



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

ปริญญา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล
(*Oreochromis niloticus*) และผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษ
เฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

Acute Toxicity of Ammonia and Metaldehyde in Snail Pellet Bait to Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus*) and the Effect of Metaldehyde in Snail Pellet Bait on Acute
Toxicity of Ammonia to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

นามผู้วิจัย นายอนวัช กิรติพิสุข

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร, วท.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ยนต์ มุสิก, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ, Doctorat de 3 cycle)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรพร หมั่นพล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*)
และผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล
(*Oreochromis niloticus*)

Acute Toxicity of Ammonia and Metaldehyde in Snail Pellet Bait to Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus*) and the Effect of Metaldehyde in Snail Pellet Bait on Acute
Toxicity of Ammonia to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

โดย

นายอนวัช กิริติวิสุท

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนวัช กิรติทวิสุข 2557: พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร, วท.ด. 59 หน้า

การศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิลและผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล ที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ทำการศึกษาในสภาวะน้ำนิ่ง โดยใช้ปลานิลขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 0.25 กรัม การศึกษาแบ่งเป็น 3 การทดลอง 1) ศึกษาพิษของแอมโมเนียในปลานิล พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 42.78 (39.89-45.67) ppm 2) ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยพบว่า เมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยมีความเป็นพิษต่อปลานิลค่อนข้างน้อยโดยได้ผล LC_{50} ที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 810.68 (575.79 – 1045.57), 345.85 (285.38 – 406.32) และ 251.24 (207.35 – 295.13) ppm ตามลำดับ 3) ศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล โดยใช้เมทัลดีไฮด์ 4 ส่วนในล้านร่วมกับแอมโมเนียที่ระดับต่างๆกัน พบว่า ความเป็นพิษของแอมโมเนีย ที่ได้รับผลกระทบจาก เมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิลมีค่า LC_{50} ที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 99.62 (88.29 – 110.96), 96.20 (85.03 -107.36) และ 96.20 (85.03 -107.36) ppm ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีการเสริมความพิษร่วมกันระหว่างแอมโมเนียและเมทัลดีไฮด์ และสารกำจัดหอยกลุ่มเมทัลดีไฮด์มีความเป็นพิษเฉียบพลันน้อยในปลานิล

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Anawat Keratithaweesuk 2014: Acute Toxicity of Ammonia and Metaldehyde in Snail Pellet Bait to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and the Effect of Metaldehyde in Snail Pellet Bait on Acute Toxicity of Ammonia to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Master of Science (Aquaculture), Major Field: Aquaculture, Department of Aquaculture. Thesis Advisor: Associate Professor Orapint Jintasataporn, Ph.D. 59 pages.

The acute toxicity of ammonia and metaldehyde in snail pellet bait to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and the effect of metaldehyde in snail pellet bait on acute toxicity of ammonia to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was investigated on LC_{50} at 24, 48, and 96 hr. The research was studied in static bioassay and studied in Nile Tilapia with average weight of 0.25 g. The research was divided into 3 experiments. 1) Study on the acute toxicity of ammonia, the results showed that acute toxicity of ammonia (LC_{50}) in Nile tilapia at 24 hr. was 42.78 (39.89-45.67) ppm. 2) Study on the acute toxicity of metaldehyde in Snail Pellet Bait, the results showed that the toxic level of metaldehyde in Nile tilapia was low because the high dose of LC_{50} at 48, 72 and 96 hr LC_{50} were 810.68 (575.79-1045.57), 345.85 (285.38-406.32) and 251.24 (207.35-295.13) ppm, respectively. 3) Study on the effect of metaldehyde in snail pellet bait on acute toxicity of ammonia by applying 4 ppm metaldehyde in snail pellet bait in Nile tilapia culture media incorporated with different level of ammonia, the results found that LC_{50} of Ammonia at 48, 72 and 96 hr were 99.62 (88.29-110.96), 96.20 (85.03-107.36) and 96.20 (85.03-107.36) ppm, respectively. Therefore, there was no synergistic of ammonia and metaldehyde and metaldehyde, a molluscicide, showed low acute toxicity in Nile tilapia.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อรพินท์ จินตสถาพร อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. ยนต์ มุสิก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและ รอง
ศาสตราจารย์ ดร. ประทีกย์ ตาบทิพย์วรรณ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
และให้คำปรึกษาตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่างๆจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัทเอราวัณเคมีเกษตร ที่อนุเคราะห์ เหยื่อกำจัดหอยเม่นทัลดีไฮด์ ที่ใช้ใน
การทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้แนะนำตลอดการทดลองจน
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำงาน
จนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

อนวัช กิรติวิสุข

ตุลาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
สรุปผลการทดลอง	36
ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	37
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก อัตราการตายสะสมของปลานิล	45
ภาคผนวก ข กราฟ LC ₅₀	51
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ และสัดส่วนโมล (Mole fraction) ของแอมโมเนียอิสระ	10
2	ค่าความเป็นพิษทางปากระดับต่ำสุดและค่าความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากของเมทัลดีไฮด์ที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครั้งหนึ่ง	15
3	จำนวนปลาที่รอดชีวิตจากการใช้เมทัลดีไฮด์กำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว	16
4	ค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{99} ในช่วงเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงของเมทัลดีไฮด์ 99 เปอร์เซ็นต์ ต่อสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ	16
5	ผลผลิตตามลักษณะการเพาะเลี้ยงปลานิลของภาคต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2555	22
6	ค่าพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{90} ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงของแอมโมเนียในปลานิล	30
7	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำก่อนเติมแอมโมเนีย ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล	30
8	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำหลังเติมแอมโมเนีย ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล	31
9	ค่าพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{90} ที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยในปลานิล	33
10	ค่าออกซิเจนละลายน้ำในความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ต่างกันที่เวลา 8, 72 และ 96 ชั่วโมง	33
11	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำก่อนเติมเหยื่อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล	33
12	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำหลังเติมเหยื่อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล	34
13	ค่าพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{90} ที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของแอมโมเนียโดยได้รับผลกระทบจากเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยในปลานิล	35
14	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำก่อนเติมเหยื่อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์และแอมโมเนียในการศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำหลังเติมเชื้อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์และแอมโมเนียในการศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเชื้อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล	35
ตารางผนวกที่		
ก1	อัตราการตายสะสมของปลานิลในความเข้มข้นของแอมโมเนียต่างกันที่เวลา 24 ชั่วโมง	46
ก2	อัตราการตายสะสมของปลานิลในความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ต่างกันที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเลี้ยงและค่าความเป็น กรด-เบส ของน้ำ กับปริมาณแอมโมเนียรวมและแอมโมเนียอิสระ	5
2	ร้อยละของแอมโมเนียรวมที่ถูกกำจัดจากน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของ แอมโมเนียรวมที่ต่างกัน 1 ชั่วโมงหลังจากเติมด้วยฟอร์มาลินที่ความเข้มข้น 2, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร	7
3	ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมของน้ำที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน 7 วัน หลังจากเติมฟอร์มาลินที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร	8
ภาพผนวกที่		
ข1	LC ₅₀ ของแอมโมเนียที่เวลา 24 ชั่วโมง	52
ข2	LC ₅₀ ของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยที่เวลา 48 ชั่วโมง	53
ข3	LC ₅₀ ของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยที่เวลา 72 ชั่วโมง	54
ข4	LC ₅₀ ของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยที่เวลา 96 ชั่วโมง	55
ข5	LC ₅₀ ของแอมโมเนียในความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย 4 ppm ที่เวลา 48 ชั่วโมง	56
ข6	LC ₅₀ ของแอมโมเนียในความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย 4 ppm ที่เวลา 72 ชั่วโมง	57
ข7	LC ₅₀ ของแอมโมเนียในความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย 4 ppm ที่เวลา 96 ชั่วโมง	58

พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล
(*Oreochromis niloticus*) และผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษ
เฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

Acute Toxicity of Ammonia and Metaldehyde in Snail Pellet Bait to Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus*) and the Effect of Metaldehyde in Snail Pellet Bait on
Acute Toxicity of Ammonia to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

คำนำ

เมทัลดีไฮด์ (Metaldehyde) เป็นสารกำจัดหอย (Molluscicide) ใช้เป็นเหยื่อล่อหอยเพื่อควบคุมหอยทากที่ทำลายพืชผลการเกษตรและพืชสวน เมทัลดีไฮด์เป็นสารกำจัดหอยที่ใช้กันมากในยุโรปโดยนำไปใช้ประมาณ 8% ของพื้นที่เพาะปลูกของพืชและมีการใช้อย่างกว้างขวางในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงมักมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำสาธารณะ พบว่าในสหรัฐอเมริกามีเมทัลดีไฮด์ปนเปื้อนในทะเลสาบน้ำจืด ที่ระดับ 0.13 µg/L (Garthwaite and Thomas, 1998) ในประเทศไทยมีการใช้เมทัลดีไฮด์เป็นสารกำจัดหอยหลายชนิดทางด้านการเกษตรและประมง โดยใช้เมทัลดีไฮด์ซึ่งเป็นผงสีขาวผสมน้ำในอัตรา 40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร สาดให้ทั่วบริเวณที่มีหอยทาก หรือใช้เมทัลดีไฮด์หว่านในนาข้าวในอัตรา 500-800 กรัมต่อไร่ ที่ระดับน้ำลึก 5 เซนติเมตร เพื่อกำจัดหอยเชอรี่ (ชมพูนุชท์ และคณะ, 2551)

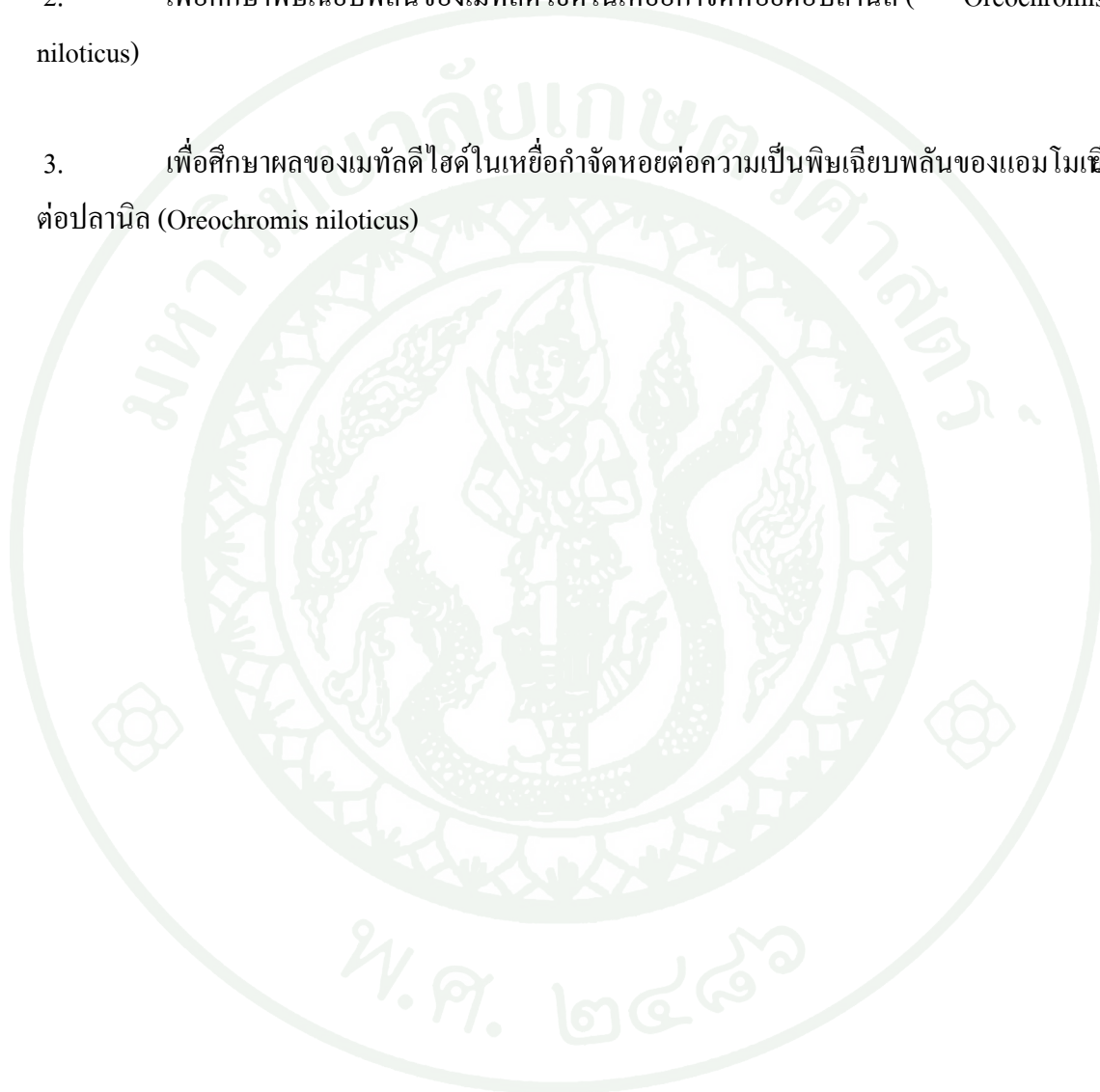
Coloso *et al.* (1998) ได้รายงานผลของเมทัลดีไฮด์ในบ่อเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเล พบว่าเมทัลดีไฮด์ 10 % ที่ระดับ 80-120 กก./เฮกแตร์ (12.8-19.2 กก./ไร่) ที่ระดับน้ำ 5 เซนติเมตร มีผลให้หอยน้ำกร่อย (brackish water snails, *Cerithidea cingulata*) ที่ความหนาแน่น มากกว่า 2,000 ตัว/ตารางเมตร ตาย 86-87% ใน 7 วัน โดยไม่มีผลต่อปลา ระดับเมทัลดีไฮด์ที่แนะนำให้ใช้ในช่วงฤดูแล้งคือ 80 กก./เฮกแตร์ (12.8 กก./ไร่, 0.8 ppm) และในฤดูฝน คือ 120 กก./เฮกแตร์ (19.2 กก./ไร่, 0.8 ppm) ปริมาณเมทัลดีไฮด์ที่กระจายออกจากเม็ดผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุดที่ 2-3 วันหลังการใช้ในบ่อและในวันต่อมาปริมาณลดลง 16 % ของปริมาณเริ่มต้นที่พบในวันที่ 2 (ชั่วโมงที่ 36) อีกทั้งพบเมทัลดีไฮด์สะสมในตะกอนพื้นบ่อจนถึง 15 วันหลังการใช้ จากนั้นในวันต่อมาปริมาณลดลงอย่างคงที่ 1 % ของปริมาณเริ่มต้นที่พบในวันที่ 15 แสดงว่าเมทัลดีไฮด์มีการสลายตัวช้าในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย จากการที่เมทัลดีไฮด์มีการสลายตัวได้ช้านี้ อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ

ธรรมชาติได้ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำต่างๆที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ รวมถึงกระทบกับการเลี้ยงเพาะเลี้ยงปลาในแหล่งน้ำนั้นด้วย

ปัจจุบันปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยผลิตปลานิลได้กว่า 190,700 ตัน คิดเป็นมูลค่า 8,529.7 ล้านบาท (กรมประมง, 2554) โดยกรมประมง 2554 รายงานว่า เกษตรกรนิยมเลี้ยงปลานิลในบ่อมากที่สุด ซึ่งได้ผลผลิต 117,345 ตัน รองลงมาคือ กระจก ซึ่งได้ผลผลิต 29,517 ตัน และอันดับสามคือ การเลี้ยงในนา ซึ่งได้ผลผลิตถึง 6,671 ตัน ซึ่งการเลี้ยงดังกล่าวจำเป็นต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำเดียวกับภาคเกษตรซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของเมทัลลิสต์ในแหล่งน้ำ เช่น น้ำทิ้งจากนาข้าวที่มีการใช้สารเมทัลลิสต์ในการกำจัดหอยเชอร์รี่ ซึ่งอาจกระทบต่อการเลี้ยงได้ นอกจากนี้เมทัลลิสต์อาจมีผลให้ปลาไม่แข็งแรงและส่งผลกระทบต่อพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียได้ลดลง ซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้เกิดการตายเพิ่มขึ้นได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*)
2. เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*)
3. เพื่อศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*)



