

## การประเมินความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืด Evaluation of Acute Toxicity of Cabaryl to Nile Tilapia and Freshwater Prawn Potential

กิตติชัย จันธิมา<sup>1,\*</sup>, วิชุดา จินดาธรรม<sup>2</sup>, หอมนวล หย่าคำ<sup>3</sup>, บุษบาวรรณ ไชยเรือนสูง<sup>4</sup>

<sup>1</sup>โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย

<sup>2</sup>สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย เชียงราย

<sup>3</sup>องค์การบริหารส่วนตำบลแม่สลองใน เชียงราย

<sup>4</sup>บริษัท วี เม็ด แลป เซ็นเตอร์ จำกัด พิษณุโลก

Kittichai Chantima<sup>1,\*</sup>, Wichuda Jindatham<sup>2</sup>, Homnawl Yarkam<sup>3</sup>, Butsabawan Chairueansoong<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Environmental Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology,

Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai

<sup>2</sup>Provincial Office of Natural Resources and Environment Chiang Rai, Chiang Rai

<sup>3</sup>Mae Salong Nai Subdistrict Administrative Organization, Chiang Rai

<sup>4</sup>WE Med Lab Center Co., Ltd., Phitsanulok

### บทคัดย่อ

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรโดยเฉพาะนาข้าวส่งผลให้ระบบนิเวศน้ำจืดเสื่อมโทรม และคุกคามการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในน้ำหลายชนิด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นพิษเฉียบพลันของสารกำจัดศัตรูพืชคาร์บาริลต่อสัตว์น้ำ 2 ชนิด คือ ตัวอ่อนปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และกุ้งฝอยน้ำจืด (*Macrobrachium lanchesteri*) โดยใช้วิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ภายในเวลา 96 ชั่วโมง (96hr-LC<sub>50</sub>) ด้วยการวิเคราะห์โปรบิท (probit analysis) ผลการศึกษาพบว่าค่า 96hr-LC<sub>50</sub> ของตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืดมีค่าเท่ากับ 7.92 และ 0.08 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ผลการศึกษา

\* Corresponding author : kittichai.cha@crpu.ac.th

Received : 02/08/2022

Revised : 14/11/2022

Accepted : 23/11/2022

แสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษสูงของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืด

**คำสำคัญ :** พิษเฉียบพลัน, คาร์บาริล, ปลานิล, กุ้งฝอยน้ำจืด

## Abstract

Pesticide applications in agriculture especially rice paddies undoubtedly result in a degraded freshwater ecosystem and threatened survival of several aquatic organisms. This study was conducted to determine the acute toxicity of Cabaryl, a carbamate pesticide, on Nile tilapia juvenile (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium lanchesteri*) by static bioassay. Probit analysis was performed for evaluating the median lethal concentration within 96 hours (96hr-LC<sub>50</sub>). The results showed that 96hr-LC<sub>50</sub> of Cabaryl was 7.92 and 0.08 ppm on *O. niloticus* and *M. lanchesteri*, respectively. This study indicated that high toxicity of Cabaryl on *O. niloticus* juvenile and *M. lanchesteri*.

**Keywords :** acute toxicity, cabaryl, nile tilapia, freshwater prawn

## ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง เนื่องด้วยประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เกษตรกรจึงพึ่งพาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อป้องกันโรคพืชและเพื่อเพิ่มผลผลิต ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่มากจนเกินความต้องการ และบ่อยครั้งก่อให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั้งในดิน น้ำ และอากาศ โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำซึ่งได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตช้า เสียการทรงตัว และอาจตายได้ในที่สุด อีกทั้งยังส่งผลให้เกษตรกรสูญเสียรายได้ นอกจากนี้ยังทำให้สมดุลธรรมชาติต้องเปลี่ยนแปลงไปในทางลบจนเกิดผลเสียหายส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม

สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) และกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากสารสองกลุ่มนี้สลายตัวได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตซึ่งจะสลายตัวได้เร็ว คาร์บาริล (Carbaryl;  $C_{12}H_{11}NO_2$ ) เป็นสารเคมีกำจัดแมลงชนิดหนึ่งที่ตั้งอยู่ในกลุ่มคาร์บาเมต คาร์บาริลเป็นสารเคมีชนิดแรกในกลุ่มคาร์บาเมตที่ถูกนำมาใช้และยังมีการใช้กันมากในปัจจุบันในการป้องกันและกำจัดแมลงในภาคการเกษตร [1-2] อย่างไรก็ตามคาร์บาริลมีโอกาที่จะแพร่กระจายและสะสมอยู่ในแหล่งน้ำจำนวนมากแม้ว่าสารนี้จะสลายตัวได้เร็วตามธรรมชาติก็ตาม เนื่องจากการใช้ในปริมาณที่มากและต่อเนื่องส่งผลให้คาร์บาริลสามารถสะสมในแหล่งน้ำและก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่สามารถอาศัยอยู่ได้ในแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อย เป็นปลาที่นิยมนำมาเลี้ยงเนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปลานิลที่มนุษย์นำมาบริโภคส่วนใหญ่มาจากการเพาะเลี้ยงมากกว่าแหล่งธรรมชาติ ทั้งนี้ปลานิลในแหล่งน้ำตามธรรมชาติลดน้อยลงเนื่องจากการตกค้างของสารเคมี

ทางการเกษตรในแหล่งน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อปลาได้ ทั้งนี้มีรายงานการทดสอบผลของคาร์บาริลความเข้มข้น 850 ไมโครกรัมต่อลิตร มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางจุลพยาธิวิทยาและทางเซลล์วิทยาในเหงือกของปลาไน [3] เช่นเดียวกับกุ้งฝอยน้ำจืด (*Macrobrachium lanchesteri*) ที่พบได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยและเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป กุ้งฝอยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งโปรตีนและแคลเซียม ปัจจุบันกุ้งฝอยเริ่มลดน้อยลงเนื่องจากการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำธรรมชาติ อีกทั้งได้รับผลกระทบจากสารเคมีตกค้างในแหล่งน้ำโดยเฉพาะคาร์บาริลถึงแม้ว่าจะเป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่สลายตัวได้เร็วในสิ่งแวดล้อมแต่สามารถมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมีรายงานผลความเป็นพิษของคาร์บาริลต่อกุ้งฝอยน้ำจืด (*M. malcolmsonii*) พบว่าทำให้การทำงานของกระบวนการเมตาบอลิซึมพื้นฐานลดลง และส่งผลให้การเจริญเติบโตของกุ้งฝอยลดลงไปด้วย [4-5] นอกจากนี้ผู้เลี้ยงปลาเศรษฐกิจยังใช้กุ้งฝอยเป็นอาหารเลี้ยงอนุบาลลูกปลาเศรษฐกิจ เช่น ปลาบู่ ปลาช่อน ปลากray ปลาสร้อยขาว เป็นต้น ทำให้มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดที่มีแนวโน้มสูงมากขึ้นในปัจจุบัน

การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความเป็นพิษของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลาไนและกุ้งฝอยน้ำจืดเพื่อประเมินความเป็นพิษเฉียบพลันเบื้องต้นภายใต้สภาวะทดลอง ผลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับแนวทางในการจัดการและการใช้สารเคมีในการเกษตรที่ถูกต้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาคือความเป็นพิษของคาร์บาริลจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำมาเป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังใช้เป็นแนวทางในการรักษาคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำได้

## วิธีการดำเนินการวิจัย

**สัตว์ทดลอง** สัตว์ทดลองและการเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการได้รับการจัดการตามแนวทางที่ได้รับการตรวจสอบโดยคณะกรรมการจากสถาบันพัฒนาการการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (U1-03137-2559) สัตว์ทดลองที่ใช้ มีดังนี้

ตัวอ่อนปลาไน (*Oreochromis niloticus*) อายุ 30 วัน ทำการเลี้ยงในตู้ทดลอง (ขนาด 8×16×10 นิ้ว) เพื่อให้สัตว์ทดลองปรับสภาพให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมของตู้ทดลองเป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปทำการทดลอง ให้อาหารแก่สัตว์ทดลองวันละ 2 ครั้ง ครั้งละประมาณร้อยละ 5-10 ของน้ำหนักตัว

กุ้งฝอยน้ำจืด (*Macrobrachium lanchesteri*) เลี้ยงกุ้งฝอยน้ำจืดในตู้ทดลอง (ขนาด 6×12×7 นิ้ว) เพื่อปรับสภาพในตู้เป็นเวลา 7 วัน ก่อนทำการทดลอง กุ้งฝอยน้ำจืดที่ใช้มีขนาดเฉลี่ย 3.5 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 480 มิลลิกรัม ให้อาหารแก่สัตว์ทดลองวันละ 2 ครั้ง ครั้งละประมาณร้อยละ 5-10 ของน้ำหนักตัว

**สารเคมี** เตรียมสารละลายของคาร์บาริล (Sevin 85, USA) ในรูปของสารละลายเข้มข้นในหน่วยพีพีเอ็ม (ppm) ให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการ (ตารางที่ 1) สารละลายที่ใช้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งและนำไปใช้ทันที

