

พิษเฉียบพลันของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์
ต่ออัตราการตายของ ไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia*
Acute Toxicity of Copper Sulfate, Zinc Sulfate and Cadmium Chloride to
Sandworm, *Perinereis nuntia*

จุฑารัตน์ เฟื่องอุบล (Jutarat Pangubol)* จินตนา สและน้อย (Jintana Salaenoi)**
เกรียงไกร สถาพรวานิชย์ (Kriengkrai Satapornvanit)***

บทคัดย่อ

การศึกษาพิษเฉียบพลันของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ โดยวิธี static bioassay ต่อไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* อายุ 4 เดือน (ตัวเต็มวัย) พบว่าการตายของไส้เดือนทะเลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ค่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ที่ทำให้ไส้เดือนทะเลตายร้อยละ 50 (LC_{50}) ที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงเท่ากับ 6.24, 3.16, 1.68 , 1.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเข้มข้นของซิงค์ซัลเฟต เท่ากับ 10.26, 8.54, 5.79, 5.06 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคลอไรด์ เท่ากับ 3.59, 3.29, 2.17, 1.98 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันแคดเมียมคลอไรด์มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ของไส้เดือนทะเลตัวเต็มวัย มากกว่าซิงค์ซัลเฟต และคอปเปอร์ซัลเฟต

ABSTRACT

Acute toxicity of copper sulphate, zinc sulphate and cadmium chloride to a 4 – month (mature) sand worm *Perinereis nuntia* were examined by static bioassay. It was found that the mortality of larvae increased with the increasing of copper sulphate, Zinc sulphate and cadmium chloride concentration. The lethal concentrations (LC_{50}) of copper sulphate, at 24, 48, 72 and 96 hours were found to be 6.24, 3.16, 1.68 , 1.16 mg/L, respectively. The lethal concentrations (LC_{50}) of zinc sulphate were 10.26, 8.54, 5.79, 5.06 mg/L, while the concentrations of 3.59, 3.29, 2.17, 1.98 mg/L, were found in cadmium chloride, respectively. The results clearly indicated that cadmium chloride is more toxic to the cells of mature sand worm than zinc sulfate and copper sulfate.

คำสำคัญ: ไส้เดือนทะเล โลหะหนัก พิษเฉียบพลัน

Key Words: *Perinereis nuntia*, Heavy metal, Acute toxicity

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลโดยทั่วไปมีผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นสาเหตุให้มีการนำโลหะหนักเช่นทองแดง ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก แคดเมียม เป็นต้น มาใช้ในกระบวนการผลิตมากขึ้น โดยทั่วไปโลหะหนักเหล่านี้เมื่อถูกใช้งานแล้ว หากไม่มีมาตรการ ควบคุมหรือการกำจัดโลหะหนักจะถูกถ่ายทอดออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งโลหะหนักเป็นสารพิษที่ไม่ถูกย่อยสลาย หรือย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติทำให้เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อม และบางส่วนจะถูกชะล้างลงแม่น้ำ และไหลลงสู่ทะเล อยู่ในรูปที่ละลายในน้ำ หรือจับตัวกับตะกอนดินบริเวณชายฝั่ง ซึ่งสะท้อนถึงปริมาณโลหะหนักที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโลหะหนักยังสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำซึ่งการสะสมดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ ดังนั้นการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำไม่เพียงแต่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ และมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเท่านั้น และยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์เลี้ยงที่บริโภคสัตว์น้ำที่มีการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อเป็นปริมาณสูงอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินลดลงส่งผลกระทบต่อสัตว์ทะเลและระบบนิเวศในบริเวณดังกล่าวเสียสมดุล จากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของคอปเปอร์ ต่อตัวอ่อนแมลง *Chironomus decorus* Prapimpan and Allen (1987) พบว่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ ที่ 0.05 – 1.0 mg/L ตัวอ่อนสามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของคอปเปอร์มากกว่า 1.0 mg/L มีผลทำให้จำนวนตัวอ่อนของแมลงลดลงซึ่งตรงกับการทดลองของ Michiel et al. (1993) พบว่าพิษเฉียบพลันเป็นผลมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของโลหะหนัก ในขณะที่ความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้นจะไม่มีผลแบบเรื้อรัง และการทดสอบโดยการรวมโลหะหนักมากกว่า 2 ชนิดมีผลทำให้อัตราการ

ตายเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาพิษของโลหะหนักของแคดเมียม คอปเปอร์ และโครเมียมที่มีต่อตัวอ่อนหอยชนิด *Biomphalaria glabrata* โดยใช้ความเข้มข้น 0 – 1.4 ppm พบว่า แคดเมียมและคอปเปอร์มีความเป็นพิษมากกว่าโครเมียมในระดับความเข้มข้นที่เท่ากันโดยที่ความเข้มข้นของแคดเมียมและคอปเปอร์ที่ 0.1 ppm จะทำให้หอยวัยเจริญพันธุ์ไม่สามารถผสมพันธุ์ในขณะที่โครเมียมจะมีผลกระทบในระยะยาวในเรื่องของการผสมพันธุ์ (Ravera, 1977) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Laskowski and Hopkin (1996) ที่เลี้ยงหอย *Helix aspersa* ในอาหารที่มีการเจือปนด้วยโลหะหนัก โดยที่หอยจะแสดงอาการพิษแบบเรื้อรังมีผลต่อในระยะเวลาที่ใช้ในการผสมพันธุ์ และมีการวิจัยพบว่าค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของซิงค์ออกไซด์ที่ทำให้หนอนแดง *Chironomus calipterus* (Kieffer) ตายร้อยละ 50 (LC_{50}) ที่ 96 ชั่วโมงคือ 5.90 mg/L (นาตยา และคณะ, 2553) งานวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของโลหะหนัก 3 ชนิดได้แก่คอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ต่ออัตราการตายของไส้เดือนทะเลชนิด *Perinereis nuntia* ซึ่งอาศัยอยู่ในชั้นดินตะกอน สามารถพบอาศัยอยู่ทั้งบนพื้นท้องทะเล ผังตัวในพื้นโคลนทราย หรือแนวชายหาด กินซากอินทรีย์ที่สะสมบนพื้นหรือชั้นดินตะกอนเป็นอาหารมีโอกาสสัมผัสกับโลหะหนักที่สะสมอยู่ในชั้นตะกอนดินได้ตลอดเวลา และเมื่อสัตว์น้ำกินไส้เดือนทะเลเป็นอาหารจะสามารถทำให้เกิดการสะสมของโลหะหนักในห่วงโซ่อาหารได้ ซึ่งมีรายงานวิจัยพบว่า การสะสมสารโลหะหนักในสิ่งมีชีวิต สามารถบ่งชี้ถึงปริมาณความเป็นพิษที่มีการตอบสนองต่อสิ่งมีชีวิตก่อนการตาย ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินอันตรายของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ คอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ต่ออัตราการตายของไส้เดือนทะเลชนิด

Perinereis nuntia

วิธีการวิจัย

1. สัตว์ทดลอง

ทำการเลี้ยงไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* โดยนำไส้เดือนทะเล อายุ 2 เดือนจากฟาร์มเพาะเลี้ยงของบริษัททักษิณมาริน จ.ภูเก็ต มาเพาะเลี้ยงในกระเบ พลาสติกขนาดความกว้าง 33.5 เซนติเมตร ยาว 52 เซนติเมตร และสูง 28.3 เซนติเมตร โดยมีพื้นที่กั้นตะกร้า 1,742 ตารางเซนติเมตร ที่บรรจุด้วยทรายเทียม (Vermiculite) ที่มีระดับความสูงของทราย 15 เซนติเมตร ตะกร้าวางอยู่ในถังไฟเบอร์ 250 ลิตร ที่ระดับความสูงของน้ำทะเล 20 เซนติเมตร ค่า pH 7.0 อุณหภูมิของน้ำ 30 องศาเซลเซียส และความเค็มของน้ำ 30 ppt. (โดยทำการทดลองเลี้ยงแบบปิดเชื้อ ตามวิธีการของสุรพล และคณะ (2548) จนมีอายุ 4 เดือน เพื่อใช้ในการทดสอบความเป็นพิษในลำดับต่อไป

2. การทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

2.1 การทดลองขั้นต้น (Preliminary test) ศึกษาช่วงความเข้มข้นของ คอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ที่ทำให้ไส้เดือนทะเลตายร้อยละ 50 ภายในเวลา 96 ชั่วโมงสารเคมีที่ใช้คือ CuSO_4 , ZnSO_4 , CdCl_2 (A.R. grade, Merck) นำมาเตรียมในน้ำทะเลที่ความเค็ม 30 ppt โดยเลือกใช้ 5 ช่วงความเข้มข้นต่อสารแต่ละชนิดโดยระดับความเข้มข้นของ คอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 1, 2, 5, 7.5, 10 mg/L ซิงค์ซัลเฟตเท่ากับ 20, 30, 40, 50, 100 mg/L และแคดเมียมคลอไรด์เท่ากับ 0.5, 1, 5, 10, 30 mg/L ตามลำดับ ซึ่งแต่