การตรวจเอกสาร

1. แอมโมเนีย

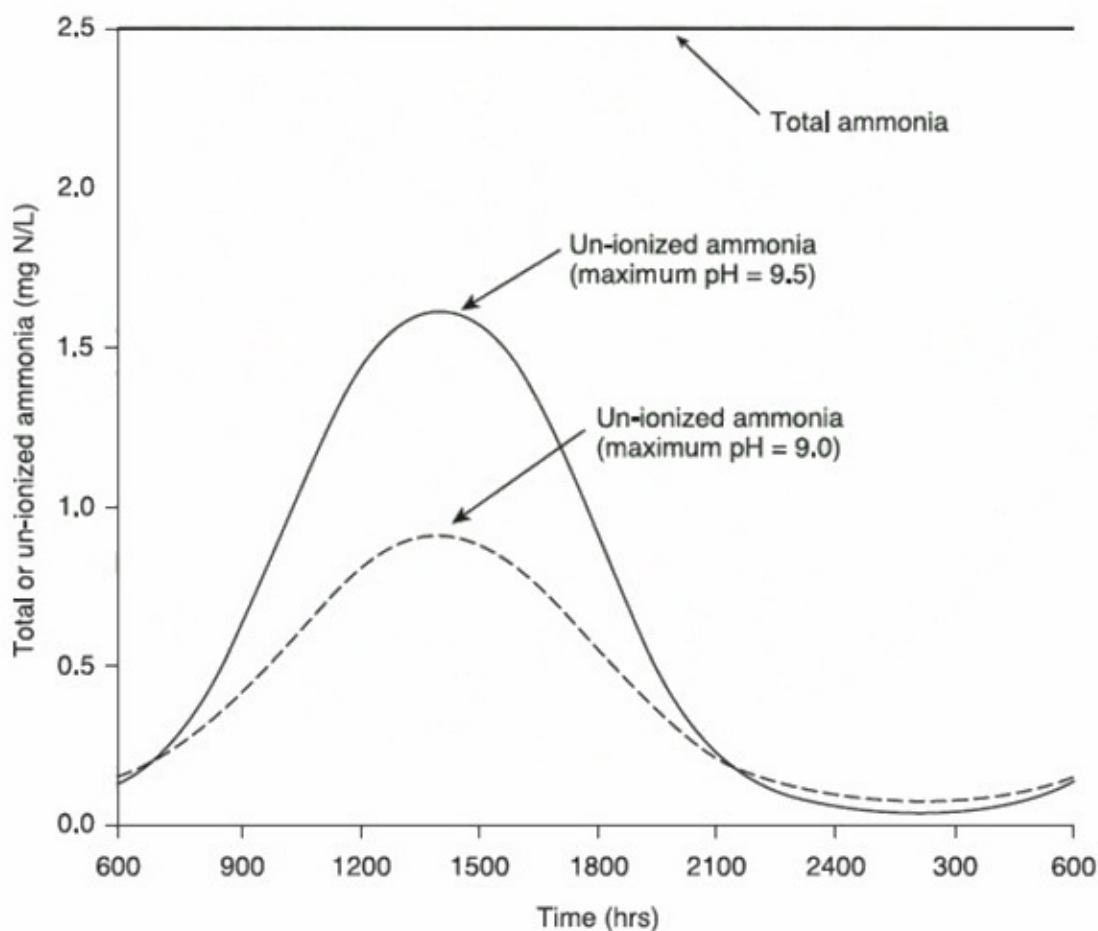
แอมโมเนียเป็นแก๊สไม่มีสีมีกลิ่นฉุน สามารถละลายน้ำได้ดีแอมโมเนียที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ในโตรเจนารจับถ่ายของสิ่งมีชีวิตซากของสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว ปุ๋ยและอาหารสัตว์น้ำที่เหลือตกค้าง กระบวนการสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนจนกลายเป็นแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) เรียกว่า Ammonification ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแอมโมเนียที่สำคัญที่สุดของแหล่งน้ำส่วนใหญ่ โดยปกติเมื่อกล่าวถึงแอมโมเนียในน้ำจะหมายถึงแอมโมเนียทั้งหมด (Total ammonia) หรือผลรวมของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในน้ำ ดังปฏิกิริยา



ปริมาณแอมโมเนียมีความสำคัญต่อสัตว์น้ำรองมาจากปริมาณออกซิเจนเนื่องจากแอมโมเนียทำให้เกิดความเครียดและเกิดความเสียหายต่ออวัยวะของปลาแอมโมเนียที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเกิดจากการกระบวนการเมแทบอลิซึมของปลาเองโดยปล่อยออกมาในรูปแบบของเสียคือแอมโมเนียจะออกมามากบริเวณเหงือกและออกมาเล็กน้อยกับปัสสาวะ (Floyd, 1990) แอมโมเนียอิสระ (NH_3) จะเป็นอันตรายต่อปลาสูงกว่าแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) (Durborow, 2000)

เมื่อค่าความเป็น กรด-เบส ของน้ำเท่ากับ 7.0 และอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส จะเกิดแอมโมเนียมไอออนประมาณร้อยละ 99.2 และค่าแอมโมเนียอิสระร้อยละ 0.8 ของแอมโมเนียทั้งหมดที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่ถ้าค่าความเป็นเบสเพิ่มขึ้นจะเกิดแอมโมเนียมไอออนจะลดลงแต่ปริมาณสัดส่วนของแอมโมเนียอิสระจะเพิ่มขึ้น ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีปริมาณสูงขึ้นตามสภาพความเป็นเบสของน้ำที่มากกว่าและระยะเวลาในการเลี้ยงที่มากกว่าจะทำให้มีแอมโมเนียรวมที่มากกว่า ซึ่งเกิดจากอาหารและการขับถ่ายของสัตว์น้ำหากมีการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบต่อเนื่องจึงควรมีข้อมูลคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์น้ำรุ่นต่อไป และอาจใช้อ้างอิงได้ถ้าเกิดปัญหาในการเลี้ยง เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียในแหล่งน้ำสูงขึ้น ปริมาณแอมโมเนียอิสระและแอมโมเนียมไอออนในแต่ละช่วงของวันมีปริมาณที่ไม่เท่ากันจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวัน โดยขึ้นกับความ เป็น กรดเบส ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยแอมโมเนียมไอออนมีปริมาณเริ่มสูงขึ้นในช่วงเช้าและจะสูงสุด ช่วงกลางวันและเริ่มต่ำลงในช่วงบ่าย ซึ่งจะตรงกันข้ามกับปริมาณแอมโมเนียอิสระ

โดยจะเห็นจากตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเลี้ยงและค่าความเป็น กรด-เบส ของ น้ำกับปริมาณแอมโมเนียรวมและแอมโมเนียอิสระดังที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเลี้ยงและค่าความเป็น กรด-เบส ของน้ำกับปริมาณแอมโมเนียรวมและแอมโมเนียอิสระ

ที่มา: Hargreaves *et al.* (2004)

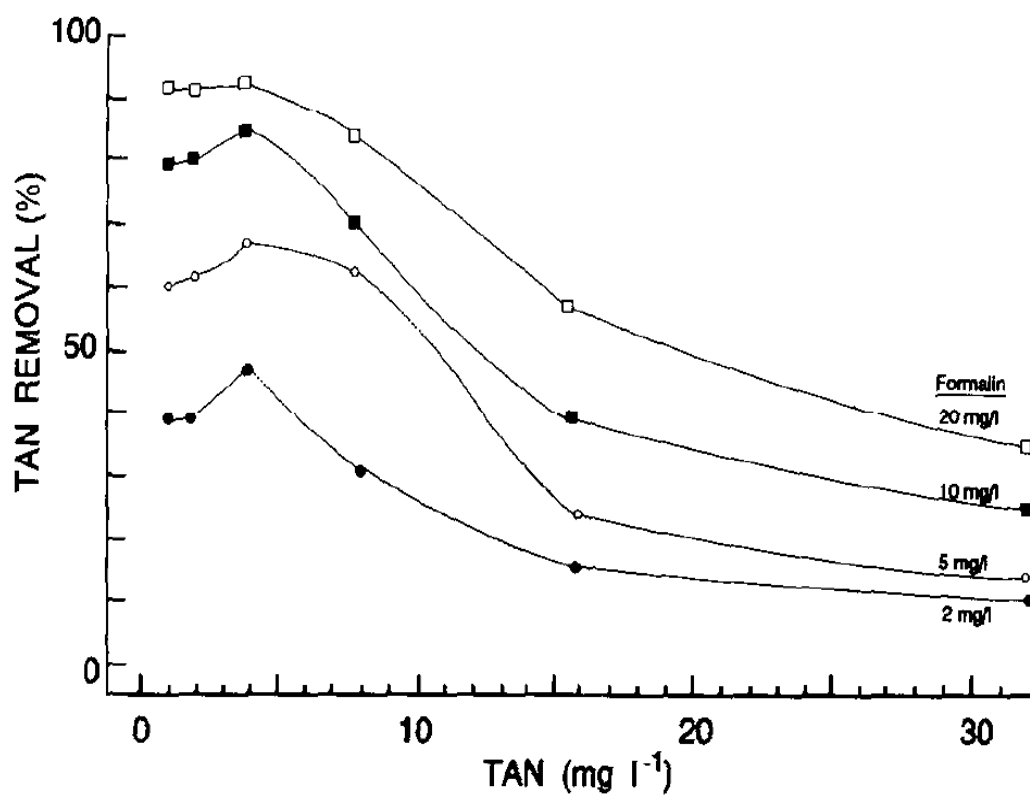
1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย

มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนียซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ออกซิเจนละลาย ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนละลายลดลง เช่น Wajsbroet *et al.* (1991) พบว่า เมื่อออกซิเจนละลายน้อยกว่า 85% ของจุดอิ่มตัวทำให้ปลา Seabream (*Sparus aurata*) มีความไวต่อแอมโมเนียมากขึ้น
2. ความเป็น กรด-เบส pH ของน้ำมีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนียโดยเปลี่ยนสมดุลของแอมโมเนียทั้งสองรูป เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นทำให้เพิ่มสัดส่วนของแอมโมเนียไม่แตกตัวซึ่งเป็นรูปที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ
3. ระดับแอมโมเนียที่ผันแปร ในการเลี้ยงสัตว์น้ำแอมโมเนียผันแปรทุกๆ ชั่วโมงเนื่องจากความผันแปรของระดับการขับถ่ายแอมโมเนีย จากการวิจัยพบว่า สัตว์น้ำทนต่อระดับแอมโมเนียที่คงที่ได้ดีกว่าระดับที่ผันแปร
4. การเคลื่อนไหว (Exercise) Randall and Tsui (2002) กล่าวว่า ปลาที่ว่ายน้ำมีระดับแอมโมเนียในร่างกายสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ resting fish ซึ่งระดับแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากการย่อยสลายของ Adenylate เป็น Inosinemonophosphate (IMP) และแอมโมเนียมไอออน NH_4^+ (Mommsen and Hochachka, 1988 cited Randall and Tsui, 2002)
5. ภาวะเครียด เมื่อสัตว์น้ำเครียดทำให้มีการสร้างแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งภาวะเครียดนี้อาจเกิดจากมีสัตว์น้ำหนาแน่นเกินไป Randall and Tsui (2002) พบว่า ปลาที่เครียดไวต่อแอมโมเนียในน้ำมากกว่าปลาที่ไม่เครียด
6. ปัจจัยอื่นๆ เช่น การให้อาหาร ระยะและขนาดของสัตว์น้ำ ความคุ้นเคย (Acclimation) ปฏิกริยา Nitrification ที่เกิดโดยแบคทีเรียและนอกจากนั้นยังมีสารเคมีอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อแอมโมเนีย เช่น ฟอรัมาลิน (สุภาวดี, 2537)

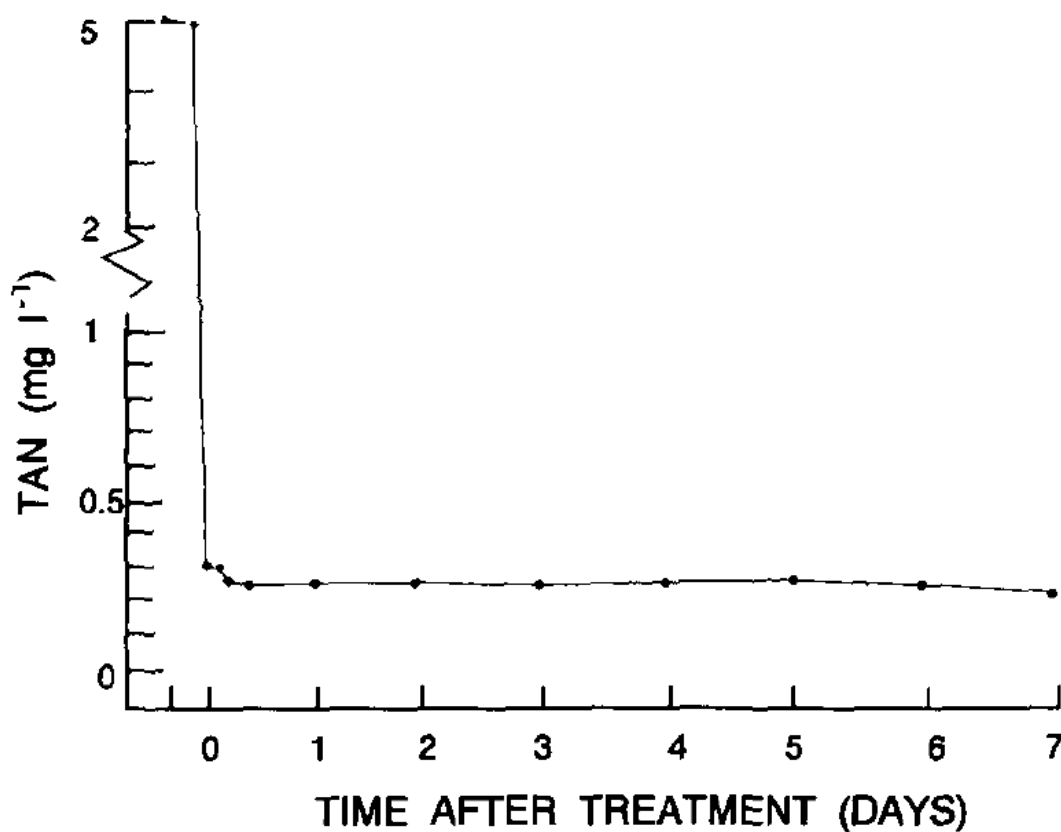
1.2 ผลกระทบของ ฟอรัมาลินต่อแอมโมเนีย

จากการทดลองของ Chiayvareesajja and Boyd (1993) พบว่าการเติมฟอรัมาลิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงตามที่ได้แสดงในภาพที่ 2 และ 3 นอกจากนี้ยังพบผลใกล้เคียงกันในการศึกษาของ วินิจ และคณะ (2530) และสุภาวดี (2537)



ภาพที่ 2 ร้อยละของแอมโมเนียรวมที่ถูกกำจัดจากน้ำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมที่ต่างกัน 1 ชั่วโมงหลังจากเติมด้วยฟอร์มาลินที่ความเข้มข้น 2, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

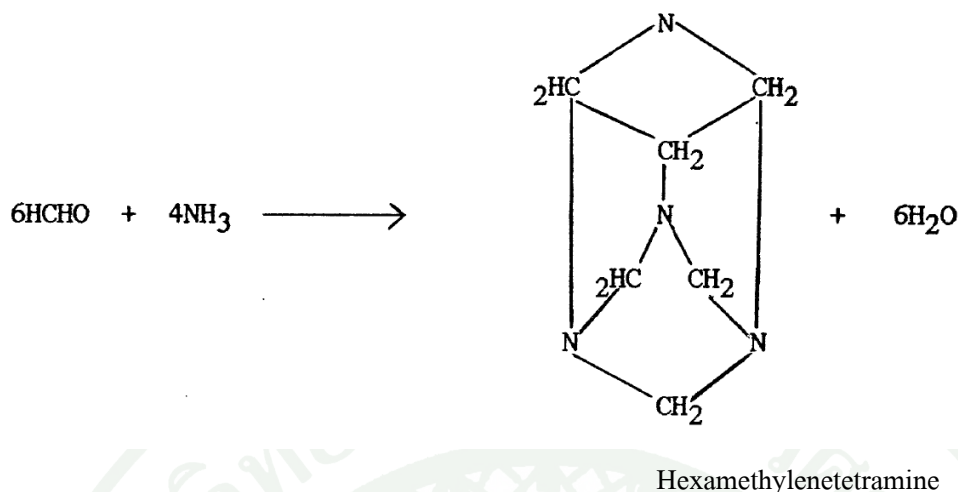
ที่มา: Chaiyavareesajja and Boyd (1993)