**การทดลอง** การทดลองมีขั้นตอน ดังนี้

การทดลองขั้นต้น (pre-test) เป็นการทดลองขั้นต้นเพื่อหาระดับความเข้มข้นของคาร์บาริลในช่วงกว้างที่ทำให้สัตว์ทดลองตายและไม่ตายทั้งหมด (ร้อยละ 0-100) โดยนำสารละลายคาร์บาริลที่มีความเข้มข้นระดับต่าง ๆ เติม

ลงไปในตัวเลี้ยงสัตว์ทดลอง คนให้ตัวพร้อมให้ออกซิเจนตลอดเวลา จากนั้นจึงนำสัตว์ทดลองเข้าระบบตู้ทดลองจำนวน 10 ตัว ลงไปในตัวเลี้ยง โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 24 ชั่วโมง และบันทึกผลการทดลอง

การทดลองอย่างละเอียด (full scale test) เพื่อหาระดับความเป็นพิษของคาร์บาริลโดยใช้วิธีชีววิเคราะหแบบนิ่ง (static bioassay) เป็นการนำข้อมูลความเข้มข้นของคาร์บาริลที่ทำให้สัตว์ทดลองตายระหว่างร้อยละ 0 - 100 จากการทดลองขั้นต้นมาแบ่งออกเป็น 5 ระดับความเข้มข้น และ 1 กลุ่มควบคุม แต่ละกลุ่มใช้สัตว์ทดลอง 30 ตัว โดยมีรูปแบบการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: รูปแบบการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืด

| กลุ่มทดลอง               | ความเข้มข้นของคาร์บาริล (พีพีเอ็ม) |               |
|--------------------------|------------------------------------|---------------|
|                          | ตัวอ่อนปลานิล                      | กุ้งฝอยน้ำจืด |
| กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) | 0                                  | 0             |
| กลุ่มที่ 2               | 5                                  | 0.04          |
| กลุ่มที่ 3               | 7                                  | 0.10          |
| กลุ่มที่ 4               | 9                                  | 0.16          |
| กลุ่มที่ 5               | 11                                 | 0.22          |
| กลุ่มที่ 6               | 13                                 | 0.28          |

ก่อนและหลังทำการทดลองทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ คือ อุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของระบบตู้ทดลอง ตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ multiparameter ยี่ห้อ EUTECH รุ่น PCD 650 หลังจากเติมคาร์บาริลลงไปแล้วนับจำนวนการตายของสัตว์ทดลอง บันทึกค่าร้อยละการตาย และสังเกตพฤติกรรมและปฏิกิริยาของสัตว์ทดลองเมื่อสัมผัสกับสารเคมีและบันทึกผลการทดลองทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนครบ 96 ชั่วโมง ในระหว่างการทดลองสัตว์ทดลองที่ตายจะนำออกจากตู้ทดลองทันที

**การวิเคราะห์ข้อมูล** วิเคราะห์ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ภายในเวลา 96 ชั่วโมง (96hr-LC<sub>50</sub>) โดยการนำข้อมูลร้อยละการตายของสัตว์ทดลองและความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายมาคำนวณหาค่า 96hr-LC<sub>50</sub> ด้วยวิธีคำนวณแบบโพรบิต (probit) โดยใช้โปรแกรม StatPlus V.5 และโปรแกรม Microsoft Excel

## ผลการศึกษา

การศึกษาพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืดตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 96 ชั่วโมง พบอัตราการตายของตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยแตกต่างกันไปตามระยะเวลาและความเข้มข้นของสารเคมี (ตารางที่ 2) โดยคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองพบว่า อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของห้องทดลองซึ่งอยู่ในช่วง 23.6-26.6 องศาเซลเซียส มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 84.10-177.10 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าของแข็ง

ละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 79.39-167.20 มิลลิกรัมต่อลิตร (มก./ล.) ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 78.55-171.70 พีพีเอ็ม ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.91-8.31 และค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 5.85-7.09 มก./ล. จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าออกซิเจนละลายน้ำขณะทำการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของกรมประมง คือ อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 23.0-32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.5-9.0 และค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่น้อยกว่า 3.0 มก./ล. [6]