ละความเข้มข้นใช้ไส้เดือนทะเล 10 ตัวใส่ในขวดแก้วทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร สูง 4.5 เซนติเมตร ปริมาณสารละลายขวดละ 50 mL โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นละ 5 ข้ำ และ 2 ชุดควบคุม (control) งดให้อาหาร แต่มีการให้อากาศตลอดการทดลอง และสังเกตลักษณะอาการของไส้เดือนทะเลที่ตอบสนองต่อไส้เดือนทะเลที่เวลา 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง นับจำนวนที่สัตว์ทดลองตาย จัดบันทึกผลเพื่อใช้ในการทดลองหาความเข้มข้นของสารในระดับต่อไป

2.2 การทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม เป็นการทดลองที่นำช่วงระดับความเข้มข้นของสารที่ได้จากการทดลองขั้นต้นมาแบ่งออกเป็นความเข้มข้น 6 ระดับ ช่วงความเข้มข้นของ คอปเปอร์ซัลเฟต คือ 0.75, 1.25, 2.50, 5, 7.50 และ 10 mg/L ซิงค์ซัลเฟต 20, 25, 50, 75, 100 และ 125 mg/L และแคดเมียมคลอไรด์ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 mg/L ตามลำดับ และทำการทดลองโดยใช้วิธี Static bioassay เพื่อหาระดับความเป็นพิษเฉียบพลันในระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นละ 5 ข้ำ และ 2 ชุดควบคุม (control) โดยแต่ละความเข้มข้นใช้ไส้เดือนทะเล 10 ตัวใส่ในขวดแก้วทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร สูง 4.5 เซนติเมตร ปริมาณสารละลายขวดละ 50 mL ในระหว่างการทดลอง งดให้อาหาร และมีการให้อากาศตลอดการทดลอง สังเกต ลักษณะ อาการของไส้เดือนทะเลที่ตอบสนองต่อสารเคมี นับจำนวนที่ตาย และนำออกจากขวดแก้วทันทีที่สังเกตเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี โพรบิท (Probit method) (Finney, 1947) ทั้งนี้ใช้ Pripobit version 1.63 เป็นโปรแกรมในการคำนวณและวิเคราะห์ ค่า LC_{50} (Sakuma, 1998)

ผลการวิจัย

1.ความเป็นพิษเฉียบพลันเบื้องต้นของโลหะหนักต่อไส้เดือนทะเล

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคอปเปอร์ซัลเฟต สังกะสีออกไซด์ และแคดเมียมซัลเฟต ต่อไส้เดือนทะเล โดยวิธี static bio-assay เป็นเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าไส้เดือนทะเลอายุ 4 เดือนแสดงพฤติกรรมเมื่อได้รับสารพิษทั้งสามชนิดจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน อาการที่ปรากฏคือไส้เดือนทะเลจะมีการดิ้นทุรนทุราย ตัวมีสีซีดขาว มีการขับเมือกออกมาจนน้ำในขวดแก้วมีสีขุ่นขาว ซึ่งอาการดังกล่าวเกิดจากกลไกการป้องกันตัวเองของไส้เดือนทะเลเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตโดยจะมีการหลั่งสารพวก antibiotic หรือ noxious chemical เพื่อขับไล่ parasite หรือการป้องกันผิวหนังส่วนนอก (Birkeland, 1997) และพบการหดเกร็งบริเวณส่วนปลายสุดของลำตัวซึ่งจะขาดหลุดออกจากกันภายในภายหลัง (autotomy) เป็นผลทำให้ไส้เดือนทะเลในชุดทดสอบมีส่วนหางที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับไส้เดือนทะเลในชุดควบคุม หลังจากนั้นไส้เดือนทะเลจะเคลื่อนที่ได้ช้าลง และตายในที่สุด

จากการศึกษาหาช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมขึ้นต้น (Preliminary test) ของคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่าที่ความเข้มข้น 5, 7.5 และ 10 mg/L มีการตายของไส้เดือนทะเล 100 % ส่วนที่ความเข้มข้น 2 mg/L มีการตาย 63 % และ 1 mg/L มีการตาย 43 % ดังนั้นเพื่อให้ช่วงความเข้มข้นในการทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่แสดงอัตราการตายน้อยกว่า 50 % ถึง 100 % ช่วงความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษคือ 0.75 - 10 mg/L

ซิงค์ซัลเฟตพบว่าที่ความเข้มข้น 50 และ 100 mg/L มีการตาย 100 %, 20 mg/L มีการตาย 48 %, 30 mg/L มีการตาย 52 % และ 40 mg/L มีการตาย 64 % (ตารางที่ 2) ดังนั้นดังนั้นเพื่อให้ช่วงความเข้มข้นในการทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม อยู่ในช่วงที่แสดงอัตราการตายน้อยกว่า 50 % ถึง 100 % ช่วงความ

