



คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

ชีววิทยา

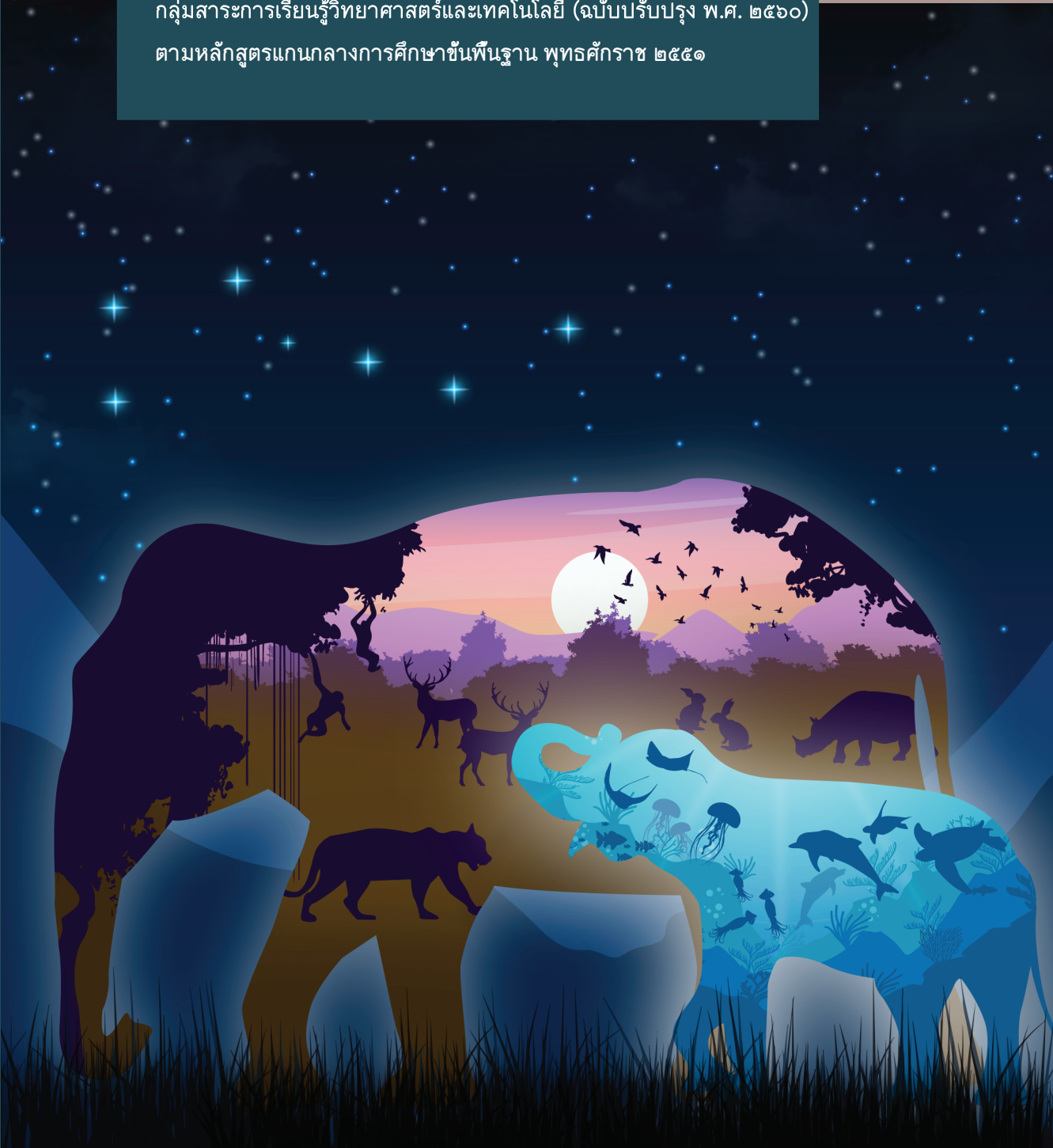
เล่ม ๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๖





คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

ฉบับเผยแพร่ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๓

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจาก กระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำ หนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระชีววิทยา โดยมีตาราง วิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำตอบ และแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็น ส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มี ส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้อย่างบูรณาการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ ความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศและประชากร มนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระคณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยในการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้อุทยานวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้อุทยานวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งมีสื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้อุทยานวิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะ ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับ

ผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และ จิตวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

- จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น**
เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้
- **แนวการจัดการเรียนรู้**
แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- **จุดประสงค์**
เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น
- **วัสดุและอุปกรณ์**
รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม
- **การเตรียมล่วงหน้า**
ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้าสำหรับการจัดกิจกรรม เช่น การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
- **ข้อเสนอแนะสำหรับครู**
ข้อมูลที่ให้ครูแจ้งต่อนักเรียนให้ทราบถึงข้อควรระวัง ข้อควรปฏิบัติ หรือข้อมูลเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมนั้น ๆ
- **ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม**
ตัวอย่างผลการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการทำกิจกรรมของนักเรียน
- **อภิปรายและสรุปผล**
ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากการอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน

แนวทางการวัดและประเมินผล

แนวทางการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

เฉลยคำถาม

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- เฉลยคำถามระหว่างเรียน

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- เฉลยคำถามท้ายบทเรียน

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่า หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

23

ความหลากหลาย
ทางชีวภาพ

23	ความหลากหลายทางชีวภาพ	1
	ผลการเรียนรู้	1
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	2
	ผังมโนทัศน์	6
	สาระสำคัญ	8
	เวลาที่ใช้	10
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	11
23.1	ความหลากหลายทางชีวภาพ	13
23.2	ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	25
23.3	การศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	84
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 23	116

24

ระบบนิเวศและ
ประชากร

24	ระบบนิเวศและประชากร	129
	ผลการเรียนรู้	129
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	130
	ผังมโนทัศน์	134
	สาระสำคัญ	136
	เวลาที่ใช้	137
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	138
24.1	ระบบนิเวศ	141
24.2	ไบโอม	161
24.3	การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	167
24.4	ประชากร	176
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 24	196

สารบัญ	บทที่ 23 - 25	
บทที่	เนื้อหา	
25	25 มนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	205
	ผลการเรียนรู้	205
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	206
	ผังมโนทัศน์	212
	สาระสำคัญ	214
	เวลาที่ใช้	214
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	215
	25.1 ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ	216
	25.2 การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ	
	ปัญหาและการจัดการ	219
	25.3 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ	
	สิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน	277
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 25	284
มนุษย์กับความยั่งยืน ของ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม		
	ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล	294
ภาคผนวก		
	บรรณานุกรม	306
	ที่มาของรูป	315
	คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู	316

บทที่

| ความหลากหลายทางชีวภาพ

23



ipst.me/10788



ผลการเรียนรู้

1. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่าง ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ
2. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
3. อธิบายลักษณะสำคัญ และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์
4. อธิบาย และยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์
5. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและองค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพ
2. อธิบายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การพยากรณ์ 6. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและ การรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ 3. การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง 4. คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความซื่อสัตย์ 6. ความรอบคอบ 7. วัตถุวิสัย

ผลการเรียนรู้

2. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความมีเหตุผล 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้

- อธิบายลักษณะสำคัญ และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายลักษณะสำคัญของแบคทีเรียและอาร์เคีย พร้อมยกตัวอย่าง
- อธิบายลักษณะสำคัญของโพรทิสต์ และการแบ่งกลุ่มของโพรทิสต์ พร้อมยกตัวอย่าง
- อธิบายลักษณะสำคัญของพืช และการแบ่งกลุ่มของพืช และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง
- อธิบายลักษณะสำคัญของฟังไจ และการแบ่งกลุ่มของฟังไจ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง
- อธิบายลักษณะสำคัญของสัตว์ และการแบ่งกลุ่มของสัตว์ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การพยากรณ์ 6. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ 3. การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง 4. คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความซื่อสัตย์ 6. ความรอบคอบ 7. วัตถุวิสัย 8. ความมีเหตุผล

ผลการเรียนรู้

4. อธิบาย และยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการในการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ตามระบบของลินเนียส
2. ยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากลำดับชั้นใหญ่จนถึงลำดับชั้นเล็กตามระบบของลินเนียส
3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายความสำคัญของชื่อวิทยาศาสตร์ และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท 4. การพยากรณ์	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ 3. วัตถุวิสัย 4. การยอมรับความเห็นต่าง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ 4. การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง 5. คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	5. ความใจกว้าง 6. ความอยากรู้อยากเห็น 7. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

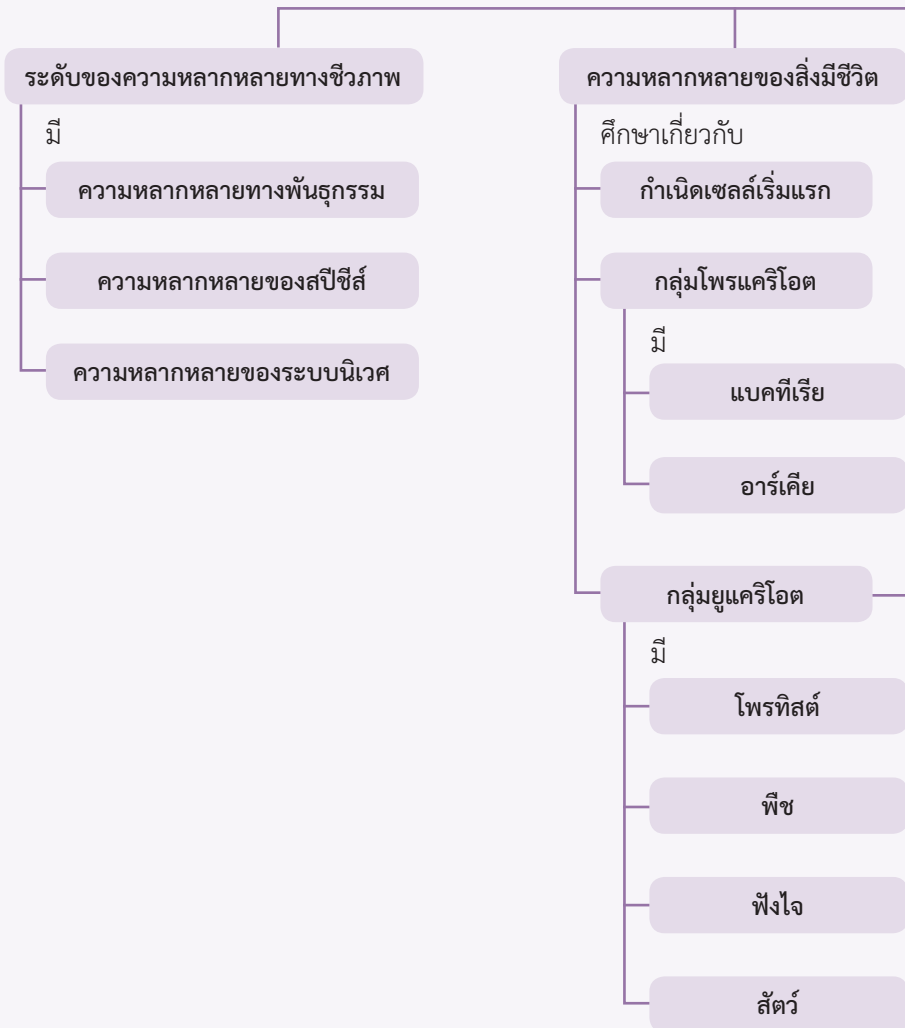
5. สร้างได้โคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสำคัญของการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ และวิธีการระบุ
2. สร้างได้โคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด
3. อภิปรายความสัมพันธ์ของการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท 4. การพยากรณ์ 5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ 4. การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง 5. คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ 3. วัตถุวิสัย 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความใจกว้าง 6. ความอยากรู้อยากเห็น 7. ความมุ่งมั่นอดทน

ผังมโนทัศน์ บทที่ 23



ความหลากหลายทางชีวภาพ

ศึกษาเกี่ยวกับ

อนุกรมวิธานของสิ่งมีชีวิต

ประกอบด้วย

การจำแนก

การตั้งชื่อ

การระบุ

ศึกษาเกี่ยวกับ

กำเนิดเซลล์ยูแคริโอต

สาระสำคัญ

ความหลากหลายทางชีวภาพมี 3 ระดับ ได้แก่ ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันหากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ความหลากหลายระดับใดระดับหนึ่งจะส่งผลกระทบไปที่ความหลากหลายในระดับอื่นด้วย ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพที่อุดมสมบูรณ์แต่เนื่องจากการพัฒนาอย่างสืบเนื่องและความต้องการใช้ประโยชน์โดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดของการฟื้นตัวของความหลากหลายทางชีวภาพ จึงควรอนุรักษ์เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศอย่างยั่งยืน

ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตเกิดจากวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันโดยมีจุดเริ่มต้นจากวิวัฒนาการเกิดเซลล์เริ่มแรก จากนั้นพัฒนาไปเป็นเซลล์โพรแคริโอต และเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับออกซิเจนบนโลกที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของโพรแคริโอตบางกลุ่ม จึงนำไปสู่วิวัฒนาการของการเกิดเซลล์ยูแคริโอต ซึ่งนับเป็นจุดเปลี่ยนที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการที่นำมาซึ่งความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน

สิ่งมีชีวิตในปัจจุบันอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ โพรแคริโอต และยูแคริโอต โดยโพรแคริโอตที่พบในปัจจุบันมีแบคทีเรียและอาร์เคีย ส่วนยูแคริโอตที่พบในปัจจุบันมีโพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะดังนี้

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่ผนังเซลล์มีเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบสำคัญ แบคทีเรียทั่วไปสร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์ แบบปรสิต แต่แบคทีเรียบางกลุ่มสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในการจำแนกแบคทีเรียพิจารณาได้หลายเกณฑ์ เช่น รูปร่าง ผนังเซลล์ การดำรงชีวิตได้ในที่มีออกซิเจน การสร้างอาหาร

อาร์เคียเป็นสิ่งมีชีวิตที่ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนที่หลากหลายแต่ไม่มีสารเพปทิโดไกลแคน

โพรทิสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะหลากหลาย มีทั้งเซลล์เดียวและหลายเซลล์ที่ยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ อาจมีหรือไม่มีผนังเซลล์เป็นส่วนประกอบของเซลล์โดยอาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ คือ กลุ่มโพรโทซัว กลุ่มสาหร่าย กลุ่มที่คล้ายรา

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีผนังเซลล์ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับและมีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พืชสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยอาจแบ่งตามการมีท่อลำเลียงได้เป็น พืชไม่มีท่อลำเลียง และพืชมีท่อลำเลียงซึ่งแบ่งเป็นไลโคไฟต์ และยูฟิลโลไฟต์

ฟังไจเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีเซลล์เดี่ยวและหลายเซลล์ เซลล์ของฟังไจยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ ผนังเซลล์มีไคตินเป็นองค์ประกอบสำคัญ ฟังไจสร้างอาหารเองไม่ได้และดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์แบบปรสิต โดยตัวอย่างฟังไจที่พบได้บ่อยมีดังนี้ ฟังไจกลุ่มไคทริด ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างไซโกสปอร์ ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างแอสโคสปอร์ ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างเบสิดีโอสปอร์

สัตว์เป็นยูแคริโอตที่มีหลายเซลล์ ไม่มีผนังเซลล์ ส่วนใหญ่เซลล์จัดเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อซึ่งทำหน้าที่เฉพาะ สัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตเป็นผู้บริโภคในระบบนิเวศ สัตว์หลายชนิดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ รวมทั้งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

สัตว์อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยโดยพิจารณาลักษณะต่างๆ เช่น การมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อ สมมาตรของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของบาลาสโทพอร์ การเจริญในระยะตัวอ่อน ทำให้อาจแบ่งสัตว์เป็นกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มพอรีเฟอรัน กลุ่มไนดาเรียน กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ กลุ่มมอลลัส กลุ่มแอนเนลิด กลุ่มนีมาโทด กลุ่มอาร์โทรพอด กลุ่มเอไคโนเดิร์ม และกลุ่มคอร์เดต เป็นต้น

อนุกรมวิธานเป็นการศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งกระบวนการพื้นฐานของศาสตร์ทางด้านอนุกรมวิธานประกอบด้วย การจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 28 ชั่วโมง

23.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ	3.0 ชั่วโมง
23.2 ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	
23.2.1 กำเนิดเซลล์เริ่มแรก	2.0 ชั่วโมง
23.2.2 กลุ่มโพรแคริโอต	
แบคทีเรีย	1.0 ชั่วโมง
อาร์เคีย	0.5 ชั่วโมง
23.2.3 กลุ่มยูแคริโอต	
กำเนิดเซลล์ยูแคริโอต	0.5 ชั่วโมง
โพรทิสต์	1.0 ชั่วโมง
พืช	3.0 ชั่วโมง
ฟังไจ	2.0 ชั่วโมง
สัตว์	9.0 ชั่วโมง
23.3 การศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	
23.3.1 การจำแนกสิ่งมีชีวิต	2.5 ชั่วโมง
23.3.2 การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต	1.0 ชั่วโมง
23.3.3 การระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต	2.5 ชั่วโมง
รวม	28 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

1. ☒ สิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีจำนวนนิวคลีโอไทด์และการจัดเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุล DNA แตกต่างกัน ทำให้ลักษณะที่ปรากฏมีความแตกต่างกัน
2. ☐ ความแปรผันทางพันธุกรรมในสัตว์ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิส
3. ☒ ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้จากการเกิดมิวเทชันของสารพันธุกรรมในเซลล์สืบพันธุ์
4. ☒ เจเนติกดริฟต์แบบสุ่ม การถ่ายเทยีน การผสมพันธุ์แบบสุ่ม มิวเทชัน และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ สามารถทำให้ยีนพูลในประชากรเปลี่ยนแปลง และอาจนำไปสู่การเกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่
5. ☐ ประชากร คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกันในช่วงเวลาเดียวกัน
6. ☒ ระบบนิเวศประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพ และองค์ประกอบทางชีวภาพ โดยแต่ละระบบนิเวศที่แตกต่างกันจะมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะ
7. ☒ สิ่งแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มีผลต่อจำนวน ชนิด รูปร่าง ลักษณะ และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต
8. ☐ โพรแคริโอตประกอบด้วยเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส แต่มีบางออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม
9. ☒ ยูแคริโอตประกอบด้วยเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และมีออร์แกเนลล์หลายชนิดที่มีเยื่อหุ้ม
10. ☒ การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ทำให้เกิดวิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพที่เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ แบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความหลากหลายของระบบนิเวศ ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิตและความหลากหลายทางพันธุกรรม จากนั้นใช้รูปแบบบทของหนังสือเรียนซึ่งเป็นรูปความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่จัดแสดงไว้ในพิพิธภัณฑ์ประกอบการใช้คำถามให้นักเรียนว่า

- จากรูปนำบท ความหลากหลายทางชีวภาพที่แสดงอยู่เป็นความหลากหลายทางชีวภาพในระดับใด
- ✎ ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต

ครูชี้แจงว่าในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายคำว่า “ชนิดสิ่งมีชีวิต” คือคำว่า “สปีชีส์” ดังนั้น “ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต” คือ “ความหลากหลายของสปีชีส์”

เหตุผลที่ใช้คำว่า สปีชีส์ แทน ชนิด ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเนื่องจากการใช้คำว่า ชนิด เพื่อสื่อถึงประเภท การแบ่งพวก ในเนื้อหาของบทต่าง ๆ เพื่อความชัดเจนของการสื่อความหมายจึงเลือกใช้คำว่า สปีชีส์ แทนคำว่า ชนิด นอกจากนี้ยังต้องการให้นักเรียนมีความคุ้นเคยกับศัพท์อีกด้วย

ครูใช้คำถามในบทนำของหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาถามนักเรียนว่า

- สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญอย่างไร
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และผ่านการทำกิจกรรม 23.1 23.2 และ 23.3

23.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและองค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพ
2. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยรูปสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายโดยให้ครอบคลุมสิ่งมีชีวิตให้มีความหลากหลายมากที่สุด โดยเลือกสิ่งมีชีวิตในชุมชนที่นักเรียนรู้จักและทราบประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตนั้นประกอบกับการใช้คำถาม

ตัวอย่างเช่น ครูอยู่ภาคใต้ใช้สะดวกเพื่ออธิบายถึงประโยชน์ จากนั้นจึงใช้คำถามถามนักเรียนว่า

- นักเรียนทราบไหมว่าผักพื้นเมืองของภาคเหนือคืออะไรและใช้ประโยชน์อย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรได้เห็นความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพพร้อมกับใช้คำถามนำในหนังสือเรียนเพื่ออธิบายความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพ โดยถามนักเรียนว่า

- ความหลากหลายทางชีวภาพคืออะไร
- ✎ ความหลากหลายทางชีวภาพ คือ ความหลากหลายหรือความแปรผันที่พบเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตในทุกแห่ง รวมถึงความซับซ้อนทางนิเวศซึ่งมีสิ่งมีชีวิตเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบ ความหลากหลายทางชีวภาพนี้ หมายรวมถึง ความหลากหลายที่เกิดขึ้นภายในสปีชีส์ ระหว่างสปีชีส์ และของระบบนิเวศ

ครูใช้รูปวาดจากรูป 23.1 ซึ่งแสดงความหลากหลายทางชีวภาพ 3 ระดับ เพื่อทบทวนเกี่ยวกับประเภทของความหลากหลายทางชีวภาพ 3 ระดับ ได้แก่ ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ และให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับ ในหนังสือเรียน แล้วอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามสำหรับแต่ละระดับดังนี้

ความหลากหลายทางพันธุกรรม

- จากรูป 23.1 สิ่งมีชีวิตใดที่แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมได้ชัดเจนที่สุด
- ความหลากหลายทางพันธุกรรมคืออะไร
- ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตในระดับสปีชีส์อย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า หอยทับทิมที่เปลือกมีลวดลายและสีที่หลากหลายแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยความหลากหลายทางพันธุกรรมเป็นความแตกต่างทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกันซึ่งเป็นผลจากความแปรผันทางพันธุกรรมโดยอาจเกิดจากมิวเทชันและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ความหลากหลายทางพันธุกรรมส่งผลให้สิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกันมีลักษณะที่หลากหลาย ทำให้มีโอกาสที่จะอยู่ได้ในแหล่งที่อยู่ที่หลากหลายและสปีชีส์นั้นสามารถอยู่รอดได้เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป

ความหลากหลายของสปีชีส์

- จากรูป 23.1 สิ่งมีชีวิตใดบ้างที่แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของสปีชีส์
- ความหลากหลายของสปีชีส์ คือ อะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรตอบได้ว่า กุ้ง หอยเสียบ เพรียง หอยทับทิม ปูก้ามดาบ ปลาตีน แสดงให้เห็นความหลากหลายของสปีชีส์ ควรอธิบายได้ว่า ความหลากหลายของสปีชีส์เป็นจำนวนสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตที่พบในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ณ ช่วงเวลาหนึ่ง หรือเรียกว่า ความมากสปีชีส์



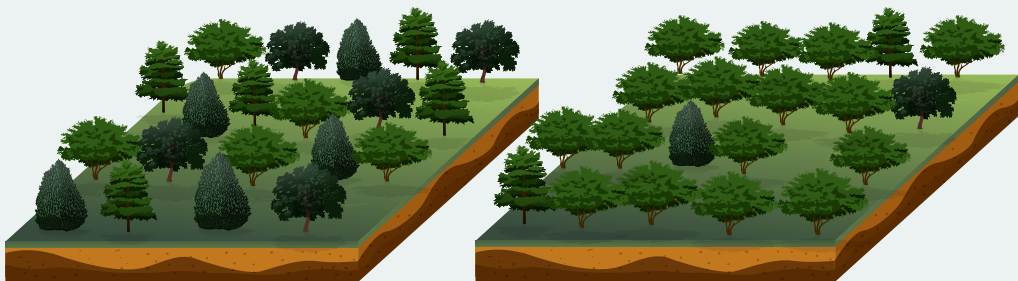
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ความหลากหลายของสปีชีส์ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนอกจากจะพิจารณาจากความมากสปีชีส์เพียงอย่างเดียวแล้ว ยังอาจพิจารณาจากความมากสปีชีส์ร่วมกับสัดส่วนของแต่ละสปีชีส์ได้ด้วย ตัวอย่างเช่น

จากการศึกษาป่าไม้ 2 แห่งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน พบพืช 4 สปีชีส์ ได้แก่ A B C และ D โดยมีสัดส่วนของแต่ละสปีชีส์ ดังนี้

ป่าแห่งที่ 1 มี A 25% B 25% C 25% และ D 25%

ป่าแห่งที่ 2 มี A 80% B 5% C 5% และ D 10% ดังรูป



ป่าแห่งที่ 1

ป่าแห่งที่ 2

จากข้อมูลจะเห็นว่าป่าทั้ง 2 แห่งประกอบด้วยพืชจำนวน 4 สปีชีส์เท่ากัน แต่มีความแตกต่างกันของสัดส่วนที่ปรากฏของแต่ละสปีชีส์ ซึ่งเมื่อสังเกตป่าแห่งที่ 1 จะเห็นได้อย่างรวดเร็วว่าประกอบด้วยพืช 4 สปีชีส์ แต่เมื่อสังเกตป่าแห่งที่ 2 จะเห็นพืชสปีชีส์ A ได้ง่ายที่สุด และเห็นพืชสปีชีส์อื่นได้ยาก ดังนั้นถ้าพิจารณาจำนวนสปีชีส์ของพืชและสัดส่วนของแต่ละสปีชีส์ร่วมกันแล้วจะพบว่าป่าแห่งที่ 1 มีความหลากหลายของสปีชีส์พืชสูงกว่าป่าแห่งที่ 2

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าในการทำงานจริงของนักอนุกรมวิธานจะไม่ได้พิจารณาเพียงแค่ระดับสปีชีส์เท่านั้น แต่สามารถพิจารณาความหลากหลายได้ในทุกลำดับชั้นของอนุกรมวิธาน เช่น จินัส แพมีลิออคเตอร์ ซึ่งต้องเริ่มจากการศึกษาสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้นสปีชีส์ก่อน ตัวอย่างเช่น การศึกษาความหลากหลายของพืชในพื้นที่ 2 แห่ง พบว่าพื้นที่ที่ 1 มีความหลากหลายของสปีชีส์สูงกว่าพื้นที่ที่ 2 แต่เมื่อพิจารณาอนุกรมวิธานในลำดับชั้นจินัสอาจพบว่าพื้นที่ที่ 2 มีความหลากหลายในลำดับชั้นจินัสสูงกว่าพื้นที่ที่ 1 ซึ่งนักอนุกรมวิธานควรที่จะอภิปรายหรือมองให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่ 1 และ 2 กับความหลากหลายของสปีชีส์ในแต่ละลำดับชั้นได้

ความหลากหลายของระบบนิเวศ

- เพราะเหตุใดรูป 23.1 จึงแสดงถึงความหลากหลายของระบบนิเวศ
- ความหลากหลายของระบบนิเวศคืออะไร
- ให้นักเรียนยกตัวอย่างระบบนิเวศที่พบในประเทศไทย และอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงกล่าวว่าระบบนิเวศมีความซับซ้อนในแง่ของสิ่งมีชีวิตและองค์ประกอบทางกายภาพ

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า เนื่องจากรูป 23.1 มีระบบนิเวศหลายแบบ คือ ระบบนิเวศป่าชายเลน ระบบนิเวศหาดหิน ระบบนิเวศหาดทราย และระบบนิเวศน้ำเค็ม รูปนี้จึงเป็นรูปที่แสดงถึงความหลากหลายของระบบนิเวศ โดยความหลากหลายของระบบนิเวศ เป็นระบบนิเวศแบบต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่หนึ่ง เช่น ในประเทศไทยมีระบบนิเวศป่าไม้ที่หลากหลาย และยังมีระบบนิเวศแบบอื่นๆ อีกหลายแบบ เช่น ระบบนิเวศทุ่งหญ้า ระบบนิเวศแหล่งน้ำ ระบบนิเวศนาข้าว โดยแต่ละระบบนิเวศมีความซับซ้อนเนื่องจากมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายสปีชีส์ที่มีบทบาทต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันและเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางกายภาพในพื้นที่นั้นด้วย



ตรวจสอบความเข้าใจ

-  **?** ความหลากหลายทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตเป็นผลจากอะไร
เป็นผลจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและมีวาทะชน
-  **?** ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีประโยชน์อย่างไร
ความหลากหลายทางพันธุกรรมทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตได้ในแหล่งที่อยู่ที่หลากหลาย และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่ประชากรส่วนหนึ่งก็จะมีโอกาสอยู่รอดได้ และนอกจากนี้มนุษย์ยังใช้ประโยชน์ของความหลากหลายทางพันธุกรรม คือ ทำให้เกษตรกรสามารถเลือกขยายพันธุ์พืชและสัตว์ที่ตรงกับความต้องการของตลาดในแต่ละภูมิภาคของประเทศได้
-  **?** ความหลากหลายของสปีชีส์ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งพิจารณาจากอะไร
พิจารณาจากจำนวนสปีชีส์ที่พบในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหรือความหลากหลายของสปีชีส์
-  **?** จงยกตัวอย่างความสัมพันธ์ของระบบนิเวศป่าชายเลน และทะเลซึ่งเป็นระบบนิเวศที่อยู่ติดกับป่าชายเลน
ระบบนิเวศป่าชายเลนทำหน้าที่กรองสิ่งปฏิกูลและสารพิษไม่ให้ไหลลงสู่ทะเล และเป็นแหล่งวางไข่ของปลาบางชนิดที่อาศัยอยู่ในทะเล เมื่อปลาโตเต็มที่แล้วจึงจะออกไปดำรงชีวิตในทะเล



กิจกรรม 23.1 สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพ

จุดประสงค์

1. ระบุและอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ
2. อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

2 ชั่วโมง

การเตรียมการล่วงหน้า

ครูอาจต้องสำรวจสิ่งมีชีวิตรอบโรงเรียนก่อนเพื่อกำหนดพื้นที่ให้กับชั้นเรียนและบันทึกข้อมูลชื่อสามัญของสิ่งมีชีวิตเพื่อทำความเข้าใจร่วมกันกับนักเรียนก่อนที่จะให้นักเรียนลงพื้นที่เพื่อสำรวจจริง สำหรับในกรณีที่ไม่สามารถระบุชื่อสามัญของสิ่งมีชีวิตครูอาจมอบหมายให้นักเรียนบันทึกเป็นรูปวาด รูปถ่าย และบันทึกข้อมูลเป็นรหัสชื่อ โดยพื้นที่ที่กำหนดแต่ละแห่งควรเป็นระบบนิเวศที่แตกต่างกัน หากไม่มีระบบนิเวศตามธรรมชาติอาจใช้ระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้นร่วมด้วย เช่น บริเวณริมรั้ว บริเวณชายคา บริเวณบ่อน้ำที่ขุด บริเวณอ่างเลี้ยงปลา บริเวณสนามหญ้า นอกจากนี้ในการกำหนดพื้นที่ควรคำนึงถึงความปลอดภัยของนักเรียนในการสำรวจ

เมื่อได้สถานที่ของชั้นเรียนแล้ว ครูและนักเรียนช่วยกันระดมความคิดเพื่อเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่อาจต้องใช้ในการสำรวจ เช่น ข้อนปลูก ปากคืบ แวนขยาย สมุดจดบันทึก โทรศัพท์มือถือ (ถ้ามี) ถุงมือ

แนวการจัดกิจกรรม

ตอนที่ 1 สำรวจและเก็บข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ

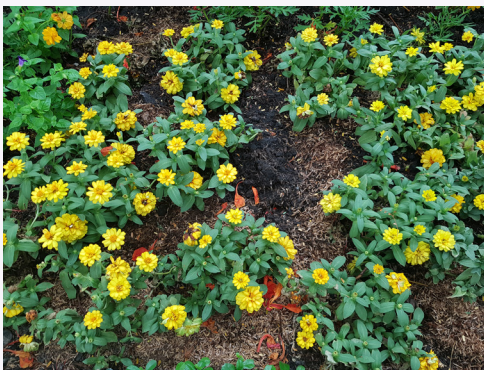
1. ครูและนักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำกิจกรรม โดยเน้นให้นักเรียนบันทึกผลการสำรวจในแต่ละข้อที่ต้องมีการเก็บและบันทึกข้อมูล
2. ครูเน้นว่าเมื่อจบกิจกรรมแล้วนักเรียนควรระบุความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ และเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับได้

ตอนที่ 2 ความหลากหลายทางชีวภาพ

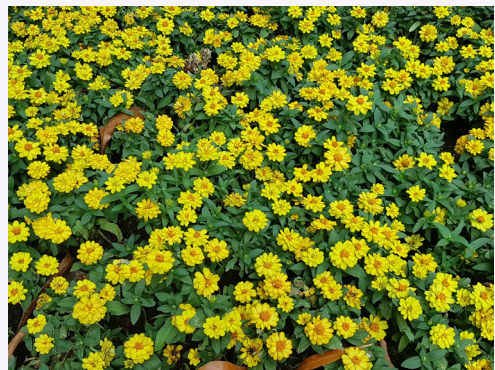
1. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการสำรวจในรูปแบบของสื่อที่น่าสนใจ เช่น คลิปวิดีโอ พอสเตอร์ทำมือ สไลด์นำเสนอ เป็นต้น และอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับที่พบโดยนักเรียนควรระบุได้ว่าความหลากหลายแต่ละระดับที่นักเรียนสำรวจพบมีอะไรบ้าง
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่สำรวจเพื่อระบุความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศที่พบในพื้นที่ที่สำรวจ และอธิบายเชื่อมโยงความหลากหลายทั้ง 3 ระดับ โดยมีตัวอย่างการอภิปรายดังนี้

สิ่งมีชีวิตที่พบในสวนของโรงเรียนที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมีหลากหลายสปีชีส์ เช่น บานชื่น ปทุมมา กระรอกหลากสี โดยบานชื่นมีความหลากหลายในความสูงของต้น และสีของกลีบดอก ส่วนปทุมมามีความหลากหลายของใบประดับและกลีบดอกสำหรับกระรอกหลากสีมีความหลากหลายของสีขน แหล่งที่อยู่ที่พบบานชื่นจากการสำรวจบริเวณแปลงไม้ดอกได้ ต้นไม้ใหญ่ (แหล่งที่อยู่ที่ 1) ยังพบสิ่งมีชีวิตอื่นที่นอกเหนือจาก 3 สปีชีส์ข้างต้น เช่น หางนกยูงฝรั่ง อีกา กล้วยไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางสปีชีส์ในบริเวณนี้ และพบบานชื่นในอีกแหล่งที่อยู่อีกบริเวณหนึ่ง คือ ลานปลูกต้นไม้ใหญ่ที่ไม่มีเงาร่มไม้ (แหล่งที่อยู่ที่ 2) ซึ่งมีองค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพแตกต่างจากบริเวณแรก

องค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพที่ต่างกันของทั้ง 2 แหล่งที่อยู่ส่งผลต่อการเจริญของบานชื่น คือ ในแหล่งที่อยู่ที่ 1 มีต้นหางนกยูงฝรั่งขึ้นปกคลุมบริเวณแปลงปลูกจึงทำให้แปลงปลูกบริเวณนี้ได้รับแสงน้อย ต่างจากแหล่งที่อยู่ที่ 2 ที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมแปลงที่ปลูกอยู่ ทำให้แปลงปลูกได้รับแสงมากกว่า และจากการสืบค้นข้อมูลพบว่าบานชื่นเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงแดดจัด และดินมีการระบายน้ำได้ดี ส่งผลให้บานชื่นที่อยู่ในแหล่งที่อยู่ที่ 2 เจริญเติบโตได้ดีกว่าแหล่งที่อยู่ที่ 1 ดังรูป



บานชื่นที่พบในแหล่งที่อยู่ที่ 1



บานชื่นที่พบในแหล่งที่อยู่ที่ 2

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่พบมีบทบาทที่ต่างกันแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ผลิต คือ พืชสปีชีส์ต่าง ๆ ที่เจริญอยู่ในบริเวณที่สำรวจ ผู้บริโภคคือ แมลง สัตว์ต่าง ๆ และผู้สลายสารอินทรีย์คือ แบคทีเรียต่าง ๆ ที่อยู่ในดินหรือตามที่ต่าง ๆ บริเวณสำรวจซึ่งมองเห็นไม่ได้ด้วยตาเปล่า โดยทั้ง 3 กลุ่มมีความสัมพันธ์กันในแง่ของโซ่หรือสายใยอาหาร

สำหรับความหลากหลายของระบบนิเวศให้นักเรียนอภิปรายจากระบบนิเวศภายในโรงเรียนกับระบบนิเวศที่นักเรียนสืบค้น

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลความหลากหลายของระบบนิเวศในท้องถิ่นหรือภูมิภาคอื่นที่เลือก โดยให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายของสปีชีส์ของระบบนิเวศอื่น เพื่อใช้อภิปรายว่าระบบนิเวศที่แตกต่างกันอาจพบสิ่งมีชีวิตที่เหมือนหรือแตกต่างกัน
4. ครูอาจให้นักเรียนจัดทำรายงานหรือนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของสื่อที่น่าสนใจเพื่อเผยแพร่ต่อไป หรือเก็บเป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพภายในบริเวณโรงเรียนสำหรับปีการศึกษานั้นเพื่อใช้เปรียบเทียบความหลากหลายทางชีวภาพภายในโรงเรียนกับปีการศึกษาอื่นต่อไป

คำถามท้ายกิจกรรม

สำหรับคำถามท้ายกิจกรรมตอนที่ 23.1 คำตอบจะมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับบริเวณที่นักเรียนเลือกสำรวจ โดยมีตัวอย่างของคำตอบของแต่ละข้อดังต่อไปนี้

-  สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใดที่นักเรียนเลือกสำรวจเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรม และลักษณะใดของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นที่แตกต่างกัน
-  บานชื่น พืชน้ำที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือ ความสูงของต้น และสีของกลีบดอก
-  ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
-  ความหลากหลายทางพันธุกรรมส่งผลให้สิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกันมีลักษณะที่หลากหลาย ทำให้มีโอกาสที่จะอยู่ได้ในแหล่งที่อยู่ที่หลากหลายและสามารถอยู่รอดได้เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป
-  ถ้าจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งในระบบนิเวศลดลงอย่างมีนัยสำคัญจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพอย่างไร
-  1. เนื่องจากการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กัน การลดลงของประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งจึงอาจส่งผลให้ขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นมีการเปลี่ยนแปลงด้วย ทำให้เกิดการเพิ่มหรือลดลงของความหลากหลายของสปีชีส์

2. การที่สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง อาจทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่ลดลงนี้เปลี่ยนแปลงได้ 2 กรณี คือ 1. ประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่นเพิ่มขึ้นซึ่งมีโอกาสทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น 2. ประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่นลดลงซึ่งมีโอกาสทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลงด้วย
3. ส่งผลกระทบต่อกลุ่มสิ่งมีชีวิตของระบบนิเวศและอาจทำให้ความหลากหลายของระบบนิเวศในบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปจากกิจกรรม 23.1 ว่าพื้นที่สำรวจของแต่ละกลุ่มเปรียบได้กับระบบนิเวศ ซึ่งอาจพบความหลากหลายทางชีวภาพมากขึ้นแตกต่างกันขึ้นกับองค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพของระบบนิเวศนั้น นอกจากนี้จากการสืบค้นข้อมูลของนักเรียนจะเห็นความหลากหลายของระบบนิเวศได้ โดยสปีชีส์ที่พบเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบทางชีวภาพและมีบทบาททางระบบนิเวศ ได้แก่ เป็นผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้สลายสารอินทรีย์

ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างสปีชีส์และองค์ประกอบทางกายภาพของแหล่งที่อยู่ภายในระบบนิเวศ โดยอาจใช้รูป 23.2 และเนื้อหาที่เกี่ยวกับพลับพลึงธารและบัวสายที่กล่าวถึงในหนังสือเรียน หรืออาจใช้ตัวอย่างจากผลการทำกิจกรรม 23.1

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับว่า มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ดังนั้นการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพไม่ว่าจะเกิดในระดับใดก็ตามจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระดับอื่นด้วย การจะทำความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตภายในระบบนิเวศหนึ่งทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความสมดุลตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับเครื่องมือของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ ทั้งแบคทีเรีย อาร์เคีย โปรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ ซึ่งต้องมีการกระจายของสปีชีส์ ปริมาณ สัดส่วนที่เหมาะสมและสอดคล้องต่อปัจจัยทางกายภาพของระบบนิเวศ

ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย

ครูอาจใช้รูปแบบที่แสดงภูมิประเทศของประเทศไทยเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย พร้อมกับใช้คำถามในการอภิปรายร่วมกันถามนักเรียนว่า

- จากรูปแผนที่แสดงภูมิประเทศของประเทศไทย นักเรียนคิดว่าแต่ละส่วนของภูมิประเทศมีระบบนิเวศเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดความหลากหลายของระบบนิเวศกระจายอยู่ทั่วประเทศ
- ระบบนิเวศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยจะพบสิ่งมีชีวิตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า ประเทศไทยมีความหลากหลายของระบบนิเวศกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นดิน และภูมิประเทศ โดยระบบนิเวศในแต่ละภูมิภาคอาจพบสิ่งมีชีวิตที่เหมือนหรือแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับว่าสิ่งมีชีวิตสปีชีสนั้นมีความจำเพาะต่อแหล่งที่อยู่และความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม

ครูใช้รูป 23.3 ซึ่งแสดงร้อยละของสปีชีส์ของจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ในประเทศไทยของปี พ.ศ. 2557 และอธิบายเพิ่มเติมว่ายังมีสิ่งมีชีวิตอีกมากที่ยังไม่ได้รับการศึกษาข้อมูลตามหลักวิทยาศาสตร์ที่แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติโดยเฉพาะป่าไม้ซึ่งถือเป็นระบบนิเวศที่พบได้มากในประเทศไทยถูกทำลาย ทำให้มนุษย์เสียโอกาสที่จะศึกษาข้อมูลและใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามในหนังสือเรียน



ถ้าปัจจุบันมีการสำรวจสปีชีส์ในประเทศไทยพบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นหรือลดลงแตกต่างจากปี พ.ศ. 2557 จำนวนที่เปลี่ยนแปลงนี้น่าจะเกิดจากสาเหตุใด



การเพิ่มจำนวนของสปีชีส์อาจเป็นผลมาจากการสำรวจพบสปีชีส์ใหม่ หรืออาจมีการนำเข้ามาจากแหล่งอื่น ส่วนการลดลงอาจเกิดจากการสูญพันธุ์ซึ่งเป็นผลจากการล่าสัตว์ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เป็นต้น

ครูอาจใช้รูป 23.4 ซึ่งแสดงแผนภาพแสดงร้อยละของพื้นที่ป่าไม้กับจำนวนประชากรไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504-2560 เพื่ออธิบายถึงสาเหตุของการสูญเสียพื้นที่ป่าในประเทศไทย และอธิบายเพิ่มเติมว่าระบบนิเวศอื่น ๆ ของประเทศไทยยังถูกคุกคามเนื่องจากการพัฒนาสืบเนื่อง และความต้องการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ โดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดของการฟื้นตัวของความหลากหลาย

ทางชีวภาพ พร้อมกับให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลในหนังสือเรียน เพื่ออธิบายถึงสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนเพิ่มเติมอีกครั้งในบทมนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของหนังสือเล่มนี้

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามในหนังสือเรียน



การนำสิ่งมีชีวิตอื่นนอกแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติเข้ามา การเกิดภัยธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากพืชและสัตว์ในสภาพธรรมชาติอย่างไร้ขีดจำกัด จะส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพบริเวณนั้นอย่างไร



คำตอบอาจมีได้หลากหลาย โดยมีตัวอย่างคำตอบดังนี้

สาเหตุทั้งหมดนี้สามารถทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพในบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง บางสาเหตุอาจทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพเพิ่มขึ้นหรือลดลง หรืออาจช่วยทำให้ระบบนิเวศนั้นดำรงอยู่ได้ เช่น การเกิดไฟป่าธรรมชาติในป่าเต็งรังไปกระตุ้นให้ไม้ซีเลียมของเห็ดสร้างฟรุตติงบอดีขึ้นมา หรือในป่าสนไฟป่าจะกระตุ้นให้โคนเพศเมียของสนเปิดออกเพื่อกระจายเมล็ดออกมาทำให้มีโอกาสที่จะเจริญเติบโตเพื่อเพิ่มจำนวนได้ต่อไป

จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (Convention on Biological Diversity: CBD) หรือที่นิยมเรียกว่า อนุสัญญา CBD การเข้าร่วมเป็นภาคีอนุสัญญาและการดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ ความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ จาก การอภิปรายร่วมกัน การทำกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การพยากรณ์ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเองจากการทำกิจกรรม
- การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ คอมพิวเตอร์ และ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจากการบันทึกผลการทดลอง

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่างจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
- ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ วัตถุวิสัยจากการทำรายงานของกิจกรรม

23.2 ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูใช้คำถามนำของหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาถามนักเรียนว่า

- สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายสูงแบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะอย่างไร
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมถึงความแตกต่างของคำว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต (diversity of life) กล่าวง่ายๆ คือ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตเป็นส่วนหนึ่งของความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต คือ สิ่งมีชีวิตบนโลกที่มีหลากหลายลักษณะ รูปร่าง การดำรงชีวิต และมีบทบาทในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน

23.2.1 กำเนิดเซลล์เริ่มแรก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรก

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจใช้รูปโลกเมื่อ 4,600 ล้านปีที่ผ่านมา โดยใช้คำสำคัญในการสืบค้นข้อมูลว่า hadean หรือ บรมยุคเฮเดียน เพื่อแสดงให้เห็นถึงสภาพของโลกในช่วงนั้น จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลกำเนิดเซลล์เริ่มแรกในหนังสือเรียนประกอบการอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

- โลกเมื่อ 4,600 ล้านปีที่ผ่านมาสภาพเป็นอย่างไร
- จากรูปนักเรียนคิดว่ามีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในโลกช่วงนั้นได้หรือไม่
- สภาพแวดล้อมแบบใดจึงจะเหมาะสมต่อการกำเนิดชีวิต

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าสภาพแวดล้อมของโลกเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีที่ผ่านมาเป็นช่วงที่โลกโดนอุกกาบาตซึ่งเป็นก้อนหินขนาดใหญ่พุ่งชนก่อให้เกิดความร้อนซึ่งไม่เหมาะสมต่อการกำเนิดชีวิต จนกระทั่งการพุ่งชนของอุกกาบาตหยุดลงทำให้บรรยากาศของโลกเปลี่ยนแปลงเกิดช่วงระยะที่เหมาะสมต่อการกำเนิดชีวิต

ครูเชื่อมโยงกับเรื่องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่าสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันต่างมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน สิ่งมีชีวิตในปัจจุบันมีทั้งสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ พร้อมกันใช้คำถามถามนักเรียนว่า

- บรรพบุรุษแรกของสิ่งมีชีวิตเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์
-  สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

จากนั้นใช้คำถามนำในหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาถามนักเรียนว่า

- เซลล์เริ่มแรกเกิดขึ้นมาบนโลกได้อย่างไร
-  คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง กำเนิดเซลล์เริ่มแรก

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลสมมติฐานการเกิดโปรโทเซลล์ และรูป 23.5 ซึ่งแสดงการสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์ รูป 23.6 ซึ่งแสดงการทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์ รูป 23.7 ซึ่งแสดงการเกิดสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ รูป 23.8 ซึ่งแสดงการทอหุ้มสารโมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นโปรโทเซลล์ รูป 23.9 ซึ่งแสดงการกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองได้ ในหนังสือเรียนและอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถามดังนี้

- เซลล์เริ่มแรกมีวิวัฒนาการจากอะไร
- สมมติฐานการเกิดโปรโทเซลล์มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง
- การสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์เกิดขึ้นได้อย่างไร
- สมมติฐานเกี่ยวกับการสังเคราะห์สารอินทรีย์ของโลกในระยะแรกเป็นของใคร มีสมมติฐานว่าอย่างไร
- มีการทดลองที่สนับสนุนสมมติฐานข้างต้นหรือไม่ ถ้ามีการทดลองของใคร แล้วการทดลองเป็นอย่างไร
- เมื่อเกิดสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กแล้ว สารอินทรีย์นี้จะประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้นได้อย่างไร
- เมื่อเกิดสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่แล้วขั้นตอนต่อไปคืออะไร เกิดอะไรขึ้นบ้าง
- สมมติฐานขั้นสุดท้ายของการเกิดโปรโทเซลล์คืออะไร เกิดอะไรขึ้นบ้าง
- สิ่งสำคัญที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดสารพันธุกรรมของโปรโทเซลล์ คืออะไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า เซลล์เริ่มแรกมีวิวัฒนาการมาจากโปรโทเซลล์ โดยมีสมมติฐานการเกิดโปรโทเซลล์ดังนี้

1. การสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์
2. การเชื่อมต่อกันของสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่
3. การห่อหุ้มสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นโปรโทเซลล์
4. การกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองได้

และนักเรียนควรอธิบายการเกิดและความสำคัญของทั้ง 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นเหตุการณ์สำคัญที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน



ตรวจสอบความเข้าใจ

-  กระแสไฟฟ้าในการทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์เปรียบได้กับสิ่งใดในสภาพของโลกในระยะแรก
-  ฟผ่า
-  จากการทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์ เมื่อนำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ผลทางเคมี จะพบสารใดในสารละลายตัวอย่าง
-  กรดแอมิโนและสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่น
-  การทดลองใดที่นักวิทยาศาสตร์ทำเพื่อพิสูจน์ว่าสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กสามารถเชื่อมต่อกันเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิต
-  การทดลองที่หยดสารละลายกรดแอมิโนหรือนิวคลีโอไทด์ของ RNA ลงบนทราย ดิน หรือ หินร้อน จะได้พอลิเมอร์ของกรดแอมิโนและ RNA
-  โครงสร้างที่หุ้มล้อมรอบกลุ่มสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่คล้ายกับส่วนใดของเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน
-  ฟอสโฟลิพิดไบเลเยอร์
-  RNA ที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีได้ เรียกว่าอะไร และมีความสำคัญในสมมติฐานการกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองอย่างไร
-  ไรโบไซม์ สามารถจำลอง RNA แม่แบบสายสั้นๆ ได้

23.2.2 กลุ่มโพรแคริโอต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะสำคัญของแบคทีเรียและอาร์เคีย พร้อมยกตัวอย่าง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยอาจใช้คำถามนำต่อไปนี้

- เมื่อใช้ประเภทของเซลล์แบ่งสิ่งมีชีวิต สามารถแบ่งออกได้เป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
- ✎ 2 ประเภท ได้แก่ โพรแคริโอต และยูแคริโอต
- สิ่งมีชีวิตใดระหว่างโพรแคริโอตหรือยูแคริโอตเกิดขึ้นมาบนโลกก่อนกัน
- ✎ โพรแคริโอต
- โพรแคริโอตเกิดขึ้นเมื่อใด
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลาย โดยนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียนเรื่องโพรแคริโอต ซึ่งมีตัวอย่างคำตอบดังนี้ โพรแคริโอตเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 3,500 ล้านปีมาแล้ว

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลกลุ่มโพรแคริโอตในหนังสือเรียน และอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถามดังนี้

- ทราบได้อย่างไรว่า โพรแคริโอตเกิดขึ้นเมื่อ 3,500 ล้านปีมาแล้ว
- ✎ ทราบได้จากร่องรอยของสโตรมาทอลิไต์ซึ่งเป็นหินที่เกิดจากโพรแคริโอตยึดจับกับตะกอนซึ่งมีอายุประมาณ 3,500 ล้านปี
- สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศของโลกในระยะแรกเปลี่ยนแปลงจาก 1% เป็น 10% ได้เพราะเหตุใด
- ✎ เพราะโพรแคริโอตบางกลุ่มมีวิวัฒนาการจนกระทั่งสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วสร้างแก๊สออกซิเจนได้
- โพรแคริโอตที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้คาดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตใดในปัจจุบัน
- ✎ ไซยาโนแบคทีเรีย
- การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของแก๊สออกซิเจนจาก 1% เป็น 10% ส่งผลต่อโพรแคริโอตอย่างไร
- ✎ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลกระทบต่อโพรแคริโอตบางกลุ่มที่ปรับตัวไม่ได้จะสูญพันธุ์ ส่วนโพรแคริโอตที่ปรับตัวได้จะมีชีวิตรอด สำหรับโพรแคริโอตที่อยู่ในแหล่งที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนไม่จำเป็นต้องปรับตัวและยังพบได้ในปัจจุบัน

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า โพรแคริโอตเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 3,500 ล้านปี เนื่องจากพบร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่พบจากหินที่เกิดจากโพรแคริโอตยึดจับกับตะกอน เรียกว่า สโตรมาโทไลต์ จากนั้นโพรแคริโอตบางกลุ่มมีวิวัฒนาการสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้แล้วสร้าง แก๊สออกซิเจน ทำให้สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนเปลี่ยนแปลงจาก 1% เป็น 10% ซึ่งส่งผลกระทบต่อ โพรแคริโอตบางกลุ่มที่ปรับตัวไม่ได้จะสูญพันธุ์ ส่วนโพรแคริโอตที่ปรับตัวได้จะมีชีวิตรอด สำหรับ โพรแคริโอตที่อยู่ในแหล่งที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนไม่จำเป็นต้องปรับตัวและยังพบได้ในปัจจุบัน

จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะของโพรแคริโอตว่าส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ที่มีขนาดเล็ก เซลล์ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และไม่มีออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม มีนิวคลีออยด์ และมีผนังเซลล์ ซึ่งสามารถใช้องค์ประกอบของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันในการจำแนกโพรแคริโอตออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย และอาร์เคีย

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าส่วนใหญ่โพรแคริโอตเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวขนาดเล็ก แต่สามารถพบที่เป็นสาย หรือโคโลนีได้จากไฮยาโนแบคทีเรีย

แบคทีเรีย

ครูอาจใช้รูป 23.10 ซึ่งแสดงโครงสร้างของแบคทีเรีย และรูป 23.11 แบคทีเรียรูปร่างต่าง ๆ และคำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องแบคทีเรียถามนักเรียนว่า

- จากรูป โครงสร้างที่เห็นคือสิ่งมีชีวิตกลุ่มใด

 แบคทีเรีย

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลแบคทีเรียในหนังสือเรียน แล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- แบคทีเรียมีลักษณะและรูปร่างเป็นอย่างไร
- เกณฑ์ที่ใช้จำแนกแบคทีเรียมีอะไรบ้าง และจำแนกได้เป็นอย่างไร
- ตัวอย่างแบคทีเรียมีอะไรบ้าง แต่ละกลุ่มมีลักษณะและมีความสำคัญอย่างไร
- แบคทีเรียมีบทบาทต่อระบบนิเวศและต่อมนุษย์เป็นอย่างไร

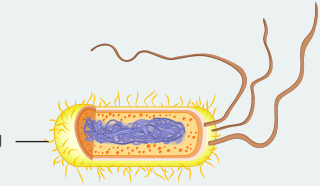
จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายและเข้าใจถึงลักษณะสำคัญของแบคทีเรีย กลุ่มของแบคทีเรีย ลักษณะ และความสำคัญของแต่ละกลุ่ม และบอกถึงประโยชน์โดยรวมของแบคทีเรียที่มีต่อระบบนิเวศ และมนุษย์ได้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

โครงสร้างที่แบคทีเรียบางกลุ่มใช้ในการยึดติดกับผิวสัมผัสของแบคทีเรียอื่น เซลล์สัตว์ และวัตถุต่างๆ เรียกว่า พิล (pili) หรือ ฟิมเบรีย (fimbriae)

พิล หรือฟิมเบรีย

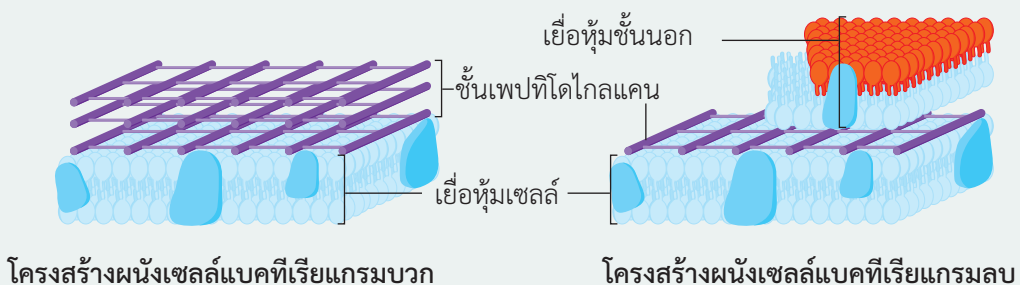


ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การย้อมสีแกรมของแบคทีเรียสามารถใช้ประโยชน์ด้านการแพทย์ในการระบุเบื้องต้นว่าผู้ป่วยติดเชื้อจากแบคทีเรียแกรมบวกหรือแบคทีเรียแกรมลบ เพื่อให้เลือกใช้ยาปฏิชีวนะได้อย่างเหมาะสม

ในการระบุว่าเป็นแบคทีเรียแกรมบวกหรือแบคทีเรียแกรมลบดูได้จากการติดสีม่วงของคริสตัลไวโอเลตโดยแบคทีเรียแกรมบวกจะติดสีม่วงเนื่องจากมีโครงสร้างของผนังเซลล์เป็นชั้นเพปทิโดไกลแคนที่หนา ดังรูปโครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก เมื่อย้อมด้วยคริสตัลไวโอเลตแล้วสีจะเข้าไปในเซลล์แล้วทำปฏิกิริยากับไอโอดีนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถผ่านชั้นเพปทิโดไกลแคนที่หนาออกสู่ภายนอกได้เมื่อใช้แอลกอฮอล์ล้างสีจึงยังคงอยู่ เมื่อย้อมด้วยสีแดงซ้ำสีที่ย้อมใหม่จึงไม่สามารถเข้าไปแทนที่ได้ ดังนั้นจึงเห็นแบคทีเรียแกรมบวกติดสีม่วง

ส่วนแบคทีเรียแกรมลบจะติดสีแดงของซาฟรานิน เนื่องจากโครงสร้างของผนังเซลล์มีชั้นเพปทิโดไกลแคนที่บางและมีเยื่อหุ้มชั้นนอก ดังรูปโครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบ เมื่อย้อมด้วยคริสตัลไวโอเลตแล้วสีจะเข้าไปในเซลล์แล้วทำปฏิกิริยากับไอโอดีนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขนาดใหญ่เช่นกันแต่เมื่อใช้แอลกอฮอล์ล้างสีสามารถหลุดผ่านชั้นเพปทิโดไกลแคนที่บางออกมา เมื่อย้อมด้วยสีแดงหรือสีชมพูในขั้นตอนต่อมาสีจึงเข้าไปแทนที่คริสตัลไวโอเลตได้ จึงเห็นแบคทีเรียแกรมลบติดสีแดง





ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

อาการของโรคไลม์แบ่งเป็น 3 ระยะ ระยะแรกจะมีอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ปวดข้อ เป็นผื่นแดงเป็นวง 1 แห่งขึ้นไป ระยะแพร่กระจายจะมีอาการปวดบวมบริเวณข้อต่อโดยเฉพาะหัวเข่า ม้ามโต ตับและตาอักเสบ หัวใจทำงานผิดปกติ ระยะสุดท้ายเป็นระยะแฝงของโรคจะพบการอักเสบของข้อต่อขนาดใหญ่ เช่น หัวเข่า

ที่มา: ฝ่ายเลปโตสไปโรซิส เมดิอออโดสิสและบรูเซลโลซิส สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2562). โรคไลม์ (Lyme disease). สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2562, จาก http://nih.dmsc.moph.go.th/data/data/fact_sheet/8_62.pdf



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ในปัจจุบันมีแบคทีเรียก่อโรคที่ดื้อยาซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้มีวิวัฒนาการทำให้ต้านยาปฏิชีวนะได้หลายชนิด ข้อมูลต่อไปนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการเผยแพร่ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) เกี่ยวกับ 10 พฤติกรรมที่มีส่วนทำให้เชื้อดื้อยา

1. เคยซื้อยาปฏิชีวนะกินตามคนอื่น
2. เคยหยุดรับประทานยาปฏิชีวนะเมื่อมีอาการดีขึ้น
3. เคยซื้อยาปฏิชีวนะกินเองตามที่เคยได้รับจากบุคลากรทางการแพทย์ในครั้งก่อนๆ
4. เคยอมยาอมที่ผสมยาปฏิชีวนะ
5. เคยแกะแคปซูลเอายาปฏิชีวนะไปโรยแผล
6. เคยใช้ยาปฏิชีวนะผสมในอาหารสัตว์ตามคำบอกเล่าเพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์เจ็บป่วย
7. เคยเปลี่ยนไปซื้อยาปฏิชีวนะที่แรงกว่าตนเอง เมื่อรับประทานยาชนิดแรกแล้วอาการไม่ดีขึ้นทันใจ
8. ไม่แนะนำคนที่ใช้ยาปฏิชีวนะอย่างผิดให้ใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม
9. เคยไปซื้อยาแก้อักเสบกินเอง
10. เคยใช้ยาปฏิชีวนะโดยไม่ทราบชื่อสามัญของยา



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สิ่งมีชีวิตทั้งโปรแคริโอตและยูแคริโอตมีวิธีการที่ได้มาซึ่งอาหารที่หลากหลาย หากเราใช้วิธีการที่ได้มาซึ่งอาหารเป็นเกณฑ์จะสามารถแบ่งสิ่งมีชีวิตได้เป็น 2 กลุ่ม หลัก โดยมีข้อมูลดังตาราง

วิธีการ	แหล่งพลังงาน	แหล่งคาร์บอน	กลุ่มของสิ่งมีชีวิต
ออโตโทรฟ (autotroph) คือสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารจากสารอนินทรีย์ได้			
โฟโตออโตโทรฟ (photoautotroph)	แสง	CO ₂ , HCO ₃ ⁻ และสารประกอบที่เกี่ยวข้อง	โปรแคริโอตที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น ไซยาโนแบคทีเรีย ยูแคริโอต เช่น พืช โปรทิสต์กลุ่มสาหร่าย
เคโมออโตโทรฟ (chemoautotroph)	สารอนินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H ₂ S) แอมโมเนีย (NH ₃) คอปเปอร์ (Cu) ไอออน (Fe ²⁺)	CO ₂ , HCO ₃ ⁻ และสารประกอบที่เกี่ยวข้อง	โปรแคริโอตบางกลุ่ม เช่น อาร์เคีย จินัส <i>Sulfolobus</i>
เฮเทอโรโทรฟ (heterotroph) คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้			
โฟโตเฮเทอโรโทรฟ	แสง	สารประกอบอินทรีย์	โปรแคริโอตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ และที่ชอบเกลือ เช่น บางสปีชีส์ของ <i>Rhodobacter</i> <i>Chloroflexus</i>
เคโมเฮเทอโรโทรฟ	สารประกอบอินทรีย์	สารประกอบอินทรีย์	โปรแคริโอตส่วนใหญ่ โปรทิสต์ ฟังไจ สัตว์ และพืชบางกลุ่ม

อาร์เคีย

จากนั้นครูใช้รูป 23.18 ซึ่งแสดงบ่อน้ำที่เยลโลสโตนซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากที่มีสิ่งมีชีวิตกลุ่มอาร์เคียอยู่ ประกอบการใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องอาร์เคียนักเรียนว่า

- บ่อน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมากนี้มีสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ได้หรือไม่ ถ้ามีสิ่งมีชีวิตนั้นคืออะไร
- มี สิ่งมีชีวิตนั้นคือ อาร์เคีย

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลอาร์เคียในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- อาร์เคียมีลักษณะอย่างไร
- อาร์เคียแตกต่างจากแบคทีเรียอย่างไร
- อาร์เคียมีบทบาทต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและต่อมนุษย์อย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายและเข้าใจถึงลักษณะสำคัญของอาร์เคียและบอกถึงประโยชน์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและมนุษย์ได้

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน



ตรวจสอบความเข้าใจ

? แบคทีเรียและอาร์เคียแตกต่างกันอย่างไร

✎ แบคทีเรียต่างจากอาร์เคีย ดังนี้

- ผนังเซลล์ของแบคทีเรียมีสารเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบ ในขณะที่ผนังเซลล์ของอาร์เคียประกอบด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนแต่ไม่มีสารเพปทิโดไกลแคน
- แบคทีเรียใช้ฟอสฟอรัสเป็นกรดแอมิโนตัวแรกเสมอในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ส่วนอาร์เคียใช้เมไทโอนีนเป็นกรดแอมิโนตัวแรกเสมอในการสังเคราะห์โปรตีน
- แบคทีเรียมีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส 1 ชนิด ส่วนอาร์เคียมีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสหลายชนิด

หมายเหตุ ครูสามารถอ่านข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนได้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3.2 การควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของ DNA ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีววิทยา เล่ม 2

นักเรียนสามารถตอบเป็นรูปแบบของตารางได้ ดังนี้

ตารางแสดงความแตกต่างระหว่างแบคทีเรียและอาร์เคีย

ความแตกต่าง	แบคทีเรีย	อาร์เคีย
องค์ประกอบของผนังเซลล์	มีสารเพปทิโดไกลแคน	ไม่มีสารเพปทิโดไกลแคน
กรดแอมิโนตัวแรกที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	ฟอร์มิลเมไทโอนีน	เมไทโอนีน
จำนวนชนิดของอาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส	1 ชนิด	หลายชนิด

? ยกตัวอย่างประโยชน์และโทษของแบคทีเรียและอาร์เคียที่มีต่อระบบนิเวศและมนุษย์

-  - บทบาทของแบคทีเรียต่อระบบนิเวศ คือ แบคทีเรียมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นในหลายรูปแบบ เช่น ภาวะพึ่งพากัน ภาวะอิงอาศัย ภาวะปรสิต
- บทบาทของแบคทีเรียต่อมนุษย์ เป็นเชื้อก่อโรคต่างๆ แบคทีเรียมีประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น นำมาใช้ในการกำจัดขยะ ใช้ในการสลายคราบน้ำมันบริเวณชายฝั่งและในทะเล ใช้ในการกำจัดสารเคมีตกค้างจากการเกษตร ใช้ในการแปรรูปอาหารหลายชนิด เช่น น้ำส้มสายชู ปลาร้า ผักดอง ปลาหมัก นมเปรี้ยว และเนยแข็ง
- อาร์เคียบางกลุ่ม เช่น เมทาโนเจน นำมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานและสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมบาง ชนิด เมทาโนเจนบางสปีชีส์อาศัยอยู่ภายในสิ่งมีชีวิตในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน เช่น ลำไส้วัว ปลวก และสัตว์กินพืช ทำหน้าที่ช่วยเกี่ยวกับกระบวนการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการช่วยย่อยสลายขยะ

23.2.3 กลุ่มยูแคริโอต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

แนวการจัดการเรียนรู้

กำเนิดเซลล์ยูแคริโอต

ครูใช้คำถามนำในหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาถามนักเรียนว่า

- เซลล์โพรแคริโอตมีวิวัฒนาการไปเป็นเซลล์ยูแคริโอตได้อย่างไร
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง กำเนิดเซลล์ยูแคริโอต

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเรื่องกำเนิดเซลล์ยูแคริโอตและรูป 23.20 ซึ่งแสดงกำเนิดเซลล์ยูแคริโอต แล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถามดังนี้

- เซลล์ยูแคริโอตเกิดขึ้นจากเซลล์ชนิดใด มีขั้นตอนการเกิดอย่างไร และภาวะที่ทำให้เกิดเซลล์ยูแคริโอตเรียกว่าอะไร
- ยูแคริโอตที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนกำเนิดของเซลล์ยูแคริโอตมีกี่แบบ แต่ละแบบแตกต่างกันอย่างไร
- นักเรียนคิดว่ายูแคริโอตที่เกิดขึ้นนี้เป็นบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตกลุ่มใดบ้าง

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า เซลล์ยูแคริโอตเกิดจากเซลล์โพรแคริโอตเข้าไปอาศัยอยู่ในเซลล์โพรแคริโอตอีกเซลล์หนึ่งโดยอาศัยภาวะอยู่รวมภายใน โดยเริ่มจาก

- เยื่อหุ้มเซลล์เจริญเข้าไปในเซลล์ล้อมรอบบริเวณที่มีสารพันธุกรรมอยู่เกิดเป็นนิวเคลียสและเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม
- เซลล์โพรแคริโอตขนาดเล็กเข้าไปอาศัยอยู่ภายในเซลล์โพรแคริโอตขนาดใหญ่ทำให้เกิดภาวะอยู่รวมภายในเกิดเป็นไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์

จากวิวัฒนาการดังกล่าวทำให้มีเซลล์ยูแคริโอต 2 รูปแบบ ได้แก่ เซลล์ที่มีไมโทคอนเดรียซึ่งเป็นบรรพบุรุษของยูแคริโอตที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และเซลล์ที่มีไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นบรรพบุรุษของยูแคริโอตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานของกำเนิดเซลล์ยูแคริโอตจากเซลล์โพรแคริโอต และอธิบายเพิ่มเติมว่ายูแคริโอตเซลล์เดียวบางกลุ่มมีวิวัฒนาการต่อไปจนเกิดเป็นยูแคริโอตหลายเซลล์ซึ่งมีสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์

ครูใช้คำถามเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ ดังนี้

- ยูแคริโอตแต่ละกลุ่มมีลักษณะอย่างไร และมีความสำคัญหรือบทบาทต่อระบบนิเวศและมนุษย์อย่างไร
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง โพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การเกิดเซลล์เริ่มแรกและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
- ลักษณะสำคัญของแบคทีเรียและอาร์เคีย

ด้านทักษะ

- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการอภิปราย

ด้านจิตวิทยาาสตร์

- ความมีเหตุผล ความใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปราย

โพทิสต์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะสำคัญของโพทิสต์ และการแบ่งกลุ่มของโพทิสต์ พร้อมยกตัวอย่าง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนได้ศึกษาลักษณะรูปร่างของโพทิสต์จากการทำงานที่ 23.2 ในหนังสือเรียน



กิจกรรม 23.2 สิ่งมีชีวิตจากแหล่งน้ำ

จุดประสงค์

1. ศึกษาลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่สังเกตเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงและบันทึกลักษณะที่สังเกตเห็น
2. ระบุชื่อสิ่งมีชีวิตหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบ และเปรียบเทียบลักษณะหรือโครงสร้างที่สังเกตเห็น

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ	ชนิดละ 1 ตัว
2. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	10 ชุด
3. จานเพาะเชื้อ	2 จาน
4. ปีกเกอร์ขนาด 250 mL	1 ใบ
5. หลอดหยด	1 หลอด
6. เข็มเปีย	1 อัน

แนวการจัดกิจกรรม

ครูควรเตรียมน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติหลาย ๆ แห่ง เลือกน้ำที่มีพืชน้ำปะปนอยู่ด้วย เช่น จอก และแหน ซึ่งจะมีโอกาสตรวจพบโพรทิสต์ชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ตามรากจอกและรากแหน ครูควรให้นักเรียนได้บันทึกลักษณะรูปร่าง โครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยการวาดภาพและบรรยายลักษณะที่สังเกตเห็น ครูควรเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโพรทิสต์ชนิดต่างๆ ที่อาจพบในแหล่งน้ำไว้ให้นักเรียนได้ศึกษา

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าในน้ำที่นักเรียนนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์นั้นนอกจากโพรทิสต์แล้วนักเรียนอาจพบไซยาโนแบคทีเรียได้โดยใช้รูปของไซยาโนแบคทีเรียและโพรทิสต์มาประกอบการอธิบายชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 กลุ่ม

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะของโพรทิสต์ที่สังเกตเห็นและตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

คำถามท้ายกิจกรรม

-  สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ที่พบมีขนาดเป็นอย่างไร และสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้หรือไม่
-  สิ่งมีชีวิตที่พบส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรืออาจสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าแต่ไม่เห็นรายละเอียดอย่างชัดเจน
-  สิ่งมีชีวิตที่พบมีลักษณะสำคัญอย่างไร
-  คำตอบนี้จะขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำแต่ละแห่งที่นำมาศึกษา คำตอบมีได้หลากหลาย เช่น สิ่งมีชีวิตที่พบมีลักษณะสำคัญๆ ที่แตกต่างกัน เช่น บางชนิดมีคลอโรพลาสต์ บางชนิดมีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เช่น ซีเลีย แฟลเจลลัม เป็นต้น บางชนิดเป็นเส้นสาย
-  สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ที่พบเคลื่อนที่ได้หรือไม่ ถ้าเคลื่อนที่ได้มีโครงสร้างใดช่วยในการเคลื่อนที่
-  คำตอบนี้จะขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำแต่ละแห่งที่นำมาศึกษา คำตอบมีได้หลากหลาย เช่น อาจพบสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่ได้โดยใช้ซีเลีย เช่น พารามีเซียม หรือเคลื่อนที่ได้โดยใช้แฟลเจลลัม เช่น ยูกลีนา ฟากัส เป็นต้น หรืออาจพบพวกที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เช่น พวกสาหร่ายต่างๆ เป็นต้น

ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่าจากการทำกิจกรรมนี้นักเรียนจะเห็นได้ว่าโพรทิสต์ที่พบมีลักษณะ รูปร่าง และการเคลื่อนที่แตกต่างกัน ดังนั้นการดำรงชีวิตก็必然会แตกต่างกันด้วย

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโปรทิสต์ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- โปรทิสต์มีลักษณะอย่างไร
- โปรทิสต์สามารถสร้างอาหารเองได้หรือไม่ อย่างไร
- ยกตัวอย่างโปรทิสต์ที่สร้างอาหารเองได้
- ยกตัวอย่างโปรทิสต์ที่สร้างอาหารเองไม่ได้
- ยกตัวอย่างโปรทิสต์ที่สร้างอาหารเองได้และสามารถรับอาหารจากภายนอกได้
- โปรทิสต์มีการสืบพันธุ์แบบใด
- การดำรงชีวิตของโปรทิสต์มีรูปแบบใดบ้าง และยกตัวอย่าง
- จากหนังสือเรียน สามารถแบ่งโปรทิสต์ได้เป็นกี่กลุ่มได้แก่อะไรบ้าง แต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะ มีการดำรงชีวิตอย่างไร
- โปรทิสต์มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศอย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มโปรทิสต์มีความหลากหลายสูง สิ่งมีชีวิตที่ถูกนำมารวมกลุ่มเป็นโปรทิสต์คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่มีลักษณะสำคัญบางประการจึงทำให้ไม่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มพืช ฟังไจ และสัตว์โดยอาจพบโปรทิสต์ที่เป็นเซลล์เดียว โคลนิน และโปรทิสต์หลายเซลล์สำหรับโปรทิสต์ที่เป็นเซลล์เดียวมักพบโครงสร้างที่ไม่พบในยูแคริโอตกลุ่มอื่น เช่น คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล พูดแวคิวโอล โปรทิสต์มีทั้งที่สร้างอาหารเองได้ สร้างอาหารเองไม่ได้ นอกจากนี้ยังมียูกลีนาที่เป็นโปรทิสต์ที่สร้างอาหารเองได้และสามารถรับอาหารจากภายนอกได้ด้วย

ส่วนใหญ่โปรทิสต์มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งแยกตัวเป็นสองและแบบอาศัยเพศ การดำรงชีวิตมีรูปแบบที่หลากหลาย อาจจำแนกโปรทิสต์ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มโปรโทซัว กลุ่มสาหร่าย และกลุ่มโปรทิสต์ที่คล้ายรา โดยแต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะและมีการดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน

บทบาทสำคัญในระบบนิเวศของโปรทิสต์จะเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตอื่น โดยเฉพาะโปรทิสต์บางกลุ่มที่มีการดำรงชีวิตแบบภาวะพึ่งพากัน หรือแบบภาวะปรสิต ทำให้โปรทิสต์มีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีปฏิสัมพันธ์กัน และอาจรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้น สำหรับโปรทิสต์ที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ที่อยู่ในแหล่งน้ำจัดเป็นผู้ผลิตที่มีความสำคัญในระบบนิเวศและยังเป็นแหล่งอาหารสำคัญที่อยู่ฐานล่างสุดของสายใยอาหาร ดังนั้นเมื่อมีปัจจัยใดมากระทบทำให้โปรทิสต์ในแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นด้วย

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน



ตรวจสอบความเข้าใจ

? ให้นักเรียนบอกลักษณะสำคัญที่มักพบในโพธิสต์แต่ละกลุ่ม

✎ มีเซลล์เดียวสร้างอาหารเองไม่ได้เคลื่อนที่ได้โดยใช้ซีเลียและแฟลเจลลา คือ กลุ่มโพโทซัว สร้างอาหารเองไม่ได้แต่มีการดำรงชีวิตคล้ายรา คือ กลุ่ม โพธิสต์คล้ายรา โพธิสต์ที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ไม่เคลื่อนที่ คือ กลุ่มสาหร่าย นอกเหนือจากนี้ เช่น ยูกลีนา มีลักษณะกำลังระหว่างการเป็นสาหร่ายและโพโทซัวด้วย

? จงยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่ปัจจัยบางอย่างในระบบนิเวศแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรโพธิสต์ รวมทั้งมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น

✎ กรณีตัวอย่าง เช่น น้ำทะเลที่บางแสนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้สิ่งมีชีวิต เช่น ปลา ปู กุ้ง หอย ตายเป็นจำนวนมาก จากการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลบางแสนมาวิเคราะห์พบว่า ปรากฏการณ์นี้เกิดจากการบลูมของไดอะตอมกลุ่มคีโตเซออส (*Chaetoceros*) เป็นสาหร่ายสีน้ำตาลขนาดเล็กที่เซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกต่อกันเป็นสายยาวโดยยังไม่พบรายงานว่าสร้างสารพิษ สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดการบลูมในครั้งนี้อาจเกิดจากฝนที่ตกลงมาเป็นปริมาณมากทำให้เกิดการชะล้างธาตุอาหารจากหน้าดินไหลลงสู่ทะเลรวมกับปริมาณธาตุอาหารจากน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และช่วงดังกล่าวมีอุณหภูมิ ความเค็มของทะเล และแสงแดดที่เหมาะสมทำให้ไดอะตอมดังกล่าวเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วปกคลุมผิวน้ำ เมื่อไดอะตอมมีจำนวนมากขึ้นทำให้ออกซิเจนถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจมากขึ้นด้วย เมื่อเซลล์ไดอะตอมตายจะเกิดการย่อยสลายซึ่งแบคทีเรียต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จึงทำให้ออกซิเจนที่อยู่ในน้ำลดลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในน้ำทะเลตายเป็นจำนวนมาก

ที่มาข้อมูล ปรับจากบทความเรื่องน้ำทะเลเปลี่ยนสีที่บางแสน เรียบเรียงโดยศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช.

? ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำโพธิสต์มาใช้ประโยชน์ของมนุษย์

✎ คำตอบมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับ การสืบค้นของนักเรียน เช่น

- ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ เช่น สาหร่ายสีแดง เช่น พอร์ไฟรา หรือ จีน่าย สาหร่ายสีเขียว เช่น สไปโรไจรา สาหร่ายสีน้ำตาล เช่น เคลป์ นำมาทำเป็นอาหาร สาหร่ายผสมนางหรือ กราซิลารีเรียใช้ผลิตวุ้น
- ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางค์ เช่น สาหร่ายสีแดง

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ลักษณะสำคัญและตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การพยากรณ์ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเองจากการทำกิจกรรม
- การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ คอมพิวเตอร์ และ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจากการบันทึกผลการทดลอง

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่างจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
- ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ วัตถุวิสัยจากการทำรายงานของกิจกรรม

พืช

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะสำคัญของพืช และการแบ่งกลุ่มของพืช และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูปของสัตว์ที่มีรูปร่างคล้ายพืชที่เกาะอยู่กับพืช เช่น ตั๊กแตนกิ่งไม้ หรืออาจใช้รูป 7.19 ตั๊กแตนใบไม้ในหนังสือเรียนชีววิทยาเล่ม 2 เพื่อให้อภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของพืช โดยใช้คำถามดังนี้

- จากรูปมีสิ่งมีชีวิตกี่กลุ่ม
✎ 2 กลุ่ม ได้แก่ สัตว์และพืช
- นักเรียนคิดว่าพืชกับสัตว์แตกต่างกันอย่างไร
✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลาย โดยอาจมีแนวคำตอบ ดังนี้
 - พืชกับสัตว์ต่างกันที่โครงสร้างของเซลล์ โดยเซลล์พืชมีผนังเซลล์หุ้มด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์และมีคลอโรพลาสต์ แต่เซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์
 - เซลล์สัตว์มีเซนทริโอลแต่เซลล์พืชไม่มี
 - พืชมีวัฏจักรชีวิตแบบสลับซึ่งต่างจากวัฏจักรชีวิตของสัตว์ที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในระยะที่เซลล์อยู่ในสภาพดิพลอยด์
 - พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้ สัตว์สังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้
- ลักษณะสำคัญของพืชคืออะไรบ้าง
✎ ลักษณะสำคัญของพืช คือ สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีเนื้อเยื่อ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ พบระยะเอ็มบริโอ เซลล์มีผนังเซลล์ที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ พืชส่วนใหญ่สังเคราะห์ด้วยแสงได้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พืชส่วนใหญ่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหาร แต่มีพืชบางชนิดที่ไม่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้น เช่น กล้วยมดดอกขาว (*Didymoplexis pallens*) จัดเป็นกล้วยไม้กินซาก (saprophytic orchid) ไม่พบคลอโรพิลล์ ได้รับอาหารจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตโดยอาศัยรา และ บัวผุด (*Rafflesia arnoldii*) จัดเป็นพืชเบียนแท้ (true parasitic plant) อาศัยน้ำและอาหารจากพืชเจ้าบ้าน (host plant)

สำหรับการจัดการเรียนการสอนเรื่องพืชครูอาจใช้พืชจริงจากกลุ่มย่อยต่างๆ ได้แก่ ไบรโอไฟต์ ไลโคไฟต์ โมนิโลไฟต์ พืชเมล็ดเปลือย และพืชดอก ที่สามารถหาได้ สำหรับพืชที่หาตัวอย่างจริงไม่ได้ ครูอาจใช้รูปถ่ายที่ได้จากการสืบค้นมาประกอบการอธิบายลักษณะสำคัญของพืชกลุ่มต่างๆ โดยครูใช้ตัวอย่างพืชที่เตรียมมาในการนำเข้าสู่บทเรียน และใช้คำถามถามนักเรียนว่า

- ตัวอย่างพืชที่ครูเตรียมไว้มีอะไรบ้าง
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับสปีชีส์ของพืชที่ครูเตรียมและรูปถ่ายที่ครูสืบค้นมา โดยอาจมีแนวคำตอบ ดังนี้
 - ตัวอย่างไบรโอไฟต์ เช่น มอส ลิเวอร์เวิร์ท ฮอว์นเวิร์ท
 - ตัวอย่างไลโคไฟต์ เช่น สามร้อยยอด สนหางสิงห์ (ไลโคไฟเตียม) พ่อดำตีเมีย (ซีแลกจิเนลลา) กระเทียมน้ำ (ไอโซอีเทส)
 - ตัวอย่างโมนิโลไฟต์ เช่น เฟิร์นใบมะขาม เฟิร์นก้างปลา เฟิร์นข้าหลวงหลังลาย (เห็นใบอ่อนม้วนงอ) กล้วยถอดปล้อง หวายทะนอย
 - ตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือย เช่น สนสองใบ สนสามใบ ประดู่ เกลี้ยง
 - ตัวอย่างพืชดอก เช่น ชบา เฟื่องฟ้า หางนกยูงไทย บัวหลวง บัวสาย
- ถ้าต้องการแบ่งกลุ่มตัวอย่างพืชที่เตรียมมาจะแบ่งกลุ่มได้อย่างไร ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ แต่ละกลุ่มมีลักษณะสำคัญอย่างไร
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายซึ่งนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง พืช

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่านักเรียนอาจแบ่งกลุ่มพืชได้ง่ายๆ จากการดูว่าพืชชนิดนั้นมีหรือไม่มีดอก แต่พืชเป็นอีกกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายสูง การแบ่งกลุ่มจากการมีดอกของพืชอาจไม่เพียงพอ จึงใช้เกณฑ์อื่นร่วมด้วย เช่น การมีหรือไม่มีท่อลำเลียง การมีใบแบบไลโคฟิลล์หรือยูฟิลล์ การมีหรือไม่มีเมล็ด การมีหรือไม่มีรังไข่ จากนั้นถามนักเรียนว่า

- ถ้าใช้เกณฑ์การมีหรือไม่มีท่อลำเลียงจะแบ่งพืชได้เป็นกี่กลุ่ม ได้แก่อะไร
- ✎ 2 กลุ่ม ได้แก่ พืชไม่มีท่อลำเลียง และพืชมีท่อลำเลียง

ครูและนักเรียนร่วมกันแบ่งกลุ่มพืชที่ครูเตรียมไว้ว่าพืชใดบ้างที่เป็นพืชไม่มีและมีท่อลำเลียง จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมว่านอกจากเกณฑ์ดังกล่าวแล้วยังใช้เกณฑ์อื่นเพื่อใช้ในการแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ และพืชแต่ละกลุ่มมีลักษณะสำคัญแตกต่างกันโดยให้ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน ดังนี้

พืชไม่มีท่อลำเลียง

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพืชไม่มีท่อลำเลียงในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.25 ซึ่งแสดงไรซอยด์และ รูป 23.26 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชในกลุ่มไบรโอไฟต์ ประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- พืชไม่มีท่อลำเลียงมีชื่อเรียกภาษาอังกฤษว่าอย่างไร
✍ ไบรโอไฟต์
- พืชไม่มีท่อลำเลียงมีลักษณะอย่างไร
✍ เป็นพืชที่ไม่มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียง แกมีโทไฟต์เป็นระยะเด่น มีไรซอยด์ทำหน้าที่ยึดเกาะ ดูดน้ำและธาตุอาหาร สปอโรไฟต์เจริญบนแกมีโทไฟต์ตลอดชีวิต
- ให้นักเรียนยกตัวอย่างพืชในไบรโอไฟต์
✍ มอส ลิเวอร์เวิร์ท ฮอว์นเวิร์ท
- แกมีโทไฟต์ของมอส ลิเวอร์เวิร์ท และฮอว์นเวิร์ทมีลักษณะอย่างไร
✍ แกมีโทไฟต์ของมอสและลิเวอร์เวิร์ทบางสปีชีส์มีลักษณะเป็นต้นที่มีโครงสร้างคล้ายใบ ส่วนลิเวอร์เวิร์ทส่วนใหญ่ และฮอว์นเวิร์ท มีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียว
- สปอโรไฟต์ของไบรโอไฟต์มีโครงสร้างหลักที่คล้ายกัน ประกอบด้วยอะไรบ้าง และแต่ละส่วนมีลักษณะอย่างไร
✍ สปอโรไฟต์มีโครงสร้างหลักที่คล้ายกัน 3 ส่วน ได้แก่
 ฟูต คือ ส่วนที่ฝังลงในเนื้อเยื่อของแกมีโทไฟต์ ทำหน้าที่ยึดกับแกมีโทไฟต์ ดึงน้ำและอาหารจากแกมีโทไฟต์
 ก้านชูอับสปอร์ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ชูอับสปอร์
 อับสปอร์ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสปอร์

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า พืชไม่มีท่อลำเลียงหรือไบรโอไฟต์เป็นพืชที่ไม่มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียง แกมีโทไฟต์เป็นระยะที่เด่น พบเห็นได้ทั่วไป มีไรซอยด์ทำหน้าที่ยึดเกาะ ดูดน้ำ และธาตุอาหาร สปอโรไฟต์เจริญบนแกมีโทไฟต์ตลอดชีวิต พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ มอส ลิเวอร์เวิร์ท และฮอว์นเวิร์ท โดยแกมีโทไฟต์ของมอส (รวมทั้งลิเวอร์เวิร์ทบางสปีชีส์) มีลักษณะเป็นต้นที่มีโครงสร้างคล้าย

ใบ แต่ของลิเวอร์เวิร์ทและฮอร์นเวิร์ทมีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียว ระยะสปอโรไฟต์มีรูปร่างแตกต่างกันไปในแต่ละสปีชีส์ แต่มีโครงสร้างหลักคล้ายกัน คือฟุต ก้านชูอับสปอร์ และอับสปอร์

ครูอาจใช้รูปใบโรโอไฟต์ที่ขึ้นตามแหล่งที่อยู่ต่าง ๆ เพื่ออภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับขนาดของใบโรโอไฟต์และแหล่งที่อยู่ซึ่งมักเป็นที่มีความชื้นสูง เนื่องจากในการปฏิสนธิใบโรโอไฟต์จะอาศัยน้ำเป็นตัวกลางเพื่อให้สเปิร์มเคลื่อนที่ไปผสมกับเซลล์ไข่

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสปอโรไฟต์ของลิเวอร์เวิร์ท โดยใช้รูปสปอโรไฟต์ของลิเวอร์เวิร์ทในรูปหรือไม่ว่าโครงสร้างระยะสปอโรไฟต์ของลิเวอร์เวิร์ทบางชนิดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากเมื่อสเปิร์มผสมกับเซลล์ไข่ที่อยู่ในโครงสร้างที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียแล้ว สปอโรไฟต์จะเจริญเติบโตอยู่ภายใต้โครงสร้างนั้น

พืชมีท่อลำเลียง

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพืชมีท่อลำเลียงในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.27-23.30 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชมีท่อลำเลียงประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- พืชมีท่อลำเลียงมีชื่อเรียกภาษาอังกฤษอย่างไร
- ✍ เทรคีโอไฟต์
- พืชมีท่อลำเลียงมีลักษณะอย่างไร
- ✍ มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียง มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง มีระยะสปอโรไฟต์เด่น แกมีโทไฟต์มีขนาดเล็กและมีช่วงชีวิตสั้นกว่าสปอโรไฟต์
- จากหลักฐานทางชีววิทยาโมเลกุล พืชมีท่อลำเลียงมีวิวัฒนาการแยกออกได้เป็นกี่พวกได้แก่อะไร
- ✍ 2 พวก ได้แก่ ไลโคไฟต์ และยูฟิลโลไฟต์
- ไลโคไฟต์และยูฟิลโลไฟต์แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้กี่กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีลักษณะอย่างไร
- ✍ ไลโคไฟต์ไม่มีกลุ่มย่อย ยูฟิลโลไฟต์แบ่งได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ โมนิโลไฟต์ และสเปอร์มาโทไฟต์

สำหรับคำตอบลักษณะของแต่ละกลุ่มนักเรียนจะได้คำตอบหลังจากเรียน เรื่อง ไลโคไฟต์และยูฟิลโลไฟต์

● ไลโคไฟต์

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไลโคไฟต์ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.27 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชในกลุ่มไลโคไฟต์ประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

● ไลโคไฟต์มีลักษณะอย่างไร

-  มีใบแบบไลโคฟิลล์ซึ่งเป็นใบขนาดเล็ก มีเส้นใบ 1 เส้น ที่ไม่มีการแยกแขนง เส้นใบยาวจรดปลายใบหรือสั้นมาก ส่วนใหญ่สร้างสปอร์แบบเดียว

● ไลโคไฟต์จีสไตต์ที่สร้างสปอร์แบบเดียว

-  ไลโคโพนเดียม

● ไลโคไฟต์จีสไตต์ที่สร้างสปอร์ 2 แบบ

-  ซีแลกจินเนลลา ไอโซฮิเทส

● ยกตัวอย่างจีสไตต์ของพืชกลุ่มไลโคไฟต์

-  ไลโคโพนเดียม ซีแลกจินเนลลา ไอโซฮิเทส

● ยกตัวอย่างสปิซิสของพืชกลุ่มไลโคไฟต์

-  ดินตุ๊กแก สามร้อยยอด กระเทียมน้ำ

● การแตกกิ่งของพืช จีสไตต์ซีแลกจินเนลลา และจีสไตต์ไลโคโพนเดียมมีการแตกกิ่งแบบใด

-  พืชทั้ง 2 จีสไตต์ มีการแตกกิ่งแบบแยกสองแฉก

● โครงสร้างที่เกิดจากกลุ่มของใบที่สร้างอับสปอร์ของไลโคไฟต์ เรียกว่าอะไร เกิดอยู่ที่ใดของพืช

-  เรียกว่า สโตรบิลัส เกิดอยู่ที่ปลายกิ่ง

● อับสปอร์ของไลโคไฟต์เกิดที่บริเวณใดของใบ

-  อับสปอร์เกิดที่บริเวณโคนใบ

- พืชจันส์ไอโซอีเทสมีลักษณะอย่างไร

- ✎ พืชจันส์ไอโซอีเทสเป็นไลโคไฟต์ที่มีลักษณะเป็นกอค่ายกอกระเทียมขนาดเล็ก ใบคล้ายใบกระเทียม ซึ่งต่างจากจันส์ซีแลกจินเนลลาและไลโคโพเดียม

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ไลโคไฟต์มีใบแบบไลโคฟิลล์ ซึ่งเป็นใบที่มีขนาดเล็ก มีเส้นใบ 1 เส้น ที่ไม่มีการแยกแขนง เส้นใบอาจยาวจรดปลายใบหรือสั้นมาก พัฒนาการของแผ่นใบมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณโคนใบ สร้างสปอร์แบบเดียว เช่น ไลโคโพเดียม (ยกเว้น พืชจันส์ซีแลกจินเนลลา และจันส์ไอโซอีเทส) การปฏิสนธิยังอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้สเปิร์มเคลื่อนที่เข้าสู่ผสมกับเซลล์ไข่

พืชกลุ่มไลโคไฟต์ที่พบได้บ่อยในประเทศไทย คือ พืชจันส์ซีแลกจินเนลลา เช่น ตีนตุ๊กแก และจันส์ไลโคโพเดียม เช่น สามร้อยยอด พืชสองกลุ่มนี้มีการแตกกิ่งแบบแยกสองแฉกที่ปลายกิ่งมีโครงสร้างที่เกิดจากกลุ่มของใบที่สร้างอับสปอร์ เรียก สโตรบิลัส อับสปอร์เกิดที่บริเวณโคนใบ

พืชจันส์ไอโซอีเทส เช่น กระเทียมน้ำ เป็นไลโคไฟต์อีกกลุ่มหนึ่งแต่พบได้ยากในปัจจุบัน ลักษณะที่เห็นโดยทั่วไปเป็นกอค่ายกอกระเทียมขนาดเล็ก ใบคล้ายใบกระเทียม ซึ่งต่างจากจันส์ซีแลกจินเนลลากับไลโคโพเดียมมาก

- ยูฟิลโลไฟต์

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับยูฟิลโลไฟต์ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.28-23.30 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชในกลุ่มยูฟิลโลไฟต์ประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- ยูฟิลโลไฟต์มีลักษณะอย่างไร

- ✎ ยูฟิลโลไฟต์เป็นพืชที่มีใบแบบยูฟิลล์ ซึ่งเป็นใบมีเส้นใบมากกว่า 1 เส้น และมีการแยกแขนงภายในแผ่นใบ โดยพัฒนาการของแผ่นใบมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณปลายใบและขอบใบ

- ยูฟิลโลไฟต์แบ่งย่อยได้เป็นกี่กลุ่ม ได้แก่อะไรบ้าง

- ✎ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ โมนิโลไฟต์ และสเปอร์มาโทไฟต์

- ความแตกต่างที่สำคัญของโมนิโลไฟต์และสเปอร์มาโทไฟต์ คืออะไร

 โโมนิโลไฟต์ไม่สร้างเมล็ด ส่วนสเปอร์มาโทไฟต์สร้างเมล็ด

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ยูฟิลโลไฟต์เป็นพืชที่มีใบแบบยูฟิลล์ซึ่งเป็นใบมีเส้นใบมากกว่า 1 เส้น และมีการแยกแขนงภายในแผ่นใบ โดยแผ่นใบมีพัฒนาการมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณปลายใบและขอบใบ แบ่งย่อยต่อไปได้เป็น 2 กลุ่มย่อยคือโมนิโลไฟต์ซึ่งไม่สร้างเมล็ด และสเปอร์มาโทไฟต์ซึ่งสร้างเมล็ด

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมนิโลไฟต์และสเปอร์มาโทไฟต์ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.28-23.30 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชในกลุ่มนี้ประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

โมนิโลไฟต์

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมนิโลไฟต์ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.28 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชในกลุ่มโมนิโลไฟต์ประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- โโมนิโลไฟต์มีลักษณะอย่างไร

 โโมนิโลไฟต์มีทั้งลำต้นใต้ดินและลำต้นเหนือดิน มีขนาดเล็กไปจนถึงเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่สปอโรไฟต์สร้างสปอร์แบบเดียว (ยกเว้นพวกเฟิร์นน้ำ)

- ยกตัวอย่างพืชกลุ่มโมนิโลไฟต์

 เฟิร์น พืชกลุ่มหญ้าถอดปล้อง พืชกลุ่มหวายทะนอย

- เฟิร์นมีลักษณะอย่างไร

 เฟิร์นมีใบที่พัฒนาสมบูรณ์ มักมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน ใบอ่อนม้วนงอจากปลายใบสู่โคนใบ สร้างอับสปอร์จำนวนมากเกิดเป็นกลุ่มเรียก ซอรัส ที่ด้านล่างของแผ่นใบ

- พืชกลุ่มหญ้าถอดปล้องมีลักษณะอย่างไร

 พืชกลุ่มหญ้าถอดปล้อง ลำต้นเหนือดินมีข้อปล้องชัดเจน มีการแตกกิ่งจากตาข้าง โครงสร้างที่สร้างอับสปอร์เกิดอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มที่ปลายกิ่ง เรียก สโตรบิลัส ใบขนาดเล็กเชื่อมต่อกันเป็นวงรอบข้อ แต่ละใบมีเส้นใบ 1 เส้น ดูคล้ายลักษณะของไลโคฟิลล์แต่

มีกำเนิดต่างกัน ลักษณะใบหย้าถอดปล้องที่คล้ายไลโคฟิลล์นี้เกิดจากการลดรูปของยูฟิลล์

- พืชกลุ่มหวายทะนอยมีลักษณะอย่างไร

✎ พืชกลุ่มหวายทะนอยไม่พบรากที่แท้จริง โดยมีไรโซมอดทำหน้าที่แทนราก ลำต้นเหนือดินแตกกิ่งแบบแยกสองแฉก อับสปอร์ลักษณะเป็น 3 พูเกิดบนกิ่ง หวายทะนอยเป็นกลุ่มโมนิโคไฟต์ที่มีใบแบบยูฟิลล์ไม่พัฒนา อาจเห็นเป็นเพียงดิ่งหรือแขนงเล็ก ๆ ที่บริเวณปลายกิ่ง

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าโมนิโคไฟต์มีทั้งลำต้นใต้ดินและลำต้นเหนือดิน มีขนาดเล็กไปจนถึงเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่สปอโรไฟต์สร้างสปอร์แบบเดียว (ยกเว้นพวกเฟิร์นน้ำ) ตัวอย่างพืชกลุ่มนี้ คือ เฟิร์น หย้าถอดปล้อง และหวายทะนอย ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน

สเปร์มาโทไฟต์

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสเปร์มาโทไฟต์ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.29 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือยและ 23.30 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชดอกประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- สเปร์มาโทไฟต์มีลักษณะและการดำรงชีวิตอย่างไร

✎ สเปร์มาโทไฟต์หรือพืชมีเมล็ด เป็นกลุ่มพืชที่สร้างอวุล มีการถ่ายเรณูโดยอาจอาศัยสัตว์ ลม หรือน้ำ ซึ่งไม่พบการถ่ายเรณูในพืชกลุ่มอื่น หลังการถ่ายเรณูจะเกิดการงอกหลอดเรณู ซึ่งเป็นช่องทางที่สเปิร์มใช้เคลื่อนที่เพื่อเข้าปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ ดังนั้นพืชกลุ่มนี้จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการปฏิสนธิเหมือนพืชกลุ่มอื่น หลังการปฏิสนธิอวุลจะเจริญไปเป็นเมล็ด สปอโรไฟต์ของพืชมีเมล็ดมักมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน มีการสร้างสปอร์ต่างแบบ ส่วนแกมีโทไฟต์ลดรูปลงจนมีขนาดเล็กโดยอาจพบวาประกอบด้วยเซลล์จำนวนไม่กี่เซลล์ และอาศัยอยู่บนสปอโรไฟต์

- สเปร์มาโทไฟต์แบ่งได้เป็นกี่กลุ่ม คืออะไรบ้าง

✎ สเปร์มาโทไฟต์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ พืชเมล็ดเปลือย และพืชดอก

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าสเปอร์มาโทไฟต์หรือพืชมีเมล็ด เป็นกลุ่มพืชที่สร้างอวุล มีการถ่ายเรณูโดยอาจอาศัยสัตว์ ลม หรือน้ำ ซึ่งไม่พบการถ่ายเรณูในพืชกลุ่มอื่น หลังการถ่ายเรณูจะเกิดการงอกหลอดเรณู ซึ่งเป็นช่องทางที่สเปิร์มใช้เคลื่อนที่เพื่อเข้าปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ ดังนั้นพืชกลุ่มนี้จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการปฏิสนธิเหมือนพืชกลุ่มอื่น หลังการปฏิสนธิอวุลจะเจริญไปเป็นเมล็ด สปอร์ไฟต์ของพืชมีเมล็ดมักมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน มีการสร้างสปอร์ต่างแบบ ส่วนแกมีโทไฟต์ลดรูปลงจนมีขนาดเล็กโดยอาจพบว่าประกอบด้วยเซลล์จำนวนไม่กี่เซลล์และอาศัยอยู่บนสปอร์ไฟต์

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพืชเมล็ดเปลือยในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.29 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือยประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- พืชเมล็ดเปลือยมีลักษณะสำคัญอย่างไร
 - ✎ อวุลของพืชเมล็ดเปลือยไม่มีรังไข่ห่อหุ้ม ดังนั้นเมล็ดจึงไม่มีผลห่อหุ้ม ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่แตกต่างไปจากพืชดอก
- โครงสร้างที่สร้างอับสปอร์ของพืชเมล็ดเปลือยเรียกว่าอะไร และมีลักษณะอย่างไร
 - ✎ โครงสร้างที่สร้างอับสปอร์ของพืชเมล็ดเปลือย เรียกว่า โคนหรือสตรอบิลัส มักเกิดรวมกันเป็นกลุ่มประกอบกันขึ้นมา โดยโคนจะแยกเพศตามชนิดของสปอร์ที่สร้าง โคนที่สร้างไม่โครสปอร์ เรียก โคนเพศผู้ โคนที่สร้างเมกะสปอร์ เรียก โคนเพศเมีย โดยโครงสร้างของโคนในพืชเมล็ดเปลือยแต่ละกลุ่มจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป
- ยกตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือย
 - ✎ ตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือย เช่น พรุน เหลียง มะเมื่อย เปะก๊วย สน
- สนมีลักษณะอย่างไร โคนสนมีลักษณะอย่างไร
 - ✎ สนเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบ มีขนาดใหญ่ สร้างโคนเพศผู้และโคนเพศเมียบนต้นเดียวกัน โคนเพศเมียประกอบด้วยโครงสร้างที่เกิดจากกิ่งซึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่างและหน้าที่ไปเป็นแผ่นแข็ง ทำหน้าที่สร้างอวุลจำนวน 2 อัน โคนเพศผู้ประกอบขึ้นจากแผ่นใบ ซึ่งสร้างอับไมโครสปอร์จำนวน 2 อัน

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าพืชเมล็ดเปลือยไม่มีผลห่อหุ้ม เนื่องจากอวูลของพืชกลุ่มนี้ไม่มีรังไข่ห่อหุ้ม โครงสร้างที่สร้างอับสปอร์ของพืชเมล็ดเปลือยมักเกิดรวมกันเป็นกลุ่มประกอบกันขึ้นมาเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า โคน โดยโคนจะแยกเพศตามชนิดของสปอร์ที่สร้าง โคนที่สร้างไมโครสปอร์ เรียก โคนเพศผู้ โคนที่สร้างเมกะสปอร์ เรียก โคนเพศเมีย โดยโครงสร้างของโคนในพืชเมล็ดเปลือยแต่ละกลุ่มจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือย เช่น ปรงชนิดต่างๆ เหลียง มะเมื่อย แปะก๊วย และสามารถอธิบายลักษณะของสนและโคนสนได้

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพืชดอกในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างพืชจริงหรือรูป 23.30 ซึ่งแสดงตัวอย่างพืชดอกประกอบการใช้คำถาม ดังนี้

- พืชดอกมีลักษณะสำคัญอย่างไร

 อวูลของพืชดอกอยู่ในโครงสร้างของรังไข่ เมื่อพัฒนาไปเป็นเมล็ดเมล็ดของพืชดอกจึงอยู่ภายในผลซึ่งพัฒนามาจากรังไข่

- ยกตัวอย่างพืชดอก

 กัญยมหิดล บร็อกโคลี่ บัวสาย

- ดอกคืออะไร ทำหน้าที่อะไร

 ดอกเป็นกึ่งที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ โดยทำหน้าที่สร้างสปอร์ มีการปฏิสนธิแบบการปฏิสนธิคู่

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่า พืชดอกมีอวูลอยู่ในโครงสร้างของรังไข่เมื่อพัฒนาไปเป็นเมล็ด เมล็ดของพืชดอกจึงอยู่ภายในผลซึ่งพัฒนามาจากรังไข่ เช่น กัญยมหิดล บร็อกโคลี่ บัวสาย ดอกเป็นกึ่งที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ โดยทำหน้าที่สร้างสปอร์ มีการปฏิสนธิแบบการปฏิสนธิคู่ ครูเพิ่มเติมว่านักเรียนได้เคยเรียนเรื่องเกี่ยวกับพืชดอกมาแล้วในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 3

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของพืชในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- ประโยชน์ของพืชมีอะไรบ้าง

 พืชทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศ และยังมีประโยชน์อื่นๆ อีก เช่น ไบโอดีไฟต์ช่วยดูดซับความชื้นบริเวณพื้นผิวที่เจริญเติบโตอยู่ ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษลงสู่ดินในดิน ใช้เป็นไม้ประดับตกแต่งกระถางหรือสวน ใช้ทำวัสดุปลูก เฟิร์นบางสปีชีส์ใช้เป็นอาหาร เช่น ผักแว่น กูดน้ำ กูดแดง บางสปีชีส์ใช้เป็นพืชสมุนไพร เช่น ว่านลูกไก่ทองใช้ดูดซับห้ามเลือด กูดแดงใช้เป็นยารักษาโรคผิวหนัง นำมาใช้ทำเครื่องจักสานและกระเป๋าทอ เช่น ย่านลิเภา ทั้งไลโคไฟต์และโมนิไลไฟต์หลายสปีชีส์ที่นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ ประโยชน์ของพืชเมล็ดเปลี่ยน ใช้ประกอบอาหาร เช่น เมล็ดจากแปะก๊วย ใบเหลียง นำมาใช้จัดสวนหรือปลูกประดับ เช่น ประดู่ ส่วนพืชดอกจัดว่าเป็นพืชกลุ่มที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งนำมาใช้เป็นอาหารที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค เครื่องจักสาน เฟอร์นิเจอร์ ใช้ในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา และเป็นส่วนหนึ่งในการจัดงานในงานประเพณีทางวัฒนธรรมต่างๆ ด้วย

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายถึงประโยชน์ของพืชได้ดังในคำตอบข้างต้น



ตรวจสอบความเข้าใจ

 ให้นักเรียนเขียนแผนผังสรุปกลุ่มของพืช พร้อมทั้งบอกลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างของพืชแต่ละกลุ่ม





แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ลักษณะสำคัญและตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช

ด้านทักษะ

- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการอภิปราย

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความมีเหตุผล ความใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปราย

ฟังใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะสำคัญของฟังใจ และการแบ่งกลุ่มของฟังใจ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่หัวข้อความหลากหลายของฟังใจ โดยให้นักเรียนได้สังเกตลักษณะของฟังใจจากกิจกรรม 23.3 ซึ่งมีแนวการจัดกิจกรรมดังนี้



กิจกรรม 23.3 ศึกษาลักษณะของฟังใจ

จุดประสงค์

1. สังเกตและอธิบายลักษณะโครงสร้างของเห็ด รา และยีสต์
2. สังเกตและอธิบายลักษณะของสปอร์และส่วนที่สร้างสปอร์ของเห็ดและลักษณะสปอร์ของราที่ขึ้นบนอาหารหรือขนมปัง

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. เห็ดฟางหรือเห็ดชนิดอื่น เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดหอม เห็ดนางรม	1 ดอก
2. ขนมปัง อาหารหรือผลไม้ที่มีราขึ้น	1 แผ่น ต่อห้อง
3. ยีสต์	1 ขวดต่อห้อง
4. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและแบบสเตอริโอ	อย่างละ 1 ตัว
5. แว่นขยาย	2 อัน
6. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	10 ชุด
7. มีดโกน เข็มเย็บ หลอดหยด	2 ชุด
8. กลีเซอริน 50%	1 ขวด
9. สีย้อม เช่น อะนิลีนบลู ซาฟรานิน เมทิลีนบลู	1 ขวด

แนวการจัดกิจกรรม

ครูควรเตรียมขนมปังหรืออาหารที่มีราขึ้น โดยใช้ถุงพลาสติกห่อหุ้มให้เรียบร้อยเห็ดฟางสด หรือเห็ดชนิดอื่นที่คล้ายกับเห็ดฟาง และยีสต์ในน้ำผลไม้ที่ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน แล้วให้นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาเห็ด รา และยีสต์ กลุ่มละ 1 ตัวอย่าง เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มจัดเตรียมสไลด์ บันทึกลงและวาดภาพลักษณะที่สังเกตเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้ว ครูควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ศึกษาดูตัวอย่างอื่นๆ ที่นอกเหนือจากกลุ่มของตนเอง จากนักเรียนกลุ่มอื่น แล้วให้นักเรียนบันทึกและวาดภาพลักษณะที่สังเกต จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

คำถามท้ายกิจกรรม

-  จากกิจกรรมให้สรุปลักษณะสำคัญของเห็ด รา และยีสต์ที่สังเกตได้
-  เห็ดมีลักษณะประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากอัดกันแน่น มีสปอร์เรียงอยู่เป็นจำนวนมาก ขณะที่ราที่พบมีสปอร์อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และยีสต์มีเซลล์เพียงเซลล์เดียว
-  สปอร์ของเห็ดและราที่สังเกตเห็นมีลักษณะอย่างไร จำนวนสปอร์ของเห็ดและรามีผลต่อการดำรงชีวิตอย่างไร
-  สปอร์ของเห็ดและรามีรูปร่างกลมและมีจำนวนมาก เพิ่มโอกาสในการแพร่กระจายพันธุ์ได้ครั้งละมาก ๆ และกระจายไปได้ไกล
-  ยีสต์มีการสืบพันธุ์อย่างไร
-  ยีสต์มีการสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อและการสร้างสปอร์

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับฟังไจในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน โดยใช้คำถาม ดังนี้

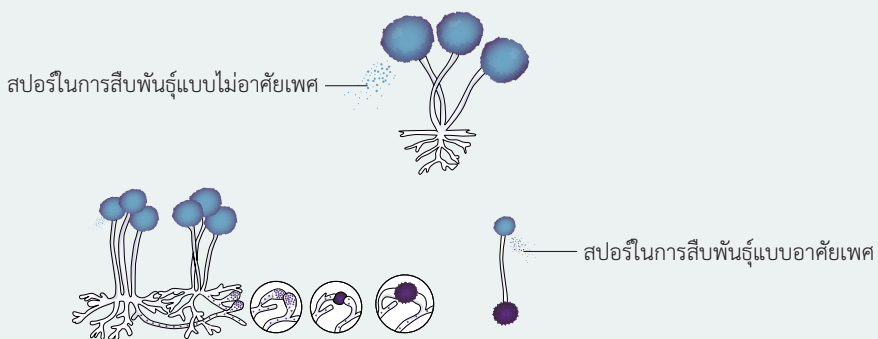
- ฟังไจมีลักษณะอย่างไร
- ยกตัวอย่างกลุ่มของฟังไจ
- ฟังไจแต่ละกลุ่มมีลักษณะและมีการดำรงชีวิตอย่างไร
- ยกตัวอย่างบทบาทของฟังไจที่มีต่อระบบนิเวศและมนุษย์

จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรอธิบายได้ว่าฟังไจมีทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ไม่มีเนื้อเยื่อผนังเซลล์มีไคตินเป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปฟังไจมีลักษณะเป็นเส้นใยเรียกว่าไฮฟา กลุ่มของไฮฟาที่รวมกัน เรียก ไมซีเลียม ฟังไจบางกลุ่มเมื่อสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ไมซีเลียมจะพัฒนาไปเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า ฟรุตติงบอดี้ และฟังไจบางสปีชีส์ที่ดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิตเส้นใยจะเปลี่ยนแปลงเป็นโครงสร้างที่สามารถดูดซับสารอาหารจากเซลล์ของโฮสต์ได้

ตัวอย่างฟังไจที่พบได้บ่อยมีดังนี้ไคทริด ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างไซโกสปอร์ ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างแอสโคสปอร์ และฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างเบสิดีโอสปอร์ โดยที่ฟังไจแต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะและมีการดำรงชีวิตที่อาจแตกต่างกัน ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจที่มีต่อระบบนิเวศ คือ เป็นผู้สลายสารอินทรีย์และทำให้เกิดการหมุนเวียนสารอาหาร นอกจากนี้มนุษย์ยังใช้ประโยชน์จากฟังไจในหลายด้านอีกด้วย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู



สปอร์ในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของราดำได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังนั้นสปอร์ในอับสปอร์จึงมีพันธุกรรมเหมือนกัน ส่วนสปอร์ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราดำได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสปอร์แต่ละสปอร์จึงมีพันธุกรรมที่หลากหลาย



ตรวจสอบความเข้าใจ

? จงบอกความเหมือนและความแตกต่างของฟังไจทั้ง 4 กลุ่ม

✎ ความเหมือนของฟังไจทั้ง 4 กลุ่ม คือ ผนังเซลล์มีไคตินเป็นองค์ประกอบ มีลักษณะเป็นเส้นใย เรียกว่า ไฮฟา

ความแตกต่างของฟังไจทั้ง 4 กลุ่ม คือ สปอร์ที่ใช้ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยฟังไจกลุ่มไคทริดมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีแฟลเจลลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างไซโกสปอร์จะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างไซโกสปอร์ ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างแอสโคสปอร์จะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างแอสโคสปอร์ในถุงที่เรียกว่า แอซคัส ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างเบสิดิโอสปอร์จะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างเบสิดิโอสปอร์บนเบสิดิเทียม

? เหตุที่นำมาใช้ปรุงอาหารคือ ส่วนใดของฟังไจ

✎ ฟรุตติงบอดี

? นอกจากฟังไจยังมีสิ่งมีชีวิตใดที่ดำรงชีวิตเป็นผู้สลายสารอินทรีย์

✎ แบคทีเรีย อาร์เคีย

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ลักษณะสำคัญและตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การพยากรณ์ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเองจากการทำกิจกรรม
- การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ คอมพิวเตอร์ และ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจากการบันทึกผลการทดลอง

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่างจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม
- ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบ วัตถุวิสัยจากการทำรายงานของกิจกรรม

สัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายลักษณะสำคัญของสัตว์ และการแบ่งกลุ่มของสัตว์ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูปสัตว์ที่มีลักษณะแปลก ๆ ซึ่งนักเรียนอาจไม่รู้จัก เช่น หนอนบั้ง จากรูปนำบทที่ 1 ในหนังสือเรียนชีววิทยาเล่ม 1 หรือรูปสัตว์ที่มีลักษณะคล้ายกับสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ตั๊กแตนใบไม้ จากรูป 7.19 ในหนังสือเรียนชีววิทยาเล่ม 2 เพื่อให้ร่วมกันอภิปรายว่านักเรียนทราบได้อย่างไรว่าสิ่งมีชีวิตที่เห็นเป็นสัตว์

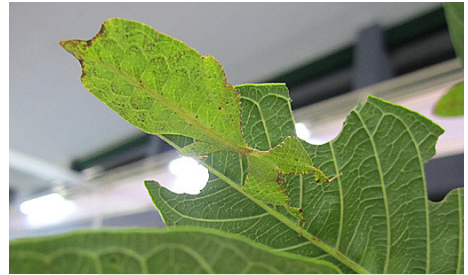
บทที่

| การศึกษาชีววิทยา

1



ipst.me/7638

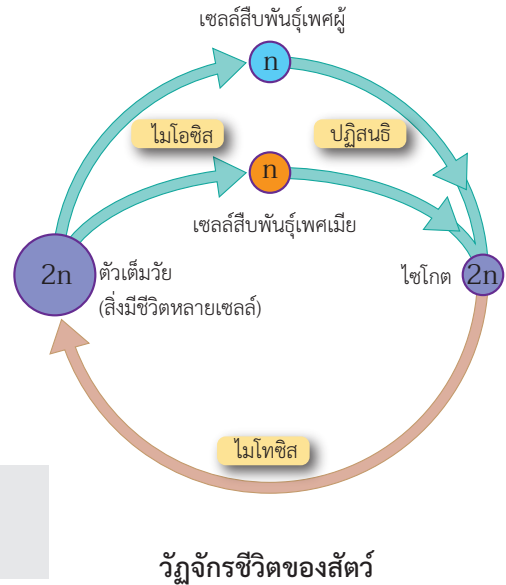


รูป 7.19 ตั๊กแตนใบไม้ที่มีลักษณะกลมกลืนกับ
สภาพแวดล้อม

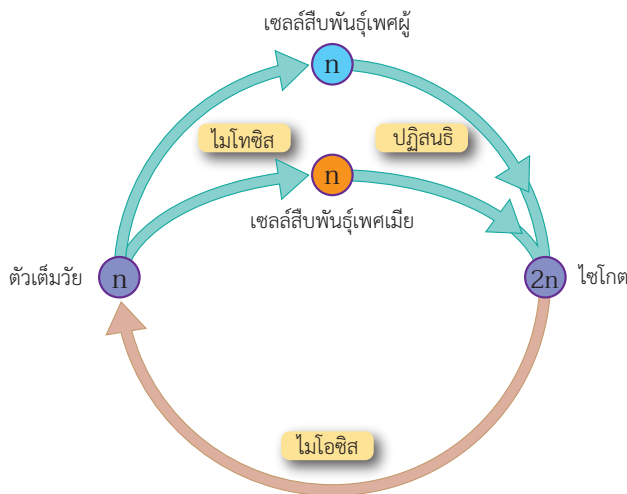
คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย เช่น อาจสังเกตจากการที่สามารถเคลื่อนที่ได้ หรือจากการที่มีตา ขา หนวด ปาก ซึ่งเป็นอวัยวะต่างๆ ที่สัตว์ใช้เพื่อการรับรู้และตอบสนอง จากนั้นครูพบทวนความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะร่วมที่สำคัญของสัตว์ในเรื่องโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ การสืบพันธุ์ และการที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ โดยอาจใช้คำถามดังนี้

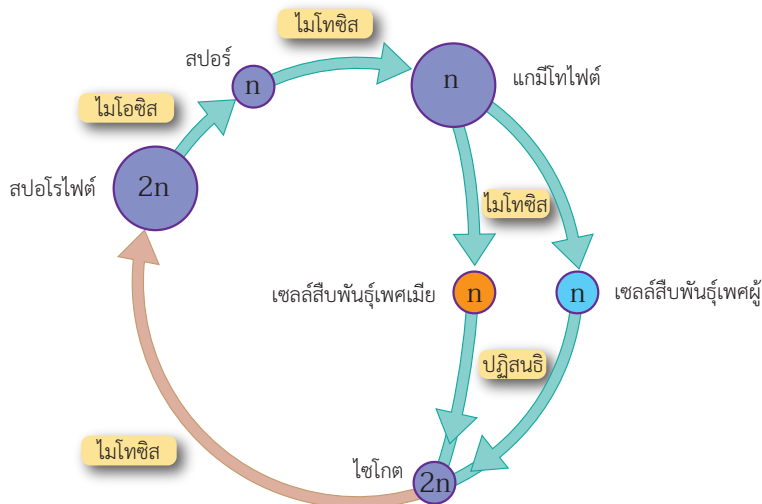
- สัตว์มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นหรือไม่ อย่างไร
- ✎ สัตว์เป็นยูแคริโอตที่มีหลายเซลล์ซึ่งรวมกันเป็นเนื้อเยื่อเช่นเดียวกับพืช แต่ลักษณะของเซลล์มีความแตกต่างกับเซลล์พืชที่เด่นชัด คือ เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์พืช เซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์และไม่มีออร์แกเนลล์บางชนิด เช่น คลอโรพลาสต์
- สัตว์สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างไร และการเคลื่อนที่มีความสำคัญต่อสัตว์อย่างไรบ้าง
- ✎ สัตว์สามารถเคลื่อนที่ซึ่งเกิดจากการทำงานของเนื้อเยื่อประสาทและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่มีความสำคัญต่อสัตว์เพื่อหาอาหาร เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสร้างอาหารได้เองจึงต้องกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร นอกจากนี้การเคลื่อนที่ก็ยังช่วยให้สัตว์สามารถหลบเลี่ยงจากอันตรายต่างๆ ได้

- จากวัฏจักรชีวิตของสัตว์ดั่งรูป จงอธิบายเกี่ยวกับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่พบในสัตว์
- เมื่อสัตว์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ผ่านการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ไซโกตที่เกิดขึ้นหลังการปฏิสนธิจะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในการเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นเอ็มบริโอจนเป็นตัวเต็มวัย



ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของสัตว์กับสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นๆ โดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศว่าการเกิดไมโอซิสทำให้เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นมีจำนวนชุดของโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง (อยู่ในสภาพแฮพลอยด์ (n)) และการปฏิสนธิจะทำให้เซลล์อยู่ในสภาพดิพลอยด์ ($2n$) เป็นลักษณะทั่วไปที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แต่สิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีรูปแบบของวัฏจักรชีวิตที่แตกต่างกันดังเช่นวัฏจักรชีวิตของสัตว์ วัฏจักรชีวิตของฟองไข่และโพธิสต์ส่วนใหญ่ และวัฏจักรชีวิตของพืชและสาหร่ายบางชนิด





วัฏจักรชีวิตของพืชและสาหร่ายบางชนิด

ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตทั้ง 3 รูปแบบข้างต้นโดยอาจให้สังเกตว่าในแต่ละวัฏจักรมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเกิดขึ้นช่วงใด หลังเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้เซลล์อะไร การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้นช่วงใด เป็นต้น โดยครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตแต่ละรูปแบบ ดังนี้

- สัตว์ส่วนใหญ่รวมทั้งมนุษย์ เซลล์ปกติทั่วไปในร่างกายอยู่ในสภาพที่เป็นดิพลอยด์ ($2n$) และจะพบการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเกิดขึ้นในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนชุดของโครโมโซมลดลงไปครึ่งหนึ่ง (n) ไชโกตที่เกิดขึ้นหลังการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียจึงกลับมาอยู่ในสภาพที่เป็นดิพลอยด์ ($2n$) จากนั้นไชโกตจะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์และเจริญเติบโตเป็นเอ็มบริโอและตัวเต็มวัยที่สามารถสืบพันธุ์ต่อไป เรียกวัฏจักรชีวิตแบบนี้ว่า **วัฏจักรชีวิตแบบดิพลอนติก (diplontic life cycle)**
- พืชและโพรทิสต์ส่วนใหญ่ โครงสร้างทั่วไปประกอบขึ้นจากเซลล์ที่เป็นแฮพลอยด์ (n) ดังนั้นการแบ่งเซลล์ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จึงพบเฉพาะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และจะพบระยะที่เซลล์อยู่ในสภาพดิพลอยด์เฉพาะในช่วงที่เป็นไชโกต ($2n$) ซึ่งเกิดขึ้นหลังการปฏิสนธิ จากนั้นไชโกตจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพื่อสร้างเซลล์ที่อยู่ในสภาพแฮพลอยด์ (n) เซลล์ดังกล่าวจะเติบโตต่อไปเป็นตัวเต็มวัย (n) ในฟังไจหรือโพรทิสต์ที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว หรือเซลล์ดังกล่าวที่อยู่ในสภาพแฮพลอยด์จะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและเจริญเติบโตต่อไปเป็นตัวเต็มวัย (n) ในฟังไจหรือโพรทิสต์ที่เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เรียกวัฏจักรชีวิตแบบนี้ว่า **วัฏจักรชีวิตแบบแฮพลอนติก (haplontic life cycle)**

- พืชและสาหร่ายบางชนิดมีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ ในหนึ่งช่วงชีวิตจะประกอบด้วย 2 ระยะ ได้แก่ สปอโรไฟต์และแกมีโทไฟต์ โดยทั่วไประยะสปอโรไฟต์เป็นระยะที่โครงสร้างประกอบขึ้นจากเซลล์ที่อยู่ในสภาพดิพลอยด์ และพบการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในกระบวนการสร้างสปอร์ ดังนั้นสปอร์จึงอยู่ในสภาพที่เป็นแฮพลอยด์ (n) จากนั้นสปอร์จะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพิ่มจำนวนเซลล์จนเจริญและพัฒนาไปเป็นระยะแกมีโทไฟต์ ดังนั้นโครงสร้างของแกมีโทไฟต์จึงประกอบขึ้นจากเซลล์ที่อยู่ในสภาพแฮพลอยด์ โดยหน้าที่ของระยะแกมีโทไฟต์นี้ คือ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (n) เมื่อเกิดการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียจะได้ไซโกต (2n) ซึ่งจะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์และเจริญเติบโตไปเป็นเอ็มบริโอ แล้วเอ็มบริโอจึงเจริญเติบโตเป็นสปอโรไฟต์รุ่นต่อไป เรียกว่าวัฏจักรชีวิตแบบนี้ว่า **วัฏจักรชีวิตแบบสลับ** (alternation of generation) หรือ **วัฏจักรชีวิตแบบดิพลแฮพลอนติก** (diplodhaplontic life cycle)

จากนั้นครูอาจใช้รูปของสัตว์ชนิดต่าง ๆ แสดงในชั้นเรียน เพื่ออภิปรายร่วมกันว่า**จากรูปมีสัตว์อะไรบ้างและสามารถจำแนกสัตว์เหล่านี้ออกเป็นกลุ่มได้อย่างไรบ้าง** จากการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะพบว่าสัตว์มีลักษณะที่มีความหลากหลาย ซึ่งนักเรียนอาจจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มโดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยอาจแบ่งตามเกณฑ์ง่าย ๆ เช่น ลักษณะการดำรงชีวิตเป็นสัตว์บก สัตว์ปีก สัตว์น้ำ หรืออาจแบ่งกลุ่มสัตว์ตามความรู้เดิมของนักเรียน เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง และให้ยกตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังอื่น ๆ ที่นักเรียนรู้จักนอกเหนือจากรูปที่ครูนำมาแสดง

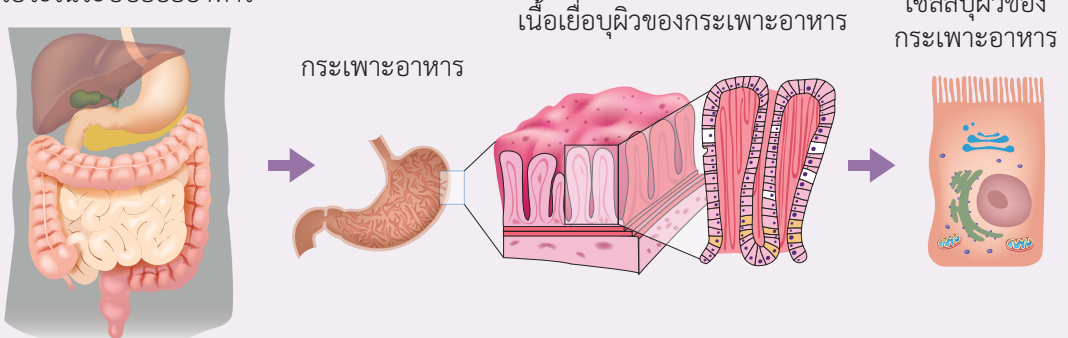
จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนว่าในปัจจุบันการจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ นั้นสามารถใช้ลักษณะอื่น ๆ เป็นเกณฑ์ร่วมด้วยทั้งลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาค เช่น การมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อ สมมาตรของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของבלาสโทพอร์ และการเจริญของตัวอ่อน เป็นต้น จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำแนกสัตว์ ดังนี้

1. การมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อ

ครูให้ความหมายเกี่ยวกับเนื้อเยื่อ โดยอาจยกตัวอย่างระบบอวัยวะ 2 ระบบเพื่อเปรียบเทียบกัน เช่น ระบบย่อยอาหาร และระบบประสาท ดังรูป จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายว่า**ระบบย่อยอาหารและระบบประสาทมีอวัยวะ เนื้อเยื่อ และเซลล์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร**

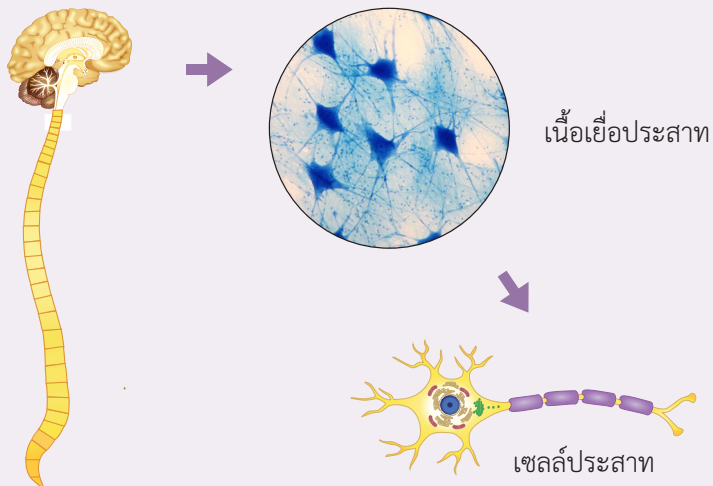
ระบบย่อยอาหาร

อวัยวะในระบบย่อยอาหาร

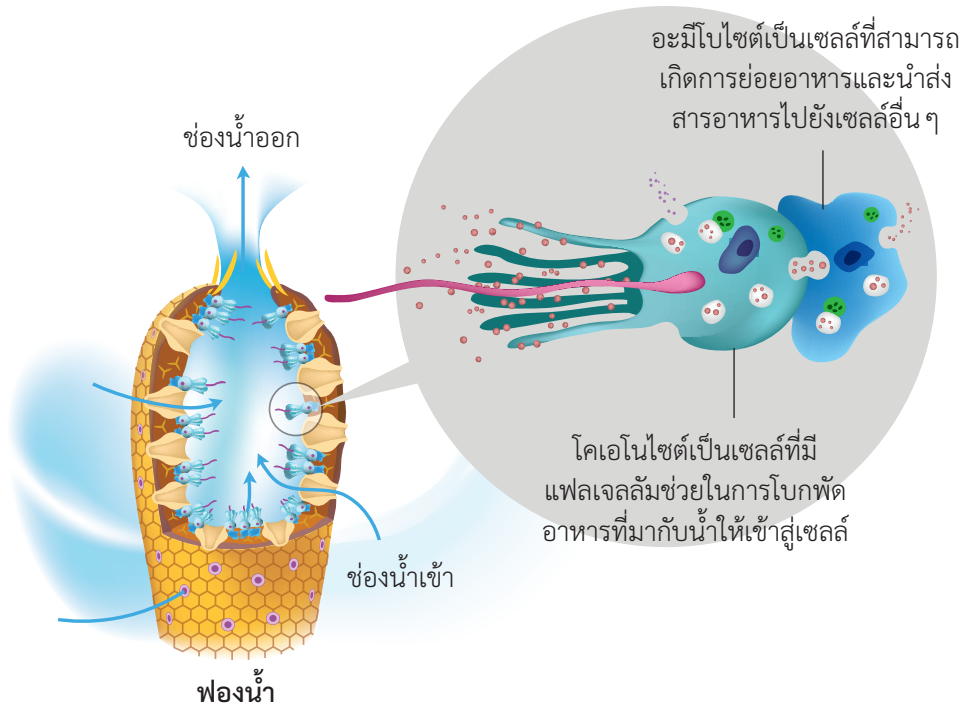


ระบบประสาท

อวัยวะใน
ระบบประสาท



จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่าระบบอวัยวะแต่ละระบบประกอบด้วยอวัยวะซึ่งมีเนื้อเยื่อประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเฉพาะที่มีความเหมาะสมต่อการทำหน้าที่ในระบบนั้นๆ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าเนื้อเยื่อเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเหมือนกันและทำหน้าที่ร่วมกัน จากนั้นครูแสดงรูปฟองน้ำโดยให้พิจารณากลุ่มเซลล์ของฟองน้ำ และอธิบายว่าฟองน้ำไม่มีเนื้อเยื่อ แต่มีการรวมกลุ่มกันของเซลล์ซึ่งแต่ละเซลล์ไม่ได้ร่วมกันทำงาน



ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนเกี่ยวกับเนื้อเยื่อประเภทต่างๆ ของสัตว์



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

เนื้อเยื่อพื้นฐานของสัตว์มี 5 ชนิด คือ

1. เนื้อเยื่อผิวหรือเนื้อเยื่อบุผิว (epithelial tissue) มีหน้าที่สำคัญ เช่น ปกคลุมผิวภายนอกและภายในของร่างกาย บุอวัยวะภายในและท่อต่างๆ ดูดซึมสาร สร้างและหลั่งสาร รับความรู้สึก เป็นต้น
 - เนื้อเยื่อผิวที่เจริญมาจากเอ็กโทเดิร์ม เช่น ผิวหนัง ริมฝีปาก จมูก และทวารหนัก
 - เนื้อเยื่อผิวที่เจริญมาจากเมโซเดิร์ม เช่น เยื่อบุหลอดเลือด เยื่อบุหลอดน้ำเหลือง และช่องลำตัว
 - เนื้อเยื่อผิวที่เจริญมาจากเอนโดเดิร์ม เช่น เยื่อบุท่อทางเดินหายใจ เยื่อบุท่อทางเดินอาหาร รวมทั้งต่อมต่างๆ เช่น ตับ และตับอ่อน

2. **เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน** (connective tissue) หรือ**เนื้อเยื่อค้ำจุน** (supporting tissue) มีหน้าที่สำคัญ คือ ยึดเหนี่ยวและห่อหุ้มเนื้อเยื่อชนิดอื่นๆ เพื่อให้อวัยวะต่างๆ คงรูปอยู่ได้ ค้ำจุนเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมโดยเป็นแหล่งสะสมไขมัน ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย และเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์และเลือด เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันของร่างกาย และช่วยในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหาย โดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเจริญมาจากเมโซเดิร์ม ประกอบด้วยเซลล์ชนิดต่างๆ เช่น เซลล์สร้างเส้นใย แมโครฟาจ เซลล์แมสต์ เซลล์ไขมัน เซลล์กระดูกอ่อน เซลล์กระดูก และส่วนที่อยู่นอกเซลล์ เช่น เส้นใยคอลลาเจน เส้นใยอีลาสติค
3. **เนื้อเยื่อเลือด** (blood tissue) หรือ**เลือด** (blood) มีหน้าที่สำคัญ คือ ลำเลียงแก๊ส สารอาหาร ของเสียจากเมแทบอลิซึมของเซลล์ และฮอร์โมน แลกเปลี่ยนแก๊สและสารต่างๆ เกี่ยวกับภูมิคุ้มกันของร่างกาย ช่วยในการแข็งตัวของเลือด รวมทั้งช่วยในการรักษาสมดุลของร่างกาย โดยเนื้อเยื่อเลือดหรือเลือดจัดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีสมบัติพิเศษ มีลักษณะเป็นของเหลว ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่างๆ ขึ้นส่วนของเซลล์ และพลาสมา
4. **เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ** (muscular tissue) ช่วยในการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ ประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งมีต้นกำเนิดจากเมโซเดิร์ม เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของสัตว์มีกระดูกสันหลังแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามลักษณะของโครงสร้างและหน้าที่ คือ กล้ามเนื้อโครงร่างซึ่งพบตามแขน ขา และทั่วร่างกาย กล้ามเนื้อหัวใจซึ่งพบเฉพาะที่หัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบซึ่งพบที่อวัยวะภายในของระบบต่างๆ เช่น ลำไส้เล็ก มดลูก กระเพาะปัสสาวะ เป็นต้น
5. **เนื้อเยื่อประสาท** (nervous tissue) ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือ เซลล์ประสาท และเซลล์เกลีย ซึ่งเจริญมาจากเอ็กโทเดิร์ม โดยจะพบเส้นประสาทกระจายอยู่ทั่วร่างกายในลักษณะของเครือข่ายที่ติดต่อถึงกัน

2. สมมาตรของร่างกาย

ครูอธิบายเกี่ยวกับเกณฑ์สมมาตรของร่างกาย โดยอาจให้นักเรียนพิจารณาสิ่งของรอบๆ ตัว เช่น โต้ะ แก้ว ไม้ไฟ นาฬิกา หนังสือ เหรียญ เป็นต้น และอาจให้นักเรียนวาดสิ่งของแต่ละชิ้น หรือครูอาจเตรียมรูปสิ่งของให้นักเรียน จากนั้นให้นักเรียนวาดระนาบสมมาตรโดยพิจารณาว่าหากต้องการตัดสิ่งของเหล่านั้นออกเป็นส่วนๆ ให้ได้ชิ้นส่วนที่สมมาตรกันต้องแบ่งอย่างไร สิ่งของแต่ละชิ้นสามารถตัดแบ่งให้ได้ชิ้นส่วนที่สมมาตรกันออกได้เป็นกี่ส่วน และมีสิ่งของที่ไม่สามารถตัดให้มีชิ้นส่วนที่สมมาตรกันหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามและมีแนวคำตอบดังนี้

- ระนาบสมมาตรคืออะไร

 ระนาบสมมาตร คือ แนวที่ตัดผ่านแกนกลางลำตัวของสัตว์ทำให้ได้ชิ้นส่วนที่สมมาตรกัน

- รูปแบบของการสมมาตรมีรูปแบบใดบ้าง แตกต่างกันอย่างไ

 รูปแบบของการสมมาตรมี 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ไม่สามารถตัดแบ่งชิ้นส่วนให้ได้อื่นส่วนที่สมมาตรกันได้หรือสมมาตร รูปแบบที่มีชิ้นส่วนที่สมมาตรกันได้เพียง 2 ส่วนหรือสมมาตรแบบครึ่งซีก และรูปแบบที่ได้ชิ้นส่วนที่สมมาตรกันมากกว่า 2 ส่วนหรือสมมาตรแบบรัศมี

ครูให้นักเรียนพิจารณารูป 23.37 ในหนังสือเรียน เพื่อสรุปเกี่ยวกับสมมาตรของร่างกายว่ามีทั้งแบบอสมมาตร สมมาตรแบบรัศมี และสมมาตรแบบครึ่งซีก จากนั้นยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และให้นักเรียนบอกประเภทของสมมาตรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดนั้น

3. การเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์

ครูทบทวนความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์ในระยะคลีเวจ แกสทูลูลีชัน และออร์แกนอเจเนซิส โดยอาจใช้คำถามดังนี้

- ภายหลังการปฏิสนธิจนได้เป็นไซโกตไซโกตจะมีกระบวนการในการเจริญเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัยอย่างไร

 การเจริญเติบโตของไซโกตจนเป็นตัวเต็มวัยมีกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ คลีเวจ แกสทูลูลีชัน และออร์แกนอเจเนซิส โดยแต่ละกระบวนการมีรายละเอียด ดังนี้

- คลีเวจเป็นกระบวนการที่ไซโกตจะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้เอ็มบริโอที่มีเซลล์จำนวนมาก จากนั้นจะมีการจัดเรียงตัวเกิดเป็นช่องที่เรียกว่าบลาสโทซีส โดยเรียกเอ็มบริโอรระยะนี้ว่าบลาสูลา
- แกสทูลูลีชัน เป็นกระบวนการที่เซลล์ของบลาสูลามีการจัดเรียงตัวเป็นเอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม โดยเรียกเอ็มบริโอในระยะนี้ว่าแกสทูลูลา โดยในระยะนี้จะมีการม้วนตัวเข้าไปในช่องภายในแล้วทำให้เกิดช่องว่างที่จะเจริญไปเป็นทางเดินอาหารต่อไป
- ออร์แกนอเจเนซิส เป็นกระบวนการที่มีพัฒนาของเอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม เป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ อย่างเฉพาะเจาะจงในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

- บลาสโทพอร์คืออะไร พบได้ในระยะใดของการเจริญเติบโต
- ✎ บลาสโทพอร์เป็นช่องเปิดที่เกิดขึ้นหลังจากมีการม้วนตัวเข้าไปในช่องภายในและทำให้เกิดช่องว่างที่จะเจริญไปเป็นทางเดินอาหาร ซึ่งพบในระยะแกสทรูลา

ครูใช้รูป 23.38 โดยให้นักเรียนบอกความแตกต่างของการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของโพรโทสโทเมีย และดิเวอโรสโทเมียที่เห็นจากในรูป จากนั้นครูใช้รูป 23.39 เพื่ออธิบายเกี่ยวกับโพรโทสโทเมียว่าบางกลุ่มจะมีระยะที่เป็นตัวอ่อนโทรโคฟอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตในน้ำหรือที่ขึ้นฉะ เช่น หอย หมึก ไส้เดือนดิน เป็นต้น และบางกลุ่มจะมีการลอกคราบระหว่างการเจริญเติบโต เช่น พยาธิไส้เดือน พยาธิปากขอ จักจั่น ผีเสื้อ กุ้ง ปู เป็นต้น

จากนั้นครูใช้รูป 23.40 เพื่ออธิบายการจำแนกสัตว์โดยใช้เกณฑ์ข้างต้นออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

- สัตว์ที่ไม่มีเนื้อเยื่อ และไม่มีสมมาตรของร่างกาย เช่น กลุ่มพอริเฟอรัน
- สัตว์ที่มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น และมีสมมาตรแบบรัศมี เช่น กลุ่มไนดาเรียน
- โพรโทสโทเมีย มีเนื้อเยื่อ 3 ชั้น และมีสมมาตรแบบครึ่งซีก เช่น กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ กลุ่มมอลลัส กลุ่มแอนเนลิด กลุ่มนีมาโทด และกลุ่มอาร์โทรพอด
- ดิเวอโรสโทเมีย มีเนื้อเยื่อ 3 ชั้น และมีสมมาตรแบบครึ่งซีก เช่น กลุ่มเอโคโนเดิร์ม และกลุ่มคอร์เดต

ครูควรชี้แจงให้นักเรียนทราบว่าในรูป 23.40 แสดงการแบ่งกลุ่มย่อยของสัตว์ได้เป็น 9 กลุ่ม ซึ่งหากศึกษาในระดับที่สูงขึ้นอาจมีได้มากกว่า 9 กลุ่ม

ในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับความหลากหลายในแต่ละกลุ่มย่อยของสัตว์ ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและเลือกชนิดของสัตว์ในแต่ละกลุ่มที่สนใจศึกษา โดยให้เลือกศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มต่างๆ ก่อน (ยกเว้นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มคอร์เดต) ได้แก่ กลุ่มพอริเฟอรัน กลุ่มไนดาเรียน กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ กลุ่มมอลลัส กลุ่มแอนเนลิด กลุ่มนีมาโทด กลุ่มอาร์โทรพอด และกลุ่มเอโคโนเดิร์ม โดยสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะรูปร่าง การดำรงชีวิต ประโยชน์หรือความสำคัญของสัตว์ชนิดนั้นๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อจัดเป็นฐานความรู้ และให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้เวียนมาศึกษา โดยครูอาจมอบหมายให้แต่ละกลุ่มจัดทำใบความรู้เพื่อประกอบการศึกษาขณะที่เพื่อนนักเรียนกลุ่มอื่นเวียนมาศึกษาฐานความรู้ของตน

จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันจากการสืบค้นข้อมูล โดยใช้รูป 23.41 – 23.68 คำถามในหนังสือเรียน และคำถามเพิ่มเติม ซึ่งมีแนวในการตอบคำถาม ดังนี้

กลุ่มพอร์รีเฟอรัล

คำถามเพิ่มเติมมีตัวอย่างดังนี้

- โครงสร้างของฟองน้ำมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อหรือไม่ อย่างไร
- ✎ ฟองน้ำไม่มีเนื้อเยื่อ แต่มีการรวมกันของกลุ่มเซลล์ซึ่งแต่ละเซลล์ไม่ได้ทำงานร่วมกัน
- ลักษณะสมมาตรของฟองน้ำเป็นอย่างไร
- ✎ ฟองน้ำไม่มีสมมาตรของร่างกาย
- ฟองน้ำมีบทบาทต่อระบบนิเวศอย่างไร
- ✎ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์อื่นๆ ที่มีขนาดเล็กและเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น หอย ปลา นอกจากนี้ฟองน้ำยังสามารถกรองแบคทีเรีย อนุภาคต่าง ๆ รวมทั้งสารประกอบคาร์บอนที่ละลายในน้ำออกจากน้ำได้

กลุ่มไนดาเรียน

คำถามในหนังสือเรียนมีดังนี้

- ❓ รูปร่างแบบโพลิพและแบบเมดูซามีผลต่อรูปแบบในการดำรงชีวิตของสัตว์อย่างไร
- ✎ สัตว์ที่มีรูปร่างแบบโพลิพมักจะอยู่กับที่ อาจมีการหลบหลีกต่ออันตรายต่างๆ ได้ยากกว่าสัตว์ที่มีรูปร่างแบบเมดูซาซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า โดยสัตว์กลุ่มไนดาเรียนที่มีรูปร่างแบบโพลิพ เช่น ปะการัง จึงมักอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และหลายสปีชีส์จะสร้างโครงสร้างแข็งภายนอก
- ❓ การที่ปะการังสูญเสียสาหร่ายและเกิดปะการังฟอกขาวมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง
- ✎ การสูญเสียสาหร่ายของปะการังจนเกิดปะการังฟอกขาวมีได้หลายสาเหตุ โดยสาเหตุสำคัญ คาดว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำทะเล อันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ อีก เช่น ความเค็มของน้ำทะเล
- ❓ ถ้าสัตว์ในกลุ่มพอร์รีเฟอรัลและกลุ่มไนดาเรียนมีจำนวนลดลงจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในทะเลหรือไม่ อย่างไร
- ✎ การลดจำนวนของสัตว์ในกลุ่มพอร์รีเฟอรัลและกลุ่มไนดาเรียนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในทะเลอย่างมาก เนื่องจากสัตว์ส่วนใหญ่ในกลุ่มดังกล่าวเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ การลดจำนวนลงของสัตว์กลุ่มนี้จึงอาจส่งผลกระทบต่อความอยู่รอดของตัวอ่อน

ของสัตว์น้ำอื่น ๆ ตลอดจนการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้กระทบต่อเสถียรภาพของระบบนิเวศในบริเวณนั้น นอกจากนี้การลดลงของแนวปะการังอาจส่งผลให้การกัดเซาะชายฝั่งมีความรุนแรงมากขึ้น ทำให้ชายฝั่งถูกกัดเซาะจนเกิดสภาพเสื่อมโทรม และสูญเสียแนวชายหาดที่สวยงาม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อภาคการท่องเที่ยว และเศรษฐกิจ

กลุ่มแพลทีเฮลมินท์

คำถามในหนังสือเรียนมีดังนี้



การมีรูปร่างแบนมีผลต่อสัตว์กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ในด้านการแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อมอย่างไร



สัตว์กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ยังไม่มีระบบหมุนเวียนเลือดและระบบหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊สจะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง ดังนั้นการมีรูปร่างแบนทำให้สัตว์ในกลุ่มนี้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนสารและแก๊สต่างๆ กับสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น



พยาธิตัวตืดไม่มีปากและทางเดินอาหารจะได้รับสารอาหารอย่างไร



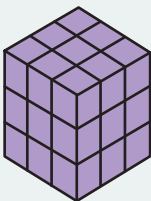
พยาธิตัวตืดดำรงชีวิตเป็นปรสิต ไม่มีปากและทางเดินอาหาร จะได้รับสารอาหารที่ย่อยแล้วจากโฮสต์โดยการดูดซึมผ่านทางผิวหนังตัว



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

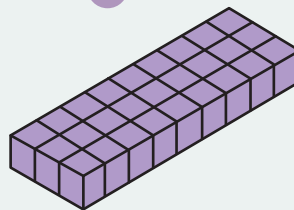
การมีรูปร่างแบน (flattening) การม้วนพับ (folding) การแตกแขนง (branching) การยื่นออกมา (projection) สามารถทำให้พื้นที่ผิวของโครงสร้างต่างๆ เพิ่มขึ้นได้ ดังรูป

ก.