ผลการทดลองอัตราการตายของตัวอ่อนปลาไนที่ระดับความเข้มข้น 0 พีพีเอ็ม (กลุ่มควบคุม) ไม่พบการตายของตัวอ่อนปลาไนตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง แต่ที่ระดับความเข้มข้น 5 พีพีเอ็ม พบว่าเริ่มมีการตายของตัวอ่อนปลาไนที่ 48 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อครบ 96 ชั่วโมง มีอัตราการตายสะสมร้อยละ 10.0 สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 7 พีพีเอ็ม เริ่มมีการตายที่ 24 ชั่วโมง โดยมีอัตราการตายร้อยละ 3.3 เมื่อครบ 96 ชั่วโมง มีการอัตราการตายสะสมเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.3 และที่ระดับความเข้มข้น 9, 11 และ 13 พีพีเอ็ม พบว่าเริ่มมีอัตราการตายสะสมที่ 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน เมื่อครบ 96 ชั่วโมง พบว่ามีอัตราการตายสะสมร้อยละ 53.3, 80.0 และ 100 ตามลำดับ

ผลการทดลองอัตราการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดที่เวลา 24 ชั่วโมง กุ้งฝอยน้ำจืดที่สัมผัสกับคาร์บาริลที่ระดับความเข้มข้นต่ำไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสารเคมี ยังคงว่ายน้ำเป็นปกติและมีอัตราการตายค่อนข้างต่ำ แต่กุ้งฝอยน้ำจืดที่สัมผัสกับคาร์บาริลที่ระดับความเข้มข้นสูงแสดงปฏิกิริยาตอบสนองออกมาอย่างชัดเจน คือ มีการว่ายน้ำเร็วขึ้นและพยายามดิ้นตัวขึ้นมาเหนือน้ำจนหยุดการตอบสนองและจมลงสู่พื้นน้ำ กุ้งฝอยน้ำจืดที่ตายจะมีลำตัวอและสีขาวขุ่น และที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (0.28 พีพีเอ็ม) พบการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดเกือบทั้งหมด มีการตายร้อยละ 83.3 ที่เวลา 48 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมเริ่มพบการตายของกุ้งฝอยน้ำจืด และที่ระดับความเข้มข้น 0.04 พีพีเอ็ม มีอัตราการตายใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.10, 0.16 และ 0.22 พีพีเอ็ม เริ่มพบการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด กุ้งฝอยน้ำจืดมีการตายร้อยละ 100 ที่ระดับความเข้มข้น 0.28 พีพีเอ็ม สำหรับปฏิกิริยาตอบสนองของกุ้งฝอยน้ำจืดต่อคาร์บาริลที่ระดับความเข้มข้นต่ำยังมีปฏิกิริยาใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.22 พีพีเอ็ม กุ้งฝอยน้ำจืดเริ่มมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อคาร์บาริลเพิ่มมากขึ้นที่เวลา 72 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมยังคงมีอัตราการตายเท่าเดิม และที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ อัตราการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจากเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0.16 และ 0.22 พีพีเอ็ม พบอัตราการตายมากกว่าร้อยละ 50.0 ทั้งนี้เนื่องจากการสะสมของสารเคมี แต่ปฏิกิริยาตอบสนองของกุ้งฝอยน้ำจืดไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมมากนัก ซึ่งส่วนใหญ่กุ้งฝอยน้ำจืดจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มอยู่ที่พื้นน้ำ และที่เวลา 96 ชั่วโมง ทุกระดับความเข้มข้นพบอัตราการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดอย่างเห็นได้ชัด กลุ่มควบคุมมีการตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.7 ที่ระดับความเข้มข้น 0.04, 0.10 และ 0.16 พีพีเอ็ม มีการตายเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วง 72 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้น 0.22 พีพีเอ็ม พบการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดร้อยละ 100 ปฏิกิริยาตอบสนองของกุ้งฝอยน้ำจืดส่วนใหญ่เริ่มมีการตอบสนองต่อการสัมผัสคาร์บาริลลดลง

ตารางที่ 2: การตายสะสมของตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืดจากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริล ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง

| สัตว์ทดลอง             | การตายสะสม (ร้อยละ) |      |      |      |      |      |               |      |      |      |      |      |
|------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|
|                        | ตัวอ่อนปลานิล       |      |      |      |      |      | กุ้งฝอยน้ำจืด |      |      |      |      |      |
| ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม) | 0                   | 5    | 7    | 9    | 11   | 13   | 0             | 0.04 | 0.10 | 0.16 | 0.22 | 0.28 |
| 24 ชั่วโมง             | 0                   | 0    | 3.3  | 6.7  | 6.7  | 20.0 | 0             | 3.3  | 13.3 | 23.3 | 43.3 | 83.3 |
| 48 ชั่วโมง             | 0                   | 3.3  | 6.7  | 16.7 | 23.3 | 43.3 | 3.3           | 6.7  | 23.3 | 43.3 | 66.7 | 100  |
| 72 ชั่วโมง             | 0                   | 6.7  | 13.3 | 30.0 | 50.0 | 76.7 | 3.3           | 13.3 | 36.7 | 56.7 | 93.3 | -    |
| 96 ชั่วโมง             | 0                   | 10.0 | 23.3 | 53.3 | 80.0 | 100  | 6.7           | 23.3 | 50.0 | 73.3 | 100  | -    |