เข้มข้นของซิงค์ซัลเฟตที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษคือ 20 - 125 mg/L แคดเมียมคลอไรด์ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 5, 10 และ 30 mg/L มีการตาย 18, 23, 38, 52 และ 100 % ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ดังนั้นเพื่อให้ช่วงความเข้มข้นในการทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม อยู่ในช่วงที่แสดงอัตราการตายน้อยกว่า 50 % ถึง 100 % ช่วงความเข้มข้นของแคดเมียมคลอไรด์ที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันคือ 5-30 mg/L

ตารางที่ 1 การตายสะสมของไส้เดือนทะเลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของคอปเปอร์ซัลเฟต ในเวลา 96 ชั่วโมง (Preliminary test)

CuSO ₄ Concentration (mg/L)	% Mortality
control	0
0.75	36
1	43
2	63
5	100
7.5	100
10	100

ตารางที่ 2 การตายสะสมของไส้เดือนทะเลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของซิงค์ซัลเฟต ในเวลา 96 ชั่วโมง (Preliminary test)

ZnSO ₄ Concentration (mg/L)	% Mortality
control	0
20	48
30	52
40	64
50	100
100	100

ตารางที่ 3 การตายสะสมของไส้เดือนทะเลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของแคดเมียมคลอไรด์ ในเวลา 96 ชั่วโมง (Preliminary test)

CdCl ₂ Concentration (mg/L)	% Mortality
control	0
0.5	18
1	23
5	38
10	52
30	100

ตารางที่ 4 การตายสะสมของไส้เดือนทะเลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของคอปเปอร์ซัลเฟตในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (final test)

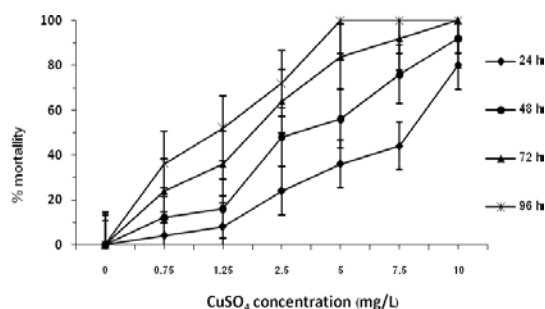
Conce (mg/L)	% mortality			
	24 h	48 h	72 h	96 h
control	0 (±0.0)	0 (±0.0)	0 (±0.0)	0 (±0.0)
0.75	4 (±0.19)	12 (±0.37)	24 (±0.37)	36 (±1.99)
1.25	8 (±0.24)	16 (±0.48)	36 (±1.19)	52 (±0.59)
2.50	24 (±0.19)	48 (±0.24)	64 (±1.99)	72 (±0.24)
5.00	36 (±0.19)	56 (±0.75)	84 (±0.48)	100 (±0.0)
7.50	44 (±0.37)	76 (±0.49)	92 (±0.24)	100 (±0.0)
10.00	80 (±0.31)	92 (±0.24)	100 (±0.0)	100 (±0.0)

ตารางที่ 5 การตายสะสมของไส้เดือนทะเลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของซิงค์ซัลเฟตในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (final test)

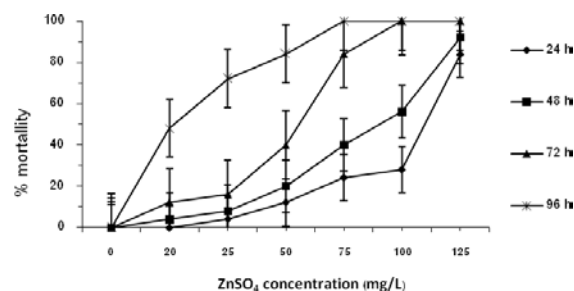
Conce (mg/L)	% mortality			
	24 h	48 h	72 h	96 h
control	0 (±0.0)	0 (±0.0)	0 (±0.0)	0 (±0.0)
20	0 (±0.0)	4 (±0.18)	12 (±0.46)	48 (±0.24)
25	4 (±0.24)	8 (±0.24)	16 (±0.24)	72 (±0.39)
50	12 (±0.37)	20 (±0.31)	40 (±0.44)	84 (±0.35)
75	24 (±0.59)	40 (±0.63)	84 (±0.10)	100 (±0.0)
100	28 (±0.48)	56 (±0.37)	100 (±0.0)	100 (±0.0)
125	84 (±0.28)	92 (±0.24)	100 (±0.0)	100 (±0.0)