พื้นที่ผิว ก. $6 \times (3 \times 3) = 54$ หน่วย²
ปริมาตร ก. $3 \times 3 \times 3 = 27$ หน่วย³

ข.



พื้นที่ผิว ข. $2(3 \times 1) + 2(9 \times 1) + 2(3 \times 9) = 78$ หน่วย²
ปริมาตร ข. $1 \times 3 \times 9 = 27$ หน่วย³

กลุ่มมอลลัส

คำถามในหนังสือเรียนมีดังนี้



หอยทากซึ่งอาศัยอยู่บนบกมีการปรับตัวเชิงวิวัฒนาการมาอาศัยอยู่บนพื้นดินได้อย่างไร
ไม่มีเหงือก แต่มีปอดใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส



ส่วนเท้าของหอยและส่วนเท้าของหมีกทำหน้าที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



ทำหน้าที่เหมือนกัน คือ ช่วยให้หอยและหมีกเคลื่อนที่ได้ แต่ส่วนเท้าของหมีกจะแตกต่างจากหอย โดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแขน เทนทาเคิล และไซฟอน ส่วนเท้าของหมีกจึงทำหน้าที่อื่นได้อีก เช่น ไซฟอนช่วยให้หมีกสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว แขนและเทนทาเคิลช่วยในการจับเหยื่อ



โครงสร้างของหอยและหมีกสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่และการหลบหลีกศัตรูอย่างไร



หอยเคลื่อนที่ได้ช้า แต่มีโครงสร้างที่เป็นเปลือกแข็งหุ้มอวัยวะภายในเพื่อป้องกันอันตรายจากศัตรู ในขณะที่หมีกไม่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว แต่มีอวัยวะรับความรู้สึกและระบบประสาทที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งทำให้หมีกมีการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ซับซ้อนขึ้น และสามารถเคลื่อนที่ได้เร็ว ทำให้สามารถล่าเหยื่อ และหลบหลีกศัตรูได้ดีกว่าหอย

คำถามเพิ่มเติมมีตัวอย่างดังนี้

- ยกตัวอย่างสัตว์ในกลุ่มมอลลัสที่มีเปลือกแข็งหุ้มภายนอกและที่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มภายนอก

สัตว์ในกลุ่มมอลลัสที่มีเปลือกแข็งหุ้มภายนอก เช่น หอยทาก หอยกาบ หอยวงช้าง ส่วนสัตว์ในกลุ่มมอลลัสที่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มภายนอก เช่น ทากเปลือย และหมีกต่าง ๆ

- สัตว์ในกลุ่มมอลลัสมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร

สัตว์ในกลุ่มมอลลัสบางชนิด เช่น หมีก หอยสองฝา เป็นผู้ล่าที่สำคัญในระบบนิเวศ หอยบางชนิดเป็นอาหารของสัตว์อื่น เช่น หอยแครง หอยแมลงภู่ หอยขม และหอยบางชนิดกินซากสิ่งมีชีวิตเป็นอาหาร เช่น หอยทาก ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ เป็นต้น

กลุ่มแอนเนลิด

คำถามเพิ่มเติมมีตัวอย่างดังนี้

- ปลิงและหาคูดเลือดมีการดำรงชีวิตแตกต่างจากไส้เดือนดินอย่างไร
- ✎ ปลิงและหาคูดเลือดดำรงชีวิตเป็นปรสิตโดยการดูดเลือดสัตว์อื่นรวมทั้งมนุษย์ แต่ไส้เดือนดินดำรงชีวิตเป็นอิสระโดยการกินซากสิ่งมีชีวิตเป็นอาหาร
- ไส้เดือนดินมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร
- ✎ ไส้เดือนดินช่วยทำให้ดินมีอากาศแทรก มีความพรุนมาก มีลักษณะร่วนซุยและช่วยในกระบวนการหมุนเวียนสารของระบบนิเวศโดยกินซากพืชป็นอาหาร เมื่อขับถ่ายออกมาจะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การมีลำตัวเป็นปล้อง (segmentation) เป็นส่วนของร่างกายที่มีลักษณะเป็นปล้องซ้ำ ๆ กัน เรียงต่อกัน ซึ่งจะสามารถสังเกตเห็นได้ทั้งโครงสร้างภายนอกและภายใน พบได้ในสัตว์กลุ่มแอนเนลิด กลุ่มอาร์โทรพอด และกลุ่มคอร์เดต สำหรับกลุ่มคอร์เดตสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนในระยะเอ็มบริโอ ส่วนในตัวเต็มวัยจะเห็นจากโครงสร้างภายในที่แสดงลักษณะชัดเจน เช่น กระดูกสันหลัง กล้ามเนื้อ เส้นประสาท ส่วนสัตว์ในกลุ่มนีมาโทดาอาจเห็นลักษณะภายนอกเป็นปล้องได้ แต่ไม่ใช่การมีลำตัวเป็นปล้องที่แท้จริง เป็นเพียงรอยย่นของผิวหนัง

กลุ่มนีมาโทด

คำถามเพิ่มเติมมีตัวอย่างดังนี้

- สัตว์ในกลุ่มนีมาโทดมีบทบาทต่อระบบนิเวศอย่างไรบ้าง
- ✎ - กินจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย จึงสามารถช่วยควบคุมขนาดของประชากรแบคทีเรียได้
- มีบทบาทที่สำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน โดยย่อยซากพืชซากสัตว์ให้มีขนาดเล็กลง ทำให้ผู้สลายสารอินทรีย์สามารถทำหน้าที่ได้เร็วขึ้น
- สัตว์ในกลุ่มนีมาโทดมีบทบาทต่อมนุษย์อย่างไร
- ✎ สัตว์ในกลุ่มนีมาโทดส่วนใหญ่เป็นปรสิตของมนุษย์ เช่น พยาธิปากขอ พยาธิไส้เดือน พยาธิโรคเท้าช้าง พยาธิตัวจิ๊ด เป็นต้น

กลุ่มอาร์โทรพอด

คำถามในหนังสือเรียนมีดังนี้



ยกตัวอย่างหน้าที่ของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดว่ามีอะไรบ้าง



ตัวอย่างหน้าที่ของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอด เช่น ไรย์ที่ใช้รับความรู้สึก ไรย์ที่ช่วยในการกินอาหาร ไรย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ไรย์ที่ใช้ในการว่ายน้ำ ไรย์สำหรับวางไข่ ไรย์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส เป็นต้น



โครงร่างแข็งภายนอกของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดมีประโยชน์อย่างไร



ช่วยป้องกันอันตรายจากศัตรู



การมีลำตัวเป็นปล้องและไรย์เป็นข้อ ๆ ต่อกันมีประโยชน์ต่อสัตว์ในกลุ่มนี้อย่างไร



โครงร่างแข็งของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ทำให้อาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่ได้ แต่การมีลำตัวเป็นปล้องและไรย์เป็นข้อ ๆ ต่อกันสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นในการเคลื่อนที่ และทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น เดิน วิ่ง ว่ายน้ำ ผีเสื้อ ดิ้น หรือขุด เป็นต้น

คำถามเพิ่มเติมมีตัวอย่างดังนี้

- ลักษณะใดที่ทำให้สัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดประสบความสำเร็จในการอาศัยอยู่บนบก



ลักษณะที่ทำให้กลุ่มอาร์โทรพอดประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตบนบก คือ ลำตัวมีเปลือกแข็งหุ้มภายนอก ทำให้สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังมีระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกที่เจริญดี มีระบบหายใจที่มีประสิทธิภาพ มีการเคลื่อนที่ได้ดีทำให้สามารถปรับตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย

- แมงมุมมีบทบาทอย่างไรในระบบนิเวศ



มีบทบาทเป็นผู้ล่า โดยแมงมุมบางชนิดเป็นตัวล่าซึ่งช่วยกำจัดแมลงศัตรูพืช

- ถ้าผึ้งชนิดหนึ่งซึ่งเป็นพาหะถ่ายเรณูของพืช A ลดจำนวนอย่างมากหรือสูญพันธุ์ จะส่งผลกระทบต่อพืช A



ถ้าพืช A ไม่มีสัตว์ชนิดอื่นที่เป็นพาหะถ่ายเรณู จะส่งผลให้ประชากรของพืช A ลดขนาดลงไปเรื่อย ๆ จนอาจสูญพันธุ์ในที่สุด ถ้าพืช A ยังมีสัตว์ชนิดอื่นเป็นพาหะถ่ายเรณู พืช A มีโอกาสที่จำนวนประชากรลดลง แต่อาจไม่สูญพันธุ์

- กิ้งกือและตะเข็บมีบทบาทต่อการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศอย่างไร
✎ ช่วยกินซากพืช ซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยในดินและยังเป็นอาหารของสัตว์อื่น
- แมลงมีประโยชน์และโทษอะไรบ้าง จงอภิปราย
✎ แมลงมีประโยชน์หลายด้าน เช่น เป็นพาหะถ่ายเรณูของพืชดอก แมลงหลายชนิดนำมาใช้เป็นอาหาร ขณะเดียวกันแมลงก็มีโทษหลายด้าน เช่น เป็นศัตรูทำลายผลผลิตทางการเกษตร เป็นพาหะนำโรคหลายชนิดรวมทั้งเป็นปรสิตในมนุษย์และสัตว์อื่น
- นักเรียนรู้จักแมลงชนิดใดบ้างที่มนุษย์ใช้เป็นอาหาร ยกตัวอย่างมาอย่างน้อย 3 ชนิด
✎ ตั๊กแตน ตัวมดพร้าวน หนอนไหม ไผ่มดแดง แมลงดานา แมลงเม่า แมลงกินูน จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง แมลงกูดจี ผึ้ง ต่อ แมลงกระซอน จักจั่น
- การกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยการควบคุมแบบชีววิธีคืออะไร และมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศอย่างไร
✎ การควบคุมโดยชีววิธีเป็นกระบวนการที่นำสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ในการควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูพืช ซึ่งวิธีนี้ไม่ก่อให้เกิดมลพิษในระบบนิเวศ
- ยกตัวอย่างการควบคุมแมลงศัตรูพืชและสัตว์ด้วยการควบคุมโดยชีววิธี
✎ การกำจัดลูกน้ำด้วยปลาหางนกยูง การกำจัดมวนลำไยด้วยแตนเบียน
- สัตว์กลุ่มอาร์โพรพอร์ตมีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างไรบ้าง จงอภิปราย
✎ สัตว์กลุ่มนี้หลายชนิดเป็นสัตว์ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากนิยมนำมาใช้รับประทานเป็นอาหาร เช่น กุ้ง ก้าง ปู และแมลงต่างๆ เป็นต้น

กลุ่มเอโคไนด์รีม

คำถามเพิ่มเติมมีตัวอย่างดังนี้

- การมีโครงร่างแข็งภายในของสัตว์ในกลุ่มเอโคไนด์รีมมีประโยชน์อย่างไร
✎ ทำให้คงรูปร่างอยู่ได้
- ทิวพีทของสัตว์ในกลุ่มเอโคไนด์รีมทำหน้าที่เทียบได้กับโครงสร้างใดของสัตว์อื่น
✎ ทิวพีทช่วยในการเคลื่อนที่เช่นเดียวกับขามนุษย์ ขาแมลง เท้าของหอย แขนของหมึก เป็นต้น

- สัตว์กลุ่มเอโคไนด์มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไรบ้าง

 บทบาทของสัตว์กลุ่มเอโคไนด์ที่สำคัญต่อระบบนิเวศ เช่น การอยู่รวมเป็นกลุ่มของเม่นทะเลทำให้พื้นที่ในการเกาะของปะการังและสิ่งมีชีวิตอื่นลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้นลดลงไปด้วย และสัตว์บางชนิดในกลุ่มนี้ยังกินสาหร่ายเป็นอาหาร ทำให้สามารถควบคุมจำนวนสาหร่ายที่จะขึ้นปกคลุมแนวปะการังได้ นอกจากนี้สัตว์ในกลุ่มนี้ยังเป็นอาหารหลักของสัตว์อีกหลายชนิด

หลังจากศึกษาและอภิปรายเกี่ยวกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่านอกจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มต่าง ๆ ข้างต้นที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้วนั้น ยังมีสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดที่ถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกับสัตว์มีกระดูกสันหลัง เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ในกลุ่มคอร์เดต โดยครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างสัตว์มีกระดูกสันหลังที่นักเรียนรู้จัก จากนั้นครูใช้รูป 23.59 แสดงรูปแอมฟิออกซัสและเพรียงหัวหอม ซึ่งเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อยู่ในกลุ่มคอร์เดตและใช้คำถามดังนี้ **นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดแอมฟิออกซัสและเพรียงหัวหอมจึงถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกับสัตว์มีกระดูกสันหลัง**

กลุ่มคอร์เดต

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลของสัตว์กลุ่มคอร์เดตในหนังสือเรียน และใช้รูป 23.58 เพื่ออภิปรายเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของสัตว์กลุ่มคอร์เดต โดยจากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่าแม้สัตว์ในกลุ่มคอร์เดตจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่เอ็มบริโอของสัตว์กลุ่มนี้มีลักษณะเฉพาะที่เหมือนกัน ดังนี้

1. มีโนโทคอร์ด
2. มีท่อประสาทกลางทางด้านหลัง
3. มีถุงคอดอย
4. มีหาง

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสัตว์กลุ่มคอร์เดต แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามเพิ่มเติม ซึ่งมีแนวโน้มในการตอบคำถามดังนี้

- สัตว์กลุ่มคอร์เดตแบ่งออกได้เป็นกี่กลุ่ม และมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
- ✎ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และกลุ่มที่มีกระดูกสันหลัง โดยความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่มนี้ คือ การมีโครงร่างแข็งที่เป็นกระดูกสันหลังภายในร่างกาย
- สัตว์กลุ่มคอร์เดตที่ไม่มีกระดูกสันหลังได้แก่สัตว์ชนิดใดบ้าง
- ✎ เพรียงหัวหอม แอมฟิออกซัส
- จากรูป 23.59 เพรียงหัวหอมและแอมฟิออกซัสมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ✎ เพรียงหัวหอมและแอมฟิออกซัสมีลักษณะที่เหมือนกัน คือ ยังไม่มีกระดูกสันหลังภายในร่างกาย แต่แตกต่างกันที่ระยะที่มีโนโทคอร์ด โดยเพรียงหัวหอมมีโนโทคอร์ดในระยะตัวอ่อน ในขณะที่แอมฟิออกซัสจะมีโนโทคอร์ดตลอดชีวิต

สำหรับการจัดการเรียนรู้ของสัตว์มีกระดูกสันหลังในกลุ่มคอร์เดต ครูอาจให้นักเรียนศึกษา ลักษณะของสัตว์มีกระดูกสันหลังจากสวนสัตว์หรือหนังสือเพิ่มเติมอื่นๆ โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะ การดำรงชีวิต บทบาทที่สำคัญของสัตว์เหล่านี้ ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้แก่ ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เพื่อให้นักเรียนได้สรุปเป็นองค์ความรู้และมานำเสนอในชั้นเรียน

ปลา

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษารูป 23.60 ซึ่งเป็นปลาปากกลมและไม่มีขากรรไกร รูป 23.61 ซึ่งเป็นปลากระดูกอ่อนที่มีขากรรไกร และรูป 23.62 ซึ่งเป็นปลากระดูกแข็งที่มีขากรรไกร โดยให้นักเรียนเปรียบเทียบลักษณะของปลาทั้ง 3 กลุ่มนี้ จากการใช้คำถามดังนี้

- ปลาปากกลม ปลากระดูกอ่อน และปลากระดูกแข็ง มีลักษณะรูปร่างสำคัญที่แตกต่างกันเป็นอย่างไร
- ✎ ปลาปากกลมแตกต่างจากปลากระดูกอ่อนและปลากระดูกแข็ง เนื่องจากปลาปากกลมไม่มีขากรรไกร ในขณะที่ปลากระดูกอ่อนและปลากระดูกแข็งเป็นปลาที่มีขากรรไกร นอกจากนี้ ลักษณะรูปร่างของปลาปากกลม ปลากระดูกอ่อน และปลากระดูกแข็งมีความแตกต่างกัน โดยปลาปากกลมมีลำตัวยาวคล้ายปลาไหล ส่วนปลากระดูกอ่อนมีลำตัวแบนจากด้านหลังไปด้านท้อง และมีช่องเหงือกเห็นได้ชัดเจน ส่วนปลากระดูกแข็งมีลำตัวแบนจากด้านข้าง และไม่เห็นช่องเหงือกเพราะมีแผ่นปิดเหงือก (operculum)

- ฉลามซึ่งเป็นปลาระดุกอ่อนมีบทบาทอย่างไรในระบบนิเวศ
✎ เป็นผู้ล่าที่สำคัญในระบบนิเวศ
- นักเรียนคิดว่าการรับประทานหุฉลามจะมีผลต่อระบบนิเวศในทะเลอย่างไร
✎ การรับประทานหุฉลามจะต้องฆ่าฉลามเพื่อนำครีบของฉลามมาใช้ปรุงอาหารทำให้มีผลกระทบต่อสายใยอาหารของระบบนิเวศในทะเล นอกจากนี้การล่าฉลามเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ประชากรฉลามลดลง และอาจนำไปสู่การสูญพันธุ์ของฉลามได้
- มีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหาจำนวนปลาระดุกแข็งที่มีแนวโน้มลดลง
✎ เพาะพันธุ์เพื่อขยายเพิ่มจำนวนปลาและรณรงค์การใช้เครื่องมือจับปลาที่ถูกต้องตามกฎหมาย รวมทั้งไม่จับปลาในฤดูวางไข่ เป็นต้น
- ปลาระดุกอ่อนและปลาระดุกแข็งมีลักษณะใดบ้างที่แตกต่างกัน
✎ ปลาระดุกอ่อนมีช่องเหงือกเห็นได้ชัดเจน แต่ช่องเหงือกของปลาระดุกแข็งจะมีแผ่นปิดเหงือกปิดอยู่จึงมองไม่เห็นช่องเหงือก นอกจากนี้กระดูกของปลาระดุกอ่อนไม่มีสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตเหมือนปลาระดุกแข็ง



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ปลาตีนเป็นปลาระดุกแข็ง พบอยู่ทั่วไปตามป่าชายเลนซึ่งมีโคลน ปลาตีนสามารถเคลื่อนที่บนโคลนได้โดยใช้ครีบ และมือวิหะที่ข้างเหงือกซึ่งสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ จึงทำให้สามารถดำรงชีวิตบนบกได้ระยะหนึ่ง แต่ยังคงใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

ครูนำเข้าสู่หัวข้อสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก โดยอาจใช้รูป 23.63 ซึ่งเป็นรูปของปลาปอดและอธิบายเกี่ยวกับการมีปอดของปลาปอดซึ่งเป็นหลักฐานหนึ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับการเกิดวิวัฒนาการของสัตว์ที่ดำรงชีวิตในน้ำเพื่อขึ้นมาดำรงชีวิตบนบก จากนั้นครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปตัวอย่างของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก เช่น กบ เขียด อึ่งอ่าง ซาลาแมนเดอร์ งูดิน หรือรูป 23.64 และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยอาจใช้คำถาม ดังนี้

- สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกสามารถดำรงชีวิตบนบกได้ตลอดช่วงชีวิตหรือไม่ อย่างไร
- ✎ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกไม่สามารถดำรงชีวิตบนบกได้ตลอดช่วงชีวิต โดยในระยะตัวอ่อนจะอาศัยอยู่ในน้ำ แต่เมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัยจึงจะดำรงชีวิตบนบกได้
- เพราะเหตุใดสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจึงต้องวางไข่ในน้ำหรือบริเวณที่มีความชื้น
- ✎ ไข่ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกไม่มีเปลือกแข็งหุ้ม หากอยู่ในที่แห้งจะทำให้สูญเสียความชื้นได้รวดเร็ว จึงทำให้สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกต้องวางไข่ในน้ำหรือบริเวณที่มีความชื้น
- ในช่วงเวลาประมาณ 30 ปีที่ผ่านมา มีรายงานว่าสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด
- ✎ อาจเป็นเพราะแหล่งที่อยู่โดยเฉพาะแหล่งน้ำเสื่อมโทรม หรือเป็นมลพิษ และอาจเป็นเพราะมนุษย์นิยมจับสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมาจากแหล่งธรรมชาติเพื่อใช้ประกอบอาหารมากขึ้น จึงส่งผลให้มีจำนวนประชากรลดลง

สัตว์เลื้อยคลาน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปตัวอย่างของสัตว์เลื้อยคลาน เช่น เต่า ตะพาบน้ำ จิ้งจก จระเข้ หรือรูป 23.65 และให้ร่วมกันอภิปรายโดยอาจใช้คำถาม ดังนี้

- สัตว์เลื้อยคลานมีลักษณะใดบ้างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตบนบก
- ✎ มีผิวหนังปกคลุมด้วยเกล็ดซึ่งมีสารเคราตินเป็นองค์ประกอบช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ มีการปฏิสนธิภายใน และไข่มีเปลือกแข็งหุ้ม
- นักเรียนคิดว่าสัตว์เลื้อยคลานมีประโยชน์อย่างไรบ้าง จงอธิบาย
- ✎ สัตว์เลื้อยคลานมีประโยชน์ต่อมนุษย์ในแง่ของการควบคุมโดยชีววิธี เช่น เป็นผู้ล่าสัตว์ที่ทำลายศัตรูพืชบางชนิด เช่น งูล่าหนูนา หรือเป็นผู้ล่าแมลงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ เช่น จิ้งจก ตั๊กแตน จิ้งเหลน กิ้งก่า นอกจากนี้ยังเป็นอาหารของมนุษย์ เช่น แย้ จระเข้ ตะพาบน้ำ เป็นต้น

ครูอาจใช้คำถามเพื่อให้เปรียบเทียบลักษณะของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน ดังนี้

- สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลานมีลักษณะใดบ้างที่แตกต่างกัน
- ✎ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลานมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังตาราง

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	สัตว์เลื้อยคลาน
- ผิวหนังเปียกชื้น - ปฏิสนธิภายนอกในร่างกาย - วางไข่ในน้ำ - ไข่มีวุ้นหุ้ม	- ผิวหนังมีเกล็ดปกคลุม - ปฏิสนธิภายในร่างกาย - วางไข่บนบก - ไข่มีเปลือกแข็งหุ้ม

สัตว์ปีก

ครูอาจใช้รูปนำบทที่ 7 ในหนังสือเรียนชีววิทยาเล่ม 2 ซึ่งเป็นรูปของ Archaeopteryx ซึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่อาจมีบรรพบุรุษร่วมระหว่างสัตว์เลื้อยคลานกับนกในปัจจุบัน เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียน จากนั้นครูใช้รูป 23.66 และ 23.67 เพื่อให้สังเกตลักษณะทั่วไปของสัตว์ปีก และอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการดำรงชีวิตและบทบาทของสัตว์ปีกที่มีต่อมนุษย์และระบบนิเวศ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและตอบคำถาม โดยอาจใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

- หลักฐานใดที่สนับสนุนว่าสัตว์ปีกและสัตว์เลื้อยคลานในปัจจุบันมีบรรพบุรุษร่วมกัน
- ✎ หลักฐานที่แสดงว่าสัตว์ปีกและสัตว์เลื้อยคลานน่าจะมีบรรพบุรุษร่วมกัน คือ การค้นพบซากดึกดำบรรพ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสัตว์เลื้อยคลาน คือ มีเกล็ดที่ขา มีกรงเล็บ มีฟัน และมีหางยาว เป็นต้น แต่มีปีกซึ่งมีขนแบบขนนก
- สัตว์ปีกมีวิวัฒนาการที่เหมาะสมต่อการอยู่บนบกและบินได้อย่างไร
- ✎ สัตว์ปีกมีกระดูกที่มีรูพรุนทำให้น้ำหนักเบา ขนนกมีลักษณะเบา แข็งแรง มีสารเคราตินเคลือบ ทำให้เหมาะสมต่อการบินในอากาศ
- ในท้องถิ่นของนักเรียนมีนกชนิดใดบ้างและนกเหล่านี้มีความสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร
- ✎ คำตอบในข้อนี้ขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่นที่นักเรียนอาศัยอยู่แต่โดยรวมแล้วนกมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแตกต่างกัน เช่น นกบางชนิดกินหนอนหรือแมลง บางชนิดกินเมล็ดพืชเมื่อบินไปในที่ต่างๆ จะถ่ายอุจจาระออกมาเป็นการช่วยกระจายพันธุ์พืชอีกวิธีหนึ่งและนกยังเป็นอาหารของสัตว์อื่น

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

ครูใช้รูป 23.68 เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม โดยอาจให้นักเรียนสังเกตลักษณะของสัตว์ในรูปเพื่อสรุปลักษณะร่วมที่พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ได้แก่ การมีขนแบบขนเส้นเดี่ยว การมีต่อมน้ำนม จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมในกลุ่มต่างๆ คือ กลุ่มที่ออกลูกเป็นไข่ กลุ่มที่ตั้งท้องระยะสั้นโดยตัวอ่อนที่ออกมาจะต้องอาศัยอยู่ในถุงหุ้มที่ท้องระยะหนึ่งจึงจะสามารถดำรงชีวิตได้ด้วยตัวเอง และกลุ่มที่มีรกซึ่งตัวอ่อนจะเจริญอยู่ภายในมดลูกของแม่และได้รับสารอาหารผ่านทางรก โดยให้ศึกษาทั้งในแง่การดำรงชีวิตและบทบาทที่สำคัญของกลุ่มสิ่งมีชีวิตดังกล่าวในระบบนิเวศ และให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย และตอบคำถามโดยใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้

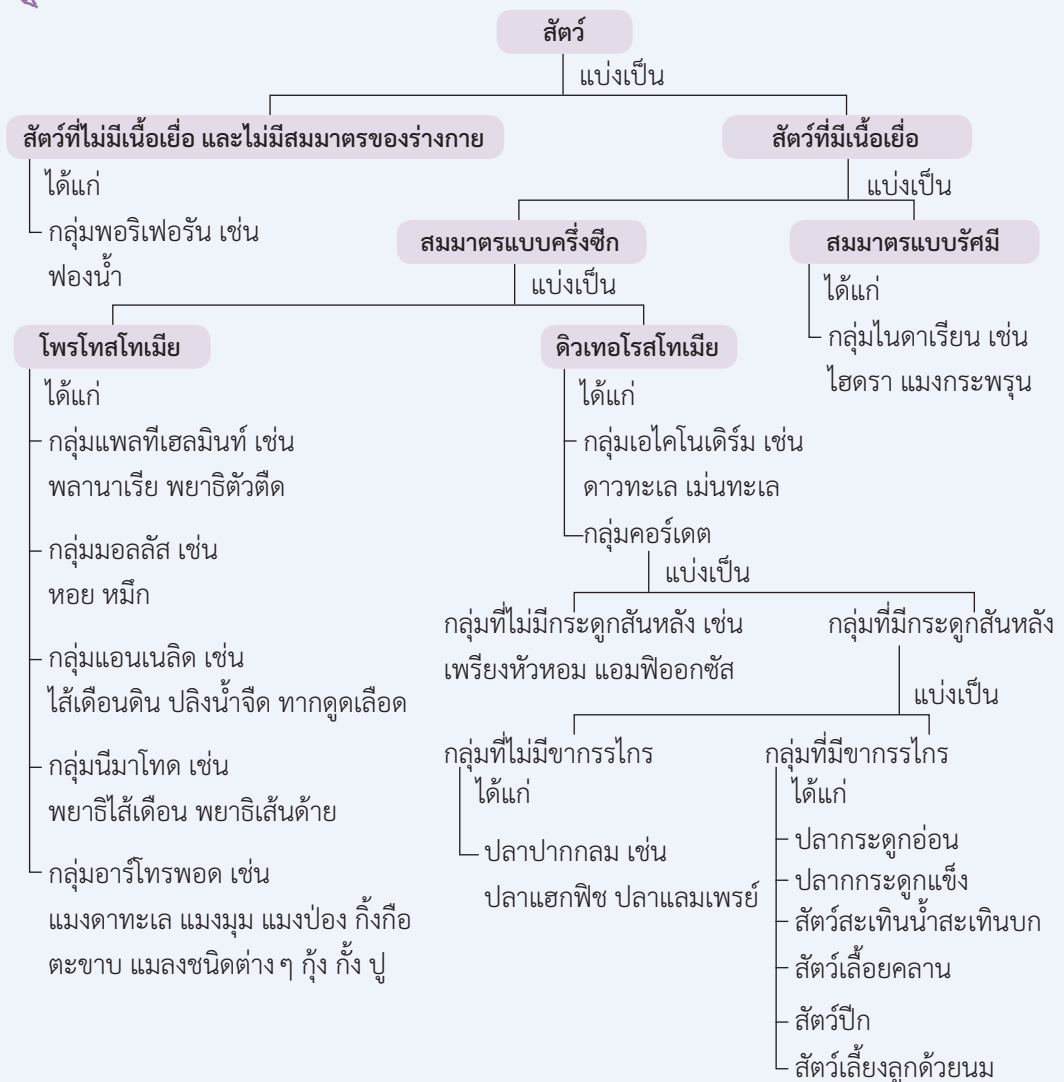
- ลักษณะใดของตุ่นปากเป็ดที่ใกล้เคียงกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มอื่น
- ✎ ตุ่นปากเป็ดออกลูกเป็นไข่ที่มีเปลือกแข็งหุ้มเช่นเดียวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มอื่น ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มอื่น อย่างไรก็ตามตุ่นปากเป็ดมีต่อมน้ำนมสำหรับเลี้ยงลูกเช่นเดียวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มอื่นๆ
- ยกตัวอย่างสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มที่ออกลูกเป็นไข่ กลุ่มที่ตั้งท้องระยะสั้นโดยตัวอ่อนที่ออกมาจะต้องอาศัยอยู่ในถุงหุ้มที่ท้องระยะหนึ่งจึงจะสามารถดำรงชีวิตได้ด้วยตัวเอง และกลุ่มที่มีรกซึ่งตัวอ่อนจะเจริญอยู่ภายในมดลูกของแม่ และได้รับสารอาหารผ่านทางรก
 - ✎ - กลุ่มที่ออกลูกเป็นไข่ เช่น ตุ่นปากเป็ด ตัวกินนมดมีหนาม
 - กลุ่มที่ตั้งท้องระยะสั้นโดยตัวอ่อนที่ออกมาจะต้องอาศัยอยู่ในถุงหุ้มที่ท้องระยะหนึ่งจึงจะสามารถดำรงชีวิตได้ด้วยตัวเอง เช่น จิงโจ้ โคอาลา
 - กลุ่มที่มีรกซึ่งตัวอ่อนจะเจริญอยู่ภายในมดลูกของแม่ และได้รับสารอาหารผ่านทางรก เช่น โลมา วาฬ ลิง ช้าง รวมทั้งมนุษย์
- ลิง อูรังอุตัง ชิมแปนซี และมนุษย์จัดอยู่ในกลุ่มที่มีรกซึ่งตัวอ่อนจะเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ภายในมดลูกของแม่ ลักษณะใดบ้างของลิง อูรังอุตัง ชิมแปนซี และมนุษย์ที่แตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มอื่น
- ✎ ลิง อูรังอุตัง ชิมแปนซี และมนุษย์ มีมือและเท้าสำหรับยึดเกาะ นิ้วหัวแม่มือพับขวางมีสมองขนาดใหญ่ มีตามองไปข้างหน้า มีเล็บแบนทั้งนิ้วมือและนิ้วเท้า ทำให้มือสามารถจับสิ่งของและยึดเกาะได้ดี

หลังจากที่นักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับสัตว์แล้ว ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ โดยการเขียนผังมโนทัศน์แสดงการจำแนกสัตว์เป็นกลุ่มย่อยตามเกณฑ์ที่ได้เรียนรู้มาข้างต้น และ ยกตัวอย่างสัตว์ในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้เกิดแนวคิดที่ชัดเจน



ตรวจสอบความเข้าใจ

? เขียนผังมโนทัศน์เพื่อแสดงการแบ่งกลุ่มของสัตว์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสัตว์ในแต่ละกลุ่ม



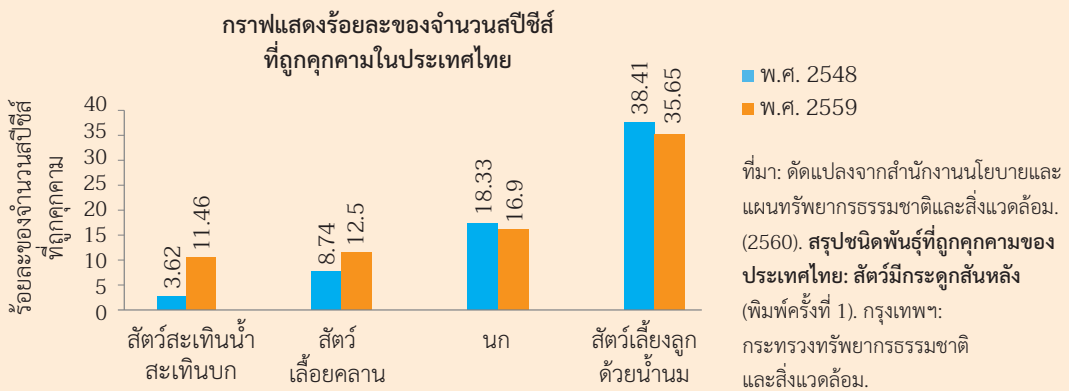
ครูอาจเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยให้นักเรียนศึกษาและอภิปรายกรณีศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิดในประเทศไทย



กรณีศึกษา

การศึกษาสัตว์มีกระดูกสันหลังที่ถูกคุกคามในประเทศไทย

จากการสำรวจสปีชีส์สัตว์มีกระดูกสันหลังในประเทศไทย และประเมินชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามหรือสปีชีส์ที่ถูกคุกคาม (threatened species) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 ผลแสดงดังกราฟ



? การประเมินสปีชีส์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทยปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์เลื้อยคลานมีร้อยละของชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามสูงขึ้น ในขณะที่สัตว์ปีกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีร้อยละของชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามลดลง

? การถูกคุกคามของสัตว์มีกระดูกสันหลังในประเทศไทยน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง

การถูกคุกคามอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การล่าที่มากเกินไป แหล่งที่อยู่อาศัยถูกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

พะยูนในประเทศไทย

พะยูน (Dugong dugon) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม พบอาศัยตามชายฝั่งที่มีหญ้าทะเลเจริญอยู่เนื่องจากเป็นอาหารหลักของพะยูน พะยูนเป็นสัตว์รักสงบ ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่กับคู่ของมัน แต่บางครั้งอาจพบอยู่รวมกันเป็นฝูง แม้ว่าพะยูนสามารถอยู่ใต้น้ำได้หลายนาทีก แต่ต้องโผล่ขึ้นมาหายใจที่ระดับผิวน้ำเป็นครั้งคราว ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้ทำการประเมินสถานภาพของชนิดพันธุ์โดยใช้หลักการจัดทำ Red List of Threatened Species ของสหภาพสากลว่าด้วยการอนุรักษ์ (IUCN) พบว่าพะยูนถูกจัดให้เป็นสัตว์ที่อยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง สาเหตุหลักที่ทำให้พะยูนในประเทศไทยลดลง มาจากการเสียชีวิตเนื่องจากติดเครื่องมือในการทำประมง โดยเฉพาะอวนชนิดต่าง ๆ ทำให้พะยูนไม่สามารถขึ้นมาหายใจได้ หรือเกิดการบาดเจ็บและทำให้เสียชีวิตในที่สุด ในปี พ.ศ. 2562 มีลูกพะยูนที่ถูกตั้งชื่อว่ามาเรียมซึ่งพลัดหลงจากแม่และมีอาการเจ็บป่วย ได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานของรัฐและชุมชนเป็นอย่างดี แต่สุดท้ายมาเรียมก็เสียชีวิตลง และเมื่อทีมแพทย์ผ่าพิสูจน์มาเรียมพบว่าภายในทางเดินอาหารมีถุงพลาสติกอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มาเรียมเกิดอาการเจ็บป่วยและตายไปในที่สุด

? การลดจำนวนลงของพะยูนในประเทศไทยมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง

 สาเหตุหนึ่งของการลดจำนวนของพะยูนมาจากการติดเครื่องมือในการทำประมง โดยเฉพาะอวนชนิดต่าง ๆ ทำให้พะยูนไม่สามารถขึ้นมาหายใจได้ หรือเกิดการบาดเจ็บและทำให้เสียชีวิตในที่สุด นอกจากนี้อาจมีสาเหตุจากการลดจำนวนลงของแหล่งอาหาร เช่น หญ้าทะเล

? ตามรายงานของ สผ. เกี่ยวกับการประเมินสถานภาพของพะยูนในประเทศไทยทั้งในปี พ.ศ. 2548 และ 2559 พบว่าอยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง นักเรียนคิดว่าสถานภาพของพะยูนในไทยในอนาคตจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

 จากปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 สถานภาพพะยูนในประเทศไทยยังคงอยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง หากยังคงไม่มีการตระหนักและมีการอนุรักษ์ที่เหมาะสม สถานภาพของพะยูนในประเทศไทยอาจแย่ลงได้ เช่น อาจเปลี่ยนเป็นสูญพันธุ์ในธรรมชาติ แต่หากมีอนุรักษ์ การรณรงค์ให้ทำประมงอย่างเหมาะสม รวมทั้งดูแลรักษาและฟื้นฟูแหล่งที่อยู่อาศัย และแหล่งอาหารของพะยูนก็อาจทำให้สถานภาพของพะยูนในไทยเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้นได้

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ลักษณะสำคัญของสัตว์ และการแบ่งกลุ่มของสัตว์ จากการอภิปรายร่วมกัน และการตอบคำถาม
- ลักษณะสำคัญของสัตว์ในแต่ละกลุ่ม จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการตอบคำถาม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท จากการตอบคำถาม การนำเสนอข้อมูล และการอภิปราย
- การพยากรณ์ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการอภิปรายในกรณีศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลังในประเทศไทย
- ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการใช้งานสารสนเทศเพื่อสืบค้นข้อมูล และเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่น อย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง จากการทำงานกลุ่ม การแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน ความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกัน การบริหารจัดการงานที่ได้รับมอบหมายให้ลุล่วง
- ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จากการใช้ในการทำงานเพื่อการสืบค้น การรวบรวม และการจัดการข้อมูลเพื่อนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความรอบคอบ วัตถุวิสัย จากการสืบค้นข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล
- ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน จากการสืบค้นข้อมูล การตอบคำถาม การนำเสนอ และการอภิปราย

23.3 การศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการในการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ตามระบบของลินเนียส
2. ยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากลำดับชั้นใหญ่จนถึงลำดับชั้นเล็กตามระบบของลินเนียส
3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายความสำคัญของชื่อวิทยาศาสตร์ และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์
4. อธิบายความสำคัญของการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ และวิธีการระบุ
5. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด
6. อภิปรายความสัมพันธ์ของการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่หัวข้อการศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต โดยอาจใช้รูป 23.69 และอภิปรายร่วมกับนักเรียนโดยใช้คำถาม ดังนี้

- โลมาเป็นปลาหรือไม่
- โลมาและฉลามจัดเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ถ้าสำรวจความเข้าใจของคนทั่วไป จะยังพบว่ามีความเข้าใจว่าโลมาเป็นปลาอยู่หรือไม่

คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลายตามประสบการณ์ของแต่ละคน จากนั้นครูอาจจัดทำใบความรู้เกี่ยวกับโลมาและปลาดาวให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม และให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะของโลมาและปลาดาวว่าเป็นอย่างไร มีลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่าอะไร จากนั้นครูอธิบายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าการศึกษาที่ทำให้สามารถจำแนกโลมาและปลาดาวได้อย่างถูกต้อง คือ ศาสตร์ทางด้านอนุกรมวิธานที่มีกระบวนการพื้นฐาน คือ การจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ

ครูอาจยกตัวอย่างการจัดการหนังสือในห้องสมุด หรือการจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกระบวนการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ โดยครูอาจแจกเอกสารที่มีข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการห้องสมุด หรือรูปการจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ และให้นักเรียนบอกส่วนของข้อมูลในเอกสารที่เป็นการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ ดังตัวอย่างที่ 1 และ 2 จากนั้นให้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการจำแนก การตั้งชื่อ การระบุ และความสำคัญของแต่ละกระบวนการ

ตัวอย่างที่ 1

ห้องสมุด

เมื่อมีหนังสือใหม่เพิ่มเข้ามาในห้องสมุด บรรณารักษ์จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหนังสือแต่ละเล่มทั้งชื่อหนังสือ ลักษณะเนื้อหา ชื่อผู้แต่ง ครั้งที่จัดพิมพ์ และพิจารณาเพื่อจำแนกหนังสือใหม่นี้ไว้ในหมวดหมู่ที่เป็นประเภทเดียวกัน เช่น ประวัติศาสตร์ ภาษาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยก่อนนำไปวางที่ชั้นหนังสือตามหมวดหมู่ บรรณารักษ์จะต้องจัดทำหัตถเฉพาะสำหรับหนังสือแต่ละเล่ม



การจำแนก



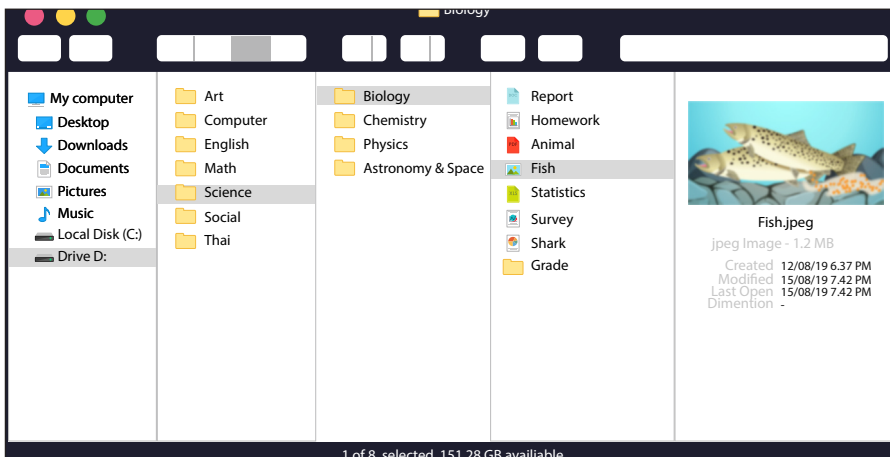
การตั้งชื่อ

เมื่อผู้ใช้บริการต้องการค้นหาหนังสือในห้องสมุด สามารถใช้ลักษณะหนังสือเป็นคำค้นจากระบบสารสนเทศของห้องสมุด จะได้รับหัตถเฉพาะซึ่งระบุตำแหน่งหนังสือเล่มที่ต้องการได้ง่ายและรวดเร็ว



การระบุ

ตัวอย่างที่ 2



การจำแนก : การแยกประเภทของไฟล์เอกสารโดยมีการจัดเก็บไว้เป็นโฟลเดอร์ และในแต่ละโฟลเดอร์อาจมีโฟลเดอร์ย่อยๆ เพื่อแยกประเภทของไฟล์เอกสารที่เก็บในโฟลเดอร์นั้นอีก

การตั้งชื่อ : ไฟล์เอกสารและโฟลเดอร์จะมีการตั้งชื่อ และในโฟลเดอร์เดียวกันจะไม่สามารถตั้งชื่อซ้ำได้

การระบุ : เมื่อมีผู้ที่ต้องการค้นหาไฟล์เอกสาร จะต้องทราบประเภทของไฟล์เอกสารนั้นๆ เพื่อจะได้ค้นหาชื่อโฟลเดอร์ที่ไฟล์นั้นจัดเก็บอยู่ได้ถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว

จากการอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน ควรสรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบการจัดการข้อมูลต่าง ๆ จำนวนมากทั้งในห้องสมุดและการจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์นั้น การจำแนกและการตั้งชื่อจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถหาข้อมูลได้อย่างเป็นระบบและรวดเร็ว ในงานอนุกรมวิธานซึ่งมีข้อมูลของสิ่งมีชีวิตจำนวนมากก็มีการจำแนกและการตั้งชื่อ ซึ่งทำให้เราสามารถจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตได้อย่างเป็นระบบ และสามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องชัดเจนเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุในงานอนุกรมวิธานจะมีหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีการที่เป็นรูปแบบมาตรฐาน ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถปฏิบัติและเข้าใจไปในทิศทางเดียวกันได้

23.3.1 การจำแนกสิ่งมีชีวิต

ครูอธิบายเกี่ยวกับหลักการในการจำแนกสิ่งมีชีวิต โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้เรียกว่าหน่วยอนุกรมวิธาน ซึ่งจะแบ่งเป็นลำดับขั้นต่าง ๆ ตั้งแต่ลำดับขั้นใหญ่จนถึงลำดับขั้นเล็ก โดยครูอาจยกตัวอย่างให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้ปฏิทินและเวลาเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการจำแนกเป็นลำดับขั้นใหญ่ไปเล็ก โดยให้นักเรียนลองเรียงลำดับว่าหน่วยที่ใหญ่ที่สุดของเวลาที่เห็นในปฏิทินคืออะไร จนกระทั่งถึงหน่วยที่เล็กที่สุดที่เห็นในนาฬิกาคืออะไร โดยคำตอบที่ได้ควรเป็นดังนี้ หน่วยที่ใหญ่ที่สุดจนถึงหน่วยที่เล็กที่สุด คือ ปี เดือน สัปดาห์ วัน ชั่วโมง นาที วินาที หรืออาจให้พิจารณาแผนที่โลกและเรียงลำดับจนถึงบ้านของนักเรียน

จากนั้นครูอธิบายระบบการจำแนกสิ่งมีชีวิตที่ใช้กันในปัจจุบันซึ่งจำแนกออกเป็นลำดับขั้นใหญ่จนถึงลำดับขั้นเล็กลดหลั่นกันเป็น 7 ลำดับขั้น โดยใช้รูป 23.70 ซึ่งแสดงการจำแนกปลาฉลามแฮลมอนและโลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก โดยสามารถขยายเพื่อดูรายละเอียดของรูป 23.70 ได้จาก QR code และใช้ข้อมูลเพิ่มเติมในตารางประกอบการอธิบาย



ipst.me/10812

Kingdom	Animalia – สิ่งมีชีวิตในคิงดอมนี้ต้องมีลักษณะร่วมของสัตว์	
Phylum	Chordata – สัตว์ในไฟลัมนี้ต้องมีลักษณะร่วมของกลุ่มคอร์เดต	
Class	Chondrichthyes – สัตว์ในคลาสนี้ เช่น ปลาฉลาม ปลากระเบน ต้องมีลักษณะร่วมของปลากระดูกอ่อนซึ่งเป็นปลาที่มีขากรรไกร มีครีบเดี่ยวและครีบคู่ มีเกล็ดปกคลุมผิวหนัง เห็นช่องเหงือกชัดเจน และเลือกเปลี่ยนแก๊สโดยใช้เหงือก	Mammalia - สัตว์ในคลาสนี้ต้องมีลักษณะร่วมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งเป็นสัตว์ที่มีขากรรไกร มีต่อมน้ำนม มีขนแบบขนเส้นเดี่ยวปกคลุมลำตัว ใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

Order	Lamniformes – สัตว์ในอันดับนี้ เช่น ปลาฉลามแซลมอน (salmon shark มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Lamna ditropis</i>), ปลาฉลามพอบีเกิล (porbeagle shark มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Lamna nasus</i>), ปลาฉลามขาว (great white shark มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Carcharodon carcharias</i>), ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู (bigeye thresher shark มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Alopias superciliosus</i>) เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของสัตว์ในอันดับนี้ เช่น ลำตัวเป็นทรงกระบอก ส่วนหัวเป็นรูปกรวย หรือทรงกระบอก มีช่องเหงือก 5 ช่องอยู่ทางด้านข้างของส่วนหัว ไม่มีหนังตาที่อยู่ด้านในของหนังตาล่างที่เรียกว่า nictitating membrane ซึ่งจะทำหน้าที่ปิดตา ส่วนปากมีขนาดตั้งแต่ค่อนข้างกว้างจนถึงกว้างมาก มีครีบหลัง 2 อัน ซึ่งครีบหลังไม่มีสันยื่นจากผิวหนังของเกล็ด มีครีบอกขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ มีครีบสะโพกขนาดเล็กจนถึงขนาดค่อนข้างใหญ่ มีครีบก้น และมีครีบหาง 2 แฉกที่ขนาดไม่เท่ากันโดยครีบหางส่วนหลัง (dorsal lobe) มีขนาดยาว ส่วนครีบหางส่วนท้อง (ventral lobe) มีขนาดสั้นกว่าหรืออาจไม่มีเลย	Cetacea - สัตว์ในอันดับนี้ เช่น โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก (indo-pacific bottlenose dolphin มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Tursiops aduncus</i>), โลมาปากขวดธรรมดา (common bottlenose dolphin มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Tursiops truncatus</i>), วาฬเพชฌฆาต (killer whale dolphin มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Orcinus orca</i>), วาฬสีน้ำเงิน (blue whale มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>balaenoptera musculus</i>) เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของสัตว์ในอันดับนี้ เช่น มีครีบข้างลำตัว (flipper) คล้ายใบพาย มีครีบหาง (fluke) เป็นแผ่นแบนในแนวนอน มีจะงอยปาก (beak) มีช่องหายใจ (blowhole) อยู่ส่วนบนของหัว มีท่อหายใจกับช่องปากแยกกัน ไม่มีต่อมเหงื่อ สัตว์ในอันดับนี้มีขนาดตั้งแต่ 1.2 – 30 เมตร ลำตัวอาจมีสีขาว ดำ เทา น้ำเงินเทา หรือชมพู และส่วนใหญ่จะมีลายหรือจุดกระจายที่ลำตัว
-------	---	---

Family	Lamnidae – สัตว์ในแฟมิลีนี้ เช่น ปลาฉลามแฮลมอน, ปลาฉลามพอบิเกล, ปลาฉลามขาว เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของสัตว์ในแฟมิลีนี้ เช่น ลำตัวเป็นรูปทรงกระสวย ส่วนหัวมีขนาดยาวแต่สั้นกว่าลำตัว จะงอยปากยาวแหลมเป็นทรงกรวย ตามีขนาดค่อนข้างใหญ่ ปากมีขนาดใหญ่ มีช่องเหงือกขนาดใหญ่ มีฟันขนาดใหญ่ ครีบหลังอันแรกมีขนาดใหญ่ ครีบหลังอันที่สองและครีบก้นมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับครีบหลังอันแรก ครีบอกมีลักษณะยาวและแคบ ครีบสะโพกมีขนาดเล็กกว่าครีบหลังอันแรกแต่ใหญ่กว่าครีบหลังอันที่สองและครีบก้น ครีบหางมีลักษณะคล้ายพระจันทร์เสี้ยว	Delphinidae - สัตว์ในแฟมิลีนี้ เช่น โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก, โลมาปากขวดธรรมดา, วาฬเพชฌฆาต เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของสัตว์ในแฟมิลีนี้ เช่น ลำตัวมีขนาดตั้งแต่ 1.5–10 เมตร ส่วนใหญ่เพศผู้มีขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย ภายในส่วนหน้าของหัวมีโครงสร้างที่เรียกว่า melon ทำให้มีลักษณะนูนออกมาเหนือจะงอยปาก ส่วนใหญ่มีลำตัวเป็นมันเงา ครีบหลังมีลักษณะยาวและโค้งไปทางด้านหลัง
Genus	<i>Lamna</i> - สัตว์ในจีนัสนี้ เช่น ปลาฉลามแฮลมอน, ปลาฉลามพอบิเกล เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของสัตว์ในจีนัสนี้ เช่น ลำตัวอ้วน ปากมีลักษณะโค้งแบบมุกกว้าง และมีจะงอยปากเป็นรูปทรงกรวย ส่วนต้นของครีบหลังอันแรกมีตำแหน่งเยื้องไปทางด้านหลังของครีบสะโพก ครีบก้นมีตำแหน่งอยู่ตรงกับครีบหลังอันที่สอง	<i>Tursiops</i> - สัตว์ในจีนัสนี้ เช่น โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก, โลมาปากขวดธรรมดา เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของสัตว์ในจีนัสนี้ เช่น ลำตัวมีสีน้ำเงินเข้มอมเทา ขนาดลำตัวใหญ่เพรียว ยาวเป็นทรงกระสวย รูปร่างค่อนข้างอ้วน จะงอยปากค่อนข้างสั้นใหญ่ ครีบหลังขนาดค่อนข้างใหญ่เป็นรูปโค้งอยู่กึ่งกลางหลัง ส่วนจมูกโดยมากจะแหลมยาวเหมือนปากขวด
Species	<i>Lamna ditropis</i> - ปลาฉลามแฮลมอน พบแถบภาคเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก ตัวโตเต็มวัยจะมีสีเทาจนถึงดำไปทั้งตัว ครีบหลังอันแรกมีสีดำสม่ำเสมอ ด้านท้องของปลาจะมีสีขาวและรอยจุดสีเข้มกระจายอยู่ มีจะงอยปากสั้นกว่าจะงอยปากของปลาฉลามพอบิเกล	<i>Tursiops aduncus</i> - โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก พบในพื้นที่อากาศอบอุ่นและพื้นที่เขตร้อน เช่น ในประเทศไทย ส่วนโลมาปากขวดธรรมดาพบในมหาสมุทรแอตแลนติก ซึ่งเป็นพื้นที่อากาศหนาวเย็น และโลมาปากขวดอินโดแปซิฟิกมีจุดสีเทาเข้มประปรายตามลำตัวด้านข้างและด้านท้อง และมีขนาดลำตัวเล็กกว่าโลมาปากขวดธรรมดา

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



จากรูป 23.70 สิ่งมีชีวิตในคิงดอม Animalia ชนิดใดที่ไม่ถูกจำแนกไว้ในไฟลัม Chordata เพราะเหตุใด



สัตว์ที่ไม่ถูกจำแนกไว้ในไฟลัมคอร์ดาตา คือ กุ้ง หอยทาก ฝีเลื้อ พลาณาเรีย ดาวทะเล แมงกะปุน และฟองน้ำ เพราะไม่มีโนโทคอร์ด ท่อประสาทกลางทางด้านหลัง ลูกคอหอย และหาง ซึ่งเป็นลักษณะร่วมของสัตว์ในกลุ่มคอร์เดเต



จากรูป 23.70 สัตว์ในคลาส Chondrichthyes มีลักษณะใดร่วมกันบ้าง และสัตว์ในคลาส Mammalia มีลักษณะใดร่วมกันบ้าง



คลาส Chondrichthyes มีลักษณะร่วม คือ เป็นปลากระดูกอ่อนที่มีขากรรไกร ส่วนคลาส Mammalia เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ที่มีลักษณะร่วม คือ มีโครงร่างแข็ง มีขนแบบขนเส้นเดียว มีปอดและรยางค์ มีถุงน้ำนมคร่ำ และต่อมน้ำนม เป็นต้น



หน่วยอนุกรมวิธานลำดับชั้นใดที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด
คิงดอม



แนวความคิด ครูให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับชั้นในรูป 23.70 เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าเมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าในลำดับชั้นคิงดอมมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด



หน่วยอนุกรมวิธานลำดับชั้นใดที่สิ่งมีชีวิตมีจำนวนลักษณะร่วมมากที่สุด
สปีชีส์



แนวความคิด ครูเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตที่จำแนกอยู่ในหน่วยอนุกรมวิธานเดียวกันต้องมีลักษณะร่วมกัน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบเกี่ยวกับจำนวนลักษณะร่วมในแต่ละลำดับชั้นในรูป 23.70 เพื่อให้เห็นว่าในลำดับชั้นคิงดอมมีจำนวนลักษณะร่วมน้อยที่สุด และภายในคิงดอมเดียวกันจะมีหลายไฟลัม ซึ่งแต่ละไฟลัมจะมีลักษณะร่วมที่ปรากฏในคิงดอม และมีลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตในไฟลัมนั้นๆ เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้จำนวนลักษณะร่วมในไฟลัมมีมากกว่าคิงดอม ในทำนองเดียวกันนี้ลำดับชั้นที่เล็กลงจึงมีจำนวนลักษณะร่วมที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้ในลำดับชั้นสปีชีส์จึงมีจำนวนลักษณะร่วมที่มากที่สุดเนื่องจากสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้นนี้จะมีลักษณะร่วมที่ปรากฏตั้งแต่คิงดอม ไฟลัม คลาส ออร์เดอร์ แฟมิลี จินัส และสปีชีส์

การจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากลักษณะของสิ่งมีชีวิต

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจให้นักเรียนลองจำแนกสิ่งของต่าง ๆ ในห้องเรียน เช่น โต๊ะ เก้าอี้ สมุด ดินสอ ยางลบ และให้อภิปรายว่านักเรียนมีวิธีการในการจำแนกสิ่งของต่าง ๆ เหล่านั้นเป็นหมวดหมู่อย่างไร จากนั้นครูอาจเชื่อมโยงไปยังรูปนำบทที่แสดงการเก็บรวบรวมตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตในพิพิธภัณฑ์ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่ ซึ่งอาจใช้ตัวอย่างคำถามเพิ่มเติมดังนี้

- การเก็บรวบรวมตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตที่จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์มีลักษณะอย่างไร
- การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่มีประโยชน์อย่างไร
- นักเรียนจะมีวิธีการจัดกลุ่มของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยจากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตจะจัดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะร่วมกันไว้ในกลุ่มเดียวกันเพื่อประโยชน์ในการศึกษากลุ่มของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ

ครูอาจให้นักเรียนลองเสนอเกณฑ์อย่างง่ายในการจำแนกโลมาและปลาฉลาม โดยคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย เช่น สัตว์ทะเล สัตว์ที่ว่ายน้ำได้ จากนั้นครูใช้รูป 23.71 เพื่อให้นักเรียนพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ของโลมาและปลาฉลาม และอธิบายเกี่ยวกับการจำแนกโลมาและปลาฉลามเมื่อใช้หลายลักษณะเป็นเกณฑ์ในการจำแนก จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 23.4 เพื่อทดลองหาวิธีการจำแนกสิ่งมีชีวิตสมมุติในกิจกรรม



กิจกรรม 23.4 การจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จุดประสงค์

1. จำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่โดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา
2. อธิบายวิธีการจำแนกสิ่งมีชีวิต

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจทำสำเนารูปของสิ่งมีชีวิตสมมุติลงในกระดาษ A4 แจกให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ในการทำกิจกรรมและการนำเสนอผลการทำกิจกรรม โดยให้นักเรียนตัดรูปของสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ แยกออกจากกัน เพื่อความสะดวกในการโยกย้ายและจัดจำแนกเป็นกลุ่ม ซึ่งในการทำกิจกรรมนี้นักเรียนจะต้องทำการจำแนกสิ่งมีชีวิต 2 ครั้ง ดังนั้นครูอาจเตรียมสำเนารูปของสิ่งมีชีวิตสมมุติให้นักเรียนเพื่อทำกิจกรรมกลุ่มละ 2 ชุด

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนและให้แต่ละกลุ่มจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยใช้ลักษณะเดียวเป็นเกณฑ์ในการจำแนก แต่ละกลุ่มจัดทำผลการจำแนก พร้อมทั้งบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก และนำมาแสดงบนกระดานหน้าชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับกลุ่มอื่น
2. แต่ละกลุ่มพิจารณาลักษณะของสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ ทั้งลักษณะที่เหมือนกันและลักษณะที่แตกต่างกันโดยละเอียด และบันทึกการมีและไม่มีลักษณะนั้นลงในตารางในข้อที่ 3 ในหนังสือเรียน โดยผลการเก็บข้อมูลลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ มีดังนี้

ลักษณะ		สปีชีส์ที่					
		1	2	3	4	5	6
	รูปร่างคล้ายหยดน้ำ	✓	✓	-	✓	-	✓
	รูปร่างทรงกระบอก	-	-	✓	-	✓	-
	ตากลมและเชื่อมกัน	✓	-	-	-	-	✓
	ตากลมและไม่เชื่อมกัน	-	✓	-	✓	-	-
	ตาหกละเอียดและไม่เชื่อมกัน	-	-	✓	-	✓	-
	ปลายแยกเป็น 3 แฉก	-	-	✓	-	✓	-
	ปลายมน	-	✓	-	✓	-	✓
	ปลายโค้ง	✓	-	-	-	-	-
	ปีก 1 คู่ ปลายปีกตรง	-	-	✓	-	✓	-
	ปีก 1 คู่ คล้ายรูปหัวใจ	✓	-	-	-	-	✓
	ปีก 2 คู่	-	✓	-	✓	-	-
	หางกลมมน	-	-	-	-	✓	-
	หางตัดตรง	-	-	✓	-	-	-
	หางเป็นแฉก	✓	✓	-	✓	-	✓
	มีข้อ มีครีบทู 1 คู่	✓	-	-	-	-	-
	มีข้อ มีครีบทู 2 คู่	-	-	✓	-	✓	-
	ไม่มีข้อ มีครีบทู 1 คู่	-	-	-	-	-	✓
	ไม่มีข้อ มีครีบทู 2 คู่	-	-	-	✓	-	-
	ไม่มีข้อ มีครีบทู 3 คู่	-	✓	-	-	-	-

3. นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางในข้อที่ 3 ในหนังสือเรียน เพื่อเปรียบเทียบจำนวนลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตและบันทึกลงตารางในข้อที่ 4 ในหนังสือเรียน โดยผลการวิเคราะห์จำนวนลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิต 6 สปีชีส์ มีดังนี้

สปีชีส์ที่	1	2	3	4	5	6
1		2 ลักษณะ	0 ลักษณะ	2 ลักษณะ	0 ลักษณะ	4 ลักษณะ
2			0 ลักษณะ	5 ลักษณะ	0 ลักษณะ	3 ลักษณะ
3				0 ลักษณะ	5 ลักษณะ	0 ลักษณะ
4					0 ลักษณะ	3 ลักษณะ
5						0 ลักษณะ
6						

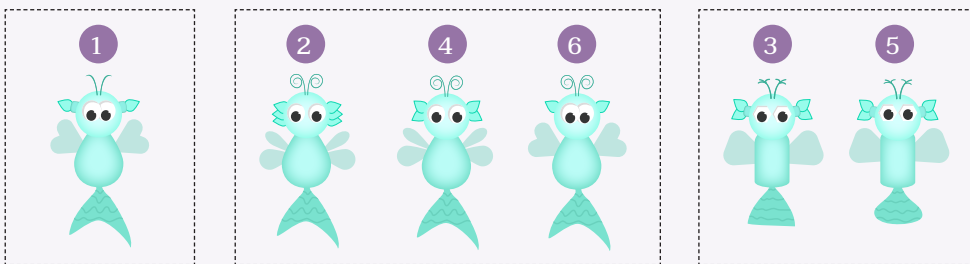
4. จากนั้นให้นักเรียนจำแนกสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ อีกครั้งโดยพิจารณาจากหลายลักษณะร่วมกัน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้จากตารางในข้อ 4 ในหนังสือเรียน และจัดทำผลการจำแนก พร้อมทั้งบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก และนำมาแสดงบนกระดานหน้าชั้นเรียน และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน

หมายเหตุ ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตสมมุติทั้ง 6 สปีชีส์โดยใช้ลักษณะเดียวเป็นเกณฑ์ อาจไม่จำเป็นต้องจำแนกเป็น 3 กลุ่ม สามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนจำแนกเป็นกี่กลุ่มก็ได้ แต่ต้องสามารถบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกได้ ส่วนการจำแนกโดยพิจารณาจากหลายลักษณะเป็นเกณฑ์ให้จำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม โดยสามารถอ้างอิงกับข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดให้ว่านักชีววิทยาได้มีการจำแนกสิ่งมีชีวิตสมมุติดังกล่าวเป็น 3 กลุ่ม

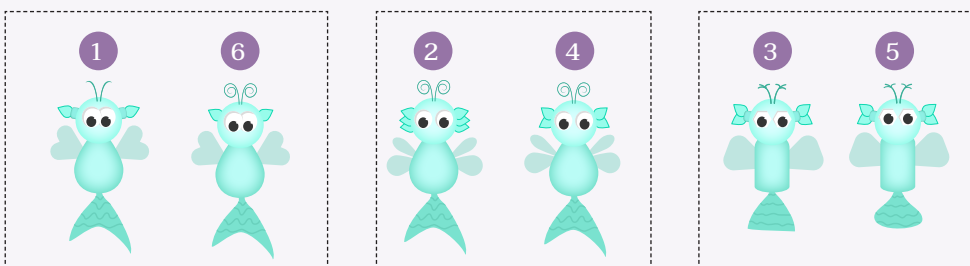
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

1) ตัวอย่างผลการจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากลักษณะเดียวเป็นเกณฑ์ อาจมีได้ดังนี้

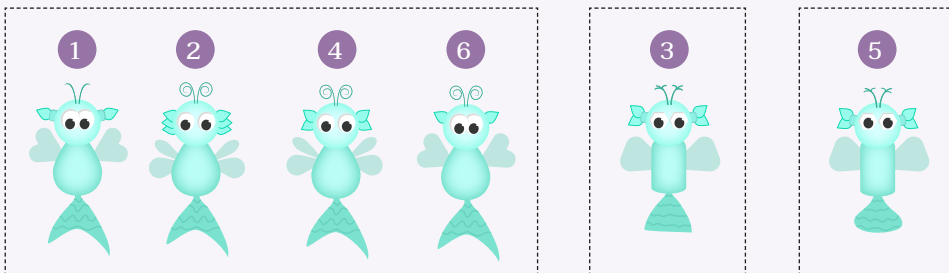
- พิจารณาจากลักษณะหนวดเป็นเกณฑ์ จำแนกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้



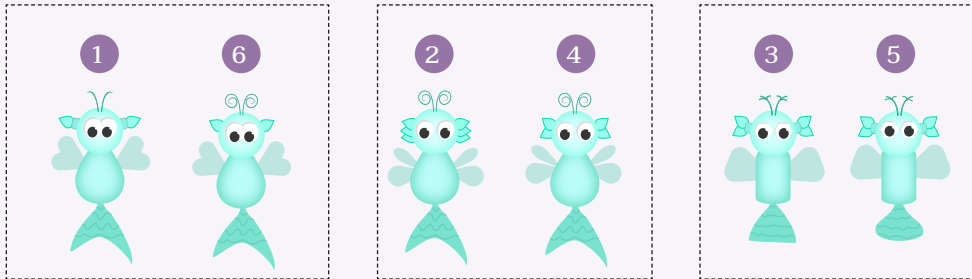
- พิจารณาจากลักษณะปีกเป็นเกณฑ์ จำแนกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้



- พิจารณาจากลักษณะหางเป็นเกณฑ์ จำแนกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้



- 2) ตัวอย่างผลการจำแนกเมื่อพิจารณาลักษณะร่วมหลายลักษณะเป็นเกณฑ์ จำแนกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้



มีลักษณะร่วม 4 ลักษณะ

- ลำตัวกลม
- หางเป็นแฉก
- ตากลมและเชื่อมกัน
- ปีก 1 คู่คล้ายรูปหัวใจ

มีลักษณะร่วม 5 ลักษณะ

- ลำตัวกลม
- หางเป็นแฉก
- ตากลมและเชื่อมกัน
- ปีก 2 คู่
- หนวดปลายม้วน

มีลักษณะร่วม 5 ลักษณะ

- ลำตัวเป็นแท่ง
- ตาหกเหลี่ยมไม่เชื่อมกัน
- ปีก 1 ปลายปีกตรง
- หนวดปลายแยกเป็น 3 แฉก
- มีข้อ มีครีบทู 2 คู่

แนวทางการอภิปราย

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการจำแนกสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามประเด็นการอภิปรายในหนังสือเรียน โดยจากการอภิปรายควรนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

- ในการเลือกใช้ลักษณะเดียวเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตจะขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของผู้จำแนกแต่ละคนว่าจะพิจารณาให้ความสำคัญกับลักษณะใดบ้างในการใช้จำแนก ซึ่งหากเลือกใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันในการจำแนก กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้ ก็จะแตกต่างกัน
- เมื่อทำการพิจารณาลักษณะต่างๆ หลายลักษณะ จะทำให้เห็นถึงลักษณะที่แตกต่าง กัน และลักษณะร่วมกันของสิ่งมีชีวิต ซึ่งทำให้กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้ของ นักเรียนแต่ละกลุ่มน่าจะมี ความใกล้เคียงกันมากขึ้น

- กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้อาจจะแตกต่างกัน โดยการใช้ลักษณะเดียวในการจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นการจำแนกแบบง่าย ซึ่งเป็นวิธีการในการจำแนกในสมัยเริ่มแรก โดยภายในกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้อาจมีสมาชิกที่มีลักษณะหลากหลายแตกต่างกัน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามความเห็นของผู้จำแนกแต่ละคน และไม่ได้สะท้อนความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ในขณะที่การจำแนกซึ่งพิจารณาจากหลายลักษณะ มักแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก ๆ จะถูกจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน ซึ่งเป็นการจำแนกที่เริ่มเห็นความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากขึ้นกว่าการจำแนกโดยพิจารณาลักษณะเดียว

นอกจากนี้ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่าไม่ว่าจะเป็นการจำแนกโดยพิจารณาจากลักษณะเดียวหรือพิจารณาหลายลักษณะ ไม่มีระบบการจำแนกใดที่สามารถบอกได้ว่าถูกหรือผิดทั้งหมด ขึ้นอยู่กับองค์ความรู้ที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ทั้งนี้ระบบการจำแนกอาจมีจุดประสงค์แตกต่างกัน เช่น ในอดีตการจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่อาจมุ่งเน้นที่การนำมาใช้ประโยชน์แต่ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์มีแนวคิดในการสร้างระบบจำแนกเพื่อบ่งบอกความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการ

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ครูอาจเชื่อมโยงและให้อภิปรายเกี่ยวกับการนำแนวคิดในการจำแนกมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น การจัดระเบียบเสื้อผ้าในตู้เสื้อผ้า การจัดไฟล์ในคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้การจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่ยังเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปใช้ศึกษาและวิจัยในด้านต่าง ๆ อีกด้วย

