

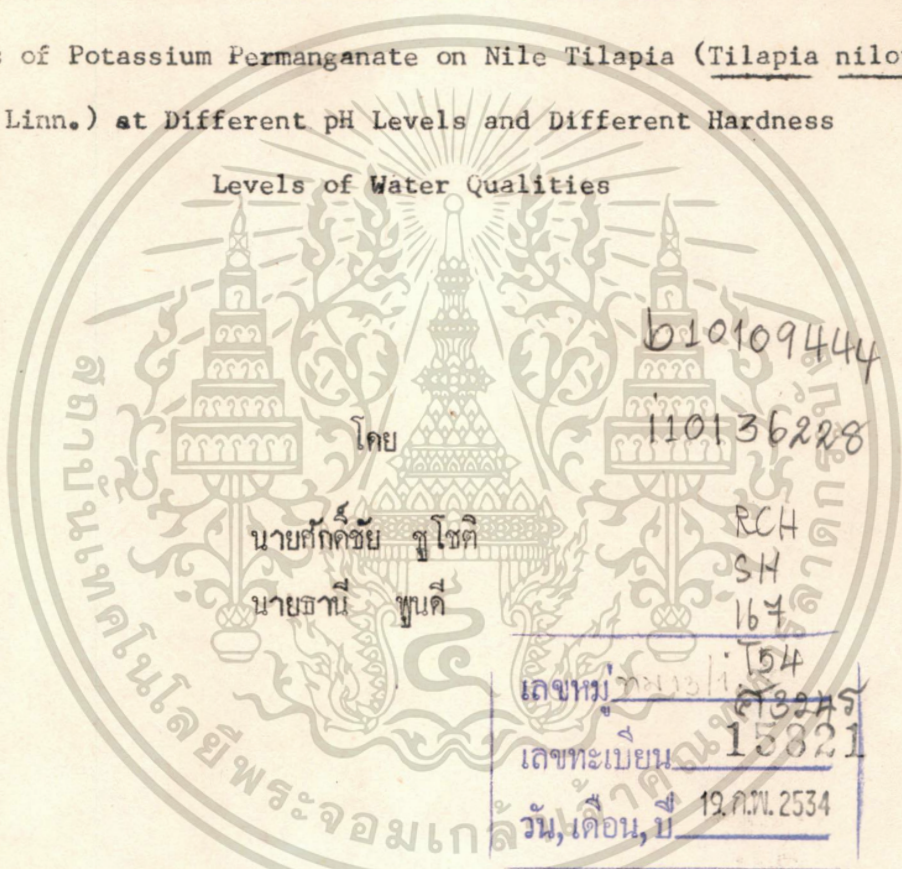
รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ผลของค่างทับทิมต่อปลาไน (Tilapia nilotica Linn.) ที่ระดับความเป็นกรดเป็น
ค่างของน้ำแตกต่างกันและที่ระดับความกระด้างของน้ำแตกต่างกัน

Effects of Potassium Permanganate on Nile Tilapia (Tilapia nilotica
Linn.) at Different pH Levels and Different Hardness

Levels of Water Qualities



ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
abstract	1
คำนำ	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	5
ผลการทดลอง	8
วิจารณ์ผล	10
สรุป	15
เอกสารอ้างอิง	15
ภาคผนวก	17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของค่างทับทิมคอปลานิด (Tilapia nilotica Linn.) ที่ระดับความเป็นกรดเป็น
ค่างของน้ำแตกตางกันและที่ระดับความกระตางของน้ำแตกตางกัน

Effects of Potassium Permanganate on Nile Tilapia (Tilapia nilotica
Linn.) at Different pH Levels and Different Hardness
Levels of Water Qualities

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของค่างทับทิมคอปลานิด (Tilapia
nilotica Linn.) ที่ระดับความเป็นกรดเป็นค่างของน้ำแตกตางกัน และที่ระดับความกระ
ตางของน้ำแตกตางกัน โดยใปลาชนิดขนาดความยาวเฉลี่ย 2.0 - 2.5 เซนติเมตร สัมผัสกับ
ความเข้มข้นของค่างทับทิมที่แตกตางกันในเวลา 96 ชั่วโมง

ความเป็นพิษของค่างทับทิมจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อความเป็นกรดเป็นค่างของน้ำเพิ่ม
ขึ้นคือ ที่ความเป็นกรดเป็นค่าง 6.50, 7.50 และ 8.25 ความเข้มข้นของค่างทับทิมที่ทำให้
ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 3.3, 3.2 และ 1.6 ส่วนในล้าน
ส่วนตามลำดับ และที่ความกระตางของน้ำมีค่า 40 - 44, 164 - 168 และ 242 - 246
ส่วนในล้านส่วน ความเข้มข้นของค่างทับทิมที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 96 ชั่วโมง
มีค่าเท่ากับ 1.3, 1.3 และ 1.6 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

ABSTRACT

Acute toxicity of potassium permanganate to nile tilapia
(Tilapia nilotica Linn.) at different pH levels and different
hardness levels of water qualities was studied. Nile tilapia, 2.0-
2.5 centrimeter in length were exposed to different concentration
of potassium permanganate for 96 hours.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 96 - hour median lethal concentration (LC_{50}) for potassium permanganate to Nile tilapia at pH 6.50, 7.50 and 8.25 were 3.3, 3.2 and 1.6 ppm. respectively. The 96 - hour median lethal concentration (LC_{50}) for potassium permanganate to Nile tilapia at hardness 40 - 44, 164 - 168 and 242 - 246 ppm. were 1.3, 1.3 and 1.6 ppm. respectively.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