ตารางที่ 6 การตายสะสมของไส้เดือนทะเลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของแคดเมียมคลอไรด์ในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (final test)

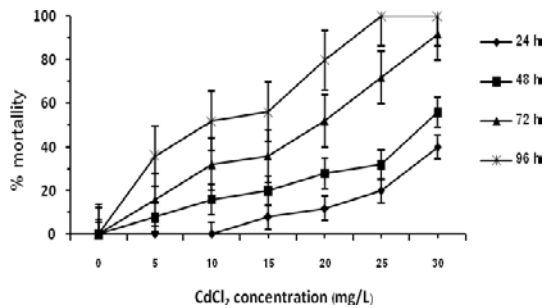
Conce (mg/L)	% mortality			
	24 h	48 h	72 h	96 h
control	0 (±0.0)	0 (±0.0)	0 (±0.0)	0 (±0.0)
5	0 (±0.0)	8 (±0.44)	16 (±0.37)	36 (±0.37)
10	0 (±0.0)	16 (±0.37)	32 (±0.44)	52 (±0.39)
15	8 (±0.24)	20 (±0.31)	36 (±0.37)	56 (±0.37)
20	12 (±0.39)	28 (±0.44)	52 (±0.50)	80 (±0.31)
25	20 (±0.31)	32 (±0.44)	72 (±0.44)	100 (±0.0)
30	40 (±0.31)	56 (±0.19)	92 (±0.44)	100 (±0.0)



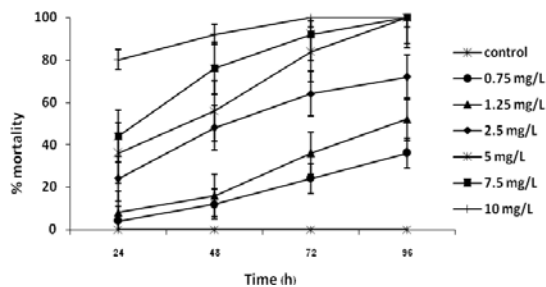
รูปที่ 1 ร้อยละการตาย (% mortality) ของไส้เดือนทะเลที่เวลาต่าง ๆ (ชั่วโมง) ณ ระดับความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต



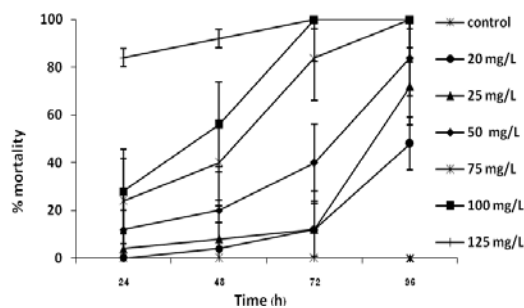
รูปที่ 2 ร้อยละการตาย (% mortality) ของไส้เดือนทะเลที่เวลาต่าง ๆ (ชั่วโมง) ณ ระดับความเข้มข้นของซิงค์ซัลเฟต



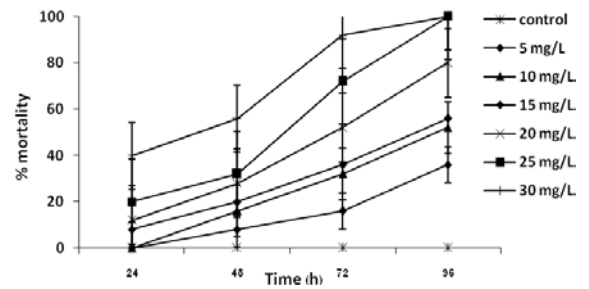
รูปที่ 3 ร้อยละการตาย (% mortality) ของ ไส้เดือนทะเล ที่เวลาต่าง ๆ (ชั่วโมง) ณ ระดับความเข้มข้นของ แคดเมียมคลอไรด์



รูปที่ 4 ร้อยละการตาย (% mortality) ของไส้เดือนทะเล ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของคอปเปอร์ซัลเฟต ณ เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 5 ร้อยละการตาย (% mortality) ของไส้เดือนทะเล ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของซิงค์ซัลเฟต ณ เวลาต่าง ๆ



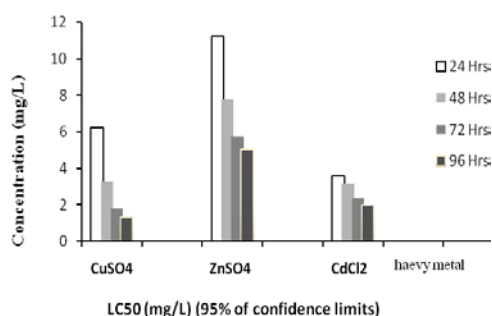
รูปที่ 6 ร้อยละการตาย (% mortality) ของไส้เดือนทะเล ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของแคดเมียมคลอไรด์ ณ เวลาต่าง ๆ

2. ความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

ของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ต่อไส้เดือนทะเล จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันโดยวิธี static bioassay และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของ คอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% (LC_{50}) ณ เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า อัตราการตายของไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* ในชุดการทดลองมีความผันแปรตาม ระยะเวลา และ ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดโดยพบว่าไส้เดือนทะเลมีอัตราการตายเป็นจำนวนมากกว่า 10 %เมื่อระดับความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ มีค่าตั้งแต่ 0.75 (ตารางที่ 4), 20 (ตารางที่ 5), 5 (ตารางที่ 6) mg/L ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ที่ทำให้ไส้เดือนทะเลตายร้อยละ 50 (LC_{50}) ที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงคือ 6.24, 3.16, 1.68, 1.16 mg/L ค่าความเข้มข้นของซิงค์ซัลเฟต คือ 10.26, 8.54, 5.79, 5.06 mg/L และค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคลอไรด์ คือ 3.59, 3.29, 2.17, 1.98 mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 7) และ กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า (LC_{50}) ของโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (ภาพที่ 7)

ตารางที่ 7 แสดงค่า LC_{50} ณ เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของ คอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์

Heavy metal	LC_{50} (mg/L) (95% of confidence limits)			
	24 Hrs	48 Hrs	72 Hrs	96 Hrs
CuSO₄	6.24	3.16	1.68	1.16
ZnSO₄	10.26	8.54	5.79	5.06
CdCl₂	3.59	3.29	2.17	1.98



รูปที่ 7 ค่า LC_{50} ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด ณ เวลาต่าง ๆ

อภิปราย และสรุปผลการวิจัย

ไส้เดือนทะเลเป็นโพลีชีดชนิดหนึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ ซึ่งสัตว์กลุ่มนี้มีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล และเศรษฐกิจเหมาะสมต่อการทดสอบค่าความเป็นพิษเพื่อศึกษาระดับของผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม (Reish and Gerlinger, 1997)

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่า LC_{50} ในสัตว์ทดลองชนิดต่างๆ

สัตว์ทดลอง	LC_{50} (mg/l) (96 h)	รายการอ้างอิง
Cu		
<i>Allorchestes compressa</i>	0.50	Ahsanullah and Florence (1984)
<i>Corophium insidiosum</i>	0.6	Reish et al. (1976)
<i>Capitella capitata</i>	0.2	Reish (1993)
<i>Neanthes arenaceodentata</i>	0.3	Reish et al. (1976)
<i>Perinereis nuntia</i>	1.16	ในการศึกษาค้างนี้
Zn		
<i>Allorchestes compressa</i>	0.58	Ahsanullah (1976)
<i>Corophium insidiosum</i>	1.9	Reish (1993)
<i>Capitella capitata</i>	3.5	Reish et al. (1976)
<i>Neanthes arenaceodentata</i>	0.9	Reish et al. (1976)
<i>Perinereis nuntia</i>	5.06	ในการศึกษาค้างนี้
Cd		
<i>Allorchestes compressa</i>	0.2	Ahsanullah (1976)
<i>Corophium insidiosum</i>	1.27	Hong and Reish (1987)
<i>Capitella capitata</i>	7.5	Reish et al. (1976)
<i>Neanthes arenaceodentata</i>	12	Reish et al. (1976)
<i>Perinereis nuntia</i>	1.98	ในการศึกษาค้างนี้

ในการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) ของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ต่ออัตราการตายของไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* จากค่า LC_{50} ในผลการทดลองพบว่า คอปเปอร์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ มีความเป็นพิษสูงกว่า ซิงค์ซัลเฟต ในช่วงความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ในการทดลอง ที่ระยะเวลา 24, 48, 72, 96 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับ Bat and Raffaelli (1998) ที่ได้ทำการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันแบบ Sediment Toxicity ของ คอปเปอร์, ซิงค์ และแคดเมียม ที่ระยะเวลา 10 วัน เพื่อศึกษาอัตราการตายของ *lugworms* ผลการทดสอบแสดงค่า LC_{50} เท่ากับ 20, 50 และ 35 $\mu\text{g/g}$ ตามลำดับ