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

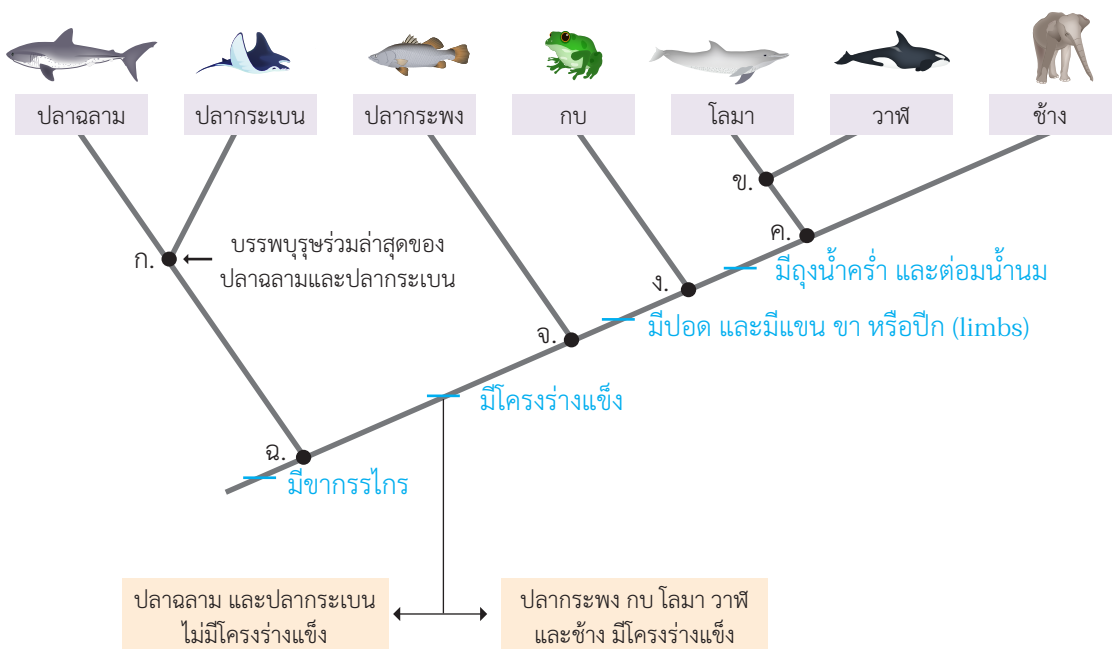
- ? หากสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 กลุ่มนี้จัดอยู่ในแฟมิลีเดียวกัน กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้มีความแตกต่างกันทางอนุกรมวิธานในลำดับขั้นใด
- ✎ สิ่งมีชีวิตทั้ง 3 กลุ่มนี้อยู่ต่างจิ้นส์กัน
- ? การพิจารณาโดยใช้ลักษณะเดียวกับการใช้หลายลักษณะร่วมกันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกจะทำให้กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ✎ กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้อาจมีความแตกต่างกัน และการจำแนกโดยพิจารณาจากหลายลักษณะร่วมกันจะสามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการได้ดีกว่าการจำแนกโดยพิจารณาลักษณะเดียว

การจำแนกสิ่งมีชีวิตกับความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการ

ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน ซึ่งอธิบายกลไกการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่าสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันเป็นรุ่นลูกหลานที่มีลักษณะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตที่มีมาในอดีต โดยลักษณะที่เหมาะสมเท่านั้นจะถูกคัดเลือกให้คงอยู่ในสภาพแวดล้อม ณ ขณะนั้น โดยครูเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับวิวัฒนาการและการจำแนกสิ่งมีชีวิต โดยอาจใช้คำถามถามนักเรียนว่า **การจำแนกสิ่งมีชีวิตกับวิวัฒนาการมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร**

จากการอภิปรายควรนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่ถูกจัดไว้เป็นกลุ่มเดียวกันเนื่องจากมีลักษณะต่าง ๆ จำนวนมากคล้ายคลึงกัน เป็นผลมาจากการที่ได้รับถ่ายทอดลักษณะและมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

ครูใช้รูป 23.72 แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์ที่บ่งบอกความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของสัตว์มีกระดูกสันหลังบางสปีชีส์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการที่สิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันซึ่งจัดจำแนกไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน จะมีลักษณะร่วมที่ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน โดยจากรูป 23.72 สัตว์ทั้งหมดที่อยู่ด้านหลังคำที่บ่งบอกลักษณะแสดงว่ามีลักษณะนั้น แต่ถ้าอยู่ด้านหน้าคำที่บ่งบอกลักษณะแสดงว่าไม่มีลักษณะนั้น ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง และสัตว์ที่มีลักษณะร่วมกันหลายลักษณะมีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการมากกว่าสัตว์ที่มีลักษณะร่วมกันน้อยกว่า



จากนั้นอาจใช้คำถามถามนักเรียนเพิ่มเติม ดังนี้

- ลักษณะใดเป็นลักษณะร่วมที่ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษร่วมกันของสัตว์ทั้งหมดในรูป 23.72

 การมีขากระดูก

- ลักษณะใดเป็นลักษณะร่วมที่ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษร่วมกันของโลมา วาฬ และช้าง

 การมีถุงน้ำคร่ำห่อหุ้มเอ็มบริโอ และการมีต่อมน้ำนม

จากนั้นครูอธิบายเกี่ยวกับบรรพบุรุษร่วมล่าสุดโดยใช้แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์ในรูป 23.72 และตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



จากรูป 23.72 จุด ง. จ. และ ฉ. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของสิ่งมีชีวิตใด



- จุด ง. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของ กบ โลมา วาฬ และช้าง
- จุด จ. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของ ปลากระพง กบ โลมา วาฬ และช้าง
- จุด ฉ. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของ ปลาฉลาม ปลากระเบน ปลากระพง กบ โลมา วาฬ และช้าง

ครูทบทวนความรู้เดิมในบทที่ 7 วิวัฒนาการ ในหนังสือเรียนชีววิทยาเล่ม 2 เกี่ยวกับหลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการ จากนั้นครูใช้รูป 23.73 และใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นเกี่ยวกับการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- เพราะเหตุใดโลมาและปลาฉลามซึ่งไม่ได้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการจึงมีรูปร่างลักษณะภายนอกที่คล้ายกัน

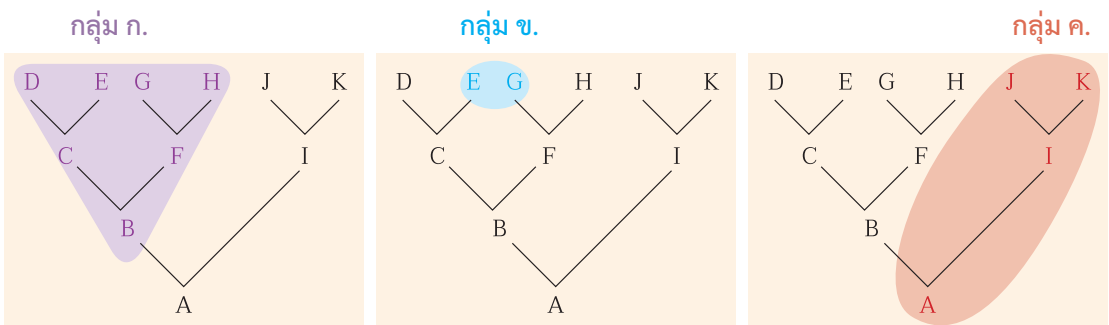
 รูปร่างลักษณะภายนอกที่คล้ายกันระหว่างโลมาและปลาฉลาม เป็นโครงสร้างกำเนิดต่างกัน (analogous structure) เนื่องจากวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษที่แตกต่างกันที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายกัน คือ อาศัยอยู่ในน้ำทะเล จึงทำให้มีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกัน

- หลักฐานที่สนับสนุนการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตมีอะไรบ้าง
- ✎ หลักฐานที่สนับสนุนการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เช่น ซากดึกดำบรรพ์
สัณฐานวิทยา กายวิภาคเปรียบเทียบ วิทยาเอ็มบริโอ ชีววิทยาโมเลกุล การแพร่กระจาย
ของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์ เป็นต้น
- อุปสรรคของการจำแนกสิ่งมีชีวิตในเชิงวิวัฒนาการมีอะไรบ้าง
- ✎ หลักฐานบางอย่าง เช่น ซากดึกดำบรรพ์ การนำมาเป็นหลักฐานอ้างอิงได้จะต้องมีชิ้นส่วนของซากดึกดำบรรพ์ที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์พอสมควรจึงจะสามารถอธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ได้ นอกจากนี้ก็อีกอุปสรรคที่สำคัญ คือ การที่ยังไม่ได้มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ที่เป็นบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตอีกหลายชนิด ทำให้ไม่สามารถเชื่อมต่อสายวิวัฒนาการย้อนกลับไปยังบรรพบุรุษร่วมล่าสุดได้อย่างสมบูรณ์

จากนั้นครูใช้รูป 23.74 อธิบายเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียวว่าเป็นการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตโดยให้รวมบรรพบุรุษร่วมล่าสุดและลูกหลานทั้งหมดของบรรพบุรุษนั้นเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการที่แท้จริงของกลุ่มสิ่งมีชีวิตนั้นๆ จากนั้นครูใช้คำถามในหนังสือเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ถ้ามีการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตเป็นกลุ่ม ก. ข. และ ค. ตามแผนภาพด้านล่าง กลุ่มสิ่งมีชีวิตใดที่แสดงถึงกลุ่มชาติพันธุ์เดียว เพราะเหตุใด



กลุ่ม ก. เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว เนื่องจากเป็นกลุ่มที่รวม B ซึ่งเป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุด และลูกหลานของ B ทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกัน ในขณะที่ กลุ่ม ข. ขาดบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของทั้ง E และ G และขาดสมาชิกบางส่วน ส่วนกลุ่ม ค. ขาดลูกหลานบางส่วน of A จึงทำให้ กลุ่ม ข. และกลุ่ม ค. ไม่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว

จากนั้นครูอธิบายและสรุปเกี่ยวกับระบบการจำแนกสิ่งมีชีวิตตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogenetic classification) เป็นระบบการจำแนกที่มีแนวความคิดบนพื้นฐานเรื่องของวิวัฒนาการ ซึ่งนำไปสู่การอธิบายว่าการที่สิ่งมีชีวิตถูกจำแนกเอาไว้ในกลุ่มเดียวกัน และมีลักษณะสำคัญในภาพรวมที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกันหรือบรรพบุรุษร่วมกัน นอกจากนี้ระบบการจำแนกตามแนวคิดนี้ยังสะท้อนความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ศึกษาว่าสิ่งมีชีวิตใดที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดทางวิวัฒนาการมาก หรือมีความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างห่างจากกัน รวมทั้งยังทำให้มองเห็นแนวทางหรือรูปแบบของวิวัฒนาการที่เกิดขึ้น ลักษณะใดเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นมาก่อนหรือเกิดขึ้นมาภายหลังในสายวิวัฒนาการ แนวความคิดในเรื่องวิวัฒนาการชาติพันธุ์นี้มีมานานแล้ว แต่เริ่มได้รับการยอมรับและเป็นที่น่าสนใจนับตั้งแต่ชาลส์ ดาร์วิน ค้นพบทฤษฎีวิวัฒนาการ ระบบการจำแนกตามแนวความคิดเรื่องวิวัฒนาการชาติพันธุ์ในอดีตใช้ข้อมูลที่หลากหลาย เช่น ลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ เป็นต้น แต่ในปัจจุบันข้อมูลที่นิยมนำมาใช้เป็นหลัก คือ ข้อมูลทางชีววิทยาโมเลกุล แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลทางสัณฐานวิทยา หรือกายวิภาคศาสตร์ก็ยังคงเป็นข้อมูลที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบกับข้อมูลทางชีววิทยาโมเลกุลเสมอ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่ยังคงพบเห็นในปัจจุบัน หรือข้อมูลจากซากดึกดำบรรพ์

จากนั้นครูใช้รูป 23.75 เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจว่าวิธีการและเครื่องมือที่ก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้ได้ข้อมูลและหลักฐานใหม่ๆ ที่อาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีการจำแนกไว้แต่เดิม โดยมีเป้าหมายเพื่อให้สามารถจำแนกสิ่งมีชีวิตให้เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว

23.3.2 การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต

ครูใช้คำถามถามนักเรียนว่าชื่อของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญอย่างไร โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่าชื่อของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญเนื่องจากสิ่งมีชีวิตในโลกนี้มีหลากหลายชนิด จึงจำเป็นต้องมีชื่อเรียกเพื่อให้รู้ว่สิ่งมีชีวิตนั้นเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด

ครูให้นักเรียนดูรูปของสิ่งมีชีวิต เช่น ฝรั่ง มะละกอ และแมลงปอ ที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละภาค แต่ละจังหวัดของประเทศไทย แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีชื่อเรียกในแต่ละภูมิภาคอย่างไร โดยจากการอภิปรายนักเรียนควรบอกได้ว่าชื่อของสิ่งมีชีวิตในแต่ละภูมิภาคอาจเรียกไม่เหมือนกัน เช่น ฝรั่งภาคอีสานเรียกบั๊กสิดา ส่วนภาคใต้เรียกชมพู จิ้งจกภาคอีสานเรียกขี้เกี่ยม ส่วนภาคใต้เรียกตีนจก

ครูอาจยกตัวอย่างชื่อของสิ่งมีชีวิตที่เป็นชื่อเดียวกันแต่หมายถึงสิ่งมีชีวิตคนละชนิด แล้วถามนักเรียนว่าเป็นชื่อของสิ่งมีชีวิตชนิดใด เช่น น้ำเต้า นักเรียนอาจตอบได้หลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน ทั้งนี้ครูอาจสรุปว่าน้ำเต้าหมายถึงพืชผักชนิดหนึ่ง แต่ในขณะเดียวกันน้ำเต้ายังเป็นชื่อที่ทางภาคใต้ใช้เรียกผลฟักทอง หรือมะลิหมายถึงดอกไม้ชนิดหนึ่ง แต่ในขณะเดียวกันมะลิยังเป็นชื่อที่ทางภาคใต้ใช้เรียกสับปะรด เป็นต้น

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าการใช้ชื่อท้องถิ่นอาจทำให้เกิดความสับสนในการเรียกได้ เนื่องจากการตั้งขึ้นเพื่อความสะดวกในการสื่อสารระหว่างกลุ่มคนในท้องถิ่นนั้น นอกจากชื่อท้องถิ่นแล้วครูอธิบายเกี่ยวกับชื่อสามัญซึ่งเป็นชื่อภาษาอังกฤษของสิ่งมีชีวิตโดยอาจใช้คำถามถามเกี่ยวกับชื่อในภาษาอังกฤษของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เช่น ชื่อภาษาอังกฤษของฟักทอง คือ phumkin เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามทั้งชื่อสามัญและชื่อท้องถิ่นก็ไม่ใช่สากล การใช้ภาษาท้องถิ่นหรือชื่อสามัญในการศึกษาสิ่งมีชีวิตเดียวกันอาจทำให้เกิดปัญหาในการสื่อความหมายให้ตรงกัน ดังนั้นจึงต้องมีการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ขึ้นเพื่อใช้สื่อสารให้เป็นระบบเดียวกัน

ตัวอย่างชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อท้องถิ่น และชื่อสามัญของสิ่งมีชีวิต เช่น

ชื่อไทย : กระเจี๊ยบแดง	ชื่อไทย : ฝรั่ง
ชื่อสามัญ : Jamaica Sorrel, Red Sorrel, Roselle, Rozelle	ชื่อสามัญ : Guava
ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Psidium guajava</i> L.
แฟมิลี : MALVACEAE	แฟมิลี : MYRTACEAE
ชื่อท้องถิ่น : กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว (ภาคกลาง) ผักแก้งเค้ง ส้มแก้งเค้ง (ภาคเหนือ) ส้มตะเลงเครง(ตาก) ส้มปู้ (ฉาน-แม่ฮ่องสอน)	ชื่อท้องถิ่น : ชมพู (ปัตตานี) มะก้วย (เชียงใหม่) มะก้วยกา มะมัน (ภาคเหนือ) มะกา (แม่ฮ่องสอน) มะจิ้น (ตาก) ย่ามู ย่าหุม (ภาคใต้) สีด้า (นครพนม)

ชื่อไทย : ขมิ้น ชื่อสามัญ : Turmaric ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Curcuma longa</i> L. แฟมิลี : ZINGIBERACEAE ชื่อท้องถิ่น : ขมิ้นชัน (ภาคกลาง) ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว(เชียงใหม่) ขี้มัน หมัน (ภาคใต้) ตายอ (กะเหรี่ยง-กำแพงเพชร) สะยอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)	ชื่อไทย : กระเทียม ชื่อสามัญ : Garlic, Common Garlic ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Allium sativum</i> L. แฟมิลี : ALLIACEAE ชื่อท้องถิ่น : กระเทียมขาว หอมขาว (อุดรธานี) เทียม หัวเทียม (ภาคใต้) หอมเทียม (ภาคเหนือ) ปะเซ้ว (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)
ชื่อไทย : ตะขบฝรั่ง ชื่อสามัญ : Calabur, Manila cherry ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Muntingia calabura</i> L. แฟมิลี : TILIACEAE ชื่อท้องถิ่น : ครบฝรั่ง (สุราษฎร์ธานี) ตะขบ ตะขบฝรั่ง (ภาคกลาง)	ชื่อไทย : หางนกยูงไทย ชื่อสามัญ : Flower fence, Peacock's crest, Pride of Barbados ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Caesalpinia pulcherrima</i> L. แฟมิลี : LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE ชื่อท้องถิ่น : ขวางยอย (นครราชสีมา) ส้มพอ (ภาคเหนือ) ซำพอ (แม่ฮ่องสอน)
ชื่อไทย : มะพร้าว ชื่อสามัญ : Coconut ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Cocos nucifera</i> L. แฟมิลี : PALMAE ชื่อท้องถิ่น : หมากอูน หมากอูน (ทั่วไป) ดุง (จันทบุรี) โพล (กะเหรี่ยง กาญจนบุรี)	ชื่อไทย : มะขาม ชื่อสามัญ : Tamarind, Indian date ชื่อวิทยาศาสตร์ : <i>Tamarindus indica</i> L. แฟมิลี : LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE ชื่อท้องถิ่น : ตะลูป (นครศรีธรรมราช) ม่องโคล้ง(กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี) มอดเล ส้ามอเกล (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) หมากแกง (ฉาน-แม่ฮ่องสอน)

ครูอาจใช้รูป 23.70 เพื่ออธิบายเกี่ยวกับชื่อวิทยาศาสตร์ในแต่ละลำดับชั้นของอนุกรมวิธาน จากนั้นอาจให้นักเรียนสังเกตความแตกต่างของชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์และลำดับชั้นอื่นเพื่อแสดงให้เห็นว่าชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์จะใช้ระบบทวินาม

ครูอาจนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับหลักการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ โดยยกตัวอย่างชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด นักเรียนควรสรุปได้ว่าการกำหนดชื่อวิทยาศาสตร์มักใช้ลักษณะของสิ่งมีชีวิต แหล่งกำเนิด สถานที่ค้นพบ ผู้ที่ค้นพบหรือศึกษาสิ่งมีชีวิตนั้น ชื่อของเทพเจ้า หรืออาจตั้งเพื่อเป็นเกียรติให้แก่บุคคล ชื่อวิทยาศาสตร์ควรมีชื่อผู้ตั้งชื่อวิทยาศาสตร์เขียนกำกับไว้เสมอเมื่อกล่าวถึงในบทความครั้งแรก บางกรณีอาจมีการระบุปีที่ตีพิมพ์ชื่อนั้นด้วย

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวในการตอบคำถามดังนี้



เพราะเหตุใดจึงใช้ภาษาละตินในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์



เพราะภาษาละตินเป็นภาษาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อใช้เป็นชื่อวิทยาศาสตร์จะเฉพาะเจาะจง และไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจึงทำให้เข้าใจตรงกัน



Potamon bhumibol Naiyanetr, 2001 เป็นชื่อของสิ่งมีชีวิตชนิดใด และคำระบุชนิดมีที่มาอย่างไร



Potamon bhumibol Naiyanetr, 2001 ชื่อไทยคือ “ปูเจ้าพ่อหลวง” เป็นชื่อของปูชนิดหนึ่ง โดย *bhumibol* ซึ่งเป็นคำระบุชนิดตั้งขึ้นเพื่อถวายพระเกียรติแด่พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร



โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิกมีชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์ จินัส และคลาส ว่าอย่างไร



โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิกมีชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์ คือ *Tursiops aduncus* ชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นจินัส คือ *Tursiops* และชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นคลาส คือ Mammalia

นอกจากนี้ครูอาจให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตที่พบเห็นบ่อย ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น ต้นไม้รอบๆ บริเวณโรงเรียน จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ โดยอาจหารูปของสิ่งมีชีวิตนั้นมาประกอบ แล้วนำมาเสนอในชั้นเรียน และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายความหมายของชื่อวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของพรรณไม้รอบๆ บริเวณโรงเรียน แล้วนำไปติดตั้งเพื่อเผยแพร่และจัดเป็นแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน หรือครูอาจเสนอแนะผู้บริหารโรงเรียนให้สมัครเป็นสมาชิกสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ซึ่งมีแนวทางในการศึกษาพรรณไม้รวมถึงชื่อวิทยาศาสตร์ของพรรณไม้ในโรงเรียนอีกด้วย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

นอกจากการตั้งชื่อแบบทวินามซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กันในปัจจุบันแล้ว ยังมีระบบในการตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตระบบอื่นอีก เช่น การตั้งชื่อแบบตรีนาม (trinomial nomenclature) และ การตั้งชื่อแบบพหุนาม (polynomial nomenclature)

การตั้งชื่อแบบตรีนามประกอบด้วยชื่อจีนัส ชื่อสปีชีส์ และชื่อในลำดับชั้นที่เล็กกว่าสปีชีส์ เช่น ซับสปีชีส์

- พันธุ์ (variety สำหรับพืช ย่อว่า var. และ breed สำหรับสัตว์) เช่น ส้มวาเลนเซีย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus sinensis* var. *valencia*
- พันธุ์ปลูก (cultivated variety ในอดีตใช้ตัวย่อว่า cv. แต่ปัจจุบันจะใช้ชื่อพันธุ์ปลูกภายใน ‘.....’) เป็นต้น เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ปลูก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* ‘KDML 105’)

การตั้งชื่อแบบพหุนามประกอบด้วยคำในภาษาละตินที่บ่งบอกลักษณะต่าง ๆ ของสปีชีส์นั้นหลายคำเรียงต่อกัน ทำให้มีความยาวมากและจดจำได้ยาก การตั้งชื่อแบบพหุนามจึงไม่เป็นที่นิยม ตัวอย่างเช่น ผึ้ง (*Apis pubescens, thorace subgriseo, abdomine fusco, pedibus posticis glabris utrinque margine ciliates*)

23.3.3 การระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต

ครูนำเข้าสู่วัตถุประสงค์ของการระบุชื่อโดยอาจใช้สถานการณ์สมมติ ดังนี้

สถานการณ์สมมติที่ 1

นักเรียนกำลังนั่งดูรายการโทรทัศน์และเห็นวงดนตรีที่ไม่รู้จัก แต่จากชื่อวงทำให้จำได้ว่าเพื่อนของนักเรียนชื่นชอบ หากนักเรียนต้องการทราบชื่อนักร้องนำของวงนี้ นักเรียนจะอย่างไร โดยคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย เช่น ถามเพื่อนที่เป็นแฟนคลับ สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

สถานการณ์สมมุติที่ 2

ครูนำรูปอัญมณีสีน้ำเงินเพื่อให้นักเรียนระบุว่าหากต้องการจะทราบค่าอัญมณีสีน้ำเงินในรูปแบบเป็นเพชรสีน้ำเงินหรือเป็นไพลิน นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร โดยคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย เช่น สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านอัญมณี สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

จากนั้นครูอธิบายว่าในการระบุชื่อสิ่งมีชีวิตก็เช่นเดียวกัน กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ต้องการทราบว่าสิ่งมีชีวิตนั้นคืออะไร ซึ่งสามารถทำได้โดยถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญโดยตรง นอกจากนี้ อีกวิธีการที่สามารถทำได้ คือ การใช้เครื่องมือไดโคโทมัสคีย์ในแต่ละลำดับขั้นของอนุกรมวิธานจะมีการจัดทำไดโคโทมัสคีย์ขึ้น โดยเมื่อต้องการทราบว่าสิ่งมีชีวิตที่สนใจคือสิ่งมีชีวิตใด โดยส่วนใหญ่จะเริ่มจากไดโคโทมัสคีย์ของลำดับขั้นที่คาดการณ์ได้ก่อน

จากนั้นครูใช้รูป 23.76 เพื่อยกตัวอย่างไดโคโทมัสคีย์และอธิบายวิธีการใช้ไดโคโทมัสคีย์โดยอาจเตรียมรูปสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ เพื่อให้นักเรียนลองระบุชนิดสิ่งมีชีวิตในรูปโดยไดโคโทมัสคีย์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังในรูป 23.76 ซึ่งเป็นไดโคโทมัสคีย์ในลำดับขั้นชั้นขับไพลิน เมื่อนักเรียนสามารถระบุขับไพลินสิ่งมีชีวิตได้แล้ว ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าเมื่อใช้ไดโคโทมัสคีย์ในลำดับขั้นต่อไป จะสามารถระบุปัสซีส์ของสิ่งมีชีวิตได้ในที่สุด

จากนั้นครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- จากตัวอย่างไดโคโทมัสคีย์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง มีลักษณะใดบ้างที่ใช้เป็นเกณฑ์ร่วมกัน และลักษณะใดบ้างที่ใช้ในการระบุกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง
- ✎ ลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ร่วมกัน ได้แก่ การมีหรือไม่มีขน การมีหรือไม่มีครีบกุ่มและช่องเหงือก และลักษณะที่จำแนกสัตว์มีกระดูกสันหลังออกเป็นกลุ่ม ได้แก่ ลักษณะขนแบบขนเส้นเดียวหรือขนแบบขนนก การมีหรือไม่มีแผ่นปิดเหงือก การมีหรือไม่มีเกล็ดที่ผิวหนัง
- การระบุชื่อโดยใช้ไดโคโทมัสคีย์เริ่มจากเกณฑ์ในข้อ 2 หรือ ข้อ 3 ก่อนโดยไม่เรียงลำดับเกณฑ์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ไม่ได้ เพราะไดโคโทมัสคีย์จะต้องเริ่มจากข้อ 1 แล้วจึงใช้ไดโคโทมัสคีย์ในข้อ 2 หรือข้อ 3 ต่อไปได้

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 23.5 เพื่อทดลองสร้างและใช้ไดโคโทมัสคีย์



กิจกรรม 23.5 ไดโคโทมัสคีย์

จุดประสงค์

1. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด
2. ใช้ไดโคโทมัสคีย์ในการระบุชนิดของสิ่งมีชีวิต
3. อธิบายความสัมพันธ์ของการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุชื่อ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

การเตรียมล่วงหน้า

ครูต้องเตรียมกระดุมจำนวน 2 ชุด ต่อกลุ่ม โดยการเลือกแบบกระดุมในแต่ละชุดสำหรับใช้ในกิจกรรมนี้มีแนวทางในการเลือก ดังนี้

กระดุมชุดที่ 1 มีจำนวน 6 เม็ด โดยควรเลือกกระดุมที่เห็นลักษณะต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ขนาดของกระดุม สีของกระดุม พื้นผิวและลวดลายของกระดุม วัสดุที่ใช้ทำกระดุม (พลาสติก โลหะ ไม้) ลักษณะรูของกระดุม (กระดุมที่มองเห็นรูทะลุได้ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของกระดุม กับกระดุมที่มองเห็นรูทะลุได้เพียงด้านหลังของกระดุม) จำนวนรูทะลุของกระดุม เป็นต้น ตัวอย่างเช่น



กระดุมชุดที่ 2 มีจำนวน 2 เม็ด โดยเม็ดแรกควรเลือกกระดุมที่มีลักษณะบางลักษณะคล้ายกับกระดุมบางเม็ดในชุดที่ 1 แต่มีบางลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น มีจำนวนรูเท่ากับกระดุมบางเม็ดในชุดที่ 1 แต่มีรูปทรงหรือสีของกระดุมที่ต่างกัน ส่วนเม็ดที่ 2 เป็นกระดุมแปลก ตัวอย่างเช่น



ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ในการจัดเตรียมกระดุมเพื่อใช้ในการกิจกรรม หากครูจัดหากระดุมแบบต่างๆ เองอาจควบคุมความแตกต่างของกระดุมได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามครูอาจให้นักเรียนช่วยกันนำกระดุมมาเพื่อใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งในกรณีนี้ครูอาจให้นักเรียนแต่ละคนนำกระดุมมาคนละ 1 แบบ โดยให้นำกระดุมแต่ละแบบมาเท่ากับจำนวนกลุ่มของนักเรียน และควรให้นักเรียนนำกระดุมมาล่วงหน้าก่อนการทำกิจกรรมนี้ เพื่อครูจะได้รวบรวมและนำกระดุมแบบต่างๆ มาจัดเตรียมให้เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมไว้ล่วงหน้า

แนวการจัดกิจกรรม

ตอนที่ 1

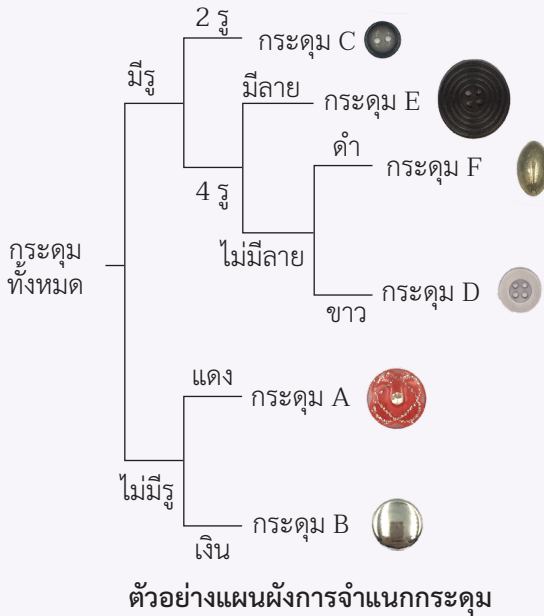
1. นักเรียนแต่ละกลุ่มจำแนกกระดุมชุดที่ 1 โดยให้แบ่งกระดุมออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่โดยเลือกลักษณะที่สามารถสังเกตได้ง่ายและเป็นลักษณะที่เหมือนกันของกระดุมในกลุ่ม แล้วบันทึกเกณฑ์ที่ใช้ ทำเช่นนี้จนกระทั่งเหลือกระดุมเพียงชนิดเดียวในแต่ละกลุ่ม โดยเขียนแผนผังแสดงการแตกกิ่งเพื่อจำแนกกระดุมพร้อมระบุเกณฑ์ และตั้งชื่อกระดุมแต่ละเม็ด
2. นำแผนผังการจำแนกกระดุมมาสร้างไดโคโทมัสคีย์ตามตัวอย่างรูป 23.76 ในหนังสือเรียน
3. แต่ละกลุ่มนำเสนอไดโคโทมัสคีย์ที่สร้างขึ้น และอภิปรายการตั้งชื่อกระดุมและไดโคโทมัสคีย์ที่สร้างขึ้น

ตอนที่ 2

1. ทั้งห้องตั้งชื่อกระดุมเพื่อใช้เรียกร่วมกัน จากนั้นให้ทั้งห้องเลือกไดโคโทมัสคีย์ที่นำเสนอในกิจกรรม ตอนที่ 1 มา 2 อันเพื่อใช้ในการระบุชนิดกระดุม
2. ครูเป็นผู้นำการทำกิจกรรมตอนที่ 2 โดยให้นักเรียนทั้งห้องช่วยกันในการระบุชนิดกระดุมชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พร้อมทั้งบันทึกผลการระบุชนิดกระดุม
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายการระบุชนิดกระดุมทั้ง 2 ชุด จากการใช้ไดโคโทมัสคีย์

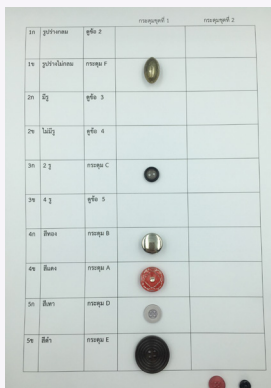
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

- การทำแผนผังแสดงการแตกกิ่งเพื่อจำแนกชนิดกระดุม และการนำแผนผังมาสร้างไดโคโทมัสคีย์



1 ก	รูปร่างกลม	คู่มือ 2	
1 ข	รูปร่างไม่กลม	กระดุม F	
2 ก	มีรู	คู่มือ 3	
2 ข	ไม่มีรู	คู่มือ 4	
3 ก	2 รู	กระดุม C	
3 ข	4 รู	คู่มือ 5	
4 ก	สีทอง	กระดุม B	
4 ข	สีแดง	กระดุม A	
5 ก	สีเทา	กระดุม D	
5 ข	สีดำ	กระดุม E	

- การใช้ไดโคโทมัสคีย์ในการระบุชนิดกระดุม



ตัวอย่างที่ 1 แสดงไดโคโทมัสคีย์ที่ไม่สามารถระบุกระดุมชุดที่ 2 ได้



ตัวอย่างที่ 2 แสดงไดโคโทมัสคีย์ที่สามารถระบุกระดุมชุดที่ 2 ได้ (แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าระบุได้ถูกต้องหรือไม่)

แนวทางการอภิปรายและสรุปผล

ในการอภิปรายการทำกิจกรรมนี้ ครูควรอภิปรายร่วมกับนักเรียนทั้งห้อง โดยอาจมีประเด็นต่าง ๆ ในการอภิปรายดังนี้

ตอนที่ 1 : การสร้างไดโคโทมัสคีย์

ครูให้นักเรียนพิจารณาและร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับไดโคโทมัสคีย์ของแต่ละกลุ่ม ที่สร้างขึ้นว่ามีลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันในด้านใดบ้าง ซึ่งจากการอภิปรายนี้อาจได้ข้อมูลว่าไดโคโทมัสคีย์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นมีทั้งส่วนที่คล้ายกันและส่วนที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น

- ลักษณะที่นำไปใช้สร้างไดโคโทมัสคีย์จะใช้ลักษณะที่คล้าย ๆ กัน เช่น สี รูปทรง การมีหรือไม่มีรู จำนวนรู เป็นต้น
- ลำดับของลักษณะที่แต่ละกลุ่มใช้ในการสร้างไดโคโทมัสคีย์อาจมีความแตกต่างกัน เช่น บางกลุ่มอาจเลือกใช้ลักษณะการมีรูของกระดุมเป็นเกณฑ์แรก ในขณะที่บางกลุ่มอาจเลือกใช้รูปทรงของกระดุม เป็นต้น
- การบรรยายลักษณะอาจมีการเลือกใช้คำบรรยายที่มีความละเอียดที่มากน้อยไม่เท่ากัน เช่น บางกลุ่มอาจมีการวาดภาพประกอบคำบรรยาย หรือบางกลุ่มอาจต้องการใช้ไม้บรรทัดเพื่อวัดขนาดส่วนประกอบของกระดุม เป็นต้น

จากนั้นครูอาจเชื่อมโยงความรู้ก่อนหน้าเกี่ยวกับการจำแนกซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการจัดสิ่งมีชีวิตให้เป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน และใช้คำถามดังนี้

- การศึกษาทางด้านอนุกรมวิธาน ซึ่งมีทั้งการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ นักเรียนคิดว่า การสร้างไดโคโทมัสคีย์เกิดขึ้นในกระบวนการใด และใครเป็นผู้ที่สร้างไดโคโทมัสคีย์

คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลายและแตกต่างกันไป โดยครูควรเป็นผู้สรุปและอธิบายเพิ่มเติมว่าในการจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่ ผู้ที่ทำการจำแนกนั้นจะต้องศึกษาลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างละเอียดจึงจะสามารถเห็นลักษณะร่วมและลักษณะที่แตกต่างของสิ่งมีชีวิตในกลุ่มนั้น ๆ ได้ และสามารถตัดสินใจได้ว่าลักษณะใดเป็นลักษณะสำคัญที่ควรนำมาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตนั้น ดังนั้นผู้ที่ทำการจำแนกจึงอาจสร้างไดโคโทมัสคีย์สำหรับสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่ศึกษาขึ้นมาด้วยก็ได้ อย่างไรก็ตามไดโคโทมัสคีย์อาจถูกสร้างจากนักอนุกรมวิธาน

คนใดก็ได้ โดยใช้ข้อมูลทางอนุกรมวิธานของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับการจัดบันทึกและตีพิมพ์มาก่อนแล้ว

จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับชื่อกระดุมที่แต่ละกลุ่มตั้งขึ้นว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และการที่แต่ละกลุ่มตั้งชื่อกระดุมของตนเองจะทำให้ไดโคโทมัสคีของแต่ละกลุ่มเกิดปัญหาอย่างไรบ้าง โดยจากการอภิปรายควรนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับความสำคัญของชื่อวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันตั้งชื่อกระดุมแต่ละเม็ดในชุดที่ 1 เพื่อใช้เรียกให้เข้าใจได้ตรงกัน

ตอนที่ 2 : การใช้ไดโคโทมัสคี

การระบุชนิดของกระดุมชุดที่ 1

การเลือกใช้ไดโคโทมัสคีของ 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นว่าการบรรยายลักษณะเดียวกันของแต่ละคนอาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการคิดเห็นส่วนตัวและประสบการณ์ของแต่ละคน เช่น การมองเห็นสีที่แตกต่างกัน โดยบางคนอาจมองว่าเป็นสีเทาในขณะที่บางคนอาจมองว่าเป็นสีม่วงอ่อน เป็นต้น โดยเมื่อนำไดโคโทมัสคีทั้ง 2 อัน ระบุชนิดของกระดุมชุดที่ 1 ส่วนใหญ่น่าจะสามารถระบุชนิดกระดุมได้อย่างถูกต้อง แต่อาจมีความไม่แน่ใจเกิดขึ้น ซึ่งในกรณีดังกล่าวครูอาจให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่ามีความรู้สึกไม่แน่ใจเกิดขึ้นในระหว่างการระบุชนิดกระดุมโดยใช้ไดโคโทมัสคีบ้างหรือไม่ และคิดว่าความไม่แน่ใจที่เกิดขึ้นในการระบุชนิดกระดุมมาจากสาเหตุใดบ้าง

โดยจากการอภิปรายจะแสดงให้เห็นว่าการตีความลักษณะเดียวกันของแต่ละบุคคลอาจไม่เหมือนกัน ขึ้นกับประสบการณ์และความเห็นของแต่ละคน เช่น การมองเห็นสีของกระดุม การตีความหมายของคำว่ารูของกระดุม โดยครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่าไดโคโทมัสคีที่ดีนั้นจะมีการระบุรายละเอียดต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน โดยอาจจะมีการจัดทำข้อมูลประกอบลักษณะนั้น ๆ ไว้อย่างละเอียด เช่น มีการจัดทำรูปประกอบเพื่อบรรยายลักษณะ หรือการมีตารางแสดงสีต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจได้ชัดเจน เป็นต้น

การระบุชนิดกระดุมชุดที่ 2

ผลการระบุชนิดกระดุมอาจแตกต่างกันได้ 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 : สามารถระบุชนิดกระดุมได้แต่อาจมีลักษณะที่แตกต่างจากที่ไดโคโทมัสคีย์ระบุไว้

ในกรณีดังกล่าวนี้ครูอาจให้นักเรียนเปรียบเทียบกระดุมเป็นสิ่งมีชีวิตและใช้คำถามถามว่า นักเรียนคิดว่าลักษณะกระดุม (สิ่งมีชีวิต) ที่แตกต่างจากที่ไดโคโทมัสคีย์ระบุขึ้นได้อย่างไร

ในการอภิปรายในประเด็นดังกล่าวนี้ คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย ครูอาจเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยจากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่าลักษณะของกระดุม (สิ่งมีชีวิต) ที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากความแปรผัน (variation) ของลักษณะต่าง ๆ

จากนั้นครูควรเป็นผู้สรุปและอธิบายเพิ่มเติมว่าเมื่อผู้ที่ทำการระบุสามารถระบุชื่อได้แล้ว จะต้องตรวจสอบความถูกต้องโดยตรวจสอบลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ทำการระบุนั้นว่าตรงกับลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ระบุได้หรือไม่ โดยทั่วไปแล้วหน่วยอนุกรมวิธานในแต่ละลำดับชั้นจะมีข้อมูลที่บรรยายลักษณะของสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้นนั้นไว้โดยละเอียด เช่น หากใช้ไดโคโทมัสคีย์ที่ใช้ระบุจิ้งจอก เมื่อได้ชื่อจิ้งจอกมาแล้วก็จึงควรตรวจสอบลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นว่าตรงกับลักษณะของจิ้งจอกนั้นหรือไม่

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า หากทำการตรวจสอบแล้วพบว่า มีลักษณะบางประการไม่ตรงกับลักษณะที่บรรยายไว้ ผู้ที่ทำการระบุนั้นจะต้องพิจารณาและตัดสินใจว่าลักษณะที่ไม่ตรงกับคำบรรยายนั้นเป็นเพียงความแปรผันที่อาจปรากฏขึ้นได้ในประชากรนั้น หรือเป็นความแตกต่างที่มีความสำคัญจนไม่น่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้นที่ระบุได้ ซึ่งอาจหมายความว่าผู้ระบุทำการระบุผิด หรือหากตรวจสอบตามขั้นตอนทางอนุกรมวิธานอย่างละเอียดครบถ้วนแล้วพบว่า สิ่งมีชีวิตที่ศึกษานั้นมีลักษณะที่ไม่สอดคล้องตรงกับหน่วยอนุกรมวิธานใด ๆ เลย หรือไม่สามารถหาหน่วยอนุกรมวิธานที่เหมาะสมได้ หากเป็นเช่นนี้จะต้องทำการจำแนกเพื่อสร้างหน่วยอนุกรมวิธานที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตนั้นต่อไป

กรณีที่ 2: ไม่สามารถระบุชนิดกระดุมได้

โดยส่วนใหญ่จะไม่สามารถระบุชนิดของกระดุมแบ็กได้ หรือหากระบุได้ ครูควรให้นักเรียนอธิบายเพื่อแสดงให้เห็นว่าหากนำกระดุมแบ็กนี้ไปตรวจสอบกับลักษณะอื่นๆ ที่บรรยายไว้ว่าจะพบว่ามีลักษณะที่แตกต่างกันเป็นอย่างมาก เช่น การที่แยกออกเป็น 2 ส่วนได้ การที่ไม่มีรูทะลุแต่มีลักษณะที่เป็นส่วนนูนและส่วนเว้าที่ทำให้ยึดติดกันได้ เป็นต้น

จากนั้นครูอาจใช้คำถามถามนักเรียนว่า ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ไดโคโทมัสคีร์ระบุชนิดกระดุมได้ จะอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวนี้ได้อย่างไรบ้าง โดยจากการอธิบายควรนำไปสู่ข้อสรุปว่าอาจเป็นไปได้ว่าสิ่งมีชีวิตนั้นอาจยังไม่เคยมีการค้นพบและตั้งชื่อมาก่อน ซึ่งในกรณีดังกล่าวจะต้องเริ่มกระบวนการจำแนกและตั้งชื่อต่อไป

จากกิจกรรม 23.5 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าคีย์ที่ดีควรจะใช้ลักษณะที่มีความเหมาะสมและชัดเจน คีย์ที่ถูกสร้างขึ้นอาจจะแตกต่างกันได้ เนื่องจากผู้สร้างคีย์อาจเลือกใช้ลักษณะที่เป็นเกณฑ์แตกต่างกัน นอกจากนี้คีย์ที่ถูกสร้างขึ้นอาจใช้ในการระบุไม่ได้ เพราะคีย์ไม่ได้ครอบคลุมถึงสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น หลังอธิบายและสรุปผลการทำกิจกรรม ครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งมีแนวในการตอบ ดังนี้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? แต่ละกลุ่มใช้ลักษณะใดบ้างในการแบ่งกลุ่มของกระดุม และลักษณะที่แต่ละกลุ่มใช้เป็นเกณฑ์เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

 คำตอบอาจมีได้หลากหลายโดยให้นักเรียนตอบตามที่ได้ทำจริงในกิจกรรม

? ไดโคโทมัสคีร์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

 คำตอบอาจมีได้หลากหลาย โดยให้นักเรียนตอบตามข้อเท็จจริงว่าเกณฑ์ที่นักเรียนใช้เหมือนหรือแตกต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่นอย่างไรบ้าง

- ?** การตั้งชื่อกระดุมของแต่ละกลุ่มในตอนที่ 1 เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และเพราะเหตุใดจึงต้องร่วมกันกำหนดชื่อกระดุมในตอนที่ 2
-  กระดุมบางเม็ดอาจมีการตั้งชื่อเหมือนหรือคล้ายกัน ในขณะที่บางเม็ดอาจแตกต่างกัน โดยให้นักเรียนตอบตามที่ได้ทำจริงในกิจกรรม และการร่วมกันตั้งชื่อกระดุมในตอนที่ 2 เพื่อให้เข้าใจและสื่อสารได้ตรงกัน และให้เห็นถึงความสำคัญของการมีชื่อวิทยาศาสตร์
- ?** เมื่อใช้ไดโคโทมัสคีย์ทั้งสอง สามารถระบุชนิดกระดุมในชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ได้หรือไม่
-  จากการทำกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งใช้ไดโคโทมัสคีย์ที่เลือกไว้ทั้ง 2 อัน มาใช้ระบุชนิดกระดุมในชุดที่ 1 และชุดที่ 2 อาจได้ผลดังนี้
- โดยส่วนใหญ่น่าจะพบว่าไดโคโทมัสคีย์ทั้ง 2 อัน สามารถระบุกระดุมชุดที่ 1 ได้
 - โดยส่วนใหญ่น่าจะพบว่าไดโคโทมัสคีย์ทั้ง 2 อัน ไม่สามารถระบุชนิดของกระดุมแบ็กได้ ส่วนกระดุมอีกเม็ดในชุดที่ 2 ที่มีบางลักษณะที่คล้ายกับกระดุมในชุดที่ 1 อาจสามารถระบุชนิดกระดุมได้ แต่อาจยังบอกไม่ได้ว่าการระบุชนิดกระดุมที่ได้นั้นถูกต้องหรือไม่ เนื่องจากมีบางลักษณะที่แตกต่างกัน
- ?** ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ไดโคโทมัสคีย์ระบุชนิดกระดุมได้ จะอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวนี้ได้อย่างไรบ้าง
-  หากไม่สามารถระบุชนิดกระดุมได้ อาจเป็นไปได้ว่าเป็นกระดุมชนิดที่ยังไม่เคยมีการค้นพบ และตั้งชื่อมาก่อน ซึ่งในกรณีดังกล่าวจะต้องเริ่มกระบวนการจำแนกและตั้งชื่อต่อไป
- ?** ในการทำกิจกรรม 23.5 ให้อธิบายว่าขั้นตอนใดบ้างที่เป็นการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ
-  การจำแนกอยู่ในขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำแนกกระดุมออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ จากนั้นการที่แต่ละกลุ่มตั้งชื่อกระดุมของกลุ่มตนเองอาจนับได้ว่าเป็นการตั้งชื่อที่เป็นชื่อท้องถิ่น โดยการตั้งชื่ออยู่ในขั้นตอนเมื่อแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งชื่อเป็นชื่อเรียกเดียวกันเพื่อใช้สื่อความหมายให้เข้าใจได้ตรงกัน และการระบุอยู่ในขั้นตอนที่ใช้ไดโคโทมัสคีย์ที่สร้างขึ้นมาระบุชนิดของกระดุมชุดที่ 1 และ 2

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** เพราะเหตุใดนักอนุกรมวิธานจึงพยายามจัดสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่
-  ในอดีตการจำแนกสิ่งมีชีวิตทำเพื่อประโยชน์ในการนำมาใช้สอยของมนุษย์ เช่น พืชที่กินได้ พืชที่เป็นพิษ พืชสมุนไพร แต่ปัจจุบันการจำแนกสิ่งมีชีวิตมีเป้าหมายเพื่อต้องการให้กลุ่มหรือหมวดหมู่ที่ได้จัดจำแนกมีความถูกต้องตามธรรมชาติหรือความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากที่สุด นอกจากนี้การจำแนกยังเพื่อให้ นักวิทยาศาสตร์สามารถจัดกลุ่ม ระบุ และหาข้อมูลของสิ่งมีชีวิตได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ดังนั้นกล่าวโดยสรุปการจำแนกสิ่งมีชีวิตนั้นเพื่อทำให้มนุษย์สามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องตรงกันว่าต้องการกล่าวถึงสิ่งมีชีวิตใด ซึ่งเป็นประโยชน์หรือตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของชีวิตประจำวัน หรือในวงการวิทยาศาสตร์
- ?** สิ่งมีชีวิตที่ถูกจำแนกและตั้งชื่อวิทยาศาสตร์แล้วสามารถย้ายหรือเปลี่ยนกลุ่มได้หรือหรือไม่อย่างไร
-  ได้ หากเกณฑ์หรือข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกหน่วยอนุกรมวิธานเดิมมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นไม่เหมาะสมที่จะอยู่ในกลุ่มเดิมอีกต่อไป
- ?** ในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตหนึ่งตามกฎเกณฑ์สากลของกลุ่มสิ่งมีชีวิตนั้น จะสามารถพบสิ่งมีชีวิต 2 สปีชีส์ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ในแต่ละลำดับขั้นทางอนุกรมวิธานเป็นชื่อเดียวกันได้หรือไม่ อย่างไร
-  สิ่งมีชีวิต 2 สปีชีส์ไม่สามารถมีชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์เหมือนกันได้ แต่อาจมีชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นอื่นที่เป็นชื่อเดียวกันได้ เช่น สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสกุล หรือแฟมิลีเดียวกัน จะมีชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสกุลและแฟมิลีเหมือนกัน
- ?** เพราะเหตุใดจึงต้องทำการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต
-  เพราะต้องการทราบว่าสิ่งมีชีวิตนั้นคืออะไร
- ?** ถ้าทำการระบุชื่อวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องครบถ้วนตามกระบวนการแล้วยังไม่สามารถระบุชื่อสิ่งมีชีวิตได้ เป็นเพราะเหตุใด
-  อาจยังไม่เคยมีการค้นพบและตั้งชื่อมาก่อน

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน จากการตอบคำถาม และการอภิปราย
- หลักการในการจำแนกสิ่งมีชีวิต จากการทำกิจกรรม 23.4 และการอภิปราย
- การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต จากการตอบคำถาม และการอภิปราย
- การระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต จากการทำกิจกรรม 23.5 และการอภิปราย

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การพยากรณ์ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม 23.4 และ 23.5 การนำเสนอข้อมูล การตอบคำถาม และการอภิปราย
- ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม 23.4 และ 23.5
- ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการใช้งานสารสนเทศเพื่อสืบค้นข้อมูล และเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่นอย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง จากการทำงานกลุ่ม การแสดงความรับผิดชอบต่องานที่ทำร่วมกัน ความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกัน การบริหารจัดการงานที่ได้รับมอบหมายให้ลุล่วง
- ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จากการใช้ในการทำงานเพื่อการสืบค้น การรวบรวม และการจัดการข้อมูลเพื่อนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความรอบคอบ วัตถุวิสัย จากการสืบค้นข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล
- การยอมรับความเห็นต่าง ความใจกว้าง จากการทำงานกลุ่มร่วมกัน และการอภิปราย
- ความอยากรู้อยากเห็น ความมุ่งมั่นอดทน จากการสืบค้นข้อมูล การตอบคำถาม การนำเสนอ และการอภิปราย



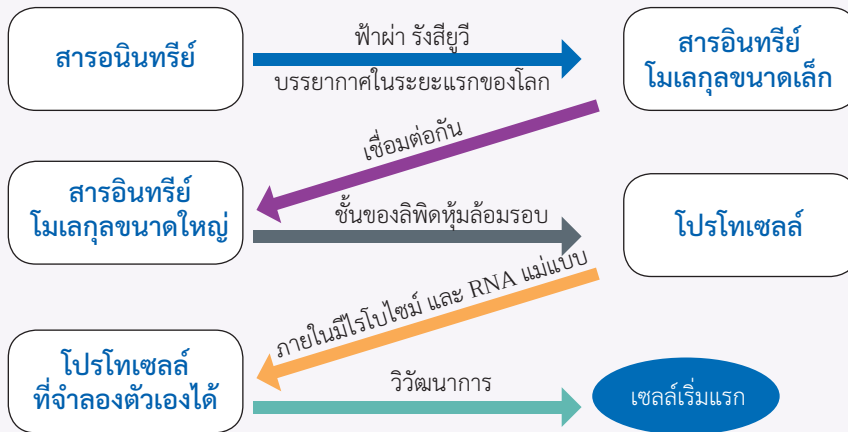
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 23

1. จากรูปให้อธิบายเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ



- ✎ จากรูปแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับ ดังนี้ วัวสปีชีส์เดียวกันที่มีสีขนและลวดลายที่แตกต่างกันแสดงถึงความหลากหลายทางพันธุกรรม นอกจากวัวแล้ว จะเห็นว่าแหล่งที่อยู่ต่าง ๆ ในภาพยังพบสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น หนู ไม้ต้นขนาดใหญ่ ช้าง ปลา ตัวตุ่น เห็ด ซึ่งแสดงถึงความหลากหลายของสปีชีส์ จากรูปแหล่งที่อยู่ที่พบสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ เป็นระบบนิเวศป่าที่อยู่บนพื้นราบมีลำธารไหลผ่าน บริเวณที่ห่างออกไปมีระบบนิเวศป่า แลบนเนินเขา และภูเขาสูงซึ่งแสดงถึงความหลากหลายของระบบนิเวศ

2. เติมคำลงในแผนผังเพื่อสรุปลำดับเหตุการณ์ของสมมติฐานการเกิดโปรโทเซลล์จนกระทั่งมีวิวัฒนาการเกิดเซลล์เริ่มแรก



3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศจาก 1% เป็น 10% จนทำให้เกิดชั้นโอโซน มีผลอย่างไรต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในยุคเริ่มต้น

สิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช้ออกซิเจนบางส่วนจะตายไป ส่วนสิ่งมีชีวิตบางกลุ่มจะมีวิวัฒนาการเพื่อให้สามารถใช้ออกซิเจนที่เคยใช้ได้น้อยให้ใช้ได้มากขึ้น เมื่อเกิดชั้นโอโซนทำให้ปริมาณรังสียูวีที่มายังผิวโลกลดลง จึงลดอันตรายจากรังสียูวี ทำให้สิ่งมีชีวิตมาอาศัยอยู่ใกล้ผิวโลกได้มากขึ้น

นอกจากนี้ครูอาจเพิ่มเติมว่าสิ่งมีชีวิตในช่วงระยะแรกของโลกดำรงชีวิตอยู่ในทะเลแต่ยังดำรงชีวิตบนบกไม่ได้ เนื่องจากยังไม่มีแก๊สโอโซนในชั้นบรรยากาศสำหรับกรองรังสี UV สิ่งมีชีวิตในช่วงระยะแรกของโลกจึงอาศัยอยู่ในทะเลเพื่อใช้น้ำและสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในน้ำลดผลจากรังสี UV ต่อมาไฟรแอคริโอตที่เกิดในช่วงแรกของโลกเริ่มอพยพสู่เขตน้ำตื้นโดยใช้ประโยชน์คาร์บอนที่ละลายในน้ำทะเลสร้างขึ้นที่บังแสงอาทิตย์ได้ และเซลล์บางกลุ่มสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เมื่อไฟรแอคริโอตเหล่านี้อาศัยอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากกับชั้นตะกอนทำให้เกิดเป็นสโตรมาทอลิธ ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มสัดส่วนของออกซิเจนจาก 1% เป็น 10% ต่อมาเมื่อไฟรแอคริโอตได้วิวัฒนาการไปเป็นยูแคริโอตที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตและสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเกิดเป็นชั้นโอโซน เมื่อรังสี UV แผ่ลงมาถึงผิวโลกได้น้อย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลจึงเริ่มขึ้นมาอาศัยบนบกได้

4. นำชื่อแบคทีเรียและอาร์เคียที่กำหนดให้เติมในช่องว่างหน้าเลขข้อให้สัมพันธ์กับข้อความ

Archaea	<i>Clostridium</i>	cyanobacteria
<i>Escherichia coli</i>	<i>Lactobacillus</i>	mycoplasma
<i>Rhizobium</i>	spirochaete	<i>Staphylococcus aureus</i>

- Staphylococcus aureus* 4.1 แบคทีเรียแกรมบวก โคโลนีมีลักษณะคล้ายพวงองุ่น เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง กระจก และเลือด มีรายงานการดื้อยาจำนวนมาก
- *Archaea* 4.2 โพรแคริโอตที่พบได้ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงมาก ในทะเลที่มีน้ำเค็มจัด ในบริเวณที่มีความเป็นกรดสูง ในบริเวณทะเลลึก บางกลุ่มปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่สภาพแวดล้อมได้
- *cyanobacteria* 4.3 กลุ่มของแบคทีเรียที่ทำให้ออกซิเจนในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะแรกของโลก
- *Clostridium* 4.4 กลุ่มของแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน บางสปีชีส์สร้างสารพิษซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดบาดทะยัก
- *mycoplasma* 4.5 กลุ่มของแบคทีเรียที่ไม่มีผนังเซลล์ มีขนาดเล็กมาก เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคปอดบวม และโรคติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ
- *spirochaete* 4.6 กลุ่มของแบคทีเรียที่รูปร่างเป็นเกลียวบางสปีชีส์เป็นสาเหตุของโรคซิฟิลิส โรคเลปโตสไปโรซิส (ฉี่หนู) โรคไลม์
- *Rhizobium* 4.7 กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ อาศัยอยู่ในปมรากพืชวงศ์ถั่ว ทำหน้าที่ช่วยตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศมาสร้างเป็นสารประกอบไนโตรเจนในดิน
- *Escherichia coli* 4.8 แบคทีเรียแกรมลบอาศัยอยู่ภายในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรค แต่บางพันธุ์ทำให้เกิดอาการท้องเสียหรือทำให้เกิดการติดเชื้อที่ทางเดินปัสสาวะ
- *Lactobacillus* 4.9 แบคทีเรียที่พบอยู่ในช่องคลอดของมนุษย์ช่วยรักษาความเป็นกรดเพื่อป้องกันการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น

5. นักเรียนพบโพรทิสต์ 3 สปีชีส์ มีลักษณะที่ต่างกัน ดังนี้
- สปีชีส์ที่ 1 พบในอ่างบัว เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ต่อกันเป็นสาย ภายใน 1 เซลล์ มี 1 นิวเคลียส เซลล์มีสีเขียว สร้างอาหารเองได้
- สปีชีส์ที่ 2 พบในแหล่งน้ำจืด เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีซิเลียรอบเซลล์ช่วยในการเคลื่อนที่มีนิวเคลียส 2 ขนาด เซลล์ใสไม่มีสี
- สปีชีส์ที่ 3 พบบริเวณที่ชื้นแฉะ บนใบไม้เน่า บางระยะของการเจริญเติบโตพบเป็นเซลล์เดียว บางระยะมีลักษณะคล้ายเป็นเมือกที่มีเส้นใยแตกแขนงสานกันเป็นร่างแห
- จากลักษณะดังกล่าวให้นักเรียนระบุว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จัดอยู่ในกลุ่มใดของโพรทิสต์
-  สปีชีส์ที่ 1 คือ กลุ่มสาหร่าย
- สปีชีส์ที่ 2 คือ กลุ่มโพรโทซัว
- สปีชีส์ที่ 3 คือ กลุ่มที่คล้ายรา

6. การศึกษาพืช 4 สปีชีส์ซึ่งเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะพบโครงสร้าง ดังตาราง

สปีชีส์ \ โครงสร้าง	เรณู	อวุล	รังไข่	เอ็มบริโอ	เทรคีด	เวสเซล
A	√	√	-	√	√	-
B	√	√	√	√	√	√
C	-	-	-	√	-	-
D	-	-	-	√	√	-

เครื่องหมาย √ หมายถึง พบโครงสร้าง เครื่องหมาย - หมายถึง ไม่พบโครงสร้าง

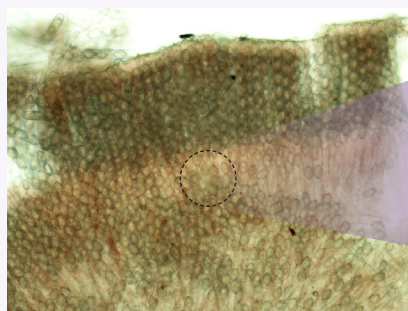
จากข้อมูลข้างต้น พืช A B C และ D น่าจะเป็นพืชกลุ่มใด เพราะเหตุใด

-  พืช C คือไบรโอไฟต์ เพราะพบเอ็มบริโอ แต่ไม่มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงและโครงสร้างอื่น ๆ
- พืช D คือไลโคไฟต์หรือโมนิโลไฟต์ เพราะพบเอ็มบริโอ และเทรคีดที่เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำ แต่ไม่พบโครงสร้างอื่น
- พืช A คือพืชเมล็ดเปลือย เพราะพบเอ็มบริโอ เทรคีด อวุล เรณู แต่ไม่พบเวสเซล และรังไข่
- พืช B คือพืชดอก เพราะพบโครงสร้างเพิ่มเติมจากกลุ่มพืชเมล็ดเปลือย ได้แก่ รังไข่ และเวสเซล

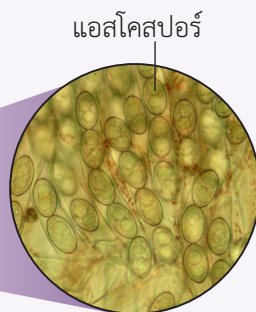
7. นักเรียนพบเห็ดดังรูป ถ้าต้องการทราบว่าเป็น
 ฟรุตติงบอดีของฟังไจกลุ่มใด จะมีวิธีการศึกษา
 อย่างไร



- ✎ ศึกษาโดยการตัดบริเวณหมวกเห็ด แล้วนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่
 กำลังขยาย 400× ถ้าพบแอสโคสปอร์ในแอสคัส (ตั้งรูปด้านล่าง) แสดงว่าเป็นฟังไจกลุ่มที่
 สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างแอสโคสปอร์ แต่ถ้าพบเบสิดิโอสปอร์บนเบสิดิเทียม
 แสดงว่าเป็นฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างเบสิดิโอสปอร์ เห็ดในรูปเป็น
 เห็ดที่สร้างแอสโคสปอร์



แอสโคสปอร์ในแอสคัส



รูปขยายแอสโคสปอร์

8. จากแผนภาพสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังต่อไปนี้



ก.



ข.



ค.



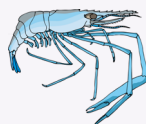
ง.



จ.



ฉ.



ช.



ซ.

ถ้าต้องการจำแนกสัตว์ทั้ง 8 ชนิดออกเป็น 2 กลุ่มจะเลือกใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ข้อใดบ้าง และแต่ละกลุ่มมีสัตว์ใดบ้าง

- 1) การเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์
- 2) การลอกคราบ
- 3) ลักษณะสมมาตรของร่างกาย
- 4) การมีระยะที่เป็นตัวอ่อนโทรโคฟอร์



การลอกคราบ สามารถแบ่งสัตว์ได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นสัตว์ที่มีการลอกคราบ คือ ปู แมงมุม กิ้งกือ จักจั่น กุ้ง ผีเสื้อ
กลุ่มที่ 2 เป็นสัตว์ที่ไม่มีการลอกคราบ คือ ไส้เดือนดินและปลิงดูดเลือด

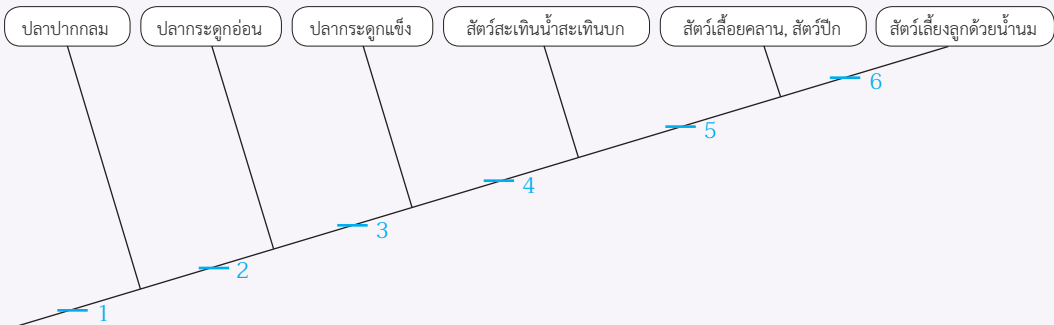
การมีระยะที่เป็นตัวอ่อนโทรโคฟอร์สามารถแบ่งสัตว์ได้ 2 กลุ่ม เช่นเดียวกับการลอกคราบ
กลุ่มที่ 1 เป็นสัตว์ที่มีตัวอ่อนโทรโคฟอร์ คือ ปู แมงมุม กิ้งกือ จักจั่น กุ้ง ผีเสื้อ
กลุ่มที่ 2 เป็นสัตว์ที่ไม่มีตัวอ่อนโทรโคฟอร์ คือ ไส้เดือนดินและปลิงดูดเลือด

บันทึกคำตอบ

ปู (ก.) แมงมุม (ข.) กิ้งกือ (ค.) กุ้ง (ข.) จักจั่น (จ.) และผีเสื้อ (ข.) จัดอยู่ในกลุ่มอาร์โทรพอด
ส่วนไส้เดือน (ง.) และปลิงดูดเลือด (ฉ.) จัดอยู่ในกลุ่มแอนเนลิด

จากแผนภาพจะเห็นได้ว่ามีสัตว์อยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแอนเนลิด และกลุ่มอาร์โทรพอด ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มนี้มีลักษณะร่วม คือ การมีบลาสโทพอร์พัฒนาเป็นช่องปาก และการมีปล้องลำตัว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์และการมีปล้องลำตัวจึงไม่สามารถจำแนกสิ่งมีชีวิตทั้ง 8 ชนิดออกจากกันได้ ส่วนการลอกคราบเป็นลักษณะที่พบได้ในกลุ่มอาร์โทรพอด และตัวอ่อนแบบโทรโคฟอร์เป็นลักษณะที่พบได้ในกลุ่มแอนเนลิด ดังนั้นทั้ง 2 เกณฑ์นี้จึงสามารถใช้จำแนกสัตว์ทั้ง 8 ชนิดออกเป็น 2 กลุ่มได้

9. พิจารณาแผนภาพวิวัฒนาการชาติพันธุ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังต่อไปนี้



9.1 ลักษณะของการมีขากรรไกร สอดคล้องกับหมายเลขใดในแผนภาพ

 หมายเลข 2

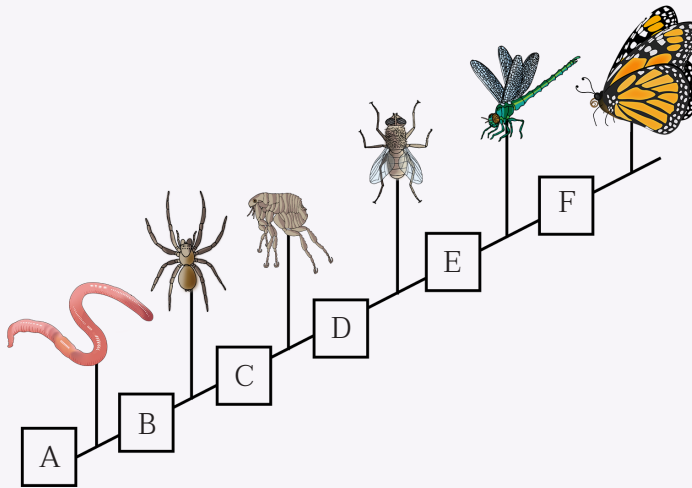
9.2 ลักษณะของการมีปอด สอดคล้องกับหมายเลขใดในแผนภาพ

 หมายเลข 4

9.3 การมีต่อมน้ำนม และขนแบบขนเส้นเดี่ยว สอดคล้องกับหมายเลขใดในแผนภาพ

 หมายเลข 6

10. แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์ของสัตว์ซึ่ง A – F แทนลักษณะของสัตว์ที่ใช้พิจารณาในการจัดกลุ่ม ให้พิจารณาลักษณะที่ปรากฏของสัตว์ทั้ง 6 ชนิด และนำลักษณะต่อไปนี้ได้แก่ ลำตัวเป็นปล้อง มีปากแบบดูด มีขา มีปีก มีขา 6 ขา มีปีก 2 คู่ เติบโตในตารางในช่องว่างหลังตัวอักษร พร้อมเติมเครื่องหมาย √ แทน มี หรือเครื่องหมาย - แทน ไม่มี เพื่อระบุว่าสัตว์แต่ละชนิดมีหรือไม่มีลักษณะที่ปรากฏ



ลักษณะ \ ชนิดสัตว์	ไส้เดือนดิน	แมงมุม	หมัด	แมลงวัน	แมลงปอ	ผีเสื้อ
A ลำตัวเป็นปล้อง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B มีขา	-	✓	✓	✓	✓	✓
C มี 6 ขา	-	-	✓	✓	✓	✓
D มีปีก	-	-	-	✓	✓	✓
E มีปีก 2 คู่	-	-	-	-	✓	✓
F มีปากแบบดูด	-	-	-	-	-	✓

บันทึกคำตอบ จากภาพ สัตว์ทั้งหมดที่อยู่ด้านหลังอักษรภาษาอังกฤษ (ลักษณะ) แสดงว่ามีลักษณะนั้น แต่ถ้าอยู่ด้านหน้าอักษรแสดงว่าไม่มีลักษณะนั้น และสัตว์ที่มีลักษณะร่วมกันหลายลักษณะมีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการมากกว่าสัตว์ที่มีลักษณะร่วมกันน้อยกว่า

11. ABC และ D เป็นสัตว์ 4 สปีชีส์โดยข้อมูลทางอนุกรมวิธานของสัตว์ A แสดงดังตารางต่อไปนี้

	ไฟลัม	คลาส	ออร์เดอร์	แฟมิลี	จิ้นัส	สปีชีส์
สปีชีส์ A	Chordata	Mammalia	Carnivora	Felidae	<i>Felis</i>	<i>Felis catus</i>

ถ้าทราบว่าสปีชีส์ B อยู่ในออร์เดอร์ Carnivora สปีชีส์ C อยู่ในแฟมิลี Felidae และสปีชีส์ D อยู่ในจิ้นัส *Felis* จงตอบคำถามต่อไปนี้

11.1 สัตว์สปีชีส์ใดบ้างที่อยู่ในไฟลัม Chordata

 A B C และ D

11.2 สัตว์สปีชีส์ใดบ้างที่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่าอยู่ในแฟมิลีเดียวกัน

 A C และ D

11.3 สัตว์คู่ใดที่สามารถระบุได้ชัดเจนว่ามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดทางวิวัฒนาการมากที่สุด

 A และ D

บันทึกคำตอบ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถบอกได้ว่าสัตว์ A และ D มีความใกล้ชิดทางวิวัฒนาการมากที่สุดเพราะสัตว์ทั้ง 2 สปีชีส์อยู่ในจิ้นัส *Felis* ในขณะที่สัตว์ B และ C ยังไม่สามารถระบุได้ว่าอยู่ในจิ้นัสใด จึงทำให้ยังไม่สามารถสรุปได้

12. จากไดโคโทมัสคีย์ที่ใช้ระบุกลุ่มของสัตว์มีกระดูกสันหลังต่อไปนี้

- | | |
|---|---------|
| 1ก ไม่มีขากระดูก..... | A |
| 1ข มีขากระดูก..... | ดูข้อ 2 |
| 2ก หายใจด้วยเหงือกตลอดชีวิต..... | ดูข้อ 3 |
| 2ข หายใจด้วยปอดในวัยเต็มวัย..... | ดูข้อ 4 |
| 3ก มีกระดูกอ่อน..... | B |
| 3ข มีกระดูกแข็ง..... | C |
| 4ก ปอดยังไม่เจริญดี ตัวอ่อนหายใจด้วยเหงือก..... | D |
| 4ข ปอดเจริญดี..... | ดูข้อ 5 |
| 5ก ไข่มีเปลือกหุ้ม ตัวอ่อนเจริญนอกตัวแม่..... | ดูข้อ 6 |
| 5ข ไข่ไม่มีเปลือกหุ้ม ตัวอ่อนเจริญในตัวแม่..... | E |
| 6ก ผิวหนังมีเกล็ด..... | F |
| 6ข ผิวหนังไม่มีเกล็ด..... | G |

12.1 A B C D E F และ G น่าจะเป็นสัตว์ในกลุ่มใด

-  A = ปลาปากกลม B = ปลากระดูกอ่อน C = ปลากระดูกแข็ง
D = สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก E = สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
F = สัตว์เลื้อยคลาน G = สัตว์ปีก

12.2 ให้นักเรียนพิจารณาลักษณะต่างๆ ของตนเอง และนำมาระบุโดยใช้ไดโคโทมัสคีย์ข้างต้น และต้องใช้ไดโคโทมัสคีย์ข้อใดบ้าง

-  1 ข. 2 ข. 4 ข. 5 ข.