คางทิม เป็นสารเคมีที่นำมาใช้ในงานเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อเป็นประโยชน์ในการป้องกันโรคและปรสิต และการปรับปรุงคุณภาพของน้ำ การใช้คางทิมมักจะประสบปัญหาในเรื่องของความเข้มข้นที่นำมาใช้ เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายคางทิมส่วนหนึ่งจะถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยากับอินทรีย์สารในน้ำ ซึ่งเรียกความเข้มข้นส่วนนี้ว่าความต้องการเปอร์เมงกาเนตของน้ำ (Boyd, 1979) ค่าความต้องการเปอร์เมงกาเนตของน้ำนี้ จะมีความสัมพันธ์กับความเป็นพิษของคางทิมต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และมีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของน้ำคอก การใช้คางทิมที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าความต้องการเปอร์เมงกาเนตของน้ำย่อมจะไม่บังเกิดผล แต่การใช้คางทิมที่มีความเข้มข้นสูงมากเกินไป อาจจะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและปลาได้

นอกจากความต้องการเปอร์เมงกาเนตของน้ำแล้ว คุณสมบัติของน้ำบางอย่าง เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความกระด้าง สิ่งเหล่านี้นั้นแต่เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการกำหนดปริมาณการใช้คางทิม น้ำในบ่อเลี้ยงปลาที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง และความกระด้าง ย่อมจะแตกต่างกันไปบ้างตามสภาพของท้องที่ ดังนั้นการศึกษาความเป็นพิษของคางทิมต่อปลาน้ำจืดที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำแตกต่างกัน และที่ระดับความกระด้างของน้ำแตกต่างกัน จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำคางทิมไปใช้ในกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างถูกต้องและเกิดประโยชน์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางทิมต่อปลานิลที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำแตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางทิมต่อปลานิลที่ระดับความกระด้างของน้ำแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ค่างทิมเป็นเกลือเปอร์แมงกาเนตที่มีโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบ มีสูตรทางเคมีคือ $KMnO_4$ ลักษณะเป็นผลึกแข็ง สีม่วงแดง ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้โปตัสเซียมไอออน (K^+) และเปอร์แมงกาเนตไอออน (MnO_4^-) เปอร์แมงกาเนตไอออนในน้ำจะไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างมาก หลังจากเข้าทำปฏิกิริยาแล้ว จะถูกรีดิวซ์ให้อยู่ในรูปแมงกานีสไดออกไซด์ (Ladbury และ Cullis, 1958) ความเป็นพิษของค่างทิมต่อปลานอกจากจะเกิดจากเปอร์แมงกาเนตไอออนโดยตรงแล้ว ยังเกิดจากแมงกานีสไดออกไซด์ที่เกิดจากการสลายตัวของค่างทิมอีกด้วย แมงกานีสไดออกไซด์จะเป็นอันตรายต่อระบบการทำงานของเหงือกปลา (Duijin, 1967)

ความเข้มข้นของค่างทิมในระบับที่เป็นพิษต่อปลาในปัจจุบันที่สำคัญหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้องกับ เช่น การสลายตัวของค่างทิมเมื่อถูกแสง การเข้าทำปฏิกิริยากับสารบางชนิดในน้ำ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลทำให้ความเข้มข้นของค่างทิมที่ในน้อยกว่าความเป็นจริง จากการศึกษที่ผ่านมา สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของค่างทิมในระบับที่เป็นพิษต่อปลาจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำและชนิดของปลา

มานพ (2528) ทดลองหาพิษเฉียบพลันของค่างทิมต่อปลาน้ำจืด 4 ชนิด คือ ปลาช่อน (*Ophicephalus striatus* Bloch.) ปลาคะเพียนขาว (*Puntius gonionotus* Bleeker) ปลาไน (*Cyprinus carpio* Linn.) และปลานิล พบว่าอัตราการตายสะสมของปลา 4 ชนิด ในสารละลายค่างทิมตามระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะ 24 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นการตายจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อครบ 48 ชั่วโมง อัตราการตายสะสมของปลาจะคงที่เมื่อครบ 72 และ 96 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อนำอัตราการตายสะสมมากำหนดจะได้ค่า LC_{50} ในเวลา 96 ชั่วโมง ของปลาทั้ง 4 ชนิด เท่ากับ 2.50 2.59 3.31 และ 3.89 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ

Lawrence (1956) พบว่าค่า LC_{100} ของค่างทิมต่อปลาจุกิล (*Lepomis macrochirus*) ปลาดารจเมาทแมส (*Micropterus salmoides*) ปลาแพะเฮค มินเนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Pimephales promelas) และปลาทอง (Carassius auratus) มีค่าเท่ากับ 3.0
4.0 5.0 และ 6.0 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ

Kemp และคณะ (1966) พบว่าในบ่อปลาที่ใส่แพลงคตอนพืชขึ้นอยู่อย่างหนา
แน่น สามารถใช้คางคกที่หิมเขมจนถึง 32 ส่วนในล้านส่วน ได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อปลาที่
เลี้ยงไว้

Marking และ Bills (1975) รายงานว่า ความเป็นพิษของคางคกที่หิม
จะแตกต่างกันตามชนิดของปลา และความเป็นพิษจะยิ่งมากขึ้นเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างและ
ความกระด้างของน้ำสูงขึ้น แต่ Phelps (1975) พบว่า คางคกที่หิมจะเป็นพิษต่อปลา
น้อยลงเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างและความกระด้างของน้ำสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางคกที่หิมต่อปลานิลที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง
ของน้ำแตกต่างกันและที่ระดับความกระด้างของน้ำแตกต่างกัน

ดำเนินการทดลองเพื่อหาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางคกที่หิม โดยใช้ค่า
มัธยฐานของความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่งในเวลา 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ
Sprague (1969)

