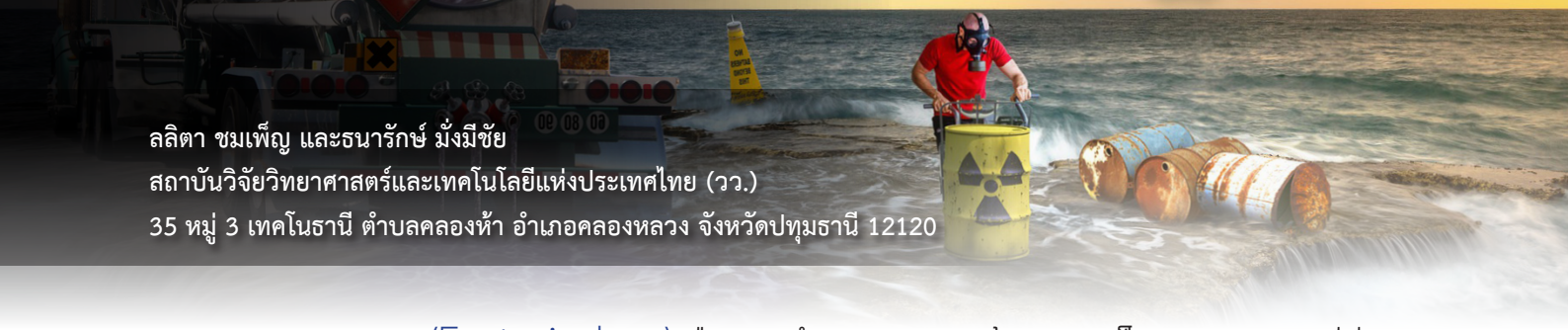
พิษวิทยานิเวศ (Ecotoxicology)



ลลิตา ชมเพ็ญ และธนารักษ์ มั่งมีชัย
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

พิษวิทยานิเวศ (Ecotoxicology) คือ การศึกษาผลกระทบด้านความเป็นพิษของสารเคมีต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในระดับประชากร สังคม รวมไปถึงในระดับของระบบนิเวศ โดยการศึกษาทางด้านนี้ จำเป็นจะต้องมีความรู้ทางด้านพิษวิทยา และนิเวศวิทยาเข้ามาเป็นองค์ประกอบ จุดมุ่งหมายของการศึกษาทางด้านพิษวิทยานิเวศ คือ เพื่อเป็นการประเมินผลกระทบของสารเคมี หรือสารใดสารหนึ่งต่อประชากร ทั้งในรูปผลกระทบโดยตรง เพื่อให้ทราบแนวโน้มการป้องกัน ตลอดจนนำไปใช้ในการจำแนกลักษณะความเป็นพิษของสารเคมีนั้นๆ อีกด้วย

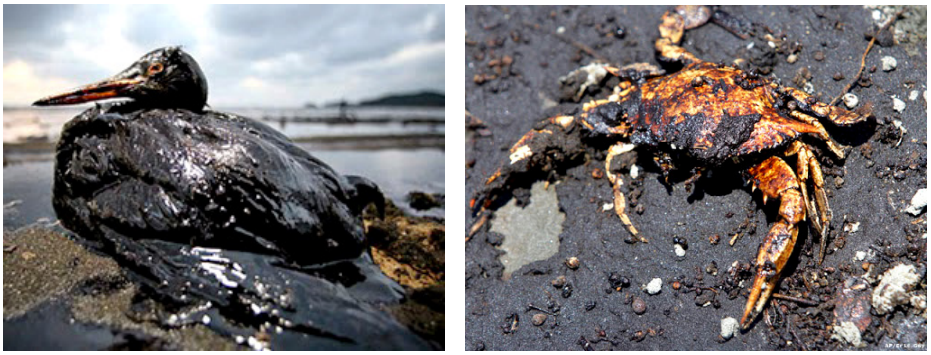
ชนิดของสารพิษ

สารพิษแบ่งออกเป็น 5 ชนิดหลักๆ (Tyler and Spoolman 2008) ได้แก่

1. กลุ่มสารอนินทรีย์ (inorganic ion) โลหะหนัก เช่น พวกสารประกอบประเภทตะกั่ว ปรอท เกลือ กรด เบส สารเหล่านี้มีต้นกำเนิดมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นจุดกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลภาวะ

2. กลุ่มสารกัมมันตรังสี (radioactive compounds) สารกัมมันตรังสี ทั้งรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา หากมีการปนเปื้อน จะส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงสารทางพันธุกรรม หรืออาจก่อเกิดให้เป็นมะเร็ง

3. กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ (organic pollutants) กลุ่มสารประเภทนี้มาจากแหล่งปศุสัตว์ ท่อลำเลียงขยะมูลฝอย (sewage) โรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อาหารกระป๋อง โรงงานเบียร์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น น้ำมัน เป็นต้น



ที่มา: น้ำมันดิบรั่วไหล คราบน้ำมันในทะเล อันตรายต่อสุขภาพ (2563)

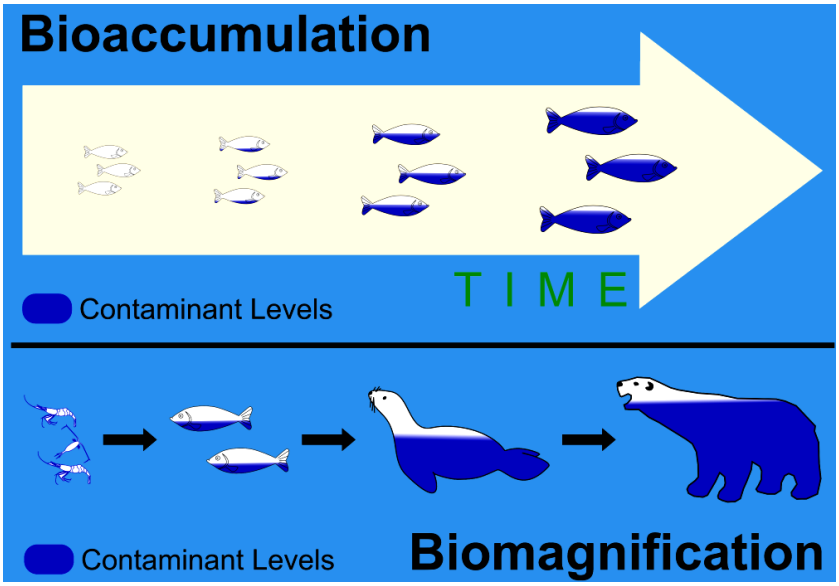
รูปที่ 1. ตัวอย่างสัตว์น้ำที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล

4. กลุ่มสารระเหยได้ (gaseous pollutants) เช่น พวกโอโซน สารประกอบออกไซด์ของคาร์บอน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ Volatile Organic Compounds (VOCs) และ Chlorofluorocarbon (CFCs)

5. มลพิษของเสีย ของแข็ง (hazardous and solid waste) หมายถึง สสารหรือของแข็ง ที่ไม่เป็นประโยชน์ ใช้งานไม่ได้ ต้องการกำจัดทิ้ง รวมเรียกว่า solid waste ตัวอย่างเช่น กากเหลือของเกษตรกรรม อุตสาหกรรม แหล่งชุมชนที่อยู่อาศัยต่างๆ เป็นต้น