เช่นเดียวกับ Eun-Ji Wona et al. (2008) ซึ่งได้ทำการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของ คอปเปอร์และแคดเมียม ต่อไส้เดือนทะเล *P.nuntia* และ *C. cirratus* ที่ระยะเวลา 7 และ 14 วันพบว่าในระดับความเข้มข้นเดียวกัน คอปเปอร์มีความเป็นพิษมากกว่า และไส้เดือนทะเลมีอัตราการตายที่สูงกว่า แคดเมียม เนื่องจากคอปเปอร์เป็นองค์ประกอบของฮีโมไซยานิน (haemocyanin) ซึ่งมีหน้าที่จับก๊าซออกซิเจน และใช้ในการปรับประจุ (ion) เข้า-ออกภายในเซลล์เพื่อรักษาความดันในร่างกาย (สุชาติ และคณะ, 2538) เป็นไปได้ว่าคอปเปอร์สามารถดูดซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อได้เร็วกว่าซึ่งก็ส่งผลให้ทองแดงมีความเป็นพิษมากกว่าซิงค์ Gopalakrishnan et. al (2008) ทำการศึกษาความเป็นพิษของโลหะหนัก ซึ่งโลหะหนักนั้นจะส่งผลต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตโดยตรงและความรุนแรงขึ้นอยู่กับค่า LC_{50} ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มข้นระดับเดียวกัน แคดเมียมมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมากกว่าซิงค์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้เช่นเดียวกัน

การศึกษานี้พบว่าพฤติกรรมและลักษณะอาการของไส้เดือนทะเลเมื่อได้รับพิษของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ มีความคล้ายคลึงกับการศึกษาที่ผ่านมาในไส้เดือนน้ำจืดชนิด *Tubifex tubifex* (Lucan et al., 1999) โดยไส้เดือนทะเล *P.nuntia* จะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการสัมผัสสารพิษโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง (autotomy) (Roberts and Dorough, 1984) ซึ่งเป็นกลไกเพื่อป้องกันตัวเองไม่ให้สารพิษเข้าสู่ร่างกายมากเกินไปจึงอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของไส้เดือนทะเลในการศึกษานี้สามารถนำมาใช้เพื่อบ่งบอกถึงการตอบสนองต่อพิษจากการสัมผัสคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ในน้ำได้ ไส้เดือนทะเล *P.nuntia* มีการตายเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์สูงขึ้นและระยะเวลาการสัมผัสสารทั้งสองชนิดนานขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองต่อสารพิษของสัตว์ทดลองที่ค้น

แปรตามระดับความเข้มข้นของสารพิษที่ใช้ในการศึกษา (dose-response relationship) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาในสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่ผ่านมาดังตารางที่ 8