1. ปลาทดลอง ปลานิล (Tilapia nilotica Linn.) ความยาว
2.0 - 2.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 0.23 - 0.26 กรัม นำปลานิลมาพักและปรับสภาพให้ชิน
กับห้องทดลอง (acclimate) 7 วัน ก่อนทดลอง
2. ภาชนะทดลอง ใช้โถแก้วทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติ-
เมตร บรรจุน้ำ 5 ลิตร
3. เตรียมสารละลาย (Stock solution) เข้มข้น 1,000 ส่วนในล้าน
ส่วน โดยใช้คางคกที่หิม 1.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. น้ำที่ใช้ในการทดลองในน้ำฝน โดยนำมาปรับคุณสมบัติของน้ำเพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างและความกระด้างตามต้องการ ตามวิธีของ Litchfield และ Wilcoxon (1949) ดังนี้

ความเป็นกรดเป็นด่าง 3 ระดับ คือ 6.50 7.50 และ 8.25

ความกระด้าง 3 ระดับ คือ 40 - 44 164 - 168 และ 242 - 246

ส่วนในล้านส่วน

5. ทำเนิการทดลอง

ใช้วิธีวิเคราะห์ทางชีววิทยาในน้ำนิ่ง (Static bioassay) แบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน

5.1 การทดลองขั้นต้น (preliminary test) เพื่อหาความเข้มข้นสูงสุดของค่างทับทิมที่ยังทำให้ปลาตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นระดับต่ำสุดที่ทำให้ปลาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำข้อมูลที่ได้จี้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อทดลองขั้นต่อไป

5.2 การทดลองอย่างละเอียด (Full scale test) เป็นการทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 96 ชั่วโมง โดยแบ่งความเข้มข้นในข้อ 5.1 ออกเป็น 5 ระดับ แต่ละระดับใช้ปลาทดลอง 10 ตัว

5.2.1 ระดับความเข้มข้นของค่างทับทิมที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 6.50 ความเข้มข้นของค่างทับทิมเท่ากับ 2.5 2.9 3.4 4.0 และ 5.0 ส่วนในล้านส่วน

ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 7.50 ความเข้มข้นของค่างทับทิมเท่ากับ 3.0 3.3 3.7 4.2 และ 5.0 ส่วนในล้านส่วน

ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 8.25 ความเข้มข้นของค่างทับทิมเท่ากับ 1.0 1.3 1.8 2.6 และ 3.5 ส่วนในล้านส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 รัศมีความเข้มข้นของคางทิพย์ที่รัศมีความกระดาง
ของน้ำแตกต่างกัน 3 รัศมี ดังนี้คือ

ความกระดางของน้ำมีกระหว่าง 40 - 44 ส่วนในล้านส่วน
ความเข้มข้นของคางทิพย์เท่ากับ 0.5 1.2 1.9 2.5 และ 3.0 ส่วนในล้านส่วน
ความกระดางของน้ำมีกระหว่าง 164 - 168 ส่วนในล้านส่วน
ความเข้มข้นของคางทิพย์เท่ากับ 1.0 1.3 1.7 2.1 และ 2.5 ส่วนในล้านส่วน
ความกระดางของน้ำมีกระหว่าง 242 - 246 ส่วนในล้านส่วน
ความเข้มข้นของคางทิพย์เท่ากับ 1.0 1.4 1.9 2.4 และ 3.0 ส่วนในล้านส่วน
หลังจากเติมสารละลายคางทิพย์เข้มข้น (1,000 ส่วนในล้านส่วน) ลงในโถแก้ว โดยปรับ
ใหม่ความเข้มข้นตามต้องการ จึงนำตุ๊กปลาซึ่งพักไว้และงดให้อาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
มาใส่ในโถแก้ว โดยใส่ปลา 10 ตัวต่อปริมาณน้ำ 5 ลิตร ในระหว่างการทดลองไม่มีการ
ให้อาหารปลา

สังเกตอาการของปลากอนตายและบันทึกจำนวนปลากตายในเวลา 24 48
72 และ 96 ชั่วโมง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้ปลา
ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 96 ชั่วโมง โดยวิธีของ Litchfield และ Wilcoxon
(1949)

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2528 ถึง มกราคม 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. การศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางทูมที่ติดต่อกับปลาที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำแตกต่างกัน

จากการศึกษาพบว่า ความเป็นพิษของคางทูมที่ติดต่อกับปลาที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 6.50 และระดับความเข้มข้นของคางทูมเท่ากับ 2.5 2.9 3.4 4.0 และ 5.0 ส่วนในล้านส่วน ปลาจะตายในอัตรา 0 40 50 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากเปอร์เซ็นต์การตายของปลาเมื่อผ่านวิเคราะห์จะใช้เวลา 96 ชั่วโมง LC_{50} คือ 2.81 - 3.88 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง (Slope function) 1.255 (ตารางที่ 4, ภาพที่ 1)

ความเป็นพิษของคางทูมที่ติดต่อกับปลาที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 7.50 และระดับความเข้มข้นของคางทูมเท่ากับ 3.0 3.3 3.7 4.2 และ 5.0 ส่วนในล้านส่วน ปลาจะตายในอัตรา 0 60 70 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากเปอร์เซ็นต์การตายของปลาเมื่อผ่านวิเคราะห์จะใช้เวลา 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 3.2 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ของค่า LC_{50} คือ 2.74 - 3.73 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง 1.16 (ตารางที่ 4, ภาพที่ 2)

ความเป็นพิษของคางทูมที่ติดต่อกับปลาที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 8.25 และระดับความเข้มข้นของคางทูมเท่ากับ 1.0 1.3 1.8 2.6 และ 3.5 ส่วนในล้านส่วน ปลาจะตายในอัตรา 0 30 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากเปอร์เซ็นต์การตายของปลาเมื่อผ่านวิเคราะห์จะใช้เวลา 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 1.6 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ของค่า LC_{50} คือ 1.23 - 2.08 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง 1.3 (ตารางที่ 4, ภาพที่ 3)

2. การศึกษาความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางทูมที่ติดต่อกับปลาชนิดที่ระดับความกระด้างของน้ำแตกต่างกัน

จากการศึกษาพบว่าความเป็นพิษของคางทูมที่ติดต่อกับปลาชนิดที่ความกระด้างของน้ำเท่ากับ 40 - 44 ส่วนในล้านส่วน และระดับความเข้มข้นของคางทูมเท่ากับ 0.5 1.2 1.9 2.5 และ 3.0 ส่วนในล้านส่วน ปลาชนิดตายในอัตรา 0 50 70 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากเปอร์เซ็นต์การตายของปลาชนิดเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 1.3 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} คือ 1.12 - 1.50 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง 1.93 (ตารางที่ 8, ภาพที่ 4)

ความเป็นพิษของคางทูมที่ติดต่อกับปลาชนิดที่ระดับความกระด้างของน้ำเท่ากับ 164 - 168 ส่วนในล้านส่วน และระดับความเข้มข้นของคางทูมเท่ากับ 1.0 1.3 1.7 2.1 2.5 ส่วนในล้านส่วน ปลาชนิดตายในอัตรา 0 60 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากเปอร์เซ็นต์การตายของปลาชนิด เมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 1.3 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} คือ 1.10 - 1.81 ส่วนในล้านส่วน ฟังก์ชันความลาดเอียง 1.18 (ตารางที่ 8, ภาพที่ 5)

ความเป็นพิษของคางทูมที่ติดต่อกับปลาชนิดที่ระดับความกระด้างของน้ำเท่ากับ 242-246 ส่วนในล้านส่วน และระดับความเข้มข้นของคางทูมเท่ากับ 1.0 1.4 1.9 2.4 และ 3.0 ส่วนในล้านส่วน ปลาชนิดตายในอัตรา 0 30 70 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 7) จากเปอร์เซ็นต์การตายของปลาชนิดเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 1.6 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} คือ 1.15 - 2.0 ส่วนในล้านส่วน มีฟังก์ชันความลาดเอียง 1.25 (ตารางที่ 8, ภาพที่ 6)

ความเป็นพิษของคางทูมจะเกิดอย่างรวดเร็วในช่วง 24 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นความเป็นพิษของคางทูมจะลดลงในช่วง 48 ชั่วโมง ที่ 72 และ 96 ชั่วโมง คาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัมทิมจะไม่เป็นพิษต่อปลา ลักษณะอาการและพฤติกรรมของปลาชนิดที่ตอบสนองต่อคางทัมทิมพบว่าจะมีอาการคล้ายกับปลาที่ได้รับสารพิษโดยทั่วไป คือ กอนตายปลามีอาการกระสับกระส่ายว่ายน้ำ ไม่มีทิศทางแน่นอน การปิดเปิดของแผ่นกระดูกปิดเหงือกถี่ขึ้น ปลาที่ตายแผ่นกระดูกปิดเหงือกจะอาออก บางตัวจะอยู่นิ่ง ๆ ตามพื้นภาชนะทดลอง ต่อมาจะพยายามว่ายน้ำสู่น้ำ ลักษณะการว่ายน้ำจะเป็นแบบไม่มีทิศทาง และจะลอยตัวอยู่ที่ผิวน้ำสักครู่หนึ่ง บางตัวตายแล้วตกลงสู่พื้นภาชนะทดลอง แต่บางตัวกอนตายจะพยายามว่ายอีกครั้งกอนตกลงสู่พื้นภาชนะและตายในที่สุด

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาพบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.50 และ 7.50 ความเป็นพิษของคางทัมทิมต่อปลานิลจะมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 3.3 และ 3.2 ส่วนในล้านส่วน แต่ที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง 8.25 ความเป็นพิษของคางทัมทิมต่อปลานิล มีค่า 1.6 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงขึ้นจะทำให้คางทัมทิมมีความเป็นพิษเพิ่มขึ้น (Morking และ Bill, 1975) ส่วนความเป็นพิษของคางทัมทิมต่อปลานิลที่ระดับความกระด้างของน้ำเท่ากับ 40 - 44 และ 164 - 168 ส่วนในล้านส่วน มีค่าเท่ากับ 1.3 ส่วนในล้านส่วน และที่ระดับความกระด้างของน้ำ 242 - 246 ส่วนในล้านส่วน มีค่า 1.6 ส่วนในล้านส่วน จะเห็นได้ว่าค่าระดับความเป็นพิษของคางทัมทิมที่ระดับความกระด้างของน้ำแตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่พอจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อความกระด้างของน้ำสูงขึ้นมาก ๆ ความเป็นพิษของคางทัมทิมจะมีค่าลดลง (Fhelps, 1975) แต่ Morking และ Bills, (1975) รายงานว่าความเป็นพิษของคางทัมทิมจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างและความกระด้างของน้ำสูงขึ้น มานพ (2528) พบว่าความเป็นพิษของคางทัมทิมต่อปลานิลมีค่าเท่ากับ 3.89 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งศึกษาความเป็นพิษของคางทัมทิมต่อปลานิลโดยใช้น้ำบาดาลมีความเป็นกรดเป็นด่าง 7.15 - 7.45 และมีความกระด้าง 132 - 136 ส่วนในล้านส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 เปรอ์เซนต์การตายสะสมของปลาในสภาวะ
ละลายทางกับที่วัดระดับความเข้มข้นแตกต่าง
กันช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเป็นกรด
เป็นด่าง 6.50

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	จำนวน (ตัว)	เปอร์เซนต์การตายสะสม				ชั่วโมง
		24	48	72	96	
0	10	0	0	0	0	
2.5	10	0	0	0	0	
2.9	10	30	40	40	40	
3.4	10	30	50	50	50	
4.0	10	80	90	90	90	
5.0	10	100	100	100	100	