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความเป็นพิษในสิ่งมีชีวิต

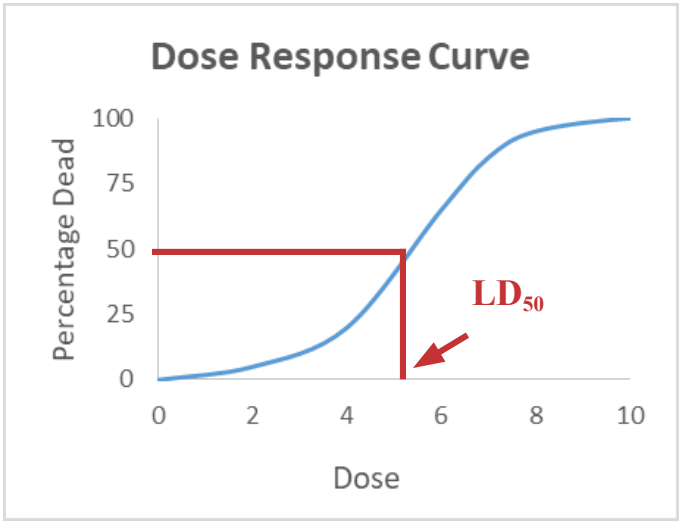
- **Chemical Reactivity** ลักษณะชนิดและกลไกของสาร ส่งผลถึงการแสดงออกความเป็นพิษ และกลไกภายในร่างกายสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการออกฤทธิ์ของชนิดสารนั้น
- **Dose** เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารมากขึ้น จะทำให้สิ่งมีชีวิตมีการตอบสนองต่อความเป็นพิษที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความเข้มข้นที่เริ่มมีการแสดงออกความเป็นพิษในสิ่งมีชีวิตเรียกว่า Threshold Dose
- **Duration of Exposure** ระยะเวลาในการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย จะส่งผลต่อระดับความเป็นพิษโดยทั้งนี้จะมีความแตกต่างไปตามสภาพการคงทนของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ กับสารพิษ
- **Route of Exposure** ทางเข้าของสารพิษสู่ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ก็เป็นอีกทางหนึ่งที่สามารถกำหนดลักษณะความเป็นพิษของสารนั้นๆ ได้ เช่น หากสารพิษมีสภาพขั้วต่ำ หรือละลายได้ดีในไขมัน (hydrophobic compounds) สารประเภทนี้มักจะละลายได้ดีในชั้นผิวหนัง ได้ดีกว่าสารที่มีสภาพขั้วสูง (hydrophilic compounds)
- **Age and Health** อายุและสุขภาพของสิ่งมีชีวิต จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งในการบอกถึงระดับความเป็นพิษของสิ่งมีชีวิต โดยส่วนใหญ่สิ่งมีชีวิตที่เป็นเด็กทารก หรือสูงอายุ จะมีการแสดงออกถึงความเป็นพิษสูงกว่าสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในช่วงวัยเจริญพันธุ์
- **Bioaccumulation and Biological Magnification** สารบางชนิดอาจจะไม่แสดงออกในเรื่องความเป็นพิษทันทีแต่อาจมีการสะสมอยู่ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า Bioaccumulation จากนั้นจึงค่อยๆ แสดงออกถึงความเป็นพิษออกมาช้าๆ นอกจากนี้หากการสะสมนั้นมีการส่งผลในรูปของห่วงโซ่อาหาร โดยจะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ ตามห่วงโซ่อาหาร เรียกลักษณะการสะสมเช่นนี้ว่า Biological Magnification



ที่มา: BIOMAGNIFICATION (2020)

รูปที่ 2. Bioaccumulation และ Biological Magnification

โดยทั่วไปแล้วนิยามของความเป็นพิษ (toxicity) จากสารต่างๆ นั้น กำหนดเป็นสากลด้วยค่า LD_{50} (Lethal Dose at 50%) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินว่าสารต่างๆ ที่มนุษย์ได้รับจะเป็นอันตรายมาก หรือน้อย โดยการทดลองให้ปริมาณ (dose) ของสารเคมี หรือยาต่างๆ ในสัตว์ทดลอง เช่น หนู กระต่าย สุนัข และแมว เป็นต้น LD_{50} จะเป็นปริมาณของยา หรือสารเคมีที่สัตว์ทดลองรับเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีใดๆ เช่น รับประทาน หายใจ ผ่านทางผิวหนังหรือฉีด แล้วทำให้สัตว์ทดลองนั้นตายไป 50 เปอร์เซ็นต์ จากสัตว์ทดลองที่ใช้ทั้งหมด



รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษที่รับเข้าไป (dose) และเปอร์เซ็นต์การตายของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับสารพิษ (percentage dead)

รูปแบบการทดสอบความเป็นพิษของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไปการประเมินความเป็นพิษของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมจะขึ้นอยู่กับข้อมูลการทดสอบความเป็นพิษจากสิ่งมีชีวิตในน้ำ 3 ประเภท ได้แก่ ปลา (สัตว์มีกระดูกสันหลัง) Daphnids (สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง) และสาหร่าย (พืชน้ำ) (U.S. 1994) ในบทความนี้จะยกตัวอย่างถึงเนื้อหาการประเมินความเป็นพิษในน้ำต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำจืด เช่น แม่น้ำ คลอง ทะเลสาบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **การประเมินความเป็นพิษเฉียบพลันในน้ำจืด (Acute freshwater toxicity tests)** เป็นการทดสอบความเป็นพิษของตัวอย่างน้ำต่อสิ่งมีชีวิตด้วยวิธีการทดสอบความเป็นพิษตามมาตรฐานจาก United States Environmental Protection Agency U.S. EPA (U.S. EPA 1994) เช่น การทดสอบแบบ Static (การทดสอบความเป็นพิษของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ไม่มีการไหล การ flow ของระบบในตัวอย่างน้ำที่นำมาทดสอบ) ใน Daphnia pulex หรือ Daphnia magna โดยคำนวณและแสดงผลลัพธ์ของค่า LD_{50} (Lethal Dose at 50%)