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมของน้ำที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน 7 วัน หลังจากเติมฟอร์มาลินที่ ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา: Chiayvareesajja and Boyd (1993)

ที่ฟอร์มาลินมีผลทำให้ ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม ลดลงเนื่องจากฟอร์มาลินสามารถจับตัวกับแอมโมเนียเกิดเป็นสารประกอบ Hexamethylenetetramine (สุภาวดี, 2537) ที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนียดังปฏิกิริยา



สาร Hexamethylenetetramine มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 263 องศาเซลเซียส มีรสหวาน เป็นของแข็งไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำดี มีชื่อทางการค้าว่า Urotropine หรือ Methenamine นิยมใช้เป็นยาปฏิชีวนะในทางเดินปัสสาวะ Zimmerman and Zimmerman (1977)

1.3 พิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ

แอมโมเนียอิสระเป็นรูปที่เป็นพิษอย่างมากต่อสัตว์น้ำทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียขึ้นกับความเข้มข้นของแอมโมเนียอิสระทั้งนี้ปริมาณแอมโมเนียอิสระขึ้นกับ กรด-เบส และอุณหภูมิ โดยสามารถคำนวณได้จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าหากค่า กรด-เบส เท่ากับ 8.0 และอุณหภูมิเท่ากับ 30 °C แอมโมเนียอิสระจะมีสัดส่วนโมลเท่ากับ 0.075 (กล่าวคือมีแอมโมเนียอิสระเพียงร้อยละ 7.5 เท่านั้น) สัตว์น้ำส่วนใหญ่เมื่อสัมผัสกับแอมโมเนียอิสระที่ความเข้มข้นในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน (NH₃-N) 1 ถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตร นานประมาณ 1 ชั่วโมงอาจทำให้เกิดการตายอย่างเฉียบพลัน อันตรายจากการที่ได้รับแอมโมเนียอย่างเฉียบพลันจนทำให้ปลาตาย จะพบปริมาณแอมโมเนียอิสระประมาณ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และอันตรายจากที่ปลาได้รับอย่างเรื้อรังจนทำให้เกิดการทำลายเหงือกและไต ปริมาณแอมโมเนียอิสระ 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร (Durborow, 2000) และจะทำให้เกิดการติดเชื้อได้ง่าย การเจริญเติบโตช้า และไม่ทนต่อการจับและควบคุม ทำให้เกิดการสูญเสีย (Floyd, 1990)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิและสัดส่วนโมล (Mole fraction) ของ แอมโมเนียอิสระ

อุณหภูมิ (°C)	ค่าความเป็นกรด-เบส								
	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
20	-	0.001	0.004	0.012	0.038	0.112	0.284	0.557	0.799
21	-	0.001	0.004	0.013	0.041	0.119	0.299	0.575	0.810
22	-	0.001	0.005	0.014	0.044	0.127	0.315	0.592	0.821
23	-	0.002	0.005	0.015	0.047	0.135	0.330	0.609	0.832
24	0.001	0.002	0.006	0.016	0.050	0.144	0.346	0.626	0.841
25	0.001	0.002	0.006	0.018	0.054	0.153	0.363	0.643	0.851
26	0.001	0.002	0.006	0.019	0.057	0.162	0.379	0.659	0.859
27	0.001	0.002	0.007	0.020	0.061	0.172	0.396	0.674	0.868
28	0.001	0.002	0.007	0.022	0.066	0.182	0.412	0.689	0.875
29	0.001	0.002	0.007	0.023	0.070	0.192	0.429	0.704	0.883
30	0.001	0.003	0.008	0.025	0.075	0.203	0.446	0.718	0.890

ที่มา: Emerson *et al.* (1975)

ปริมาณแอมโมเนียอิสระจะสูงขึ้นถ้าอุณหภูมิค่ากรด-เบสมีค่าสูงขึ้นซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการจับถ่ายแอมโมเนียของสัตว์น้ำจะลดลง ทำให้ระดับแอมโมเนียในกระแสเลือดและเนื้อเยื่อสูงขึ้น ค่าความเป็น กรด-เบส ของเลือดสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ และความคงสภาพของเนื้อเยื่อ ทำอันตรายต่อเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการลำเลียงออกซิเจน และเสียชีวิตในที่สุด อย่างไรก็ตามความเป็นพิษของแอมโมเนียยังขึ้นกับปัจจัยอีกหลายประการ เช่น ชนิดของสัตว์น้ำ ขนาดหรืออายุของสัตว์น้ำ สภาพบ่อที่เลี้ยง ความหนาแน่นของการเลี้ยง คุณภาพอื่นๆ ของน้ำ โดยเฉพาะออกซิเจนละลายน้ำที่ความเข้มข้นเดียวกัน แอมโมเนียอิสระจะเป็นพิษมากขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียอิสระที่มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำ แบ่งเป็นช่วงได้ดังนี้เมื่อความเข้มข้น 0.1–0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์เจริญเติบโตช้า ความเข้มข้น 0.5–1 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์มีอาการเครียดและหายใจเร็ว ความเข้มข้น 2–3 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์มีอาการเครียด หายใจเร็ว มีการติดเชื้อจากแบคทีเรียและเริ่มพบการตายเมื่อความเข้มข้น 4–5 มิลลิกรัมต่อลิตรอัตราการตายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้น 7 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเห็นได้ว่าแอมโมเนีย

แม้จะมีในน้ำปริมาณเพียงเล็กน้อยในระดับส่วนล้านส่วนก็อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างมาก โดยจะทำให้ผลผลิตตกต่ำสูญเสียมูลค่าการส่งออก ซึ่งส่งผลกระทบต่อประเทศ วิธีการควบคุมปริมาณแอมโมเนียเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญ (พิรัชย์, 2554)

แอมโมเนียเป็นพิษต่อปลาในทางอ้อม กล่าวคือ ทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือด ถ้าแอมโมเนีย ในน้ำมีปริมาณสูงเกินไป ในขณะที่ระดับแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ปลาขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงและระดับแอมโมเนียในเลือด และในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ pH ของเลือดมีค่าสูงขึ้น และเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ ทำให้มีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ทำอันตรายต่อเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงถึงระดับ Sublethal มักอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย ค่า LC_{50} ของแอมโมเนียอิสระ สูงประมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (มันสิน และไพพรรณ, 2538)

ในการเลี้ยงปลานิลแอมโมเนียเป็นปัจจัยหนึ่งในการตายของปลานิล โดย Benli and Koksal (2003) ได้ทดสอบแอมโมเนียในรูปแบบที่เป็นพิษ (Un-ionized ammonia; ppm NH_3-N) ในปลานิลวัยอ่อน น้ำหนัก 0.056 กรัม/ตัว และระยะปลานี้ น้ำหนัก 10.114 กรัม/ตัว พบว่าค่า 48 hr- LC_{50} มีค่า 1.009 ± 0.02 และ 7.4 ± 0.01 ppm ตามลำดับ และ เชิด (2552) ได้รายงานว่าความเป็นพิษของแอมโมเนียในลูกปลานิลขนาดเฉลี่ย 0.23 กรัมต่อตัว มีค่า LC_{50} ของแอมโมเนียที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 40.6600 (39. 5256–41.8269) ppm ในรูปของแอมโมเนียรวม (Total ammonia)

Colt and Tchobanoglous (1976) สรุปว่าทุก ๆ ความเข้มข้นของแอมโมเนียจะมีผลต่อการเจริญเติบโตซึ่งเป็นผลมาจาก

1. ลดความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนเนื่องจากเหงือกถูกทำลาย
2. ทำให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการ Detoxification Pathway
3. รบกวนระบบความดัน Osmotic regulation
4. ทำความเสียหายทางกายภาพต่อเนื้อเยื่อต่าง ๆ

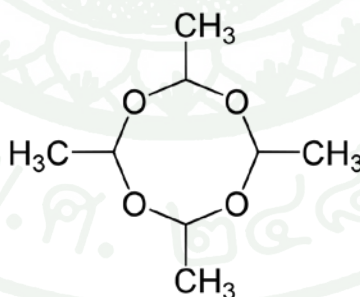
แต่นักวิชาการบางส่วนเชื่อว่ากรณีที่เหงือกถูกทำลายระหว่างทดลองน่าจะมาจากสาเหตุของคลอรามิน (Chloramine) มากกว่าแอมโมเนีย และการเจริญเติบโตที่ลดลงนั้นน่าจะมาจากการที่แอมโมเนียลดความสามารถในการต้านทานเชื้อโรคของสัตว์น้ำลดลงและการกินอาหารลดลงด้วย

2. เมทัลดีไฮด์

เมทัลดีไฮด์ (Metaldehyde) เป็นสารกำจัดหอย (Molluscicide) ใช้เป็นเหยื่อล่อ หอยในการควบคุมหอยทากที่ทำลายพืชผลทางการเกษตรและพืชสวน เมทัลดีไฮด์เป็น Molluscicide ที่ใช้กันมากใน สหราชอาณาจักร โดยนำไปใช้ประมาณ 8% ของพื้นที่เพาะปลูกของพืชทั้งหมดและมีการใช้อย่างกว้างขวางในการปลูกมันฝรั่งและเรปซิด (Garthwaite and Thomas, 1998) ในแหล่งน้ำของสหรัฐอเมริกา พบมีเมทัลดีไฮด์ปนเปื้อนถึง 0.13 ug/L (Garthwaite and Thomas, 1998)

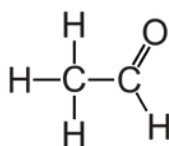
Metaldehyde (BSI, E-ISO, F-ISO, JMAF) เป็นโพลิเมอร์ของ Acetaldehyde มี Oligomers ของ Acetaldehyde polymerized แต่ส่วนใหญ่เป็น Tetramer มีชื่อทางเคมีว่า *r*-2,4,6,8-tetramethyl-1,3,5,7-tetroxocane หรือ 2,4,6,8-tetramethyl-1,3,5,7-tetraoxacyclooctane (IUPAC) สูตรโมเลกุล: $C_8H_{16}O_4$ และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 176.2 เป็นสารที่มีความดันไอต่ำที่อุณหภูมิห้อง

สูตร โครงสร้าง: Metaldehyde



เมทัลดีไฮด์เมื่อทำปฏิกิริยา Hydrolysis กับน้ำ ผลผลิตส่วนใหญ่ที่ได้จากการแตกตัวคือ Acetaldehyde (Triebkorn, 1991)

สูตรโครงสร้าง: Acetaldehyde



เมทลดีไฮด์ตัวสารบริสุทธิ์เป็นผลึกสีขาว มีจุดเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 246 องศาเซลเซียส จุดเดือด 112-115 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ เท่ากับ 1.27 (น้ำเท่ากับ 1) เมื่อกลายเป็นไอเท่ากับ 6.06 (อากาศเท่ากับ 1) ละลายในน้ำได้เท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส และละลายได้เท่ากับ 260 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสละลายได้ดีในเบนซีน, คลอโรฟอร์ม ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล อีเธอร์ ไม่ละลายในอะซิโตนและอะซิติกแอซิด (Montgomery, 1987)

2.1 ความเป็นพิษของเมทลดีไฮด์

องค์การอนามัยโลก (WHO) จำแนกเมทลดีไฮด์เป็นยาฆ่าแมลงชั้นที่สอง “อันตรายปานกลาง” ค่า LD₅₀ ทางปากเฉียบพลัน สำหรับหนูคือ 283 มก. / กก. ในสัตว์น้ำเช่นปลา Rainbow trout พิษเฉียบพลัน LC₅₀ (96 hr) มีค่า 75 มก./ลิตร (AgChem, 1998) และพิษเรื้อรังที่ 21 วันมีค่า 37.5 มก./ลิตร ในหอย *Planorbium corneus* พิษเฉียบพลัน LC₅₀ (48 hr) มีค่ามากกว่า 200 มก./ลิตร (EFSA, 2010) ในสัตว์บกโดยทั่วไป เมทลดีไฮด์เป็นพิษเมื่อสูดดม, พิษปานกลางจากการบริโภคและพิษเล็กน้อยจากการดูดซึมสารพิษทางผิวหนัง มีการระคายเคืองต่อผิวและตาที่เกิดจากการสัมผัสกับสารนี้ การสูดดมไอรระเหยของเมทลดีไฮด์ อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงของเยื่อเยื่อจากปากคอกจมูก และปอด การบริโภคเมทลดีไฮด์ทำให้ระคายเคืองต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ และอาจทำให้เกิดความเสียหายไตและตับ หนึ่งถึงสามชั่วโมงหลังจากการบริโภคอาจเกิดอาการต่อไปนี้ อาการปวดท้องรุนแรงคลื่นไส้อาเจียนท้องเสียมีไข้, การชักและ อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้นหอบหืด ชิมเศร้า เชื่องซึมความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมการปล่อยของปัสสาวะและอุจจาระ เหงื่อออกมากเกินไปน้ำลายไหล ตัวเขียว มีอาการมึนงงและหมดสติ (Tomlin, 1997)

ความเป็นพิษของเมทลดีไฮด์ ที่พบในแมวและสุนัขในปี 1998 เกิดจากการกินหอยพิชทำให้เกิดตาบอด มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและเหงื่อออกมาก น้ำลายไหลเสียชีวิตอย่างกะทันหัน และชัก มีการตกเลือดในตับไตและหัวใจ การสัมผัสระยะยาวเกิดการอักเสบของผิวหนังมนุษย์สัมผัสตาเป็นเวลานานสามารถทำให้เกิดตาแดง การศึกษาความเป็นพิษในการสืบพันธุ์หนูทดลองพบว่า

เอนไซม์ตับและขนาดตับเพิ่มขึ้น น้ำหนักรังไข่เพิ่มขึ้น เมื่อได้รับเมทลดีไฮด์ 250 mg/kg ในอาหาร และเป็นอัมพาต หนูที่ได้รับเมทลดีไฮด์ในช่องปากขนาด 1000 mg / kg BW เสียชีวิตภายในสองชั่วโมงของการสัมผัสมีอาการเป็นพิษชัดเจนใน 10 นาทีหลังจากใช้เมทลดีไฮด์ พบเมทลดีไฮด์หรือผลิตภัณฑ์สลายของเมทลดีไฮด์ ทำให้เกิดปัญหาในระบบประสาทส่วนกลางผ่านกลไกที่ไม่ชัดเจน จึงพบการสันตญูเสียการทรงตัว เกิดการชัก เสียสมดุลควบคุมของเหลวและตาย ในวัวม้าและสุนัขเป็นพิษอ่อนพบ น้ำลายไหล สัน ความดันต่ำ ในอาการพิษรุนแรงสังเกตการชัก เหงื่อออก กล้ามเนื้อกระตุก และตาย เนื่องมาจากความล้มเหลวของระบบทางเดินหายใจ (Fletcher *et al.*, 1999)

ซึ่ง Dolder (2003) รายงานว่า ความเป็นพิษของเมทลดีไฮด์เกิดจากการลดลงของ γ -aminobutyric acid, norepinephrine, and serotonin (5-hydroxytryptamine) และการเพิ่มขึ้นของปริมาณ Monoamine oxidase ซึ่งไปยับยั้งการทำงานของระบบประสาท ทำให้การตายสูงขึ้น นอกจากนี้ ความเป็นพิษของเมทลดีไฮด์ยังทำให้เกิดอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น ซึ่งมีผลให้เกิดเซลล์ตาย สูญเสียความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุและสมดุลกรด-ด่างในร่างกาย เกิดภาวะเป็นกรดในร่างกาย (Metabolic acidosis) ใน Isopod พบว่า การได้รับ (สัมผัส) เมทลดีไฮด์ไม่มีผลต่อระดับอะเซทิลโคลีนเอเทอเรส (AChE) แต่มีผลให้ปริมาณกลูตาไธโอน (GST) ลดลง และปริมาณคะตะเลส (CAT) เพิ่มขึ้น การได้รับสารกำจัดหอย 2 ชนิดร่วมกัน มีผลให้ระดับอะเซทิลโคลีนเอเทอเรสและปริมาณคะตะเลสลดลง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกลูตาไธโอน (Santos *et al.*, 2010)