ตารางที่ 2 เปรอ์เซนต์การตายสะสมของปลาในสภาวะ
ละลายทางกับที่วัดระดับความเข้มข้นแตกต่าง
กันช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเป็นกรด
เป็นด่างของน้ำ 7.50

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	จำนวน (ตัว)	เปอร์เซนต์การตายสะสม				ชั่วโมง
		24	48	72	96	
0	10	0	0	0	0	
3.0	10	0	0	0	0	
3.3	10	50	60	60	60	
3.7	10	70	70	70	70	
4.2	10	80	90	90	90	
5.0	10	100	100	100	100	

ตารางที่ 3 เปรอ์เซนต์การตายสะสมของปลาในสภาวะ
ละลายทางกับที่วัดระดับความเข้มข้นแตกต่าง
กันช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเป็นกรด
เป็นด่าง 8.25

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	จำนวน (ตัว)	เปอร์เซนต์การตายสะสม				ชั่วโมง
		24	48	72	96	
0	10	0	0	0	0	
1.0	10	0	0	0	0	
1.3	10	30	30	30	30	
1.8	10	70	80	80	80	
2.0	10	90	90	90	90	
3.5	10	100	100	100	100	

ตารางที่ 4 ค่า 96 ชั่วโมง LC₅₀ ฟังก์ชันของความ
เค็มและช่วงความเข้มข้น 95 เปรอ์เซนต์
ในเวลา 96 ชั่วโมง ของทางกับที่วัด
ปลาใน

ความเป็นกรด เป็นด่าง	ค่า 96 ชั่วโมง LC ₅₀ (ส่วนใน ล้านส่วน)	ค่าฟังก์ชันความ เค็ม (Slope function)
6.50	3.3(2.81-3.88)	1.25(1.09-1.44)
7.50	3.2(2.74-3.73)	1.16(1.06-1.35)
8.25	1.6(1.23-2.08)	1.3 (1.02-1.65)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 เบลอร์เซนคการคายสะสมของปลานิลในสารละลายต่างชนิดที่วัดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ความกระต้างของน้ำ 40 - 44 ส่วนในล้านส่วน

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	จำนวน (ตัว)	เบลอร์เซนคการคายสะสม			
		24	48	72	96 ชั่วโมง
0	10	0	0	0	0
0.5	10	0	0	0	0
1.2	10	30	50	50	50
1.9	10	50	70	70	70
2.5	10	60	90	90	90
3.0	10	100	100	100	100

ตารางที่ 6 เบลอร์เซนคการคายสะสมของปลานิลในสารละลายต่างชนิดที่วัดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความกระต้างของน้ำ 164 - 168 ส่วนในล้านส่วน

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	จำนวน (ตัว)	เบลอร์เซนคการคายสะสม			
		24	48	72	96 ชั่วโมง
0	10	0	0	0	0
1.0	10	0	0	0	0
1.3	10	40	60	60	60
1.7	10	60	80	80	80
2.1	10	80	90	90	90
2.5	10	100	100	100	100

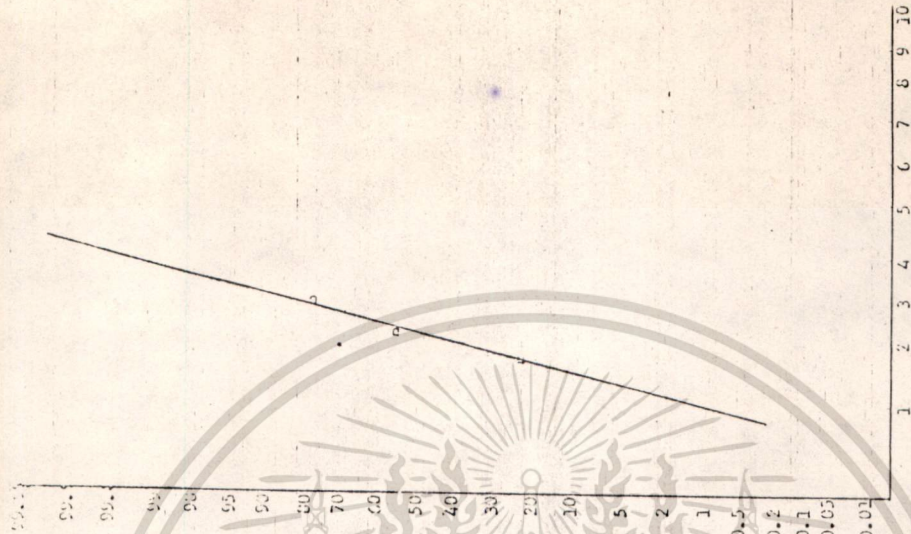
ตารางที่ 7 เบลอร์เซนคการคายสะสมของปลานิลในสารละลายต่างชนิดที่วัดที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความกระต้างของน้ำ 242 - 246 ส่วนในล้านส่วน

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	จำนวน (ตัว)	เบลอร์เซนคการคายสะสม			
		24	48	72	96 ชั่วโมง
0	10	0	0	0	0
1.0	10	0	0	0	0
1.4	10	20	30	30	30
1.9	10	60	70	70	70
2.4	10	70	90	90	90
3.0	10	100	100	100	100

ตารางที่ 8 ค่า 96 ชั่วโมง LC₅₀ ฟังก์ชันของความตายเฉยและช่วงความเชื่อมั่น 95 เบลอร์เซนค ในเวลา 96 ชั่วโมง ของทางที่หาคือปลานิล