ค่าความเข้มข้นของคาร์บาริลที่ทำให้ตัวอ่อนปลานิลและกุ้งฝอยน้ำจืดตายโดยมีอัตราการตายสะสมร้อยละ 50 ที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง สามารถแปลงค่าอัตราการตายสะสมเป็นค่าโปรบิต และค่าความเข้มข้นเป็น log ดังตารางที่ 3 และสร้างสมการเส้นตรงและคำนวณค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ ดังตารางที่ 4 และแทนค่าอัตราการตายสะสมที่ร้อยละ 50 ซึ่งจะอยู่ในรูป log เมื่อหาค่า log แล้วจะได้ค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ( $LC_{50}$ )

ตารางที่ 3: การแปลงค่าการตายสะสมเป็นค่าโปรบิตและความเข้มข้นเป็น log เพื่อคำนวณค่า  $LC_{50}$

| ความเข้มข้น<br>(พีพีเอ็ม) | log_ppm | ตัวอ่อนปลานิล |        |            |        |            |        |            |        |
|---------------------------|---------|---------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
|                           |         | 24 ชั่วโมง    |        | 48 ชั่วโมง |        | 72 ชั่วโมง |        | 96 ชั่วโมง |        |
|                           |         | ร้อยละ        | probit | ร้อยละ     | probit | ร้อยละ     | probit | ร้อยละ     | probit |
| 0                         | 0       | 0             | 0      | 0          | 0      | 0          | 0      | 0          | 0      |
| 5                         | 0.6990  | 0             | 2.6056 | 3.3        | 3.1657 | 6.7        | 3.4986 | 10.0       | 3.7183 |
| 7                         | 0.8451  | 3.3           | 3.1657 | 6.7        | 3.4986 | 13.3       | 3.8892 | 23.3       | 4.2723 |
| 9                         | 0.9542  | 6.7           | 3.4986 | 16.7       | 4.0326 | 30.0       | 4.4760 | 53.3       | 5.0834 |
| 11                        | 1.0414  | 6.7           | 3.4986 | 23.3       | 4.2723 | 50.0       | 5.0000 | 80.0       | 5.8415 |
| 13                        | 1.1139  | 20            | 4.1585 | 43.3       | 4.8324 | 76.7       | 5.7277 | 100        | 7.3944 |

ตารางที่ 3: การแปลงค่าการตายสะสมเป็นค่าโพรบิตและความเข้มข้นเป็น log เพื่อคำนวณค่า LC<sub>50</sub> (ต่อ)

| ความเข้มข้น<br>(พีพีเอ็ม) | log_ppm | กุ้งฝอยน้ำจืด |        |            |        |            |        |            |        |
|---------------------------|---------|---------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
|                           |         | 24 ชั่วโมง    |        | 48 ชั่วโมง |        | 72 ชั่วโมง |        | 96 ชั่วโมง |        |
|                           |         | ร้อยละ        | probit | ร้อยละ     | probit | ร้อยละ     | probit | ร้อยละ     | probit |
| 0                         |         | 0             |        | 3.3        | 2.6732 | 3.3        | 2.6732 | 6.7        | 3.4986 |
| 0.04                      | -1.3979 | 3.3           | 3.1657 | 6.7        | 3.4986 | 13.3       | 3.8892 | 23.3       | 4.223  |
| 0.10                      | -1.0000 | 13.3          | 3.8892 | 23.3       | 4.2723 | 36.7       | 4.6597 | 50.0       | 5.0000 |
| 0.16                      | -0.7959 | 23.3          | 4.2723 | 43.3       | 4.8324 | 56.7       | 5.1676 | 73.3       | 5.6226 |
| 0.22                      | -0.6576 | 43.3          | 4.8324 | 66.7       | 5.4303 | 93.3       | 6.5014 | 100        | 7.3944 |
| 0.28                      | -0.5528 | 83.3          | 5.9674 | 100        | 7.3944 | 100        | 7.3944 | 100        | 7.3944 |