เป็นที่ทราบกันดีว่าได้มีการนำสัตว์ทะเลหลายชนิดมาใช้ในการศึกษาทางด้านพิษวิทยาโดยวิธีวิเคราะห์อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดและคุณสมบัติของสัตว์ทดลองได้แก่ ลักษณะการแพร่กระจายทางภูมิศาสตร์ที่พบเป็นจำนวนมากในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ (Giesy and Hoke, 1989) และมีความทนทานต่อสารพิษประเภทต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดสอบพิษได้อย่างเหมาะสม (Kukkonen and Landrum, 1994) ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นของระดับความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ที่มีต่อไส้เดือนทะเล *P.nuntia* ซึ่งอาจนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาเทคนิคการทำวิจัยในเชิงลึกในการศึกษาเพื่อประเมินระดับความเป็นพิษของสารเคมีชนิดอื่นๆ ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทางทะเลโดยการใช้ชนิดของสัตว์ทดลองที่หลากหลายมากขึ้น รวมทั้งเพื่อประโยชน์ในการกำหนดค่ามาตรฐานของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำในภูมิภาคเขตร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นข้อสรุปในการศึกษาพิษเฉียบพลันของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ต่ออัตราการตายของไส้เดือนทะเลจากผลการวิจัยพบว่าการตายของไส้เดือนทะเลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น และค่า LC_{50} ที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงเท่ากับ 6.24, 3.16, 1.68 และ 1.16 mg/L, ค่าความเข้มข้นของซิงค์ซัลเฟต คือ 10.26, 8.54, 5.79 และ 5.06 mg/L และค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคลอไรด์ เท่ากับ 3.59, 3.29, 2.17 และ 1.98 mg/L ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- นาคยา เต็มราม, ยุพดี ชัยสุขสันต์, วรณชไม การณัด และสมพร ประเสริฐสูงสกุล. 2553. พิษเฉียบพลันของซิงค์ออกไซด์ต่อหนอนแดง *Acute Toxicity of Zinc Oxide to Chironomus calipterus* (Kieffer). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีที่ 18 (ฉบับที่ 2): หน้า 9-16
- สุรพล หุณหัฒนจิต และ พอล ออริณกานนท์, 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการการผลิตเพรียงทราย *Perinereis nuntia*, Savigny ปลอดเชื้อเชิงพาณิชย์เพื่อเป็นอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้ง *Litopenaeus vannamei*, Boone. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุชาติ อุปลัมภ์, เขวลักษณ์ จิตรวมวงศ์, มาลียา เคลือตราฐ และ ศิริวรรณ จันทเดมิย์. 2538. สังขวิทยา. ศักดิ์โสภารการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 517น.
- Ahsanullah, M. and Florence, T.M. 1984. Toxicity of copper to the marine amphipod *Allorchestes compressa* in the presence of water-and lipid-soluble ligands. *Mar. Biol.*, 84: 41-45.
- Ahsanullah, M. 1976. Acute toxicity of cadmium and zinc to seven invertebrate species from Western Port, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 27: 187-196.
- Bat, L. and Raffaelli, D. 1998. Sediment toxicity testing: A bioassay approach using the amphipod *Corophium volutator* and the polychaete *Arenicola marina*. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 226: 217-239.
- Birkeland, C. 1997. Life and death of coral animals. Chapman & Hall, United States of America. 527 pp.
- Effect of Zn, Cu, Pb and Cd on Fitness in Snails (*Helix aspersa*). *Ecotoxicol Environ Saf.* 34: 59-69.
- Eun-Ji Wona, Sheikh Raisuddinb and Kyung-Hoon Shina. 2008. Evaluation of induction of metallothionein-like proteins (MTLPs) in the polychaetes for biomonitoring of heavy metal pollution in marine sediments. *Marine Pollution Bulletin* 2008 (57): 544-551.
- Finney, D.J. 1947. Probit Analysis. (1st edition). Cambridge University Press, Cambridge, UK. Laskowski R. and S.P. Hopkin. 1996.
- Giesy, J. P. & Hoke, R. A. (1989). Freshwater sediment toxicity bioassessment: rationale for species selection and test design. *Journal of Great Lake Research*, 15, 539-569.
- Hong, J.-S. and Reish, D.J. 1987. Acute toxicity of cadmium to eight species of marine amphipod and isopod crustaceans from Southern California. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 39: 884-888.
- Kukkonen, J. V. K. & Landrum, P. F. (1994). Toxicokinetics and toxicity of sediment-associated pyrene to *Lumbriculus variegatus* (Oligochaeta). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13, 1457-1468.
- Laskowski, R., Hopkin, S. P. 1996. Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd in the Garden snail (*Helix aspersa*): implications for predators. *Environ. Pollut.*, 91: 289-297.
- Lucan-Bouche, M., Biagianti-Risbourg, S., Arsac, F. & Vernet, G. (1999). An original contamination process developed by the aquatic oligochaete *Tubifex tubifex* exposed to copper and lead. *Aquatic Toxicology*, 45:9-17.

- Masayuki Sakuma. 1998. PriProbit analysis program version 1.63. (Computer Program). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service.
- Michiel, H.S.K., Hans Schoon, Wilma H.M. Peeters and Nico M. Van Straalen. 1993. Chronic ecotoxicity of mixtures of Cu, Zn and Cd to the Zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Ecotoxicology and Environmental Saf.* 25(3) : 315-327.
- Reish, D.J. 1993. Effects of metals and organic compounds on survival and bioaccumulation in two species of marine gammaridean amphipod, together with a summary of toxicological research on this group. *J. Nat. History*, 27: 781-794.
- Reish, D.J., Martin, J.M., Piltz, P.M. and Word, J.Q. 1976. The effect of heavy metals on laboratory populations of two polychaetes with comparisons to the water quality conditions and standards in Southern California marine waters. *Water Res.*, 10: 299-302.
- Roberts, B. L. & Dorough, H. W. (1984). Relative toxicities of chemicals to the earthworm *Eisenia foetida*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 3, 67-78.
- Prapimpan Kosalwat, Allen W. Knight. 1987. Chronic toxicity of copper to a partial life cycle of the midge, *Chironomus decorus*. *Environmental Contamination and Toxicology*. 1987 (16): 283-290.
- Ravera O. 1977, Effects of heavy metals (cadmium, copper, chromium and lead) on a freshwater snail: *Biomphalaria glabrata* Say (Gastropoda, Prosobranchia). *Malacologia*. 1977 (16):231-6.
- Reish and Gerlinger. 1997. A review of the toxicological studies with polychaetous annelids. *Marine Environmental Research* 1997(60): 584-607.
- S. Gopalakrishnan, H. Thilagam and P. Vivek Raja. 2008. Comparison of heavy metal toxicity in life stages (spermioxicity, egg toxicity, embryotoxicity and larval toxicity) of *Hydroides elegans*. *Chemosphere*. 71 : 515-528.