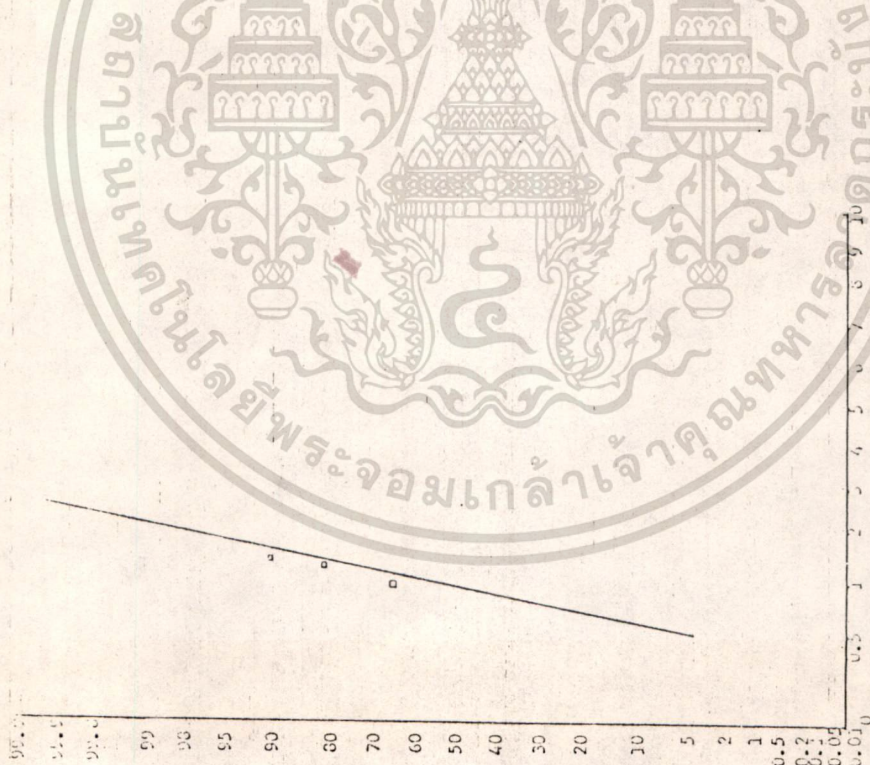
ความกระต้าง (ส่วนในล้านส่วน)	ค่า 96 ชั่วโมง LC ₅₀ ส่วนในล้านส่วน	ค่าฟังก์ชันของความเฉย (Slope function)
40 - 44	1.30 (1.12-1.55)	1.93 (1.72-2.16)
164 - 168	1.30 (1.10-1.81)	1.18 (1.04-1.33)
242 - 246	1.60 (1.15-2.0)	1.25 (1.19-1.31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้



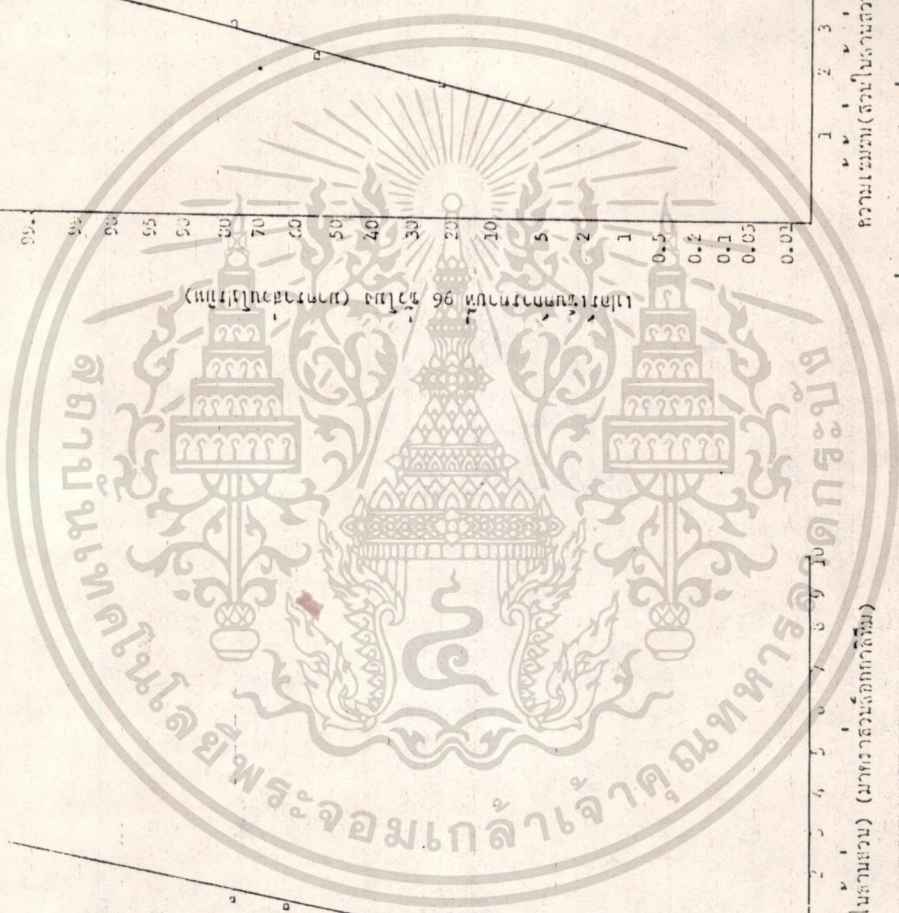
ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน) (มาตราส่วนลอการิทึม)

ภาพที่ 6 ความเข้มข้นระหว่างความเข้มข้นของทางที่มีกับเปอร์เซ็นต์การคายของปลา
ในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความกระด้าง 242-246 ส่วนในล้านส่วน



