

นิเวศพิษวิทยาของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อแพลงก์ตอนสัตว์
และสัตว์หน้าดินตะกอนท้องน้ำของประเทศไทย

Ecotoxicology of Chlorpyrifos and Cadmium on Local Thai Zooplankton
and Benthic Invertebrate

อัจฉราพร สมภาร (Atcharaporn somparn)* Dr. Barry Noller (ดร. แบร์รี โนลเลอร์)**

ดร. ชุติมาศ บุญไทย อีวาย (Dr. Chuleemas Boonthai Iwai)***

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในน้ำและตะกอนดินท้องน้ำต่อไรน้ำแดง (*Moina micrura* Kurz) และหนอนแดง (*Chironomus striatipennis* Kieffer) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญในระบบนิเวศทางน้ำของประเทศไทย โดยผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในรูป LC₅₀ ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบค่า 48h-LC₅₀ ของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อไรน้ำแดงมีค่าเท่ากับ 0.195 (0.075-0.495) µg/L และ 0.056 (0.032 -0.104) mg/L ตามลำดับ และค่า 48h-LC₅₀ ต่อหนอนแดงวัยที่ 2 มีค่าเท่ากับ 25.104 (14.61-40.67) µg/L, 201.30 (60.05-367.03) mg/L ตามลำดับ ส่วนการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำเทียมที่มีผลทำให้หนอนแดงตายที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีค่า 96h-LC₅₀ เท่ากับ 0.096 (0.032-0.297) µg/kg และ 1.693 (0.168-6.754) mg/kg ตามลำดับ ส่วนในดินตะกอนท้องน้ำธรรมชาติมีค่า 96h-LC₅₀ เท่ากับ 0.023 (0.0016 -0.0125) µg/kg และ 1.232 (0.143-7.318) mg/kg ตามลำดับ โดยจากการศึกษานี้พบว่าคลอร์ไพริฟอสมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อไรน้ำแดงและหนอนแดงสูงกว่าแคดเมียม

ABSTRACT

Acute toxicity of chlorpyrifos and cadmium on water flea, *Moina micrura* Kuze and midge, *Chironomus striatipennis* concentration 48h-LC₅₀ for water flea were 0.195 (0.075-0.495) µg/L and 0.056 (0.032 -0.104) mg/L, respectively. The 48-h LC₅₀ of on midge larvae were 25.104 (14.61-40.67) and 201.30 (60.05-367.03) mg/L, respectively. For artificial sediment toxicity of chlorpyrifos and cadmium on midge larvae. The 96h-LC₅₀ were 0.096 (0.032-0.297) µg/kg, and 1.693 (0.168-6.754) mg/kg, respectively. The 96h-LC₅₀ of natural sediment were 0.023 (0.0016-0.0125) µg/kg and 1.232 (0.143-7.318) mg/kg, respectively. The results showed that chlorpyrifos had higher toxic than cadmium on *M. micrura* and *C. striatipennis*.

คำสำคัญ : แคดเมียม คลอร์ไพริฟอส ไรน้ำแดง หนอนแดง

Keywords: Cadmium, Chlorpyrifos, Water flea, Midge

*คณบดีบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**Professor Dr., Centre for Mined Land Rehabilitation (CMLR), The University of Queensland

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัญหาการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงและโลหะหนักในระบบนิเวศทางน้ำเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะในด้านการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงทำให้มีผลต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์รวมถึงเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยเฉพาะหากเกิดการปนเปื้อนในสัตว์น้ำที่ใช้บริโภค และเป็นสินค้าส่งออกของประเทศจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์รวมถึงส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงการค้าระหว่างประเทศอีกด้วย (รดาพรรณ, 2549) เนื่องจากปัจจุบันแต่ละประเทศให้ความสำคัญถึงความปลอดภัยของสินค้าที่ปราศจากสารเคมีต่าง ๆ รวมถึงให้ความสำคัญต่อการกระบวนการผลิตสินค้าที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้ประเทศผู้ค้าต่าง ๆ จำเป็นต้องควบคุมให้สินค้าและการผลิตให้มีความปลอดภัยและไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สอดคล้องกับกฎหมายของประเทศผู้ค้าเพื่อให้สามารถจำหน่ายสินค้าได้ ดังนั้นจะเห็นว่าการควบคุมและจัดการสารเคมีต่าง ๆ อย่างถูกต้องและเหมาะสมเพื่อไม่ให้ก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจของประเทศจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก

จากปัญหาการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในระบบนิเวศทางน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้การประเมินผลกระทบของสารฆ่าแมลงและโลหะหนักในระบบทางนิเวศทางน้ำจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น โดยปัจจุบันแนวทางการประเมินเสี่ยงและผลกระทบทางนิเวศวิทยาเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบของสารมลพิษต่าง ๆ โดยเป็นการนำวิธีทางชีวภาพเข้ามาใช้โดยใช้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นในการติดตามและประเมินผลกระทบของสารมลพิษควบคู่กับวิธีทางเคมีซึ่งวิธีนี้สามารถใช้ง่าย สะดวก ประหยัดและถูกต้องมากกว่าการใช้วิธีเคมีอย่างเดียว (สุลีมาศ, 2548, นฤมล, 2542) ปัจจุบันข้อมูลการประเมินความเสี่ยงและการประเมินผลกระทบทางนิเวศวิทยาของสารฆ่าแมลงและโลหะหนัก

ของประเทศไทยยังมีจำกัดโดยเฉพาะข้อมูลการศึกษาด้านนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นทำให้ข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้อ้างอิงและนำมาพัฒนาข้อมูลมาตรฐานคุณภาพน้ำและคุณภาพตะกอนดินท้องถิ่น รวมถึงใช้ในการหาค่าความปลอดภัยของสารฆ่าแมลงและโลหะหนักต่อสัตว์น้ำเป็นข้อมูลจากต่างประเทศแถบยุโรปหรืออเมริกา ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้อาจไม่เหมาะสม เนื่องจากสภาพแวดล้อมและชนิดของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่จึงอาจทำให้สิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่ที่สามารถทนทานและตอบสนองต่อสารมลพิษได้แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาข้อมูลผลกระทบของสารมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก

ไรน้ำแดง หรือ water flea เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่ม Crustacean จัดอยู่ในวงศ์ Moinidae ในสกุล *Moina* จัดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์น้ำจืดที่มีขนาดเล็กแต่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (สารวย, 2533) ส่วนหนอนแดงเป็นตัวอ่อน (larvae) ของไรน้ำจืดจัดเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในกลุ่ม Chironomid ซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดนิยมถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้งในน้ำและตะกอนดินท้องถิ่น (Ibarhim et al., 1998) เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ใช้เป็นสัตว์สำหรับการบ่งชี้คุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ดี คือ มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศทางน้ำ อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไป จำแนกลักษณะได้ง่าย สามารถเตรียมตัวอย่างได้จำนวนมาก เพิ่มมวลชีวภาพได้ง่าย มีข้อมูลลักษณะทางนิเวศวิทยาเพียงพอ มีความแปรปรวนในระดับยีนน้อย มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจและสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ (ลัดดา, 2541; Taenzler et al, 2007)

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อใช้สิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นในการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาของโลหะหนักและสารฆ่าแมลงต่อสัตว์น้ำ โดยทำการศึกษาผลกระทบของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อไรน้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดงชนิด *C. striatipennis* ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญในระบบนิเวศของประเทศไทย โดยใช้วิธีชีววิเคราะห์แบบต่าง ๆ ในการศึกษาซึ่งข้อมูล

ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะใช้เป็นแนวทาง (Guideline) และเป็นเครื่องมือในการติดตามทางชีวภาพ (Biomonitoring) และประกอบการประเมินความเสี่ยงของ คลอไรด์ไฟรฟอสและแคดเมียมต่อระบบนิเวศทางน้ำรวมถึงใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนมาตรฐานคุณภาพน้ำและตะกอนดินท้องน้ำเพื่อใช้ประกอบในการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้สัตว์ทดลอง 2 ชนิดที่พบในระบบนิเวศทางน้ำของประเทศไทย คือ ไรน้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดงชนิด *C. striatipennis* โดยเพาะเลี้ยงไรน้ำแดงตามวิธีของ OECD (2004a) โดยก่อนการทดลองทำการเพาะเลี้ยงแบบรวมกลุ่มและหลังจากนั้นจะทำการคัดเลือกลูกไรน้ำแดงที่อายุใกล้เคียงกันมาเลี้ยงแบบแยกเดี่ยวอีกครั้งภายใน 24 -72 ชั่วโมงซึ่ง ไรน้ำแดงจะโตเต็มวัยและสามารถให้ลูกรุ่นแรกที่มีอายุใกล้เคียงกันเมื่อเริ่มทำการทดลองความเป็นพิษทำการคัดเลือกลูกไรน้ำแดงที่มีอายุน้อยกว่า 24 ชั่วโมง มาใช้ในการทดสอบความเป็นพิษ สำหรับการเพาะเลี้ยงหนอนแดงทำการเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติและทำการคัดแยกเพาะเลี้ยงตามวิธีการของ OECD (2004b) โดยเลี้ยงในตู้ปลา ขนาด 20X30X25 เซนติเมตร โดยใส่ tissue ขนาด 1 เซนติเมตรที่ทำการเตรียมตามวิธีของ Batac - Catalan and White (1982) เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยของหนอนแดงและปิดด้วยตาข่ายพร้อมให้ออกซิเจนและให้อาหารปลาเป็นอาหารและเมื่อเกิดไข่ของหนอนแดงจึงทำการคัดแยกเพื่อเพาะเลี้ยงจนกระทั่งได้หนอนแดงวัยที่ 2 จึงนำไปทดสอบ โดยทำการเพาะเลี้ยงสัตว์ทดลองภายใต้อุณหภูมิห้องที่ห้องปฏิบัติการนิเวศพิษวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ สารฆ่าแมลง คลอไรด์ไฟรฟอส (40% w/v) และโลหะหนัก คือ แคดเมียม

