2555.

กรมปศุสัตว์. 2551. **ความหลากหลายทางชีวภาพกับการผลิตปศุสัตว์ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง**. แหล่งที่มา www.dld.go.th/biodiversity/chm/research/document/biodiversity/7.pdf , สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2555.

กรมวิชาการเกษตร. 2540. **การจัดการฟาร์มสุกร.** กรุงเทพมหานคร.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2525. **เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และจงกล พรมยะ. 2551. **ความหลากชนิด ปริมาณแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน**. แหล่งที่มา:http://www.fishtech.mju.ac.th/fishnew1/LearnCenter/journalPDF/rEXKDI1Fri 105920.pdf, สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2555.

จรัญ จันทลักขณา. 2544. **ปศุสัตว์กับชีวิตและสิ่งแวดล้อม**. สมาคมสัตว์บาลแห่งประเทศไทย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. หน้า 52-66.

ชาติชาย ดงประเสริฐ. 2536. **การเลี้ยงปลา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์เกษตรปุ๊ด, นนทบุรี. 233 หน้า.

ชะลอ ลิ้มสุวรรณ. **แนวทางการเลี้ยงกุ้งหน้าฝน**. วารสารอะควาฟาร์มมิ่ง 5: 30-36.

ทวีทรัพย์ ศรีนาค. 2542. **การกำจัดกลิ่นโคลนในปลานิล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

เทพรัตน์ อิ้งเศรษพันธ์ สุเทพ ปั้นธิวงค์ สมบูรณ์ ใจปินตา ประจวบ ฉายบุ สุดปราณี มณีศรี และรุ่งกานต์ อำไพพงค์. 2545. **แนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่**. รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย PDG45N0008.85 น.

ธำรงค์ ปรุงเกียรติ. 2542. **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล**; วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิรนาม. 2540. **การเลี้ยงโคนมกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม**. วารสารสัตวบาล. 7(55): 81-83.

นิรนาม ก. 2546. **สถานการณ์สุกรไทย**. http://www.dld.go.th/inform/article/article29.html, สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2556.

นิวุฒิ หวัง และบัญชา ทองมี. 2555. **การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย : การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์**. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 32 น.

นิวุฒิ หวัง และสุปราณี วิกรัยบูรณ์. 2556. **การพัฒนากระบวนการผลิตปลาเผาะลูกผสมแบบอินทรีย์ให้ปลอดจากกลิ่นไม่พึงประสงค์: การกำจัดไซยาโนแบคทีเรียที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์โดยใช้ปลานิล**. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. 52 น.

นันทนา คชเสนี. 2544. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญเลิศ ดีเด่น. 2537. **การใช้ดักแด้ไหมเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารไก่กระทงและไก่ไข่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บัญชา ทองมี. 2549. **ผลของความขุ่นของน้ำต่อการเจริญและอัตราการรอดของลูกปลานิลในบ่อซีเมนต์**. ใน การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 44 น.

บัญญัติ มณเฑียรอาสน์. 2533. **แพลงก์ตอนวิทยา**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่ 316 น.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2537). 2537. **เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแห่งน้ำผิวดิน** เล่ม 111 ตอนที่ 162 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

ประเทือง เชาว์วักลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. ลำปาง: คณะวิชาสัตว์ศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง. 86 น.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2538. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

พรศิริ ตู้ลารักษ์. 2544. **ความหลากหลายทางชีววิทยาของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะแล สหสัมพันธ์เชิงอาหารในปลากินพืชบางชนิด ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล**; วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2535. **หลักอาหารสัตว์ เล่ม1 โภชนะ**. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพ.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. **หลักอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์**. สำนักพิมพ์ โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพ. 576 น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพ. 1-7 น.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 214 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. **หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย**. กรุงเทพ. 156-181 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. **สาหร่ายวิทยา**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. **แพลงก์ตอนพืช**. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร.

ลัดดา วงค์รัตน์. 2542. **แพลงค์ตอนพืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 787 น.

เวียง. 2542. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอาหารสัตว์น้ำ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.media.rmutt.ac.th/media/CBT/Agriculture/.../unit201.html, สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2555.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ. 166 น.

วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช. 2540. **คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

ศูนย์สารสนเทศ. 2547. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545**. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 91 น.

สัญชัย จุตรสัทธา. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตเนื้อสัตว์**. โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 244 หน้า.

สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2541. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร**. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. กรุงเทพฯ.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ อุทัย คันโธ และ ปฏิมา อู่สูงเนิน. 2550. **การพัฒนาของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ สำหรับพืชเศรษฐกิจในจังหวัดนครปฐม**. เข้าถึงที่ http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/animal/10_animal/10_animal.html#author สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2555.

สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2547. **บทปฏิบัติการวิชาชลธีวิทยา**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 38 น.