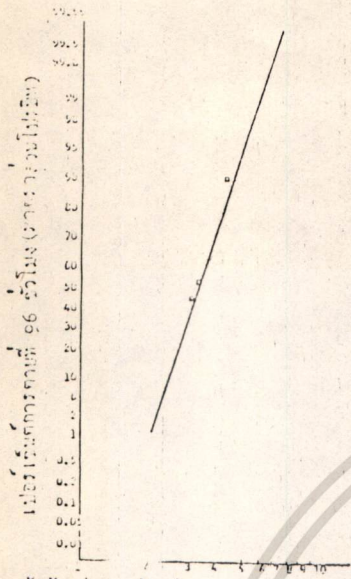
ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน) (มาตราส่วนลอการิทึม)

ภาพที่ 5 ความเข้มข้นระหว่างความเข้มข้นของทางที่มีกับเปอร์เซ็นต์การคายของปลา
ในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความกระด้าง 164-168 ส่วนในล้านส่วน



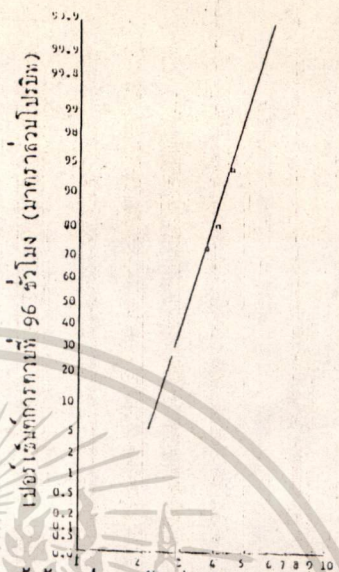
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1



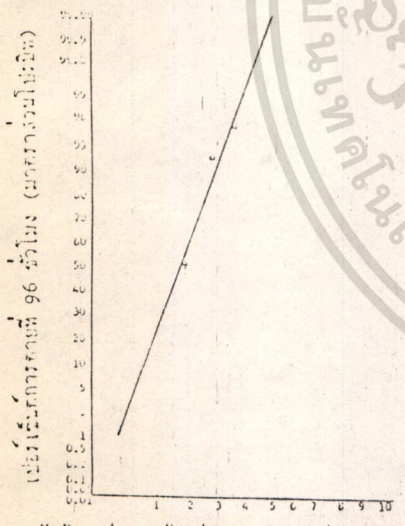
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทางพื้นดินกับเปอร์เซ็นต์การทบทวนของปลาในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นเป็นค่า 6.50

ภาพที่ 2



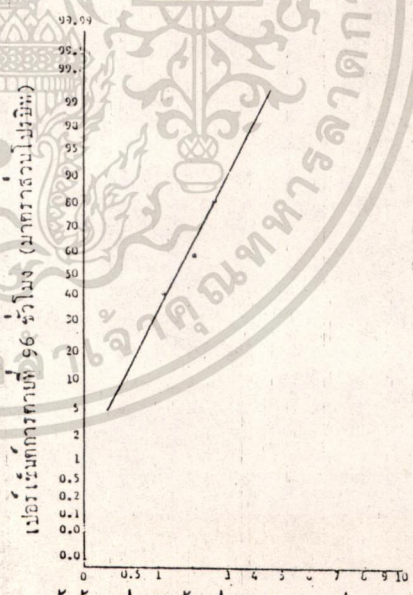
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทางพื้นดินกับเปอร์เซ็นต์การทบทวนของปลาในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นเป็นค่า 7.50

ภาพที่ 3



ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทางพื้นดินกับเปอร์เซ็นต์การทบทวนของปลาในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นเป็นค่า 8.25

ภาพที่ 4



ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทางพื้นดินกับเปอร์เซ็นต์การทบทวนของปลาในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นเป็นค่า 40-44 ส่วนในล้านส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

1. ค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางคกที่หิมคอปปลานิล ในระดับของความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 6.50, 7.50 และ 8.25 มีค่าเท่ากับ 3.3, 3.2 และ 1.60 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

2. ค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของคางคกที่หิมคอปปลานิลในระดับของความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความกระด้างของน้ำเท่ากับ 40 - 44, 164 - 168 และ 242 - 246 ส่วนในล้านส่วน มีค่าเท่ากับ 1.3, 1.3 และ 1.6 ส่วนตามลำดับ

3. ความเป็นพิษของคางคกที่หิมคอปปลานิลจะรุนแรงเฉพาะ 24 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นค่าความเป็นพิษของคางคกที่หิมจะลดลง

เอกสารอ้างอิง

1. มานพ กาญจนบุรณกูร. 2528. ผลของคางคกที่หิมต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ และคุณสมบัติของน้ำ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
2. Boyd, C.E. 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Craft Master Printers. Alabama.
3. Duijin, C.V. 1967. Diseases of Fishes. 2nd ed. Life Books Lts. London.
4. Kemp, H.T., R.G. Fuller and R.S. Davison. 1966. Potassium Permanganate as an Algicide J. AWWA. 58 : 255 - 263.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Ladbury, J.W. and C.E. Cullis. 1958. Kinetics and Mechanisms of Oxidation by Permanganate. Chem. Rev. 58 : 403-408.
6. Lawrence, J.W. 1956. Preliminary Results on the Use of Potassium Permanganate to Counteract the Effects of Rotenone on Fish Prog. Fish Cult. 18 : 15 - 21.
7. Litchfield, J.T. and F.W. Wilcoxon. 1949. A Simplified Method of Evaluating Dose - Effect Experiments. J. Pharmacol. Exp. Ther. 96 : 99 - 113.
8. Marking, L.L. and T.D. Bills. 1975. Toxicity of Potassium Permanganate to Fish and Its Effectiveness for Detoxifying Antimycin. Trans. Am. Fish. Soc. 103 : 579 - 583.
9. Phelps, R.P. 1975. Toxicity and Efficacy of Five Therapeutic Used in Aquaculture When Applied to water of Different Quality Alabama : Ph.D. Dissertation, Auburn, University.
10. Sprague, J.B. 1969. Measurement of Pollutant Toxicity to Fish. I. Bioassay Methods for Acute Toxicity. Water Res. 3 : 793 - 821.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหา LC_{50} ตามวิธีของ Litchfield and Wilcoxon 1949