คลอไรด์ (CdCl_2 99.5 %) โดยทำการเตรียมสารละลายใหม่ ทุกครั้งที่ทำการทดลอง

การทดสอบพิษเฉียบพลันของคลอไรด์ไฟรฟอสและแคดเมียมของไรน้ำแดงและหนอนแดง

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารละลายคลอไรด์ไฟรฟอสและแคดเมียมที่ทำให้ไรน้ำแดงอายุน้อยกว่า 24 ชั่วโมงและหนอนแดงวัย 2 ดายร้อยละ 50 ภายใน 48 ชั่วโมง (LC_{50}) ทำการทดสอบโดยวิธีวิเคราะห์แบบน้ำนิ่งไม่เปลี่ยนน้ำ (static bioassay) ตามวิธีของ OECD (2004a) โดยทำการทดลองในถ้วยพลาสติก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยแบ่งไรน้ำแดงและหนอนแดงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทำการบันทึกจำนวนการตายของไรน้ำแดงและหนอนแดง รวมถึงวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

ความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอไรด์ไฟรฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำต่อหนอนแดง

การทดสอบความเป็นพิษคลอไรด์ไฟรฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำ โดยทำการเตรียมตะกอนดินท้องน้ำเทียมตามวิธีของ OECD (2004b) โดยตะกอนดินท้องน้ำเทียมประกอบด้วย sand 75% kaolinite clay 20 % sphagnum peat moss 5 % CaCO_3 0.005 % และ distilled water 40 % ตามลำดับ ส่วนตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติ โดยทำการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่มีการปนเปื้อนสารมลพิษน้อยบริเวณต้นเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า ตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติ ประกอบด้วยทราย 97.37 % ดินร่วน 0.54 % ดินเหนียว 2.07 % และอินทรีย์วัตถุ 0.71% ตามลำดับ และทำการผสมสารคลอไรด์ไฟรฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำทั้ง 2 ชนิด โดยใช้วิธี spike water ในอัตราส่วนผสม 1:4 โดยทำการทดลองทั้งหมด 5 ระดับความเข้มข้น 1 ชุด ควบคุมโดยใช้หนอนแดงวัย 2 จำนวน 10 ตัว ทั้งหมด 3 ซ้ำ และทำการบันทึกจำนวนการตายของหนอนแดงที่

ระยะเวลา 96 ชั่วโมง รวมทั้งทำการวัดคุณภาพน้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

สถิติที่ใช้ในการทดลอง

วิเคราะห์ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันแบบมาตรฐานของระดับความเข้มข้น (LC_{50}) โดยใช้ Probit Analysis ที่ระยะเวลา 24 48 และ 96 ชั่วโมง และทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างชุดการทดลองกับชุดควบคุม ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS-X 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

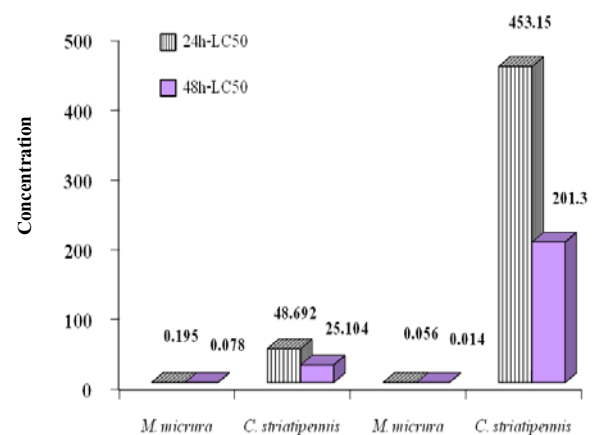
การศึกษาพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อไร่น้ำแดงและหนอนแดง

