โลหะหนักกับ สิ่งแวดล้อมทางน้ำ

Science Film Festival Knowledge Through Entertainment

ทุกคนคงรู้กันดีอยู่แล้วว่าสารตะกั่วอาจเป็นพิษได้ และเราก็อาจได้รับพิษจากสารตะกั่วผ่านการรับประทานหรือสูดดมฝุ่นผงจากสีเก่าๆ เข้าไป ตะกั่วนั้นเรียกว่าเป็นโลหะหนัก และยังมีแหล่งโลหะหนักอื่นๆ ที่อาจเป็นพิษได้เช่นกัน ทั้งเงิน ทองแดง ปรอท นิกเกิล แคดเมียม สารหนู และโครเมียม ล้วนแต่เป็นโลหะหนักที่อาจเป็นพิษได้ในบางสภาพแวดล้อม ในการทดลองนี้ คุณจะได้ทดสอบผลกระทบของโลหะหนักประเภททองแดง (Cu) ที่มีต่อสภาพแวดล้อมทางน้ำที่มีหอยทากและพืชพรรณอยู่

ระยะเวลาที่ใช้

ปานกลาง (6-10 วัน)

ทุกคนคงรู้กันดีอยู่แล้วว่าสารตะกั่วอาจเป็นพิษได้ และเราก็อาจได้รับพิษจากสารตะกั่วผ่านการรับประทานหรือสูดดมฝุ่นผงจากสีเก่าๆ เข้าไป ตะกั่วนั้นเรียกว่าเป็นโลหะหนัก และยังมีแหล่งโลหะหนักอื่นๆ ที่อาจเป็นพิษได้เช่นกัน ทั้งเงิน ทองแดง ปรอท นิกเกิล แคดเมียม สารหนู และโครเมียม ล้วนแต่เป็นโลหะหนักที่อาจเป็นพิษได้ในบางสภาพแวดล้อม

"โลหะที่เป็นพิษ รวมถึง "โลหะหนัก" คือโลหะและสารประกอบโลหะที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ โลหะเหล่านี้หลายชนิดมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตโดยต้องอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก อย่างไรก็ตาม หากมีปริมาณมากขึ้น โลหะเหล่านี้จะกลายเป็นพิษทันที มันอาจไปสะสมอยู่ในระบบชีววิทยาและเป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างยิ่ง" (OSHA, 2004)

ในโครงการวิทยาศาสตร์นี้ คุณจะได้เรียนรู้ว่าโลหะหนักธรรมดาอย่างทองแดง (Cu) สามารถเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำได้หรือไม่ เหตุที่เราเลือกใช้ทองแดงเพราะมันเป็นโลหะหนักที่หาได้ง่ายและไม่เป็นพิษต่อมนุษย์มากนัก โดยจะใช้คอปเปอร์ซัลเฟตมาเป็นแหล่งของทองแดงที่ละลายน้ำได้ หมายความว่าเมื่อผสมกับน้ำ มันก็จะละลายหรือกลายเป็นสารละลายนั่นเอง

เรามักวัดค่าปริมาณไอออนในสารละลายเป็นหน่วยในล้านส่วน (ppm) หมายความว่าถ้ามีไอออนในสารละลาย 1 ppm แปลว่ามีไอออน 1 มิลลิกรัม (mg) อยู่ในสารละลายทุกๆ หนึ่งลิตร (L) โลหะหนักจะปล่อยไอออนอิสระเข้าไปในสารละลายที่มีศักยภาพมากและสามารถก่อให้เกิดผลกระทบด้วยปริมาณที่ต่ำมาก

ในโครงการนี้ ช่วงความเข้มข้นของสารละลายทองแดงที่เหมาะแก่การทดสอบจะอยู่ที่ 0 ppm (ไม่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตเลย) ไปจนถึง 0.4 ppm (เพิ่มทีละ 0.1 ppm) เป็นช่วงที่มีความเข้มข้นต่ำมาก ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนอย่างระมัดระวังในการทำสารละลาย เราจะแสดงวิธีสร้างสารละลายคอปเปอร์ไอออนที่มีความเข้มข้นของไอออนต่ำที่สุดที่จะทดสอบ ซึ่งก็คือ 0.1 ppm

การทำสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น 0.1 ppm หมายความว่าเราจะต้องใช้คอปเปอร์ซัลเฟต 0.1 มก. ในน้ำ 1 ลิตร อย่างไรก็ตามการวัดค่า 0.1 มก. นั้นทำได้ยากมาก อธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้นก็คือ ธนบัตรดอลลาร์สหรัฐมีน้ำหนัก 1 กรัม หากตัดธนบัตรออกเป็น 1,000 ชิ้น แต่ละชิ้นก็จะมีน้ำหนัก 1 มก. แต่หากเศษธนบัตรแต่ละชิ้นที่ตัดไปแล้วถูกตัดแบ่งอีกสิบชิ้น ก็จะได้เศษธนบัตร 10,000 ชิ้น แต่ละชิ้นจะมีน้ำหนัก 0.1 มก. ซึ่งนี่ก็คือปริมาณคอปเปอร์ซัลเฟตที่ต้องการในน้ำ 1 ลิตรเพื่อให้ได้สารละลาย 0.1 ppm ทีนี้ก็คงเข้าใจกันชัดเจนแล้วว่าเหตุใดการชั่งน้ำหนักสิ่งของชิ้นเล็กๆ น้อยๆ ให้แม่นยำจึงเป็นเรื่องยาก!

นี่คือเหตุผลที่เราต้องหาวิธีอื่นในการผลิตสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 ppm กล่าวคือเราจะมาสร้างสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าที่เราจะใช้ทดสอบมาก ซึ่งเรียกว่าสารละลายสต๊อก (stock solution) จากนั้นเราก็จะนำสารละลายสต๊อกมาเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับที่เราต้องการทดสอบ

ขั้นแรก ให้ชั่งน้ำหนักคอปเปอร์ซัลเฟตออกมาให้ได้ 1 กรัม (g) และนำไปผสมกับน้ำ 2 ลิตร (L) เขียนออกมาได้ดังนี้

คอปเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม
น้ำ 2 ลิตร

โลหะหนักกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

Science Film Festival Knowledge Through Entertainment

หมายความว่าคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม (หรือ 500 มก.) จะถูกละลายลงในน้ำ 1 ลิตร เกิดเป็นสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 500 ppm แล้วเราจะลดความเข้มข้นของสารละลายลงได้อย่างไร? เราสามารถใช้สารละลายนี้หนึ่งหยดแล้วเจือจางด้วยน้ำที่มีปริมาณมากขึ้น ในน้ำ 1 มิลลิลิตร (mL) จะมีประมาณ 20 หยด เมื่อรู้เช่นนี้แล้ว เราก็จะสามารถหาได้ว่าคอปเปอร์ซัลเฟตในน้ำหนึ่งหยดจะมีปริมาณเท่าใดโดยใช้วิธีการคำนวณต่อไปนี้

คอปเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม น้ำ2 ลิตร	น้ำ 1 ลิตร น้ำ 1000 มล	น้ำ 1 มล น้ำ 20 หยด	=	คอปเปอร์ซัลเฟต .000025 ก น้ำ 1 หยด

ข้อมูลนี้ช่วยให้เราทราบว่าในน้ำหนึ่งหยดมีคอปเปอร์ซัลเฟต 0.000025 กรัม (เท่ากับ 0.025 มก.) หมายความว่าน้ำสี่หยดก็จะมีคอปเปอร์ซัลเฟต 0.1 มก. และเนื่องจากสารละลาย 0.1 ppm ก็คือปริมาณ 0.1 มก. ที่ละลายในน้ำ 1 ลิตร หากเราผสมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 500 ppm (0.1 มก.) สี่หยดเข้ากับน้ำ 1 ลิตร เราก็จะได้สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่มีค่าความเข้มข้น 0.1 ppm

สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.1 ppm คือทองแดงที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่เราจะทดสอบกันในสภาพแวดล้อมทางน้ำ คุณจะต้องเพิ่มปริมาณทองแดงลงไป (โดยการเพิ่มหยดสารละลาย) ในสภาพแวดล้อมจำลองเพื่อทดสอบผลกระทบของทองแดงที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น หลังจากที่เติมทองแดงลงไปในสภาพแวดล้อมจำลองทั้งหมดแล้ว จึงจะใส่สิ่งมีชีวิตอย่างแหนและหอยทากลงในแต่ละสภาพแวดล้อมจำลอง การเติมทองแดงลงไปจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในแต่ละสภาพแวดล้อมอย่างไรบ้าง?