บันทึกคำตอบ มนุษย์เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

13. พิจารณารูปเปลือกหอยที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวน 12 ชนิด



จงเขียนแผนผังการจัดกลุ่มเปลือกหอยจากลักษณะภายนอกโดยใช้เกณฑ์ที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม และจัดกลุ่มย่อยเป็น 2 กลุ่มต่อไปจนได้เปลือกหอยเพียงชนิดเดียวในแต่ละกลุ่ม และให้ระบุลักษณะที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



บทที่

| ระบบนิเวศและประชากร



ipst.me/10789

24



ผลการเรียนรู้

1. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
2. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไปโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไปโอแมกนิฟิเคชัน
3. สืบค้นข้อมูล และเขียนแผนภาพ เพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
4. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก
5. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด
7. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก
8. อธิบาย และยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

- 1. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
- 2. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน
- 3. สืบค้นข้อมูล และเขียนแผนภาพ เพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1. ระบุปัจจัยที่ใช้ในการจำแนกระบบนิเวศและยกตัวอย่างระบบนิเวศชนิดต่างๆ
- 2. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
- 3. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน
- 4. สืบค้นข้อมูลและเขียนแผนภาพเพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความซื่อสัตย์

ผลการเรียนรู้

4. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก และยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่างๆ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและ การรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความซื่อสัตย์

ผลการเรียนรู้

5. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ และการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง

ผลการเรียนรู้

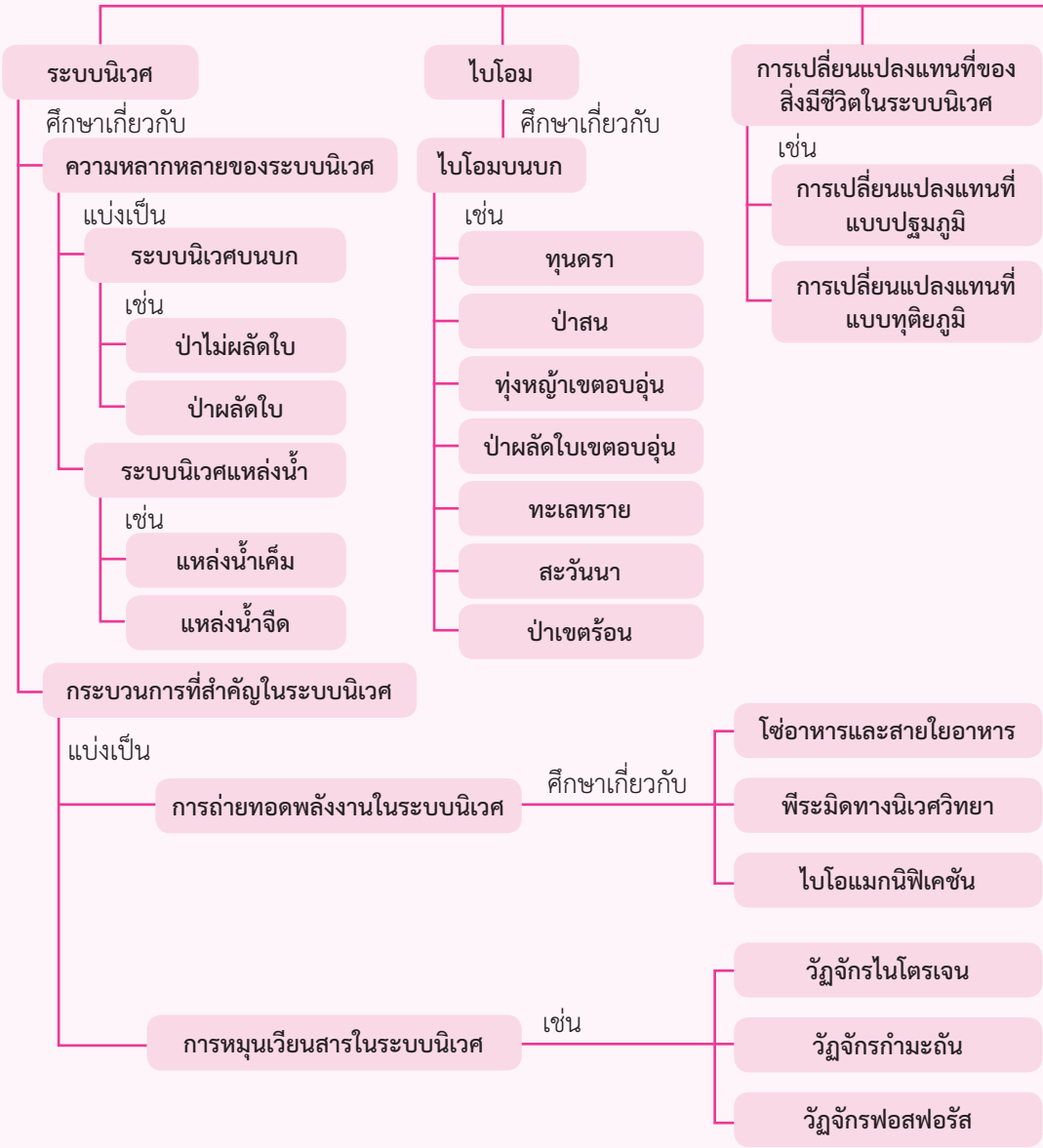
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด
7. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก
8. อธิบาย และยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

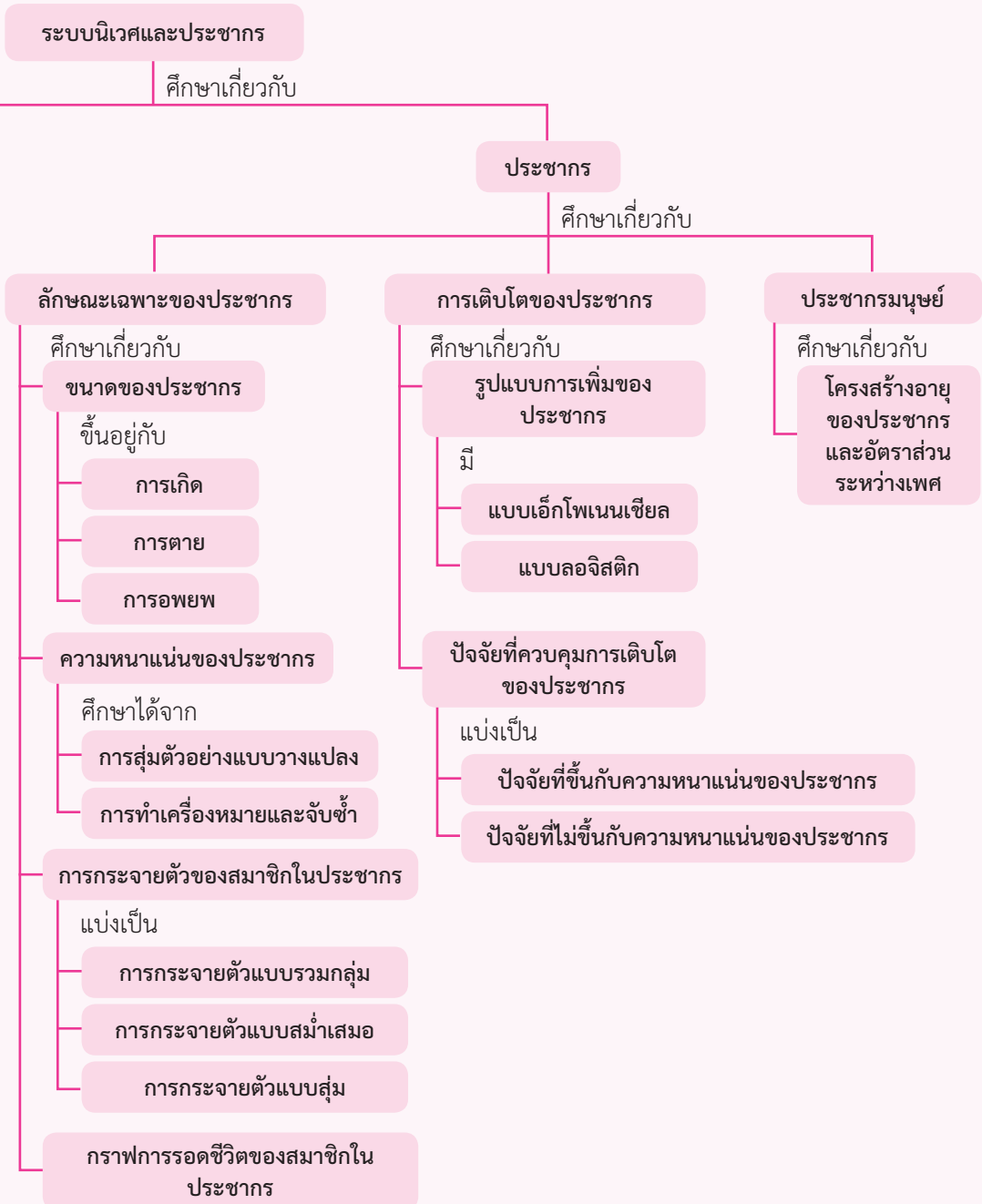
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก
3. อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง

ผังมโนทัศน์ บทที่ 24





สาระสำคัญ

ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้ต้องมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น โดยมีกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสาร การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพที่เรียกว่า โซ่อาหารและสายใยอาหาร โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารได้ในรูปแบบของพีระมิดทางนิเวศวิทยา โดยพลังงานที่ถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน พลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไประหว่างการถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศบางครั้งอาจทำให้มีสารพิษสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต และมีระดับความเข้มข้นของสารพิษมากขึ้นตามลำดับขั้นการกินอาหาร เรียกว่า การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน สารต่าง ๆ ในระบบนิเวศมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นผ่านทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตอย่างเป็นวัฏจักร เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส

ไบโอมคือระบบนิเวศขนาดใหญ่ที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก เช่น ไบโอมทุนดรา ไบโอมสะวันนา ไบโอมทะเลทราย โดยแต่ละไบโอมจะมีลักษณะเฉพาะของปัจจัยทางกายภาพ ชนิดของพืช และชนิดของสัตว์

ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยในระบบนิเวศอาจทำให้ขนาดของประชากรและชนิดของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา มีทั้งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

ประชากรของสิ่งมีชีวิตมีลักษณะเฉพาะ เช่น ขนาดของประชากร ความหนาแน่นของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร โครงสร้างอายุของประชากร อัตราส่วนระหว่างเพศ อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้า การอพยพออก และกราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร ลักษณะเฉพาะของประชากรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ โดยการเพิ่มประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วแบบทวีคูณ ส่วนการเพิ่มประชากรแบบลอจิสติกเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือมีตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมมาเกี่ยวข้อง การเติบโตของประชากรขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น ปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากรและปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร

ประชากรมนุษย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลหลังจากการปฏิวัติทางอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาโครงสร้างอายุและอัตราส่วนระหว่างเพศของประชากรสามารถแสดงได้เป็นพีระมิดอายุ ซึ่งสามารถใช้คาดคะเนการเติบโตของประชากรและขนาดของประชากรในอนาคตได้

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 22 ชั่วโมง

24.1 ระบบนิเวศ	8 ชั่วโมง
24.2 ไบโอม	3 ชั่วโมง
24.3 เปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	3 ชั่วโมง
24.4 ประชากร	8 ชั่วโมง
รวม	22 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☒ 1. ระบบนิเวศที่แตกต่างกันมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่แตกต่างกัน
- ☒ 2. สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ร่วมกัน
- ☒ 3. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระบบนิเวศต้องการสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตแตกต่างกัน
- ☐ 4. ปริมาณพลังงานที่ถ่ายทอดผ่านโซ่อาหารในระบบนิเวศจะเพิ่มขึ้นจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคตามลำดับขั้นการกินอาหาร
- ☒ 5. สารพิษที่สะสมในผู้ผลิตสามารถส่งต่อไปยังผู้บริโภคโดยผ่านทางโซ่อาหาร
- ☐ 6. การถ่ายทอดพลังงานเป็นกระบวนการที่เหมือนกับการหมุนเวียนสารและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ
- ☐ 7. ประชากร หมายถึงสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในที่เดียวกันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง
- ☒ 8. องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพส่งผลต่อการกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาข้อมูลของไทรย้อยใบทู่จากรูปนำบท จากนั้นให้ข้อมูลแก่นักเรียนว่า เนื่องจากไทรย้อยใบทู่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับนักวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เช่น ไทรย้อยใบทู่สามารถพบได้ที่บริเวณอื่นของโลกหรือไม่ มีปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตและกำหนดการกระจายพันธุ์ของพืชชนิดนี้ การดำรงชีวิตของไทรย้อยใบทู่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้นอย่างไร **นักเรียนคิดว่าเพื่อตอบคำถามดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์ต้องศึกษาอะไรบ้าง**

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 24.1 ระดับของการจัดระบบทางนิเวศวิทยา ในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตไม่ได้ดำรงชีวิตอยู่เพียงลำพังแต่เป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศ มีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งสปีชีส์เดียวกันและต่างสปีชีส์ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับสิ่งไม่มีชีวิตในบริเวณที่อาศัยอยู่ สามารถแบ่งได้เป็นระดับของการจัดระบบทางนิเวศวิทยา การศึกษาทางนิเวศวิทยาโดยทั่วไปจึงมีตั้งแต่ในระดับสิ่งมีชีวิตจนถึงระดับไบโอสเฟียร์โดยครูอาจใช้ไทรย้อยใบทู่เป็นตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพการศึกษาในระดับต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น เช่น

- นิเวศวิทยาระดับสิ่งมีชีวิต (organismal ecology) – ศึกษาด้านการปรับตัวของไทรย้อยใบทู่ในเชิงสรีรวิทยาระบบนิเวศ (ecophysiology) เช่น เมล็ดไทรย้อยใบทู่สามารถงอกได้ดีแม้บนกิ่งไม้ของพืชชนิดอื่น ซึ่งเป็นภาวะที่มีความชื้นต่ำและเสี่ยงต่อการสูญเสียน้ำ การปรับตัวให้สามารถงอกและเจริญเติบโตบนพืชชนิดอื่นได้ส่งผลต่อไทรย้อยใบทู่ เช่น ทำให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้มาก ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น และเจริญเติบโตได้ดี ไทรย้อยใบทู่ยังมีผลผลิตในปริมาณที่มากต่อปี ในกรณีไทรย้อยใบทู่ สามารถมีผลผลิตได้สูงถึง 6 รอบต่อปี เมื่อเทียบกับผลไม้ป่าชนิดอื่น ๆ หลายชนิดพบว่าความสามารถในการผลิตผลต่อปีนั้นน้อยกว่ามาก
- นิเวศวิทยาระดับประชากร (population ecology) – ศึกษาเรื่องการกระจายพันธุ์ของไทรย้อยใบทู่ในบริเวณต่างๆ ของโลก และรูปแบบการกระจายตัวของสมาชิกในประชากรไทรย้อยใบทู่ในแหล่งที่อยู่ต่างๆ
- นิเวศวิทยาระดับกลุ่มสิ่งมีชีวิต (community ecology) – ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไทรย้อยใบทู่กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น ต้นของไทรย้อยใบทู่เป็นที่อยู่ของนกและแมลงบางชนิดและผลเป็นอาหารของสัตว์จำนวนมากตัวอย่างความสัมพันธ์ที่น่าสนใจ คือ ความสัมพันธ์แบบภาวะพึ่งพากันระหว่างไทรย้อยใบทู่กับต่อไทร (fig wasp)

- ในระดับของการจัดระบบทางนิเวศวิทยาที่สูงกว่านี้สามารถเปรียบเทียบไทรชนิดต่างๆ ในหลาย ๆ กลุ่มสิ่งมีชีวิต เช่น ศึกษาการแพร่กระจายของไทรชนิดต่างๆ ในแต่ละกลุ่มสิ่งมีชีวิต ศึกษาการถ่ายเทยีน (gene flow) ของไทรชนิดต่างๆ ในระดับทวีป (continental scale)

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมกับนักเรียนว่า ไบโอสเฟียร์ ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตทั้งหมดบนโลกและทุกสถานที่ที่มีสิ่งมีชีวิต ซึ่งรวมถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ของแผ่นดิน แหล่งน้ำส่วนใหญ่ บรรยากาศจนถึงระดับความสูงหลายกิโลเมตร และตะกอนใต้พื้นมหาสมุทร



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พืชในสกุล *Ficus* เช่น ไทร มะเดื่อ รวมถึงไทรย้อยใบทู่ มีช่อดอกแบบไฮแพนโทเดียม (hypanthodium) ที่เกิดจากฐานช่อดอกเจริญและโค้งเข้าหากันจนมีลักษณะคล้ายรูปถ้วยที่มีโพรงอยู่ภายในและมีช่องเปิดเล็กๆ อยู่ปลายด้านบน ทำให้แมลงสามารถเข้าไปในโพรงได้ ผังด้านในของโพรงมีดอกย่อยจำนวนมาก โดยไทรย้อยใบทู่มีดอกแยกเพศอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ดอกย่อยเพศเมียจะบานและพร้อมผสมพันธุ์ก่อนดอกย่อยเพศผู้ ทำให้ต้องอาศัยแมลงช่วยถ่ายเรณูจากช่อดอกอื่น เช่น แตนมะเดื่อหรือต่อไทรบางชนิด โดยในขณะที่ช่อดอกของไทรยังเจริญไม่เต็มที่ต่อไทรเพศเมียที่อุมไข่มาด้วยจะบินเข้าสู่โพรงภายในช่อดอกของไทรพร้อมทั้งนำเรณูของไทรจากช่อดอกอื่นมาด้วย ขณะที่ต่อไทรเพศเมียวางไข่บนดอกย่อยจะเกิดการถ่ายเรณูที่ติดมาให้กับดอกย่อยเพศเมียที่บานแล้วในช่อดอกนั้น ต่อมารังไข่ของดอกย่อยที่ถูกวางไข่จะมีลักษณะเป็นปมดอกและมีตัวอ่อนของต่อไทรอยู่ภายใน ส่วนดอกย่อยที่ได้รับเรณูแต่ไม่มีตัวอ่อนของต่อไทรจะเจริญเป็นผลย่อย เมื่อเวลาผ่านไปตัวอ่อนของต่อไทรเพศผู้จะฟักออกมาจากปมดอกก่อนและผสมพันธุ์กับต่อไทรเพศเมียที่ยังอยู่ในปมดอก ต่อมาต่อไทรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะอุมไข่และฟักออกจากปมดอกซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ดอกย่อยเพศผู้เจริญเต็มที่ ต่อไทรเพศเมียจะอุมไข่และบินออกจากผลไทรโดยมีเรณูของไทรติดออกมาด้วย และไปยังดอกไทรช่อดอกใหม่เพื่อวางไข่

จะเห็นได้ว่าต่อไทรมีส่วนช่วยในการถ่ายเรณูของไทรซึ่งดอกย่อยเพศผู้และเพศเมียเจริญไม่พร้อมกัน และวงจรชีวิตของต่อไทรทำให้ต่อไทรเพศเมียมีโอกาสเจอและผสมกับต่อไทรเพศผู้ที่ฟักจากช่อดอกเดียวกันเท่านั้น

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่า ระดับของการจัดระบบทางนิเวศวิทยาเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นในการศึกษานิเวศวิทยาจึงควรเข้าใจทั้งในระดับที่ต้องการศึกษาและคำนึงถึงระดับอื่นๆ ที่สัมพันธ์กันด้วย เช่น ในการศึกษาไทรย้อยใบทู่ในระดับประชากร ซึ่งการกระจายตัวของประชากรในแหล่งที่อยู่ต่างๆ อาจแตกต่างกัน เนื่องจากการปรับตัวของไทรย้อยใบทู่ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ศึกษา และความสัมพันธ์ระหว่างไทรย้อยใบทู่กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในบริเวณดังกล่าว รวมถึงความสัมพันธ์และกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศนั้น ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจในระดับสิ่งมีชีวิต ระดับประชากร ระดับกลุ่มสิ่งมีชีวิต และระดับระบบนิเวศ

24.1 ระบบนิเวศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัจจัยที่ใช้ในการจำแนกระบบนิเวศและยกตัวอย่างระบบนิเวศชนิดต่างๆ
2. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
3. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน
4. สืบค้นข้อมูลและเขียนแผนภาพเพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต โดยอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว บันทึกลงในตาราง ดังนี้

รูปแบบของความสัมพันธ์	สัญลักษณ์	ตัวอย่างของสิ่งมีชีวิต
ภาวะพึ่งพากัน (mutualism)	+, +	ต้นไทรกับต่อไทร โพรโทซัวในลำไส้ปลวกกับปลวก ไลเคน ไรโซเบียม ในปมรากถั่ว ราไมคอร์ไรซาในรากสนหรือรากปรัง
ภาวะอิงอาศัย (commensalism)	+, 0	เฟิร์นบนต้นไม้ใหญ่ เหาฉลามกับปลาฉลาม นกทำรังบนต้นไม้ เปรียงหินบนกระดองเต่า
ภาวะล่าเหยื่อ (predation)	+, -	นกกินหนอน เสือล่ากวาง เหยี่ยวล่ากระต่าย งูกินกบ
ภาวะปรสิต (parasitism)	+, -	กาฝากบนต้นไม้ พยาธิใบไม้ในต้นสัตว์ เทาบนศีรษะคน เห็บหรือหมัดบนผิวหนังสุนัข พยาธิตัวตืดในกล้ามเนื้อหมู

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศเป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่สองสปีชีส์ขึ้นไป โดยยังมีรูปแบบอื่นๆ เช่น ภาวะแก่งแย่งแข่งขัน (competition) เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตตั้งแต่สองสปีชีส์ขึ้นไปอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน มีความต้องการที่อยู่อาศัย อาหาร หรือสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมือนกัน เช่น การแย่งหาอาหารของผักตบชวาและบัวในบึง การแย่งอาหารของปลาหางนกยูงกับปลาสดในบ่อเดียวกัน การแย่งพื้นที่ของเสือกกับสิงโต

จากนั้นถามนักเรียนว่าในระบบนิเวศ นอกจากสิ่งมีชีวิตแล้วยังมีองค์ประกอบใดอีกบ้าง และสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่นๆ อย่างไร ซึ่งนักเรียนควรตอบได้ว่าในระบบนิเวศมีทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต โดยการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตจะมีความสัมพันธ์กับทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในระบบนิเวศ

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ระบบนิเวศ คือ ระบบที่ประกอบด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในบริเวณใดบริเวณหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กัน มีการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบ การที่ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้จะอาศัยการทำงานร่วมกันของทั้งโครงสร้างและกระบวนการในระบบนิเวศ และให้นักเรียนอธิบายและยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและกระบวนการในระบบนิเวศ ซึ่งนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ในการถ่ายทอดพลังงาน จะเกิดผ่านสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศซึ่งเป็นองค์ประกอบทางชีวภาพ โดยเกิดผ่านการกินต่อกันเป็นทอดๆ ในโซ่อาหารและสายใยอาหาร ส่วนการหมุนเวียนสารจะเกิดผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในระบบนิเวศซึ่งเป็นองค์ประกอบทางชีวภาพและองค์ประกอบทางกายภาพ

ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่าการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ดำรงชีวิตอยู่ และใช้คำถามในหนังสือเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาเรื่องความหลากหลายของระบบนิเวศว่า ในแต่ละบริเวณของโลกซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จำนวนและชนิดของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศในแต่ละบริเวณจะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งนักเรียนควรตอบได้ว่าแตกต่างกันโดยสิ่งมีชีวิตในแต่ละบริเวณจะมีลักษณะที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมนั้น

24.1.1 ความหลากหลายของระบบนิเวศ

ครูให้นักเรียนศึกษารูปของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระบบนิเวศหรือใช้รูป 24.2 จากหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในประเด็นดังนี้

- ในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตและแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- สิ่งมีชีวิตในแต่ละระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพในแหล่งที่อยู่ในแต่ละระบบนิเวศอย่างไร
- ยกตัวอย่างระบบนิเวศที่นักเรียนรู้จัก

จากการอภิปรายนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่าในแต่ละระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตและแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน โดยสิ่งมีชีวิตในแต่ละระบบนิเวศจะมีลักษณะหรือรูปแบบการดำรงชีวิตที่สัมพันธ์กับแหล่งที่อยู่ในระบบนิเวศนั้น เช่น โกงกางมีรากค้ำซึ่งทำให้ต้นโกงกางยืนต้นได้อย่างมั่นคงในระบบนิเวศป่าชายเลน รวมถึงช่วยสะสมตะกอนและเศษซากที่พัดพามากับน้ำเพื่อให้เกิดเป็นดินบริเวณใต้ลำต้น โดยระบบนิเวศมีหลากหลาย แบ่งได้เป็น ระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ระบบนิเวศบนบก

ครูให้ข้อมูลแก่นักเรียนว่าป่าไม้จัดเป็นระบบนิเวศบนบกขนาดใหญ่ และเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับระบบนิเวศบนบกจากหนังสือเรียน โดยอาจใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่การสืบค้น ดังนี้

- นักเรียนรู้จักป่าไม้ชนิดใดบ้าง
- ปัจจัยที่ทำให้เกิดป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ที่แตกต่างกันคืออะไร

จากการสืบค้นข้อมูล ครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่าดัชนีสำคัญที่ใช้ในการจำแนกระบบนิเวศบนบกคือปริมาณน้ำฝนและชนิดพืชเด่น โดยระบบนิเวศบนบกส่วนใหญ่ คือ ป่าชนิดต่าง ๆ เนื่องจากระบบนิเวศบนบกกระจายอยู่ในสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกันจึงทำให้เกิดเป็นระบบนิเวศบนบกที่หลากหลาย

ครูยกตัวอย่างระบบนิเวศบนบกโดยใช้ข้อมูลและรูปหรือวิดีโอทัศน์ของป่าชนิดต่าง ๆ และอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับป่าชนิดต่าง ๆ ของประเทศไทยจากเว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เป็นต้น เพื่อให้เห็นระบบนิเวศบนบกที่หลากหลายของประเทศไทย จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้





ปัจจัยทางกายภาพใดบ้างที่ส่งผลให้เกิดระบบนิเวศป่าไม้ที่แตกต่างกัน

คำตอบมีได้หลากหลาย เช่น ปริมาณน้ำฝน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ตัวอย่างระบบนิเวศที่มีความแตกต่างกันของปริมาณน้ำฝน เช่น ป่าดิบชื้นซึ่งมีฝนตกชุก มีปริมาณน้ำฝนมาก พืชเด่นที่พบจะเป็นไม้ต้นใบกว้างที่ไม่ผลัดใบ เช่น ตะเคียน ส่วนป่าเต็งรังซึ่งพบในพื้นที่แห้งแล้ง มีปริมาณน้ำฝนน้อย พืชเด่นที่พบจะมีการผลัดใบในช่วงแห้งแล้ง เช่น เต็ง รัง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ เช่น ระดับความสูง อุณหภูมิ ลักษณะของดิน การมีน้ำท่วมขัง ซึ่งปัจจัยทางกายภาพเหล่านี้ส่งผลต่อชนิดของสิ่งมีชีวิต จึงส่งผลให้เกิดระบบนิเวศป่าไม้ที่แตกต่างกัน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ในพื้นที่บางบริเวณอาจพบชนิดของป่าได้หลากหลาย เช่น บริเวณดอยอินทนนท์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชตามระดับความสูงของพื้นที่และอุณหภูมิ

- ที่ระดับความสูงประมาณ 400 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 18–29 องศาเซลเซียส จะพบป่าเต็งรังเป็นส่วนใหญ่
- ที่ระดับความสูงประมาณ 500-750 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 17 – 26 องศาเซลเซียส จะพบป่าผสมผลัดใบเป็นส่วนใหญ่
- ที่ระดับความสูงประมาณ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 16 – 22 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นเขตรอยต่อระหว่างแนวป่าเต็งรังและป่าดิบเขา จะพบป่าเต็งรังที่เริ่มมีสนเป็นไม้เด่น
- ที่ระดับความสูงประมาณ 1,000 – 1,300 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 14 – 21 องศาเซลเซียส จะเริ่มพบป่าที่มีสนและโอ๊คเป็นพืชเด่น
- ที่ระดับความสูงมากกว่า 1,300 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลจนถึงยอดดอยอินทนนท์ และมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 8 – 20 องศาเซลเซียส จะพบป่าดิบเขาเป็นส่วนใหญ่

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพที่ต่อเนื่องกันจะพบประชากรหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน

ระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ครูถามนักเรียนว่า ระบบนิเวศแหล่งน้ำใช้เกณฑ์เดียวกับระบบนิเวศบนบกได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้จะสามารถใช้เกณฑ์ใดในการจำแนก จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับระบบนิเวศแหล่งน้ำจากหนังสือเรียน ครูยกตัวอย่างระบบนิเวศแหล่งน้ำโดยใช้ข้อมูลและรูปหรือวิทัศน์ของระบบนิเวศแหล่งน้ำชนิดต่าง ๆ และอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบนิเวศแหล่งน้ำชนิดต่าง ๆ และเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและชนิดของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำต่าง ๆ และได้เห็นตัวอย่างระบบนิเวศแหล่งน้ำที่หลากหลาย ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า เกณฑ์ที่นิยมใช้ในการจำแนกระบบนิเวศแหล่งน้ำคือค่าความเค็มหรือความเข้มข้นของเกลือ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เกณฑ์ที่เป็นปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ในการแบ่งระบบนิเวศแหล่งน้ำออกเป็นบริเวณต่าง ๆ เช่น ปริมาณแสง ความลาดชันของพื้นที่ เป็นต้น ระบบนิเวศแหล่งน้ำจำแนกได้เป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็มและระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด โดยบริเวณรอยต่อระหว่างแหล่งน้ำเค็มและแหล่งน้ำจืดจะเป็นแหล่งน้ำกร่อยซึ่งมีความแปรผันของค่าความเข้มข้นของเกลือ นอกจากนี้ยังสามารถพบป่าชายเลนซึ่งเป็นป่ารอยต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



จากรูป 24.8 ปัจจัยทางกายภาพใดบ้างที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในบริเวณต่าง ๆ ของแหล่งน้ำเค็มและปัจจัยดังกล่าวมีผลอย่างไร



คำตอบมีได้หลากหลาย เช่น

ปริมาณแสง – ปริมาณแสงที่ส่องลงไปใต้มหาสมุทรจะแตกต่างกันไปตามระดับความลึกของน้ำ บริเวณที่แสงส่องถึงจะยังพบผู้ผลิตซึ่งสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น แพลงก์ตอนพืช ในเขตที่แสงส่องถึงในทะเลจะพบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง เช่น ตามแนวปะการัง การขึ้นลงของกระแสน้ำ – สัตว์ที่อาศัยในเขตน้ำขึ้นน้ำลงมีลักษณะหลายอย่างที่ทำให้สามารถดำรงชีวิตในบริเวณนี้ได้ เช่น มีลักษณะที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำในช่วงน้ำลง



สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณหาดทรายและบริเวณหาดหินจะพบกับปัญหาอะไรบ้างที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต และมีการปรับตัวอย่างไรเพื่อการอยู่รอด



สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณหาดทรายและหาดหินจะพบปัญหาการสูญเสียน้ำจากการขึ้นลงของกระแสน้ำ การเพิ่มระดับของความเค็มในน้ำจากการระเหยของน้ำเมื่อต้องอาศัยในแอ่งน้ำขังขนาดเล็กเวลาน้ำลงเป็นเวลานาน และการถูกกระแสน้ำพัด สิ่งมีชีวิตในบริเวณนี้มีการปรับตัวดังนี้

- สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถขุดรูแทรกตัวลงไปใต้ทรายเพื่อหลีกเลี่ยงจากกระแสน้ำและการขึ้นลงของกระแสน้ำ เช่น ปูลม
- สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีลำตัวแบน ผิวเรียบ มีเปลือกแข็งหุ้มร่างกาย เพื่อลดแรงปะทะจากน้ำทะเล เช่น หอยสองฝา ลิ่นทะเล เหยี่ยวทะเล
- สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีการปรับโครงสร้างของเปลือกเพื่อยึดเกาะกับหินเมื่อยังเป็นตัวอ่อนเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับหินได้แน่น และป้องกันการถูกพัดจากคลื่น และเมื่อน้ำลงจะปิดเปลือกสนิทเพื่อลดการสูญเสียน้ำ เช่น หอยนางรม เปรียงคอห่าน ซึ่งพบได้ทั่วไปในบริเวณหาดหิน
- สิ่งมีชีวิตหลายชนิดมีวิวัฒนาการให้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นของเกลือได้ในช่วงกว้างเพื่ออาศัยอยู่ในแอ่งน้ำขังขนาดเล็กในบริเวณหาดหินที่มีความเค็มสูงกว่าน้ำทะเล เช่น หอยหมวกเงือกหลายชนิด



สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำไหลต้องมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดในการดำรงชีวิตอย่างไรบ้าง



พืชมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตบนแก่งหินได้ มักเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กที่มีรากซึ่งสามารถยึดเกาะกับแก่งหินได้ มีลำต้นที่มีขนาดเล็ก ใบมีลักษณะเรียวยาวคล้ายกระสวยที่ไม่ต้านกระแสน้ำ ในพืชบางชนิด เช่น มะเดื่อน้ำ (*Ficus squamosa*) มีเมล็ดซึ่งโครงสร้างภายนอกมีลักษณะเป็นปุยช่วยในการลอยน้ำและเพิ่มพื้นที่ยึดเกาะเพื่อช่วยในการงอกบริเวณโขดหิน

สัตว์มีการปรับตัวเพื่อป้องกันไม่ให้ถูกกระแสน้ำที่ไหลแรงพัดไป เช่น ปลาบางชนิดมีลักษณะลำตัวเรียวยาว เพื่อลดการต้านของกระแสน้ำ และมีการว่ายทวนกระแสน้ำเป็นระยะ ๆ ปลาบางชนิดจะปรับตัวอาศัยอยู่ตามซอกหินในแหล่งน้ำไหล ตัวอ่อนแมลงน้ำจะฝังตัวเองอยู่ในดินบริเวณพื้นท้องน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงการถูกพัดพาโดยกระแสน้ำ



เพราะเหตุใดระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อยจึงมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูงและมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด



แหล่งน้ำกร่อยเป็นบริเวณรอยต่อระหว่างแม่น้ำและทะเล เป็นบริเวณปากแม่น้ำที่มีการสะสมของตะกอนและธาตุอาหารสูง เนื่องจากกระแสน้ำจากแม่น้ำได้พัดพาเอาสารอินทรีย์และธาตุอาหารหลายชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต บริเวณนี้ยังได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง และการพัดของคลื่น ทำให้เกิดการพัดพาสารอินทรีย์และธาตุอาหารจากทะเลเข้าสู่บริเวณผิวน้ำและชายฝั่ง จึงมีการหมุนเวียนของธาตุอาหารสูง ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์สูง และส่งผลให้มีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดอาศัยอยู่บริเวณนี้

นอกจากนี้ครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของแนวปะการัง โดยใช้คำถามถามนักเรียนดังนี้

- แนวปะการังมีความสำคัญอย่างไรต่อระบบนิเวศ และมีสาเหตุใดบ้างที่ส่งผลทำให้ปัจจุบันแนวโน้มของแนวปะการังลดลง



แนวปะการังเป็นที่อยู่และแหล่งสืบพันธุ์ของสัตว์ทะเลหลายชนิด ปัจจุบันแนวปะการังทั่วโลกกำลังถูกคุกคาม และมีจำนวนลดลง จากหลายสาเหตุ เช่น

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิน้ำสูงเกิดจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว
- การปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (plankton bloom) ปิดกั้นแสงให้ส่องถึงแนวปะการัง และลดการละลายของแก๊สออกซิเจน หรือการใช้พาหนะในการเดินทางทางน้ำที่มีการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่ทะเลซึ่งเป็นการปิดกั้นแก๊สออกซิเจนจากอากาศที่ละลายลงในน้ำ ทำให้ปะการังตาย
- การทำการประมงไม่ถูกวิธี เช่น การใช้วนลากในบริเวณที่ไม่ได้รับอนุญาต การทอดสมอเรือในแนวปะการัง และการใช้ระเบิด ทำให้ปะการังแตกหักเสียหายและลดจำนวนลง
- การท่องเที่ยวซึ่งมีปริมาณนักท่องเที่ยวมากเกินไป หรือการดำน้ำชมปะการังโดยขาดความรู้ หยิบ จับ หัก หรือเหยียบลงบนปะการัง
- การลักลอบเก็บปะการังขาย ทำให้ปะการังลดจำนวนลง

จากนั้นครูและนักเรียนสรุปร่วมกันว่าสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ในแต่ละบริเวณที่มีสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันจึงมีชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดระบบนิเวศที่หลากหลาย และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำแตกต่างกันอย่างไร
องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำมีความแตกต่างกันดังนี้

1. ความชื้น - ระบบนิเวศแหล่งน้ำจะมีความชื้นมากกว่าระบบนิเวศบนบก เนื่องจากน้ำเป็นแหล่งที่มาของความชื้นในระบบนิเวศบนบกมักมีความชื้นจำกัด สิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนบกต้องปรับตัวให้อยู่บนบกได้โดยลดการสูญเสียน้ำ
2. อุณหภูมิ - อุณหภูมิในระบบนิเวศบนบกจะเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนที่สูง การทำให้น้ำเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะต้องใช้พลังงานสูงกว่าอากาศ ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำจึงไม่เปลี่ยนแปลงมาก
3. แสง - ปริมาณแสงบนบกจะมากกว่าในน้ำ โดยแสงยังเป็นปัจจัยที่ทำให้สังเคราะห์แสง ความหลากหลายเพราะพืชแต่ละชนิดจะดำรงชีวิตอยู่ในที่ที่มีปริมาณแสงแตกต่างกันไป ในระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้นแสงไม่สามารถส่องลงไปถึงพื้นท้องน้ำได้ในกรณีที่น้ำลึกมาก
4. แก๊ส - การละลายของแก๊สที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เช่น แก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จะละลายได้น้อยและมักพบที่บริเวณผิวน้ำ การละลายของแก๊สในน้ำยังแปรผกผันกับอุณหภูมิ ขณะที่ระบบนิเวศบนบกนั้นแก๊สเหล่านี้พบได้มากมายในชั้นบรรยากาศ
5. ธาตุอาหาร - แหล่งที่มาของธาตุอาหารต่าง ๆ ในระบบนิเวศบนบกนั้น มักมาจากการพังทลายของชั้นหิน หรือกระบวนการทางธรณีวิทยา หรือการทับถมของอินทรีย์สารที่เป็นสาเหตุให้เกิดลักษณะดินแบบต่าง ๆ ของบริเวณนั้น สำหรับระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้น ธาตุอาหารมักถูกพัดพามาตามกระแสน้ำ โดยมีที่มาหลากหลาย เช่น การชะล้างพังทลายของดินและหินลงสู่แหล่งน้ำ การพัดพาตะกอนตามแหล่งน้ำ การปล่อยน้ำทิ้งจากการเกษตร อุตสาหกรรม หรือบ้านเรือนเข้าสู่แหล่งน้ำ เช่น น้ำทิ้งจากการชะล้างซึ่งมีปริมาณฟอสเฟตสูง ซึ่งมีผลจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำหรือแพลงก์ตอนพืช

24.1.2 กระบวนการที่สำคัญในระบบนิเวศ

ครูให้ข้อมูลแก่นักเรียนว่า การที่ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้ต้องมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น โดยกระบวนการที่สำคัญคือ การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสาร นอกจากนี้ยังมีกระบวนการอื่น ๆ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งนักเรียนได้เคยเรียนมาแล้ว

การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

ครูนำเข้าสู่การถ่ายทอดพลังงาน โดยยกตัวอย่างระบบนิเวศที่นักเรียนได้ศึกษามา เช่น ระบบนิเวศป่าชายเลน แล้วให้นักเรียนยกตัวอย่างผู้ผลิต ผู้บริโภค ผู้สลายสารอินทรีย์ ในระบบนิเวศดังกล่าว จากนั้นใช้คำถามถามนักเรียนดังนี้

- สิ่งถ่ายทอดจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคและผู้สลายสารอินทรีย์มีอะไรบ้าง
- สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสำคัญต่อการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศอย่างไร

นักเรียนควรตอบได้ว่าในระบบนิเวศมีสิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้สลายสารอินทรีย์ ซึ่งจะมีการกินต่อกันเป็นทอดๆ โดยจะมีทั้งพลังงานและสารบางอย่างถ่ายทอดผ่านการกินนี้ด้วย ดังนั้นสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศจึงเป็นส่วนหนึ่งของถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ดวงอาทิตย์คือแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต ผู้ผลิตได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้วนำมาเปลี่ยนรูปผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ผ่านการกินต่อกันเป็นทอดๆ ในรูปแบบที่ไม่เป็นวัฏจักร

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโซ่อาหารและสายใยอาหารจากเนื้อหาในหนังสือเรียน รวมถึงการถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหารจากรูป 24.15 และ 24.16 ในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิดซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ชวนคิด

? จากรูปสายใยอาหารในระบบนิเวศแห่งหนึ่ง ให้เขียนโซ่อาหารแบบผู้ล่าและโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์

✎ โซ่อาหารแบบผู้ล่า

ต้นพืช → หนอนบู่ → นกกระจิบ → เหยี่ยวแดง

ต้นพืช → หนอนบู่ → ตัวง → นกกระจิบ → เหยี่ยวแดง

ต้นพืช → หนอน → นกหัวขวาน → เหยี่ยวแดง

โซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์

ซากใบไม้ → แมลงหางดีด → นกกางเขนบ้าน → เหยี่ยวแดง

ซากใบไม้ → แมลงหางดีด → ตัวง → นกกระจิบ → เหยี่ยวแดง

ซากใบไม้ → ไส้เดือนดิน → นกกางเขนบ้าน → เหยี่ยวแดง



ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าในธรรมชาตินั้นโซ่อาหารแต่ละสายมีชนิดและปริมาณของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารมากน้อยต่างกัน สามารถเขียนความสัมพันธ์แต่ละลำดับขั้นได้ในรูปแบบของพีระมิด และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพีระมิดทางนิเวศวิทยา 3 แบบจากหนังสือเรียน โดยใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่การสืบค้น ดังนี้

- พีระมิดทางนิเวศวิทยามีกี่แบบ อะไรบ้าง
- พีระมิดทางนิเวศวิทยาแต่ละแบบเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

นักเรียนควรสรุปได้ว่าพีระมิดทางนิเวศวิทยามี 3 แบบ คือ พีระมิดจำนวน พีระมิดมวลชีวภาพ และพีระมิดพลังงาน ซึ่งพีระมิดทั้งสามแบบจะเขียนโดยให้ผู้ผลิตอยู่ด้านล่างเสมอ ซึ่งพีระมิดจำนวนกับพีระมิดมวลชีวภาพอาจมีทั้งแบบที่ฐานกว้างหรือแคบ เนื่องจากผู้บริโภคอาจมีจำนวนหรือมีมวลชีวภาพมากกว่าผู้ผลิต แต่พีระมิดพลังงานจะมีลักษณะฐานกว้างเสมอ โดยครูอาจยกตัวอย่างระบบนิเวศหลายๆแบบซึ่งแสดงพีระมิดต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนมากขึ้น จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้



เพราะเหตุใดจึงไม่พบพีระมิดพลังงานแบบหัวกลับ



เนื่องจากในระหว่างการกินต่อกันเป็นทอดๆ พลังงานที่ถ่ายทอดไปจะลดลงตามลำดับขั้นการกิน จึงไม่พบพีระมิดพลังงานแบบหัวกลับ

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าพีระมิดจำนวนพบรูปแบบพีระมิดที่มียอดแหลมหรือฐานแคบอยู่ด้านล่างได้เนื่องจากคำนวณมาจากจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตในพื้นที่นั้น ในกรณีที่ต้นไม้ต้นขนาดใหญ่จะพบว่า ต้นไม้ขนาดใหญ่เพียงไม่กี่ต้น จะเป็นแหล่งอาหารให้กับผู้บริโภคลำดับขั้นต่อไปได้หลายตัว เช่น ในต้นไม้ใหญ่หนึ่งต้นอาจพบหนอนกินใบไม้ในหลักร้อยจนถึงหลายพันตัว ในพีระมิดมวลชีวภาพสามารถพบรูปแบบมียอดแหลมหรือฐานแคบอยู่ด้านล่างได้เช่นกัน ในทะเลเปิดบางที่อาจพบมวลชีวภาพของผู้ผลิตน้อยกว่าผู้บริโภคลำดับถัดไป เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้นมีการเพิ่มจำนวนที่รวดเร็วและเพียงพอต่อแพลงก์ตอนสัตว์ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับถัดไปมีมวลชีวภาพที่สูงกว่า

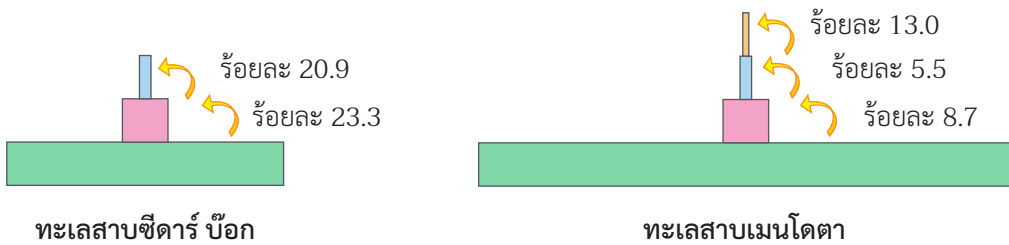
จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการศึกษาของเฮอร์มอนด์ ลินด์แมนในหนังสือเรียนและรูป 24.20 แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



จากรูป 24.20 การถ่ายทอดพลังงานจากลำดับขั้นการกินหนึ่งไปยังอีกลำดับขั้นหนึ่ง พลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปคิดเป็นร้อยละเท่าไร



พลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปเป็นดังรูป



ตัวอย่างวิธีคิด

ในทะเลสาบซีดาร์ บ็อก ร้อยละของพลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคลำดับที่ 1

$$\begin{aligned}
 \text{ร้อยละของพลังงานที่ถูกถ่ายทอด} &= \frac{\text{พลังงานที่สะสมในผู้บริโภคลำดับที่ 1}}{\text{พลังงานที่สะสมในผู้ผลิต}} \times 100 \\
 &= \frac{14.8}{111.3} \times 100 \\
 &= \text{ร้อยละ 13.3}
 \end{aligned}$$

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานผ่านการบริโภคและศึกษารูป 24.21 ในหนังสือเรียน โดยใช้คำถามนำเข้าสู่การสืบค้น ดังนี้

- เพราะเหตุใดพลังงานที่ถ่ายทอดผ่านการบริโภคจึงลดลง

จากการสืบค้นข้อมูลนักเรียนควรสรุปได้ว่า ในการถ่ายทอดพลังงานผ่านการกินพลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินจะไม่เท่ากัน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียไปจากสาเหตุต่างๆ กัน เช่น เป็นพลังงานในส่วนที่ไม่ถูกกิน พลังงานในกากอาหาร และพลังงานในสารอาหารที่ใช้ไปในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ พลังงานที่ถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินจึงลดลงเรื่อยๆ นอกจากนี้ครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นว่าพลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินอาจไม่ได้เท่ากับร้อยละ 10 และไม่ได้เท่ากันในทุกลำดับขั้นการกิน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พลังงานที่ถูกถ่ายทอดผ่านการบริโภคจะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ตามลำดับขั้นการกินอาหาร โดยพลังงานของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในโซ่อาหารจะถูกถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคในลำดับถัดไปประมาณร้อยละ 5 - 20 หรือคิดโดยเฉลี่ยคือประมาณร้อยละ 10 โดยร้อยละของพลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปนั้นคิดจากมวลชีวภาพทั้งหมดในผู้ถูกกินเทียบกับมวลชีวภาพที่ผู้บริโภคสร้างขึ้น

ครูนำเข้าสู่เนื้อหาไบโอแมกนิฟิเคชันโดยให้นักเรียนศึกษาข่าวที่ตรวจพบการปนเปื้อนสารต่าง ๆ ในวัตถุดิบที่ใช้ทำอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ ปลา แล้วให้นักเรียนอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

- หากนำวัตถุดิบที่ปนเปื้อนสารต่าง ๆ มาประกอบอาหารและบริโภคเข้าไป ร่างกายจะได้รับสารนั้นด้วยหรือไม่

จากการตอบคำถามนักเรียนควรเห็นว่าสารบางอย่างอาจถูกถ่ายทอดได้ผ่านการกินอาหาร จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อไบโอแมกนิฟิเคชันในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงตัวอย่างการสะสมของดีดีทีและตัวอย่างการสะสมของปรอท และตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวการตอบ ดังนี้



การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันของปรอทในทะเลสาบดังกล่าวส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้อย่างไร
การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันของปรอทในทะเลสาบดังกล่าว หากมนุษย์นำสิ่งมีชีวิตในโซ่อาหารที่มีการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันมาบริโภคอาจเป็นอันตราย โดยเฉพาะปลาซึ่งมีความเข้มข้นของปรอทสูง



ยกตัวอย่างสถานการณ์ที่อาจส่งผลให้มีการสะสมสารพิษในสิ่งมีชีวิตและเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันที่เป็นไปได้ในชุมชนของนักเรียน พร้อมแนวทางป้องกันและแก้ไข

คำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับบริบทของชุมชนและประสบการณ์ของนักเรียน เช่น การทิ้งสารเคมีลงในแหล่งน้ำในชุมชน ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำ หากสารดังกล่าวสะสมในสิ่งมีชีวิตอาจทำให้เกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน เมื่อจับสัตว์น้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวมาบริโภคก็อาจทำให้มนุษย์ได้รับสารเคมีนั้นในความเข้มข้นที่สูงด้วย จึงอาจป้องกันและแก้ไขโดยรณรงค์ไม่ให้มีการทิ้งสารเคมีลงในแหล่งน้ำ บังคับใช้กฎหมายอย่างเข้มงวด

ออกแบบการจัดการสารเคมีหรือขยะในชุมชน ให้ความรู้และความเข้าใจแก่คนในชุมชนถึงผลเสียหรือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และมีการสุ่มตรวจสอบสารเคมีในแหล่งน้ำและจากสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้น เป็นต้น

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลว่านอกจากในแหล่งน้ำแล้วยังมีการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันในบริเวณอื่น ๆ อีกหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันซึ่งนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ในระหว่างการถ่ายทอดพลังงานผ่านการกินอาหาร บางครั้งอาจทำให้มีสารพิษสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต ซึ่งความเข้มข้นของสารพิษที่สะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตจะสูงขึ้นตามลำดับขั้นการกินอาหาร ซึ่งสารพิษที่ได้รับอาจเป็นอันตรายต่อตัวสิ่งมีชีวิตนั้นเอง หรืออาจทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในลำดับขั้นการกินที่สูงกว่าเนื่องจากการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน ที่ทำให้ความเข้มข้นของสารพิษสูงขึ้น



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สารเคมีบางชนิด เช่น สารเคมีกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (organochlorine) เป็นสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการเกษตร ละลายในไขมันได้ดี จึงสามารถสะสมในชั้นไขมันของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย สารเคมีที่ละลายได้ในไขมันจะขับออกจากร่างกายได้น้อย เพราะระบบขับถ่ายของร่างกายจะกำจัดของเสียที่ละลายได้ในน้ำเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้สารเหล่านี้สะสมในสิ่งมีชีวิตโดยไม่สามารถขับออกมาพร้อมของเสียได้

การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

ครูนำเข้าสู่เนื้อหาโดยใช้คำถามถามนักเรียนดังนี้

- สิ่งที่ถูกส่งต่อไปในระหว่างการกินในโซ่อาหารมีอะไรบ้าง
- เพราะเหตุใดธาตุอาหารในป่าจึงมิให้พืชใช้อย่างไม่หมดสิ้น
- เพราะเหตุใดในอากาศจึงมีปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างคงที่

นักเรียนควรตอบได้ว่าสิ่งที่ถูกส่งต่อไปจากการกินให้ทั้งพลังงาน แร่ธาตุ และสารต่าง ๆ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต สารบางส่วนถูกส่งผ่านสิ่งมีชีวิต บางส่วนกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อม จากนั้นครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับวัฏจักรน้ำและวัฏจักรคาร์บอนซึ่งจะเห็นได้ว่าสารเหล่านี้มีการหมุนเวียนในระบบนิเวศอย่างเป็นวัฏจักร ผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เหมือนกัน คือ พลังงานและสารมีการถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้เช่นเดียวกัน แตกต่างกัน คือ การถ่ายทอดพลังงานไม่เป็นวัฏจักร เมื่อถูกถ่ายทอดไปในโซ่อาหารจนถึงผู้สลายสารอินทรีย์ พลังงานจะไม่หมุนเวียนกลับมาให้ผู้ผลิตใช้ได้ อีก ส่วนการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศนั้นสารจะหมุนเวียนผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตแล้วกลับมาให้ผู้ผลิตใช้ได้ อีกอย่างเป็นวัฏจักร



สิ่งมีชีวิตได้รับธาตุและสารต่าง ๆ โดยวิธีการใดบ้าง

สิ่งมีชีวิตได้รับธาตุและสารต่าง ๆ ได้หลายวิธี เช่น การกิน การหายใจ การดูดซึม การสัมผัส

วัฏจักรไนโตรเจน

ครูนำเข้าสู่เนื้อหาวัฏจักรไนโตรเจนโดยให้นักเรียนดูวิดีโอทัศน์การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในรูปแบบต่าง ๆ และถามนักเรียนว่ารอบ ๆ ตัวของนักเรียนมีไนโตรเจนอยู่ที่ไหนบ้าง โดยครูช่วยชี้ให้นักเรียนเห็นไนโตรเจนในระบบนิเวศและในสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นส่วนหนึ่งของอากาศ โดยมีสัดส่วนมากถึงประมาณ 78% เป็นธาตุอาหารของพืชที่หากขาดไปจะทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติ เป็นองค์ประกอบของโปรตีน หรือแม้แต่ในร่างกายของนักเรียนเองก็มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น ในกรดแอมิโน DNA จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัฏจักรไนโตรเจนและศึกษารูป 24.22 ในหนังสือเรียน และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



จากรูปกระบวนการต่าง ๆ ที่สำคัญของวัฏจักรไนโตรเจนเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างไร

วัฏจักรไนโตรเจนประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 4 กระบวนการ คือ

1. การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนในอากาศเป็นแอมโมเนีย
2. แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นซากพืชซากสัตว์มาเป็นแอมโมเนียม
3. ไนตริฟิเคชัน (nitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียมเป็นไนไตรท์และไนเตรตตามลำดับ
4. ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนไนเตรตกลับเป็นแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศ

โดยไนโตรเจนจะมีการเปลี่ยนรูปและนำไปใช้ในระบบนิเวศในรูปของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ผ่านกระบวนการเหล่านี้ ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศอย่างเป็นวัฏจักร



ถ้าธาตุไนโตรเจนในดินไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร
ถ้าดินไม่อุดมสมบูรณ์เนื่องจากการขาดธาตุไนโตรเจน พืชอาจเกิดอาการผิดปกติ ทำให้มีผลผลิตน้อยลง และสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคลำดับต่อๆ มาจะมีอาหารน้อยลง



ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจน
การใช้ปุ๋ยซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนในปมรากของพืชได้ เช่น แบคทีเรียในจีนัส *Rhizobium* โดยอาจคลุกปุ๋ยกับเมล็ดพืชวงศ์ถั่วก่อนนำไปปลูก แบคทีเรียจะเข้าไปสร้างปมที่รากพืชวงศ์ถั่ว พร้อมทั้งช่วยตรึงไนโตรเจนในอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ทำให้ผลผลิตพืชวงศ์ถั่วมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีคุณภาพที่สูงขึ้น และช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

วัฏจักรกำมะถัน

ครูชี้ให้เห็นความสำคัญของกำมะถัน เช่น เป็นองค์ประกอบของโปรตีน จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัฏจักรกำมะถันและศึกษารูป 24.23 ในหนังสือเรียน และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



กำมะถันมีการหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตอย่างไร
พืชสามารถลำเลียงกำมะถันในรูปของสารละลายซัลเฟตจากดินหรือน้ำเข้าสู่ราก เพื่อนำไปสร้างเป็นกลุ่มซัลไฟไฮไดรล (sulfhydryl หรือ -SH) ของกรดแอมิโนและโปรตีน เมื่อสัตว์กินพืชจะได้กำมะถันจากพืช เมื่อพืชและสัตว์ตายจุลินทรีย์จะย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ ได้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และจุลินทรีย์หลายกลุ่มจะออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นสารประกอบซัลเฟตซึ่งพืชนำไปใช้เป็นธาตุอาหารได้อีก



กำมะถันที่ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมมาจากแหล่งใดบ้าง
จากแหล่งธรรมชาติ เช่น จากการระเบิดของภูเขาไฟ หรืออาจพบในรูปแบบของแร่ธาตุในดิน ในชั้นหินตะกอนที่มีกำมะถันสะสมอยู่ในถ่านหินและน้ำมันปิโตรเลียม รวมถึงในซากพืชซากสัตว์ และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้มีการปล่อยกำมะถันในรูปของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์



สารประกอบกำมะถันที่อยู่ในรูปของแก๊สส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร ส่วนใหญ่กำมะถันที่อยู่ในรูปของแก๊สมักมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สนี้เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ถ่านหินลิกไนต์ เป็นแก๊สพิษที่ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน แก๊สนี้รวมตัวกับออกซิเจนและไอน้ำในอากาศเกิดเป็นกรดซัลฟิวริก มีฤทธิ์เป็นกรดกัดกร่อนทำลายสิ่งก่อสร้างและวัสดุที่เป็นหินปูน หินอ่อน และโลหะให้สึกกร่อน ทำลายสิ่งทอประเภทผ้าฝ้าย ไนลอน หนังสัตว์ ยาง ทำให้พลาสติกเสื่อมคุณภาพเร็ว นอกจากนี้ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายน้ำได้ดี เมื่อมีความเข้มข้นมากพอจะทำอันตรายต่อทางเดินหายใจ และทำลายเนื้อเยื่อปอดได้ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถทำลายคลอโรฟิลล์ทำให้ใบไม้กลายเป็นสีเหลืองจนไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงและตายในที่สุด ผลกรดยังทำลายเนื้อเยื่อของพืช ทำให้ต้นไม้แคระแกร็น ผลผลิตลดลง ผสมพันธุ์ไม่ติด ทำลายระบบนิเวศป่าไม้และแหล่งน้ำ เป็นต้น

วัฏจักรฟอสฟอรัส

ครูชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของฟอสฟอรัส เช่น เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก จากนั้น ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัฏจักรฟอสฟอรัสและศึกษารูป 24.24 ในหนังสือเรียน และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



แหล่งสะสมฟอสฟอรัสที่สำคัญพบที่ใดบ้าง

ในดิน หินฟอสเฟตในภูเขา ตะกอนที่ทับถมในมหาสมุทร และสารประกอบฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ



วัฏจักรฟอสฟอรัสหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตอย่างไรบ้าง

พืชลำเลียงฟอสเฟตจากดินและน้ำไปใช้ในการดำรงชีวิต จากนั้นสัตว์จะได้รับฟอสเฟตจากการกินอาหาร คือ พืชและสัตว์ตามลำดับในโซ่อาหาร และปล่อยออกมาพร้อมของเสีย เมื่อพืชและสัตว์ตายลงจะเกิดการทับถมในดินหรือชะล้างไปสู่แหล่งน้ำต่อไป ทำให้เกิดการหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไป



สารประกอบฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับเซลล์ทุกชนิด เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นสารพันธุกรรม เป็นองค์ประกอบของสารให้พลังงานสูง เช่น ATP และ ADP และยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระดูกและฟันในสัตว์มีกระดูกสันหลังด้วย

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 24.1 การหมุนเวียนของธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศป่าไม้



กิจกรรม 24.1 การหมุนเวียนของธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศป่าไม้

จุดประสงค์

อธิบายการหมุนเวียนธาตุผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศป่าไม้

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูทบทวนความสำคัญของระบบนิเวศป่าไม้และอธิบายเพิ่มเติมว่าระบบนิเวศป่าไม้มีการหมุนเวียนของธาตุต่างๆ เช่นกัน
2. ครูอาจแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มทำกิจกรรมหรือให้ทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล โดยให้นักเรียนศึกษาแผนภาพการหมุนเวียนธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศป่าไม้ จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยอภิปรายร่วมกัน ซึ่งควรได้ข้อสรุปดังนี้

ตัวอย่างผลการอภิปราย

จากแผนภาพการหมุนเวียนธาตุที่ไม่ผ่านสิ่งมีชีวิตนั้นเริ่มต้นจากการผุพังของดินและหิน และการชะล้างธาตุต่างๆ เข้าสู่ระบบนิเวศป่าไม้โดยน้ำฝน ซึ่งน้ำฝนสามารถชะล้างธาตุต่างๆ ที่แขวนลอยในอากาศในรูปแบบของแก๊ส และสามารถชะล้างธาตุและสารประกอบต่างๆ ที่อยู่ในชั้นเรือนยอดของป่า เช่น ธาตุต่างๆ ที่เคลือบอยู่บนบริเวณผิวใบไม้ กิ่งไม้ จากนั้นน้ำฝนที่ชะล้างและละลายธาตุเหล่านี้จะตกสะสมลงสู่ชั้นดิน

สำหรับการหมุนเวียนธาตุในระบบที่ผ่านสิ่งมีชีวิตนั้น จากแผนภาพมาจากการย่อยสลายของใบไม้ กิ่งไม้ ที่ร่วงหล่นหรือรากไม้โดยผู้สลายสารอินทรีย์ และธาตุต่างๆ จะสะสมลงสู่ชั้นดิน ซึ่งจะพบธาตุต่างๆ ในดินในปริมาณที่สูงกว่าบริเวณอื่นๆ ที่ทำการสำรวจ เนื่องจากดินเป็นปลายทางสุดท้ายที่สารอินทรีย์ต่างๆ จากการสลายซากอินทรีย์รวมถึงการผุพังของหินและการชะล้างของน้ำฝนสะสมอยู่ จากนั้นธาตุต่างๆ เหล่านี้ในดินจะถูกพืชดูดซึมนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและจะถูกเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งการหมุนเวียนธาตุจะเกิดต่อเนื่องไปเป็นวัฏจักร

ทั้งนี้ครูสามารถเสริมความเข้าใจให้นักเรียนเพิ่มเติมในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในป่า โดยอาจนำเสนอภาพหรือวิดีโอที่บันทึกของปลวกที่พบตามพื้นป่า หรือการย่อยสลายซากอินทรีย์ที่พื้นป่าโดยรา

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

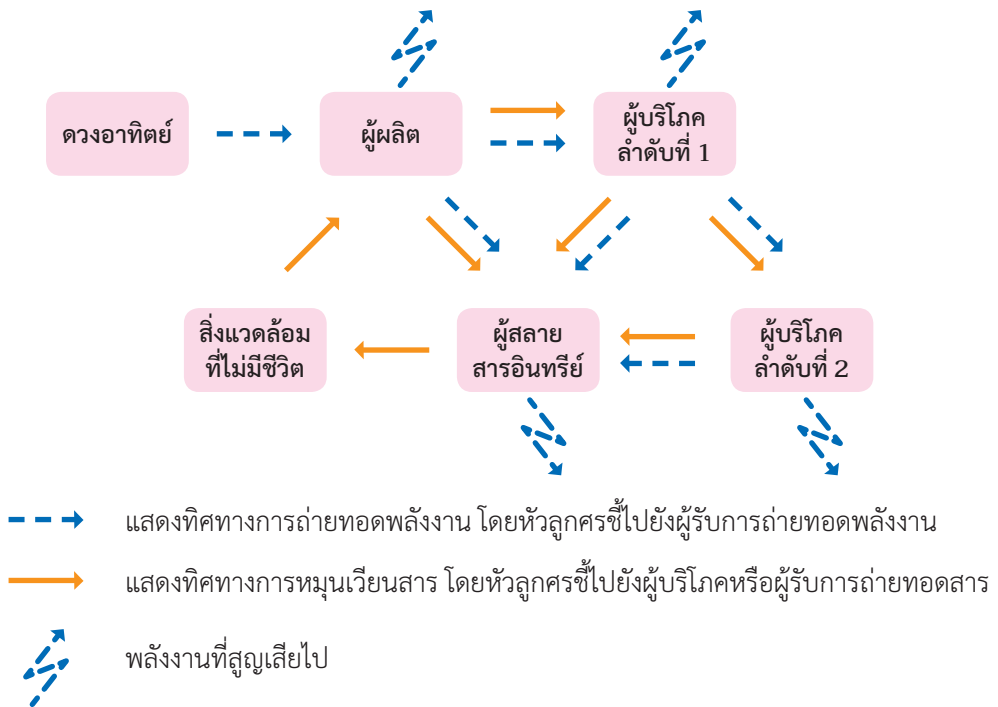
? จากการศึกษาระบบนิเวศป่าไม้แห่งนี้ ธาตุใดมีการหมุนเวียนในปริมาณมากที่สุดและน้อยที่สุด จงอธิบาย

 ในภาพรวมธาตุไนโตรเจนมีปริมาณในการหมุนเวียนมากที่สุดเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนและสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจะถูกย่อยสลายและสะสมในชั้นดิน และมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ หลายกระบวนการ ธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณในการหมุนเวียนน้อยที่สุด เนื่องจากสารประกอบของฟอสฟอรัสที่เป็นฟอสเฟตซึ่งใช้ในกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตพบได้น้อยในธรรมชาติ และส่วนมากเกิดจากการสะสมในสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการทางธรณีวิทยา

? เพราะเหตุใดจึงไม่รายงานการหมุนเวียนธาตุกำมะถันในระบบนิเวศป่าไม้แห่งนี้

 อาจเนื่องมาจากเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ กำมะถันนั้นพบในธรรมชาติปริมาณน้อย ซึ่งในการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาหรือตรวจวัดปริมาณของธาตุกำมะถันจากบริเวณต่างๆ ของระบบนิเวศป่าไม้แห่งนี้

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าในระบบนิเวศมีการหมุนเวียนของสารหลายชนิด ซึ่งไม่ได้แยกจากกันโดยสิ้นเชิง โดยเกิดขึ้นผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต สารที่หมุนเวียนกันเป็นวัฏจักรเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การหมุนเวียนสารจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในระบบนิเวศ เช่นเดียวกับการถ่ายทอดพลังงานที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปทิศทางการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในรูปของแผนภาพ ซึ่งควรแสดงให้เห็นว่าการถ่ายทอดพลังงานมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้แก่ผู้ผลิต มีการถ่ายทอดผ่านสิ่งมีชีวิตแบบไม่เป็นวัฏจักร โดยในระหว่างการถ่ายทอดพลังงานมีพลังงานส่วนหนึ่งที่สูญเสียไป ส่วนการหมุนเวียนสารมีการถ่ายทอดผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตแบบเป็นวัฏจักร



ตัวอย่างแผนภาพสรุปทิศทางการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** ให้นักเรียนเขียนแผนภาพวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
-  ครูตรวจสอบแผนภาพวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส ที่นักเรียนเขียน โดยตรวจสอบความถูกต้องกับเนื้อหาในหนังสือเรียน
- ?** การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศมีความสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร
-  ในระหว่างการกินต่อกันเป็นทอดๆ ในโซ่อาหารหรือสายใยอาหาร จะมีการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต โดยพลังงานจะถ่ายทอดผ่านจากผู้ผลิตไปตามผู้บริโภคลำดับต่าง ๆ ตามลำดับขั้นการกินอาหาร ซึ่งผู้บริโภคจะนำพลังงานที่ได้ไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ของร่างกาย ทำให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศดำรงชีวิตอยู่ได้ และนอกจากพลังงานแล้ว แร่ธาตุและสารต่างๆ ก็มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตเช่นกัน ซึ่งในระหว่างการหมุนเวียนสารต่างๆ ในระบบนิเวศ สารเหล่านี้จะมีการหมุนเวียนผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะได้รับสารเหล่านี้มาใช้ในการเจริญเติบโตและในการทำกิจกรรมต่างๆ ของร่างกาย ทำให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศดำรงชีวิตอยู่ได้ การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญในระบบนิเวศซึ่งทำให้ระบบนิเวศดำรงอยู่ได้

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- บัณฑิตที่ใช้ในการจำแนกระบบนิเวศ ตัวอย่างระบบนิเวศชนิดต่างๆ ตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ ตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนีฟิเคชันและแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนีฟิเคชัน วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส จาก การอธิบาย การอภิปราย การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ การวาดแผนภาพ การทำกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการอธิบาย การอภิปราย การทำกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณ์ญาณและความซื่อสัตย์ จากการอภิปรายและพฤติกรรมในการตอบคำถามในชั้นเรียน

24.2 ไบโอม

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก และยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่างๆ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศของบริเวณต่างๆ บนโลก โดยอาจใช้รูปแบบที่โลกซึ่งแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในบริเวณต่างๆ ของโลกมาประกอบ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีทั้งบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศคล้ายคลึงกันและแตกต่างกัน ซึ่งบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศคล้ายกันจะพบระบบนิเวศแบบเดียวกัน จากนั้นให้ความรู้โดยเชื่อมโยงเนื้อหาาระบบนิเวศกับไบโอมและให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิดในหนังสือเรียน



ชวนคิด

? ไบโอมต่างกับระบบนิเวศอย่างไร



ระบบนิเวศอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดขอบเขตในการศึกษา ในขณะที่ไบโอมจะมีขนาดใหญ่ เป็นการศึกษาาระบบนิเวศที่อยู่ในแต่ละบริเวณของโลกซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่หลากหลาย

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 24.25 ในหนังสือเรียนและสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไบโอมบนบกชนิดต่าง ๆ และบริเวณที่พบ โดยใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่การสืบค้นว่าไบโอมเหล่านี้พบที่ส่วนใดของโลกและมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร และนำเข้าสู่การอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ บนโลก โดยนักเรียนศึกษาได้จากรูป 24.26-24.33 ในหนังสือเรียนหรือจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพื่อสรุปว่าสภาพทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันในบริเวณต่าง ๆ บนโลกก่อให้เกิดไบโอมที่หลากหลายแตกต่างกัน

ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ และทำกิจกรรม 24.2 ในหนังสือเรียน



ตรวจสอบความเข้าใจ



? เพราะเหตุใดในบริเวณเส้นละติจูดเดียวกันและอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกันจึงอาจมีไบโอมที่หลากหลาย



คำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน เช่น เกิดจากภูมิอากาศที่แตกต่างกันโดยมีหลายสาเหตุ เช่น ภูมิประเทศที่มีเทือกเขาเป็นแนวบังลมและฝน กระแสน้ำ กระแสลม ระดับความสูงของพื้นที่ ซึ่งส่งผลให้แต่ละบริเวณในเขตภูมิอากาศเดียวกันมีอุณหภูมิและปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่แตกต่างกัน ชนิดของพืชและสัตว์จึงแตกต่างกันออกไป รวมถึงลักษณะภูมิประเทศอื่น ๆ เช่น ลักษณะทางกายภาพของดิน จึงอาจมีไบโอมที่หลากหลายในเขตภูมิอากาศเดียวกัน ในบริเวณเส้นละติจูดเดียวกัน



กิจกรรม 24.2 ระบุชนิดของไบโอมบนบก

จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูลและอธิบายองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพของไบโอมบนบกชนิดต่าง ๆ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งครูอาจยกตัวอย่างแหล่งข้อมูล เช่น เว็บไซต์ หนังสือ หรือเอกสารเสริม ซึ่งคำตอบเกี่ยวกับตัวอย่างสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับองค์ประกอบทางกายภาพของไบโอมที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่อาจมีคำตอบได้หลากหลาย จากนั้นครูอาจให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในตอนที่ 2 และร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพของไบโอมบนบกชนิดต่าง ๆ

แนวคำตอบของกิจกรรม

ตอนที่ 1

ที่	ข้อมูลสถานที่	ไบโอม	สิ่งมีชีวิต
1.	- มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากในแต่ละฤดูและในระหว่างกลางวันและกลางคืน มีปริมาณน้ำฝนต่ำ - พืชส่วนมากมีขนาดเล็กไม่ใหญ่ มีจำนวนน้อย ขึ้นกระจัดกระจาย และมีการปรับตัวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ	ทะเลทราย	กระบองเพชร อิกัวนา สุนัขจิ้งจอก ทะเลทราย อูฐ
2.	- อุณหภูมิค่อนข้างสูงตลอดปี ฤดูแล้งยาวนาน - พืชกลุ่มเด่นคือหญ้า และมีต้นไม้ขึ้นกระจัดกระจายแทรกอยู่	สะวันนา	หญ้า ม้าลาย ช้าง ไฮยีนา

ที่	ข้อมูลสถานที่	ไบโอม	สิ่งมีชีวิต
3.	- อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25-29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและความชื้นไม่เปลี่ยนแปลงมากตลอดปี - มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง - พืชขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น สามารถแบ่งชั้นตามระดับความสูงของพืชได้หลายชั้น	ป่าเขตร้อน	เฟิร์น กัลวี่ สัก ช้าง
4.	- ฤดูหนาวอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส - พืชกลุ่มเด่นคือหญ้า	ทุ่งหญ้าเขต อบอุ่น	หญ้า ไบซัน ม้า แพรรี่ด็อก (prairie dog)
5.	- ฤดูหนาวอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 0 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนอากาศร้อนและชื้นโดยอุณหภูมิอาจสูงถึง 35 องศาเซลเซียส - สังคมพืชเป็นพืชที่มีใบกว้างและผลัดใบ	ป่าผลัดใบเขต อบอุ่น	เมเปิล ปีช ไอ้ก
6.	- มีอากาศหนาวเย็น มีฤดูหนาวยาวนาน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส - พืชมีใบเป็นรูปเข็ม พืชส่วนใหญ่ไม่ผลัดใบ	ป่าสน หรือไทกา หรือป่าบอเรียล	สน เหมลิ้นจี่ มอส หมีสีน้ำตาล
7.	- มีช่วงฤดูหนาวยาวนาน มีฤดูร้อนช่วงสั้นๆ ประมาณ 2 เดือน - ไม่มีต้นไม้ขนาดใหญ่ - น้ำใต้ผิวดินจับตัวแข็งอยู่ตลอดเวลา	ทุนดรา	ไลเคน มอส หญ้า ไม้พุ่มเตี้ย หมีขาว
8.	- ฤดูหนาวฝนตกชุกและฤดูร้อนค่อนข้างแห้งแล้ง - พืชกลุ่มเด่นเป็นไม้พุ่มและไม้ต้นขนาดเล็ก - พบได้ตามบริเวณชายฝั่งทะเล	ซาฟาร์ริล	ต้นสคริปไอ้ก หนูป่า นกฮัมมิงเบิร์ด- แอนนา (Anna's hummingbird)

หมายเหตุ

ตัวอย่างคำที่ใช้สืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต - species in biome, terrestrial biome หรืออาจสืบค้นจากเว็บไซต์ทางการของอุทยานแห่งชาติประเทศต่าง ๆ

ตอนที่ 2

คำตอบมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมา เช่น สนในไบโอมป่าสน มีเรือนยอดเป็นรูปกรวย (conical shape) ช่วยป้องกันไม่ให้มีหิมะสะสมอยู่บนกิ่งมากเกินไปซึ่งอาจทำให้กิ่งหัก และมีใบรูปเข็มช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะของไบโอมไทกาซึ่งมีอากาศหนาวเย็น ในฤดูหนาวน้ำส่วนใหญ่เป็นน้ำแข็งซึ่งพืชไม่สามารถนำมาใช้ได้

จากนั้นครูให้ข้อมูลแก่นักเรียนว่าการจำแนกไบโอมมักจะใช้ชนิดพืชเด่นที่พบในไบโอมนั้นๆ ในการระบุชนิดของไบโอม ซึ่งระบบนิเวศแหล่งน้ำจะไม่ใช้ลักษณะดังกล่าวจึงไม่นิยมจำแนกไบโอมในน้ำ แต่จะจำแนกเป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำแบบต่างๆ

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 24.3 ในหนังสือเรียน



กิจกรรม 24.3 ท่องเที่ยวเชิงนิเวศ

จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่างๆ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

แนวการจัดกิจกรรม

ในการทำกิจกรรมนี้ครูควรแนะนำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เกี่ยวกับลักษณะของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เช่น เว็บไซต์ หนังสือ หรือเอกสารเสริม จากนั้นกำหนดสถานการณ์สมมติและเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบแพ็คเกจทัวร์ในรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น การออกบูธ การทำสโปตโฆษณา เพื่อให้นักเรียนในห้องร่วมกันเลือกแพ็คเกจทัวร์ที่คิดว่าน่าสนใจที่สุด

จากนั้นครูอาจรวบรวมข้อมูลตำแหน่งของสถานที่ท่องเที่ยวและชนิดของไบโอมที่สถานที่ท่องเที่ยวตั้งอยู่จากแฟ้มเกจทัวร์ของนักเรียน โดยครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นว่าในสถานที่ท่องเที่ยวที่นักเรียนเลือกอาจมีระบบนิเวศหลายแบบซึ่งมีลักษณะคล้ายระบบนิเวศที่พบในไบโอมอื่นๆ ดังที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้ว เนื่องจากไบโอมคือบริเวณขนาดใหญ่จะเรียกตามระบบนิเวศที่มักพบในบริเวณนั้น ดังนั้นในแต่ละไบโอมจึงสามารถพบระบบนิเวศที่มีลักษณะคล้ายไบโอมอื่นๆ ได้เช่นกัน

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- องค์กรประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก และตัวอย่างไบโอมชนิดต่างๆ จากการอธิบาย การอภิปราย การทำกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมาย ข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม ภาวะผู้นำ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการทำกิจกรรม การตอบคำถามในชั้นเรียน และการทำแบบฝึกหัด

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง และความซื่อสัตย์ จากการอภิปราย การทำกิจกรรม และพฤติกรรมในการตอบคำถามในชั้นเรียน

24.3 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ



ipst.me/8685

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูปเหตุการณ์ที่ระบบนิเวศถูกรบกวนซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ การระเบิดภูเขาหิน การเกิดน้ำท่วม การแผ้วถางป่า และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยครูใช้คำถามนำในการอภิปราย ดังนี้

- จากรูปเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมีสาเหตุจากมนุษย์
- หลังจากเกิดเหตุการณ์ในรูป องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพในบริเวณนั้นจะเป็นอย่างไร

จากการอภิปรายควรได้ข้อสรุปว่าระบบนิเวศอาจถูกรบกวนได้ตลอดเวลา มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ การรบกวนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพในระบบนิเวศนั้น และอาจทำให้ขนาดของประชากรและชนิดของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปด้วย ครูให้ความรู้แก่นักเรียนว่าการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในบริเวณใดบริเวณหนึ่งอย่างเป็นลำดับขั้นไปตามกาลเวลา เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา

ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เห็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปจากการเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในน้ำตมฟาง



กิจกรรมเสนอแนะ : การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์

เพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในห้องปฏิบัติการ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ฟางข้าว	1 กำมือ
2. ปีกเกอร์ขนาด 500 mL	1 ใบ
3. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ พร้อมขาตั้งและที่กั้นลม	1 ชุด
4. แท่งแก้วคนสาร	1 อัน
5. ผ้าขาวบางและยางรัด	1 ชุด
6. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง
7. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	3 ชุด
8. หลอดหยด	1 อัน
9. น้ำสะอาด	250 mL
10. น้ำจากคู บึง ป่า หรือจากแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น	100 mL

การเตรียมล่วงหน้า

ครูควรมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมนอกชั้นเรียน โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมก่อนเรียน เนื้อหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตอย่างน้อย 2 สัปดาห์ บันทึกผลโดยการถ่ายรูป หรือวาดรูปของสิ่งมีชีวิตที่สังเกตเห็น แล้วนำผลมาตอบคำถามและอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน โดยในระหว่างการทำกิจกรรม 2 สัปดาห์นั้นครูอาจนัดหมายนักเรียนให้ส่งรูปสิ่งมีชีวิตที่ได้จากการทำกิจกรรมเป็นระยะ ๆ เพื่อติดตามผลการทำกิจกรรมนอกชั้นเรียนของนักเรียน

แนวการจัดกิจกรรม

ครูควรให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม จากนั้นให้แต่ละกลุ่มเตรียมน้ำจากแหล่งน้ำในธรรมชาติตามที่นักเรียนต้องการ เพื่อนำมาเติมในน้ำต้มฟางเพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหลายชนิด โดยครูอาจให้นักเรียนศึกษาสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำที่นำมาก่อนที่จะใส่ลงในน้ำต้มฟาง และครูควรนำรูปภาพสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวชนิดต่างๆ มาให้นักเรียนเปรียบเทียบกับที่ตรวจสอบได้จากห้องปฏิบัติการ โดยครูควรแนะนำว่าควรมีการควบคุมวิธีการในการศึกษาให้เหมือนกันในทุกๆ วันตลอดช่วงที่ศึกษา เช่น เวลาที่เก็บตัวอย่าง ตำแหน่งที่ตูดน้ำ ปริมาณน้ำที่ตูด เป็นต้น

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ผลที่ได้อาจแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่ม เนื่องจากนักเรียนอาจนำน้ำจากแหล่งที่แตกต่างกันมาเติมในน้ำต้มฟาง แต่สิ่งที่นักเรียนควรพบเหมือนกันคือ การที่กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบค่อยๆ มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น

วันเริ่มต้น

เมื่อนำน้ำต้มฟางที่ถูกทิ้งไว้จนเย็นมาส่องดู ไม่พบสิ่งมีชีวิตใดๆ อยู่เลย

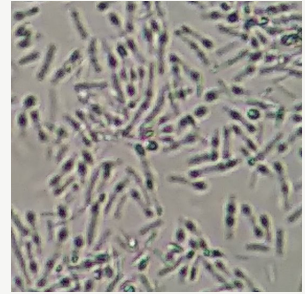
วันที่ 1

น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติพบสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น



Closterium sp.