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อไร่น้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดง *C. striatipennis* พบความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมที่ทำให้ไร่น้ำแดงตายร้อยละ 50 ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.195 (0.075-0.495) $\mu\text{g/L}$ และ 0.056 (0.032 -0.104) mg/L ตามลำดับ และค่า LC_{50} ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.078 (0.030-0.197) $\mu\text{g/L}$ และ 0.014 (0.001-0.167) mg/L ตามลำดับ ส่วนการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อหนอนแดงมีค่า 24h- LC_{50} มีค่าเท่ากับ 48.692 (38.14 - 61.32) $\mu\text{g/L}$ และ 453.15 (327.05-576.61) mg/L ตามลำดับ และค่า 48h- LC_{50} เท่ากับ 25.104 (14.61-40.67) mg/L , 201.30 (60.05- 367.03) mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าความเข้มข้นของ สารคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมที่สูงขึ้นมีผลทำให้ไร่น้ำแดงและหนอนแดงมีอัตราการตายของเพิ่มขึ้นและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีอัตราการตายน้อยกว่า 10 % (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 พิษเฉียบพลันในรูป LC_{50} ของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อไร่น้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดง *C. striatipennis* ดายที่ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

สารเคมี	สิ่งมีชีวิต	24h- LC_{50}	48h- LC_{50}
คลอร์ไพริฟอส ($\mu\text{g/L}$)	<i>M. micrura</i>	0.195	0.078
	<i>C. striatipennis</i>	48.692	25.104
แคดเมียม (mg/L)	<i>M. micrura</i>	0.056	0.014
	<i>C. striatipennis</i>	453.15	201.30

* LC_{50} : Median lethal concentration คือ ความเข้มข้นของสารที่ทำให้ไร่น้ำแดงและหนอนแดงตายในระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 1 พิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอส ($\mu\text{g/L}$) และแคดเมียม (mg/L) ต่อไร่น้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดง *C. striatipennis* ดายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาพบว่าคลอร์ไพริฟอสมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อไร่น้ำแดง *M. micrura* และต่อหนอนแดง *C. striatipennis* สูงกว่าแคดเมียม ซึ่งเกิดจากคลอร์ไพริฟอสเป็นสารในกลุ่มสารกำจัดแมลงจึงมีกลไกการออกฤทธิ์โดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นสัตว์หรือ

แมลงได้ตีมากกว่าแคดเมียมที่เป็นกลุ่มโลหะหนักจึงทำให้คลอรีฟริฟอสมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิตได้สูงกว่า โดยจากรายงานของ US. EPA (2006) พบว่าคลอรีฟริฟอสจัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กพวกแพลงก์ตอนซึ่งสาเหตุที่ทำให้โรนน้ำแดงตายอาจเนื่องจากการได้รับสารทั้งสองทางเหงือกซึ่งอยู่บริเวณยางคอกด้านใน ดังนั้นเมื่อโรนน้ำแดงโบกพัดคลอรีฟริฟอสและแคดเมียมผ่านทางเหงือกเพื่อใช้แลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจก็จะทำให้คลอรีฟริฟอสและแคดเมียมซึมเข้าสู่ตัวของโรนน้ำแดงได้ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนี้ส่งผลทำให้คุณสมบัติในการเลือกผ่านของเซลล์บริเวณเหงือกเปลี่ยนแปลงไปเป็นสาเหตุทำให้ระบบหายใจถูกรบกวนส่งผลทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซไปอย่างไม่สะดวกและเกิดการขาดออกซิเจนขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยจากการศึกษานี้พบว่าโรนน้ำแดงแสดงอาการขาดออกซิเจนเนื่องจากสังเกตจากพฤติกรรมการว่ายน้ำของโรนน้ำแดงที่จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงสู่ผิวน้ำและว่ายน้ำมาอย่างรวดเร็วเพื่อเพิ่มอากาศหายใจก่อนจะเคลื่อนที่ช้าลงและตายในที่สุด โดยจากการศึกษานี้พบว่าโรนน้ำแดงจะมีความไวต่อการตอบสนองต่อสารมากกว่าหนอนแดงซึ่งเกิดเนื่องจากโรนน้ำแดงเป็นแพลงก์ตอนสัตว์มีขนาดเล็กมากกว่าหนอนแดงซึ่งเป็นกลุ่มสัตว์หน้าดินรวมถึงพฤติกรรมการดำรงชีวิตที่ต่างกัน คือ โรนน้ำแดงจะอาศัยอยู่ช่วงบริเวณ ผิวน้ำแต่หนอนแดงจะอาศัยบริเวณตะกอนดินท้องน้ำจึงทำให้สัตว์ทั้งสองชนิดมีความไวในการตอบสนองต่อสารพิษแตกต่างกันได้

เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอรีฟริฟอสและแคดเมียมต่อโรนน้ำแดงชนิดอื่นพบว่าความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอรีฟริฟอสและแคดเมียมต่อโรนน้ำแดงที่ใช้ศึกษามีค่าใกล้เคียงกับโรนน้ำแดงชนิด *Daphnia magna* และ *Ceriodaphnia dubi* ที่นิยมนำมาใช้ทดสอบความเป็นพิษของสารมลพิษ โดยจากรายงานการศึกษาของ Harmon et al. (2003), Caceres et al. (2007), Barata et al. (2004) พบว่า คลอรีฟริฟอสมีค่า $48h-LC_{50}$

ต่อ *D. magna* และ *C. dubi* มีค่าระหว่าง 0.30-0.80 $\mu g/L$ และแคดเมียมมีค่าความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป $48h-LC_{50}$ ต่อ *D. magna* และ *C. dubi* ระหว่าง 0.00004 - 20 mg/L (Hatakeyama and Yasuno, 1981; Hatakeyama and Sugaya, 1989; Stuhlbacher et al., 1993; Erten-Unal et al., 1998)

โดยการศึกษาครั้งพบว่าโรนน้ำแดง *M. micrura* มีความไวต่อการตอบสนองต่อคลอรีฟริฟอสและแคดเมียมมากกว่าแพลงก์ตอนสัตว์ในสกุล *Daphnia* แต่ทนทานมากกว่า *C. dubia* อาจเนื่องมาจากแพลงก์ตอนในสกุล *Daphnia* มีขนาดร่างกายที่ใหญ่กว่า ส่วน *C. dubia* มีขนาดเล็กกว่าโรนน้ำแดงในสกุล *Moina* (Rottmann et al., 2003) ทำให้มีทนทานต่อสารฆ่าแมลงและโลหะหนักได้แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Scott and Kaushik (1998) ที่อธิบายว่า ขนาด ชนิด อายุ และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด - ด่าง และความกระด้างของน้ำ เป็นต้น มีผลต่อความเป็นพิษของสารเคมีที่มีต่อแพลงก์ตอน เช่นเดียวกับ Liane (2003) ที่รายงานว่า ความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงจะขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของแพลงก์ตอนรวมถึงระยะเวลาในวงจรชีวิตของแพลงก์ตอนที่แตกต่างกัน เช่น ระยะไข่ ตัว ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของสาร ส่วนการศึกษาพิษเฉียบพลันของคลอรีฟริฟอสและแคดเมียมต่อหนอนแดง *C. striatipennis* ที่ใช้ในการศึกษานี้พบว่า หนอนแดง *C. striatipennis* จะมีความทนทานต่อสารทั้งสองชนิดมากกว่าหนอนแดงชนิด *C. riparius* และ *C. tantus* ซึ่งเป็นหนอนแดงมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษ โดยจากการศึกษาของ Ha and Choi (2008) Mehler et al. (2008), Moore et al. (1998), Hoofman et al. (1989) Watts and Pascoe (2000) และค่า $48h-LC_{50}$ ของคลอรีฟริฟอสต่อหนอนแดง *C. riparius* และ *C. tantus* มีค่าระหว่าง 2.77 - 0.72 $\mu g/L$ และค่า $48h-LC_{50}$ ของแคดเมียมมีค่าระหว่าง 0.2 - 2.6 mg/L ซึ่งจากรายงานการศึกษามีค่า $48h-LC_{50}$ แตกต่างจากค่า $48h-LC_{50}$ ต่อหนอนแดงที่ใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งการที่ผลการศึกษาที่

แตกต่างกันอาจเนื่องจากชนิดของหนอนแดงที่ใช้ในการศึกษารวมถึงสภาพแวดล้อมที่ศึกษาที่แตกต่างกันจึงมีผลทำให้หนอนแดงมีความไวต่อการตอบสนองที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Domingue et al. (2007) ที่อธิบายว่าชนิดของสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมมีผลทำให้สัตว์แต่ละชนิดมีความทนทานที่ต่างกัน

การศึกษาพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำท้องน้ำเทียมและตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติ

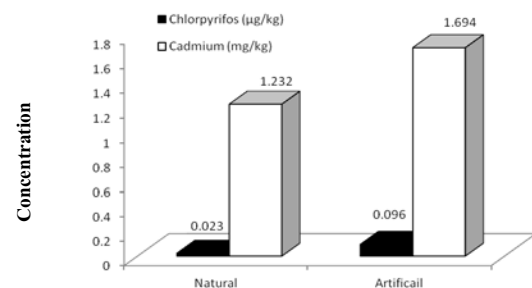
การศึกษาพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำเทียมที่มีผลทำให้หนอนแดง วัยที่ 2 ตายที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีค่า $96h-LC_{50}$ เท่ากับ 0.096 (0.032 - 0.297) $\mu g/kg$ และ 1.693 (0.168 - 6.754) mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ส่วนการศึกษาพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติที่ทำให้หนอนแดงวัยที่ 2 ตาย โดยมีค่า $96h-LC_{50}$ เท่ากับ 0.023 (0.0016 - 0.0125) $\mu g/kg$ และ 1.232 (0.143 - 7.318) mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยจากผลการศึกษาพบว่าตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติจะมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนแดงมากกว่าในตะกอนดินท้องน้ำเทียมที่ใช้ทดสอบและพบว่าคลอร์ไพริฟอสจะมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนแดงมากกว่าแคดเมียม (ภาพที่ 2) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้คลอร์ไพริฟอสมีความเป็นพิษต่อหนอนแดงมากกว่าแคดเมียมเนื่องจากคลอร์ไพริฟอสเป็นสารฆ่าแมลงจึงมีกลไกการออกฤทธิ์ที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตสูงกว่าแคดเมียมที่เป็นกลุ่มของโลหะหนัก (EPA, 2006)

เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำต่อ หนอนแดงวัยที่ 2 ชนิด *C. riparis* และ *C. tentans* ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าหนอนแดง *C. striatipennis* มีความไวในการตอบสนองต่อคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมใกล้เคียงกับหนอนแดงชนิด *C. riparis* และ *C. tentans* โดยพบค่า $96h-LC_{50}$ ของคลอร์ไพริฟอสและ

แคดเมียมต่อหนอนแดงชนิด *C. riparis* และ *C. tentans* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.34 - 0.47 $\mu g/kg$ และ 0.2-6.2 mg/kg (Ankley, 1994; Hoofman et al., 1989; Watts and Pascoe, 2000) ซึ่งใกล้เคียงค่า $96h-LC_{50}$ ของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมต่อหนอนแดง *C. striatipennis* ที่ใช้ในการศึกษา ตารางที่ 2 ความเป็นพิษเฉียบพลันของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำเทียมและในตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติที่ผลทำให้หนอนแดงตายที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง

สารเคมี	96h-LC ₅₀ (95 % CI)	
	ตะกอนเทียม	ตะกอนธรรมชาติ
คลอร์ไพริฟอส ($\mu g/kg$)	0.096 (0.032-0.297)	0.023 (0.0016-0.0125)
แคดเมียม (mg/kg)	1.693 (0.168-6.754)	1.232 (0.143-7.318)

*LC₅₀: Median lethal concentration คือ ความเข้มข้นของสารที่ทำให้หนอนแดงตายในช่วง 96 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 ค่า LC_{50} ของคลอร์ไพริฟอสและแคดเมียมในตะกอนดินท้องน้ำเทียมและตะกอนดินท้องน้ำธรรมชาติที่ทำให้หนอนแดง *C. striatipennis* วัยที่ 2 ตายที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงและโลหะหนักในระบบนิเวศทางน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องการการแก้ไข เนื่องจากส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านสุขภาพของ