ความปลอดภัย

การทดลองนี้ต้องอยู่ภายใต้การดูแลของผู้ใหญ่เมื่อต้องใช้งานและตรวจวัดคอปเปอร์ซัลเฟต อย่าลืมสวมถุงมือและแว่นตานิรภัยเมื่อทำการวัด กำจัดสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตและเม็ดผงที่เหลือให้ถูกต้องตามระเบียบการกำจัดยาฆ่าแมลงของพื้นที่

คำศัพท์และกรอบความคิด

- โลหะหนักและแหล่งที่มา
- ทองแดง (เหรียญ ท่อ สายไฟ ยาฆ่าเชื้อรา ยาฆ่าแมลง)
- ตะกั่ว (สีเก่า ตุ้มน้ำหนักสำหรับตกปลา)
- นิกเกิล (เหรียญ แบตเตอรี่)
- ปรอท (เทอร์โมมิเตอร์, หลอดฟลูออเรสเซนต์)
- สารหนู (ยาฆ่าแมลงและสารกำจัดหนู)
- แคดเมียม (แบตเตอรี่)
- โครเมียม (การชุบโครเมียม, แบตเตอรี่, น้ำยาสี, สี)
- ความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
- สิ่งแวดล้อมในน้ำ
- ละลายน้ำได้
- ไม่ละลายในน้ำ
- สารละลาย
- ส่วนต่อล้าน (ppm)
- ความเข้มข้น

โลหะหนักกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

Science Film Festival
Knowledge Through Entertainment

คำถาม

- ทองแดงที่ละลายน้ำได้ส่งผลต่อระบบนิเวศในน้ำอย่างไร?
- สิ่งมีชีวิตทั้งหมดจะได้รับผลกระทบเหมือนหรือต่างกันหรือไม่?
- ทองแดงปริมาณเท่าใดจึงจะสามารถส่งผลกระทบได้?

วัสดุและอุปกรณ์

- คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต (1 กรัม) สามารถซื้อผงคอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรตได้ที่ร้านขายสัตว์เลี้ยง โรงเพาะต้นไม้ หรือร้านขายอุปกรณ์บำบัดรักษาต้นพืชจากศัตรูพืช สาหร่ายติดเชื้อหรือเชื้อรา สวมแว่นตานิรภัยและถุงมือ และต้องมีผู้ใหญ่คอยดูแลเมื่อต้องจัดการและตรวจวัดคอปเปอร์ซัลเฟต
- แว่นตานิรภัย
- หอยทากสำหรับเลี้ยงในบ่อน้ำขนาดเล็ก (อย่างน้อย 15 ตัว) - หาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์เลี้ยงปลา
- แหน (อย่างน้อย 50 อัน) - หาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์สำหรับบ่อปลาหรือตู้ปลา
- ภาชนะพลาสติกขนาดใหญ่แบบใช้ซ้ำได้และมีฝาปิด ปริมาตร 6 ถ้วย หรือ 48 ออนซ์ (อาจเป็นถุงซิปล็อคก็ได้) (5 ชิ้น)
- ภาชนะใส่นมแบบรีไซเคิลและมีฝาปิด 1 แกลลอน (ล้างให้สะอาด)
- ปากกาเมจิก
- ถุงมือแบบใช้แล้วทิ้ง (อย่างน้อย 1 คู่) - หาซื้อได้ตามร้านขายยาใกล้บ้าน หากคุณแพ้น้ำยาง ให้ใช้ถุงมือไวนิลหรือโพลีเอทิลีนแทน
- เศษกระดาษ
- ตาชั่งใช้ในครัว
- น้ำขวด (7 ลิตร)
- ที่หยดยาหรือปิเปต
- สมุดบันทึกการทดลอง

โลหะหนักกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

Science Film Festival Knowledge Through Entertainment

ขั้นตอนการทดลอง

1. ล้างภาชนะทุกใบให้สะอาดด้วยน้ำ อย่าใช้สบู่เพราะสบู่อาจไปเคลือบติดภาชนะพลาสติกและอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทดลองของคุณ

2. เตรียมสารละลายสต๊อก สารละลายสต๊อกคือสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าที่เราจะใช้ทดสอบ มีไว้เพื่อสร้างสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า (ในที่นี้คือความเข้มข้นที่เราต้องการทดสอบ)

   ก) ใช้ปากกาเมจิกเขียนป้ายบนภาชนะใส่นมขนาด 1 แกลลอนว่า “สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (500 ppm)” เติมน้ำดื่ม 2 ลิตรลงในภาชนะใส่นมขนาด 1 แกลลอน
   ข) สวมแว่นตานิรภัยและถุงมือให้เรียบร้อย นำคอปเปอร์ซัลเฟต ภาชนะใส่นมขนาด 1 แกลลอนที่มีน้ำอยู่ และตาชั่งไปเตรียมไว้ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก
   ค) วางเศษกระดาษหนึ่งแผ่นลงบนตาชั่ง ระวังอย่าให้คอปเปอร์ซัลเฟตสัมผัสโดนผิวหนังหรือตาชั่ง (โดนกระดาษได้) แล้วตวงคอปเปอร์ซัลเฟตออกมา 1 กรัม
   ง) ค่อยๆม้วนเศษกระดาษเป็นกรวยอย่างระมัดระวังเพื่อเทคอปเปอร์ซัลเฟตลงในภาชนะใส่นมขนาด 1 แกลลอนที่มีน้ำอยู่ ปิดฝาภาชนะให้แน่นแล้วค่อยๆ เขย่าจนคอปเปอร์ซัลเฟตละลายน้ำ อาจใช้เวลาสองสามนาทีในการละลาย

3. คุณจะต้องสร้างสภาพแวดล้อมทางน้ำจำลอง 6 แบบ โดยแต่แบบจะมีความเข้มข้นของไอออนทองแดงต่างกันดังที่แสดงในตาราง ใช้ปากกาเมจิกเขียนป้ายกำกับภาชนะพลาสติกแต่ละใบตามความเข้มข้นของสารละลายไอออนทองแดงที่คุณจะใส่เข้าไป (หน่วยเป็น ppm)

ปริมาณน้ำในภาชนะพลาสติก (มล)	จำนวนหยดของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่ใส่ลงไป (500 ppm)	ค่าความเข้มข้นของไอออนทองแดงในภาชนะพลาสติก (ppm)
1,000 มล	0	0 ppm
1,000 มล	4	0.1 ppm
1,000 มล	8	0.2 ppm
1,000 มล	12	0.3 ppm
1,000 มล	16	0.4 ppm

โลหะหนักกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

Science Film Festival Knowledge Through Entertainment

4. เติมน้ำ 1,000 มล. (1 ลิตร) ลงในภาชนะพลาสติกแต่ละใบ

5. ให้หยดสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (500 ppm) ลงไปในภาชนะพลาสติกแต่ละใบตามตาราง ที่ 1 ด้านบน ค่อยๆ หยดสารละลายอย่างช้าๆ ทีละหยด

6. ใส่หอยทากลงไปในภาชนะอย่างน้อยสามตัว (ยิ่งเยอะยิ่งดีเพราะจะทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำยิ่งขึ้น โดยต้องแน่ใจว่ามีจำนวนคงที่ตลอดการทดสอบ) อย่าลืมตรวจสอบให้แน่ใจว่าหอยทากตกลงไปคว่ำอยู่ถูกท่า ซึ่งจะช่วยให้คุณรู้ได้ว่าพวกมันยังมีชีวิตอยู่หรือไม่

7. ใส่แหน 10 ต้นลงไปในภาชนะแต่ละใบ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าแหนแต่ละต้นมีก้าน (ส่วนที่ยื่นลงมา) และมีใบสองใบพอดี (ส่วนที่ลอยน้ำ)

   ก) คุณจะต้องนับจำนวนใบของแหนแต่ละต้นเพื่อดูว่ามันจะแตกใบใหม่หรือไม่เมื่อเวลาผ่านไป

8. ในภาชนะแต่ละใบ ให้บันทึกจำนวนหอยทากและจำนวนใบของต้นแหนทั้งหมดในนั้น (วันแรกควรต้องมี 20 ใบ)