สุพรรษา ทับทิมหิน วิทยา ทาวงศ์ สุปราณี วิกรัยบูรณ์ สุดาพร ตงศิริ และนิวุฒิ หวังชัย. 2551. **ผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตและการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลาบึก**. ประชุมวิชาการ "เสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2" มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

สุภัทร สุจริต. 2531. **กีฏวิทยาการแพทย์**. โรงพิมพ์ พิศิษฐ์การพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

อุดม อริธชาติ และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2526. **การศึกษาชีววิทยาและการป้องกันกำจัดแมลงวันคอกสัตว์**. รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิพรรณ พุกภักดี เอ็จ สโรบล จินดารัฐ วีระวุฒ พร รุ่งแจ้ง เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ อัมพร สวรรณเมฆ อริสรา สุขสถาน และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2541. **หลักการผลิตพืช**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 268 หน้า.

อุทัย คันโท. 2530. การใช้เศษเหลือและผลิตผลพลอยได้ทางการเกษตรบางชนิดเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดียว. สุกรสาส์น. 13: 62-78.

Bhikajee, M. and P,Gobin . 1997. **Effect of temperature on the feeding rate and growth of a red tilapia hybrid**. In:Proceedings of the Fourth International Sysmposium on Til-apia in Aquaculture (ed. By K. Fitzsimmons). Vol. 1, 131-140 pp. Oralando, Fo, USA

Brett J.R. 1979. **Factors effecting fish growth**. In: Fish Physiology (ed. By H.D.J. randall & J.R. Brett). Vol. 8, 599-675 pp. Academic Press, New York, USA.

Casey, C. G., W.L. Steven, and V.Z. Paul. 2004. **Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish**. *Aquaculture*. 236: 309-319 pp.

Caulton M.S. 1982. **Feeding, metabolism and growth of tilapias: some quantitative consideration**. In: *The Biol-ogy and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings* (ed. By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe-McConnell), Vol.7, 157-180 pp. Manila, Philippines.

Chapman, V.J. and Chapman, D.J. 1973. **The algae**. The Macmillan press LTD.

Chervinski J. 1982. **Environmental physiology of tilapias**. In: *The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings* (ed. By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe-McConnell), Vol.7, 157-180 pp. Manila, Philippines.

Dempster, P. W., Beveridge, M. C. M. & Baird, D. J. 1993. **Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.): a comparison of feeding rates on periphyton and phytoplankton**. *Journal of Fish Biology*. 43: 385–392 pp.

Eaton, R.W., Sandusky, P. 2009. **Biotransformation of geosmin by terpene-degrading bacteria**. *Applied and Environmental Microbiology*. 21: 71-79 pp.

Farmer, L.J., J.M. McConnell, T.D.J. Hagan and D.B. Harper. 1995. **Flavor and off-flavor in wild and farmed Atlantic salmon from locations around Northern Ireland**. *Water Science and Technology*. 31 : 259-264 pp.

Form, J. and V. Horlyck. 1984. **Site of uptake geosmin a cause of earthy-flavor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 41: 1224-1226 pp.

HakanTurker. 2003. **Effect of temperature and phytoplankton concentration on Nile tilapia *Oreochromis Niloticus* filtration rate**. *Aquaculture research*, 34, 453-459 pp.

Hepher, B. 1988. **Nutrition of Pond Fishes**. Cambridge University Press, 1988. 388 pp.

Izauirre, G., C.J. Hwang, S.W. Krasner and J. Micheal. 1982. **Geosmin and 2–methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply system**. *App. Envi. Micro*. 43: 708-714 pp.

Johnsen, P.B. and S.W. Lloyd. 1992. **Influence of fat content on uptake and depuration of the off-flavor 2-methylisoborneol by channel catfish (*Ictalurus punctatus*)**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 49: 2406-2411 pp.

Johnson, P.B. and C.P. Dionigi. 1994. **Physiology approaches to the management of off-flavor in farm-raised channel catfish (*Ictalurus punctatus*)**. pp. 141-161. In D. Tave and C.E. Tucker (Eds.). Recent Development in Catfish Aquaculture. New York: The Haworth Press, Inc.

Johnsen, P.B., S.W. Lloyd, B.T. Vingad and P.C. Dionigi. 1996. **Effect of temperature on uptake and depuration of 2-methylisoborneol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*)**. *J. World Aqua. Soc*. 27: 15-20 pp.

Klapper, H. 1991. **Control of Eutrophication in Inland Waters**. New York: Ellis Horwood.

Lovell, R.T. and D. Broce. 1985. **Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp**. Aquaculture penaeid shrimp. *Aquaculture*. 50: 169-174 pp.

Lovell, T. 1998 ***Nutrition and Feeding of Fish*, 2nd edn**. Kluwer Academic Publishers, MA, USA, 267 pp.

Martin, J.F., C.P. McCoy, W. Greenleaf and L.W. Bennett. 1987. **Analysis of 2-methylisoborneol in water, mud and channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial culture ponds in Mississippi**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 909-912 pp.

Martin, J.T., L.W. Bennett and W.H. Graham. 1988. **Off-flavor in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) due to 2-methylisoborneol and its Dehydration Products**. *Water Sci. Technol.* 29: 59-65 pp.

Martin, J.F., M.S. Plakas, H.J. Holley, J.V. Kitzman and A.M. Guaino. 1990. **Pharmacokinetics and tissue disposition of the off-flavor compound 2-methylisoborneol in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*)**. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* 47: 544-547 pp.