มนุษย์ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นแนวทางการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงมีความจำเป็นที่ต้องนำมาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือในการลดความเสี่ยงจากผลกระทบที่จะเกิดขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงทำการทดสอบทางนิเวศพิษวิทยาของคลอรีนไฟฟอสและแคดเมียมต่อไร่น้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดง ชนิด *C. striatipennis* ที่พบในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นเครื่องมือชีวภาพในการติดตามและประเมินผลกระทบของโลหะหนักและสารฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนในระบบนิเวศทางน้ำ โดยจากผลการศึกษาพบว่าไร่น้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดง *C. striatipennis* เหมาะสมที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางนิเวศพิษวิทยาของสารฆ่าแมลงและโลหะหนัก เนื่องจากมีความไวต่อการตอบสนองต่อสารทั้งสองชนิดที่ใกล้เคียงกับไร่น้ำแดงชนิด *D. magna* และ *C. dubia* และหนอนแดง *C. riparius* และ *C. tentans* ที่เป็นสัตว์ทดลองมาตรฐานที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของสารมลพิษซึ่งส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดที่ไม่ค่อยพบในประเทศไทยหรือไม่มีรายงานพบเลย โดยจากผลการศึกษาพบว่าไร่น้ำแดง *M. micrura* เหมาะสมนำมาประเมินผลกระทบของสารพิษที่ปนเปื้อนในน้ำส่วนหนอนแดง *C. striatipennis* เหมาะที่ใช้ในการประเมินผลกระทบของสารพิษในตะกอนดินท้องน้ำเนื่องจากพฤติกรรมการดำรงชีวิตของไร่น้ำแดงที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำส่วนหนอนแดงส่วนใหญ่อาศัยในตะกอนท้องน้ำจึงอาจทำให้ได้รับและการตอบสนองต่อสารพิษได้แตกต่างกันรวมถึงขนาดที่ง่ายในการศึกษาในสภาวะที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นจากผลการศึกษาพบว่าไร่น้ำแดง *M. micrura* และหนอนแดง *C. striatipennis* สามารถพัฒนาและนำมาใช้ในการทดสอบทางนิเวศพิษวิทยารวมถึงใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามการปนเปื้อนและใช้ประเมินผลกระทบของสารฆ่าแมลงและโลหะหนักในระบบนิเวศทางน้ำของประเทศไทยได้ดีเนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตประจำท้องถิ่นทำให้การตอบสนองต่อสารมลพิษรวมถึงสภาพแวดล้อมที่ทดสอบจากพื้นที่จริงทำให้ข้อมูลที่ได้นำมาปรับใช้ได้

มากกว่าข้อมูลจากต่างประเทศซึ่งมีความแตกต่างกันของชนิดของสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมจึงอาจทำให้ข้อมูลที่นำมาปรับใช้อาจไม่เหมาะสมได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาความเป็นพิษของคลอรีนไฟฟอสและแคดเมียมต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และกระบวนการทางชีวภาพของไร่น้ำแดงและหนอนแดง เพื่อให้เข้าใจการเกิดความเป็นพิษมากขึ้น และเพื่อนำมาใช้เป็นตัวเตือนภัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำของประเทศไทยด้วย

2. ควรมีการศึกษาถึงการสะสมของคลอรีนไฟฟอสและแคดเมียมต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคอันดับต่อไปในห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ เช่น ปลา เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และการสะสมของสารทั้งสองต่อสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในแหล่งน้ำ

3. ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของสารเช่น อุณหภูมิ ความกระด้างและปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและตะกอนดินท้องน้ำ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

ชลีมาศ บุญไทย อวาช. 2548. นิเวศพิษวิทยาและการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบของมลพิษสิ่งแวดล้อมด้านระบบนิเวศ (Ecotoxicology and Ecological Risk Assessment). เอกสารคำสอนวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและการจัดการ วิชา 122743. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- นฤมล แสงประดับ. 2542. นาฬิกาตัวหน้าดินทางเลือกของการดูแลและเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำ โดยชุมชนท้องถิ่น. วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 27 (24): 279-287.
- รดาพรรณ ศิลปโกชากุล. 2549. รายงานสถานการณ์ปัจจุบันของระเบียบว่าด้วยสารเคมีของสหภาพยุโรป. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2541. แพลงก์ตอนพืช. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำราญ เสรีกิจ. 2533. การผลิตน้ำแดงในบ่อซีเมนต์แดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 19 ปทุมธานี สถาบันน้ำจืดประมงแห่งชาติ กรมประมง.
- Ankly, G.T., Call, D.J., Cox, J.S., M.D., Kahl, M.D., Hoke, R.A. and P.A Kosian. 1994. Organic carbon partitioning as a basis for predicting the toxicity of chlorpyrifos in sediment. *Journal of Environmental Toxicology and Chemistry* 13(4): 621- 626.
- Batac-Catalan, Z. and D.S. White .1982 Creating and maintaining cultures of *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomid). *Entomological News*. 93: 54-58.
- Barata, C., Solayan, A. and P. Cinta. 2004. Role of B-esterases in assessing toxicity of organophosphorus (chlorpyrifos, malathion) and carbamate (carbofuran) pesticides to *D. magna*. *Journal of Aquatic Toxicology* 62(2): 125-139.
- Caceres, T., He, W. Naidu, R. and M. Megharaj. 2007. Toxicity of Chlorpyrifos and TCP Alone and in Combination to *Daphnia carinata*: The Influence of Microbial Degradation in Natural Water. *Water Reservation* 19: 4497-4503.
- Domingues, I., Guilhermino, L., Soares, M.V.M. and A. J.A. Nogueira .2007. Assessing dimethoate contamination in temperate and tropical climates: potential use of biomarkers in bioassays with two chironomid species. *Chemosphere* 69(1): 145-154.
- Erten-Unal, M., B.G. Wixson, N. Gale, and J.L. Pitt .1998. Evaluation of Toxicity, Bioavailability and Speciation of Lead, Zinc and Cadmium in Mine/Mill Wastewaters. *Chemical Speciation & Bioavailability* 10(2): 37-46
- Ha, M.H. and J. Choi. 2008. Effects of environmental contaminants on hemoglobin of larvae of aquatic midge, *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae): A potential biomarker for ecotoxicity monitoring. *Chemosphere* 71(10): 1928-1936.
- Harmon, S.M., Specht, W.L. and G.T. Chandler. 2003. A Comparison of the Daphnids *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia ambigua* for Their Utilization in Routine Toxicity Testing in the Southeastern United States. *Achieve of Environmental Contamination and Toxicology*. 45: 79-85.
- Hatakeyama, S., and M. Yasuno. 1981. The Effects of Cadmium-Accumulated *Chlorella* on the Reproduction of *Moina macrocopa* (Cladocera). *Ecological Environmental Safety* 5: 341-350.
- Hatakeyama, S., and Y. Sugaya. 1989. A Freshwater Shrimp (*Paratya compressa improvisa*) as a Sensitive Test Organism to Pesticides. *Environmental Pollution* 59(4): 325-336.
- Hoofman, R.N., Adema, D.M.M. and J. Kauffman-Van Bommel. 1989. Developing a set of test methods for the toxicological analysis of the pollution