2. **การประเมินการประเมินความเป็นพิษเรื้อรังในน้ำจืด (Chronic freshwater toxicity tests)** การทดสอบจะวัดผลทั้งอัตราการเสียชีวิตและผลกระทบอื่นๆ ที่ไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตตาย เพื่อให้สามารถบันทึกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการประเมินผลกระทบระยะยาวที่อาจเกิดขึ้นจากการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เช่น การทดสอบความอยู่รอดและการสืบพันธุ์ของ Ceriodaphnia dubia โดยทดสอบแบบ Static Renewal ใช้ระยะเวลา 7 วัน ในการทดสอบความอยู่รอดและจำนวนตัวอ่อนที่เกิดมาใหม่ (U.S. EPA 1994)

ที่มา: Daphnia magna, Daphnia pulex commonly known as water fleas (2020)

รูปที่ 4. Daphnia pulex, Daphnia magna และ Ceriodaphnia dubia

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความเป็นพิษของสารเคมีในสิ่งมีชีวิตนั้น ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการประเมินและคำนวณค่าความเสี่ยง (Risk Quotient, RQ) สำหรับไว้ใช้ในการจัดการสารเคมีนั้นๆ เมื่อมีการปนเปื้อนในระบบนิเวศ

การคำนวณค่าความเสี่ยง (Risk Quotient, RQ) ดังสมการ 1 (U.S. EPA 2014) โดย MEC (Measured Environment Concentration) คือ ความเข้มข้นของสารที่วัดในสิ่งแวดล้อม และ PNEC (Predicted No Effect Concentration) คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เกณฑ์การตัดสิน พบว่า ถ้าค่า

RQ	อยู่ระหว่าง	0.01 – 0.1	แสดงว่า	มีความเสี่ยงต่ำ
RQ	อยู่ระหว่าง	0.1 – 1	แสดงว่า	มีความเสี่ยงระดับปานกลาง
RQ	มากกว่า	1	แสดงว่า	มีความเสี่ยงสูง
RQ	มากกว่า	10	แสดงว่า	มีความเสี่ยงสูงมาก

$$RQ = MEC / PNEC \qquad (1)$$

การทำความเข้าใจความรู้เกี่ยวกับพิษวิทยานิเวศจะเอื้อประโยชน์ให้แก่มนุษย์ในแง่ของการดำรงชีวิตเพื่อให้สามารถเลือกใช้สารเคมีในการอุปโภคบริโภคได้ สำหรับความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของสารพิษจะเป็นประโยชน์ต่อการรักษาประชากรในระบบนิเวศทำให้เกิดสมดุลธรรมชาติและเป็นพื้นฐานในการประเมินความเสี่ยงในการใช้สารเคมีที่มาจากการเกษตร การทำอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้ดำรงรักษาระบบนิเวศสืบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

น้ำมันดิบรั่วไหล คราบน้ำมันในทะเล อันตรายต่อสุขภาพ. 2563. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.rakluke.com/lifestyle/7/64/246/น้ำมันดิบรั่วไหล-คราบน้ำมันในทะเล-อันตรายต่อสุขภาพ, [เข้าถึงเมื่อ 17 เมษายน 2563].

วสกร บัลลังก์โพธิ์. 2555. เอกสารคำสอนวิชานิเวศวิทยา เรื่อง พิษวิทยานิเวศ (Ecotoxicology). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

BIOMAGNIFICATION. 2020. [online]. Available at: https://www.bluegrowth.org/Plastics_Waste_Toxins_Pollution/Biomagnification_Bio_Accumulation.htm, [accessed 17 April 2020].

Daphnia magna, Daphnia pulex commonly known as water fleas. 2020. [online]. Available at: https://www.carolina.com/teacher-resources/Interactive/living-organism-care-guide-daphnia/tr10492.tr, [accessed 17 April 2020].

Tyler, M. G. and Spoolman S., 2008. Environmental Science. Toronto: Nelson Thomson Learning, 430 p.

U.S. EPA., 1994. Catalogue of Standard Toxicity Tests for Ecological Risk Assessment. ECO Update. Publication 9345.0-05I. *Intermittent Bulletin*, **2**(2), 4 p.

U.S. EPA., 2014. Technical Overview of Ecological Risk Assessment Risk Characterization. [online]. Available at: http://www.epa.gov/oppefed1/ecorisk_ders/toera_risk.htm, [accessed 8 April 2020].