Matsuyasu, N., O. Takahoro, K. Yoshiyuki, I. Noriyuki, I. Taichi, A. Akiiro, S. Toshiaki, H. Euichi and S. Michio. 1996. **Inhibitory effects of odor substances, geosmin and 2-methylisoborneol, on early development of sea urchins**. Elsevier Science Ltd. PII: S0043-1354(96)00104-2.

Milie, D.F., M.C. Baker, C.S. Tucker, B.T. Vinyard and C.P. Dionigi. 1992. **High-resolution Airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton**. *J. of Phytocoloy*. 28: 28-290 pp.

Mironova N.V. 1975. **The nutritive value of algae as food for *Oreochormis mossambicus***. *Journal of Ichtyology* 15, 150-514 pp.

Northcott, M E., Beveridge, M. C. M. & Ross, L. G. 1991. **A laboratory investigation of the filtration and ingestion rates of the tilapia, *Oreochromis niloticus*, feeding on two species of blue–green algae**. *Environmental Biology of Fishes*. 31: 75–85.

Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007. **Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score)**. *J. fisheries technology research*. 1: 71-81 pp.

Persson, P.E. 1982. **Muddy odor: a problem associated with extreme eutrophication.** *Hydrobiologia*. 89: 161pp.

Phillips, M. J., Roberts, R. J., Stewart, J. A. & Codd, G. A. 1985. **The toxicity of thecyanobacterium *Microcystis aeruginosa* to rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson.** *Journal of Fish Diseases*. 8: 339–344 pp.

Piumsombun S. 2001. **Production, accessibility and consumption patterns of aquaculture products in Thailand.** FAO Fisheries Circular No. 973.

Rabergh, C. M. I., Bylund, G. & Eriksson, J. E. 1991. **Histopathological effects of microcystin-LR, a cyclic peptide toxin from the cyanobacterium (blue–green alga) *Microcystis aeruginosa*, on common carp**. *Aquatic Toxicology*. 20, 131–146 pp.

Rungreungwudhikrai, E. 1995. **Characterization and classification of off-flavor of Nile tilapia**. *M.S. Thesis no*. AE-95-24 pp. Bangkok: Asian Institute of technology.

Schroeder, G.L., Lawton, A. Alkon, A. Halevy and H. Krueger. 1990. **The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures.** *Aquaculture*. 86: 219-229 pp.

Sivonen, K. 1982. **Factor influencing odor production by actinomycetes**. *Hydrobioloia*. 86: 165-170 pp.

Smith, G.M. 1950. **The fresh water algae of the United States**. *McGraw-Hill Book Company*. Inc., London.

Tabachek, J.L. and M. Yurkowski. 1976. **Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites and 2-methylisoborneol in saline lake in Monitoba**. *J. Fish Res. Board Can*. 33: 25-35 pp.

Tanaka A., Oritani T., Uehara F., Saito A., Kishita H., Niizeki Y., Yokota H. and K. Fuchigami. 1996. **Biodegradation of a Musty Odour Component, 2-Methylisoboneol**. *Wat. Res*. 30: 759-761 pp.

Tanchotikul, U. 1990. **Studies on important volatile flavor compounds in Louisiana rangia clam (*Rangia cuneata*)**. Doctoral dissertation. Louisiana state university. 96 pp.

Tanchotikul, U. and T.C.Y. Hsieh. 1990. **Methodology for quantification of geosmin and Levelin raggia clam (*Rangia cuneata*)**. *J. Food Sci*. 55: 235-312 pp.

Trainor, F.R. 1978. **Introductory phycology**. John Wiley, New York.

Turker H., Eversole A.G. & Brune D.E. 2003. **Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreoochro-mis niloticus*, in the partitioned aquaculture system**. *Aquaculture*. 215: 93-101 pp.

Van Der Ploeg, M. 1989. **Seasonal trends in flavor quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial pond in Missisippi**. *J. of Applied Aquaculture*. 2: 22-31 pp.

Van Der Ploeg, M. and C.E. Boyd. 1991. **Geosmin production in cyanobacteria (blue green algae) in fish pond at Auburn**. *Alabama: J. of the World Aquaculture Society*. 22: 207-216 pp.

Wilson, P. H., Spence, S. K., & Kavanagh, D. J. (1989). **Cognitive Behavioral Interviewing for Adult Disorder.** New York: Routledge.

Wohlfarth, G.W. and G. Hulata. 1987. **Use of manure in aquaculture**. Pp. 353-367. In D.J.W. Moriartyand R.S.V. Pullin (eds.). Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 14, 420 pp. Internationnal Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

Yamada, N., N. Marakami, N. Kawamura and J. Sakakibara. 1994. **Mechanism of an early lysis by fatty acid from *Axenic Phormidium tenue* (Musty odor-producing cyanobacterium) and its growth prolongation by bacteria**. *Biol. Pharm. Bull.* 17: 1277-1281 pp.

Yamprayoom, J. and A. Noomhorm. 2000. **Geosmin and Off-flavor in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. *J. of Aquatic product technology*. 9: 29-41 pp.

Yurkowski, M. and J.L. Tabachek. 1974. **Identification analysis and removal of geosmin from Muddy flavored trout**. *J. Fish. Res Board. Can.* 31: 1851-1858 pp.