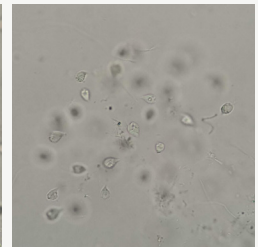
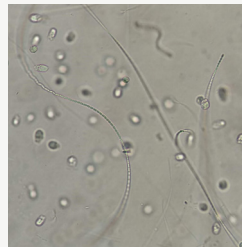
ส่วนน้ำต้มฟางที่ทิ้งไว้ 1 คืน และเติมน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบที่กำลังขยาย 400 เท่า อาจพบสิ่งมีชีวิตพวกแบคทีเรีย ดังรูป



แบคทีเรียรูปร่างแท่ง

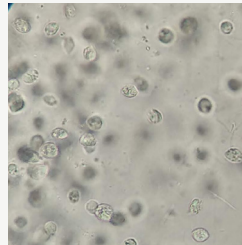
วันที่ 2-3

แบคทีเรียลดลง เริ่มพบโพรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลาในวันที่ 2 และพบมากขึ้นในวันที่ 3



วันที่ 4 - 5

แบคทีเรียลดลง โพรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลาเพิ่มขึ้น



วันที่ 6 - 7

ยังคงพบโพรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลา เริ่มพบอะมีบาในวันที่ 6 และเริ่มพบพารามีเซียมในวันที่ 7

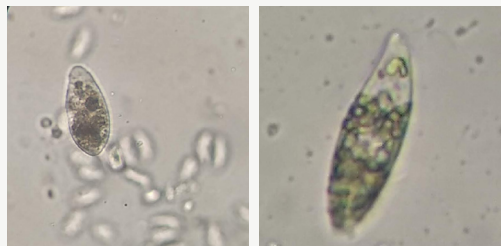


วันที่ 8

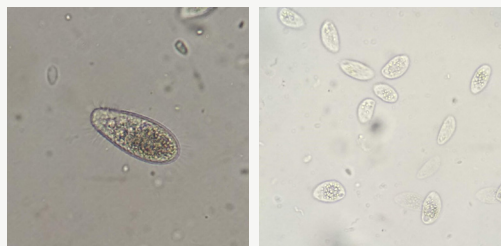
ยังคงพบโปรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลา พารามีเซียม และอะมีบา โดยพบพารามีเซียมมากขึ้น แต่พบอะมีบาน้อยลง

วันที่ 9

ยังคงพบโปรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลาและพารามีเซียม ไม่พบอะมีบา แต่เริ่มพบยูกลีนา

วันที่ 10

พบพารามีเซียมจำนวนมาก ยังคงพบโปรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลา ไม่พบยูกลีนา



จากกิจกรรมนี้นักเรียนควรสรุปได้ว่า การเจริญเติบโต การดำรงชีวิต การขยายพันธุ์ และการทนต่อสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในท้องปฏิบัติการณ์เอง และครูควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอข้อสรุปในการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนให้เพื่อน ๆ กลุ่มอื่น ๆ ได้รับทราบด้วย ครูอาจใช้คำถามนำเมื่อนักเรียนได้ผลแตกต่างกันว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลาย จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ หรือไม่ อย่างไร

 คำตอบของนักเรียนมีได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับผลการศึกษากลุ่มนักเรียน แต่สิ่งที่นักเรียนทุกกลุ่มควรพบเหมือนกันคือ มีการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ โดยชนิดของสิ่งมีชีวิตและเวลาที่พบอาจแตกต่างกันออกไป โดยมีตัวอย่างผลการสังเกต ดังนี้

ในระยะแรกจะมีพวกแบคทีเรียจำนวนมาก หลังจากนั้นจึงเริ่มพบพวกโพรโทซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลา ต่อมาแบคทีเรียลดจำนวนลงและเริ่มพบอะมีบาและพารามีเซียม เมื่ออะมีบาหมดไปเริ่มพบยูกลีนา และในวันที่ 10 พบเพียงพารามีเซียมจำนวนมากและโพรโตซัวขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลา โดยไม่พบทั้งอะมีบาและยูกลีนา

? เพราะเหตุใดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นในการทดลองนี้

 เพราะในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น เมื่อเวลาผ่านไปจะส่งผลให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เช่น pH สารอาหาร นอกจากนี้ สิ่งมีชีวิตยังมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ภาวะแก่งแย่งแข่งขัน ภาวะล่าเหยื่อ ในขณะที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ไม่เหมือนกัน กลุ่มสิ่งมีชีวิตในแต่ละช่วงเวลาจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา โดยอาจยกตัวอย่างเหตุการณ์โดยใช้รูป 24.35 และ 24.36 ในหนังสือเรียน หรือรูปของสถานที่เดียวกันในช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นลำดับขั้นของการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในบริเวณที่เคยมีสิ่งมีชีวิตอยู่มาก่อนและบริเวณที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตอยู่มาก่อน และนำเข้าสู่การอภิปรายเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพในการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความสามารถในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ในขณะเดียวกันการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตจะทำให้สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นเปลี่ยนไปจนเหมาะกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ มากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยามีทั้งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



ระหว่างเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ พืชและสัตว์ชนิดต่าง ๆ ปรากฏขึ้นในบริเวณนั้นได้อย่างไร



มีหลายวิธี เช่น สัตว์เข้าสู่บริเวณดังกล่าวเพื่อหาอาหารหรือเพื่ออยู่อาศัย เมล็ดพืชถูกลมหรือกระแสน้ำพัดพาเข้าไป หรือถูกถ่ายออกมาพร้อมกับมูลสัตว์หรือติดไปกับร่างกายของสัตว์ที่เข้าไปยังบริเวณดังกล่าว หรือพืชและสัตว์อาจถูกนำเข้าไปโดยมนุษย์ ถ้าบริเวณดังกล่าวมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ชนิดใด พืชและสัตว์ชนิดนั้นก็จะสามารถอยู่ในบริเวณนั้นได้



ในบริเวณที่เคยเกิดไฟป่าจะมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิอย่างไร



เกิดขึ้นโดยอาจเริ่มจากพืชหลายชนิดงอกขึ้น ซึ่งอาจจะมาจากเมล็ดพันธุ์ที่หลงเหลือจากไฟป่าอยู่ในดิน หรือมาจากการแพร่กระจายโดยลมหรือสัตว์จากพื้นที่ข้างเคียง โดยพืชจะสามารถเจริญเติบโตในบริเวณนั้นได้เนื่องจากบริเวณดังกล่าวยังคงมีดินซึ่งมีสารอินทรีย์เหลืออยู่ จากนั้นกลุ่มสิ่งมีชีวิตจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยมีไม้ต้นขนาดใหญ่เกิดขึ้น มีพืชชนิดอื่นเพิ่มมากขึ้น และมีสัตว์เข้ามาอยู่ในบริเวณดังกล่าว จนเป็นสังคมสมบูรณ์ในที่สุด



การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในบริเวณที่ถูกทิ้งร้างหลังจากการทำให้เสื่อมโทรมและในบริเวณที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



ความเหมือน

- เป็นการแทนที่โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับขั้น โดยการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตส่งผลให้สภาพแวดล้อมทางกายภาพค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปจนเหมาะกับการดำรงชีวิตของกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มใหม่

ความแตกต่าง

- การทำให้เสื่อมโทรมและทิ้งร้างบริเวณนั้นเป็นการกระทำของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ หลังจากถูกทิ้งร้างบริเวณดังกล่าวยังมีดินและความชื้น ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งยังอาจมีสิ่งมีชีวิตหลงเหลืออยู่ในบริเวณนั้น
- ภูเขาไฟระเบิดเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในบริเวณที่โดนทำลายจากการระเบิดของภูเขาไฟ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ หลังจากการระเบิดของภูเขาไฟบริเวณดังกล่าวจะถูกปกคลุมด้วยหินที่เกิดจากการเย็นตัวของลาวา โดยไม่มีสิ่งมีชีวิตหลงเหลืออยู่ในบริเวณนั้น



ยกตัวอย่างสถานการณ์ในบริเวณต่าง ๆ ของโลกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและแบบทุติยภูมิ



คำตอบอาจมีได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียนและข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมา เช่น

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ

- บริเวณเชิงภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเคยถูกลาวาปกคลุมเนื่องจากการระเบิดของภูเขาไฟ ทำให้สิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้นถูกทำลายไปทั้งหมด
- บริเวณ Kenai Fjords ในอุทยานแห่งชาติ Kenai Fjords รัฐอลาสกา ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นบริเวณที่เคยถูกทับถมโดยธารน้ำแข็ง เมื่อธารน้ำแข็งหายไป/หดตัวทำให้บริเวณดังกล่าวเหลือเพียงพื้นซึ่งเต็มไปด้วยหิน กรวด ตะกอนธารน้ำแข็ง โดยปราศจากดินหรือพืชพรรณอื่น ๆ

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

- บริเวณป่าซึ่งเคยถูกรุกทำลายเพื่อทำการเกษตร ประเทศเม็กซิโก
- นักเรียนอาจยกตัวอย่างจากสถานการณ์ใกล้ตัว เช่น การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นหลังไฟไหม้ป่า หรือพื้นที่ที่เคยถูกแผ้วถางมาก่อน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

โดยปกติแล้วการที่ระบบนิเวศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและดำเนินไปจนถึงสภาวะสมดุลแบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของบริเวณนั้นโดยเฉพาะภูมิอากาศ แต่ในแต่ละบริเวณย่อยที่มีปัจจัยเฉพาะของแต่ละบริเวณแตกต่างกันไป เช่น ภูมิประเทศ ชนิดของดิน ระดับความสูง ปัจจัยเหล่านี้ อาจส่งผลให้สภาวะสมดุลในแต่ละบริเวณแตกต่างกันออกไปถึงแม้จะอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกัน เช่น ในประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนและอยู่ในบริเวณป่าเขตร้อนสามารถพบระบบนิเวศได้หลากหลาย ทั้งป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง ป่าพรุ ป่าสน พืชหญ้า ซึ่งเป็นสภาวะสมดุลในแต่ละบริเวณนั้น

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ และตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ จาก การอธิบาย การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นข้อมูล การจำแนกประเภท การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การจากการอธิบาย การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณและความใจกว้าง จากการอภิปรายและพฤติกรรมในการตอบคำถามในชั้นเรียน

24.4 ประชากร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก
3. อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความหมายของประชากร โดยครูเน้นว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดล้วนต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การพบสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งในพื้นที่เฉพาะจึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกได้ว่าสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตนั้นได้ผ่านการปรับตัวเชิงวิวัฒนาการทั้งทางสรีระ สัณฐาน และพฤติกรรมจนสามารถอยู่ในพื้นที่นั้นได้อย่างเหมาะสม

ครูอาจยกตัวอย่างบัวสายและพลับพลึงธารที่พบในบริเวณที่แตกต่างกัน หรือนำข้อมูลการเดินทางสำรวจของชาร์ล ดาร์วิน มาอธิบายประกอบการศึกษาเรื่องการกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต โดยใช้ให้นักเรียนเห็นว่าสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่ดาร์วินได้สำรวจและค้นพบนั้นมีการกระจายพันธุ์อยู่ตามที่แตกต่างกันออกไป จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่าสิ่งมีชีวิตที่ดาร์วินสำรวจพบนั้นมีอะไรบ้าง และแต่ละบริเวณที่มีการกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะอย่างไร ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เข้าใจเพิ่มขึ้น

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจากหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่า การกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ โดยครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในหนังสือเรียนเกี่ยวกับปัจจัยดังกล่าวนี้ จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



ยกตัวอย่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพนอกจากที่กล่าวมาแล้วที่มีผลต่อการกระจายพันธุ์ของประชากรสิ่งมีชีวิต



ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เช่น ค่าความเค็ม ปริมาณแสง pH อุณหภูมิ การมีสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหาร การมีสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่แก่งแย่งปัจจัยในการดำรงชีวิต

ในระบบนิเวศบนบก เช่น ปริมาณน้ำ ปริมาณแสง อุณหภูมิ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การมีสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหาร การมีสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่แก่งแย่งปัจจัยในการดำรงชีวิต

ครูถามนักเรียนว่า จากคำถามท้ายรูปนำบท ไทรย้อยใบทู่สามารถพบได้ที่บริเวณอื่นของโลกหรือไม่ มีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตและกำหนดการกระจายพันธุ์ของพืชชนิดนี้ นักเรียนควรตอบได้ว่า น่าจะสามารถพบได้ในบริเวณอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับประเทศไทย โดยปัจจัยที่ส่งผล เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน สิ่งมีชีวิตที่ช่วยในการถ่ายเรณู



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ไทรย้อยใบทู่ที่นักเรียนได้ศึกษาจากตอนต้นของบท นอกจากจะพบได้ทั่วไปในประเทศไทยแล้ว ยังพบว่ามีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนของทวีปเอเชียจนถึงตอนเหนือของออสเตรเลีย อย่างไรก็ตาม ไทรย้อยใบทู่ได้ชื่อว่าเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน โดยได้รุกรานระบบนิเวศเขตร้อนในทวีปอเมริกาใต้ เนื่องจากสภาพอากาศใกล้เคียงกับเขตร้อนของทวีปเอเชีย โดยนกกินผลไม้หลายชนิดในทวีปอเมริกาใต้ได้เปลี่ยนพฤติกรรมการกินอาหารมากินผลของไทรย้อยใบทู่ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น และอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศดั้งเดิมของทวีปอเมริกาใต้ในระยะยาว

24.4.1 ลักษณะเฉพาะของประชากร

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอธิบายเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากร ว่าเป็นลักษณะที่พบในระดับประชากร แต่จะไม่พบในระดับสิ่งมีชีวิต โดยลักษณะเฉพาะของประชากรมีหลายลักษณะ ซึ่งในหัวข้อนี้ นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับขนาดของประชากร ความหนาแน่นของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร และกราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนศึกษาเรื่องการอพยพของนกนางนวลธรรมดา ที่สถานตากอากาศบางปู สมุทรปราการ หรือการเปลี่ยนแปลงประชากรหอยเชอร์รี่ในสหรัฐอเมริกา เพื่อเสริมความเข้าใจให้นักเรียน ดังนี้

การอพยพของนกนางนวลธรรมดา ที่สถานตากอากาศบางปู สมุทรปราการ

นกนางนวลธรรมดา (*Chroicocephalus brunnicephalus* หรือชื่อพ้อง *Larus brunnicephalus*) เป็นนกอพยพที่หนาวมาจากประเทศจีน พบได้ทั่วไปในประเทศไทย จากการศึกษาประชากรของนกนางนวลธรรมดา ที่สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าขนาดประชากรสูงสุดของนกนางนวลธรรมดาอยู่ที่ประมาณ 5,000 ตัว ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนของทุกปี และประชากรส่วนใหญ่ของนกนางนวลธรรมดาจะพบในพื้นที่หาดเลนซึ่งนับได้มากถึงประมาณ 4,000 ตัว เนื่องจากหาดเลนเป็นพื้นที่หากินและรวมฝูงของนกนางนวลธรรมดา ในขณะที่บริเวณป่าชายเลนและส่วนบ้านพักตากอากาศพบนกชนิดนี้น้อยมาก อย่างไรก็ตามในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายนจะไม่พบนกนางนวลธรรมดาเลย เนื่องจากอพยพกลับไปทางประเทศจีนซึ่งพ้นช่วงฤดูหนาวและเข้าสู่ฤดูร้อนแล้ว โดยกลับไปจับคู่ผสมพันธุ์ ทำรัง และวางไข่

การเปลี่ยนแปลงประชากรหอยเชอรี่ในสหรัฐอเมริกา

หอยเชอรี่ (*Pomacea insularum*) ที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรม ในรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา มีความหนาแน่นแตกต่างกัน และเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา โดยในแหล่งน้ำธรรมชาติพบว่าความหนาแน่นของประชากรคงที่ตลอดทั้งปีประมาณน้อยกว่า 2 ตัวต่อตารางเมตร ในขณะที่ในพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าขนาดของประชากรไม่คงที่ มีบางช่วงที่ขนาดประชากรเพิ่มสูงขึ้นมาก และทำให้ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยของปีส่วนใหญ่ประมาณ 3-18 ตัวต่อตารางเมตร และอาจเพิ่มสูงถึง 130 ตัวต่อตารางเมตร สาเหตุที่ทำให้ขนาดและความหนาแน่นของประชากรหอยเชอรี่ในเขตพื้นที่เกษตรกรรมไม่คงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงสูง อาจมีผลมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางอย่าง เช่น ปริมาณผู้ล่า ซึ่งในแหล่งน้ำธรรมชาติพบผู้ล่าถึง 14 ชนิด แต่นำขำว้นพบผู้ล่าเพียง 2 ชนิด

ครูชี้ให้เห็นว่าขนาดและความหนาแน่นซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของประชากรนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา และความแตกต่างของแหล่งที่อยู่อาศัยของประชากรสิ่งมีชีวิตนั้น ในกรณีของนกนางนวลธรรมดาคือการอพยพเข้าและออกตามฤดูกาล และการเลือกแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสม ซึ่งในกรณีนี้คือ หาดเลน ส่วนในกรณีของหอยเชอรี่คือความแตกต่างของผู้ล่าในแต่ละแหล่งที่อยู่ เป็นต้น

จากนั้นครูอาจถามคำถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นความคิดว่ามนุษย์ได้ประโยชน์อะไรจากการทำความเข้าใจลักษณะเฉพาะของประชากรสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลกนี้ ซึ่งแนวคำตอบที่ได้จากนักเรียนจะหลากหลาย ครูอาจเชื่อมโยงเข้ากับการศึกษาประชากรนกนางนวลธรรมดา ดังนี้

การศึกษาประชากรนกนางนวลธรรมดาในประเทศไทย ศึกษาทั้งขนาดของประชากร การแพร่กระจายในประเทศไทย และโครงสร้างประชากรในบริเวณสถานตากอากาศบางปู เนื่องจากนกนางนวลธรรมดาเป็นนกที่มีการอพยพ โดยมีแหล่งผสมพันธุ์ ทำรัง และวางไข่ อยู่ในประเทศจีน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เคยมีการระบาดของไข้หวัดนก การศึกษาประชากรนกนางนวลธรรมดาในประเทศไทย จึงเป็นการเฝ้าระวังและเก็บข้อมูลเพื่อเตรียมความพร้อมในการควบคุมการระบาดของเชื้อไข้หวัดนกสำหรับนกนางนวลธรรมดาในประเทศไทย

และครูอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลความสำคัญในการศึกษาประชากรสิ่งมีชีวิตจากอินเทอร์เน็ต เพื่อเสริมความเข้าใจเพิ่มเติมได้

ขนาดของประชากร

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้คำถามถามนักเรียนว่า ประชากรสิ่งมีชีวิตมีขนาดคงที่หรือไม่ และขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง หรืออาจใช้ตัวอย่างประชากรนกนางนวลธรรมดาที่สถานตากอากาศบางปูที่เคยให้นักเรียนศึกษามาแล้ว และถามนักเรียนว่าประชากรนกนางนวลธรรมดาในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนและในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายนในบริเวณสถานตากอากาศบางปูแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรจากหนังสือเรียน ได้แก่ การเกิด การตาย และการอพยพ และอภิปรายผลกระทบของการเกิด การตาย และการอพยพที่มีต่ออัตราการเติบโตของประชากรและให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



ยกตัวอย่างประชากรของสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร และบอกสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้



คำตอบของนักเรียนมีได้หลากหลาย เช่น

- ประชากรมนุษย์ในหมู่บ้าน มีการเพิ่มขนาดของประชากรจากการเกิดและการอพยพเข้า ซึ่งอาจเพื่อเข้ามาทำงาน เข้ามาศึกษา มากกว่าการตายหรืออพยพออก หรือมีการลดขนาดของประชากรจากการตายและอพยพออก เช่น การเกิดโรคระบาด ภัยธรรมชาติ หรือการอพยพเพื่อออกไปทำงานต่างถิ่น
- ประชากรแมวในสวนสาธารณะ มีการเพิ่มขนาดของประชากรจากการผสมพันธุ์และออกลูก การเคลื่อนย้ายเข้ามาในพื้นที่ หรือถูกมนุษย์นำมาปล่อย หรือมีการลดขนาดของประชากรเนื่องจากมีการจับไปไว้ในบริเวณอื่น
- ประชากรปลาในสระน้ำของหมู่บ้าน มีการเพิ่มขนาดของประชากรเนื่องจากมีการผสมพันธุ์และออกลูก หรือมีการลดขนาดของประชากรเนื่องจากน้ำเน่าเสียทำให้ปลาตายเป็นจำนวนมาก
- ประชากรหญ้าในสนามของโรงเรียน มีการเพิ่มขนาดของประชากรในฤดูฝนและมีการลดขนาดของประชากรในฤดูแล้ง เนื่องจากความแตกต่างของปริมาณน้ำที่หญ้าต้องใช้ในการดำรงชีวิต

ความหนาแน่นของประชากร

ครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายเรื่องความหนาแน่นของประชากร และให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นแบบหยابและความหนาแน่นเชิงนิเวศ จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ในการศึกษาทุ่งนาแห่งหนึ่งที่มีพื้นที่ 20 ตารางกิโลเมตร พบนกยางชนิดหนึ่งจำนวน 150 ตัว นกยางเหล่านี้ทั้งหมดอาศัยและหากินอยู่เฉพาะบริเวณแหล่งน้ำซึ่งมีพื้นที่ 5 ตารางกิโลเมตร ให้หาความหนาแน่นแบบหยابและความหนาแน่นเชิงนิเวศของประชากรนกยาง



$$\text{ความหนาแน่นแบบหยاب} \quad \frac{150 \text{ ตัว}}{20 \text{ ตารางกิโลเมตร}} = 7.5 \text{ ตัว/ตารางกิโลเมตร}$$

$$\text{ความหนาแน่นเชิงนิเวศ} \quad \frac{150 \text{ ตัว}}{5 \text{ ตารางกิโลเมตร}} = 30 \text{ ตัว/ตารางกิโลเมตร}$$

ครูอธิบายเชื่อมโยงกับการศึกษาประชากรโดยใช้กรอบนับประชากร โดยอธิบายนักเรียนเรื่องการใช้กรอบนับประชากรหรือวิธีการทำเครื่องหมายและจับซ้ำ ซึ่งสามารถคำนวณความหนาแน่นของประชากรสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งได้ และนำค่าที่ได้จากการศึกษามาประมาณค่าความหนาแน่นของประชากรสิ่งมีชีวิตทั้งหมดได้ตามเนื้อหาในหนังสือเรียน โดยครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างประชากรสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษาและเลือกวิธีที่จะใช้ความหนาแน่นของประชากรนั้นเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 24.4 ในหนังสือเรียน



กิจกรรม 24.4 การหาความหนาแน่นของประชากรในภาคสนามด้วยวิธีการ สุ่มตัวอย่างแบบวางแผนโดยใช้กรอบนับประชากร

จุดประสงค์

1. หาความหนาแน่นของประชากรด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแผนโดยใช้กรอบนับประชากร
2. วิเคราะห์ แปลผล และสรุปผลการศึกษา

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. กรอบนับประชากร ขนาด $50 \times 50 \text{ cm}^2$	1 อัน
2. เชือก ความยาวประมาณ 25 เมตร	1 เส้น
3. ไม้สำหรับทำหลักเพื่อขึงเชือก	4 อัน

การเตรียมล่วงหน้า

ครูควรสำรวจสถานที่ล่วงหน้าเพื่อหาบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการทำกิจกรรม โดยอาจเป็นพื้นที่ภายในบริเวณโรงเรียน เช่น บริเวณสนามหญ้า หรือบริเวณรอบ ๆ โรงเรียน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีประชากรของพืชชนิดต่าง ๆ

แนวการจัดกิจกรรม

ครูกำหนดพื้นที่เพื่อให้นักเรียนทำกิจกรรม โดยครูควรแจ้งให้นักเรียนทราบชัดเจนว่า ต้องการหาความหนาแน่นของประชากรพืชชนิดใด จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและให้นักเรียน แต่ละกลุ่มหาความหนาแน่นของประชากรด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงโดยใช้กรอบนับ ประชากร

ทั้งนี้ครูแนะนำให้นักเรียนทราบเพิ่มเติมว่า การหาความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีการ สุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงนั้น มีข้อควรคำนึงถึงเพื่อให้ได้ค่าของความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับ ความหนาแน่นที่แท้จริง ดังนี้

1. ต้องกำหนดร่วมกันล่วงหน้าว่าจะนับต้นที่ทุกส่วนอยู่ในกรอบนับประชากรและต้นที่มีส่วน อยู่ในกรอบนับประชากรเกินครึ่งต้น
2. ต้องคำนวณพื้นที่ของแปลงและกรอบนับประชากรให้ชัดเจน
3. พื้นที่ที่วางแปลงเพื่อการศึกษาและตำแหน่งที่สุ่มวางกรอบนับประชากรต้องเป็นตัวแทน แท้จริงของพื้นที่ทั้งหมด

หลังจากทำกิจกรรมเสร็จ ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้นำสรุปร่วมกันทั้งห้องและให้นักเรียน ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของประชากรของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เพราะ เหตุใด

 นักเรียนสามารถตอบได้ตามผลการทำกิจกรรม ซึ่งค่าที่ได้อาจใกล้เคียงกันหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากประชากรที่เลือกศึกษาอาจมีการกระจายตัวแบบไม่สม่ำเสมอในพื้นที่ที่ทำการ ศึกษา ค่าที่ได้จากการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่มจึงแตกต่างกัน

? ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของประชากรที่หาได้จากพื้นที่ศึกษา ($5 \times 5 \text{ m}^2$) สามารถนำมา ประเมินขนาดของประชากรทั้งหมดของสนามได้ตรงกับขนาดของประชากรที่แท้จริง หรือไม่ เพราะเหตุใด

 นักเรียนสามารถตอบได้ตามผลการทำกิจกรรม ซึ่งค่าที่ได้อาจตรงกับขนาดของประชากร ที่แท้จริงหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการสุ่มตัวอย่างว่าบริเวณที่สุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนที่ดีสำหรับ การหาขนาดประชากรหรือไม่ และขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของประชากรที่ศึกษา

? ถ้าต้องการหาขนาดของประชากรทั้งหมดของส่นามให้ใกล้เคียงความจริงที่สุดควรทำอย่างไร

 ตำแหน่งที่เลือกสุ่มตัวอย่างควรเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของประชากร และเพิ่มขนาดของพื้นที่ที่สุ่มตัวอย่างเพื่อนับประชากร รวมถึงเพิ่มจำนวนตำแหน่งของการสุ่มตัวอย่าง โดยขนาดและจำนวนของการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจะยิ่งทำให้การประมาณค่ามีค่าใกล้เคียงกับความจริง

ครูอาจให้ข้อมูลแก่นักเรียนว่ากรอบนับประชากรสามารถใช้ศึกษาประชากรสิ่งมีชีวิตได้ที่หลายสปีชีส์ ซึ่งจะช่วยให้เห็นถึงโครงสร้างของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น โดยครูอาจให้นักเรียนสังเกตว่าในการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงนั้น นอกจากสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนต้องการศึกษาประชากรยังมีสิ่งมีชีวิตสปีชีส์อื่นอีกหรือไม่ และแต่ละสปีชีส์มีจำนวนมากน้อยเพียงใด ซึ่งหากในบริเวณนั้นมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายสปีชีส์และแต่ละสปีชีส์มีจำนวนมาก อาจแสดงให้เห็นว่าบริเวณดังกล่าวมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด

ในกรณีที่โรงเรียนไม่มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำกิจกรรมที่ 24.4 ในภาคสนาม สามารถทำกิจกรรมภายในห้องเรียนได้โดยการเลือกทำกิจกรรมเสนอแนะดังนี้



กิจกรรมเสนอแนะ : การหาความหนาแน่นของประชากรในห้องปฏิบัติการโดยวิธี
ทำเครื่องหมายและจับซ้ำ

จุดประสงค์

- 1. ประมาณจำนวนของสมาชิกในประชากรโดยวิธีทำเครื่องหมายและจับซ้ำ
- 2. คำนวณหาความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีทำเครื่องหมายและจับซ้ำ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
กล่องพลาสติกใสที่มีข้าวสารปริมาณ 500 cm ³ และมอด	1 กล่อง
ข้าวสารพร้อมฝาปิด	
ปิ๊งเกอร์ขนาด 100 mL	1 ใบ
ฟูกินเบอร์ 1	2 อัน
ถาดพลาสติก	2 ถาด
สปีเตอร์สีเหลืองหรือขาว หรือปากกาลบคำผิด	1 ด้าม

การเตรียมการล่วงหน้า

ในกิจกรรมนี้ครูควรเลี้ยงมอดข้าวสารหรือมอดแป้งไว้ล่วงหน้าเพื่อให้มีประชากรที่มากพอในการศึกษา โดยใช้มอดข้าวสารทั้งหมด 100 ตัวต่อกลุ่ม

แนวการทำกิจกรรม

ครูนำกล่องพลาสติกใสที่มีข้าวสารและมอดข้าวสารพร้อมกับปิดฝามาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม ซึ่งนักเรียนจะไม่ทราบขนาดและความหนาแน่นของประชากรมอดข้าวสาร และให้นักเรียนคำนวณหาความหนาแน่นของประชากรมอดข้าวสารโดยคิดจากปริมาตรของข้าวสาร

ทั้งนี้ครูอาจแนะนำนักเรียนเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมว่า การศึกษาวิธีนี้สามารถใช้หาความหนาแน่นของสัตว์ได้ แต่ต้องคำนึงว่ามอดข้าวสารที่ปล่อยกลับลงกล่องควรเขย่าให้ทั่วกันและปล่อยไว้ในระยะเวลาที่นานพอที่จะกระจายตัวอย่างทั่วถึง

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

จำนวนมอดข้าวสารที่จับได้ครั้งแรกและถูกทำเครื่องหมายก่อนปล่อย (M_1) = 22 ตัว

จำนวนมอดข้าวสารที่จับได้ครั้งหลังทั้งที่มีเครื่องหมายและไม่มีเครื่องหมาย (T_2) = 33 ตัว

จำนวนมอดข้าวสารที่จับได้ครั้งหลัง (M_2) = 7 ตัว

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \frac{M_1}{P} &= \frac{M_2}{T_2} \\ \frac{22}{P} &= \frac{7}{33} \\ P &= 22 \times \frac{33}{7} \\ P &= 103.7 \text{ ตัว} \end{aligned}$$

นั่นคือ ขนาดของประชากรมอดข้าวสารในกล่องพลาสติก คือ 103.7 ตัว

ความหนาแน่นของประชากรมอดข้าวสารในกล่องพลาสติก คือ

$$\frac{103.7 \text{ ตัว}}{500 \text{ cm}^3} = 0.2 \text{ ตัว / cm}^3$$

เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้วครูให้ข้อมูลกับนักเรียนว่ามอดข้าวสารของแต่ละกลุ่มมีความหนาแน่นเท่ากัน จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถาม ดังนี้

? ค่าความหนาแน่นของประชากรของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
 จากการสังเกตในระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนควรสรุปได้ว่า ค่าที่ได้ของแต่ละกลุ่มอาจแตกต่างกันได้ เนื่องจากมอดข้าวสารที่ถูกทำเครื่องหมายและไม่ได้ถูกทำเครื่องหมายของแต่ละกลุ่มไม่ได้กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งกล่องด้วยความหนาแน่นที่เท่ากัน เช่น บางบริเวณอาจมีมอดข้าวสารที่ถูกทำเครื่องหมายมากหรือน้อยกว่าบริเวณอื่นๆ ค่าที่ได้จากการคำนวณของแต่ละกลุ่มจึงแตกต่างกัน

? ถ้าต้องการหาขนาดของประชากรมอดข้าวสารให้ใกล้เคียงความจริงที่สุดควรทำอย่างไร
 อาจทำได้โดยเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่จับมาทำเครื่องหมาย และเพิ่มเวลาก่อนที่จะทำการจับซ้ำเพื่อให้มั่นใจว่าตัวที่ถูกทำเครื่องหมายกระจายตัวอยู่ในประชากรแบบทั่วถึงแล้ว

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูอาจปรับกิจกรรมโดยใช้สัตว์ชนิดอื่น ซึ่งครูควรคำนึงถึงความปลอดภัยของนักเรียน ทั้งในแง่ของวิธีการที่ใช้ในการจับสัตว์ อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการถูกสัตว์ทำร้าย รวมถึงเชื้อโรคในสัตว์ นอกจากนี้ในการเลือกวิธีการจับและทำเครื่องหมาย ครูควรให้นักเรียนคำนึงถึงจริยธรรมในการจับและทำเครื่องหมายกับสัตว์ที่นักเรียนต้องการศึกษา



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ในการจับสัตว์มาทำเครื่องหมายและจับซ้ำเพื่อศึกษา มีความกังวลว่าเป็นการกระทำที่มีจริยธรรมหรือไม่ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่สัตว์จะได้รับในการถูกจับและถูกทำเครื่องหมาย เช่น เครื่องหมายที่ติดไปจะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมหรือก่อให้เกิดอันตรายขึ้นกับตัวของสัตว์นั้นหรือไม่ การศึกษาประชากรสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติจึงมีแนวทางในการปฏิบัติร่วมกัน เช่น เลือกวิธีที่ทำให้สัตว์เจ็บปวดหรือเกิดความเครียดน้อยที่สุด เลือกอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเครื่องหมายที่มีน้ำหนักเบา เป็นต้น

จากการทำกิจกรรมครูและนักเรียนควรสรุปร่วมกันได้ว่าการประมาณค่าความหนาแน่นของประชากรทำได้หลายวิธี และสามารถนำมาคำนวณเพื่อประมาณค่าขนาดของประชากรทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ซึ่งค่าความหนาแน่นของประชากรอาจนำไปใช้บอกถึงสภาพแวดล้อมของพื้นที่บริเวณนั้น และใช้ในการประเมินผลกระทบที่ประชากรมีต่อระบบนิเวศในบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้ครูควรเน้นย้ำว่าวิธีการดังกล่าวเป็นการประมาณค่าเท่านั้น ไม่ใช่ค่าความหนาแน่นที่แท้จริง ซึ่งสามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของค่าที่ได้จากความเหมาะสมของวิธีการศึกษา

การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร

ครูให้นักเรียนศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสมาชิกในประชากรในธรรมชาติจากหนังสือเรียนและรูป 24.40 ในหนังสือเรียน และตอบคำถามในหนังสือเรียน



ข้างมีการกระจายตัวของสมาชิกในประชากรแบบรวมกลุ่ม การกระจายตัวของสมาชิกประชากรในรูปแบบนี้มีข้อดีข้อเสียต่อประชากรดังกล่าวอย่างไร



มีข้อดีในแง่ของการระวังภัยหรือป้องกันตัวจากผู้ล่า ช่วยกันเลี้ยงดูลูกช้าง แต่การรวมกลุ่มกันอาจมีข้อเสียเนื่องจากหากมีโรคระบาดอาจทำให้เกิดการติดต่อกันได้ง่ายในโขลง

กราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร

ครูใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาว่า **สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการออกลูกหรือวางไข่แต่ละครั้งมีจำนวนเท่ากันหรือไม่ และอัตราการอยู่รอดของลูกมีโอกาสมากน้อยแตกต่างกันอย่างไร** จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการรอดชีวิตของประชากรในช่วงวัยต่าง ๆ 3 รูปแบบจากรูปที่ 24.41 ในหนังสือเรียน และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการอยู่รอดของสมาชิกในประชากรในแต่ละช่วงอายุ



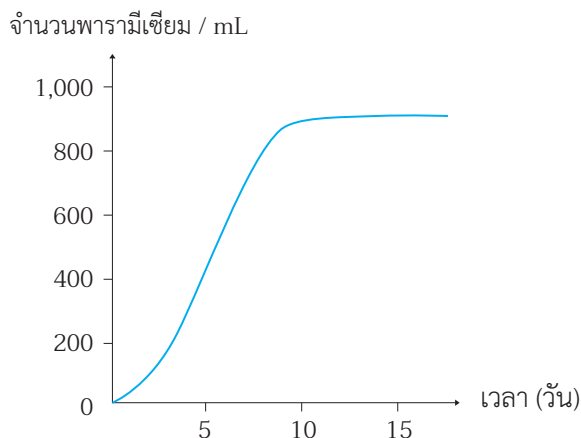
ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของประชากรในแต่ละช่วงอายุ ได้แก่

1. ความสามารถในการเลี้ยงดูลูก
2. ความหนาแน่นของประชากร
3. ปัจจัยทางชีวภาพ เช่น ผู้ล่า ปริมาณอาหาร
4. ปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ

24.4.2 การเติบโตของประชากร

ครูให้นักเรียนศึกษารูปแบบการเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเติบโตของประชากรแบบลอจิสติกจากรูป 24.42 และรูป 24.43 ในหนังสือเรียน โดยครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายการเพิ่มของประชากรจะทำให้เข้าใจดีขึ้น และสามารถดูแนวโน้มการเพิ่มหรือลดของประชากรนั้น ๆ ได้ โดยครูอาจยกตัวอย่างประชากรสิ่งมีชีวิตที่มีการเพิ่มในรูปแบบต่าง ๆ เพื่ออธิบายเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน เช่น

ตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติกจากการศึกษาการเพิ่มจำนวนพารามีเซียมจากการทดลอง ซึ่งพบว่าพารามีเซียมในช่วงเริ่มต้นยังมีจำนวนน้อย ขนาดของประชากรจึงมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ หลังจากนั้นขนาดของประชากรพารามีเซียมจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณอาหาร ที่อยู่อาศัย ยังมีเพียงพอ แต่ปัจจัยเหล่านี้ในระบบนิเวศมีความสามารถในการรองรับประชากรได้จำกัด ดังนั้นพารามีเซียมจึงไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างเต็มศักยภาพตลอดเวลา จนเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง การเพิ่มขนาดของประชากรนั้นจะหยุดลง ขนาดของประชากรพารามีเซียมจึงคงที่หรือแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก



กราฟแสดงการเติบโตของประชากรพารามีเซียม

จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถาม ดังนี้

- การเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก มีความแตกต่างกันอย่างไร
- ✎ การเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล - มีลักษณะการเพิ่มประชากรอย่างช้า ๆ ในระยะแรกเนื่องจากประชากรมีจำนวนน้อย หลังจากนั้นประชากรจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว และดูเหมือนจะไม่มีที่สิ้นสุดเพราะไม่มีสิ่งใดเป็นตัวควบคุมการเพิ่มของประชากร การเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก - มีลักษณะการเพิ่มประชากรในระยะแรก คล้ายกับการเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล จนเมื่อถึงจุดหนึ่งอัตราการเพิ่มของประชากรจะช้าลงจนถึงระยะที่ไม่มีการเพิ่มขนาดของประชากร ทำให้ประชากรมีขนาดคงที่เนื่องจากปัจจัยในสิ่งแวดล้อมหรือตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมเริ่มมีบทบาทมากขึ้น
- ในการเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก ปริมาณอาหารมีบทบาทต่อการเติบโตของประชากรอย่างไร
- ✎ ปริมาณอาหารจัดเป็นปัจจัยในสิ่งแวดล้อมที่มีบทบาทในการเติบโตของประชากรในทุกช่วง โดยในระยะแรกมีอาหารเพียงพอ เนื่องจากมีประชากรน้อย การเพิ่มของประชากรเป็นไปอย่างช้า ๆ ระยะต่อมาเมื่อประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้นและอาหารยังคงเพียงพออยู่ อัตราการเพิ่มของประชากรจะสูงขึ้นทำให้ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่อมาปริมาณอาหารเริ่มมีจำกัด อัตราการเพิ่มของประชากรจะลดลงเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์หรือขนาดของประชากรคงที่เพราะอัตราการเกิดเท่ากับอัตราการตาย

ปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากรจากหนังสือเรียน ซึ่งแบ่งเป็นปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากรและปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร และให้นักเรียนยกตัวอย่างปัจจัยทั้ง 2 แบบพร้อมอธิบาย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน เช่น

- **อาหาร** เป็นปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร เมื่อประชากรมีขนาดใหญ่ขึ้น จะมีการแย่งแย่งแข่งขันกันในเรื่องของอาหาร โดยความรุนแรงจะเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับความหนาแน่นของประชากร ซึ่งจะมีผลทำให้การเติบโตของประชากรลดลง
- **น้ำท่วม** เป็นปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร เมื่อเกิดน้ำท่วมสามารถลดจำนวนสิ่งมีชีวิตในประชากร และลดการเติบโตของประชากรลงได้โดยไม่คำนึงถึงความหนาแน่นของประชากร

24.4.3 ประชากรมนุษย์

ครูนำเข้าสู่เนื้อหา โดยใช้รูป 24.44 ในหนังสือเรียน และใช้คำถามถามนักเรียนว่า **นักเรียนคิดว่าอัตราการเติบโตของประชากรมนุษย์จากอดีตถึงปัจจุบันมีแนวโน้มเป็นอย่างไร** ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ประชากรมนุษย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลตั้งแต่หลังจากการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมเป็นต้นมา โดยครูอาจให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่นักเรียนเกี่ยวกับยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเพื่อให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงกับการเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์ในช่วงหลังจากนั้น และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การเพิ่มขนาดประชากรมนุษย์อย่างรวดเร็วหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างไร



การเพิ่มของขนาดประชากรมนุษย์ทำให้มนุษย์ใช้และบริโภคทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้นจนทรัพยากรเสื่อมโทรมและไม่สามารถทดแทนได้ทัน รวมทั้งทำให้เกิดมลพิษมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบต่างๆ ในระบบนิเวศ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ทำให้เกิดน้ำเสีย พื้นที่ป่าลดลง



ชวนคิด

? ประชากรมนุษย์มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
✎ มี เนื่องจากมีตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเพิ่มประชากรมนุษย์ เช่น จาก การขาดแคลนอาหารและที่อยู่อาศัย การเจ็บป่วย โรคระบาด และภัยพิบัติอื่นๆ ซึ่งทำให้ เมื่อถึงจุดหนึ่งขนาดประชากรของมนุษย์จะเพิ่มไปจนถึงขนาดของประชากรที่สูงที่สุดที่ สภาพแวดล้อมสามารถรองรับได้ ซึ่งก็คือแนวโน้มของประชากรมนุษย์บนโลก



กิจกรรม 24.5 ศึกษาข้อมูลประชากรคนไทย



ipst.me/10827

จุดประสงค์

1. วิเคราะห์ข้อมูล แปลผลข้อมูล และนำข้อมูลมาเขียนกราฟการเติบโตของประชากรคนไทย
2. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนประชากรคนไทย
3. เสนอแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนประชากรคนไทย

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

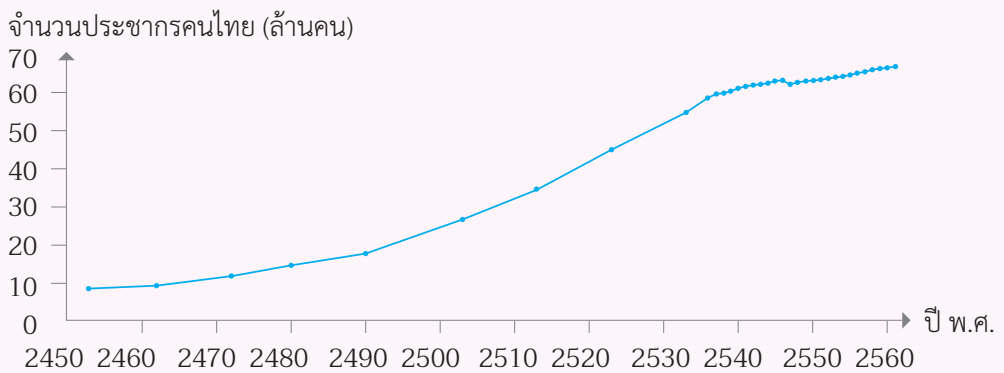
1 ชั่วโมง

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลและนำข้อมูลมานำเสนอโดยวาดกราฟเส้น หรือใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างกราฟเส้น โดยครูอาจให้ ไฟล์ข้อมูลแก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างกราฟเส้นซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก QR code โดยมี ตัวอย่างผลการสร้างกราฟเส้นของนักเรียน ดังนี้



ipst.me/10832



2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายตามประเด็นในกิจกรรมซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

2.1 การเพิ่มของประชากรคนไทยมีแนวโน้มเป็นอย่างไร ช่วงใดมีการเพิ่มจำนวนประชากรมากที่สุด เพราะเหตุใด

จากอดีตถึงปัจจุบันประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น แต่ช่วงมีการเพิ่มไม่เท่ากัน ช่วงที่เพิ่มมากที่สุดคือประมาณปี พ.ศ. 2490-2536 เพราะการแพทย์และเทคโนโลยีต่าง ๆ เจริญก้าวหน้ามากขึ้นกว่าในอดีต

2.2 ในช่วงระยะปี พ.ศ. 2536–2544 การเพิ่มจำนวนประชากรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

ระยะปี พ.ศ. 2536-2544 เป็นเวลา 8 ปี ประชากรเพิ่มประมาณ 4 ล้านคนคิด เป็นร้อยละ 0.5 ต่อปี ซึ่งถือว่าอัตราการเพิ่มไม่มาก เนื่องจากประเทศไทยมีการรณรงค์ การวางแผนครอบครัว ซึ่งได้ผลดียิ่งในการควบคุมการเพิ่มจำนวนประชากรคนไทย

2.3 การเพิ่มจำนวนประชากรมีผลต่อการขยายตัวของชุมชนเมืองเพื่อที่อยู่อาศัย การเกษตร และอุตสาหกรรมอย่างไร

เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มก็ต้องมีการขยายตัวของชุมชนเมือง ต้องมีที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น ให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากร และต้องมีการขยายตัวในด้านการเกษตร และอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มปริมาณอาหาร เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรคให้เพียงพอ จะได้ไม่เกิดปัญหาความขาดแคลนได้

2.4 การเพิ่มจำนวนประชากรมีผลต่อปริมาณความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไร และมีผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมใดบ้าง

 ปัจจุบันจำนวนประชากรมนุษย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและอุตสาหกรรมอย่างมาก ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่สะดวกสบายมากขึ้น เนื่องจากมีเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ มากขึ้น และการพัฒนาในด้านต่างๆ ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น โดยการใช้อย่างไม่มีขอบเขตและไม่มีการจัดการที่ดีจะทำให้เกิดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงมากขึ้น

การจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน เช่น

1. ลดการใช้พลังงาน หรือใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ แสวงหาแหล่งพลังงานทดแทน
2. ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ใช้แล้วหมดไป นำขยะที่สามารถรีไซเคิลได้กลับมาใช้ใหม่หรือนำกลับมาผลิตใหม่
3. สงวนและรักษาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด

นอกจากนี้ครูอาจแนะนำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลประชากรคนไทยในปัจจุบันและนโยบายต่างๆ เกี่ยวกับประชากรคนไทยเพื่อให้เห็นสภาพที่เป็นไปตามความจริง ณ ปัจจุบัน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การวางแผนครอบครัวในประเทศไทย

ในอดีตประเทศไทยจัดเป็นประเทศหนึ่งที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรค่อนข้างสูง โดยเฉลี่ย 3.2% ต่อปี แต่หลังจากปี พ.ศ. 2513 ประเทศไทยได้มีนโยบายแห่งชาติในการลดจำนวนการเติบโตของประชากร หลังจากนั้นอีก 15 ปีต่อมาพบว่าอัตราการเติบโตของประชากรมีแนวโน้มลดลงมาเรื่อยๆ โดยในปี พ.ศ. 2540 เหลือเพียงร้อยละ 1.1 เท่านั้น

เหตุผลที่ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการลดอัตราการเพิ่มของประชากรมีหลายประการ เช่น นโยบายการวางแผนในการสนับสนุนให้มีบุตรน้อย อัตราการรู้หนังสือของผู้หญิงสูงขึ้น การมีบทบาททางเศรษฐกิจของผู้หญิงเพิ่มขึ้น การที่ผู้หญิงมีสิทธิสตรีมากขึ้น การเปิดกว้างทางความคิดใหม่ๆ ของประชาชนมากขึ้น การที่คนในประเทศเต็มใจ ที่จะร่วมกันดำเนินการตามโครงการในการวางแผนครอบครัวของรัฐ เป็นต้น

โครงสร้างอายุของประชากรและอัตราส่วนระหว่างเพศ

ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน เรื่อง การแบ่งกลุ่มประชากรมนุษย์ออกเป็นช่วงอายุตามความสามารถในการสืบพันธุ์ ซึ่งจะจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ วัยก่อนเจริญพันธุ์ วัยเจริญพันธุ์ และวัยหลังเจริญพันธุ์ และเมื่อนำข้อมูลอายุของประชากรมาพิจารณาร่วมกับอัตราส่วนระหว่างเพศ จะแสดงโครงสร้างประชากรในรูปแบบของแผนภาพพีระมิดอายุได้ ดังรูป 24.45 ในหนังสือเรียน และใช้คำถามถามนักเรียน ดังนี้

- โครงสร้างอายุของประชากรใช้คาดคะเนขนาดของประชากรในอนาคตได้อย่างไร
- ✎ โครงสร้างของประชากรมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตและการอยู่รอดของประชากร ถ้าโครงสร้างอายุของประชากรมีฐานกว้าง ปลายยอดแหลม เพราะประชากรในวัยก่อนเจริญพันธุ์มีจำนวนมาก สามารถเติบโตและจะเพิ่มจำนวนประชากรได้มาก ขนาดของประชากรในอนาคตมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น

และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** เมื่อสมาชิกส่วนใหญ่ของประชากรในประเทศ A มีอายุอยู่ในช่วงวัยก่อนเจริญพันธุ์ ในขณะที่สมาชิกส่วนใหญ่ของประชากรในประเทศ B มีอายุอยู่ในช่วงวัยหลังเจริญพันธุ์ พีระมิดอายุของประชากรในแต่ละประเทศควรเป็นแบบใด และขนาดของประชากรทั้งสองในอนาคตควรเป็นอย่างไร
- ✎ พีระมิดอายุของประชากรในประเทศ A ควรเป็นแบบประชากรเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งมีลักษณะฐานกว้าง แสดงถึงขนาดประชากรมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ส่วนพีระมิดอายุของประชากรในประเทศ B ควรเป็นแบบประชากรไม่มีการเติบโตซึ่งมีลักษณะฐานแคบ แสดงถึงขนาดประชากรมีแนวโน้มที่จะลดลงในอนาคต

ครูอาจให้นักเรียนหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับพีระมิดอายุและการเติบโตของประชากรมนุษย์ในบางประเทศรวมถึงสถานการณ์ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และนโยบายของประเทศนั้น โดยอาจศึกษาพีระมิดอายุและกราฟแสดงการเติบโตของประชากรประเทศต่างๆ ได้จาก link ใน QR code ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างพีระมิดอายุและการเติบโตของประชากรมนุษย์ได้ชัดเจนขึ้น

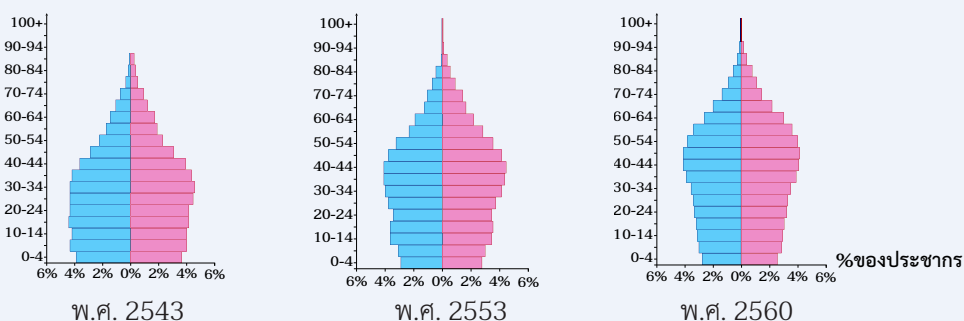


ipst.me/10823



ตรวจสอบความเข้าใจ

พีระมิดอายุของประชากรคนไทยในปี พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2560



ที่มา: ข้อมูลปี พ.ศ. 2543 และ 2553 ดัดแปลงจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2562). **สำมะโนประชากรและเคหะตารางสถิติ**. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2562, จาก <http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/pop/table-stat.aspx>
ข้อมูลปี พ.ศ. 2560 จาก Wulf, M. D. (2017). **Population Pyramids of the World from 1950 to 2100**. Retrieved August 17, 2019, from <https://www.populationpyramid.net/> (ข้อมูลมาจากการคาดคะเน)

? จากข้อมูลประชากร จำแนกตามกลุ่มอายุและเพศ โดยคิดเป็นร้อยละประชากรคนไทยทั้งหมด สามารถแสดงเป็นพีระมิดอายุของประชากรได้ดังรูป โครงสร้างประชากรไทยในปีพ.ศ. 2543 และพ.ศ. 2560 แตกต่างกันอย่างไรร

✎ พีระมิดอายุของประชากรไทยในปีพ.ศ. 2543 มีลักษณะแบบประชากรเติบโตช้า มีประชากรที่มีอายุในช่วงระยะก่อนสืบพันธุ์และช่วงระยะสืบพันธุ์มาก แสดงถึงขนาดประชากรมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ส่วนพีระมิดอายุของประชากรไทยในปีพ.ศ. 2560 มีลักษณะแบบประชากรไม่มีการเติบโต มีประชากรที่มีอายุในช่วงระยะก่อนสืบพันธุ์น้อย แสดงถึงแนวโน้มที่ขนาดประชากรจะลดลงในอนาคต

? แนวโน้มของโครงสร้างและขนาดของประชากรไทยในอนาคตควรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด
✎ โครงสร้างประชากรไทยในอนาคตมีแนวโน้มที่จะมีประชากรที่มีอายุในช่วงระยะก่อนสืบพันธุ์และช่วงระยะสืบพันธุ์น้อยลง แต่มีประชากรที่มีอายุในช่วงระยะหลังสืบพันธุ์มากขึ้น และมีขนาดของประชากรลดลง

? จากรูปพีระมิดอายุของประชากรคนไทยในปี พ.ศ. 2560 การเพิ่มของประชากรคนไทยจะส่งผลอย่างไรต่อประเทศ และควรมีการจัดการอย่างไร

✎ ส่งผลให้ประเทศเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งทำให้เกิดภาวะขาดแคลนแรงงานและเพิ่มภาระในด้านรายจ่ายของภาครัฐในการดูแลผู้สูงอายุ จึงควรมีการเตรียมพร้อมในหลาย ๆ ด้าน เช่น เตรียมสวัสดิการและค่าใช้จ่ายสำหรับผู้สูงอายุ อาจมีการจ้างงานผู้สูงอายุหลังเกษียณในงานบางประเภทเพื่อลดการขาดแคลนแรงงาน มีการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุ เป็นต้น

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก และปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร จาก การอธิบาย การอภิปราย การตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ และการทำแบบฝึกหัด

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และการสื่อสารสารสนเทศและารู้เท่าทันสื่อ จาก การอธิบาย การอภิปราย การทำกิจกรรม และการทำแบบฝึกหัด

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณ์ญาณและความใจกว้าง จากการอภิปรายและพฤติกรรมในการตอบคำถาม ในชั้นเรียน



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 24

1. นักวิจัยได้ไปสำรวจพื้นที่แห่งหนึ่งในประเทศไทย พบว่าในพื้นที่มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น ประกอบด้วยไม้พื้นล่าง เช่น เฟิร์น มอส หวาย และพบไม้ต้นขนาดใหญ่ เช่น ยางนา ตะเคียน พืชเด่นเป็นไม้ต้นใบกว้างไม่ผลัดใบขึ้นปกคลุมหนาแน่น พบนกและสัตว์เลื้อยลูกด้วยน้ำนมอาศัยอยู่หลายชนิด และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนแสดงดังตาราง

เดือน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (เซนติเมตร)	เดือน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (เซนติเมตร)
มกราคม	27	กรกฎาคม	30
กุมภาพันธ์	16	สิงหาคม	32
มีนาคม	47	กันยายน	12
เมษายน	9	ตุลาคม	37
พฤษภาคม	14	พฤศจิกายน	35
มิถุนายน	16	ธันวาคม	14

- 1.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมีค่าเท่าไร
✎ 289 เซนติเมตร
- 1.2 นักเรียนคิดว่าพื้นที่นี้อยู่ในไบโอมใด และเป็นระบบนิเวศแบบใด เพราะเหตุใด
✎ ในไบโอมป่าเขตร้อน ระบบนิเวศบนบก แบบระบบนิเวศป่าดิบชื้น เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีสูง นอกจากนี้ลักษณะพื้นที่ยังพบต้นไม้ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอย่างหนาแน่น รวมถึงพบชนิดพันธุ์ของสัตว์ที่หลากหลาย
- 1.3 เป็นไปได้หรือไม่ที่พื้นที่ซึ่งนักวิจัยสำรวจ จะอยู่ในบริเวณจังหวัดร้อยเอ็ด เพราะเหตุใด
✎ เป็นไปไม่ได้ เนื่องจากเป็นระบบนิเวศป่าดิบชื้นเป็นป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งระบบนิเวศแบบนี้มักพบได้ตามภาคใต้และชายฝั่งทำเลภาคตะวันออกของประเทศไทย ในขณะที่จังหวัดร้อยเอ็ดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีค่อนข้างน้อย ซึ่งจากข้อมูลที่สืบค้นเพิ่มเติมพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2558 จังหวัดร้อยเอ็ดมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 130.5 เซนติเมตร เท่านั้น

2. ในพื้นที่แห่งหนึ่งเหยี่ยวค้างคาวเป็นผู้ล่าที่กินค้างคาวเล็บกุดเป็นอาหาร ส่วนค้างคาวเล็บกุดเป็นสัตว์กินผลไม้และน้ำหวานจากเกสรดอกทุเรียน นอกจากนี้ค้างคาวเล็บกุดยังเป็นพาหะถ่ายเรณู (pollinator) หลักให้แก่ต้นทุเรียน

2.1 จากข้อมูลข้างต้นให้เขียนโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 ชนิด และระบุบทบาทของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในโซ่อาหาร

 ทุเรียน → ค้างคาวเล็บกุด → เหยี่ยวค้างคาว

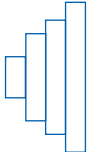
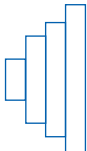
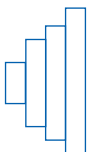
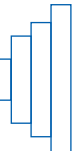
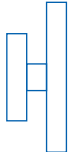
ทุเรียนคือผู้ผลิต ค้างคาวเล็บกุดคือผู้บริโภคลำดับที่ 1 เหยี่ยวค้างคาวคือผู้บริโภคลำดับที่ 2

2.2 ค้างคาวเล็บกุดเป็นเหยื่อชนิดหนึ่งของเหยี่ยวค้างคาว หากค้างคาวเล็บกุดถูกล่าเป็นอาหารโดยมนุษย์มากขึ้นจะส่งผลอย่างไรต่อทุเรียนและเหยี่ยวค้างคาว

 เมื่อค้างคาวเล็บกุดถูกล่ามากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อประชากรทุเรียน เนื่องจากทุเรียนจะขาดผู้ผสมเกสร และทำให้ผลผลิตเมล็ดได้น้อยลง เมื่อทุเรียนผลิตเมล็ดได้น้อยลง ปริมาณการแพร่กระจายเมล็ดก็ลดลง ส่งผลโดยตรงต่ออนาคตของประชากรต้นทุเรียนในระยะยาว โดยขนาดประชากรทุเรียนอาจจะลดลงได้ แต่หากทุเรียนยังมีพาหะถ่ายเรณูชนิดอื่น ประชากรต้นทุเรียนอาจไม่ได้รับผลกระทบในการขาดพาหะถ่ายเรณูมากนัก

สำหรับเหยี่ยวค้างคาวนั้นเป็นผู้ล่าที่กินค้างคาวเป็นหลัก แม้ว่าในบางพื้นที่จะพบค้างคาวได้หลายชนิด เหยี่ยวค้างคาวอาจไม่ได้รับผลกระทบในการขาดแคลนแหล่งอาหารมากนักเพราะยังสามารถไปล่าค้างคาวชนิดอื่นได้ แต่ในบางพื้นที่ที่พบแต่ค้างคาวเล็บกุดเป็นหลักอาจจะส่งผลกระทบต่อเหยี่ยวค้างคาวได้เนื่องจากไม่สามารถหาแหล่งอาหารอื่นซึ่งเป็นค้างคาวชนิดอื่นทดแทนได้

3. จงเขียนพีระมิดจำนวน พีระมิดมวลชีวภาพ และพีระมิดพลังงานลงในตาราง

	โซ่อาหาร	พีระมิด จำนวน	พีระมิด มวลชีวภาพ	พีระมิด พลังงาน
3.1	ต้นข้าว → หนอนกระทู้ → นกปรอด → เหยี่ยว			
3.2	ต้นมะม่วง → เพลี้ยอ่อน → ปรลิตของเพลี้ยอ่อน			
3.3	ต้นมะม่วง → เพลี้ยอ่อน → เต่าทอง → นกกางเขนบ้าน			
3.4	ต้นหญ้า → วัว → เหยี่ยว			

4. ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการตอบคำถาม

ไบโอม

ไบโอมทะเลทราย

ไบโอมป่าเขตร้อน

ไบโอมป่าผลัดใบเขตอบอุ่น

ไบโอมทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น

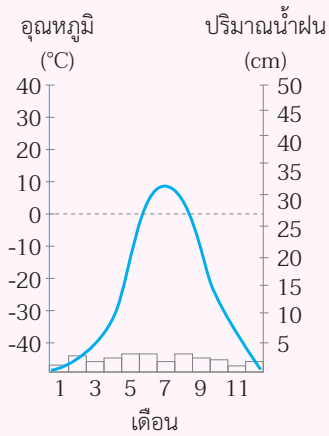
ไบโอมป่าสน

ไบโอมทุนดรา

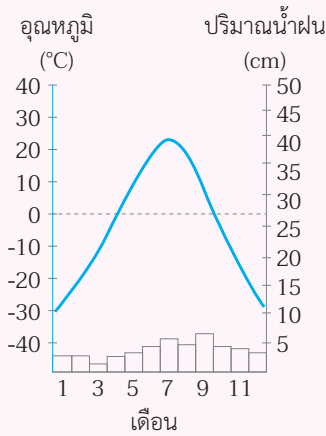
ลักษณะของพืชเด่นในแต่ละไบโอม

ก.	มีการหลุดร่วงของใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำในช่วงฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดน้อย
ข.	มีลำต้นอวบน้ำ หรือมีใบที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อลดการคายน้ำ เช่น เปลี่ยนรูปร่างเป็นหนามหรือขน
ค.	มีขนาดเล็ก ลำต้นมักมีเปลือกหนาและมีขนปกคลุมเพื่อป้องกันความหนาวเย็น มีระบบรากค่อนข้างตื้น มีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ช่วงสั้นๆ ในรอบปี
ง.	มีหลากหลายชนิด มีใบเขียวตลอดปี เจริญเติบโตได้ดีในที่สูงและแสงแดดจัด
จ.	ส่วนใหญ่เป็นหญ้า มีความสูงหลากหลายตั้งแต่ไม่กี่เซนติเมตรจนถึง 2 เมตร มีการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดจากช่วงแห้งแล้งที่ยาวนานในรอบปีและจากไฟ
ฉ.	เป็นพืชเมสคิฟิเลีย มีส่วนสืบพันธุ์เรียกว่าโคนมีใบที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อลดการคายน้ำ เช่น ใบรูปเข็มทนต่อความแล้งและความหนาวเย็นได้ดี

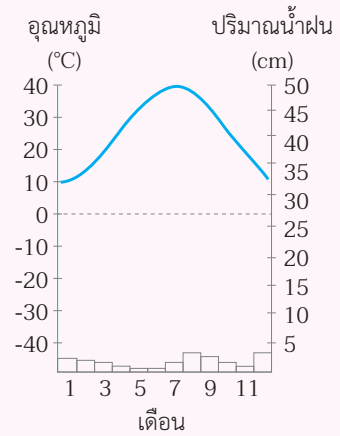
จากการสำรวจปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในสถานที่ 6 แห่ง สรุปได้เป็นกราฟด้านล่าง โดยกราฟเส้นแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและกราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานที่ จงนำชื่อไบโอมที่กำหนดให้และตัวอักษรหน้าลักษณะของพืชเด่นในไบโอมนั้นเติมลงในช่องว่างใต้กราฟของแต่ละสถานที่ที่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิต่อคล้อยกัน



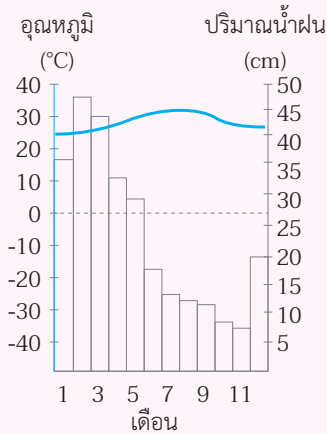
1. ไบโอมทุนดรา
พีชเด่น ค.