สัญลักษณ์ที่ใช้

- K = the number of concentration plotted
 n = K-2 = degree of freedom for $(\chi)^2$
 LC_{50} = Median lethal concentration
 S = Slope function
 $f_{LC_{50}}, f_s$ = Factor for LC_{50} and S respectively
 N = total number of animal used between 16 and 84 percent expected effects
 R = the ratio of largest to smallest concentration plotted
 A = a value derived from S and R
 $(\chi)^2$ = from calculated is less than $(\chi)^2$ from table, therefore, the data are not significantly heterogencous, the line is a good fit.

concentration (ppm)	dead/test	observed	expected	observed minus expected	$\frac{(O-E)^2}{E(100-E)}$
2.5	0/10	0(11)	3.5	7.5	0.166
2.9	4/10	40	32	8	0.029
3.4	5/10	50	34	-4	0.006
4.0	9/10	90	80	10	0.062
5.0	10/10	100	99	-2	<u>0.40</u>
				Total	0.303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(\chi)^2 \text{ calculated} = \frac{0.303 \times 50}{5} = 3.03$$

$$\text{Degree of freedom, } n = k-2 = 5-2 = 3$$

$$(\chi)^2 \text{ from table for } n \text{ of } s = 7.815$$

3.03 is less than 7.815, therefore the data are not significantly heterogeneous.

$$LC_{16} = 2.6$$

$$LC_{50} = 3.3$$

$$LC_{84} = 4.1$$

LC_{16} , LC_{50} , LC_{84} read from the line on the logarithmic probability paper the concentration for 16, 50 and 84 percent mortality

$$s = \frac{LC_{84}/LC_{50} + LC_{50}/LC_{16}}{2}$$

$$= \frac{4.1/3.3 + 3.3/2.6}{2} = 1.255$$

$$f_{LC_{50}} = s^{2.77N} = 1.255^{2.77/15} = 1.176$$

the limits of LC_{50} as :

$$LC_{50} \times f_{LC_{50}} = \text{Upper}$$

- limit 19/20

$$LC_{50}/f_{LC_{50}} = \text{lower probability}$$

$$\text{Upper limit } LC_{50} = 3.3 \times 1.176 = 3.88$$

$$\text{lower limit } LC_{50} = 3.3/1.176 = 2.80$$

LC_{50} and 19/20 confidence limits : 3.3 (2.80 to 3.88) ppm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = \text{largest/smallest concentration}$$

$$= 5/2.5 = 2$$

$$A = \text{antilog } \frac{1.1 (\log S)^2}{\log R}$$

$$= \text{antilog } 1.1 \frac{(\log 1.255)^2}{\log 2}$$

$$= 1.07$$

$$f_s = A^{10(k-1)/k/\bar{N}}$$

$$= 1.07^{10(5-1)/5/\bar{15}}$$

$$= 1.15$$

the limit of S as :

$$S \times f_s = \text{Upper}$$

- limit for 19/20 probability

$$S/f_s = \text{lower}$$

$$\text{Upper limit } S = 1.255 \times 1.15 = 1.443$$

$$\text{lower limit } S = 1.255/1.15 = 1.091$$

S and 19/20 confidence limits : 1.255 (1.091 to 1.443)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมน้ำเพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันและความกระด้างแตกต่างกัน โดยวิธีของ Litchfield และ Wilcoxon (1949)

Quantities of reagent - grade chemicals required to prepare recommended reconstituted fresh water and the resulting water qualities

Name	Salts required (mg.l)				pH ^a	Hardness ^b	Alkalinity ^b
	NaHCO ₃	CaSO ₄ ·2H ₂ O	MgSO ₄	KCl			
verysoft	12	7.5	7.5	0.5	6.4-6.8	10-13	10-31
soft	48	30.0	30	2.0	7.2-7.6	40-48	38-35
hard	192	120.0	120.0	8.0	7.6-8.0	160-180	110-120
veryhard	384	240.0	240.0	16.0	8.0-8.4	280-320	225-245

Quantities of reagent - grade chemical to be added to aerated soft reconstituted fresh water for buffering pH. The solutions should not be aerated after addition of these chemicals

pH ^c	Milliliters of solution for liter of water		
	1.0 N NaOH	1.0 M KH ₂ PO ₄	0.5 M HBO ₃
6.0	1.3	80.0	-
6.5	5.0	30.0	-
7.0	19.0	30.0	-
7.5	-	-	-
8.0	19.0	20.0	-
8.5	6.5	-	40.0
9.0	8.8	-	30.0
9.5	11.0	-	20.0
10.0	16.0	-	18.0

a Approximate equilibrium pH after aeration and with fish in water

b Expressed in mg/l as CaCO₃

c Approximate equilibrium pH with fish in water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีปรับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

pH	1 N NaOH (mg/l)	10KH ₂ PO ₄ (mg/l)	0.5H ₂ BO ₃ (mg/l)
6.5	0.33	2.72	-
7.5	0.40	-	2.67
8.5	0.59	-	2.67

วิธีปรับความกระด้างของน้ำ

Name	NaHCO ₃ (mg/l)	CaCO ₃	MgSO ₄	KCl	pH	hardness	alkalinity
Verysoft	384	7.5	7.5	0.5	8.1	10-13	225-245
soft	384	30	30	2.0	8.1	40-48	225-245
hard	384	120	120	8.0	8.1	160-180	225-245
veryhard	384	180	180	12.0	8.1	240-280	225-245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้