Booze and Oehme (1986) รายงานว่า ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากระดับต่ำสุดของเมทลดีไฮด์ในมนุษย์ผู้ใหญ่มิค่า (Minimum oral LD) เท่ากับ 100 mg/kg ส่วนค่าความเป็นพิษต่อสัตว์อื่นจากรายงานแสดงไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นพิษทางปากระดับต่ำสุดและค่าความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากของเมทัลดีไฮด์
ที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครั้งหนึ่ง

ชนิดสัตว์	Minimum oral LD (mg/kg)	Acute Oral Toxicity LD ₅₀ (mg/kg)
สุนัข (Dog)	1000	100-1000
หนูขนาดใหญ่ (Rat)	227	927-690
หนูตะเภา (Guinea pig)	175	175-700
กระต่าย (Rabbit)	290	290-1250
ห่าน (Geese)	800	-
ไก่ (Chicken)	500	-
วัว (Cow)	200	-
ม้า (Horse)	60	-

ที่มา: Booze and Oehme (1985)

Quinta and Matire (1981) ได้ทำการทดสอบเมทัลดีไฮด์กับเชื้อ *Salmonella* spp. ไม่ปรากฏว่าทำให้เชื้อมีการกลายพันธุ์ และ Verschuren *at al.* (1975) ทดลองโดยใส่เมทัลดีไฮด์ 5,000 mg/kg ให้หนูกินเป็นระยะเวลา 2 ปี ไม่ปรากฏว่าไปกระตุ้นให้เกิดเซลล์มะเร็ง ส่วนค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน 96 ชั่วโมง LC₅₀ ต่อปลา Rainbow trout เท่ากับ 62 mg/l ปลา bluegill เท่ากับ 10 mg/l (Booze and Oehme, 1986) และในการศึกษาของ Cheng (1989 อ้างใน อำนวยโชค, 2546) พบว่าการใช้เมทัลดีไฮด์กำจัดหอยเชอรี่ในประเทศเวียดนามในนาข้าวอัตรา 1-4 กิโลกรัมต่อไร่ ปลอดภัยต่อปลานิล *Tilapia* spp. แสดงไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนปลาที่รอดชีวิตจากการใช้เมทลดีไฮด์กำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว

อัตรา (กก./ไร่)	จำนวนปลาที่ยังคงมีชีวิตหลังหว่านข้าว (ตัว)		
	1 วัน	7 วัน	14 วัน
1	10	10	10
2	10	10	10
4	10	10	10
เปรียบเทียบ	10	10	10

หมายเหตุ: ปล่อยปลานิล *Tilapia* sp. 10 ตัวต่อแปลงทดลอง

ที่มา: อำนาจโชค (2546)

Coloso and Borlongan (1998) ได้ทำ การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของเมทลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อสัตว์น้ำ 10 ชนิด คือ กุ้งตะกาด ปลานิล ปลานู ปลานวลจันทร์ทะเล กุ้งกุลาดำ (4 กรัม) กุ้งกุลาดำ (0.05 กรัม) อาร์ทีเมียโตเต็มวัย ปูทะเล และ copepods มีค่าอยู่ในช่วง 1.4-10.0 กรัมต่อลิตร และยังได้ทำ การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{99} ในช่วงเวลา 24, 48, 72 และ 96 ของเมทลดีไฮด์ 99 เปอร์เซ็นต์ ต่อสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในบ่อเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเล และได้รายงานผลแสดงไว้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{99} ในช่วงเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงของ เมทลดีไฮด์ 99 เปอร์เซ็นต์ ต่อสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	LC_{50} (ppm)	ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		LC_{99} (ppm)
		ขีดจำกัดบน	ขีดจำกัดล่าง	
ปลานวลจันทร์ทะเล (<i>Chanos chanos</i>) ระยะ juvenile (1.1 ±0.3g.)				
24	388.7	278.4	874.8	2912
48	127.5	90.3	209.0	1720
72	50.4	36.8	68.1	323.2
96	35.7	25.5	48.0	170.9

ตารางที่ 4 (ต่อ)

เวลา (ชั่วโมง)	LC ₅₀ (ppm)	LC ₅₀ (ppm) ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		LC ₉₉ (ppm)
		ขีดจำกัดบน	ขีดจำกัดล่าง	
กุ้งกุลาดำ (<i>Penaeus monodon</i>) ระยะ juvenile (0.05 ± 0.04 g.)				
24	167.3	118.4	292.1	743.8
48	139.7	107.2	189.7	590.1
72	115.8	90.0	152.3	548.4
96	104.1	89.0	148.9	500.6
กุ้งตะกาด (<i>Metapenaeus ensis</i>) ระยะ juvenile (2.2 ± 0.5 g.)				
24	124.2	110.1	137.8	310.7
48	65.7	59.3	74.0	120.4
72	42.3	38.3	47.3	103.3
96	31.9	29.2	34.5	60.2
ปูทะเล (<i>Scylla serrata</i>) ระยะ juvenile (2.0 ± 0.4 g.)				
24	697.2	337.8	252.9	788.2
48	375.5	209.9	166.6	737.7
72	136.7	91.6	263.0	263.1
96	30.5	25.1	36.2	240.5
อาร์ทีเมีย (<i>Artemia salina</i>) ระยะตัวเต็มวัย				
24	109.8	83.8	155.8	233.5
48	51.2	25.7	94.8	1491
72	27.7	13.6	43.2	623.1
96	14.1	7.1	19.9	128.6

ที่มา: Coloso and Borlongan (1998)

Triebskorn *et al.* (1990) ได้ทดลองเมทัลดีไฮด์ที่มีการทำ Radiolabel กับทาก *Deroceras reticulatum* ได้ผลว่า หลังจากการกินเพียงไม่กี่นาที เมทัลดีไฮด์มีอยู่ในเซลล์ Oesophagus crop เซลล์ของกระเพาะและเซลล์ Digestive gland โดยผ่านฐานเซลล์ที่ติดกับ Haemolymph space

ลักษณะการเป็นพิษของเมทัลดีไฮด์ที่แสดงใน Gastropod คือ การเพิ่มขึ้นของการจับเมือก ชักกระดูกและอัมพาต แต่รายละเอียดของกลไกที่เกิดจาก เมทัลดีไฮด์และอะซีทัลดีไฮด์ นั้นยังคงไม่รู้ (Booze and Oehme, 1986) แต่ Booze and Oehme (1986) แสดงให้เห็นว่าอะซีทัลดีไฮด์นั้นแสดงตัวเหมือนสารปลดปล่อยสำหรับ Noradrenaline และ 5-hydroxytryptamine (serotonin) ใน Gastropod และ Booze and Oehme (1986) ยังได้แสดงความคิดเห็นว่าเมทัลดีไฮด์อาจจะแสดงหน้าที่คล้ายสารปลดปล่อยสำหรับตัวรับสื่อประสาทและเชื่อว่าเกิดโดยตรงที่ระบบประสาทส่วนกลาง ข้อสรุปนี้ได้ถูกสนับสนุนโดยงานของ Homeida and Cooke (1982) ที่ได้ทำการศึกษาดูผลของจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่เผยให้เห็นว่าเซลล์เมือกที่ผิวหนังของ *Deroceras reticulatum* กลุ่มด้วยเซลล์ประสาทที่สามารถถูกเชื่อมด้วยดี Antibodies ที่ด้าน Serotonin และมันได้จับตัวกับกรดอะมิโน Decarboxylase หรือ Dopamine *b*-hydroxylase เอนไซม์สองตัวที่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์ Serotonin และ Catecholamines นอกจากนี้ Triebskorn *et al.* (1998) ยังพบว่าเมทัลดีไฮด์ไม่ได้เพียงแค่เร่งการปลดปล่อย Serotonin เท่านั้นยังเพิ่มอัตราการสังเคราะห์และการนำกลับมาใช้ใหม่อีกด้วย เมทัลดีไฮด์จะไปรบกวนการทำงานและปิดการทำงานของกล้ามเนื้อสนับสนุนการกินเนื่องมาจากผลกระทบของเมทัลดีไฮด์ต่อ ตัวรับสื่อประสาท (Bailey *et al.*, 1989) แต่อย่างไรก็ตามการตายของ Gastropod ที่มาจากเมทัลดีไฮด์ที่พบบ่อย มาจากการขาดน้ำ (Port and Port, 1986) โดย Triebskorn *et al.* (1996, 1998) ได้รายงานว่าเนื่องจากการกระตุ้นหรือทำให้ระคายเคืองโดยเมทัลดีไฮด์ทำให้ Gastropod เร่งการจับเมือก การผลิตเมือกนี้ทำให้เกิดการสูญเสีย น้ำ ไอออนและพลังงานเป็นจำนวนมากจนทำให้เกิดการตาย นอกจากนี้ Triebskorn *et al.* (1998) ได้รายงานว่าเมทัลดีไฮด์ได้ส่งผลในการทำลายกับเซลล์ 4 ประเภทใน Gastropod ได้แก่

1. เซลล์ที่มีหน้าที่สร้างเมือก (Mucous cell) ที่ผิวหนังทางเดินอาหารและต่อมน้ำลาย
2. เซลล์ที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการย่อย (Digestive cell) ในต่อมที่เกี่ยวข้องกับการย่อย
3. Basophilic cell ในต่อมที่เกี่ยวข้องกับการย่อย
4. เซลล์เยื่อใน Oesophageal crop

โดย Triebkorn and Köhler (1992) ได้รายงานว่าเมทิลไฮโดรไลสได้ทำให้เกิดความผิดปกติที่ Endoplasmic reticulum ในเซลล์ดังกล่าวของหอยทาก *Deroceras reticulatum*

3. ปลานิล

ปลานิลเป็นปลากระดูกแข็ง ที่เป็นปลาพื้นเมืองของแอฟริกา เป็นปลาที่ขยายพันธุ์ได้ดี และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้ดี (Philipart and Ruwet, 1982) ปัจจุบันปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยผลิตปลานิลได้กว่า 190,700 ตัน คิดเป็นมูลค่า 8,529.7 ล้านบาท (กรมประมง, 2556)

3.1 ลักษณะทางอนุกรมวิธานของปลานิล

ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Oreochromis niloticus*) จัดอยู่ในวงศ์ Cichlidae รูปร่างของปลานิลคล้ายปลาหมอเทศ มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล และมีลายพาดขวาง 9 – 10 แถบ ครีบหลัง ครีบกันและครีบหางมีจุดสีขาว และเส้นสีดำตัดขวาง ปลานิลมีลักษณะต่างจากปลาหมอเทศตรงที่ปลานิลมีเกล็ด 3 แถวที่บริเวณแก้ม และอีก 1 แถว บริเวณเหนือเส้นข้างลำตัวเล็กน้อย ครีบหลังมีตอนเดียวประกอบด้วยครีบแข็ง 3 อัน และก้านครีบอก 9–10 อัน บนเส้นข้างตัวมีเกล็ด 33 เกล็ด ทางด้านข้างมีเกล็ดตามแนวเฉียงจากตอนต้นของครีบหลังลงมาถึงเส้นข้างตัว 5 เกล็ด และจากเส้นข้างตัวลงมาถึงส่วนหน้าของครีบกัน 13 เกล็ด ลำตัว มีสีเขียวปนน้ำตาลตรงกลางมีเกล็ดสีเข้มที่กระดูกแก้มมีสีเข้มอยู่ 1 จุดบริเวณปลายอ่อนของครีบหลัง ครีบกัน และครีบหางมีจุดสีขาว และเส้นสีดำตัดขวางอยู่ทั่วไป (มานพ และคณะ, 2536)

3.2 ข้อมูลพื้นฐานของปลานิล

ปลานิลไม่ได้เป็นปลาพื้นบ้านของไทย มีถิ่นกำเนิดเดิมในทวีปแอฟริกา ถูกนำเข้ามาสู่ประเทศไทยครั้งแรกในปีพ.ศ. 2508 โดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะแห่งประเทศญี่ปุ่น มีลักษณะเด่นคือ เพาะเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว รูปร่างลักษณะคล้ายกับปลาหมอเทศ (สมโภชน์ , 2547) ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน มีเกล็ด 4 แถวที่บริเวณแก้ม ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวน 9-10 แถบลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารธรรมชาติในบ่อได้เป็นอย่างดี กินอาหารได้หลากหลาย ทั้งแพลงก์ตอนสัตว์และแพลงก์พืช สัตว์หน้าดินเล็ก ๆ ไปจนกระทั่งการฝัง

และอาหารเม็ดลอยสำเร็จรูป อุปนิสัยชอบอาศัยอยู่กันเป็นฝูง สามารถปรับตัวอยู่ในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี โดยสามารถทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพันส่วน ทนต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ดีในช่วง 6.5-8.3 และสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ถึง 40 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากถิ่นกำเนิดของปลานิลอยู่ในเขตร้อนจึงไม่สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ขยายพันธุ์ได้เร็วและสามารถแพร่พันธุ์วางไข่ได้เองตามธรรมชาติโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการใช้ฮอร์โมนช่วยกระตุ้นเหมือนปลาชนิดอื่น ๆ (อุคม , 2549) สำหรับสายพันธุ์ปลานิลที่นิยมเพาะเลี้ยงในประเทศไทยมีจำนวน 5 สายพันธุ์ (นวลมณี , 2553) ได้แก่ ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 1 ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2 ปลานิลสายพันธุ์ GIFT และปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้มาจากการพัฒนาปลานิลสายพันธุ์ GIFT อีกทั้งกรมประมงยังมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงในปัจจุบัน เนื่องจากปลานิลสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือ ส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้าง เนื้อหนาและแน่น ผลผลิตและอัตราการรอดตายสูงกว่าปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาเดิมร้อยละ 40 และ 24 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

3.3 สถานการณ์และแหล่งเพาะเลี้ยงปลานิลในประเทศไทย

จากรายงานข้อมูลสถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปี พ.ศ. 2555 พบว่าการเพาะเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2555 มีผลผลิตปลานิลที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสูงถึง 203,029.34 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2554 ร้อยละ 30.53 โดยปริมาณผลผลิตปลานิลหลักร้อยละ 78.59 มาจากการเพาะเลี้ยงแบบบ่อดิน รองลงมาร้อยละ 18.54 มาจากการเพาะเลี้ยงแบบกระชังในแม่น้ำและอันดับสามร้อยละ 3.15 คือเลี้ยงในนาซึ่งได้ผลผลิต 6,398.14 ตัน และมีมูลค่ากว่า 211 ล้านบาท (กรมประมง 2557) แหล่งเพาะเลี้ยงปลานิลในประเทศไทย สามารถพบได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ โดยในปี พ.ศ. 2555 ปริมาณผลผลิตปลานิลในแต่ละภาคของประเทศ พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงรวมทั้งหมด 61,287.63 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 30.187 ของปริมาณผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยงทั่วประเทศ ซึ่งมาจากการการเพาะเลี้ยงด้วยเทคนิคแบบบ่อดิน ร้อยละ 78.591 ร้อยละ 16.483 มาจากการเพาะเลี้ยงด้วยเทคนิคแบบกระชังและอีกร้อยละ 3.151 ซึ่งมาจากการการเพาะเลี้ยงด้วยนา ดังแสดงตารางที่ 5 รองลงมาคือ ภาคตะวันออกที่มีผลผลิตที่ได้คิดเป็นร้อยละ 21.413 ของปริมาณผลผลิตปลานิลทั้งหมดของประเทศ ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลผลิตตามลักษณะการเพาะเลี้ยงปลานิลของภาคต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2555

ภาค	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	เทคนิคการเพาะเลี้ยง		
		บ่อดิน	กระชัง	นา
ตะวันออกเฉียงเหนือ	61,287.63 (30.187%)	48,283.63 (78.782%)	12,810.11 (20.901%)	150.00 (0.245%)
เหนือ	40,623.29 (20.009%)	36,240.76 (89.212%)	4,305.50 (10.599%)	21.15 (0.052%)
ตะวันออก	43,474.45 (21.413%)	40,329.69 (92.766%)	3,064.69 (7.049%)	34.64 (0.080%)
ตะวันตก	27,629.60 (13.609%)	16,900.67 (61.169%)	4,069.83 (14.730%)	6,150.71 (22.261%)
กลาง	15,875.06 (7.819%)	9,256.76 (58.310%)	5,261.87 (33.146%)	20.14 (0.129%)
ใต้	14,139.31 (6.964%)	8,550.73 (60.475%)	3,953.46 (27.961%)	21.50 (0.152%)
รวม	203,02.34	159,562.24 (78.591%)	33,465.46 (16.483%)	6,398.14 (3.151%)