Yurkowski, M. and J.L. Tabachek. 1980. **Geosmin and 2-methylisoborneol implicated as a cause of muddy odor and flavor in commercial fish from Cedar Lake**. *Manitoba. Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1449-1450 pp.

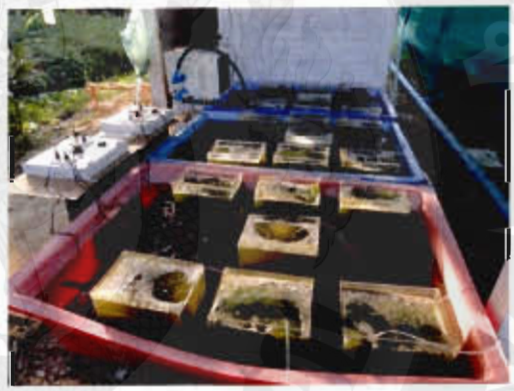
Zilberg B. 1966. **Gastroenteritis in Salisbury European children – a five-year study**. *Cent. Afr. J. Med.* 12:164-168 pp.

ภาคผนวก ก

ภาคผนวกที่ 1 ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

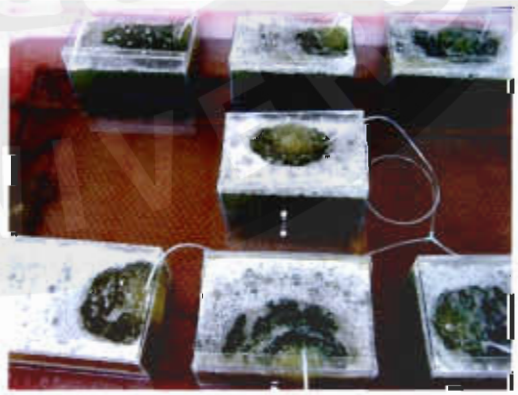
ภาคผนวกที่ 2 ตรวจสอบเครื่องทำความร้อน (Heater)

ภาคผนวกที่ 3 แผงวงจรควบคุมอุณหภูมิ



ภาคผนวกที่ 4 แสดงอุปกรณ์การทดลองย่อยที่ 1

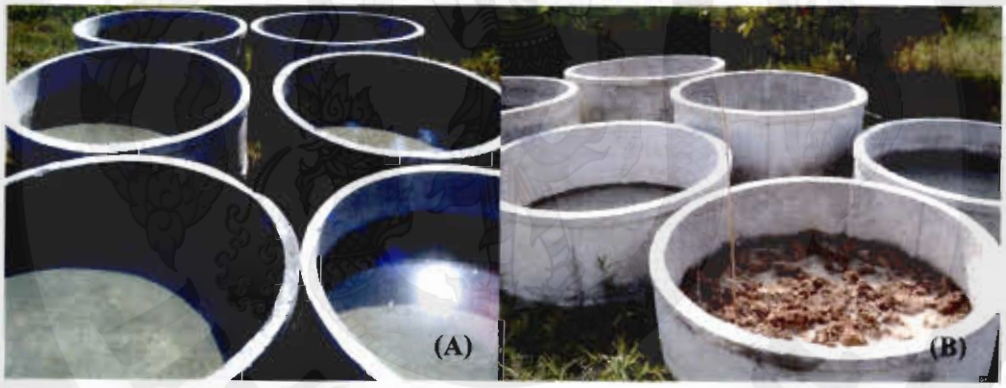
ภาคผนวกที่ 5 เครื่องทำความเย็น (Chiller)



ภาคผนวกที่ 6 ตู้กระจกที่ใช้ทดลองใส่น้ำเขียว

ภาคผนวกที่ 7 น้ำเขียวที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวกที่ 8 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน (น้ำเขียว)



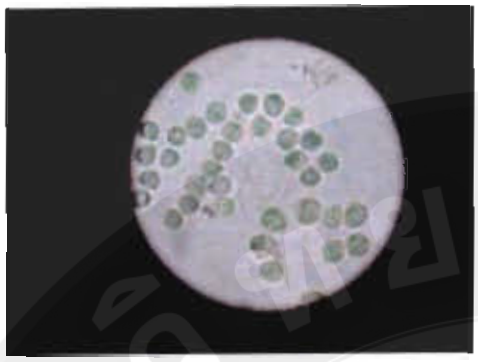
ภาคผนวกที่ 9 (A-B) ลักษณะของบ่อซีเมนต์และการเตรียมบ่อซีเมนต์ก่อนการทดลอง

ภาคผนวกที่ 10 (A-B) การชั่งและการใส่กากเหลือจากการหมักมูลสุกรลงในบ่อซีมนต์

ภาคผนวกที่ 11 (A-B) โรงเรือนเพาะเลี้ยงปลานิลและบ่อซีเมนต์ ที่ใช้ในการทดลอง

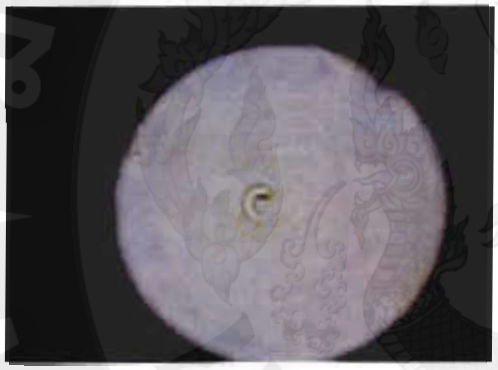
ภาคผนวกที่ 12 (A-B) การวัดความยาวและชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของปลานิล

ภาคผนวกที่ 13 (A-C) เครื่อง Spectrophotometer สารเคมี และหลอด Quartz Cuvette วิเคราะห์คลอโรฟิลล์- เอ (Chlorophyll –a)

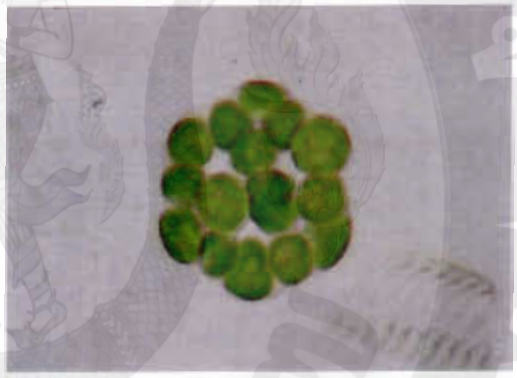


ภาคผนวกที่ 14 *Chlorella*

ภาคผนวกที่ 15 *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat



ภาคผนวกที่ 16 *Monoraphidium* sp.



ภาคผนวกที่ 17 *Chroococcidiopsis*

ภาคผนวกที่ 18 *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat

ภาคผนวกที่ 19 *Chroococcus*

ภาคผนวก ข

ประวัติและผลงานวิจัย

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย อาจารย์ ดร. บัญชา ทองมี

(ภาษาอังกฤษ) Dr. Buncha Tongmee

บัตรประจำตัวประชาชน 3-8099-00585-77-9

ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 7

สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 ต่อ 108

โทรสาร 0-5349-817-8 ต่อ 130

E-mail bunchat@yahoo.com, **buncha_t@mju.ac.th**

ประวัติการศึกษา

ปี 2526 ปว.ท. (ประกาศนียบัตรการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปี 2533 ทษ.บ. สัตวศาสตร์ (ประมงน้ำจืด) สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

ปี 2538 วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปี 2548 Ph.D. in Aquaculture. Central Luzon State University

Publications :

Reyes. R.G., E.A. Abella, **T. Buncha**, R.L. Ordonio and E. Matic. 2002. Integrating mushroom with Genetically Male Tilapia: An Innovative Mushroom Technology. The 29 th Annual Convention of the Philippine Society for Biochemistry and Molecular Biology. December 5-6, 2002. SEARCA, University of the Philippines, Los Baños. Philippines.

Tongmee, B. 2008. Effect of Green Water on the Productivity of Lanchester's Freshwater Prawn (*Macrobrachium lanchesteri* de Man). The 5th Taiwan-Thailand Bilateral Conference.

Agriculture for Improving Human Life: The International Collaboration on Tropical Agriculture. *Proceedings*. May 7-9, 2008. National Pingtung University of Science and Technology Pingtung, TAIWAN. p 52.

ผลงานตีพิมพ์ :

นวลมณี พงศ์ธนา, David J. Penman, พุทธรัตน์ เบ้าประเสริฐกุล และ**บัญชา ทองมี**. 2538. การจำแนกเพศปลานิล. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 3. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง. 26 น.

นวลมณี พงศ์ธนา และ**บัญชา ทองมี**. 2538. การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ในปลาสลิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2538. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง 20 หน้า. รหัสทะเบียนวิจัย 36-13404-2111-065-162

นวลมณี พงศ์ธนา พุทธรัตน์ เบ้าประเสริฐกุล และ**บัญชา ทองมี**. 2538. การใช้ฮอร์โมนในการผลิตปลาสลิดเพศเมีย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2538. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง 25 หน้า. รหัสทะเบียนวิจัย 36-13404-2111-065-162

บัญชา ทองมี เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ กระสินธุ์ หังสพฤษ์ และสุฤทธุ์ สมบูรณ์ชัย. 2544. การใช้หอยเชอรี่อบแห้งทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารปลาดุกบิ๊กอุย. วารสารการประมง 54(6) หน้า 497-502

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ **บัญชา ทองมี** นิวุฒิ หวังชัย และ สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2545.อิทธิพลของการเสริมวิตามินซีในอาหารทดลอง ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจในกบบูลฟรอก. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาแม่โจ้. หน้า 36-37.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, นิวุฒิ หวังชัย, **บัญชา ทองมี** และสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย, 2545. อิทธิพลของการเสริมวิตามินซีในอาหารทดลองต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจในกบบูลฟร็อก. ใน การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2545, สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ **บัญชา ทองมี** และ นิวุฒิ หวังชัย. 2545. การศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาแรด. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาแม่โจ้. หน้า 127-128.

กระสินธุ์ หังสพฤษ์ **บัญชา ทองมี** และสุฤทธุ์ สมบูรณ์ชัย. 2546. การศึกษาชีวบางประการและความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งฝอย. รายงานผลงานวิจัย 21 หน้า.