- degree of water bottoms. Netherlands Organization for Journal Applied Scientific Research.
- Ibrahim, H., Kheir, R., Helmi, S., Lewis, J., M. Crance. 1998. Effects of organophosphorus, carbamate, pyrethroid and organochlorine pesticides, and a heavy metal on survival and cholinesterase activity of *Chironomus riparius* Meigen. *Bull of Environmental Toxicology and Chemistry* 60: 448-455.
- Liane, B. and A. Callaghan. 2003. A comparative study on the relationship between acetylcholinesterase activity and acute in *Daphnia magna* exposed to insecticides. *Journal of Environmental Toxicology and Chemistry* 23(5): 1241-1247.
- Mehler, W.T., Schuler, L.J. and M. J. Lydy. 2008. Examining the joint toxicity of chlorpyrifos and atrazine in the aquatic species: *Lepomis macrochirus*, *Pimphalas promelas* and *Chironomus tentans*. *Environment Pollution* 15(1): 217-224.
- Moore, M.T., Huggett, W.B. Gillespie, Jr., Rodgers, Jr., and C.M. Cooper. 1998 Comparative toxicity of chlorpyrifos and aldicarb to four aquatic testing organism. *Journal of Environmental Toxicology and Chemistry* 34: 152-157
- OECD. 2004a. Guideline for Testing of Chemicals, Section2, No. 202: "*Daphnia* sp., Acute Immobilization Test", Part I
- OECD. 2004b. Guidelines for the testing of chemicals, Sediment-water chironomid toxicity test using spiked water. OECD 219.
- Rottmann, R.W.J., Graves, S. Craig W. and P.E.Roy.2003. Culture Techniques of *Moina* : The ideal *Daphnia* for feeding freshwater fish fry. University of Florida.
- Stevens, M.M. 1992. Toxicity of organophosphorus insecticides to fourth- instar larvae of *chironomus tepperi* Skuse (Diptera: Chironomidae). *Journal of the Australian Entomological Society* 31: 335-337.
- Stuhlbacher, A., M.C. Bradley, C. Naylor, and P. Calow. 1993. Variation in the Development of Cadmium Resistance in *Daphnia magna* Straus; Effect of Temperature, Nutrition, Age, and Genotype. *Environmental Pollution* 80: 153-158.
- Scott, I. M. and N.K. Kaushik. 1998. The toxicity of Margosan- O, a product of neem seeds, to selected target and non target aquatic invertebrates. *Journal of Environmental Toxicology and Chemistry* 35: 426-431.
- Taenzler, V., Eric, B., Michael, D., Verena, P. and W. Lennart. 2007) Chironomids: suitable test organisms for risk assessment investigations on the potential endocrine disrupting properties of pesticides. *Ecotoxicology* 16: 221-230.
- Watts, MMP and D. Pascoe .2000. A comparative study of *Chironomus riparius* Meigen and *Chironomus tentans* Fabricius (Diptera: Chironomidae) in aquatic toxicity tests. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39: 299-306.
- US. Environmental Protection Agency.2006. Interim registration eligibility decision (IRED) Document for carbofuran. In: EPA-738-R-06-031. Department of Pesticide Regulation US Environmental.