ที่มา: กรมประมง (2557)

จากข้อมูลปริมาณผลผลิตปลานิลที่ผลิตได้ในแต่ละจังหวัด พบว่าปริมาณผลผลิตปลานิลขึ้นกับสภาพและความเหมาะสมทางด้านภูมิศาสตร์ กล่าวคือจังหวัดที่มีผลผลิตจากการเลี้ยงแบบกระชังในแม่น้ำต้องมีแหล่งเพาะเลี้ยงที่อยู่ติดแม่น้ำ แต่ทั้งนี้บางจังหวัดถึงแม้ว่ามีแม่น้ำไหลผ่านแต่ก็ไม่มีกระชังในแม่น้ำ

การบริหารจัดการฟาร์มปลานิลและวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงต่างกันก็ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ต่างกัน โดยรูปแบบการจัดการการเลี้ยงมีตั้งแต่เลี้ยงเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนจนถึงเลี้ยงเชิงพาณิชย์ รูปแบบการจัดการการเลี้ยง ซึ่งแบ่งได้ 3 รูปแบบหลัก (กรมประมง, 2552) คือ

1. การเลี้ยงแบบยังชีพ มีปริมาณผลผลิตน้อยกว่า 400 กิโลกรัมต่อไร่ ได้แก่ จังหวัด แม่ฮ่องสอน ตาก น่าน สุโขทัย อุทัยธานี สุพรรณบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง อยุธยา ฉะเชิงเทรสมุทรสาคร สมุทรสงคราม สระแก้ว จันทบุรี ตราด นุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ กาฬสินธุ์ นครพนม สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลาภู ชัยภูมิ นครศรีธรรมราชราชีวาส ชุมพร ระนอง พังงา ภูเก็ต และกระบี่
2. การเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา มีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วง 400-1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ได้แก่ จังหวัด เชียงราย พะเยา ลำพูน พิชณุโลก กำแพงเพชร นครสวรรค์ พิจิตร เพชรบูรณ์ เลย หนองคาย มุกดาหาร นครราชสีมา ปทุมธานี นครนายก นครปฐม นนทบุรี ราชบุรี ชลบุรี ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ ตรัง และสงขลา
3. การเลี้ยงแบบพัฒนา มีปริมาณผลผลิตมากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ได้แก่ จังหวัด เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ อุดรดิตถ์ ขอนแก่น อุบลราชธานี ชัยนาท ลพบุรี สระบุรี ปราจีนบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สุราษฎร์ธานี พัทลุง สตูล ปัตตานี และยะลา

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. น้ำประปา
2. ปลานิล
3. ตู้ปลาขนาด 40 ลิตร จำนวน 54 ใบ
4. ถังไฟเบอร์กลาสความจุ 500 ลิตร 3 ใบ
5. เมทัลดีไฮด์ 5% ชนิดเม็ด (เหยือกกิน) ของบริษัทเอราวิณการเกษตร;เอราดีไฮด์
6. คลอรีนผง สำหรับฆ่าเชื้อ
7. สารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์
8. สารแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
9. อาหารสำเร็จรูปสำหรับลูกปลานิล
10. สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์น้ำ
11. น้ำกลั่น
12. Oxygen meter
13. pH meter
14. Thermometer

15. Spectrophotometer

16. อุปกรณ์ในการให้อากาศ

17. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

1. สัตว์ทดลอง

ลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ผ่านการแปลงเพศเป็นเพศผู้ด้วยฮอร์โมน ได้จาก ฟาร์มเอกชน น้ำใสฟาร์ม ในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นำลูกปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.25 กรัม/ตัว มาพักในตู้กระจกที่มีระบบให้อากาศ เป็นเวลา 2-3 วัน เพื่อการปรับตัว และให้ปลาอดอาหาร 1 วัน ก่อนการทดลอง

2. น้ำที่ใช้ในการทดลอง

พักน้ำประปาในถังไฟเบอร์กลาสความจุ 500 ลิตร แล้วฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ที่ความเข้มข้น 20-30 ppm พร้อมทั้งให้อากาศ 2-3 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายตัว และทดสอบการตกค้างของคลอรีน โดยนำน้ำตัวอย่างมาหยดด้วยสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 1-2 หยด ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

3. สารเคมี

1. เขี่ยกำจัดหอยชนิดเม็ดที่มีส่วนผสมของ เมทัลดีไฮด์ 5% และอีก 95% ประกอบด้วย สารที่ใช้ดึงดูดหอย สารช่วยในการอัดเม็ดและสารอื่นๆ

2. แอมโมเนีย เตรียมโดยอบแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นนำแอมโมเนียมคลอไรด์มาชั่งทำเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 10,000 ppm ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย

วิธีการ

1. การทดลองขั้นต้น (preliminary test หรือ range finding test)

ทำการทดลองหาความเข้มข้นของแอมโมเนียและเมทลดีไฮด์ ในเหยื่อกำจัดหอย ที่ทำให้ปลาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นของเมทลดีไฮด์ในการทดลองขั้นต้นของการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลา กำหนดความเข้มข้นโดยอ้างอิงจาก Coloso and Borlongan (1998) จึงทำการทดลองขั้นต้นในการศึกษาเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลา โดยใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 180 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของแอมโมเนียในการทดลองขั้นต้นของการศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลา และผลของเมทลดีไฮด์ ในเหยื่อกำจัดหอย ต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลา กำหนดความเข้มข้นโดยอ้างอิงจาก เชิด (2552) จึงทำการทดลองขั้นต้นในการศึกษา พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลาและผลของเมทลดีไฮด์ต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลา โดยใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร

โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียเตรียม โดยแอมโมเนียความเข้มข้น 10,000 ppm และความเข้มข้นของ เมทลดีไฮด์เตรียมความเข้มข้นจากการคำนวณเมทลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอย และนำความเข้มข้นที่ได้ไปจัดระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย และเมทลดีไฮด์ใหม่ตามลำดับ

2. การทดลองขั้นละเอียด (full-scale test)

จาก การทดลองขั้นต้น (preliminary test หรือ range finding test) ที่เป็นการศึกษาในความเข้มข้นช่วงกว้างเพื่อให้ได้ช่วงที่ ทำให้ปลาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำความเข้มข้นที่ได้มาแบ่งเป็นช่วงเพื่อให้ผลทดลองที่ถูกต้องขึ้นในขั้นละเอียด (full-scale test)

การทดลองที่ 1 การศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลาที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1 ระดับ โดยแบ่งช่วงจากความเข้มข้นของแอมโมเนียตามที่ได้จากการทดลองขั้นต้น ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 และ 60 ppm ตามลำดับ ใส่ลงในตู้ที่เตรียมสัตว์ทดลองไว้ในน้ำ 20 ลิตรแล้ว แต่ละระดับความเข้มข้นศึกษา 5 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 การศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ ในเหยื่อกำจัดหอย ต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ 6 ระดับ โดยแบ่งช่วงจากความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ตามที่ได้จากการทดลองขั้นต้น ที่ระดับความเข้มข้น 0, 4, 40, 80, 160 และ 320 ppm และศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลา 0, 24, และ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 320 ppm โดยความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์เตรียมความเข้มข้นจากการคำนวณเมทัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอย ใส่ลงในตู้ที่เตรียมสัตว์ทดลองไว้ในน้ำ 20 ลิตรแล้ว แต่ละระดับความเข้มข้นศึกษา 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ ในเหยื่อกำจัดหอย ต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอม-โมเนียต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยกำหนดให้เมทัลดีไฮด์เป็นตัวแปรควบคุม ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 4 ppm ของเมทัลดีไฮด์ เนื่องจาก โดยทั่วไปเหยื่อกำจัดหอยกลุ่มเมทัลดีไฮด์ ที่ใช้กำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แนะนำให้เกษตรกรใช้ที่ความเข้มข้น 0.5-2 ppm (ชมพูนุท และคณะ, 2551) ในสภาพการใช้จริงของเกษตรกรในนาข้าวจะสูงกว่าระดับแนะนำ 1-2 เท่า เมื่อถึงน้ำสู่แหล่งน้ำสาธารณะจึงมีความเข้มข้นสูงถึง 4 ppm จึงกำหนดให้เมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยเป็นตัวแปรควบคุม ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 4 ppm โดยความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์เตรียมความเข้มข้นจากการคำนวณเมทัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอย และศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย 6 ระดับ โดยแบ่งช่วงจากความเข้มข้นของแอมโมเนียตามที่ได้จากการทดลองขั้นต้น ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm ใส่ลงในตู้ที่เตรียมสัตว์ทดลองไว้ในน้ำ 20 ลิตรแล้ว แต่ละระดับความเข้มข้นศึกษา 3 ซ้ำ

3. สถานะการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลองในสภาวะน้ำนิ่งในตู้กระจกที่บรรจุน้ำ 20 ลิตร มีการให้อากาศด้วยหัวทราย ปลปล่อยปลานิลคู่ละ 10 ตัวต่อตู้ โดยศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย 11 ระดับ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 และ 60 ppm ตามลำดับ โดยแต่ละความเข้มข้นของแอมโมเนียทำ 5 ซ้ำ เมื่อเดิมสารที่ทดสอบแล้วจึงเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรที่แอมโมเนีย ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นด่าง ค่าความกระด้าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ ตามวิธีการของ APHA, AWWA and WPCF. (1998) และบันทึกจำนวนปลาตายที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

การทดลองที่ 2 การศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลาไนที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ทำการทดลองในสภาวะน้ำนิ่งในตู้กระจกที่บรรจุน้ำ 20 ลิตร มีการให้อากาศด้วยหัวทราย ปล่อยปลาไนตู้ละ 10 ตัวต่อตู้ โดยศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ 6 ระดับ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 4, 40, 80, 160 และ 320 ppm ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์เตรียมความเข้มข้นจากการคำนวณเมทัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอย แต่ละความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ ทำ 3 ซ้ำ เมื่อเตรียมสารที่ทดสอบแล้วจึงเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจน แอมโมเนีย ความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าความเป็นด่าง ค่าความกระด้าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ ตามวิธีการของ APHA, AWWA and WPCF. (1998) และบันทึกจำนวนปลาตายที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง และศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลา 0, 24, และ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 320ppm โดยความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์เตรียมความเข้มข้นจากการคำนวณเมทัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอย ใส่ลงในน้ำ 1 ลิตร ในภาชนะพลาสติก ที่ไม่มีการให้อากาศด้วยหัวทรายและทำการเก็บข้อมูลออกซิเจนละลายน้ำ ระยะเวลา 0, 24, และ 48 ชั่วโมง ตามวิธีการของ APHA, AWWA and WPCF. (1998)

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอม-โมเนียต่อปลาไนที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ทำการทดลองในสภาวะน้ำนิ่งในตู้กระจกที่บรรจุน้ำ 20 ลิตร มีการให้อากาศด้วยหัวทราย ปล่อยปลาไนตู้ละ 10 ตัวต่อตู้ ศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย 6 ระดับ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm และกำหนดให้เมทัลดีไฮด์เป็นตัวแปรควบคุม ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 4 ppm โดยความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์เตรียมความเข้มข้นจากการคำนวณเมทัลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอย แต่ละความเข้มข้นของแอมโมเนียทำ 3 ซ้ำ เมื่อเตรียมสารที่ทดสอบแล้วจึงเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจน แอมโมเนีย ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นด่าง ค่าความกระด้าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ ตามวิธีการของ APHA, AWWA and WPCF. (1998) และบันทึกจำนวนปลาตายที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองที่ 1 การศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลาไนที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนีย ด้วยวิธีศึกษาแบบน้ำนิ่ง (Static Bioassay) ของ APHA, AWWA and WPCF. (1998) คำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์

ในเวลา 24 ชั่วโมง (Medial Lethal Concentration, LC_{50}) โดยวิธี probit analysis ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป Bio stat 2009

การทดลองที่ 2 การศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิลที่ระยะ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย ด้วยวิธีศึกษาแบบน้ำนิ่ง (Static Bioassay) ของ APHA, AWWA and WPCF. (1998) คำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (Medial Lethal Concentration, LC_{50}) โดยวิธี probit analysis ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป Bio stat 2009

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนีย ด้วยวิธีศึกษาแบบน้ำนิ่ง (Static Bioassay) ของ APHA, AWWA and WPCF. (1998) คำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (Medial Lethal Concentration, LC_{50}) โดยวิธี probit analysis ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป Bio stat 2009

สถานที่ทดลอง

ดำเนินการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือน มีนาคม 2555 ถึงเดือน มีนาคม 2557

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียในปลานิล พบว่า ความเป็นพิษของแอมโมเนียในลูกปลานิลมีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 42.78 (39.89-45.67) ppm (ตารางที่ 6) หรือเท่ากับ 6.55 ppm ในรูปแอมโมเนียอิสระ (un-ionized ammonia; mg/l NH_3-N) ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของเจ็ด (2552) ที่รายงานว่าความเป็นพิษของแอมโมเนียในลูกปลานิลขนาดเฉลี่ย 0.23 กรัมต่อตัว มีค่า LC_{50} ของแอมโมเนียที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 40.6600 (39.5256 – 41.8269) ppm และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Daud *et al.* (1988) ที่ทดสอบแอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษ (un-ionized ammonia; mg/l NH_3-N) ที่ได้ค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 6.6 ppm และ Benli and Köksal (2003) ทดสอบแอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษ (un-ionized ammonia; mg/l NH_3-N) ต่อปลานิลขนาด 10.114 ± 0.045 กรัม และได้ค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 7.4 ppm และที่มีค่าต่างกันนั้นน่าจะมาจากขนาดของปลานิลที่นำมาศึกษา

ตารางที่ 6 ค่าพิษเฉียบพลัน LC_{50} และ LC_{90} ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงของแอมโมเนียในปลานิล

เวลา (ชั่วโมง)	LC_{50} (ppm)	LC_{50} (ppm) ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		LC_{90} (ppm)
		ขีดจำกัดบน	ขีดจำกัดล่าง	
24	42.78	39.89	45.67	59.01

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำก่อนเติมแอมโมเนีย ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล

ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	อุณหภูมิ	แอมโมเนีย
8.19	3.39 mg/l	258.3 μS	25.4 °C	0.335 mg/l

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำหลังเติมแอมโมเนีย ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนีย ต่อปลานิล

หน่วยการ ทดลอง	ความเป็น กรด-ด่าง	ค่าออกซิเจน ละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	อุณหภูมิ	แอมโมเนีย
Control	8.11	3.19 mg/l	258.3 μ S	25.4 $^{\circ}$ C	0.431 mg/l
2 ppm	8.18	2.86 mg/l	283.2 μ S	25.5 $^{\circ}$ C	2.114 mg/l
5 ppm	8.13	2.97 mg/l	303.0 μ S	25.5 $^{\circ}$ C	4.779 mg/l
10 ppm	8.16	3.11 mg/l	350.1 μ S	25.7 $^{\circ}$ C	8.577 mg/l
15 ppm	8.09	3.01 mg/l	390.9 μ S	25.8 $^{\circ}$ C	14.126 mg/l
20 ppm	8.03	3.06 mg/l	432.8 μ S	25.4 $^{\circ}$ C	18.957 mg/l
25 ppm	8.04	3.15 mg/l	477.1 μ S	25.4 $^{\circ}$ C	23.338 mg/l
30 ppm	7.96	2.63 mg/l	0.531 mS	25.5 $^{\circ}$ C	29.023 mg/l
40 ppm	7.94	2.66 mg/l	0.614 mS	25.5 $^{\circ}$ C	38.115 mg/l
50 ppm	7.90	3.16 mg/l	0.707 mS	25.7 $^{\circ}$ C	47.966 mg/l
60 ppm	7.90	3.02 mg/l	0.766 mS	25.7 $^{\circ}$ C	60.137 mg/l

2. การศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

การศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิลพบว่าเมทลดีไฮด์มีความเป็นพิษต่อปลานิลค่อนข้างน้อยโดย LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมงไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากไม่พบการตาย และได้ผล LC_{50} ที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 810.68 (575.79–1045.57), 345.85 (285.38–406.32) และ 251.24 (207.35–295.13) ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ที่มีค่าสูงเมื่อเทียบกับปริมาณที่แนะนำให้ใช้ในการกำจัดหอยเซอร์รี่ 500-800 กรัม/ไร่ คิดเป็นเมทลดีไฮด์ 0.5-1 ppm (ชมพูนุท และคณะ, 2551) แสดงให้เห็นว่า สารเมทลดีไฮด์เป็นสารที่มีความเป็นพิษต่ำในปลานิล คือ ต้องมีปริมาณเป็นเมทลดีไฮด์สูงจึงจะเป็นพิษ

ส่วนคุณภาพน้ำในระหว่างการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทลดีไฮด์ยกเว้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงเหมาะสมของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในเวลาต่างๆ มีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นเมทลดีไฮด์สูงขึ้นและเมื่อเวลาผ่านไป (จาก 48-96 ชั่วโมง)

แสดงถึงการขาดออกซิเจนในหน่วยการทดลองที่มีเมทิลดีไฮด์ในความเข้มข้นสูง (ตารางที่ 10) ทั้งนี้ การตายของปลาในลที่ระดับเมทิลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นมากกว่า 80ppm น่าจะเกิดจากการขาดออกซิเจน ที่เป็นผลจากการเติมเมทิลดีไฮด์ในปริมาณมาก เนื่องจากแม้ว่าจะมีการให้อากาศในระดับเดียวกับการศึกษาที่ความเข้มข้นเมทิลดีไฮด์ต่ำ เนื่องจากสังเกตได้ว่าปลามีอาการลอยหัวอย่างชัดเจนใน หน่วยการทดลองที่มีความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์สูง ทั้งนี้เนื่องจาก ความเป็นพิษของเมทิลดีไฮด์ เกิดจากการลดลงของ γ -aminobutyric acid, Norepinephrine และ Serotonin ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณ Monoamine oxidase ซึ่งไปยับยั้งการทำงานของระบบประสาทซึ่งทำให้เกิดการตายได้ อีกทั้ง ความเป็นพิษของเมทิลดีไฮด์ยังมีผลทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น ซึ่งมีผลให้เกิดเซลล์ตาย สูญเสีย ความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุและสมดุลกรด-ด่างในร่างกาย เกิดภาวะเป็นกรดใน ร่างกาย (Dolder, 2003) ใน Isopod พบว่า การได้รับ (สัมผัส) เมทิลดีไฮด์ไม่มีผลต่อระดับอะเซทิล โคลีนเอเทอเรส (AChE) แต่มีผลให้ปริมาณกลูตาไธโอน (GST) ลดลง และปริมาณคะตะเลส (CAT) เพิ่มขึ้น จึงทำให้ร่างกายมีสภาวะเครียด มีความต้องการออกซิเจนมากขึ้น ปริมาณออกซิเจนในน้ำ จึงลดลงประกอบกับเมทิลดีไฮด์ที่อยู่ในรูปอัดเม็ด (pellet) ประกอบด้วยสารจำพวกแป้งเป็นส่วนใหญ่ (Schnorbach and Matthaei, 1990) จึงมีคุณสมบัติของแป้งที่เป็นที่ทราบกันว่าเมื่อเกิดการย่อยแป้ง ของแบคทีเรียจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง นอกจากนี้ผลของการศึกษาผลของเมทิลดีไฮด์ ในเหยื่อกำจัดหอยต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ ยังได้ยืนยันถึงผลของ เมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อ การลดลงของปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้ความเข้มข้น ของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยเท่ากับ 320 ppm โดยคำนวณจากเมทิลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในเหยื่อกำจัดหอยได้ผลของปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำที่เวลา 0, 24, 48 ที่ 4.59, 0.38 และ 0.25 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้การย่อยแป้งโดยแบคทีเรียนี้ต้องใช้เวลาในการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย จึงทำ ให้ออกซิเจนในน้ำยังไม่ลดลงอย่างรุนแรง ที่เวลา 24 ชั่วโมง ประกอบกับความเครียด ดสะสมที่ปลา ได้รับยังอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้เกิดการตายทำให้ที่เวลา 24 ชั่วโมง ไม่เกิดการตาย โดยค่าออกซิเจน ละลายน้ำของหน่วยการทดลองที่ระดับเมทิลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นมากกว่า 40ppm มีค่าต่ำกว่า 1 ppm (ตารางที่ 10) แต่ปลาบางส่วนยังอยู่รอดได้แม้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมทิลดีไฮด์เป็นสารที่มีความเป็นพิษไม่มากนักในลูกปลานิล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Coloso *et al.* (1998) ในพ่อแม่ปลานิลจันทน์น้ำกร่อยที่พบว่าเมทิลดีไฮด์ความเป็นพิษน้อยต่อปลา ทั้งนี้ที่ เป็นเช่นนั้นอาจมาจากเมทิลดีไฮด์เป็นสารที่มีความสามารถละลายน้ำได้ดี ประกอบกับเมทิลดีไฮด์ ที่อยู่ในรูปเหยื่อกำจัดหอยแบบเม็ดนั้นประกอบด้วยสารจำพวกแป้งและได้ผ่านกระบวนการอัดเม็ด จึงทำให้เมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยละลายออกมาได้ช้ากว่าในรูปแบบสารเมทิลดีไฮด์บริสุทธิ์ สังเกตได้จากในการทดลองพบว่าในเวลา 24 ชั่วโมง เหยื่อกำจัดหอยเมทิลดีไฮด์ยังคงสภาพไม่ได้ สลายตัวไปมากนัก โดย เหยื่อกำจัดหอยเมทิลดีไฮด์ จะเริ่มสลายตัวเป็นผงเพิ่มขึ้นจนสังเกตได้ทั้งนี้

การสลายตัวนั้นส่วนหนึ่งมาจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำ เนื่องจากมีการปลดปล่อยสารเมทัลดีไฮด์ด้วย จากการสลายตัวที่ช้าของเชื้อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์ นี้อาจทำให้ผล LC₅₀ ที่ได้มีค่าสูงกว่าหากเทียบกับเมทัลดีไฮด์รูปแบบอื่นๆ เนื่องจากมีการปลดปล่อยสารเมทัลดีไฮด์อย่างช้าๆ จึงทำให้ปลาไม่ได้รับสารเมทัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นสูงในเวลาอันสั้นจึงทำให้อัตราการตายลดลง

ตารางที่ 9 ค่าพิษเฉียบพลัน LC₅₀ และ LC₉₀ ที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของเมทัลดีไฮด์ในเชื้อกำจัดหอยในปลานิล

เวลา (ชั่วโมง)	LC ₅₀ (ppm)	LC ₅₀ (ppm) ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		LC ₉₀ (ppm)
		ขีดจำกัดบน	ขีดจำกัดล่าง	
48	810.68	575.79	1,045.57	1,380.79
72	345.85	285.38	406.32	558.00
96	251.24	207.35	295.13	405.22

ตารางที่ 10 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ต่างกันที่เวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

	0 ppm MDH	40 ppm MDH	80 ppm MDH	160 ppm MDH	320 ppm MDH
48 hr	6.42±0.14	3.66±2.44	0.93±0.15	1.39±0.16	0.28±0.16
72 hr	6.36±0.14	4.82±2.59	0.45±0.35	0.28±0.19	0.13±0.02
96 hr	6.36±0.12	2.70±1.99	0.17±0.05	0.13±0.02	0.12±0.01

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำก่อนเติมเชื้อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเชื้อกำจัดหอยต่อปลานิล

ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	อุณหภูมิ	แอมโมเนีย
7.84	2.75 mg/l	367.0 μS	29.4 °C	0.384 mg/l

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำหลังเติมเชื้อกำจัดหอยเมทัลดีไฮด์ในการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล

หน่วยการทดลอง	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	อุณหภูมิ	แอมโมเนีย
Control	7.75	6.35 mg/l	445 .0µS	29.5 °C	0.928 mg/l
4 ppm	7.78	5.42 mg/l	349.5 µS	29.2 °C	0.506 mg/l
40 ppm	7.36	2.70 mg/l	464.0 µS	29.2 °C	0.208 mg/l
80 ppm	7.08	0.17 mg/l	544.3 µS	29.2 °C	0.465 mg/l
160 ppm	6.90	0.13 mg/l	796.0 µS	29.1 °C	0.876 mg/l
320 ppm	6.49	0.12 mg/l	1120.7 µS	29.2 °C	2.532 mg/l

3. การศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลาที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

การศึกษาผลของเมทัลดีไฮด์ต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล พบว่าความเป็นพิษของแอมโมเนีย ลดลงโดยได้รับผลกระทบจาก เมทัลดีไฮด์ โดยค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง ลดลงจนไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากไม่พบการตายและได้ค่า LC_{50} ที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 99.62 (88.29 – 110.96), 96.20 (85.03 -107.36) และ 96.20 (85.03 -107.36) ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ซึ่งเป็นค่าที่มีความเป็นพิษต่อปลานิลค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียในปลานิล ที่ 24 ชั่วโมง ที่ได้ค่าเท่ากับ 42.78 (39.89-45.67) ppm (ตารางที่ 6) ซึ่งได้จากการศึกษาครั้งนี้และการศึกษาอื่นๆ เช่น การศึกษาของ เซ็ด (2552) ที่รายงานว่าความเป็นพิษของแอมโมเนียในลูกปลานิลขนาดเฉลี่ย 0.23 กรัมต่อตัว มีค่า LC_{50} ของแอมโมเนียที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 40.6600 (39. 5256 – 41.8269) ppm การศึกษาของ Daud *et al.* (1988) และ Benli and Koksall (2003) ที่ทดสอบแอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษ (Un-ionized ammonia; mg/l NH_3-N) ที่ได้ค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 6.6 และ 7.4 ppm ตามลำดับ

สาเหตุที่ทำให้ พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล ลดลงน่าจะมาจากโครงสร้าง Acetaldehyde ที่เป็นสารที่แตกตัวมาจากเมทัลดีไฮด์เมื่อเมทัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยา Hydrolysis กับน้ำ มีโครงสร้างคล้ายกับฟอมาดีไฮด์ทำให้อาจจะทำ ปฏิกิริยา คล้ายกับที่ กับฟอมาดีไฮด์ ทำปฏิกิริยา กับแอมโมเนียและมีผลในการลดแอมโมเนีย (สุภาวดี, 2537) ได้ซึ่งในการศึกษานี้ยังไม่ทราบแน่ชัดถึงการทำปฏิกิริยาเคมีของ acetaldehyde กับแอมโมเนีย

ดังนั้นการมีเมทัลลิสต์ระดับต่ำๆ ในน้ำจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อปลาตกลง ปลาจึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพที่มีแอมโมเนียสูงได้ โดยมีอัตราการรอดสูงกว่าการดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงโดยทั่วไปโดยไม่มีเมทัลลิสต์

ตารางที่ 13 ค่าพิษเฉียบพลัน LC₅₀ และ LC₉₀ ที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของแอมโมเนีย โดยได้รับผลกระทบจากเมทัลลิสต์ในเหยื่อกำจัดหอยในปลานิล

เวลา (ชั่วโมง)	LC ₅₀ (ppm)	LC ₅₀ (ppm) ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		LC ₉₀ (ppm)
		ขีดจำกัดบน	ขีดจำกัดล่าง	
48	99.62	88.29	110.96	59.01
72	96.20	85.03	107.36	156.46
96	96.20	85.03	107.36	156.46

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำก่อนเติมเหยื่อกำจัดหอยเมทัลลิสต์และแอมโมเนียในการศึกษา ผลของเมทัลลิสต์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล

ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	อุณหภูมิ	แอมโมเนีย
7.74	3.14 mg/l	248.7 μS	29.8 °C	0.153 mg/l

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำหลังเติมเหยื่อกำจัดหอยเมทัลลิสต์และแอมโมเนียในการศึกษา ผลของเมทัลลิสต์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลานิล

หน่วยการทดลอง	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	อุณหภูมิ	แอมโมเนีย
Control	8.02	5.89 mg/l	277.8 μS	29.5 °C	0.434 mg/l
20 ppm	7.82	5.57 mg/l	445.7 μS	29.6 °C	16.589 mg/l
40 ppm	7.69	5.32 mg/l	672.0 μS	29.5 °C	36.829 mg/l
60 ppm	7.73	5.74 mg/l	785.0 μS	29.5 °C	47.183 mg/l
80 ppm	7.75	6.06 mg/l	986.0 μS	29.0 °C	63.358 mg/l
100 ppm	7.62	6.21 mg/l	1155.0 μS	28.3 °C	77.494 mg/l

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา พืชเนียบปล้นของแอมโมเนียและเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และผลของเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยต่อความเป็นพืชเนียบปล้นของแอมโมเนียต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยสรุปพบว่า เมทลดีไฮด์ ในเหยื่อกำจัดหอย มีความเป็นพิษต่ำต่อปลานิลและไม่มีผลต่อค่าพืชน้ำของแอมโมเนียโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. พืชเนียบปล้นของแอมโมเนียต่อปลานิลที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 42.78 (39.89-45.67) ppm ที่ pH เท่ากับ 8.05 และอุณหภูมิเท่ากับ 28.9 °C
2. พืชเนียบปล้นของเมทลดีไฮด์ต่อปลานิลที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 810.68 (575.79 – 1045.57), 345.85 (285.38 – 406.32) และ 251.24 (207.35 – 295.13) ppm ตามลำดับ
3. ผลของเมทลดีไฮด์ต่อความเป็นพืชเนียบปล้นของแอมโมเนียต่อปลานิลที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ได้ค่าพืชน้ำของแอมโมเนีย ที่ได้รับผลจากเมทลดีไฮด์ ต่อปลานิล เท่ากับ 99.62 (88.29 – 110.96), 96.20 (85.03 -107.36) และ 96.20 (85.03 -107.36) ppm ตามลำดับ ที่ pH เท่ากับ 7.83 และอุณหภูมิเท่ากับ 25.6 °C
4. ระดับของเมทลดีไฮด์ในรูปเหยื่อกำจัดหอยที่ใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่โดยทั่วไปที่ 0.5-1 ppm ไม่เป็นอันตรายต่อปลานิล

ข้อเสนอแนะ

1. ต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของเมทลดีไฮด์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ
2. ต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของ สารจำพวกแป้งที่ใช้ดึงหอยและสารที่นำมาใช้ในการอัดเม็ดในกระบวนการผลิตเมทลดีไฮด์ในรูปเหยื่อกำจัดหอยชนิดเม็ดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ
3. ต่อไปควรศึกษาอัตราการละลายได้ของ เมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยในน้ำ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย ปี 2549.

เอกสารฉบับที่ 8 /2551. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. การเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลเพื่อการส่งออก. รายงานผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2556. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2554. เอกสารฉบับที่ 9 /2556. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2556. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2554. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2557. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2555. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ชมพูนุชท์ จรรยาเทศ, ปราสาททอง พรหมเกิด, กรแก้ว เสือสะอาด, ปิยาณี หนูกาพ และ ดาราพร รินทะรักษ์. 2551. การทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าหอย Niclosamide และ Metaldehyde รูปแบบใหม่กับหอยเชอรี่ *Pomacea* sp. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชสวนเทคโนโลยีการเกษตร ปีงบประมาณ 2551.

เชิด แก้วมณี. 2552. การทดปลาปนด้วยโปรตีนพืชในอาหารปลานิลระยะอนุบาลต่อการเจริญเติบโต การจับถ่ายแอมโมเนีย และความต้านทานโรคหลังจากการขนส่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวลมณี พงศ์ธนา. 2553. ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำปทุมธานี, สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 2/2553.

พีรชัย ใจรักกล้า. 2554. ผลของน้ำเสียจากบ่อฝังต่อค่าไลทิตวิทยาและค่าเคมีโลหิตในปลานิล (*Oreochromis nilotica*) ในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทรสินี ภัทรโกศล. 2550. สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กาชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จันทโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

มันสิน ตันทุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2538. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ : เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วินิจ ต้นสกุล, ทองสุข แซ่ลี และ เอกลักษณ์ แซ่โล้ว. 2530. พืชเฉียบพลันและผลกระทบของการใช้ฟอมาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน. น. 23-33. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 25. สาขาประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมโภชน์ อัครกะทิววัฒน์. 2547. สารละลายฟอร์มาลินไทย เล่ม 2. องค์การค้าของคุรุสภา กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ศักยภาพการผลิตและการตลาดปลานิลของประเทศไทยปี 2552. เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 119. 53.