ชนกันต์ จิตมนัส น้ำเพชร ประกอบศิลป์ ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน **บัญชา ทองมี** อภินันท์ สุวรรณรักษ์ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และ จงกล พรมยะ. 2546. การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ และฤดูกาลวางไข่ของปลาเศรษฐกิจบางชนิด ในเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จ.เชียงใหม่. รายงานผลงานวิจัย 28 หน้า.

บัญชา ทองมี. 2549. ผลของความขุ่นของน้ำต่อการเจริญและอัตราการรอดของลูกปลานิลในบ่อซีเมนต์. น.44. <u>ใน</u> การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน ปิยนุช เณรรอด ภาคภูมิ วงศ์แข็ง **บัญชา ทองมี** และจงกล พรมยะ. 2549. การศึกษาเบื้องต้นการใช้ประโยชน์สาหร่ายยูกลีนา (Euglena sanguinea Ehrenberg) ต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. รายงาน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 ภาคบรรยาย วันที่ 25 – 26 พฤษภาคม 2549 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 292 – 299.

อภินันท์ สุวรรณรักษ์ **บัญชา ทองมี** ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธุ์ และจงกล พรมยะ. 2548. การศึกษาชีวประวัติบางประการของปลาเศรษกิจบางชนิดในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. รายงานผลงานวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 56 หน้า.

บทความ :

เตรียมตัวเลี้ยงปลาก่อนหน้าฝน (ตอนที่ 1) นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, ฉ. 1 (มิถุนายน-กรกฎาคม), หน้า 83-90

เตรียมตัวเลี้ยงปลาก่อนหน้าฝน (ตอนที่ 2) นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, ฉ. 2 (สิงหาคม-กันยายน), หน้า 84-86

ป.ปลาน่าบริโภคนิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, ฉ.1 (มิถุนายน-กรกฎาคม), หน้า106-109

หอยเชอรี่อาหารปลาตุกบิ๊กอุย นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2543 ปีที่ 1, ฉ. 5 (กุมภาพันธ์-มีนาคม), หน้า 63-66

กลิ่นสาบโคลนในสัตว์น้ำ นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2542 ปีที่ 1, ฉ. 3 (ตุลาคม-พฤศจิกายน), หน้า 76-78

ไรแดง สัตว์น้ำเพิ่มรายได้ยุคเศรษฐกิจวิกฤติ วารสารส่งเสริม& พัฒนา; 2544 ปีที่ 12 ฉ.3 (ตุลาคม 43-มกราคม 44), หน้า 9-18

การศึกษาชีวประวัติบางประการของปลาเศรษกิจบางชนิดในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่; 2548; รายงานผลงานวิจัย; มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 56 หน้า

ไต้หวันไปไกลกว่าที่คิดแล้วไทยเราล่ะ นิตยสารแม่โจ้ปริทัศน์; 2551 ปีที่ 9, ฉ. 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม), หน้า 20-27

ความเชี่ยวชาญในสาขาวิชา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, อาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน, ปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ, พรรณไม้น้ำ

ประสบการณ์พิเศษ

1. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2551 เรื่อง การพัฒนาเทคนิคการผลิตปลานิลในกระชังในบ่อเลี้ยงปลาบึกเพื่อเสริมรายได้

2. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปีงบประมาณ 2551 เรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุลตราโซนิคเพื่อการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของประเทศไทย: ผลของเวลาสัมผัสและความถี่ต่อการจมตัวและการปล่อยสารพิษไมโครซิสตินของ *Microcystis aeruginosa* ที่บำบัดด้วยเครื่อง Ultrasonic (ร่วมวิจัยกับ Dr.Nakao Nomura จาก Tsukuba University ประเทศญี่ปุ่น)

3. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2551 เรื่อง การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารพิษและกลิ่นไม่พึงประสงค์

4. ผู้ช่วยนักวิจัย: โครงการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2551 ภายใต้โครงการให้นักวิชาชีพไทยที่อยู่ต่างประเทศกลับมาร่วมพัฒนาการอุดมศึกษาไทย เรื่อง "การพัฒนาประสิทธิภาพของสูตรอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม"

ชื่อผู้ร่วมวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. นิวุฒิ หวังชัย

Assoc. Prof. Dr. Niwooti Whangchai

บัตรประจำตัวประชาชน 3-9201-00267-81-1

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โทรศัพท์ 0-5387-3470-2 ต่อ 105

โทรสาร 0-5349-817-8 ต่อ 130

E-mail Niwooti@hotmail.co.th

ประวัติการศึกษา 2528 วท.บ. (วาริชศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2534 วท.ม. (วิทยาศาสตรการประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2545 Ph.D. (Applied Biochemistry) University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น

Publications :

Whangchai N., C. Alfafara, K. Nakano, T. Igarashi and M. Matsumura. 2000. Phytoplankton control by electroflotation in shrimp pond water. In: The 34th Conference of the Japan Society on Water Environment. Kyoto, Japan. March 16-18.

Srinophakun P., **N. Whangchai** and M. Matsumura. 2000. Ozone Characteristic and reaction with humic acid in freswater and artificial seawater. In: The Proceedings of the 10th Thai Chemical Engineering and Applied Chemistry. BIOTEC, Thailand. 267-273 pp.