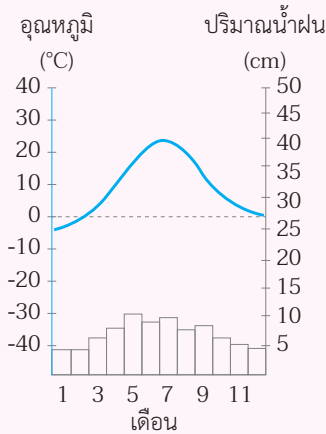
2. ไบโอมป่าสน
พีชเด่น จ.



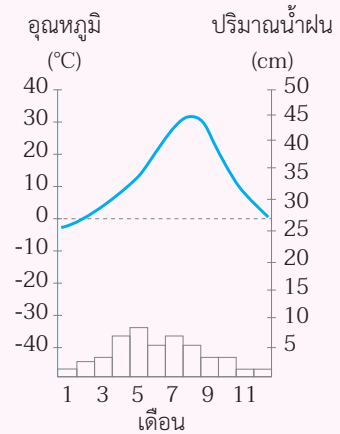
3. ไบโอมทะเลทราย
พีชเด่น ข.



4. ไบโอมป่าเขตร้อน
พีชเด่น ง.



5. ไบโอมป่าผลัดใบเขตอบอุ่น
พีชเด่น ก.



6. ไบโอมทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น
พีชเด่น จ.

5. นกยางพบได้ทั่วไปตามพื้นที่ชุ่มน้ำหรือพื้นที่เกษตรกรรมที่มีน้ำท่วมถึงหรือน้ำขัง เช่น นาข้าว นาทุ่ง บ่อเลี้ยงปลา นกชนิดนี้กินสัตว์น้ำเป็นอาหาร เช่น ปลา และหอย ถ้าในนาข้าวมีการใช้สารฆ่าแมลงเป็นจำนวนมากจะส่งผลอย่างไรต่อนกยาง
-  หากสารฆ่าแมลงนั้นไม่เป็นอันตรายต่อนกยาง หรือสามารถสลายตัวได้โดยไม่สะสมในสิ่งมีชีวิตและในระบบนิเวศ การใช้สารฆ่าแมลงดังกล่าวอาจไม่เป็นอันตรายต่อนกยาง แต่หากสารฆ่าแมลงดังกล่าวเป็นสารที่สามารถตกค้างและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จะเกิดการตกค้างและสะสมในพื้นที่นาข้าว รวมถึงสะสมในสัตว์น้ำต่าง ๆ ที่อยู่ในนาข้าวโดยสัตว์น้ำอาจได้รับสารจากสิ่งแวดล้อมโดยตรงหรือได้รับถ่ายทอดมาตามโซ่อาหาร เมื่อนกยางมากินสัตว์น้ำในนาข้าวดังกล่าวจะได้รับสารซึ่งถ่ายทอดมาตามโซ่อาหารนี้ด้วย และส่งผลโดยตรงคืออาจทำให้นกตายเมื่อได้รับสารมากเกินไป หรืออาจทำให้เกิดโรคในนก เป็นต้น
6. ในพื้นที่แห่งหนึ่งที่อยู่ในไบโอมทุนดรา มีพืชและสัตว์อาศัยอยู่น้อยสปีชีส์ และดินในพื้นที่นี้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ นักวิทยาศาสตร์ต้องการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและบทบาทของสิ่งมีชีวิตต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่แห่งนี้ โดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 1 กิโลกรัมเพื่อตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียม ไนเตรต และฟอสเฟตที่สะสมในดินจากบริเวณแหล่งที่อยู่ของนกทะเล 2 คู่ และบริเวณที่ไม่มีนกทะเลอาศัยอยู่มากวเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ผลดังนี้

บริเวณที่เก็บดิน	แอมโมเนียม (NH_4^+) (mg)	ไนเตรต (NO_3^-) (mg)	ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) (mg)
แหล่งที่อยู่ของฝูงนกกินปลา	37.07	182.96	1,610.50
แหล่งที่อยู่ของฝูงนกกิน แพลงก์ตอนพืช	13.32	174.00	47.69
ไม่มีนกทะเลอาศัยอยู่	1.50	25.00	7.50

- 6.1 สารประกอบที่ตรวจวัดโดยนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของสารใดเป็นหลัก
 วัฏจักรไนโตรเจนและวัฏจักรฟอสฟอรัส
- 6.2 เพราะเหตุใดปริมาณฟอสเฟตในดินบริเวณแหล่งที่อยู่ของฝูงนกกินปลาจึงสูงกว่าของฝูงนกกินแพลงก์ตอนพืช
 เพราะปลาเป็นอาหารหลักของนกกินปลา ในปลาประกอบด้วยกระดูกและฟันซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง เมื่อนกกินปลาขับถ่ายของเสียจากการกินปลาออกมาซึ่งมักประกอบด้วยกระดูกหรือซากของปลาลงบนดิน เมื่อเวลาผ่านไปการทับถมของซากเหล่านี้จะทำให้มีการสะสมของฟอสเฟตในปริมาณสูง ส่วนนกกินแพลงก์ตอนพืชกินอาหารที่เป็นแพลงก์ตอนพืชเป็นหลัก ซึ่งแพลงก์ตอนพืชมีองค์ประกอบที่เป็นฟอสฟอรัสน้อยกว่าปลา ปริมาณฟอสเฟตที่สะสมบริเวณดินที่อยู่อาศัยของนกกินแพลงก์ตอนพืชจึงต่ำกว่า
- 6.3 ถ้านกทะเลสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่นี้ จะส่งผลกระทบต่ออย่างไรต่อดินในพื้นที่นี้
 ปริมาณการสะสมธาตุในดินทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอาจลดลง และทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลง
7. จากสถานการณ์ต่อไปนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบใด เพราะเหตุใด
- 7.1 ป่าชายหาดตามชายฝั่งทะเลจังหวัดพังงาได้ถูกสืนามิพัดทำลายไปในปี พ.ศ. 2547 หลังจากผ่านเหตุการณ์นี้ไป 2 ปี เริ่มมีพืชโตเร็วขนาดเล็กและไม่พุ่มพื้นล่างมาปกคลุมบริเวณนี้
 เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ เพราะก่อนหน้านี้มีสังคมพืชและสิ่งมีชีวิตดั้งเดิมในป่าชายหาดแห่งนี้ หลังจากนั้นถูกสืนามิพัดทำลายไปก่อนที่จะมีกลุ่มไม้พุ่มพื้นล่างขนาดเล็กเข้ามาแทนที่
- 7.2 เกาะซิร์ทเซย์ (Surtsey) เป็นเกาะที่เกิดขึ้นใหม่ของประเทศไอซ์แลนด์ โดยได้ไหล่น้ำครั้งแรกในปี พ.ศ. 2510 ซึ่งในช่วงเวลานั้นไม่มีสิ่งมีชีวิตใดอาศัยอยู่เลย หลังจากนั้นได้มีการสำรวจจากนักวิทยาศาสตร์ในหลายปีให้หลังพบว่าเริ่มมีพืชเข้ามาอาศัยอยู่หลายชนิด
 เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ เนื่องจากเกาะนี้ไหล่น้ำครั้งแรกและไม่มีสิ่งมีชีวิตใดอาศัยอยู่เลย จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเริ่มมีการเข้ามาแทนที่ของสิ่งมีชีวิต

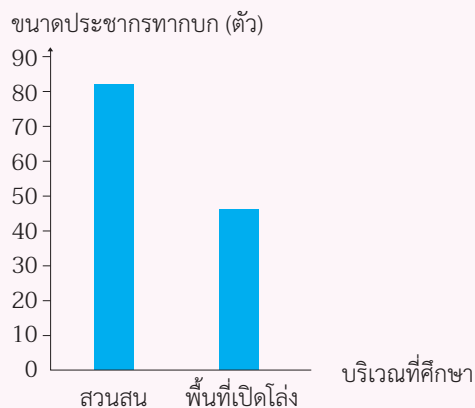
8. นักวิทยาศาสตร์ศึกษาประชากรของทากบก (*Geomalacus maculosus*) ซึ่งเป็นทากบกหายากของทวีปยุโรป พบในสวนสนซึ่งมีต้นสนขนาดใหญ่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น และพื้นที่เปิดโล่งซึ่งมีไม้พุ่มและหญ้าจำนวนมาก โดยวางแผนในการเก็บข้อมูลประชากรของทากบกด้วยวิธีการทำเครื่องหมายและจับซ้ำ โดยการจับทากบกมาทำเครื่องหมายด้วยการแต้มสีก่อนปล่อย จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 จับทากบกมาทำเครื่องหมาย โดยในสวนสนจับได้ 45 ตัว พื้นที่เปิดโล่งจับได้ 32 ตัว จากนั้นปล่อยทากบกกลับเข้าไปในบริเวณทั้งสอง หลังจากนั้น 1 เดือน จับทากบกมานับอีกครั้ง ได้ผลดังนี้

บริเวณ	ขนาดพื้นที่เก็บข้อมูล (ตารางเมตร)	จำนวนทากบก ที่มีเครื่องหมาย (ตัว)	จำนวนทากบก ที่ไม่มี เครื่องหมาย (ตัว)	ขนาด ประชากร (ตัว)	ความหนาแน่น ประชากร (ตัว/ตาราง เมตร)
สวนสน	2.25	23	19	82	36.44
พื้นที่เปิดโล่ง	2.25	20	9	46	20.44

ให้นักเรียนคำนวณขนาดและความหนาแน่นประชากรทากบกจากทั้งสองบริเวณ โดยให้เติมลงในตาราง และให้เขียนแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดประชากรทากบกจากทั้งสองบริเวณ

 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดประชากรทากบกจากทั้งสองบริเวณสามารถเขียนได้ดังนี้



8.2 นักเรียนคิดว่าขนาดประชากรหากพบที่พบในทั้งสองบริเวณเป็นอย่างไร

 บริเวณสวนสนจะพบหากบมากกว่าบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง อาจเป็นไปได้ว่าบริเวณสวนสนที่มีไม้ต้นขนาดใหญ่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นเป็นพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมของหอยหากชนิดนี้

9. ถ้าต้องการสำรวจประชากรปลาในบ่อเลี้ยงปลาแห่งหนึ่ง นักเรียนจะมีวิธีการสำรวจได้กี่วิธี และนักเรียนจะเลือกใช้วิธีใด เพราะเหตุใด

 1. การนับจำนวนโดยตรง

2. การทำเครื่องหมายและจับซ้ำ

เพราะปลาอาศัยอยู่ในบ่อเลี้ยงปลาซึ่งมีพื้นที่จำกัด อาจใช้อุปกรณ์ เช่น แหหรืออวน จับปลาทั้งหมดในบ่อเพื่อนับจำนวนได้ หรืออาจใช้วิธีจับขึ้นมาเพียงจำนวนหนึ่ง ทำเครื่องหมายปลาที่จับได้ แล้วปล่อยคืนลงบ่อ จากนั้นทิ้งระยะเวลาพอสมควรจนคิดว่าปลาที่ถูกทำเครื่องหมายกระจายจนเป็นเนื้อเดียวกับประชากรปลาในบ่อทั้งหมดแล้ว จึงจับปลาขึ้นมาใหม่อีกจำนวนหนึ่ง แล้วใช้วิธีคำนวณตามวิธีการหาเครื่องหมายและจับซ้ำ

10. นักเรียนคิดว่าเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ก้าวหน้าขึ้น จะส่งผลต่อประชากรมนุษย์ในระยะยาวอย่างไร

 เมื่อการแพทย์พัฒนาขึ้น ทำให้การรักษาโรคดีขึ้นตามไปด้วย อัตราการตายของประชากรมนุษย์มีแนวโน้มที่ลดต่ำลง เช่น ผู้สูงอายุซึ่งมีความเสี่ยงในการเป็นโรคต่าง ๆ มากกว่าวัยอื่น ๆ นั้น ส่งผลให้กราฟประชากรในส่วนของผู้สูงอายุนั้นมีแนวโน้มขยายมากขึ้น และมีอัตราการรอดชีวิตของมนุษย์ในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การแพทย์ที่พัฒนาขึ้นยังส่งผลให้อัตราการตายของเด็กทารกลดต่ำลงเช่นกัน ส่งผลให้ขนาดของประชากรมนุษย์นั้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นได้

บทที่

25

| มนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



ipst.me/10790



ผลการเรียนรู้

1. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา
2. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
3. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
4. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้
5. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

- 1. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
- 2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรน้ำ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางน้ำที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- 3. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความซื่อสัตย์ 4. การยอมรับความเห็นต่าง 5. ความใจกว้าง 6. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

- วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรดิน วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางดินที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
- การลงความเห็นจากข้อมูล - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา - การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ - ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	- ความสนใจในวิทยาศาสตร์ - การใช้วิจารณญาณ - ความรอบคอบ - ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน - ความซื่อสัตย์ - วัตถุวิสัย - การยอมรับความเห็นต่าง - ความใจกว้าง - ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

- 3. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรอากาศ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางอากาศที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- 7. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรอากาศเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4. การทดลอง 5. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความรอบคอบ 4. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 5. ความซื่อสัตย์ 6. วัตถุวิสัย 7. การยอมรับความเห็นต่าง 8. ความใจกว้าง 9. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

- วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้ และการอนุรักษ์ป่าไม้

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรป่าไม้ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
- การลงความเห็นจากข้อมูล - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป - การพยากรณ์	- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา - การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ - ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	- ความสนใจในวิทยาศาสตร์ - การใช้วิจารณญาณ - ความรอบคอบ - ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน - ความซื่อสัตย์ - วัตถุวิสัย - การยอมรับความเห็นต่าง - ความใจกว้าง - ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

5. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 10. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรสัตว์ป่า วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรสัตว์ป่าที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- 11. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความรอบคอบ 4. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 5. ความซื่อสัตย์ 6. วัตถุวิสัย 7. การยอมรับความเห็นต่าง 8. ความใจกว้าง 9. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

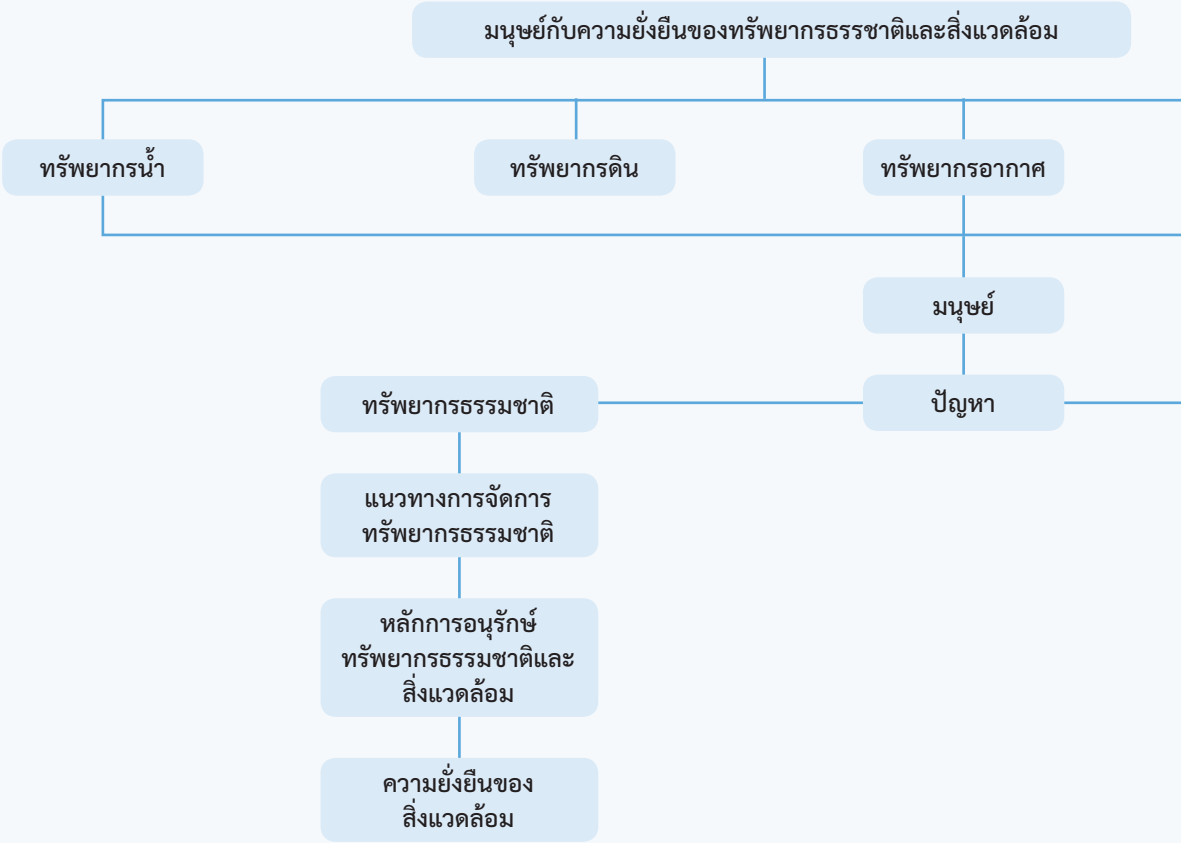
1. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา
2. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
3. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
4. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้
5. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า

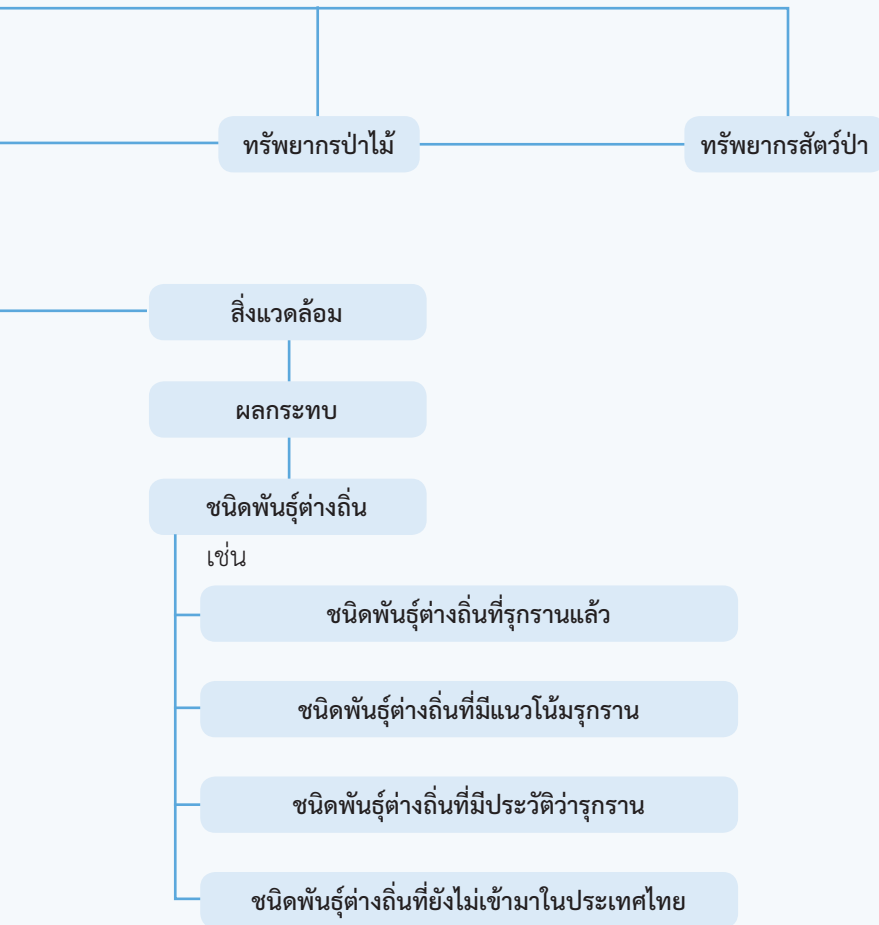
จุดประสงค์การเรียนรู้

12. สืบค้นข้อมูลชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาการรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การลงความเห็นจากข้อมูล 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความรอบคอบ 4. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 5. ความซื่อสัตย์ 6. วัตถุวิสัย 7. การยอมรับความเห็นต่าง 8. ความใจกว้าง 9. ความมุ่งมั่นอดทน

ผังมโนทัศน์ บทที่ 25





สาระสำคัญ

ทรัพยากรธรรมชาติแบ่งตามลักษณะการนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็น 3 ประเภท คือ ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ และทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ทรัพยากรน้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ และสัตว์ป่า เป็นต้น ซึ่งทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้มีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เมื่อมนุษย์นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ ถ้าใช้อย่างไม่เห็นคุณค่าจะส่งผลให้ปริมาณของทรัพยากรธรรมชาติลดลงและก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ นอกจากนี้การแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานก็ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้นมนุษย์จึงต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ แนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติโดยใช้หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อก่อให้เกิดความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 9.5 ชั่วโมง

25.1	ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ	0.5	ชั่วโมง
25.2	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ		
25.2.1	ทรัพยากรน้ำ	2	ชั่วโมง
25.2.2	ทรัพยากรดิน	2	ชั่วโมง
25.2.3	ทรัพยากรอากาศ	2	ชั่วโมง
25.2.4	ทรัพยากรป่าไม้	1	ชั่วโมง
25.2.5	ทรัพยากรสัตว์ป่า	1	ชั่วโมง
25.3	การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน		
25.3.1	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	0.5	ชั่วโมง
25.3.2	ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	0.5	ชั่วโมง
รวม		9.5	ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☒ 1. ทรัพยากรธรรมชาติหมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้
- ☐ 2. การลดลงของประชากรมนุษย์เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ
- ☐ 3. ทรัพยากรน้ำและอากาศมีใช้อย่างไม่หมดสิ้นและเพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์
- ☒ 4. อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และปริมาณสารโลหะหนักสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ
- ☒ 5. ดินเกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ธาตุ ผสมกับอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์
- ☒ 6. การทิ้งขยะลงบนดิน อาจส่งผลทำให้เกิดทั้งมลพิษทางดิน มลพิษทางน้ำ และมลพิษทางอากาศ
- ☒ 7. หมอกควันและฝุ่นละอองในอากาศจัดเป็นมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์
- ☒ 8. การตัดไม้ทำลายป่าทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในป่าลดลง
- ☒ 9. การกำหนดเขตพื้นที่อนุรักษ์เป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์สัตว์ป่า
- ☐ 10. การนำสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ จากต่างประเทศเข้ามาเพาะปลูกหรือเลี้ยงดูในประเทศ ส่งผลดีต่อระบบนิเวศเพราะจะได้เพิ่มความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูปนำบทที่ 25 เป็นรูปเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ หรือใช้รูปทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ หรือครูอาจทบทวนความรู้เรื่องทรัพยากรธรรมชาติที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ จากนั้นตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- นอกจากทรัพยากรธรรมชาติที่นักเรียนเห็นในรูปนำบทที่ 25 แล้ว นักเรียนคิดว่ายังมีทรัพยากรธรรมชาติได้อีกบ้าง
- ทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญกับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อย่างไร

คำตอบจากการอภิปรายของนักเรียนอาจมีหลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน

แต่สามารถสรุปได้ว่า ทรัพยากรธรรมชาติเป็นสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ สัตว์ป่า เป็นต้น ทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้มีความสำคัญในแง่ของปัจจัยที่สำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต ทรัพยากรน้ำมีความสำคัญใช้สำหรับการบริโภคและอุปโภค ทรัพยากรดินใช้เป็นแหล่งเพาะปลูกพืช แหล่งที่อยู่อาศัย ทรัพยากรอากาศสำหรับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิต ทรัพยากรป่าไม้เป็นแหล่งของต้นน้ำลำธาร ทรัพยากรสัตว์ป่าช่วยทำให้เกิดการกระจายเมล็ดพันธุ์พืช การทำให้ดินอุดมสมบูรณ์จากมูลสัตว์

25.1 ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 25.1 ในหนังสือเรียนและให้นักเรียนร่วมกันสรุปประเภทของทรัพยากรธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ และทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป จากนั้นอาจใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ดังนี้

- มนุษย์ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างไร ถ้าทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ลดน้อยลง หดสิ้นไป หรือเกิดความเสื่อมโทรมจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไร

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติหลากหลาย เช่น ด้านปัจจัยสี่เป็นอาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค ด้านการนันทนาการ พักผ่อนหย่อนใจ และด้านการคมนาคม การสัญจร เป็นต้น ซึ่งเมื่อทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ลดน้อยลง หดสิ้นไป หรือเกิดความเสื่อมโทรมจะมีผลกระทบต่อกลับมาสู่มนุษย์ เช่น มีผลต่อการเกษตรทำให้เกิดการขาดแคลนอาหาร การเกิดมลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน มลพิษทางอากาศ รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพลดลง เป็นต้น

จากนั้นครูถามคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง และทรัพยากรธรรมชาติประเภทใดที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤติ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติโดยปราศจากความระมัดระวัง และใช้อย่างฟุ่มเฟือย ก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อมนุษย์ เช่น ทำให้เกิดการขาดแคลน โดยเฉพาะทรัพยากรธรรมชาติประเภทใช้แล้วหมดไป หรือก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งการเกิดมลพิษต่างๆ ทำให้ไม่สามารถนำทรัพยากรเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนทรัพยากรธรรมชาติที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤติ เช่น

1. น้ำมันปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน และแร่ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป ในปัจจุบันนี้พบว่า มีแนวโน้มที่ลดลงจนต้องมีการรณรงค์ใช้อย่างประหยัด และหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ พลังงานสะอาด พลังงานหมุนเวียน เป็นต้น
2. น้ำ อากาศ ปัจจุบันนี้มีการปนเปื้อนสารมลพิษ และทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ และมลพิษทางอากาศ มีผลทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้น้อยลง และอาจนำไปสู่การขาดแคลน โดยเฉพาะน้ำ
3. ดิน ในปัจจุบันนี้พบว่า มักเป็นแหล่งรองรับการทิ้งขยะมูลฝอย โดยเฉพาะขยะพลาสติก รวมทั้งขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดมลพิษทางดิน ซึ่งส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อทรัพยากรน้ำทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ มนุษย์และสิ่งแวดล้อม

จากนั้นครูอาจใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่านักเรียนมีความเข้าใจคำว่าทรัพยากรธรรมชาติและคำว่าสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง



ตรวจสอบความเข้าใจ

? ทรัพยากรธรรมชาติแตกต่างจากสิ่งแวดล้อมอย่างไร

✎ ทรัพยากรธรรมชาติเป็นสิ่งที่ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ จาก การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย

ด้านทักษะ

- การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง
- การใช้วิจารณญาณ ความซื่อสัตย์ การยอมรับความเห็นต่าง ความใจกว้าง ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

25.2 การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรน้ำ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางน้ำที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
3. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
4. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรดิน วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางดินที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
5. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรอากาศ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางอากาศที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
7. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรอากาศเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
8. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรป่าไม้ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
9. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
10. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรสัตว์ป่า วิเคราะห์และสรุปผลกระทบการใช้ทรัพยากรสัตว์ป่าที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
11. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจใช้ข่าวหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติด้านน้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ และสัตว์ป่าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สอน และให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายถึงประโยชน์ ปัญหา สาเหตุผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หรือครูอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติด้านน้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ และสัตว์ป่า ในประเด็นด้านประโยชน์ ปัญหา สาเหตุของการเกิดปัญหา แนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ

25.2.1 ทรัพยากรน้ำ

ครูอาจใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดว่า ถ้านักเรียนไม่เติมน้ำสัก 2-3 วัน นักเรียนจะรู้สึกอย่างไร เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของทรัพยากรน้ำจากสิ่งที่ใกล้ตัวนักเรียนเอง จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 25.2 ในหนังสือเรียน จะพบว่าในโลกนี้ปริมาณน้ำเค็มมีประมาณ 98% ในขณะที่ปริมาณน้ำจืดมีประมาณ 2% จากนั้นใช้คำถามชวนคิดในหนังสือเรียนถามนักเรียน ดังนี้

- เพราะเหตุใดมนุษย์จึงใช้ประโยชน์จากน้ำจืดมากกว่าน้ำในมหาสมุทร ทั้ง ๆ ที่น้ำในมหาสมุทรมีปริมาณมากกว่าน้ำจืดหลายเท่า
- ✎ เนื่องจากมนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำจืดเพื่อการบริโภค และอุปโภค ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำจืดมาใช้ได้โดยตรงไม่ต้องผ่านกระบวนการกำจัดเกลือออก ส่วนน้ำในมหาสมุทรก่อนนำมาใช้จำเป็นต้องผ่านกระบวนการกำจัดเกลือออกก่อนซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 25.3 การใช้ประโยชน์จากน้ำในหนังสือเรียน ซึ่งสรุปได้ว่ามนุษย์ได้ประโยชน์จากการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในด้านการเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม และเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้า แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากน้ำในด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น
ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากน้ำในด้านอื่น ๆ เช่น การใช้เพื่อทำความสะอาดร่างกาย ใช้เพื่อเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ใช้เพื่อเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจและท่องเที่ยว เช่น แหล่งที่มีน้ำตกหรือทะเล ใช้เพื่อเป็นสถานที่ออกกำลังกาย เช่น การว่ายน้ำในสระน้ำ เป็นต้น



การใช้ประโยชน์จากน้ำที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมมีอะไรบ้าง และมีสาเหตุมาจากอะไร
เช่น การปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำหรือการทิ้งขยะลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย เกิดกลิ่นเหม็น สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และมนุษย์ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การใช้ปุ๋ยอย่างฟุ่มเฟือยและเกินความจำเป็นก่อให้เกิดการขาดแคลนน้ำ การขุดเจาะน้ำบาดาลมาใช้อาจทำให้แผ่นดินทรุด นอกจากนี้สร้างเขื่อนกักเก็บน้ำอาจทำให้พื้นที่ป่าไม้ถูกทำลาย

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ

ปัญหามลพิษทางน้ำ

ครูอาจใช้รูปในข่าวเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำ เช่น การทิ้งขยะลงในแหล่งน้ำ การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ หรือใช้รูป 25.4 ในหนังสือเรียน เพื่อถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำ

ว่าเกิดจากสาเหตุใด และคิดว่ามีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร ซึ่งสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำอาจเกิดจากการทิ้งขยะลงไปในแหล่งน้ำ การปล่อยน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำ มีผลทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นตาย สังกลิ่นเหม็น และมนุษย์ไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ จากนั้นถามคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวทางการตอบดังนี้



ปัญหามลพิษทางน้ำเกิดจากสาเหตุใดเป็นหลัก และมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและต่อมนุษย์อย่างไร



สาเหตุหลักของการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำเกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ เมื่อแหล่งน้ำเกิดมลพิษจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ตั้งแต่ผู้ผลิตไปถึงผู้บริโภค ทำให้ขาดแคลนอาหารที่เป็นผลผลิตจากแหล่งน้ำ ขาดแคลนน้ำสะอาดสำหรับเพื่อการอุปโภคและบริโภค และเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรค

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะ ผลกระทบของมลพิษทางน้ำจากบ้านเรือนเพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงผลกระทบจากของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำหรือน้ำทิ้งที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม



กิจกรรมเสนอแนะ : ผลกระทบของมลพิษทางน้ำจากบ้านเรือน

จุดประสงค์

1. ศึกษาผลกระทบจากของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำหรือน้ำทิ้งจากบ้านที่อยู่อาศัยของนักเรียนที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม
2. หาวิธีการเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาของเหลือทิ้งหรือน้ำทิ้งจากบ้านที่อยู่อาศัยที่อาจส่งผลทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มแล้วเลือกปัญหาจากประเด็นที่กำหนดให้ต่อไปนี้ กลุ่มละ 1 ประเด็น
 - ของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำประเภทของสด เช่น เศษอาหาร เศษผัก และเศษเนื้อสัตว์
 - ของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำประเภทสารปรุงแต่งและสารที่ใช้ประกอบอาหาร เช่น น้ำมัน น้ำปลา น้ำส้มสายชู
 - สารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการซักล้างทำความสะอาดต่าง ๆ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน สบู่

2. ให้นักเรียนศึกษาผลกระทบจากปัญหาในประเด็นที่เลือกโดยสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบจากของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำหรือน้ำทิ้งจากบ้านที่อยู่อาศัยของนักเรียน เพื่อหาวิธีการและดำเนินการแก้ไขปัญหานี้
3. หาวิธีการและดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ เพื่อลดผลกระทบที่อาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ พร้อมทั้งนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบที่นักเรียนคิดว่าน่าสนใจ

แหล่งที่มาของน้ำเสีย

ครูอาจใช้คำถามถามนักเรียน แหล่งที่มาของน้ำเสียมาจากบ้านเรือนที่อยู่อาศัยแล้ว นักเรียนคิดว่าแหล่งที่มาของน้ำเสียมาจากแหล่งใดได้อีกบ้าง จากนั้นให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแหล่งที่มาของน้ำเสียในหนังสือเรียน และตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



น้ำเสียที่มาจากแหล่งต่าง ๆ มีชนิดของสารมลพิษเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

อาจเหมือนกันหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำเสีย เช่น ถ้าเป็นน้ำเสียจากบ้านเรือน อาจมีสารอินทรีย์จากเศษอาหาร หรือเศษพืชผัก และสารเคมีจากการซักล้าง ถ้าเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะมีสารเคมีหรือสารปนเปื้อนตามลักษณะของอุตสาหกรรมนั้น น้ำเสียจากการเกษตรและฟาร์มเลี้ยงสัตว์อาจมีสารเคมีจากปุ๋ย และสารกำจัดวัชพืชและแมลง



การจัดการน้ำเสียที่มาจากแหล่งชุมชน มีวิธีการจัดการได้อย่างไร

กรณีที่แหล่งชุมชนยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ในส่วนของร้านอาหาร โรงเรียน โรงแรม ควรมีการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นโดยมีบ่อดักไขมันและบ่อเกรอะ และมีระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก เพื่อให้น้ำได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะหรือปล่อยเข้าบ่อซึมใต้ดิน

สำหรับโรงพยาบาลนอกจากมีการบำบัดเบื้องต้นเหมือนแหล่งอื่นแล้วยังต้องมีการกำจัดเชื้อโรคที่มาจากขั้นตอนต่าง ๆ อย่างถูกวิธี ก่อนปล่อยน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

กรณีที่แหล่งชุมชนมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน หลังจากน้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว น้ำเสียจะไหลไปรวมกันที่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม จากนั้นจึงปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

ครูสามารถบอกแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียสำหรับบ้านเรือน ซึ่งเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน และเป็นการปลูกจิตสำนึกให้รู้คุณค่าของทรัพยากรน้ำรวมทั้งวิธีการลดปริมาณน้ำเสียและการใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า โดยให้นักเรียนเข้าไปศึกษาข้อมูลคู่มือการจัดการน้ำเสียสำหรับบ้านเรือน สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ จากเว็บไซต์

http://infofile.pcd.go.th/water/water_Manual_2555.pdf?CFID=2229619&CFTOKEN=46217722

ดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาหัวข้อวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ และครูอธิบายเพิ่มเติมวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยการหาค่าดีไอ และค่าบีโอดี ซึ่งนักเรียนสามารถนำวิธีการเหล่านี้ไปใช้ในการทำโครงการเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำต่อไปได้

การหาค่า ดีไอ (dissolved oxygen)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด	250 mL
2. ปิเปตต์ขนาด	1 mL
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด	250 mL
4. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)	1 mol/L
5. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (MnSO_4)	2.15 mol/L
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	12.5 mol/L
7. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น	
8. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)	0.025 mol/L
9. น้ำแป้งสุก	0.5 mol/L

วิธีการทำกิจกรรม

1. เก็บตัวอย่างน้ำตามจุดที่กำหนดไว้ให้เต็มขวด ขนาดประมาณ 250 mL อย่าให้อากาศเหลืออยู่ในขวด ขณะเก็บอย่าให้น้ำสัมผัสกับอากาศ ปิดฝาให้แน่น แล้วนำไปทดลองทันที
2. เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 2.15 mol/L ปริมาตร 2 mL ในขวดน้ำตัวอย่าง โดยให้ปลายปิเปตต์อยู่ใต้ผิวน้ำอย่างน้อย 2 cm ปิดฝาขวด สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลง

- ใส่สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 mol/L ในสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 mol/L จำนวน 2 mL ในขวดน้ำตัวอย่างขวดเดิมด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 2 ปิดฝาขวด กลับขวดไปมาเพื่อให้สารละลายผสมกัน ตั้งขวดทิ้งไว้เพื่อให้ตะกอนที่เกิดขึ้นตกลงมาที่ก้นขวด และได้สารละลายใสตอนบนประมาณ 1/3 ของขวด
- ใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 2 mL ลงในขวดน้ำตัวอย่างข้อ 3 ด้วยวิธีการเดียวกับที่ปฏิบัติมาแล้ว สังเกตและบันทึกผลเมื่อเติมกรดและเมื่อกลับขวดไปมาแล้ว
- ตวงสารละลายใสที่ได้ในข้อ 4 มา 200 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 mol/L จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลืองอ่อนๆ
- เติมน้ำเบ็งสุก 0.5% ปริมาตร 1 mL เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไทเทรตต่อไปจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตทั้งหมดที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้น ปริมาณโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตบอกให้ทราบว่าน้ำแต่ละแห่งนั้นมีปริมาณแก๊สออกซิเจน (O_2) มากหรือน้อย ถ้าน้ำมี O_2 ละลายอยู่มากจะใช้สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตมาก และถ้าน้ำมี O_2 น้อยก็จะใช้โซเดียมไฮโอซัลเฟตน้อยด้วย ปริมาณของโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตใช้บอกปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้โดยตรง มีหน่วยเป็น (mg/L)

$$\text{ปริมาณของ } O_2 \text{ (mg/l)} = \frac{8,000 \times \text{ความเข้มข้นของ } Na_2S_2O_3 \text{ (mol/L)} \times \text{ปริมาตรของ } Na_2S_2O_3 \text{ (mL)}}{\text{ปริมาณน้ำที่ใช้}}$$

การหาค่า บีโอดี (biochemical oxygen demand)

วัสดุและอุปกรณ์

- ขวดมาตรฐานความจุ 250-300 mL มีจุกปิดได้สนิท ปากกว้างออกเล็กน้อยทำให้มีร่องเหนือจุกและปากขวด เพื่อให้มีน้ำหล่ออยู่เสมอขณะทำการบ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 20 °C เพื่อป้องกันการติดอากาศจากภายนอกเข้าไปในขวด ขวดนี้ต้องล้างให้สะอาดทุกครั้งก่อนใช้
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 20 °C
- ตู้เย็นขนาด 6 ft³
- กระบอกตวง ขนาด 1 L

วิธีการทำกิจกรรม

1. เก็บน้ำตัวอย่างมา 2 ขวด ขวดแรกตรวจหาปริมาณ O_2 ในน้ำทันที ด้วยวิธีการเดียวกับการหาปริมาณ O_2 ในน้ำ บันทึกค่าไว้เป็น D_1
2. นำน้ำตัวอย่างขวดที่ 2 ปิดจุดให้แน่นไม่ให้อากาศเข้าไปได้ แล้วนำไปเก็บในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิ $20^\circ C$ (อาจเก็บในตู้เย็น) เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาหาปริมาณ O_2 ในน้ำ บันทึกค่าไว้เป็น D_2 นำค่า $D_2 - D_1$ จะได้เป็นค่า BOD ของน้ำในแหล่งน้ำนั้นหน่วยเป็น (mg/L)
3. นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับระดับการใช้ O_2 ในน้ำของจุลินทรีย์สามารถทราบว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีเพียงใด

จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินจากตาราง 25.2 ซึ่งระบุประเภทแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำ การใช้ประโยชน์ ค่า pH, DO, BOD และฟีคอลโคลิฟอร์ม และตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบคำถามดังนี้



ถ้าแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย จะทราบและตรวจสอบได้อย่างไร

อาจสังเกตได้จากลักษณะภายนอกก่อนเบื้องต้น เช่น สีที่เปลี่ยนแปลงไป กลิ่นเหม็น ลักษณะน้ำขุ่น สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นตาย และสามารถตรวจสอบโดยการวัดความเป็นกรด-เบส ค่าดีไอ บีโอดี ตรวจสอบแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์ม เป็นต้น

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ จากค่าดัชนีที่กำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ ดังตาราง

คุณภาพน้ำ	เกณฑ์ที่วัดคุณภาพน้ำ			การใช้ประโยชน์
	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	FCB (MPN/100 mL)	
ดี	ไม่ต่ำกว่า 4.0	ไม่เกินกว่า 1.5	ไม่เกินกว่า 1,000	การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ กีฬาทางน้ำ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน

คุณภาพน้ำ	เกณฑ์ที่วัดคุณภาพน้ำ			การใช้ประโยชน์
	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	FCB (MPN/100 mL)	
พอใช้	ไม่ต่ำกว่า 3.0	ไม่เกินกว่า 2.0	ไม่เกินกว่า 4,000	การเกษตร การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
เสื่อมโทรม	ไม่ต่ำกว่า 2.0	ไม่เกินกว่า 4.0	ไม่เกินกว่า 60,000	การอุตสาหกรรม การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
เสื่อมโทรมมาก	น้อยกว่า 2.0	มากกว่า 4.0	มากกว่า 60,000	การคมนาคม

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



น้ำเสียส่งผลกระทบต่อด้านใดบ้างต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อธิบาย

ด้านการประมง เมื่อเกิดน้ำเสียขึ้นปริมาณ O_2 ในน้ำจะลดลง น้ำจะมีสารมลพิษต่างๆ ปนเปื้อนเป็นปัจจัยจำกัดต่อการสืบพันธุ์และการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ทำให้ปริมาณของสัตว์น้ำซึ่งเป็นอาหารของมนุษย์ลดลง

ด้านการเกษตร น้ำเสียที่มีสารมลพิษปะปนอยู่เมื่อไหลลงสู่ดิน ทำให้สภาพดินเปลี่ยนไปเป็นกรดหรือเบส ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช นอกจากนี้สารมลพิษยังสะสมเพิ่มปริมาณอยู่ในโซ่อาหารตามลำดับขั้นของการกิน

ด้านระบบนิเวศ เมื่อสิ่งมีชีวิต เช่น พืชและสัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำที่เสียได้รับผลกระทบจนทำให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ก็จะส่งผลกระทบต่อไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศด้วย เช่น ทำให้โซ่อาหารหรือสายใยอาหารในแหล่งน้ำลดลง และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นที่เป็นผู้บริโภคนับถัดด้วย และอาจทำให้สมดุลธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป

ด้านการท่องเที่ยว เมื่อแหล่งน้ำสกปรก น่าเสีย ทำให้ทัศนียภาพที่สวยงามถูกทำลายไป แหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจอาจลดปริมาณลง

ด้านสุขภาพ น้ำเสียที่มีเชื้อจุลินทรีย์และสารมลพิษเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและสุขภาพอนามัยของประชาชน ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร

ปัญหาการขาดแคลนน้ำ

ครูอาจยกตัวอย่างสถานการณ์ข่าวเกี่ยวกับภาวะการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย เช่น กรณีการแย่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกของชาวนา กรณีปริมาณน้ำในแม่น้ำโขงต้นเขินสาเหตุจากประเทศเพื่อนบ้านสร้างเขื่อนเหนือต้นน้ำ ทำให้ส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค หรือ ครูอาจใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับปัญหาการขาดแคลนน้ำ สาเหตุของการขาดแคลนน้ำและผลกระทบต่องานที่มีชีวิตในด้านต่างๆ มาเปิดให้นักเรียนดู จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



การขาดแคลนน้ำยังเกิดจากสาเหตุใดได้อีกบ้าง ยกตัวอย่าง

ปัญหาการขาดแคลนน้ำยังเกิดจากมนุษย์มีความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในปริมาณเพิ่มมากขึ้น แต่แหล่งกักเก็บน้ำมีไม่เพียงพอหรือเสื่อมสภาพ หรือเกิดจากการพังทลายของดินทำให้แหล่งน้ำต้นเขิน การถมแหล่งน้ำให้เป็นพื้นดินสำหรับการใช้ประโยชน์อื่นๆ เป็นต้น



ปัญหาการขาดแคลนน้ำมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อย่างไร

ด้านการเกษตร ไม่มีน้ำสำหรับใช้ในการเพาะปลูก พืชขาดน้ำและล้มตายทำให้สูญเสียผลผลิตด้านการเกษตร นอกจากนี้อาจส่งผลกระทบต่อฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ด้านอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตบางขั้นตอนที่ต้องอาศัยน้ำอาจทำให้เกิดปัญหาและส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่ลดลง

ด้านระบบนิเวศ ทำให้เกิดการขาดแคลนแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต ทำให้สัตว์และพืชขาดน้ำและอาจล้มตาย นอกจากนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในสายใยอาหาร รวมทั้งความแห้งแล้งจะทำให้เกิดไฟป่าเพิ่มมากขึ้น

ด้านการดำรงชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตและมนุษย์หากขาดน้ำทำให้ร่างกายเสียสมดุล และอาจทำให้เกิดอันตรายสูญเสียชีวิตได้

ครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ ในกรณีที่เกิดภัยแล้งในประเทศไทย และได้มีการแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ซึ่งจัดทำโดยหน่วยงานสำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร จากเว็บไซต์ <http://www.parliament.go.th/library>

แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ

ครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาและวิธีทางเคมีแตกต่างกันอย่างไร

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาเป็นการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในน้ำเสีย โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ O_2 โดยทำควบคู่กับการเติม O_2 ลงในแหล่งน้ำจากการใช้กังหันน้ำ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี เป็นการเติมสารเคมีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ หรือทำให้ตกตะกอน



ยกตัวอย่างการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาและวิธีทางเคมี

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา เช่น การใช้พืชน้ำ เช่น ผักตบชวา ผักกระเฉด กก สามเหลี่ยม รูปไข่ หญ้าแฝก เป็นต้น ช่วยดูดซับสารมลพิษ เพื่อบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี เช่น การเติมคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เป็นต้น

จากนั้นครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าในแต่ละโครงการนั้นใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียอย่างไร

หลักการบำบัดน้ำเสีย โดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา (Filtration)

ตามแนวทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ “บึงมวกะสัน” บึงมวกะสันเป็นบึงขนาดใหญ่ที่อยู่ใจกลางกรุงเทพมหานคร ซึ่งการรถไฟแห่งประเทศไทยได้ขุดขึ้น ในปี พ.ศ. 2474 เพื่อใช้เป็นแหล่งระบายน้ำและรองรับน้ำเสีย รวมทั้งน้ำมันเครื่องจากโรงงานรถไฟมวกะสัน ทำให้บึงมวกะสันตื้นเขิน จากการตกตะกอนของสารแขวนลอยประกอบกับรอบบึงมวกะสันมีชุมชนแออัด 3 ชุมชน รวม 729 ครอบครัว ซึ่งส่วนใหญ่ต่างก็ถ่ายสิ่งปฏิกูลและขยะมูลฝอยลงสู่บึงมวกะสัน จนเกิดปัญหาภาวะสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมและน้ำเน่าเสียกลายเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคแห่งหนึ่ง รัชกาลที่ 9 ทรงตระหนักถึงภัยแห่งภาวะมลพิษนี้ จึงได้พระราชทานพระราชดำริ เมื่อวันที่ 15 เมษายน และวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2528 ให้หน่วยงานต่าง ๆ ร่วมกันปรับปรุงบึงมวกะสัน เพื่อใช้ประโยชน์ในการช่วยระบายน้ำและบรรเทาสภาพน้ำเสียในคลองสามเสน โดยใช้วิธีการในรูปแบบของ “เครื่องกรองน้ำธรรมชาติ” กล่าวคือให้มีการทดลอง

ใช้ผักตบชวา ซึ่งเป็นวัชพืชที่ต้องการกำจัดอยู่แล้วนำมาทำหน้าที่ดูดซับความสกปรก รวมทั้งสารพิษจากน้ำเน่าเสีย โดยทรงเน้นให้ทำการปรับปรุงอย่างประหยัดและไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ริมบึง แนวพระราชดำรินั้นทรงให้ทำโครงการง่าย ๆ โดยสูบน้ำจากคลองสามเสนเข้าบึงทางหนึ่ง และสูบน้ำออก จากคลองสามเสนอีกทางหนึ่ง ระยะห่างกัน 100-200 เมตร หรือฝั่งที่ระบายน้ำออกทางระบายน้ำอโศก-ดินแดง โดยให้คงมีผักตบชวาอยู่ในบึง และทำการตกแต่งให้ดูไว้บริเวณกลางบึงเพื่อกรองน้ำเสีย แต่ถ้าจำเป็นต้องเก็บผักตบชวาขึ้นบ้างเป็นครั้งคราวก็ให้นำไปใช้ประโยชน์ เช่น ทำปุ๋ยหมักหรือเชื้อเพลิง แต่อย่านำไปทำอาหารสัตว์ เพราะมีธาตุโลหะหนัก

หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

“บึงมักกะสัน” ระบบบำบัดน้ำเสียบึงมักกะสันเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ที่เรียกว่าระบบ oxidation pond หรือ “ระบบสายลมและแสงแดด” ซึ่งจะมีบ่อดินที่มีความลึก 0.5-2 เมตร สามารถให้แสงส่องลงไปได้ มีการใส่ผักตบชวาเพื่อเป็นตัวดูดซับสารอาหารและโลหะหนักในน้ำเสียจากคลองสามเสน ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้วันละ 30,000-100,000 ลูกบาศก์เมตร การทำงานของระบบอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างพืชน้ำ ได้แก่ สาหร่ายหรืออัลจีกับแบคทีเรียโดยในเวลากลางวัน อัลจีซึ่งเป็นพืชน้ำสีเขียวจะทำการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำและแสงแดด อัลจีจะนำคาร์โบไฮเดรตไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ ส่วนออกซิเจนที่เป็นผลพลอยได้ นั้นก็จะถูกแบคทีเรียนำไปใช้ในการย่อยสลายน้ำเสีย ซึ่งผลของปฏิกิริยานี้จะได้คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการดำรงชีพของอัลจี ดังนั้นอัลจีและแบคทีเรียจึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันได้ โดยต่างพึ่งพาอาศัยกันและกัน การดำรงชีวิตในลักษณะนี้เรียกว่า symbiosis เนื่องจากอัตราการเติมออกซิเจนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจึงถูกจำกัดด้วยปริมาณออกซิเจน เมื่อเป็นเช่นนั้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาของการทำลาย BOD จึงค่อนข้างช้า ระบบ oxidation pond จึงต้องใช้บ่อที่มีขนาดใหญ่

เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบบึงมักกะสันขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ได้ จากการสังเคราะห์แล้ว ดังนั้นในบึงต้องไม่ปลูกผักตบชวามากเกินไปเพราะจะบดบังแสงแดด สำหรับผักตบชวานั้นก็จะทำหน้าที่ดูดซับอาหารต่าง ๆ และโลหะหนักในน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผักตบชวามีการเจริญสูงสุดในเวลาภายหลังการปลูก 16-17 สัปดาห์ จึงต้องดูแลระบบนี้โดยการเอาผักตบชวาออกทุก 10 สัปดาห์

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของบึงมักกะสัน พบว่าสามารถลดค่า BOD ได้ระหว่าง 19-85% โดยเฉลี่ยได้ 51% มีประสิทธิภาพในการฟอกตัวด้านการกำจัด total coliform แบคทีเรียและ FeCA Coliform แบคทีเรียเฉลี่ย 90% และ 89% ตามลำดับ การพัฒนาและปรับปรุงระบบบำบัด

น้ำเสียบึงมักกะสัน จากการที่การทางพิเศษแห่งประเทศไทยดำเนินการก่อสร้างทางด่วนมหานครชั้น 2 ระยะที่ 1 โดยมีแนวผ่านบึงมักกะสันและมีตอม่อโครงสร้างอยู่กลางบึงทำให้น้ำในบึงไม่ถูกแสงแดด รัชกาลที่ 9 จึงได้พระราชทานพระราชดำริให้ใช้เครื่องฟ่นอากาศเข้าช่วย มูลนิธิชัยพัฒนาและกรุงเทพมหานครจึงรับสนองพระราชดำริในการปรับปรุงบึงมักกะสัน เพื่อให้สามารถฟอกน้ำในคลองสามเสนให้สะอาดขึ้น วันละ 260,000 ลูกบาศก์เมตร ด้วยการใช้เครื่องเติมอากาศแบบทุ่นลอย ผสมกับการใช้ผักตบชวา ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้เพิ่มจากเดิม 10 เท่า โดยมูลนิธิชัยพัฒนาเป็นผู้จัดหา และติดตั้งเครื่องเติมอากาศขนาด 11 KW จำนวน 10 เครื่อง และกรุงเทพมหานครเป็นผู้ดำเนินการขุดลอกบึง พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำและปลูกผักตบชวา สำหรับน้ำที่ใสสะอาดขึ้นนี้ให้ระบายออกสู่คลองธรรมชาติตามเดิม แล้วรับน้ำเสียจำนวนใหม่มาดำเนินการผ่านกรรมวิธีเป็นวงจรเช่นนี้ตลอดไปในอนาคต เมื่อการกำจัด น้ำเน่าเสียด้วยผักตบชวาในบึงมักกะสันแห่งนี้ได้ผลดี ก็จะได้นำไปใช้เป็นแบบอย่างในการแก้ไขปัญหา น้ำเน่าเสียที่แหล่งน้ำหรือลำคลองอื่นต่อไป ซึ่งในขณะนี้กรุงเทพมหานครและการรถไฟแห่งประเทศไทยร่วมเป็นหน่วยงานหลักในการใช้ประโยชน์ และดูแลรักษาบึงแห่งนี้ให้คงมีสภาพที่ดีสืบไป พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเปรียบเทียบกับว่า “บึงมักกะสัน” เป็นเสมือนดัง “ไตรธรรมชาติ” ของกรุงเทพมหานครที่เป็นแหล่งเก็บกักและระบายน้ำในฤดูฝน

หลักการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติแบบบ่อฝิ่ง หรือบ่อดกตะกอน และระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

หลักการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติแบบบ่อฝิ่ง หรือบ่อดกตะกอน และระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (oxidation pond, sedimental pond and lagoon treatment) ตามแนวทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริแหลมผักเบี้ย

พระราชดำริระบบบ่อบำบัดน้ำเสียและวัชพืชบำบัด (lagoon treatment and grass filtration) โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เป็นโครงการศึกษาวิจัยวิธีการบำบัดน้ำเสีย กำจัดขยะมูลฝอยและการรักษาสภาพป่าชายเลนด้วยวิธีธรรมชาติ ตามแนวพระราชดำริที่มีสาระสำคัญ

สรุปได้ว่า ปัญหาภาวะมลพิษมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนเป็นอย่างมาก สาเหตุสำคัญประการหนึ่ง คือ ชุมชนเมืองต่าง ๆ ยังขาดระบบบำบัดน้ำเสียและการกำจัดขยะมูลฝอยที่ดีและมีประสิทธิภาพ รัชกาลที่ 9 มีพระราชกระแสว่า “...ปัญหาสำคัญคือ เรื่องสิ่งแวดล้อม เรื่องน้ำเสียกับขยะ ได้ศึกษามาแล้วเหมือนกันทำไมยากนัก ในทางเทคโนโลยีทำได้และในเมืองไทยเองก็ทำได้...ทำได้แต่ที่ที่ทำนั้นต้องมีที่สัก 5,000 ไร่... ขอให้ผู้เชี่ยวชาญต่างๆ มาช่วย ร่วมกันทำ ทำได้แน่...”

จากการศึกษาวิเคราะห์เบื้องต้นมาก่อนของรัชกาลที่ 9 นานมาแล้วนี่เอง จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้สำนักงาน กปร. และกรมชลประทานร่วมกันศึกษาแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม พร้อมกับสำรวจพื้นที่ดำเนินการพบว่าบริเวณตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ทั้งสิ้น 1,135 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่สาธารณประโยชน์ไม่มีปัญหาด้านเวนคืนที่ดินแต่อย่างใด เมื่อคณะทำงานนำผลการศึกษาในการจัดทำโครงการขึ้นกราบบังคมทูล ทรงมีพระบรมราชวินิจฉัยเห็นด้วยกับรูปแบบและแนวความคิดดังกล่าว สำนักงาน กปร. และกรมชลประทานจึงร่วมกันจัดทำแผนปฏิบัติการโครงการ ฯ ขึ้นทูลเกล้า ฯ ถวาย และทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้ดำเนินการตามแผนงานดังกล่าวได้ การสนองพระราชดำริในโครงการนี้มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยมูลนิธิชัยพัฒนา สำนักงาน กปร. กรมชลประทาน กรมป่าไม้ กรมประมง เป็นต้น

1. เริ่มด้วยเทศบาลเมืองเพชรบุรี ดำเนินการสร้างท่อระบายรวบรวมน้ำเสีย (combine waste water system) ส่งน้ำเสียไปยังสถานีสูบน้ำเสียที่คลองยาง ที่จุดนี้จะทำหน้าที่เป็นบ่อดักขยะ เป็นบ่อดักตะกอนขั้นต้นที่สามารถลดค่าความสกปรกไปได้ถึง 40 %
2. ระบบการบำบัดน้ำเสีย มีการสูบน้ำเสียจากคลองยางส่งไปตามท่อเป็นระยะทางถึง 18 กิโลเมตร เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียที่ตำบลแหลมผักเบี้ย ซึ่งดำเนินการพร้อมกัน 2 ระบบ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดขยะ

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบ่งออกเป็น

ก. **ระบบบำบัดหลัก** ประกอบด้วย ระบบบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment) มีจำนวน 5 บ่อ ในพื้นที่ 95 ไร่ น้ำเสียจะไหลเข้าตามระบบน้ำล้น ดังนี้คือ

- บ่อดักตะกอน (sedimentation pond)
- บ่อบำบัด 1- 3 (oxidation pond)
- บ่อปรับคุณภาพน้ำ (polishing pond) น้ำเสียจะไหลเข้าสู่บ่อดักตะกอนแล้วผ่านเข้าไปยังบ่อบำบัดที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 ตามลำดับ แล้วไหลล้นเข้าสู่บ่อปรับคุณภาพน้ำเป็นขั้นสุดท้าย ก่อนที่จะระบายลงสู่ป่าชายเลนซึ่งน้ำเสียขั้นสุดท้ายนี้จะได้รับการตรวจสอบคุณภาพน้ำจากคณะวิจัยอย่างใกล้ชิด

ข. **ระบบบำบัดรอง** อยู่ระหว่างดำเนินการในพื้นที่ ประมาณ 60 ไร่ ประกอบด้วย

ระบบบึงชีวภาพ (constructed wetland) เป็นการดำเนินการโดยให้น้ำเสียผ่านบ่อดินตื้น ๆ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในบึงปลูกพืชที่มีรากพุ่มประเภทกกพันธุ์ต่าง ๆ และอ้อ เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้มีระบบรากแผ่กระจายยึดเกาะดิน และสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำขังเสีย น้ำเสียจะเริ่มจากต้นบึงไหลล้น

ผ่านพืชต่างๆ ไปทำยบึงอย่างต่อเนื่อง โดยพืชทั้งหลายจะช่วยดูดซับสารพิษและอินทรีย์สารให้ลดน้อยลง ตลอดจนทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้หมดไป

ระบบกรองน้ำเสียด้วยหญ้า (grass filtration) โดยการปล่อยน้ำเป็นระยะ (bat flow) ผ่านเข้าไปในแปลงหญ้ามีขนาดและลักษณะเหมือนระบบบึงชีวภาพ ระบบแปลงหญ้านี้จะรับน้ำจากบ่อปรับคุณภาพน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียเข้าไปยังแปลงหญ้าเป็นระยะๆ นานครั้งละ 1-2 สัปดาห์ จนกระทั่งน้ำมีความสะอาดดียิ่งขึ้น

ระบบกรองน้ำเสียด้วยป่าชายเลน (white and red mangrove) น้ำเสียจะได้รับการบำบัดผ่านเข้าไปในพื้นที่ 30 ไร่ ที่ทำการปลูกป่าชายเลน ซึ่งปลูกแบบผสมผสานกันในลักษณะที่เป็นธรรมชาติ ซึ่งน้ำที่ผ่านป่าชายเลนนี้จะได้รับการบำบัดจนเป็นน้ำที่ดีตามมาตรฐานเช่นกัน การนี้นับเป็นแนวพระราชดำริที่เป็นแบบฉบับแก่ชุมชนทั้งหลายทั่วประเทศ ได้ดำเนินการเจริญรอยตามพระยุคลบาทโดยยึดการดำเนินงานที่แหลมผักเบี้ยเป็นต้นแบบ

ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีววิทยาผสมผสานกับเครื่องกลเติมอากาศแบบ “สระเติมอากาศชีวภาพบำบัด” (biological treatment aerated lagoon) ตามแนวพระราชดำริ “บึงพระราม 9”

“บึงพระราม 9” เป็นบึงขนาดใหญ่อยู่ใจกลางกรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ประมาณ 130 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตที่ดินของสำนักทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ ซึ่งอยู่ติดกับคลองลาดพร้าวทางฝั่งตะวันตกตะวันออกเฉียงใต้ในบริเวณที่คลองลาดพร้าวบรรจบกับคลองแสนแสบในท้องที่เขตห้วยขวาง ซึ่งมีปัญหาภาวะมลพิษน้ำเน่าเสียอย่างรุนแรง เนื่องจากคลองลาดพร้าวเป็นคลองระบายน้ำหลัก คลองหนึ่งของกรุงเทพมหานคร จึงรับน้ำเสียมาจากแหล่งชุมชนที่อยู่สองฝั่งคลอง มีความกว้างประมาณ 20-30 เมตร ลึกประมาณ 3 เมตร คุณภาพน้ำมีสภาพความเน่าเสียเฉลี่ยวัด BOD ได้ประมาณ 19 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสูงสุด 42 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าต่ำสุด 9 มิลลิกรัมต่อลิตร มีสีค่อนข้างดำและมีกลิ่นเน่าเหม็นของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ตลอดเวลาระบบบำบัดน้ำเสียที่บึงพระราม 9 เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำรินี้ในรัชกาลที่ 9 ที่พระราชทานพระราชดำริว่า “การใช้วิธีการทางธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการบำบัดน้ำเสียให้ดีขึ้น จำเป็นต้องใช้เครื่องเติมอากาศลงไปในน้ำโดยทำเป็นระบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon)” ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียบึงพระราม 9 เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon) โดยใช้เครื่องจักรกลเติมอากาศ (mechanical aerated) มาช่วยเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ เพื่อใช้แบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ จึงทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศสามารถรับภาระบรรทุก (loading) ได้มากกว่าบ่อเขียว ซึ่งใช้ออกซิเจนตามธรรมชาติ จากพืชน้ำและสาหร่าย

หลักการทำงานของระบบ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทั้งด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งนิยมใช้กันแพร่หลายมากระบบหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมกับปฏิกิริยาของระบบเป็นบ่อขนาดใหญ่ลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร ปฏิกิริยาการทำลาย BOD โดยแบคทีเรียจะเร็วกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบ oxidation pond เพราะมีการเติมออกซิเจนด้วยเครื่องมือกล จึงทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียไม่ถูกจำกัดด้วยอัตราการเติมออกซิเจนในระบบ oxidation pond มากและปฏิกิริยาการทำลาย BOD เร็วกว่าหลายเท่า สำหรับปริมาณ BOD เท่าๆ กัน ดังนั้น ระบบ aerated lagoon จึงใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบ oxidation pond ประมาณ 8-10 เท่า ระบบ aerated lagoon แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. บ่อบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (aerobic lagoon) ได้แก่ บ่อที่มีกำลังเครื่องเติมอากาศ (aerator) พอเพียงที่จะกวนน้ำให้บ่ออย่างทั่วถึงจนไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้นในบ่อ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนตลอดความลึกของบ่อ โดยปกติแล้วน้ำที่ออกจากบ่อเติมอากาศจะค่อนข้างขุ่น จำเป็นต้องแยกตะกอนออกจากบ่อตกตะกอนเสียก่อน บ่อนี้จึงทำหน้าที่เติมอากาศลงไปใต้น้ำและกวนน้ำในบ่อตลอดเวลา
2. บ่อบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศ (facultative pond) คือ บ่อที่ทำหน้าที่เป็นบ่อตกตะกอนกำจัดตะกอนและบำบัดน้ำให้มีคุณภาพดีขึ้น

การทำงานของระบบสระเติมอากาศบึงพระราม 9 เริ่มจากการสูบน้ำเสียจากคลองลาดพร้าวเข้าในบ่อเติมอากาศ ซึ่งจะมีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศตลอดเวลา เพื่อให้แบคทีเรีย ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยปฏิกิริยาทางชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนอย่างต่อเนื่อง น้ำเสียจะถูกกักเก็บในบ่อเติมอากาศนาน 16 ชั่วโมงจากนั้นจะไหลโดย gravity flow ไปยังบ่อกึ่งไร้อากาศ (facultative pond) เพื่อทำการบำบัดสารอินทรีย์ที่หลงเหลือในบ่อน้ำและเป็น การตกตะกอนแยกแบคทีเรียออกจากน้ำ เสียด้วยทำให้น้ำใส น้ำจะถูกกักเก็บอยู่ในบ่อนี้อีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วก็จะระบายทิ้งลงคลองลาดพร้าวตามเดิม รวมระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย บึงพระราม 9 ประมาณเฉลี่ย 20 ชั่วโมง ผลสัมฤทธิ์ตามแนวทฤษฎีการพัฒนาระบบ ตามพระราชดำริในรัชกาลที่ 9 ปัจจุบันประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ของน้ำเสียคลองลาดพร้าวเท่ากับ 65 % น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่า BOD เฉลี่ย 9 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่า pH เท่ากับ 7.5

วิธีการบำบัดน้ำเสียระบบนี้มีข้อดี คือ

การดำเนินการและการควบคุมดูแลทำได้ง่าย ค่าก่อสร้างต่ำ ไม่สิ้นเปลืองเนื้อที่มากนัก ไม่มีปัญหาในการกำจัดตะกอนและไม่มีกลิ่นเน่าเหม็นอันเป็นเหตุเดือดร้อนรำคาญต่าง ๆ จึงนับเป็นพระปรีชาสามารถที่ส่งผลให้พสกนิกรทั้งหลายมีคุณภาพชีวิตและสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น

ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วยการผสมผสานระหว่างพืชน้ำ กับระบบการเติมอากาศ (constructed wetland and air transfer for waste water treatment) ณ บริเวณหนองสนม - หนองหาน

รัชกาลที่ 9 ได้พระราชทานพระราชดำริให้ทำโครงการบำบัดน้ำเสีย โดยวิธีธรรมชาติผสมผสาน กับเทคโนโลยีแบบประหยัด กล่าวคือ จัดสร้างบ่อดักสารแขวนลอย ปลุกต้นกกอียิปต์เพื่อใช้ดักกลิ่น และ ปลุกผักตบชวาเพื่อดูดักสิ่งโสโครกและโลหะหนัก ต่อจากนั้นใช้กังหันน้ำชัยพัฒนาและแผงท่อเติมอากาศ ให้กับน้ำเสียตามความเหมาะสม

ส่วนแรก เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยกกอียิปต์ ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณสมบัติช่วยดูดมลสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียให้ลดลง โดยใช้ลานกรองกรวดเบื้องต้นก่อนที่จะถึงบ่อปลูกกกอียิปต์ให้ทำหน้าที่กรองสารแขวนลอย และช่วยเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสีย ตลอดจนช่วยให้เกิดจุลินทรีย์เกาะที่ก้อนกรวด ซึ่งส่งผลให้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียให้ลดลงได้ นอกจากนี้ทางด้านท้ายน้ำของกระบวนการบำบัดจะมีตะแกรงติดตั้งไว้เพื่อรองรับเศษขยะที่ลอยปะปนมากับน้ำ ให้กักไว้ในด่านแรก จากนั้นน้ำเสียจึงจะผ่านเข้าไปในบ่อปลูกกกอียิปต์ ซึ่งสารอินทรีย์จะถูกกำจัดให้ลดลงแล้วจึงไหลเข้าสู่บ่อดักตะกอนตามธรรมชาติ

ส่วนที่สอง เป็นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อเติมอากาศ โดยใช้กังหันน้ำชัยพัฒนา เข้าช่วยเติมออกซิเจนในน้ำเพื่อให้ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งตกตะกอนได้ยากให้กลายเป็นตะกอน จุลินทรีย์ที่มีน้ำหนัก (sludge) ที่สามารถตกตะกอนได้รวดเร็วในช่วงปลายของการบำบัดน้ำเสียก็ให้ผ่านไปยังบ่อปลูกผักตบชวา เพื่อช่วยลดสารพิษต่าง ๆ ที่ยังคงเหลืออยู่ แล้วส่งเข้าบ่อดักตะกอนอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้น้ำที่ใสสะอาดยิ่งขึ้น

ส่วนที่สาม ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในหนองสนม โดยใช้เครื่องเติมอากาศ แบบกังหันน้ำชัยพัฒนา ติดตั้งไว้ที่ปากทางเข้าหนองสนม เพื่อเติมอากาศชั้นสุดท้าย นอกจากนี้ยังปลูกผักตบชวา โดยกันไว้เป็นคอกเรียงสลับกันเป็นแถว ๆ เพื่อช่วยบำบัดน้ำเสียและเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำทั้งระบบหนองหาน รัชกาลที่ 9 ได้พระราชทานพระราชดำริให้เร่งดำเนินการแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่ปล่อยลง

หนองหานโดยเร็ว โดยให้รวบรวมน้ำเสียที่ระบายลงหนองหานจากเขตเทศบาลซึ่งระบายลงหนองหานมาไว้ ณ ที่เดียว แล้วให้จัดทำโครงการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติผสมผสานกับเทคโนโลยีแบบประหยัด โดยกรมประมงได้ดำเนินการออกแบบและก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝั ง waste water stabilization ponds ขึ้นในพื้นที่ 92 ไร่ โดยกรมโยธาธิการดำเนินการออกแบบและก่อสร้างท่อรับน้ำเสียเพื่อนำน้ำเสียเข้าไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียของกรมประมงและกรมชลประทานดำเนินการศึกษาหาข้อมูลต่าง ๆ พร้อมทั้ง ออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ (constructed wetland for waste water treatment) เพื่อใช้เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย (polishing pond) หลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของกรมประมงแล้ว

ลักษณะของระบบ

1. เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำในพื้นที่ 84.5 ไร่ และเชื่อมต่อกับระบบบำบัดน้ำเสียของกรมประมง ระบบดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 4 เซลล์ แต่ละเซลล์ประกอบด้วยหนองน้ำตื้น (marsh) สองด้าน ส่วนตรงกลางของแต่ละเซลล์จะเป็นบ่อน้ำลึก (pond)
2. บริเวณหนองน้ำตื้น (marsh) มีความลึกของน้ำปกติอยู่ระหว่าง 10-20 ซม. ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่ในการลดค่า BOD ลดค่าของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ที่เกิดขึ้นจากสาหร่ายสีเขียว (algae) กำจัดแบคทีเรียชนิด faecal coliform เปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียและลดค่าฟอสฟอรัส ซึ่งพืชน้ำที่ใช้ปลูกเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว มีทั้งหมด 15 ชนิด
3. บริเวณบ่อลึก กำหนดให้มีความลึกของน้ำแต่ละบ่อ 1 เมตร ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นไนเตรท (nitrification) และเปลี่ยนสารอาหารไนเตรทไปอยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจน (dinitrification) รวมทั้งลดค่าฟอสฟอรัสด้วยพืชน้ำ (submersed plant) ต่าง ๆ
4. หลังปลูกพืชน้ำไปแล้วประมาณ 3 เดือน ระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวนี้จะสามารถลดค่าความเน่าเสียของน้ำที่ปล่อยออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียของกรมประมงให้มีคุณภาพดีขึ้นและเมื่อพืชเติบโตสมบูรณ์เต็มที่ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 6 เดือนถึง 1 ปี ระบบนี้จะสามารถบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีอย่างสมบูรณ์แบบ