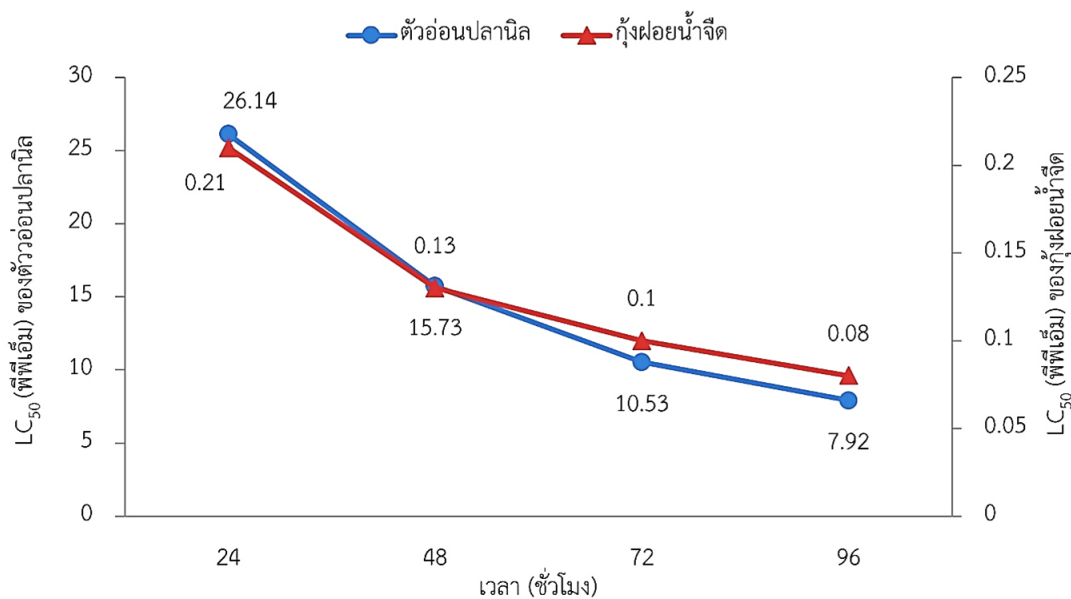
ตารางที่ 4: สมการเชิงเส้นที่เวลาต่าง ๆ และค่า LC<sub>50</sub> ของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลาไนและกุ้งฝอยน้ำจืดตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง

| เวลา<br>(ชั่วโมง) | ตัวอ่อนปลาไน           |                |                        | กุ้งฝอยน้ำจืด          |                |                        |
|-------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------------------|----------------|------------------------|
|                   | สมการเชิงเส้น          | R <sup>2</sup> | LC <sub>50</sub> (ppm) | สมการเชิงเส้น          | R <sup>2</sup> | LC <sub>50</sub> (ppm) |
| 24                | $y = 3.3179x + 0.2973$ | 0.9240         | 26.14                  | $y = 2.911x + 6.9895$  | 0.8514         | 0.21                   |
| 48                | $y = 3.9076x + 0.3235$ | 0.9603         | 15.73                  | $y = 3.8778x + 8.5013$ | 0.7718         | 0.13                   |
| 72                | $y = 5.2515x - 0.3695$ | 0.9458         | 10.53                  | $y = 3.9214x + 8.9766$ | 0.8577         | 0.10                   |
| 96                | $y = 8.315x - 2.4771$  | 0.8972         | 7.92                   | $y = 3.9771x + 9.4301$ | 0.8647         | 0.08                   |

จากผลการศึกษาพบว่า ค่า LC<sub>50</sub> ของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลาไนที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 26.14, 15.73, 10.53 และ 7.92 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และค่า LC<sub>50</sub> ของคาร์บาริลต่อตัวกุ้งฝอยน้ำจืดที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.21, 0.13, 0.10 และ 0.08 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

## อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

การศึกษาพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลาไนที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ พบว่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารคาร์บาริลต่อการตายของตัวอ่อนปลาไนตายร้อยละ 50 (LC<sub>50</sub>) ที่ระยะเวลา 24, 28, 72 และ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 26.14, 15.73, 10.53 และ 7.92 พีพีเอ็ม ตามลำดับ จากรายงานของ Liwag et al. [7] พบว่าคาร์บาริลมีความเป็นพิษเฉียบพลันในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ต่อปลาไนในช่วงก่อนและหลังวางไข่สูงมาก (24hr-LC<sub>50</sub> = 6.07 พีพีเอ็ม) ซึ่งคาร์บาริลนั้นมียาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางจุลพยาธิวิทยาและทางเซลล์วิทยาในเหงือกของปลาไนได้ [3] ทั้งนี้มีรายงานค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อปลาแซลมอนแอตแลนติกและ