สุภาวดี โกยกุล. 2537. ประสิทธิภาพของฟอร์มาลินในการลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำและผลกระทบต่อกุ้งกุลาดำและปลาดุกเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำนวยการเวช เวชกุล. 2546. การศึกษาประสิทธิภาพของเมทัลดีไฮด์ในการควบคุมหอยจิ้งก (*Cerithidea cingulata* Gmelin) และพืชเฉียบพลันต่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) วัยอ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดม เรืองนพคุณ. 2549. การเพาะพันธุ์และการเลี้ยงปลาชนิด. เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

AgChem. 1998. **MSDS – Material Safety Data Sheet. Ag-chem Africa (pty) Ltd.** Reg no 1998/013411/07 Waltloo, Pretoria, South Africa.

APHA. AWWA and WPCF. 1998. **Standard Method for the Examination of Water and Waste Water. 20th ed.** American Public Health Association, Washington, D.C.

Bailey, S.E.R., S. Cordon and S. Hutchinson. 1989. Why don't slugs eat more bait? A behavioural study of early meal termination produced by methiocarb and metaldehyde bait in *Deroceras reticulatum*. In Henderson, I.F., eds, Slugs and Snail in World Agriculture. Monograph No. 41, British Crop Protection Council, Thornton Heath, p. 385-390. In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests**. CABI Publishing, London, UK.

Benli, A.C.K. and G. Köksal. 2003. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerlings. **Turk J. Vet. Anim. Sci.** 29 (2005): 339-344.

Booze, T.F. and F.W. Oehme. 1986. An investigation of metaldehyde and acetaldehyde toxicities in dogs. **Fund. Appl. J.Toxicol.** 6: 440-446.

Cheng, E.Y. 1989. Control strategy for the introduce snail, *Pomacea lineata*, in rice paddy. **BCPC Mono slugs Snails In World Agriculture** 41: 69-75.

Chiayvareesajja, S. and C.E. Boyd. 1993. "Effect of zeolite, formalin, bacterial augmentation, and aeration on total ammonia nitrogen concentrations". **Aquaculture.** 116:33-45.

Coloso, M. and I.G. Borlongan. 1998. **Acute toxicity of technical metaldehyde and granular metaldehyde formulation to selected nontarget aquatic organisms in brackish water ponds.** Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Ioiolo, Phillipines.

- Coloso, R.M., I.G. Borlongan and R.A. Blum. 1998. **Use of metaldehyde as a molluscicide in semicommercial and commercial milkfish ponds.** *Crop Protection* 17(8): 669-674.
- Colt, J. and G. Tchobanoblos. 1976. "Evaluation of the short-term toxicity of nitrogen compound to channel catfish, *Ictalurus Punctatus*". ***Aquaculture*** 8: 209-224.
- Daud, S.K., D. Hasbollah and A.T. Law. 1988. **Effect of un-ionised ammonia on red tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus* Hybrid).** The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Bangkok, Thailand. 1988; 15: 411-413.
- Dolder, L. K. 2003. **Metaldehyde toxicosis.** *Veterinary Medicine*. P.213- 215.
- Durbin, R.M. 2000. **Catfish farming in Kentucky.** Kentucky State University, Kentucky Department of Agriculture, and the National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund, and R.V, Thurston. 1975. "Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature". ***Journal of the Fisheries Research Board of Canada***. 32: 2379-2383.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2010. "Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance metaldehyde". ***EFSA Journal*** 2010 8(10):1856.
- Fletcher, M.R., K. Hunter, E.A. Barnett, and E.A. Sharp. 1999. **Pesticide Poisoning of Animals: Investigations of Suspected Incidents in the United Kingdom.** n.p.
- Floyd R.F. and C. Watson. 1990. **Ammonia. Fisheries and Aquatic Sciences,** Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Garthwaite, D.G and M.R. Thomas. 1998. Pesticide Usage Survey. **Central Science Laboratory, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Report No. 159.**

Hargreaves, J.A. and C.S. Tucker. 2004. Managing Ammonia in fish ponds. **SRAC Publication No. 4603.**

Homeida, A.M. and R.G. Cooke. 1982. "Pharmacological aspects of metaldehyde poisoning in mice". **Journal of Veterinary Pharmacological Therapy** 5(1): 77-81. In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests.** CABI Publishing, London, UK.

Montgomery, J.H. 1987. **The Agrochemical Handbook.** Royal Society of Chemistry 2nd edition. Nottingham, UK.

Philippart, J.C.L. and J.C.L. Ruwat. 1982. Ecology and distribution of tilapia. pp. 15-19. In R.S.V. Pullin, R. H. Lowe-McConnell, eds. **The Biology and Culture of Tilapia ICLARM Conference Proceeding 7.** International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

Port, C.M. and G.R. Port. 1986. The biology and behavior of slugs in relation to crop damage and control. *Agricultural Zoology Review* 1, 255-299. . In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests.** CABI Publishing, London, UK.

Quinta, I. and G. Martire. 1981. Screening of 24 pesticides by Salmonella microsome assay. **Mut. Res.** 85: 265.

Randall, D.J. and T.K.N. Tsui. 2002. "Ammonia toxicity in fish". **Marine Pollution Bulletin.** 45: 17-23.

Schnorbach, H.-J. and H.D. Matthaei. 1990. Molluscicide. Ullman's Encyclopaedia of Industrial Chemistry, Vol. 16, pp. 649-653. In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests.** CABI Publishing, London, UK.

Santos, M J G., N. G. Ferreira, A. M. V. M. Soares and S. Loureiro. 2010. **The Use of Biomarkers to Evaluate the Toxicity of Metaldehyde and Methiocarb Baits to the Terrestrial Isopod *Porcellionides pruinosus* Brandt, 1833. Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry In Biological Responses to Contaminants, Eds., N. Hamamura, S. Suzuki, S. Mendo, C. M. Barroso, H. Iwata and S. Tanabe. TERRAPUB.**

Triebskorn, R. 1990. Die Wirkung von Molluskiziden auf den Verdauungstrakt einheimischer schadschnecken. PhD thesis, Heidelberg University, Heidelberg. In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests.** CABI Publishing, London, UK.

Triebskorn, R. 1991. "The impact of molluscicides on enzyme activities in hepatopancreas of *Deroceras reticulatum* (Müller)". **Malacology** 3, 113-123.

_____, K. Christensen and I. Heim. 1998. Effect of orally and dermally applied metaldehyde on mucus cells of slugs (*Deroceras reticulatum*) depending on temperature and duration of exposure. **Journal of Molluscan Studies** 64: 467-487. In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests.** CABI Publishing, London, UK.

_____. and H.R. Köhler. 1992. "Platicity of the endoplasmic reticulum in three cell type of slugs poisoned by molluscicides". **Protoplasma** 169: 120-129.

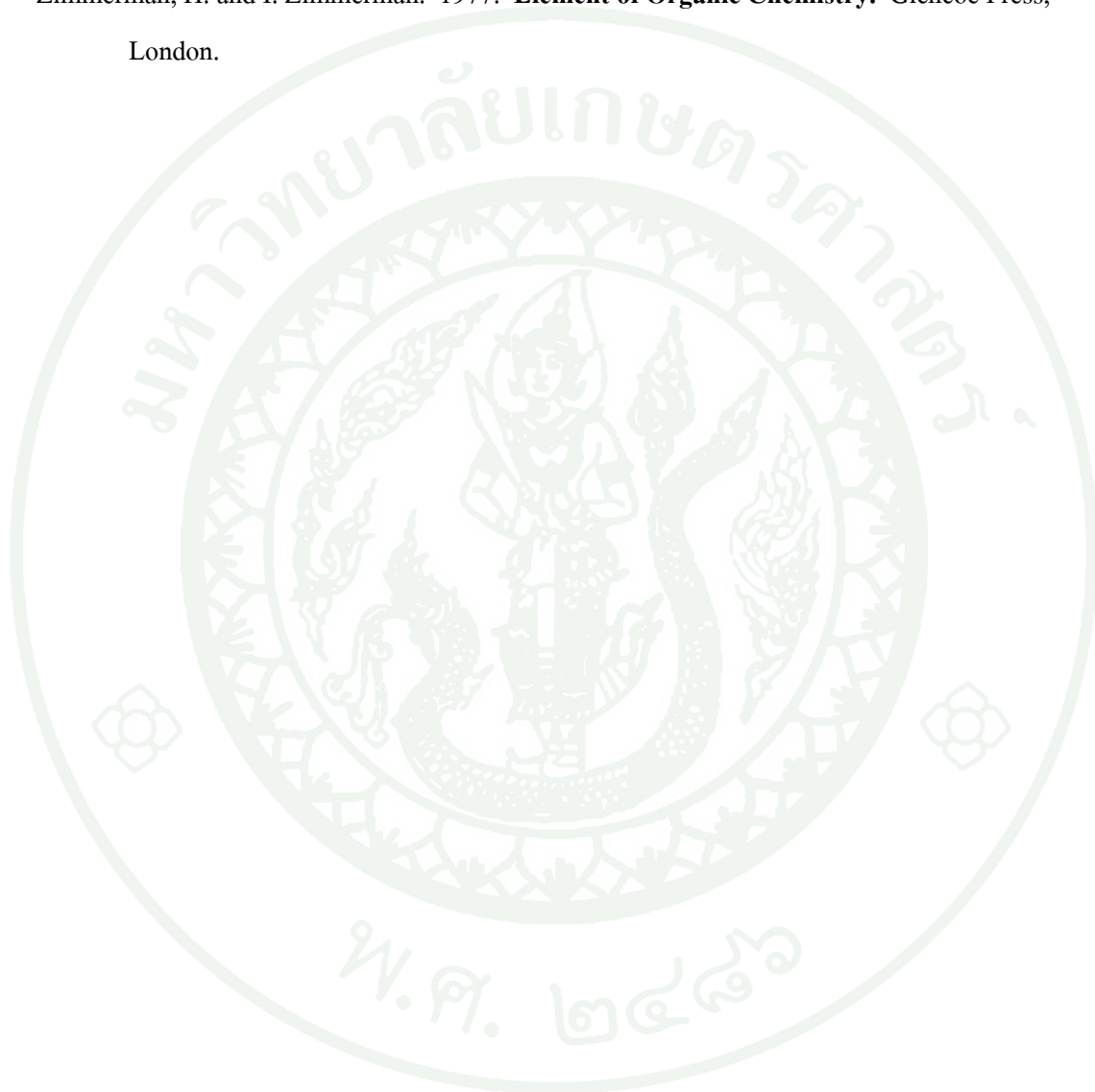
_____, I.F. Henderson, A.P. Martin and H.R. Köhler. 1996. Slugs as target and non-target organisms for environmental chemicals. In Henderson, I.F., eds Slug and Snail Pests in Agriculture. Symposium Proceedings No. 66, British Crop Protection Council, Farnham, p. 65-72. In G.M. Barker, eds, **Molluscs as Crop Pests.** CABI Publishing, London, UK.

Tomlin, C.D.S. 1997. **The Pesticide Manual.** British Crop Protection Council.

Verschuren, HG. 1975. Long- term toxicity and reproductive studies with metaldehyde in rats. **J. Toxicol.** 4: 97-115.

Wajsbrodt, N., A. Gasith, M.D. Krom and D.M. Popper. 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. **Aquaculture**. 164: 227-288.

Zimmerman, H. and I. Zimmerman. 1977. **Element of Organic Chemistry**. Glencoe Press, London.







ตารางผนวกที่ ก1 อัตราการตายสะสมของปลานิลในความเข้มข้นของแอมโมเนียต่างกันที่เวลา 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ แอมโมเนีย (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ตัวตาย	เปอร์เซ็นต์
0	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	0	0
	24	0	0
2	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	0	0
	24	0	0
5	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	1	2
	24	1	2
10	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	0	0
	24	0	0
15	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	0	0
	24	0	0

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ แอมโมเนีย (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ตัวตาย	เปอร์เซ็นต์
20	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	0	0
	24	0	0
25	0	0	0
	6	0	0
	12	0	0
	18	1	2
	24	2	4
30	0	0	0
	6	1	2
	12	1	2
	18	3	6
	24	5	10
40	0	0	0
	6	4	8
	12	4	8
	18	12	24
	24	22	44
50	0	0	0
	6	6	12
	12	10	20
	18	18	36
	24	33	66
60	0	0	0
	6	32	64
	12	42	84
	18	48	96
	24	50	100

ตารางผนวกที่ ก2 อัตราการตายสะสมของปลานิลในความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ต่างกันที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ตัวตาย	เปอร์เซ็นต์
0	0	0	0
	24	0	0
	48	1	3.33
	72	1	3.33
	96	1	3.33
4	0	0	0
	24	0	0
	48	0	0
	72	0	0
	96	0	0
40	0	0	0
	24	0	0
	48	1	3.33
	72	1	3.33
	96	2	6.67
80	0	0	0
	24	0	0
	48	1	3.33
	72	1	3.33
	96	1	3.33
160	0	0	0
	24	4	13.33
	48	5	16.67
	72	6	20.00
	96	8	26.67

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

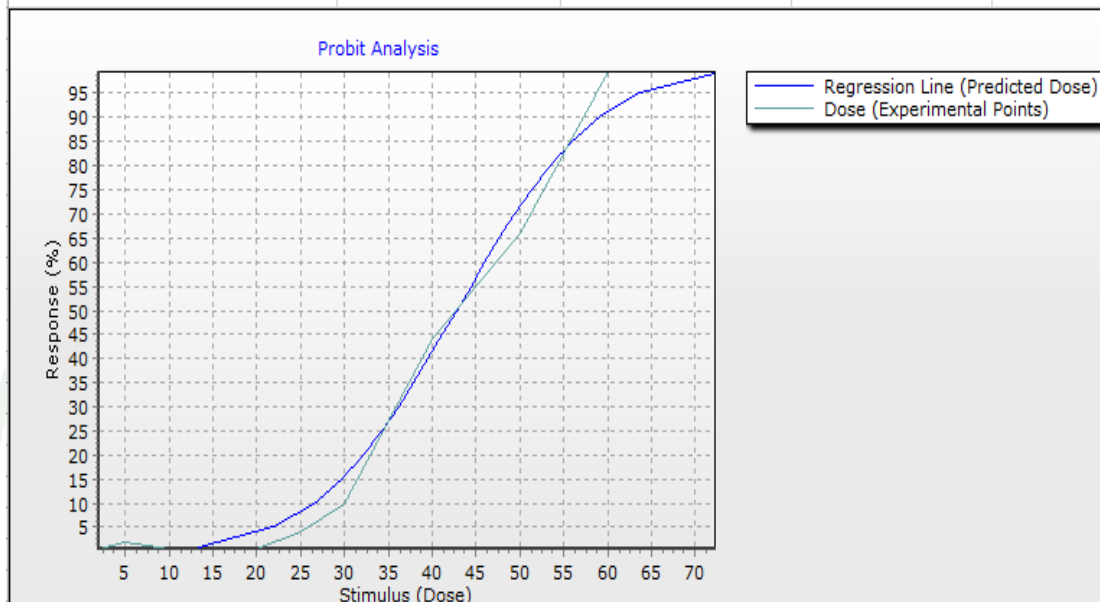
ความเข้มข้นของเมทิล ดีไฮด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ตัวตาย	เปอร์เซ็นต์
320	0	0	0
	24	1	3.33
	48	2	6.67
	72	12	40.00
	96	21	70.00
0	0	0	0
	24	0	0
	48	0	0
	72	0	0
	96	1	3.33
20	0	0	0
	24	1	3.33
	48	1	3.33
	72	1	3.33
	96	1	3.33
40	0	0	0
	24	3	10.00
	48	3	10.00
	72	3	10.00
	96	3	10.00
60	0	0	0
	24	0	3.33
	48	3	10.00
	72	3	10.00
	96	4	13.33

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ความเข้มข้นของเมทิล ดีไฮด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ตัวตาย	เปอร์เซ็นต์
80	0	0	0
	24	9	30.00
	48	14	46.67
	72	16	53.33
	96	16	53.33
100	0	0	0
	24	10	33.33
	48	13	43.33
	72	13	43.33
	96	13	43.33