Whangchai N., C. Alfafara, K. Nakano, N. Nomura, T. Igarashi and M. Matsumura. 2001. Optimization of electro-chemical process for control phytoplankton in seawater. *In* The 35th Conference of the Japan Society on Water Environment. Gifu, Japan. March 14-16.

Whangchai N. 2001. Development of ozonation for water quality improvement in intensive shrimp cultivation Ph.D. Thesis. University of Tsukuba. Japan.

Matsumura M., **Whangchai N.**, Migo V.P., Young H.K., Alfafara C.G., and Nomura N. 2001. Effects of algae die-off on shrimp cultivation in ponds using ozonation. In: Proceedings of the JSPS-NRCT International Symposium on Sustainable Shrimp aquaculture and Health Management: Diseases and Environment. Tokyo university of Fisheries, Japan. 73-87 pp.

Whangchai N., Veronica P. Migo, H. K. Young and M. Matsumura. 2002. Effect of ozonation on alkalinity and its control in ozonated shrimp ponds water. In: C.R. Lavilla E. Cruz-Lacierda, (eds.), Disease in Asian Aquaculture: Volume 4. Asian Fisheries Society, Manila,Philippines. 113-124.

Whangchai N., C.G. Alfafara, N. Nomura, H.K. Young and M. Matsumura. 2002. Shrimp disease disinfection and phytoplankton control of intensive shrimp pond water by electro-oxidation process. *Fisheries Science*. 68 (suppli. 1):981-982.

Whangchai N., V. P. Migo, R. Usero, H. K. Young, C. G. Alfafara, N. Nomura and M. Matsumura. 2002. Effects of *in situ* ozonation coupled with jet aerator on water qualities, *Vibrio* and phytoplankton in intensive shrimp grow-out ponds.
Thai J. Agric. Sci. 35(4):451-463.

Migo V.P., **N. Whangchai**, C.G. Alfafara, N. Nomura, H.K. Henry Young and M. Matsumura. 2002. Strategies for the control of alkalinity and algae over-bloom in intensive shrimp cultivation. The Proceedings of the National Shrimp Industry Congress. July 1-4, 2002 Bacolod city, The Philippines.

Whangchai N., N. Nomura, M. Matsumura. 2003. Disinfection, phytoplankton control and COD removal in water from shrimp pond by electro-oxidation process. Abstract of the International Conference on Water Resources management for Safe Drinking Water. Water Research Center, Fact. Of Sci. Chiangmai Univ. p 54.

Whangchai N., N. Nomura, M. Matsumura. 2003. Phytoplankton comtrol in artificial seawater using electrolytic treatments. Thai J. Agric. Sci. 36(3):297-304.

Whangchai N., N. Nomura, M. Matsumura. 2003. Factors Affecting Phytoplankton Removal by Electro-Oxidation of Artificial Seawater. Chiang Mai J. Sci. 31(3):255-259.

Whangchai N., Migo V.P., Alfafara C.G., Young H. K., N. Nomura, M. Matsumura. 2004. Strategies for alkalinity and pH control for ozonated shrimp pond water . Aquacultural Engineering. 30(2004):1-13.

Whangchai N., Chitmanat C., Pimpimol T. and Matsumura M. 2005. The effects of green tea extract additive feeds on the growth performance and survival rate the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Songklanakarin J. Sci. Technol., 27 (Suppl. 1) : 83-89.

Prommana R., Y. Peerapornpisal, **N. Whangchai**, L.F. Morrison, J.S. Metcalf, W. Ruangyuttikarn, A. Towprom and G.A. Codd. 2006. Microcystins in Cyanobacterial Blooms from Two Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Ponds in Northern Thailand. Science Asia. 32(4): 365-370.

Rodrigo P. Baysa and **N. Whangchai**. 2007. Effect of culture season and stocking density on growth and production of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) raised in northern Thailand. *Mj. Int. J. Sci. Tech.*, *01*(02), 216-221.

Whangchai N., T. Ungsethaphand., C. Chitmanat, K. Mengumppan and S. Uraiwan. 2007. Performance of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosengergii* de Man) Reared in Earthen Ponds Beneath Plastic Film Shelters. Chiang Mai Journal Science. 34 (1): 89-96.

Whangchai N., K. Kannika, S. Deejing, T. Itayama, N. Iwami, T. Kuwabara and Y. Peerapornpisal. 2008. Growth performance and accumulation of off flavor in red tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mosambicus*, culture by green water system using chicken manure. Asian Environmental Research. (1) : 8-16.

Itayama T., Iwami N., Koike M., Kuwabara T., **Whangchai N.**, and Inamori Y.. 2008. Measuring the Effectiveness of a Pilot Scale Bioreactor for Removing *Microcystis* in an Outdoor Pond System. *Environ. Sci. Technol.* 15;42(22):8498-8503.

Whangchai N., Tawong W., Wigraiboon S., Itayama T., Kuwabara T., and Iwami N. 2008. Effects of manure fertilizer on off-flavor substances in water and sediment from tilapia ponds. The Proceedings of 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Egypt. 173-180 pp.