ภาพที่ 1: ค่า LC<sub>50</sub> ของคาร์บาริลต่อตัวอ่อนปลานิลและกิ้งฟอยน้ำจืดตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ปลากดอเมริกัน มีค่า 96hr-LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.25 และ 20 พีพีเอ็ม ตามลำดับ [8-9] แสดงให้เห็นว่าคาร์บาริลมีความเป็นพิษต่อปลาในระดับที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของปลา คาร์บาริลยังคงมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำเมื่อเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น จากรายงานของ Ayoola [10] พบว่าไกลโฟเสท (96hr-LC<sub>50</sub> = 1.05 พีพีเอ็ม) มีความเป็นพิษสูงกว่าคาร์บาริล (96hr-LC<sub>50</sub> = 7.92 พีพีเอ็ม) อย่างไรก็ตามความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลในปลาแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับขอบเขตความทน (rang of tolerance) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนคาร์บาริลนั้นมักจะพบมีการปนเปื้อนในปริมาณที่ต่ำเนื่องจากเป็นสารที่สลายตัวได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม ซึ่งปลาที่สัมผัสกับคาร์บาริลในระดับความเข้มข้นที่ต่ำน่าจะไม่มีผลกระทบหรือมีผลกระทบระดับที่ต่ำ แต่ทั้งนี้ก็มีผลการศึกษาพบว่าภายหลังที่ตัวอ่อนของปลาฆ่าลาย (Danio rerio) สัมผัสกับคาร์บาริลที่ระดับความเข้มข้นต่ำมาก ๆ (0.066-600 นาโนกรัมต่อลิตร) ภายในเวลา 24 ชั่วโมง จะแสดงพฤติกรรมที่ผิดปกติหลาย ๆ ประการออกมา ทำให้ปลาเกิดความเครียด และมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ [11]

สำหรับการศึกษาพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อกุ้งฝอยน้ำจืดที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ พบว่าพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อการตายของกุ้งฝอยน้ำจืดร้อยละ 50 (LC<sub>50</sub>) ที่ระยะเวลา 24, 28, 72 และ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.21, 0.13, 0.10 และ 0.08 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยกุ้งฝอยน้ำจืดจะเริ่มตายตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรก ที่สัมผัสกับคาร์บาริล อัตราการตายสะสมจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรก และจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนครบ 96 ชั่วโมง กุ้งฝอยน้ำจืดมีปฏิกิริยาต่อการสัมผัสคาร์บาริล คือ มีการว่ายน้ำเร็วขึ้นและพยายามติดตัวขึ้นมาเหนือน้ำ จนหยุดการตอบสนองและจมลงสู่พื้นน้ำ กุ้งฝอยที่ตายจะมีลำตัวอ และสีขาวขุ่น ซึ่งคาร์บาริลมีผลทำให้การทำงานของกระบวนการเมตาบอลิซึมพื้นฐานลดลงและส่งผลให้การเจริญเติบโตของกุ้งฝอยลดลงได้ โดยพบรายงานในกุ้งฝอยน้ำจืด *M. malcolmsonii* [4-5] อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อกุ้งฝอยน้ำจืดพบว่ามีค่า 96hr-LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.08 พีพีเอ็ม (80 ไมโครกรัมต่อลิตรว มคก./ล.) ซึ่งมีค่าความเป็นพิษต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในกิ้งก่า (*Paratya australiensis*) ไรน้ำ (*Daphnia magna*) และแมลงน้ำกลุ่ม สโตนฟลาย (stoneflies) ซึ่งมีค่า 96hr-LC<sub>50</sub> เท่ากับ 5.6,

6 และ 1.7-5.6 มก./ล. ตามลำดับ [8-9, 12]

คาร์บาริลมีความเป็นพิษสูงต่อกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในน้ำมากกว่ากลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลังจำพวกปลา เนื่องจากปลาส่วนใหญ่เป็นสัตว์ที่มีความทนทานดีกว่ากลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ดังนั้นค่าความเป็นพิษจากการศึกษาจึงแตกต่างกันมาก จากข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จัดคาร์บาริลไว้ในกลุ่มสารพิษที่มีอันตรายน้อย [13] แต่อย่างไรก็ตามการจัดกลุ่มความเป็นพิษขององค์การอนามัยโลกนั้นใช้การวัดความเป็นพิษต่อหนูเป็นเกณฑ์ซึ่งไม่สามารถนำมาประเมินความเป็นพิษต่อกุ้งฝอยน้ำจืดและตัวอ่อนปลาไนได้ซึ่งเป็นสัตว์น้ำ ทั้งนี้ในการพิจารณาความเป็นพิษของสารเคมีที่มีต่อสัตว์ทดลอง นอกจากจะต้องพิจารณาชนิดของสารเคมี ความเข้มข้นของสารเคมีแล้ว ยังต้องพิจารณาชนิดและลักษณะของสัตว์ที่นำมาใช้ในการทดลองด้วย ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลขั้นต้นในการประเมินความเป็นพิษของคาร์บาริลต่อสัตว์น้ำจืด และใช้เป็นแนวทางสำหรับการเฝ้าระวังในการใช้คาร์บาริลในปริมาณและวิธีการที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และช่วยลดการสะสมของคาร์บาริลในสิ่งแวดล้อมได้

## ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาขั้นต่อไปควรมีการศึกษาความเป็นพิษเรื้อรัง (chronic toxicity) ของคาร์บาริล เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ทดลอง รวมทั้งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ทดลอง
2. การศึกษาขั้นต่อไปควรมีการศึกษาการใช้คาร์บาริลและผลกระทบที่มีต่อสัตว์น้ำ ทั้งในสภาพจริงตามธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการควบคู่ไปด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับสาธารณูปโภค อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. (2555). การนำเข้าสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต. วีรณาเพรส.
- [2] Fletcher, M.R., Hunter, K., Barnett, E.A., & Sharp, E.A. (1999). Pesticide poisoning of animals: investigations of suspected incidents in the United Kingdom. A Report of the Environmental Panel of the Advisory Committee on Pesticides. UK, pp. 22-25.
- [3] Uğurlu, P., Satar, E.İ., & Çiçek, T. (2019). The histopathological, cytopathological and ultrastructural effects of carbaryl on gills of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Environmental toxicology and pharmacology, 71, 103217.

- [4] Bhavan, P.S., & Geraldine, P. (2002). Carbaryl-induced alterations in biochemical metabolism of the prawn, *Macrobrachium malcolmsonii*. *Journal of environmental biology*, 23(2), 157–162.
- [5] Bhavan, P.S., Geraldine, P., & Sowdeswari, R. (2011). Sub-lethal impact of carbaryl on food utilization in the freshwater prawn *Macrobrachium malcolmsonii*. *Journal of environmental biology*, 32(3), 369–373.
- [6] สถาบันวิจัยและพัฒนา ประมงน้ำจืดแห่งชาติ. (2530). เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 75/2530. กรุงเทพฯ : กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [7] Liwag, A.G., Ocampo, P.P., & Ubaldo, N.N. (2009). Effects of acetylcholinesterase-inhibiting chemicals on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn) at pre-and post-hatching stages of development. *The philippine entomologist*, 23(2), 155-173.
- [8] U.S. Environmental Protection Agency. (2022, November 13). Interim reregistration eligibility decision for carbaryl. Case 0080, from [http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/carbaryl\\_ired.pdf](http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/carbaryl_ired.pdf)
- [9] U.S. Environmental Protection Agency. (2022, November 13). Environmental fate and effects division. Revised EFED risk assessment of carbaryl in support of the reregistration eligibility decision (RED), from [http://cascade.epa.gov/RightSite/getcontent/Tempfile.pdf?DMW\\_OBJEC TID=0900007d480153434&DMW\\_FORMAT=pdf](http://cascade.epa.gov/RightSite/getcontent/Tempfile.pdf?DMW_OBJEC TID=0900007d480153434&DMW_FORMAT=pdf)
- [10] Ayoola, S.O. (2008). Toxicity of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Agricultural Research*, 3(12), 825-834.
- [11] Faria, M., Bellot, M., Bedrossiantz, J., Ramírez, J., Prats, E., Garcia-Reyero, N., Gomez-Canela, C., Mestres, J., Rovira, X., Barata, C., Oliván, L., Llebaria, A., & Raldua, D. (2022). Environmental levels of carbaryl impair zebrafish larvae behaviour: The potential role of ADRA2B and HTR2B. *Journal of hazardous materials*, 431, 128563.
- [12] A World Compendium. (2000). The pesticide manual, 12<sup>th</sup> ed., Tomlin, C.D.S., Ed., British Crop Protection Council: Farnham, UK, pp. 67-68.
- [13] กิจชัย ศิริวัฒน์. (2559, 23 กันยายน). สารเคมีกำจัดแมลง. จาก [http://www.bdb.dmsc.moph.go.th/ifc\\_toxic/a\\_tx\\_1\\_001c.asp?info\\_id=396](http://www.bdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=396)