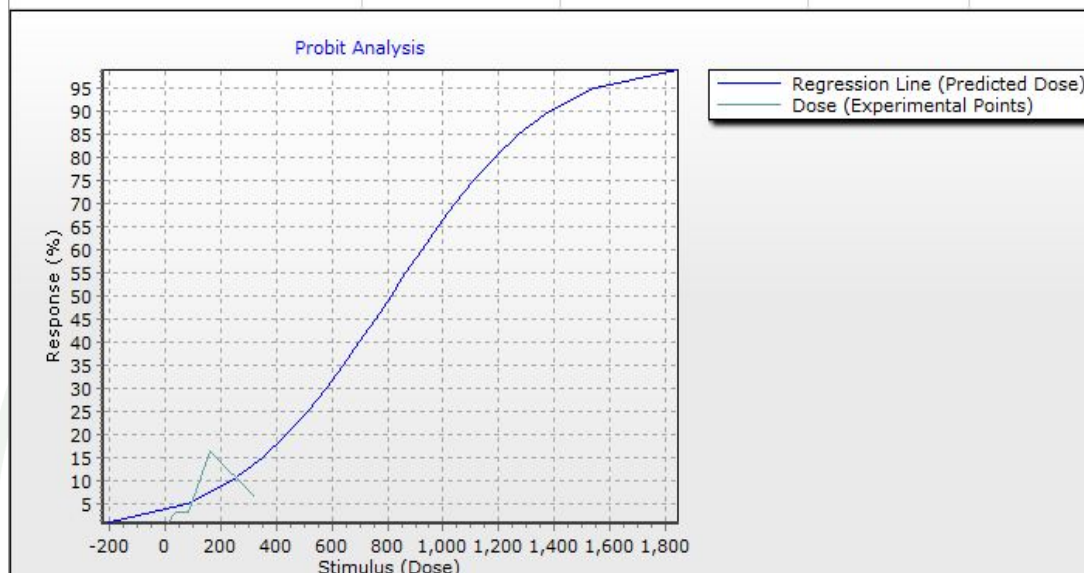


Regression Statistics			
LD50	42.7776	LD50 Standard Error	1.4626
LD50 LCL	39.8874	LD50 UCL	45.6677
Beta	0.0789	Intercept	1.6228
Beta Standard Error	0.0139		
LD10	26.5425	LD16	30.111
LD84	55.4441	LD90	59.0127
LD100	61.7774		



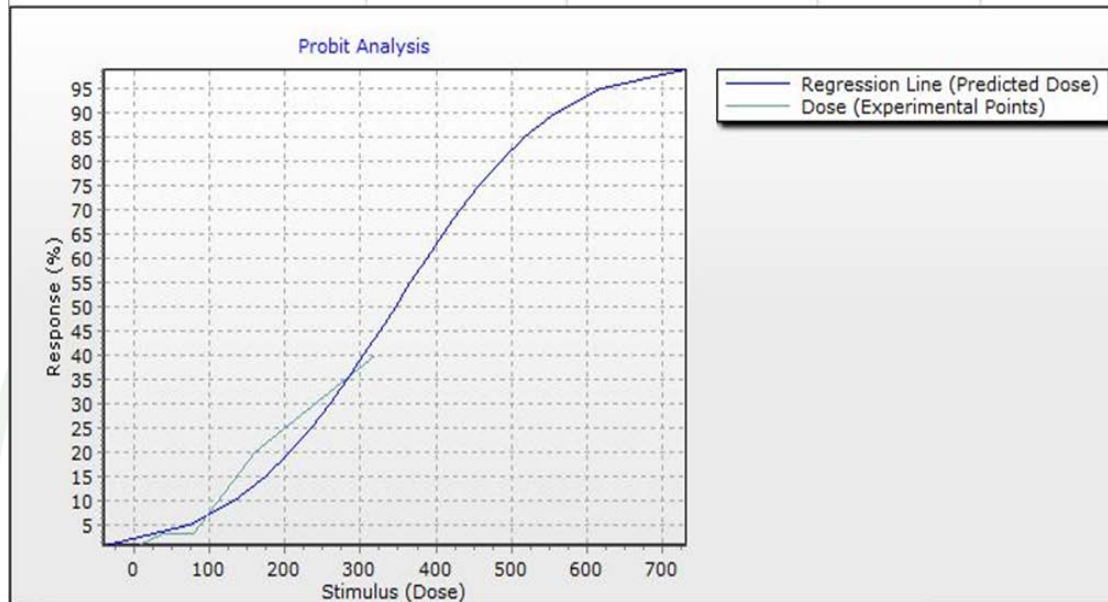
ภาพผนวกที่ ข1 LC_{50} ของแอมโมเนียที่เวลา 24 ชั่วโมง

Regression Statistics			
LD50	810.6792	LD50 Standard Error	114.8459
LD50 LCL	575.7929	LD50 UCL	1,045.5655
Beta	0.0022	Intercept	3.1774
Beta Standard Error	0.0031		
LD10	240.5709	LD16	365.8828
LD84	1,255.4756	LD90	1,380.7875
LD100	1,477.8737		



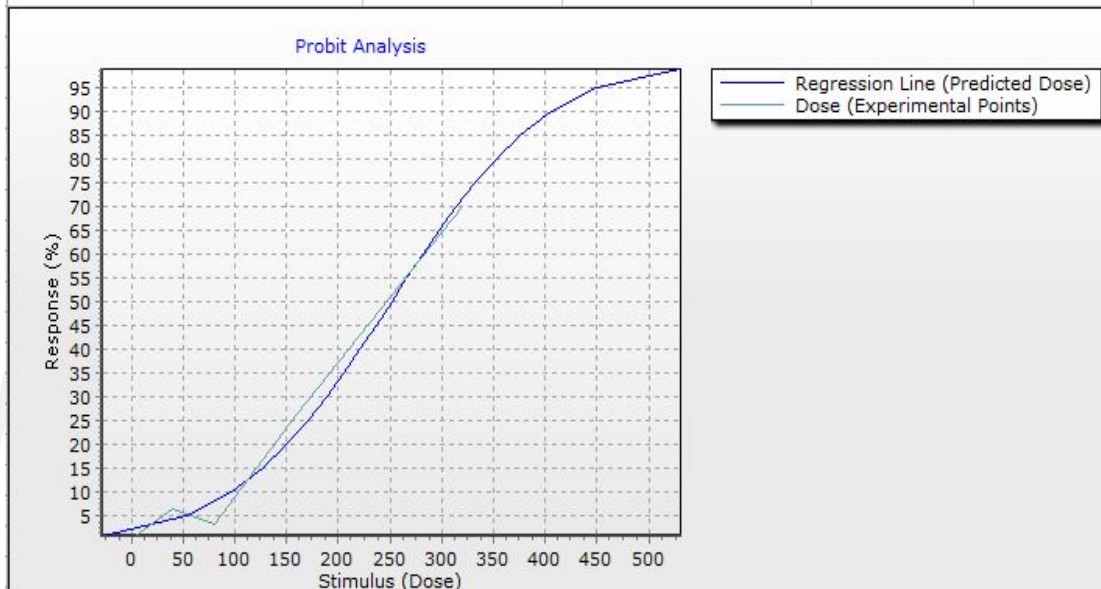
ภาพผนวกที่ ข2 LC_{50} ของเมทลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยที่เวลา 48 ชั่วโมง

Regression Statistics			
LD50	345.8528	LD50 Standard Error	30.2196
LD50 LCL	285.3835	LD50 UCL	406.3221
Beta	0.006	Intercept	2.9105
Beta Standard Error	0.0025		
LD10	133.7016	LD16	180.3332
LD84	511.3723	LD90	558.0039
LD100	594.1321		



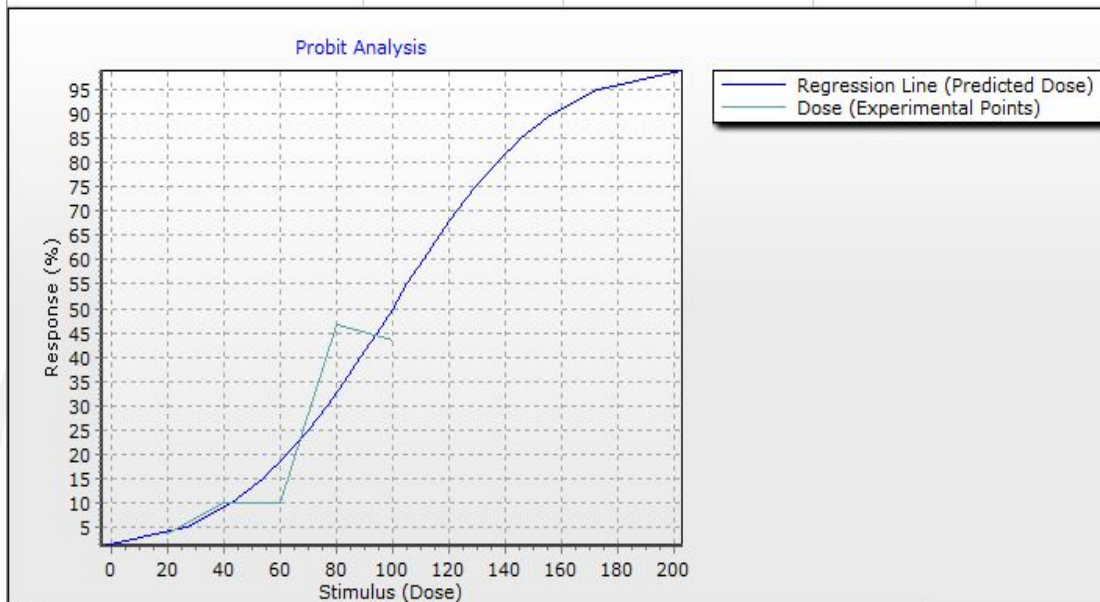
ภาพผนวกที่ ข3 LC₅₀ ของเมทลดีไฮด์ในเชื้อกำจัดหอยที่เวลา 72 ชั่วโมง

Regression Statistics			
LD50	251.2435	LD50 Standard Error	21.9334
LD50 LCL	207.3547	LD50 UCL	295.1322
Beta	0.0083	Intercept	2.9086
Beta Standard Error	0.0024		
LD10	97.2637	LD16	131.1091
LD84	371.3779	LD90	405.2232
LD100	431.4451		



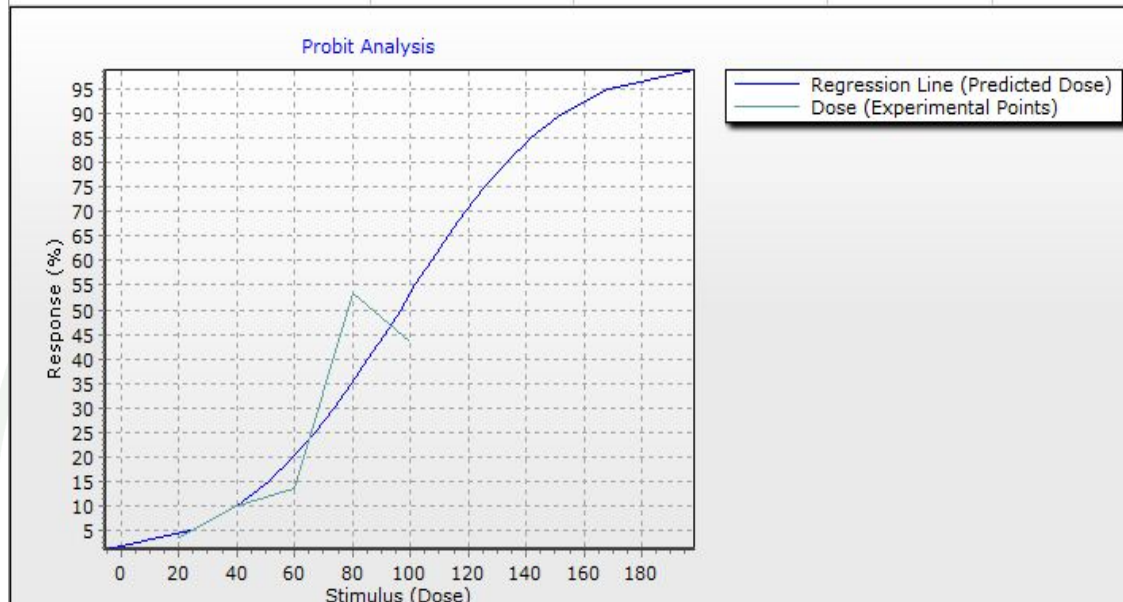
ภาพผนวกที่ ข4 LC₅₀ ของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอยที่เวลา 96 ชั่วโมง

Regression Statistics			
LD50	99.6236	LD50 Standard Error	5.7245
LD50 LCL	88.2885	LD50 UCL	110.9586
Beta	0.0226	Intercept	2.7533
Beta Standard Error	0.0096		
LD10	42.7896	LD16	55.2819
LD84	143.9653	LD90	156.4576
LD100	166.1361		



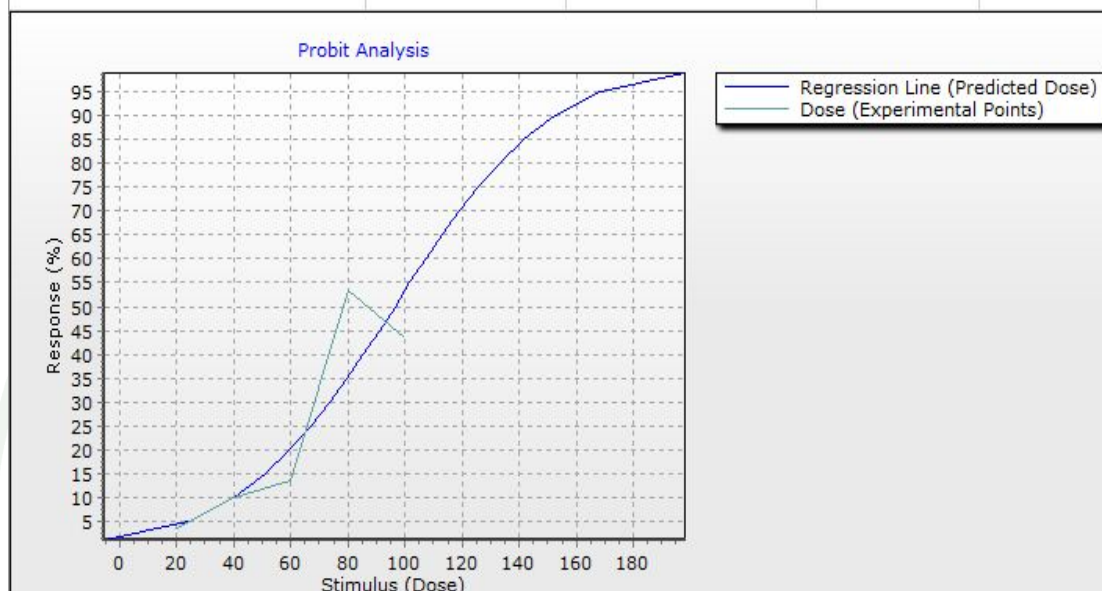
ภาพผนวกที่ ข5 LC_{50} ของแอมโมเนียในความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย 4 ppm ที่เวลา 48 ชั่วโมง

Regression Statistics			
LD50	96.1955	LD50 Standard Error	5.6401
LD50 LCL	85.0275	LD50 UCL	107.3634
Beta	0.0229	Intercept	2.7981
Beta Standard Error	0.0096		
LD10	40.1992	LD16	52.5074
LD84	139.8836	LD90	152.1918
LD100	161.7276		



ภาพผนวกที่ ข6 LC_{50} ของแอมโมเนียในความเข้มข้นของเมทัลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย 4 ppm ที่เวลา 72 ชั่วโมง

Regression Statistics			
LD50	96.1955	LD50 Standard Error	5.6401
LD50 LCL	85.0275	LD50 UCL	107.3634
Beta	0.0229	Intercept	2.7981
Beta Standard Error	0.0096		
LD10	40.1992	LD16	52.5074
LD84	139.8836	LD90	152.1918
LD100	161.7276		



ภาพผนวกที่ ๗ LC₅₀ ของแอมโมเนียในความเข้มข้นของเมทิลดีไฮด์ในเหยื่อกำจัดหอย 4 ppm ที่เวลา 96 ชั่วโมง

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายอนวัช กิรติวิสุข
เกิดวันที่	22 ตุลาคม 2529
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ผลงานดีเด่นและหรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-