ผลงานตีพิมพ์ :

นิวุฒิ หวังชัย. 2534. การสะสมและการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินพื้นบ่อกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงแบบหนาแน่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวุฒิ หวังชัย. 2544. การกำจัดสาหร่ายในแหล่งน้ำด้วยวิธี Electrolytic process. 6th WRC Workshop on Eutrophication and Toxic Cyanobacteria in Freshwater Reservoirs. Fact. Of Science, Chiangmai Univ. 4 หน้า.

นิวุฒิ หวังชัย. 2545. ผลของ Oxidants ที่ผลิตจาก Electro-oxidation ต่อเชื้อ Vibrio harveyi ในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาแม่โจ้. หน้า 38-39.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ **นิวุฒิ หวังชัย** บัญชา ทองมี และสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2545.อิทธิพลของการเสริมวิตามินซีในอาหารทดลองต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจในกบบูลฟรอก. บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาแม่โจ้. หน้า 36-37.

สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ บัญชา ทองมี และ**นิวุฒิ หวังชัย.** 2545. การศึกษาระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาแรต.บทคัดย่อการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาแม่โจ้. หน้า 127-128.

บุญสิน จิตตะประพันธ์ สมพร มีแสงแก้ว และ**นิวุฒิ หวังชัย.** 2545. การสำรวจหอยมือเสือและสภาพแวดล้อมบริเวณแนวปะการังของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดชุมพร. บทคัดย่อการประชุมทาง วิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 4 สำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาแม่โจ้. หน้า 126.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ นิวุฒิ หวังชัย กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ และสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2546. ผลของระดับโปรตีนและไขมันต่อการเจริญเติบโตของกบบูลฟร็อก. วารสารการประมง. 56(5):463-468.

นิวุฒิ หวังชัย สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย กรทิพย์ กันนิการ์ รจนา ดอนชะอุม และรจนา จันทรา. 2547. ผลของการใช้สาหร่ายสไปรูลินาสดต่อผลผลิต การเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราแลกเนื้อและองค์ประกอบทางเคมีในปลานิลแดง. วารสารทางการของสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, ปีที่ 22 ฉบับพิเศษ, วันที่ 9-10 ธันวาคม 2547, หน้า 135-143

กรทิพย์ กันนิการ์ และ**นิวุฒิ หวังชัย.** 2548. ผลของการใช้สาหร่ายสไปรูลินาสดต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในปลานิลแดง. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6 สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร, วันที่ 19-20 พฤษภาคม 2548, หน้า 224-231.

นิวุฒิ หวังชัย. 2548. การพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในเขตภาคเหนือ. แม่โจ้ปริทัศน์. ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน พฤษภาคม – มิถุนายน 2548. ISSN : 1513-1831. หน้า 24-26.

นิวุฒิ หวังชัย จิราพร โรจน์ทินกร ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล ประจวบ ฉายบุ อภินันท์ สุวรรณรักษ์ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ยนต์ มุสิก และชุมพล ศรีทอง. 2006. การพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยแบบหนาแน่นโดยใช้โอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำ. *J. Natl. Res. Council Thailand*, 38 (1): 31-52.

ปัทมา ตั้งใจ อรุณี อิงคากุล **นิวุฒิ หวังชัย** และอุทัยวรรณ โกวิทวที. 2550. คุณลักษณะของเอนไซม์ย่อยอาหารในกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 235-247.

กรทิพย์ กันนิการ์ **นิวุฒิ หวังชัย** เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ วิทยา ทาวงศ์ และสุปราณี วิกรัยบูรณ์. 2550. การเจริญเติบโตและการสะสมกลิ่นโคลนในปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียว. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

วิทยา ทาวงศ์ **นิวุฒิ หวังชัย** กรทิพย์ กันนิการ์ และสุปราณี วิกรัยบูรณ์. 2550. ปริมาณของสารจีออสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินจากบ่อปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงในระบบน้ำเขียว. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

สุพรรษา ทับทิมหิน, วิทยา ทาวงศ์, สุปราณี วิกรัยบูรณ์, สุดาพร ดงศิริ และ**นิวุฒิ หวังชัย.** 2551. การเจริญเติบโตและการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลาบึกที่ให้อาหารต่างกัน. เอกสารการประชุมวิชาการ “การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2”. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศิรประภา ฟ้ากระจ่าง ชยารัตน์ ปลื้มสำราญ เอกพงษ์ แอบแฝง กิตติชัย จันทร์ลภ สุปราณี วิกรัยบูรณ์ และ**นิวุฒิ หวังชัย.** ผลของผักบุ้งต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa*. 2552. เอกสารการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประจำปี 2552 “บูรณาการงานวิจัยสู่ชุมชนและท้องถิ่น เพื่อวิถีชีวิตที่ยั่งยืน”. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 83-91.

สุปราณี วิกรัยบูรณ์ วิทยา ทาวงศ์ ปาวลี ศรีสุขสมวงศ์ Nakao Nomura และ**นิวุฒิ หวังชัย.** 2551. ผลของโอโซน และอุลตราโซนิคต่ออากรลดปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีการเจริญเติบโตของ *Microcystis aeruginosa*. เอกสารการประชุมวิชาการ “การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2”. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.