9. สังเกตดูหอยทากทุกวันเป็นเวลา 5 วัน และจดบันทึกผลการสังเกตของคุณลงไปบนตาราง ในสมุดบันทึกการทดลอง ได้แก่ ตารางที่ 2 และ 3 ในการสังเกตแต่ละครั้ง ให้นับจำนวนหอยทากที่ยังมีชีวิตอยู่และจำนวนใบแหนทั้งหมดในภาชนะแต่ละใบ

	จำนวนหอยทากที่มีชีวิตอยู่				
ความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
0 ppm					
0.1 ppm					
0.2 ppm					
0.3 ppm					
0.4 ppm					

โลหะหนักกับ สิ่งแวดล้อมทางน้ำ

Science Film Festival Knowledge Through Entertainment

	จำนวนใบของแหน				
ความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
0 ppm	20				
0.1 ppm	20				
0.2 ppm	20				
0.3 ppm	20				
0.4 ppm	20				

10 สร้างกราฟผลลัพธ์ของคุณ

ก) ตรงด้านล่างของกราฟ (แกน x) ให้ใส่ค่าความเข้มข้นของทองแดง (หน่วยเป็น ppm) และทางด้านซ้ายของกราฟ (แกน y) ใส่จำนวนหอยทากที่ยังมีชีวิตอยู่สำหรับกราฟหมายเลข 1 หรือจำนวนใบแหนสำหรับกราฟหมายเลข 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้ว (วันที่ 5)

ข) สร้างกราฟของหอยทากและใบแหนเมื่อเวลาผ่านไป ใส่เวลาลงบนแกน X (หน่วยเป็นวัน) และบนแกน Y ก็ให้ใส่จำนวนหอยทากที่ยังมีชีวิตอยู่สำหรับกราฟหมายเลข 3 หรือจำนวนใบแหนทั้งหมดสำหรับกราฟหมายเลข 4

11 ตรวจสอบดูกราฟของคุณ สารหนูส่งผลกระทบอย่างไรต่อหอยทาก? แล้วส่งผลอย่างไรต่อแหน? ความเข้มข้นของสารหนูส่งผลต่อผลกระทบอย่างไร?

12 ดังที่คุณเห็นจากข้อมูลที่ได้ คอปเปอร์ เพนตะไฮเดรต ซัลเฟต จำเป็นต้องถูกกำจัดอย่างมีความรับผิดชอบ ให้กำจัดมันตามระเบียบการกำจัดยาฆ่าแมลงในพื้นที่ของคุณ

ทางเลือกอื่นๆ ในการทดลอง

- พืชน้ำบางชนิดสามารถกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ออกไปจากสภาพแวดล้อมในน้ำได้ ส่วนพืชบางชนิดก็ได้รับพิษจากมัน ลองทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบพันธุ์พืชน้ำดูว่าสายพันธุ์ใดที่มีความสามารถนี้ ใช้ชุดทดสอบหาปริมาณทองแดงเพื่อทดสอบน้ำในแต่ละวันหลังจากใส่พืชน้ำเข้าไปแล้ว
- เราเลือกใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการทดลองเพราะสามารถละลายน้ำได้ดี แล้วแหล่งทองแดงอื่นๆ สร้างปัญหาเหมือนกันหรือไม่? ลองใช้แหล่งธาตุทองแดงอื่นๆ เช่น ท่อ สายไฟ และแผ่นโลหะ และลองใช้ผลิตภัณฑ์โลหะอื่นๆ ที่มีสารพิษอยู่น้อย เช่น อลูมิเนียม (ฟอยล์ กระป๋อง) หรือสังกะสี (เหรียญ ลวด) แหล่งของโลหะธรรมดาเหล่านี้เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่? สิ่งสำคัญคืออย่าใช้ตะกั่วหรือปรอทในการทดลอง เนื่องจากอาจเป็นพิษร้ายแรงและส่งผลต่อพัฒนาการของเด็กได้

ที่มา:
Science Buddies Staff. „Heavy Metals and Aquatic Environments." Science Buddies, 23 June 2020, https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/EnvSci_p018/environmental-science/heavy-metals-and-aquatic-environments?from=Blog.