การบำบัดน้ำเสียตามพระราชดำริ “กั้นน้ำชัยพัฒนา”

จากการที่สภาพแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงเกิดเป็นภาวะมลพิษอันเกิดจากน้ำเน่าเสียที่มีอัตราและปริมาณสูงขึ้นจนยากแก่การแก้ไขให้บรรเทาเบาบาง และกลับมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นนั้น รัชกาลที่ 9 จึงพระราชทานพระราชดำริให้ประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศแบบ ประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถผลิต

ขึ้นได้เองในประเทศ โดยทรงมุ่งหวังที่จะช่วยแบ่งเบาภาระของรัฐบาลในการบรรเทาความเสียหายอีกทางหนึ่งด้วย โดยทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้มูลนิธิชัยพัฒนาสนับสนุนงบประมาณ เพื่อศึกษาวิจัยสิ่งประดิษฐ์ใหม่นี้ร่วมกับกรมชลประทาน ซึ่งต่อมาเครื่องมือบำบัดน้ำเสียนี้เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายและเรียกกันว่า “กังหันน้ำชัยพัฒนา”

การทดลองวิจัยเพื่อประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศในขณะนี้มี 9 รูปแบบ คือ

1. เครื่องกลเติมอากาศระบบเป่าอากาศลงไปใต้น้ำและกระจายฟอง chaipattana aerator, model RX-1
2. เครื่องกลเติมอากาศระบบเป่าอากาศหมุนใต้น้ำ หรือ “ชัยพัฒนาซูเปอร์ฟองแอร์” chaipattana aerator, model RX-3
3. เครื่องกลเติมอากาศแรงดันน้ำ หรือ “ชัยพัฒนาเวนจูรี” chaipattana aerator, model RX-4
4. เครื่องกลเติมอากาศระบบอัดและดูดอากาศลงใต้น้ำ หรือ “ชัยพัฒนาแอร์เจท” chaipattana aerator, model RX-5
5. เครื่องกลเติมอากาศแบบตีน้ำสัมผัสผิ้อากาศ หรือ “เครื่องตีน้ำชัยพัฒนา” chaipattana aerator, model RX-6
6. เครื่องกลเติมอากาศแบบดูดและอัดน้ำลงไปใต้น้ำใต้อากาศ หรือ “ชัยพัฒนาไฮโดรแอร์” chaipattana aerator, model RX-7
7. เครื่องมือจับเกาะจุลินทรีย์ หรือ “ชัยพัฒนาไบโอ” chaipattana bio-filter, model RX-8
8. เครื่องกลเติมอากาศแบบกระจายน้ำสัมผัสผิ้อากาศ หรือ “น้ำพุชัยพัฒนา” chaipattana aerator, model RX-9
9. เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำแบบหมุนช้า หรือ “กังหันน้ำชัยพัฒนา” chaipattana aerator, model RX-2

เครื่องกลเติมอากาศต่าง ๆ นี้ได้นำมาติดตั้งใช้งานกับระบบบำบัดน้ำเสียตามสถานที่ต่าง ๆ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2532 และได้มีการปรับปรุงตลอดเวลา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่จะให้มีการบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพ สะดวกในการใช้งาน ประหยัดค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาได้ง่ายตลอดจนมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน การดำเนินงานในขณะนี้ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ ทำให้น้ำใสสะอาดขึ้น ลดกลิ่นเหม็นลงได้มากและมีปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น บรรดาสัตว์น้ำ เช่น เต่า ตะพาบน้ำ และปลาสามารถอยู่อาศัยได้อย่างปลอดภัย ตลอดจนสามารถบำบัดความสกปรกในรูปของมลสาร ต่าง ๆ ให้ลดต่ำลงได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ปัจจุบันมีหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ร้องขอให้มูลนิธิชัยพัฒนา

เข้าไปช่วยเหลือในการบำบัดน้ำเสียอย่างเร่งด่วน เป็นจำนวนมากเมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2536 เครื่องกลเติมอากาศ “กังหันน้ำชัยพัฒนา” ได้รับการพิจารณาและทูลเกล้า ฯ ถวายสิทธิบัตรในพระปรมาภิไธย นับเป็นสิ่งประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศเครื่องที่ 9 ของโลกที่ได้รับสิทธิบัตร และเป็นครั้งแรกที่ได้มีการรับจดทะเบียนและออกสิทธิบัตรให้แก่พระบรมราชวงศ์ด้วย จึงนับได้ว่าเป็น “สิทธิบัตรในพระปรมาภิไธยของพระมหากษัตริย์พระองค์แรกในประวัติศาสตร์ชาติไทยและเป็นครั้งแรกของโลก” นอกจากนี้สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้ประกาศให้กังหันน้ำชัยพัฒนาได้รับรางวัลที่ 1 ประเภทรางวัลผลงานคิดค้นหรือสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติ ประจำปี 2536 และทูลเกล้า ฯ ถวายรางวัลนี้แด่รัชการที่ 9 อีกวาระหนึ่ง

หลักการและวิธีการทำงานของกังหันน้ำชัยพัฒนา

กังหันน้ำชัยพัฒนาเป็นเครื่องกลเติมอากาศแบบทุ่นลอย สามารถปรับตัวขึ้นลงได้ ตามระดับขึ้นลงของผิวน้ำ ในแหล่งน้ำเสีย มีส่วนประกอบสำคัญคือ

1. โครงกังหันน้ำรูป 12 เหลี่ยม
2. ช่องบรรจุน้ำติดตั้งโดยรอบ จำนวน 6 ช่อง รูของน้ำพรุนเพื่อให้น้ำไหลกระจายเป็นฝอย
3. ช่องน้ำจะถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดยรอบด้วยเกียร์มอเตอร์ ซึ่งทำให้การหมุนเคลื่อนที่ของช่องน้ำ วัดตักน้ำด้วยความเร็ว สามารถวัดน้ำลึกลงไปจากใต้ผิวน้ำประมาณ 0.50 เมตร ยกน้ำสาตขึ้นไปกระจายเป็นฝอยเหนือผิวน้ำได้สูงถึง 1 เมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศมาก และส่งผลให้ออกซิเจนสามารถละลายเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็ว
4. ในขณะที่น้ำเสียถูกยกขึ้นไปสาตกระจายสัมผัสกับอากาศแล้วตกลงไปยังผิวน้ำนั้น จะก่อให้เกิดฟองอากาศจมตามลงไปใต้ผิวน้ำด้วย ในขณะที่ช่องน้ำกำลังเคลื่อนที่ลงสู่ผิวน้ำ แล้วตกลงไปใต้ผิวน้ำนั้นจะเกิดการอัดอากาศภายในช่องน้ำภายใต้ผิวน้ำ จนกระทั่งของน้ำจมน้ำเต็มที่ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนได้สูงขึ้น หลังจากนั้นน้ำที่ได้รับการเติมอากาศแล้วจะเกิดการถ่ายเทของน้ำเคลื่อนที่ออกไปด้วยการผลักดันของช่องน้ำ รวมทั้งการโยกตัวของทุ่นลอย ในขณะทำงานสามารถผลักดันน้ำให้เคลื่อนที่ผสมผสานออกซิเจนเข้ากับน้ำในระดับความลึกใต้ผิวน้ำได้เป็นอย่างดีอีกด้วย จึงก่อให้เกิดกระบวนการทั้งการเติมอากาศ การกวนแบบผสมผสาน และการทำให้เกิดการไหลของน้ำเสียไปตามทิศทางที่กำหนดโดยพร้อมกัน เครื่องกลนี้สามารถที่จะบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรก (BOD) 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้วันละ 600 ลูกบาศก์เมตร ทำให้มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ได้สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยมาก

โดยเสียค่าใช้จ่ายเพียงลูกบาศก์เมตรละ 96 สตางค์คิดเป็นจำนวนความสกปรกในหน่วย
กิโลกรัม BOD เสียค่าใช้จ่าย 3.84 บาทเท่านั้น

**หลักการบำบัดน้ำเสียโดยการทำให้เจือจาง (dilution) ตามแนวทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่อง
มาจากพระราชดำริ “น้ำดีไล่น้ำเสีย” โดยใช้หลักการตามธรรมชาติแห่งแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity
flow)**

การใช้น้ำคุณภาพดีมาช่วยบรรเทาน้ำเน่าเสีย หรือที่เรียกกันว่า “น้ำดีไล่น้ำเสีย” นั้น ได้แก่ การ
ใช้น้ำที่มีคุณภาพดีช่วยผลักดันน้ำเน่าเสียออกไป และช่วยให้น้ำเน่าเสียมีสภาพเจือจางลง ทั้งนี้โดยรับน้ำ
จากแม่น้ำเจ้าพระยา หรือจากแหล่งน้ำภายนอกส่งเข้าไปตามคลองต่างๆ เช่น คลองบางเขน คลองบางซื่อ
คลองแสนแสบ คลองเทเวศร์ หรือคลองบางลำภู ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งกระแสน้ำจะไหลแผ่กระจายขยายไป
ตามคลองซอยที่เชื่อมกับแม่น้ำเจ้าพระยาอีกด้านหนึ่ง ดังนั้นเมื่อการกำหนดวงรอบเกี่ยวกับการไหลของ
น้ำไปตามคลองต่างๆ นับแต่ปากคลองที่น้ำไหลเข้าจนถึงปลายคลองที่น้ำไหลออกได้อย่างเหมาะสม โดยที่
น้ำสามารถไหลเวียนไปตามลำคลองได้ตลอดแล้วย่อมสามารถเจือจางน้ำเน่าเสียและชักพาสิ่งโสโครกไป
ได้มาก ซึ่งจะเป็นวิธีการช่วยบรรเทาน้ำเน่าเสียในคลองต่างๆ ตอนช่วงฤดูแล้งได้ดี จากแนวพระ
ราชดำริดังกล่าวข้างต้นนี้ จึงบังเกิดกรรมวิธีในการบำบัดน้ำเสีย 2 ประการ ตามแนวพระราชดำริ “น้ำดี
ไล่น้ำเสีย” คือ

วิธีที่หนึ่ง ให้เปิดประตูอาคารควบคุมน้ำรับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงจังหวะน้ำขึ้น และ
ระบายออกสู่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนระยะน้ำลง ซึ่งมีผลทำให้น้ำตามลำคลองมีโอกาสไหลถ่ายเทกันไปมา
มากขึ้นกว่าเดิม เกิดมีการหมุนเวียนของน้ำที่มีสภาพเน่าเสีย กลิ่นเหม็น กลายเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีขึ้น

วิธีที่สอง ให้ขุดลอกคลองเปรมประชากรพร้อมทั้งกำจัดวัชพืชเพื่อให้เป็นคลองสายหลักในการ
ผันน้ำคุณภาพดีไปช่วยบรรเทาให้น้ำเสียเจือจางลง และให้คลองเปรมประชากรตอนล่างเป็นคลองที่
สามารถรับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาไปช่วยบรรเทาน้ำเสีย โดยส่งกระจายไปตามคลองต่างๆ ของ
กรุงเทพมหานคร ส่วนคลองเปรมประชากรตอนบนนั้นให้หาวิธีรับน้ำเข้าคลองเป็นปริมาณมากอย่าง
รวดเร็ว เพื่อเป็นการเพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้นจะได้สามารถกระจายน้ำเข้าสู่ทุ่งบางไทร-บางปะอินเพื่อการ
เพาะปลูกและเพื่อให้คลองเปรมประชากรตอนบนมีลักษณะเป็นอ่างเก็บน้ำ เพื่อใช้ผลักดันน้ำเน่าเสียใน
คลองเปรมประชากรตอนล่างต่อไปได้

แนวพระราชดำริสองประการนี้แสดงถึงพระปรีชาสามารถของรัชกาลที่ 9 ว่าทรงเชี่ยวชาญในด้านการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง และเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียอย่างง่าย ประหยัดพลังงาน และสามารถปฏิบัติได้ตลอดเวลาซึ่งแสดงถึงพระปรีชาสามารถอันสูงยิ่งในพระวิริยะอุตสาหะที่ทรงทุ่มเทเพื่อความสุขของปวงชนทั้งหลาย

ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการทางฟิสิกส์เคมี (physical - chemical process) ด้วยการทำให้ตกตะกอน (presipitation) ตามพระราชดำริ “สารเร่งตกตะกอน PAC” (poly aluminum chloride)

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) ร่วมกับมูลนิธิชัยพัฒนาและกรมชลประทาน ดำเนินการสนองพระราชดำริ ด้วยการประดิษฐ์เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยสารเคมีที่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีสภาพดีขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาปรับปรุงสภาพแวดล้อมต่อไป ในวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2537 รัชกาลที่ 9 พระราชดำเนินพร้อมด้วย คณะกรรมการมูลนิธิชัยพัฒนาไปทอดพระเนตรการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารเร่งตกตะกอน ณ บริเวณสนามช้างอาครชัยพัฒนา สวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต ซึ่งในวโรกาสนี้ได้พระราชทานชื่อ model ของเครื่องบำบัดน้ำเสียนี้ว่า “TRX-1” และได้พระราชทานพระราชดำริเพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวปฏิบัติในการศึกษาวิจัย และพัฒนา สรุปได้ว่า

1. ควรดำเนินการศึกษา ค้นคว้า เกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการผลิตสาร PAC (Poly Aluminum Chloride) ขึ้นภายในประเทศเพื่อที่จะทำให้ง่ายขึ้นในการบำบัดน้ำลดลง
2. ควรนำน้ำเสียประเภทต่างๆ และน้ำเสียจากคลองสามเสน คลองเปรมประชากร และ คลองแสนแสบ มาทำการทดลองบำบัดโดยตรวจสอบคุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังบำบัด โดยเฉพาะเรื่องเชื้อโรคและสารตกตะกอนจำพวกโลหะหนัก เพื่อที่จะนำตะกอนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น ทำปุ๋ย เป็นต้น
3. คุณภาพน้ำภายหลังบำบัด อาจจะต้องผ่านกระบวนการเติมออกซิเจนอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ เครื่องกลเติมอากาศเข้าไปด้วย โดยต่อท่อดูดอากาศผสมกันตรงบริเวณท่อน้ำไหลออกที่ ผ่านการบำบัดแล้ว คุณสมบัติเครื่องบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารเร่งตกตะกอน (PAC) เป็น เครื่องบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง มีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยากสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างง่าย มีขนาดกระทัดรัดทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง นอกจากนี้ ยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างการเดินระบบและการบำรุงรักษาอีกด้วย

หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยเครื่อง PAC

1. ให้มีผลสารที่ผสมอยู่ในน้ำทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กเกิดการตกตะกอน
2. กรณีที่มีผลสารขนาดเล็กเกิดการแขวนลอยและแพร่กระจายผลอยู่ในน้ำจนยากแก่การตกตะกอน ให้เติมสารเพื่อช่วยเร่งการตกตะกอนให้เร็วขึ้นโดย “สารช่วยเร่งการตกตะกอน” สารช่วยเร่งการตกตะกอนนี้มีอยู่หลายชนิด เช่น สารส้ม เพอร์ริกคลอไรด์ เพอร์ริกซัลเฟตโซเดียมอลูเมต และปูนขาว ซึ่งวิธีการนี้จำเป็นต้องใช้สารโซดาไฟช่วยปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำให้เหมาะสมด้วย แต่สารช่วยเร่งการตกตะกอนที่มีพัฒนาใหม่ล่าสุดนี้ เรียกว่า “โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์” (Poly Aluminum Chloride) เรียกสั้น ๆ ว่า PAC

กระบวนการทำงานของเครื่อง PAC

ขั้นที่ 1 : น้ำเสียเข้าระบบขั้นต้น (influent discharge) โดยวิธีการปั้มน้ำสูบส่งน้ำดิบ ให้ไหลผ่านเข้าเส้นท่อ พร้อมทั้งใช้ปั้มเติมสารเร่งตกตะกอน (dosing pump) เข้าสู่เส้นท่อเพื่อผสมกับน้ำดิบในปริมาณที่เหมาะสม

ขั้นที่ 2 : เข้าสู่ระบบกวนเร็ว (rapid mixer) เป็นขั้นตอนที่เกิดการผสมคลุกเคล้ากันอย่างรวดเร็วระหว่างน้ำดิบและสารเร่งตกตะกอนภายในท่อกวนเร็วที่ออกแบบเป็นแผ่นเกลียว เพื่อบังคับน้ำที่มีความเร็วให้ไหลวนและปั่นป่วน (turbulence) จนเกิดเป็นกระบวนการผสมระหว่างของเหลวทั้งสองชนิดได้อย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์

ขั้นที่ 3 : ผ่านไปยังระบบกวนน้ำ (slow mixer) ด้วยการลดความเร็วของน้ำ จากท่อกวนเร็วเพื่อให้เกิดการรวมตัวของอนุภาคสารแขวนลอย จนกลายเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ (flock) แล้ว จึงไหลออกจากถังกวนช้าผ่านแผ่นกั้นลดความเร็ว ของน้ำเป็นระยะต่อเนื่องกัน

ขั้นที่ 4 : ระบบการตกตะกอน ด้วยการออกแบบรูปทรงถังตกตะกอนแบบทรงกลม (sedimentation tank) ซึ่งทำหน้าที่ทำให้กลุ่มก้อนของอนุภาคสารแขวนลอยที่จับตัวกันสามารถตกตะกอนลงสู่ก้นถังได้อย่างรวดเร็ว ส่วนน้ำใสที่ผ่านการตกตะกอนแล้วจะไหลล้นกระจายออกสู่ด้านบนตามเส้นรอบวง แล้วผ่านระบบการกรองตะกอนลอย ต่อจากนั้นจึงไหลลงสู่รางด้านล่างที่บังคับให้น้ำไหลเป็นฝอย เพื่อให้มีพื้นที่สัมผัสกับอากาศได้มากที่สุด อันเป็นการเติมอากาศให้กับน้ำชั้นสุดท้ายอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำเอาน้ำนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

การบำบัดน้ำเสียด้วย PAC นี้ได้รับผลดีเป็นที่น่าพอใจยิ่ง ด้วยวิธีการขจัดน้ำขุ่นได้ดีกว่าสารส้มถึง 3 เท่า และไม่เกิดความเสียหายใดดังที่เกิดจากสารส้ม ประกอบกับตกตะกอนได้รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายมาก จึงนับเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถเข้ามามีบทบาทในกระบวนการ recycle ที่สำคัญยิ่งที่จะนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกในอนาคต

ที่มา โครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร เกี่ยวกับการอนุรักษ์น้ำและการบำบัดน้ำเสีย สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

จากโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ สามารถสรุปวิธีการบำบัดน้ำเสียได้ดังนี้

การใช้น้ำดีไล่น้ำเสีย เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำที่มีคุณภาพดีช่วยเจือจางน้ำเสียโดยใช้หลักแรงโน้มถ่วงโลก เช่น การไล่น้ำเสียในคูคลองในกรุงเทพมหานครจากการระบายน้ำดีจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่คูคลอง ทำให้น้ำเสียในคูคลองเจือจางลงและเกิดการหมุนเวียนน้ำส่งผลให้น้ำเสียในคูคลองมีสภาพดีขึ้น

ไตรธรรมชาติ เป็นการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติโดยใช้ผักตบชวาช่วยดูดซับสารมลพิษในน้ำ เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างสาหร่ายกับแบคทีเรียในเวลากลางวันสาหร่ายจะสังเคราะห์ด้วยแสงจากการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแสง ได้คาร์โบไฮเดรตและแก๊สออกซิเจนซึ่งแก๊สออกซิเจนนี้แบคทีเรียจะนำไปใช้ในการสลายอินทรีย์ในน้ำเสียและได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสาหร่ายนำมาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากอัตราการเติมแก๊สออกซิเจนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจึงถูกจำกัดด้วยปริมาณของแก๊สออกซิเจน โดยวิธีการนี้ได้นำไปใช้ในบึงมักกะสันเพื่อเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

หลักธรรมชาติบำบัด เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบ่อบำบัดและพืชน้ำ ประกอบด้วย ระบบบำบัดหลักซึ่งจะมีบ่อตกตะกอน บ่อบำบัด บ่อปรับคุณภาพน้ำ และระบบบำบัดรองซึ่งจะมีระบบย่อยคือระบบบึงชีวภาพ ระบบกรองน้ำเสียด้วยหญ้า และระบบกรองน้ำเสียด้วยป่าชายเลน โดยวิธีการนี้ได้นำไปใช้ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

การเติมอากาศโดยใช้กังหันน้ำช่วยพัฒนา เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เครื่องกลเติมอากาศแบบ ฟุ่นลอย สามารถปรับตัวขึ้นลงได้ตามระดับชั้นลงของผิวน้ำ กังหันน้ำช่วยพัฒนาช่วยในการเติมอากาศ และทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำตามทิศทางที่กำหนด

25.2.2 ทรัพยากรดิน

ครูอาจใช้ภาพต่างๆ เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อทรัพยากรดิน เช่น ต้นพืชที่เจริญเติบโตอยู่บนดิน บ้าน ที่อยู่อาศัยที่ปลูกอยู่บนพื้นดิน การสัญจรบนบก จากนั้นใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย

- ดินมีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร
- ถ้าในโลกไม่มีดิน มีแต่น้ำ จะเกิดอะไรขึ้น และส่งผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

คำตอบจากการอภิปรายของนักเรียนอาจมีหลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน แต่สามารถสรุปได้ว่า ดินมีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเพราะดินถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรสำหรับเป็นที่ยึดเกาะของราก ดินกักเก็บน้ำไว้ในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน และยังให้ธาตุอาหารกับพืช ทำให้พืชเจริญเติบโตและเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์และสัตว์ต่าง ๆ ดินเป็นที่ปลูกสร้างที่อยู่อาศัย ถ้าในโลกไม่มีดิน มนุษย์และสัตว์ต่าง ๆ บางชนิดที่อาศัยอยู่บนบกอาจสูญพันธุ์ และตายลง เพราะไม่สามารถปรับตัวให้อาศัยอยู่ในน้ำได้ และพืชที่เจริญอยู่บนบกตายทำให้ไม่มีอาหารสำหรับมนุษย์และสัตว์ต่าง ๆ ที่กินพืชเป็นอาหาร นอกจากนี้การสัญจรและการคมนาคมขนส่งทางบกก็เกิดบนผืนแผ่นดิน ดินจึงมีประโยชน์ต่อมนุษย์อย่างมากมาย

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 25.5 และรูป 25.6 สัดส่วนองค์ประกอบของดิน และชั้นของดิน ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดินประกอบด้วยแร่ธาตุในสัดส่วนมากที่สุด และมีอินทรีย์วัตถุในสัดส่วนน้อยที่สุด มีน้ำและอากาศในสัดส่วนเท่า ๆ กัน สำหรับชั้นของดินในส่วนชั้นผิวดินเป็นชั้นของอินทรีย์วัตถุที่มีใบไม้ กิ่งไม้ที่ร่วงหล่นมาและเริ่มผุพังบ้างแล้ว ดังนั้นดินในแต่ละบริเวณอาจแตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับปริมาณต่าง ๆ ของแต่ละชั้นของดิน จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การใช้ประโยชน์จากดินยังมีด้านได้อีกบ้าง ยกตัวอย่าง

สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องปั้นดินเผา ทำก้อนอิฐมอญ การสร้างบ้านจากดิน รวมทั้งเวชสำอาง เช่น ดินโคลนหมักใช้พอกหน้า ลำตัว หรือใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ ศึกษาวิจัย และทดลอง และเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน เป็นต้น



การใช้ประโยชน์จากดินทำให้เกิดปัญหาอะไรบ้าง และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคืออะไร
 การใช้เพื่อการเพาะปลูก เช่น การปลูกพืชเชิงเดี่ยวทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ การใช้
 สารเคมีทางการเกษตรทำให้เกิดตกค้างของสารเคมีในดิน
 การใช้ที่ดินผิดประเภท เช่น บริเวณที่ราบลุ่มที่มีน้ำท่วมขังใช้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยทำให้ขาด
 แหล่งรับน้ำตามธรรมชาติ
 การตัดและการขุดเจาะหน้าดิน ทำให้เกิดการพังทลายของดิน

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรดิน

ปัญหามลพิษทางดิน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 25.7 ในหนังสือเรียน และถามนักเรียนว่าการทิ้งขยะลงในดินเป็นสาเหตุ
 ที่ทำให้เกิดมลพิษทางดินหรือไม่ และนักเรียนคิดว่าการเกิดมลพิษทางดินน่าจะมาจากสาเหตุอื่นใดได้อีก
 บ้าง ซึ่งคำตอบอาจบอกได้ว่าสาเหตุการเกิดมลพิษทางดินมาจากการทิ้งขยะลงในดินทำให้เกิดการสะสม
 สารมลพิษในดิน เป็นแหล่งสะสมจุลินทรีย์ก่อโรค นอกจากนี้สาเหตุการเกิดมลพิษทางดินยังมาจากการ
 ใช้สารเคมีทางการเกษตรบางชนิดที่มีการสลายตัวได้ช้าหรือไม่สลายตัวทำให้สารมลพิษเกิดการสะสมอยู่
 ในดินและถ่ายทอดไปตามโซ่อาหาร

แหล่งที่มาของมลพิษทางดิน

ครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแหล่งที่มาของมลพิษทางดินในหนังสือเรียน และตอบคำถาม
 ในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



ขยะจำพวกพลาสติกที่ทิ้งลงบนดินพบว่าส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำด้วย มีเส้นทางการเกิด
 ได้อย่างไร และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำอย่างไรบ้าง

ขยะพลาสติกเมื่อถูกทิ้งลงบนดิน พบว่า จะมีการสลายตัวค่อนข้างยาวนานทำให้เกิดการสะสม
 ในดิน ทำให้ปิดกั้นการไหลของน้ำจากผิวดินลงสู่ใต้ดิน ส่วนขยะพลาสติกที่อยู่บนดิน เมื่อถูก
 น้ำชะหรือลมพัดพลาสติกเหล่านั้นลงสู่แหล่งลำคลองต่าง ๆ ก็จะมีเส้นทางการกระจาย
 พลาสติกเหล่านั้นออกสู่แหล่งน้ำเปิด เช่น แม่น้ำ ทะเล มหาสมุทร ตามปริมาณที่ทิ้งและจะ
 เกิดการสะสมขยะพลาสติกบางชนิด เช่น ถุงพลาสติก หลอด เชือก เมื่อสะสมในแหล่งน้ำเป็น
 เวลานาน ๆ จะเกิดการแตกย่อยออกเป็นชิ้น ๆ ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำหรือสัตว์น้ำคิดว่าชิ้น
 พลาสติกเหล่านี้คืออาหาร เนื่องจากมีรูปร่างบางใสคล้ายแมลงกระพุน สัตว์น้ำจึงกินชิ้น
 พลาสติกเหล่านี้เข้าไปซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้จึงเกิดการอุดตันในทางเดินอาหารจนเป็น
 อันตรายถึงแก่ชีวิตได้ เช่น กรณีของพะยูนมาเรียม นอกจากนี้ชิ้นส่วนพลาสติกเหล่านี้สามารถ

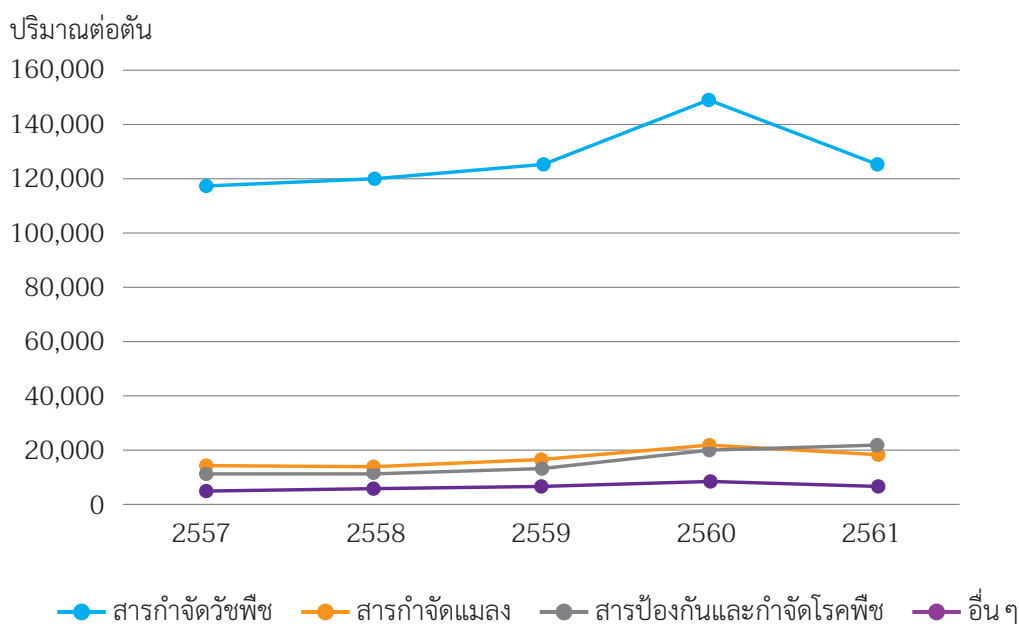
แตกตัวเป็นไมโครพลาสติกได้ เมื่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับไมโครพลาสติกเข้าไปก็จะสะสมและถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารและเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคในลำดับสุดท้ายแล้วอาจส่งผลทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้



จากตาราง 25.3 การนำเข้าวัตถุดิบทรายทางการเกษตรในแต่ละประเภทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 เป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น และแนวโน้มจะเป็นอย่างไร



การนำเข้าวัตถุดิบทรายทางการเกษตรแต่ละประเภท ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 ดังรูป



จากกราฟพบว่า แนวโน้มปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบทรายทางการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2560 มีปริมาณการนำเข้าของวัตถุดิบทรายทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น ส่วนในปี พ.ศ. 2561 แนวโน้มปริมาณการนำเข้าของวัตถุดิบทรายทางการเกษตรลดลง

การนำเข้าสารกำจัดวัชพืช ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2560 มีปริมาณการนำเข้ามากที่สุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบทรายทางการเกษตรประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชแล้วสามารถกำจัดวัชพืชเห็นผลชัดเจน และรวดเร็วในการควบคุมการระบาดของวัชพืช จึงนิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ แต่ในปี พ.ศ. 2561 ปริมาณนำเข้าสารกำจัดวัชพืชลดลง อาจเนื่องมาจากสารกำจัดวัชพืชมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจึงทำให้ต้นทุนปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น จึงหาวิธีการอื่นในการกำจัดวัชพืช รวมทั้งการณรงค์ให้มีการปลูกพืชแบบเกษตรอินทรีย์ทำให้ผลผลิตมีมูลค่าสูงขึ้น

การนำเข้าสารกำจัดแมลง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 มีปริมาณลดลง อาจเนื่องมาจากเกษตรกรใช้วิธีการกำจัดแมลงแบบชีววิธีมากขึ้น แต่ในปี พ.ศ. 2559-2560 ปริมาณการนำเข้าสารกำจัดแมลงเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากมีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งเป็นพาหะนำโรคไวรัสในข้าว หรืออาจเนื่องมาจากแมลงศัตรูพืชมีการปรับตัวต่อต้านสารกำจัดแมลง จึงต้องใช้สารกำจัดแมลงในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อที่จะสามารถกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ ส่วนในปี พ.ศ. 2561 ปริมาณนำเข้าสารกำจัดแมลงลดลง อาจเนื่องมาจากผู้บริโภคหันมาทานผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สถิติการนำเข้าสารป้องกันและกำจัดโรคพืช ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 มีปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชเป็นโรคมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำมากขึ้น และมีความชื้นในอากาศสูง จุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดี ทำให้พืชเป็นโรคได้ง่าย เช่น โรคราน้ำค้าง โรคเน่าคอดิน เป็นต้น

สถิติการนำเข้าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารรมควันพืช สารกำจัดหอยและหอยทาก สารกำจัดไรไล่เดือนฝอย สารกำจัดหนู ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 มีปริมาณการนำเข้าค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีราคาแพง ทำให้เกษตรกรต้องลงทุนสำหรับปัจจัยการผลิตค่อนข้างสูง ดังนั้นเกษตรกรอาจเลือกใช้วิธีการอื่นทดแทนการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ตัดยอดของต้นมะม่วงส่งผลให้พืชแตกตาข้าง และเกิดกิ่งข้างมากขึ้น ทดแทนการใช้สารสังเคราะห์ที่มีสมบัติคล้ายไซโทไคนิน และยังทำให้เพิ่มผลผลิตมะม่วงอีกด้วย



การใช้สารเคมีทางการเกษตรในปริมาณมากมีผลกระทบต่อทรัพยากรดินและทรัพยากรธรรมชาติอื่นใดอีกบ้าง อธิบาย



การใช้สารเคมีทางการเกษตร ในปริมาณมากและใช้เป็นประจำทุกวัน จะส่งผลต่อทรัพยากรดิน คือ อาจทำให้มีสารเคมีตกค้างในดิน สารเคมีบางชนิดมีการสลายตัวได้เร็วในธรรมชาติ แต่บางชนิดตกค้างในดินเป็นระยะเวลานานซึ่งจะส่งผลกระทบต่อดิน คือ ทำให้สมบัติของดินบางประการอาจเปลี่ยนไป เช่น ความเป็นกรด-เบส นอกจากนี้อาจทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดินตายได้ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีส่วนช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในดินและช่วยในการพรวนดินทำให้ดินมีช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินและทำให้อากาศแทรกเข้าไปได้ สำหรับพืชที่ปลูกจะได้รับสารเคมีที่ตกค้างในดิน และเมื่อสัตว์หรือมนุษย์ทานพืชเหล่านี้เข้าไป ก็จะมีการสะสมสารพิษ และถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้นอกจากนี้ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรอื่น ๆ ได้อีก เช่น

ทรัพยากรน้ำ คือ สารเคมีที่ตกค้างอยู่ในดินเมื่อถูกน้ำชะจากผิวดินจะลงไปสะสมอยู่ในแหล่งน้ำใต้ดิน ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารเคมีในน้ำ หรือหากถูกน้ำฝนชะล้างผิวดินลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดการปนเปื้อนสารเคมีในแหล่งน้ำ ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและมนุษย์

ทรัพยากรอากาศ คือ ในขณะที่ฉีดยาฆ่าแมลงจะมีการฟุ้งกระจายของละอองสารเคมีในอากาศ เมื่อสิ่งมีชีวิตสูดดมเข้าไปจะก่อให้เกิดอันตรายต่อทางเดินหายใจและมีผลต่อสุขภาพก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ และมะเร็ง

ทรัพยากรสัตว์ป่า คือ เมื่อสัตว์ป่าบุกรุกพื้นที่ทางการเกษตรเพื่อหาแหล่งอาหารจากการขาดแคลนอาหารในป่า โดยมากินผลผลิตทางการเกษตรที่มีสารเคมีตกค้างจะทำให้สัตว์ป่าได้รับอันตรายจากสารเคมีและอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับเข้าไป

นอกจากนี้ครูควรเน้นย้ำนักเรียนว่าในชีวิตประจำวันของนักเรียนมีส่วนทำให้เกิดขยะและเมื่อขยะมีปริมาณมาก หากมีการจัดการไม่ถูกวิธีก็จะส่งผลต่อตัวนักเรียนและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้นักเรียนตระหนักและมีความรับผิดชอบต่อขยะที่เกิดขึ้น ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 25.1



กิจกรรม 25.1 ขยะที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันกับแนวทางการแก้ไข

จุดประสงค์

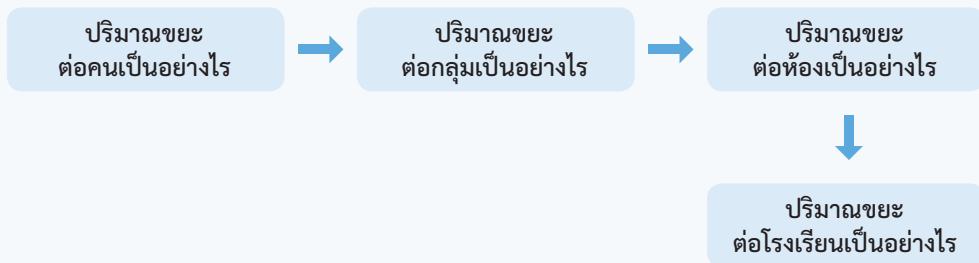
1. สำรวจและวิเคราะห์เกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ทำให้เกิดขยะ
2. เสนอแนวทางการแก้ไขเพื่อลดปริมาณขยะ

แนวการทำกิจกรรม

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ของการทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงการมีส่วนร่วมที่ทำให้เกิดขยะขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน และหาแนวทางในการแก้ไขเพื่อลดปริมาณขยะ
2. การวิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของแต่ละคนนั้นอาจมีอย่างน้อยแตกต่างกัน แต่สิ่งทีนักเรียนจะต้องสังเกตคือ ในแต่ละกิจกรรมนั้นมีขยะเกิดขึ้นหรือไม่ เป็นขยะประเภทใด ปริมาณมากน้อยอย่างไร ซึ่งแต่ละคนจะต้องนำข้อมูลมาสรุปร่วมกันเพื่อสะท้อนให้เห็นภาพรวมของกลุ่ม

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องออกแบบตารางบันทึกข้อมูล แล้วนำเสนอข้อมูลพร้อมทั้งแนวทางในการแก้ไขในการลดปริมาณขยะ

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็นต่าง ๆ ข้างต้น ซึ่งควรได้ข้อสรุปในภาพรวมของกิจกรรมนี้ว่า



จากนั้นอาจพิจารณาจากลักษณะของกิจกรรมที่เกิดขึ้นที่ก่อให้เกิดขยะ ตัวอย่างเช่น การชำระทำความสะอาดร่างกาย การแปรงฟัน การประกอบอาหาร การรับประทานอาหาร ประเภทขยะที่เกิดขึ้นจากชีวิตประจำวันมีทั้งขยะเปียก เช่น เศษอาหารที่เหลือ เปลือกผลไม้ ขยะรีไซเคิล เช่น แก้ว ขวดน้ำ กระดาษ กระป๋อง และขยะทั่วไป เช่น ถุงพลาสติกเปื้อนอาหาร ซองบะหมี่ กึ่งสำเร็จรูป ขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ สำหรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมและกิจกรรมในชีวิตประจำวันของนักเรียนแต่ละคน

ส่วนแนวทางการลดปริมาณขยะทำได้หลายวิธี เช่น รับประทานอาหารไม่ให้มีเศษอาหารเหลือ ใช้ถุงผ้าแทนการใช้ถุงพลาสติก นำภาชนะไปใส่อาหารหรือน้ำเมื่อต้องไปซื้ออาหารกลับบ้าน เช่น กล่องข้าว แก้วน้ำ และครูควรชี้ให้นักเรียนตระหนักว่านักเรียนมีส่วนช่วยในการลดขยะได้ และควรทำอย่างจริงจังสม่ำเสมอ รวมทั้งแนะนำให้สมาชิกในครอบครัวและเพื่อนบ้านช่วยกันลดปริมาณขยะตามแนวทางที่นักเรียนได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? ประเภทขยะที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

 อาจจัดกลุ่มเป็น

1. ขยะเปียก ที่สามารถย่อยสลายได้ เช่น เศษอาหาร พืช ผัก เปลือกผลไม้ รวมทั้งน้ำทิ้งที่ผ่านการใช้งานต่างๆ
2. ขยะแห้ง อาจแบ่งเป็น
 - 2.1 ขยะแห้งที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ เช่น กระดาษ แก้ว กระป๋องน้ำอัดลม ขวดพลาสติก ถุงพลาสติก
 - 2.2 ขยะปนเปื้อนสารเคมี หรือขยะติดเชื้อ (อาจมี)

? ปริมาณขยะใน 1 วันของนักเรียน โดยภาพรวมต่อคน ต่อกลุ่มและต่อห้องเรียนเป็นอย่างไร

 คำตอบขึ้นอยู่กับพฤติกรรมและกิจกรรมในชีวิตประจำวันของนักเรียนแต่ละคน และความตระหนักรู้ในการลดปริมาณขยะที่เกิดจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

? ในครอบครัวของนักเรียนมีกิจกรรมที่มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดขยะประเภทใดบ้าง และมีปริมาณขยะต่อวันเป็นอย่างไร นักเรียนจะมีแนวทางในการลดปริมาณขยะได้อย่างไร

 คำตอบขึ้นอยู่กับพฤติกรรมและกิจกรรมในชีวิตประจำวันของนักเรียนและคนในครอบครัว ซึ่งแนวทางลดปริมาณขยะที่เกิดจากครอบครัวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น รับประทานอาหารไม่ให้มีเศษอาหารเหลือ

? นักเรียนคิดว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นนี้ จะถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีใดและส่งผลกระทบต่อทรัพยากรดินอย่างไร

 กรณีขยะย่อยสลายสามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ส่วนขยะรีไซเคิลสามารถรวบรวมแล้วนำไปผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้การนำไปทำเชื้อเพลิงขยะ (refuse derived fuel) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้าช่วยลดการสะสมขยะในดิน และขยะทั่วไปสามารถนำไปฝังกลบทำให้เกิดสารมลพิษปนเปื้อนบริเวณที่ฝังกลบ

ดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพดิน

ครูสามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมกับนักเรียนว่า ดินก็เช่นเดียวกันกับน้ำที่มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินและมีดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพดิน ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้อาจเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับดัชนีที่ตรวจสอบคุณภาพดินที่ส่วนมากเป็นกลุ่มสารเคมีประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะกลุ่มสารกำจัดศัตรูพืชว่าสารเหล่านี้เมื่อเกษตรกรนำไปใช้ทางการเกษตรจะทำให้สารเคมีตกค้างในผลผลิตและตกค้างสะสมในดินซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมทั้งมนุษย์ได้

ปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน

ครูอาจใช้รูป 25.8 ในหนังสือเรียน ถามนักเรียนว่า จากรูป 25.8 นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมน่าจะมาจากสาเหตุใด ในรูป 25.8 เป็นรูปแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ เกิดจากน้ำไหลและชะล้างชั้นดินที่มีความแข็งไม่เท่ากัน ทำให้เกิดเป็นเสาดินที่มีรูปร่างแตกต่างกัน จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ปัญหาความเสื่อมโทรมของดินมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

เมื่อดินเกิดการพังทลาย ขาดความอุดมสมบูรณ์ และขาดธาตุอาหาร ทำให้ดินไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช มนุษย์ขาดแคลนพืชเพื่อใช้เป็นอาหาร



วิธีการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยว ดินเค็ม มีวิธีการอย่างไร

วิธีการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยว คือ การใช้ปูนมาร์ลซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ปูนมาร์ลจะช่วยแก้ความเป็นกรดในดินได้ดี มีผลทำให้ดินร่วนมีความพรุนเพิ่มขึ้น ระบายน้ำได้ดี

วิธีการแก้ไขปัญหาดินเค็ม คือ อาศัยกระบวนการชะล้างด้วยน้ำจืด ชะพาเอาเกลือออกไปจากหน้าดิน หรือใช้สารประกอบยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ช่วยปรับปรุงพื้นที่ฟู และต้องพยายามให้ดินชั้นอยู่เสมอเพื่อไม่ให้น้ำใต้ดินถูกดึงขึ้นมาที่ผิวหน้าดิน เพราะจะทำให้เกลือถูกดึงขึ้นมาตามผิวดินด้วย นอกจากนี้อาจปลูกพืชทนเค็ม โตเร็ว รากลึก และใช้น้ำมาก ได้แก่ ยูคาลิปตัส กระถิน สะเดา แคบ้าน มะขาม เป็นต้น

แนวทางการจัดการทรัพยากรดิน

ครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแนวทางการจัดการทรัพยากรดิน และศึกษารูป 25.9 และถามคำถามนักเรียน ดังนี้

- จากรูป 25.9 นอกจากการปลูกพืชแบบขั้นบันได และการปลูกพืชคลุมดินแล้ว นักเรียนคิดว่ามีแนวทางการจัดการทรัพยากรดินได้อย่างไรอีกบ้าง

คำถามนี้เป็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาแนวทางการจัดการทรัพยากรดินในวิธีการอื่นๆ เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน การไถพรวนดิน การลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรจะช่วยลดสารมลพิษที่สะสมในดิน เป็นต้น ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ต่อไปในเรื่องแนวทางการจัดการทรัพยากรดิน จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



เพราะเหตุใดหญ้าแฝกจึงสามารถช่วยป้องกันการพังทลายของดินได้

หญ้าแฝกมีระบบรากยาว สานกันแน่น ช่วยอุ้มน้ำและยึดดินไว้ จึงป้องกันการพังทลายของดิน นอกจากนี้หญ้าแฝกยังมีลักษณะอื่น ๆ อีก ทำให้ถูกนำมาใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น การแตกหน่อเป็นกอ เปียกกันแน่น มีใบยาว แข็งแรง ขยายพันธุ์โดยใช้หน่อทำให้ควบคุมการแพร่กระจายได้ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อโรคพืช เป็นต้น



ปัญหามลพิษทางดินมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร และมีแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้อย่างไร

การทิ้งขยะลงในดินหรือใช้สารเคมีทางการเกษตร ทำให้เกิดการสะสมของสารมลพิษในดิน ซึ่งทำให้สมบัติของดินบางประการเปลี่ยนไป เช่น ความเป็นกรด-เบส หรืออาจทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดินตาย นอกจากนี้พืชที่ปลูกบนดินบริเวณนี้ก็จะได้รับสารมลพิษตกค้างไปด้วย และสารมลพิษเหล่านี้ก็จะถ่ายทอดไปตามโซ่อาหาร ดังนั้นเมื่อมนุษย์และสัตว์กินพืชเหล่านี้เข้าไป ก็จะได้รับสารมลพิษตกค้างด้วย สำหรับแนวทางแก้ไขปัญหานี้ต้องมีการกำจัดขยะอย่างถูกหลักวิชาการ ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร ลดการใช้สิ่งของที่มาจากพลาสติก จะช่วยลดปัญหามลพิษทางดินได้

จากนั้นครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรดิน ดังนี้

ทฤษฎีแก้งดินอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

เริ่มจากวิธีการแก้งดินให้เปรี้ยวด้วยการทำให้ดินแห้งและเปียกสลับกันไปเพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของดิน ซึ่งจะไปกระตุ้นให้สารไฟโรท์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศปลดปล่อยกรดกำมะถันออกมาทำให้ดินเป็นกรดจัดจนถึงขั้นแก้งดินให้เปรี้ยวสุดขีด จนกระทั่งถึงจุดที่พืชไม่สามารถเจริญงอกงามได้ จากนั้นจึงหาวิธีการปรับปรุงดินดังกล่าวให้สามารถปลูกพืชได้ วิธีการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวจัดตามแนวพระราชดำริคือ ควบคุมระดับน้ำใต้ดินเพื่อป้องกันการเกิดกรดกำมะถัน โดยควบคุมน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือชั้นดินเลนที่มิสารไฟโรท์อยู่ เพื่อไม่ให้สารไฟโรท์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรือถูกออกซิไดซ์

ทฤษฎีป้องกันการเสื่อมโทรมและพังทลายของดินโดยหญ้าแฝก

หญ้าแฝกเป็นพืชพื้นบ้านของไทยที่มีคุณสมบัติพิเศษในการช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินและอนุรักษ์ความชุ่มชื้นใต้ดิน ซึ่งมีวิธีการปลูกแบบง่าย ๆ เกษตรกรสามารถดำเนินการได้เองโดยไม่ต้องให้การดูแลหลังการปลูกมาก ทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าวิธีอื่น ๆ จึงได้พระราชทานพระราชดำริให้ดำเนินการศึกษาทดลองเกี่ยวกับหญ้าแฝก หญ้าแฝก (vetiver grass) มี 2 สายพันธุ์คือ หญ้าแฝกดอน (*Vetiveria nemoralis* A. Camus) และหญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides* Nash) เป็นพืชที่มีอายุได้หลายปี ขึ้นเป็นกอแน่น ใบเป็นรูปขอบขนาน ปลายแคบสอบแหลม ยาวประมาณ 35-80 cm กว้าง 5-9 cm มีรากยาวหยั่งลึกลงในดิน หญ้าแฝกมีการขยายพันธุ์ที่ได้ผลเร็ว โดยการแตกหน่อจากลำต้นใต้ดินหรือบางครั้งสามารถแตกแขนงและรากออกในส่วนของก้านช่อดอกได้ เมื่อหญ้าแฝกโน้มลงดินทำให้มีการเจริญเติบโตเป็นกอหญ้าแฝกใหม่ได้

ทฤษฎีใหม่ การจัดการที่ดินเพื่อการเกษตรตามพระราชดำริ

แบ่งพื้นที่ถือครองทางการเกษตรโดยเฉลี่ยแล้วเกษตรกรไทยมีเนื้อที่ดิน ประมาณ 10-15 ไร่ต่อครอบครัว แบ่งออกเป็นสัดส่วน 30-30-30-10 คือ ส่วนแรก : ร้อยละ 30 เนื้อที่เฉลี่ย 3 ไร่ ให้ทำการขุดสระกักเก็บน้ำไว้ใช้ในการเพาะปลูก โดยมีความลึกประมาณ 4 เมตร ซึ่งจะสามารถรับน้ำได้ถึง 19,000 ลูกบาศก์เมตร โดยการรองรับจากน้ำฝน ราษฎรจะสามารถนำน้ำนี้ไปใช้ในการเกษตรได้ตลอดปีและยังสามารถเลี้ยงปลาและปลูกพืชน้ำ พืชริมสระ เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวอีกทางหนึ่งด้วย

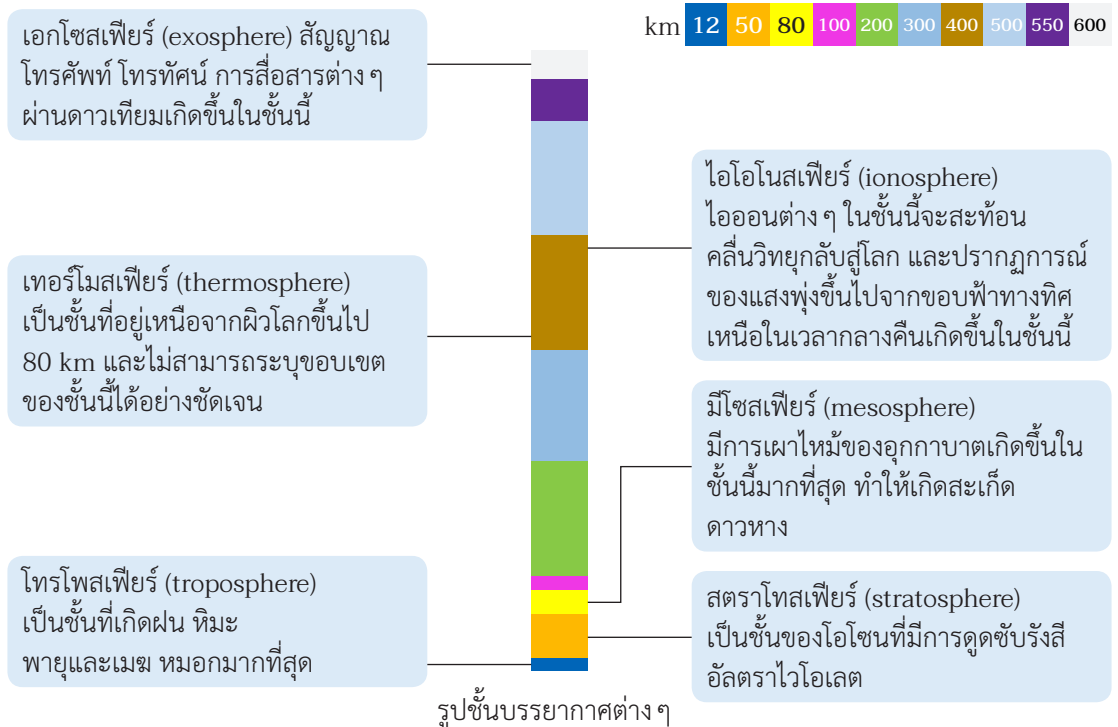
ส่วนที่สอง : ร้อยละ 60 เนื้อที่เฉลี่ย ประมาณ 10 ไร่ เป็นพื้นที่ทำการเกษตรปลูกพืชผลต่าง ๆ โดยแบ่งพื้นที่นี้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ร้อยละ 30 ในส่วนที่หนึ่ง : ทำนาข้าว ประมาณ 5 ไร่ ร้อยละ 30 ส่วนที่สอง : ปลูกพืชไร่หรือพืชสวน ตามแต่สภาพของพื้นที่และภาวะตลาด ประมาณ 5 ไร่ ซึ่งในพื้นที่ทำการเกษตรนี้ต้องมีน้ำใช้ในช่วงฤดูแล้งประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ถ้าหากแบ่งแต่ละแปลงเกษตรให้มีเนื้อที่ 5 ไร่ ทั้ง 2 แห่งแล้ว ความต้องการน้ำจะต้องใช้ประมาณ 10,000 ลูกบาศก์เมตร ที่จะต้องเป็นน้ำ

สำรองไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน ส่วนที่สาม : ร้อยละ 10 เป็นพื้นที่ที่เหลือ มีเนื้อที่เฉลี่ยประมาณ 2 ไร่ จัดเป็นที่อยู่อาศัย ถนนหนทางคันคูดินหรือคูคลอง ตลอดจนปลูกพืชสวนครัวและเลี้ยงสัตว์

25.2.3 ทรัพยากรอากาศ

ครูอาจใช้ข่าวสถานการณ์เกี่ยวกับการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตรนั้นส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุใดและส่งผลต่อร่างกายมนุษย์อย่างไร จากการอภิปรายสามารถสรุปได้ว่าสาเหตุอาจมาจากเขม่าควันจากท่อไอเสียรถยนต์ ฝุ่นละอองที่เกิดจากการก่อสร้างอาคาร ถนน ต่างๆ เป็นต้น จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 25.10 สัดส่วนของแก๊สที่เป็นองค์ประกอบของอากาศ และครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศของโลก ดังนี้

บรรยากาศสามารถจำแนกตามลักษณะและความสูงได้ 2 ส่วน คือ บรรยากาศส่วนล่างซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใกล้ผิวโลก อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูงประกอบด้วยชั้นโทรโพสเฟียร์ สตราโทสเฟียร์ และมีโซสเฟียร์ ส่วนบรรยากาศส่วนบน เป็นชั้นบรรยากาศที่ยิ่งสูงอุณหภูมิจะยิ่งเพิ่มขึ้น ประกอบด้วยชั้นเทอร์โมสเฟียร์ ไอโอโนสเฟียร์ และเอกโซสเฟียร์ ดังรูป



ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศ

ครูอาจยกตัวอย่างพร้อมนำรูปกรณีเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ป่าทางภาคเหนือของประเทศไทย และกรณีไฟไหม้ป่าที่เกิดขึ้นที่ประเทศออสเตรเลียมาให้นักเรียนวิเคราะห์ถึงสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งคำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับเหตุการณ์และข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น เช่น สาเหตุของไฟไหม้ป่าอาจเกิดขึ้นได้เองบ้างตามธรรมชาติ แต่ส่วนใหญ่พบว่า เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ก่อให้เกิดผลกระทบทำให้เกิดการสูญเสียทั้งพืชพรรณ สัตว์ป่าต่าง ๆ ล้มตาย และก่อให้เกิดหมอกควัน ความร้อน เป็นมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ครูควรตั้งคำถามถามนักเรียนต่อไปว่า มลพิษทางอากาศที่เกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำมีอื่นใดอีกบ้างเพื่อเชื่อมโยงว่าอาจเกิดได้จากการปล่อยสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมในรูปของควันแก๊ส หรือการเผาขยะ เป็นต้น จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



กรณีที่เกิดไฟไหม้ป่าทางภาคเหนือเป็นประจำ หรือไฟไหม้ป่าพรุทางภาคใต้ นั่น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต มนุษย์ และสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง อธิบาย



เมื่อเกิดไฟไหม้ป่าจะทำให้เกิดหมอกควัน ฝุ่นละออง แก๊ส CO₂ รวมทั้งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะนั้นสูง ส่งผลให้ป่าไม้ถูกเผาไหม้ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในป่าขาดอากาศหายใจและทนต่อสภาพของอุณหภูมิที่สูงไม่ได้จนเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต นอกจากนี้หากไฟป่าลุกลามมาสู่แหล่งชุมชนจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่อยู่อาศัยของชุมชนตามไปด้วยทำให้เกิดการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งทำกิน และทรัพย์สินต่าง ๆ

สำหรับผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษในอากาศ ส่งผลกระทบทงด้านเศรษฐกิจและปัญหาสุขภาพต่าง ๆ ตามมา ทำให้เกิดความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ อาจส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ

สารมลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศ

ครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อสารมลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศพร้อมทั้งผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อร่างกายและสุขภาพในหนังสือเรียน ตัวอย่างสารมลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศ เช่น อนุภาคแขวนลอยในอากาศ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สโอโซน และสารโลหะหนัก จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดผลกระทบในด้านใดได้บ้าง ยกตัวอย่าง

ทำให้เกิดการลดลงของโอโซนในบรรยากาศ เช่น การใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (chlorofluorocarbons; CFCs) ในการผลิตโฟม และอุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด ซึ่งสารซีเอฟซีเป็นตัวทำลายโอโซน

ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (green house effect) เช่น การใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ การเผาหญ้าจากทุ่งนา ทำให้เกิดแก๊สไนตรัสออกไซด์มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ทำให้เกิดฝนกรด เช่น ในบรรยากาศมีออกไซด์ของไนโตรเจนและกำมะถันปนเปื้อน แก๊สเหล่านี้จะละลายปนอยู่กับไอน้ำของบรรยากาศ และถูกออกซิไดซ์เป็นกรดไนตริกและกรดกำมะถัน โดยทั่วไปฝนจะมีค่า pH ประมาณ 5.6 ซึ่งสภาพกรดของน้ำฝนมาจากกรดคาร์บอนิกที่เกิดจากแก๊ส CO_2 ที่มีอยู่แล้วในบรรยากาศ แต่ฝนที่เกิดจากกรดไนตริกและกรดกำมะถันอาจมีค่า pH ต่ำถึง 4.0



ความรู้เพิ่มเติม

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (green house effect)

บรรยากาศของโลกซึ่งประกอบด้วยแก๊สชนิดต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน โดยรวมปริมาณร้อยละ 99 ที่เหลืออีกร้อยละ 1 จะเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และแก๊สอื่น ๆ รวมทั้งไอน้ำและฝุ่นละออง แก๊สที่เหลือเพียงร้อยละ 1 นี้ที่มีความสำคัญเนื่องจากเปรียบเสมือนกับแก๊สเรือนกระจกเมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องมายังผิวโลก รังสีอินฟราเรดจะถูกลดกลับในชั้นของโอโซนและบางส่วนจะสะท้อนกลับไปในบรรยากาศและพบว่ารังสีที่ส่องมาถึงผิวโลกนี้บางส่วนจะถูกนำไปใช้และบางส่วนจะถูกแก๊สอื่น ๆ หรือแก๊สเรือนกระจกดูดกลับไว้ แล้วสะท้อนกลับออกไปในรูปของรังสีอินฟราเรดหรือความร้อนทำให้โลกอุ่นขึ้น

แก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่

1. คาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สนี้ไม่มีกลิ่น ดูดซับความร้อนได้ดีใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น โซดา น้ำอัดลม การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรม การเผาป่าไม้ ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นแก๊สหลักที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกถึงร้อยละ 57

2. คลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือ CFC เป็นแก๊สที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นใช้ในอุตสาหกรรม เช่น เครื่องทำความเย็นต่าง ๆ ใช้เป็นแก๊สขับเคลื่อนในกระป๋องสเปรย์ ใช้เป็นสารผสมที่ทำให้เกิดฟองในการผลิตโฟม CFC นี้ดูดซับความร้อนได้ดีกว่าคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหมื่นเท่า มีอายุยาวนานเป็น 100 ปี จึงสลายตัว ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 24
3. มีเทน เป็นแก๊สที่เกิดเองตามธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การทำเหมืองถ่านหิน การใช้แก๊สธรรมชาติ การปลูกพืชในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง มีเทนดูดซับความร้อนได้ดีกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 20 เท่า จึงมีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้มาก
4. ไนตรัสออกไซด์ เกิดตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ เช่น การใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ การเผาหญ้าจากทุ่งนา เผาป่าไม้ เผาเชื้อเพลิงฟอสซิลจากยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม ไนตรัสออกไซด์ดูดซับความร้อนได้ดีกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 200 เท่า มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ประมาณร้อยละ 6

ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

1. ผลกระทบต่อภูมิอากาศ เช่น พายุไต้ฝุ่น น้ำท่วม การพังทลายของดิน ดินเสื่อมคุณภาพ เกิดฝนทิ้งช่วงยาวนานมาก เกิดความแห้งแล้ง
2. ผลกระทบต่อพลังงาน การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งธรรมชาติ ได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของอากาศ การเกิดฟ้าคะนอง พายุฝน ลมแปรปรวน เป็นอุปสรรคต่อการขุดเจาะน้ำมันในทะเล
3. ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเล อากาศร้อน น้ำแข็งละลาย เป็นผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ชายทะเล มีผลกระทบต่อสภาพสังคมและเศรษฐกิจ
4. ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ อุณหภูมิสูงเป็นเหตุให้น้ำระเหยมากขึ้น พืชได้น้ำน้อยลงทำให้พืชไม่เจริญเติบโต
5. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย อากาศร้อนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง หงุดหงิดง่าย มีผลต่อสุขภาพอนามัย
6. ผลกระทบต่อเกษตรกรรม เมื่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น พืชก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น แมลงก็จะมีอาหารสมบูรณ์ทำให้เกิดการขยายพันธุ์ และกระจายพันธุ์ได้มากขึ้นและรวดเร็วทำให้เกิดโรคระบาด มีแมลงศัตรูเพิ่มมากขึ้น พืชและสัตว์ที่ไม่สามารถปรับตัวได้ทันทีอาจสูญพันธุ์ได้

ฝนกรด

การเกิดฝนกรด เกิดจากในบรรยากาศมีออกไซด์ของไนโตรเจนและกำมะถันปนเปื้อนแก๊สที่ปนเปื้อนนี้จัดเป็นมลพิษทางอากาศที่มนุษย์สร้างขึ้น จากยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรม แก๊สเหล่านี้จะละลายปนอยู่กับไอน้ำของบรรยากาศ และถูกออกซิไดส์เป็นกรดไนตริกและกรดกำมะถันในที่สุด โดยทั่วไปน้ำฝนจะมีค่า pH ประมาณ 5.6 ซึ่งสภาพกรดของน้ำฝนมาจากกรดคาร์บอนิกที่เกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่แล้วในบรรยากาศ แต่ฝนที่เกิดจากกรดไนตริกและกรดกำมะถันอาจมีค่า pH ต่ำถึง 4.0 ในกรณีที่มีละอองหมอกหนาที่บางครั้งอาจพบค่า pH ได้ถึง 2.0

ผลกระทบจากฝนกรด

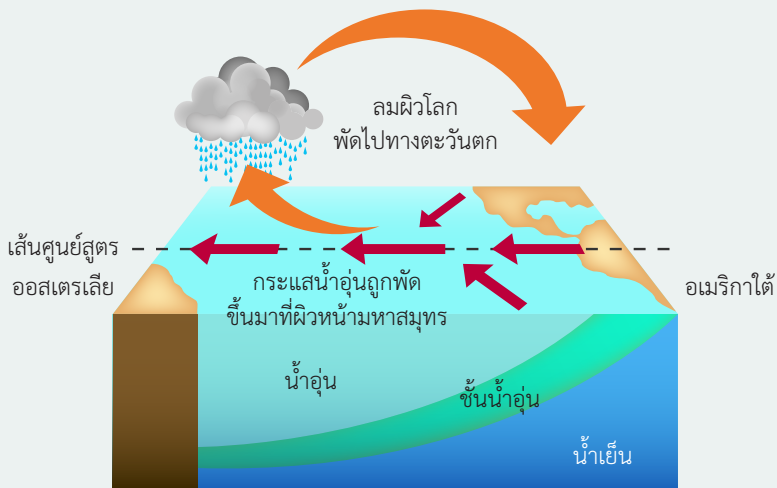
1. ผลกระทบต่อระบบนิเวศในน้ำ ทำให้ค่า pH ในน้ำต่ำ ถ้า pH ต่ำกว่า 5 จะทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้
2. ผลกระทบต่อสวนสาธารณะและเขตป่าสงวน ฝนกรดทำให้ใบไม้ร่วงหล่น เมล็ดไม่งอก ชะล้างสารอาหารจากใบพืช
3. ผลกระทบต่อพืชเศรษฐกิจ ถ้าค่า pH เป็น 3 จะมีผลรุนแรงทำลายใบของต้นถั่วและชะล้างธาตุแคลเซียมจากใบยาสูบ ที่สำคัญคือจะทำลายการแตกตาและยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้ฝนกรดยังละลายและชะล้างสารอาหารในดิน ทำให้พืชไม่เจริญเติบโต ผลผลิตลดลง
4. ผลกระทบต่อวัสดุและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ทำให้ถูกกัดกร่อนผุพังเสื่อมโทรม
5. ผลกระทบต่อน้ำในแหล่งน้ำ ทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรดไม่เหมาะต่อการนำมาอุปโภค บริโภค เป็นสาเหตุทำให้ขาดแคลนน้ำได้

ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา

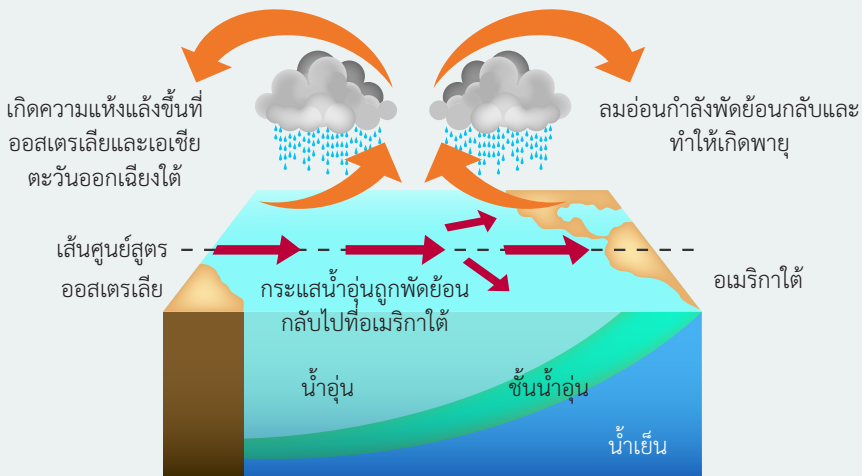
เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรแปซิฟิก แถบเส้นศูนย์สูตรบริเวณชายฝั่งตะวันตกของทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้ไปจนถึงฝั่งตะวันออกของทวีปออสเตรเลียตอนเหนือ มีหลักฐานว่า ปรากฏการณ์นี้ได้เกิดมานานนับพันปีมาแล้ว และเป็นปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของกระแสลมในบรรยากาศและกระแสน้ำในมหาสมุทร

โดยปกติแล้วนอกฝั่งทวีปอเมริกาใต้และอเมริกากลางจะมีกระแสน้ำเย็นฮัมโบลต์ (Humboldt current) ซึ่งมีผลต่อสภาพภูมิอากาศบริเวณนี้โดยจะทำให้อากาศแห้งแล้งและเย็นเกิดขึ้นบริเวณตอนใต้ของประเทศเอกวาดอร์ เปรู และตอนเหนือของชิลี รวมทั้งมีผลให้กระแสน้ำในมหาสมุทรมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณเส้นศูนย์สูตรหรือบริเวณอื่นถึง 5.5 องศาเซลเซียส ในปีที่ไม่เกิดเอลนีโญนั้น ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้มีกำลังแรงและพัดไปทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก (พัดไปทางออสเตรเลีย) และเมื่อผสมกับแรงบิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกหรือแรงโคริโอลิส (coriolis force) ทำให้กระแสน้ำเย็นเส้นศูนย์สูตรเคลื่อนบิดไปทางขวามือ และกระแสน้ำได้เส้นศูนย์สูตรเคลื่อนบิดไปทางซ้ายมือเป็นผลให้พัดพากระแสน้ำอุ่นที่ผิวหน้ามหาสมุทรบริเวณนอกชายฝั่งเปรูเคลื่อนที่ห่างจากฝั่งไปทางตะวันตก (ออสเตรเลีย) กระแสน้ำเย็นที่อยู่ลึกลงไปด้านล่าง (เพราะน้ำเย็นหนักกว่าน้ำอุ่น) จึงหมุนวนขึ้นมาแทนที่น้ำอุ่นที่ผิวหน้า เรียกว่าเกิด upwelling พร้อมกับนำสารอาหารจากก้นทะเลขึ้นมาสู่ผิวน้ำ ทำให้มีการเจริญของแพลงก์ตอนอย่างสมบูรณ์ และทำให้มีปลาโดยเฉพาะปลาแอนโชวีอุดมสมบูรณ์มาก เปรูจึงเป็นประเทศที่จับปลาแอนโชวีสูงที่สุดในโลก โดยเฉพาะในช่วงต้นคริสต์ศักราช 1970

การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเหนือบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ทุก 3-5 ปีหรืออาจนานถึง 8 ปี โดยยังไม่สามารถสรุปสาเหตุได้ เรียกว่า ภาวะอากาศแปรปรวนของซีกโลกใต้ (southern oscillation; SO) การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดความกดอากาศสูงเหนือแปซิฟิกตะวันตก (ออสเตรเลีย) และมีความกดอากาศต่ำเหนือแปซิฟิกตะวันออก (อเมริกาใต้) ซึ่งเป็นภาวะกลับกันกับช่วงปกติทำให้เกิดลมพัดย้อนกลับจากแปซิฟิกตะวันตกไปยังแปซิฟิกตะวันออก ซึ่งก็คือ ลมสินค้าที่อ่อนกำลังลงหรือพัดย้อนกลับ กระแสน้ำที่อ่อนลงหรือพัดย้อนกลับนี้ จะพัดเอากระแสน้ำที่ผิวหน้าแปซิฟิกทางตะวันตกซึ่งมีอุณหภูมิสูงมายังฝั่งอเมริกาใต้ และปกคลุมที่ผิวหน้ามหาสมุทรทำให้กระแสน้ำเย็นบริเวณนี้ไม่สามารถหมุนวนขึ้นมาผิวหน้าน้ำได้ จึงทำให้บริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้แถบประเทศเอกวาดอร์ เปรู ชิลีขาดกำลังการผลิตอาหารในทะเลทำให้ปลาทายหรืออพยพไปที่อื่น เป็นการสูญเสียทางทรัพยากรอย่างมากในขณะเดียวกันทำให้เกิดฝน พายุ และความชุ่มชื้นมากขึ้นในบริเวณนี้ แต่ฝั่งตะวันตกบริเวณออสเตรเลีย อินโดนีเซีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แห้งแล้งกว่าปกติ



รูปสภาพภูมิอากาศที่เกิดตามปกติ



รูปการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ

ส่วนปรากฏการณ์ลานีญาเป็นปรากฏการณ์ตรงข้ามกับเอลนีโญ เกิดจากอุณหภูมิผิวน้ำของมหาสมุทรแปซิฟิกตามแนวเส้นศูนย์สูตร ในช่วงตอนกลางและตะวันออก (อเมริกาใต้) มีค่าต่ำกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดอยู่เป็นประจำในแปซิฟิกเขตร้อนทาง

ซีกใต้มีกำลังแรงกว่าปกติ จึงพัดพาน้ำทะเลอุ่นจากผิวหน้าของแปซิฟิกตะวันออก (บริเวณ เอกวาดอร์ เปรู ชิลี) ไปสะสมทางแปซิฟิกตะวันตก (ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย) มากขึ้น บริเวณ ชายฝั่งอเมริกาใต้จึงเกิดกระแสน้ำเย็น และเกิดการหมุนเวียนมวลน้ำเย็นจากมหาสมุทรจากที่ ลึกขึ้นมาสู่ผิวน้ำ ทำให้บริเวณฝั่งอเมริกาใต้แถบประเทศเอกวาดอร์ เปรู ชิลี มีอากาศหนาวเย็น มีความแห้งแล้งเพิ่มขึ้น ส่วนฝั่งตรงข้ามคือ แปซิฟิกตะวันตกบริเวณออสเตรเลีย อินโดนีเซีย และเอเชียฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ มีความชุ่มชื้นมากขึ้น

ดัชนีการตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ครูให้นักเรียนศึกษาเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยดังตาราง 25.4 ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ จากนั้นให้นักเรียน ลองทำกิจกรรมเสนอแนะ วิเคราะห์คุณภาพอากาศ ในหนังสือเรียน



กิจกรรมเสนอแนะ : วิเคราะห์คุณภาพอากาศ

จุดประสงค์

1. สืบค้น รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพของอากาศในประเทศไทยจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ
2. เปรียบเทียบคุณภาพของอากาศในท้องถิ่นของนักเรียนกับพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศไทย
3. เสนอแนวทางการแก้ไขคุณภาพของอากาศในท้องถิ่นของนักเรียน

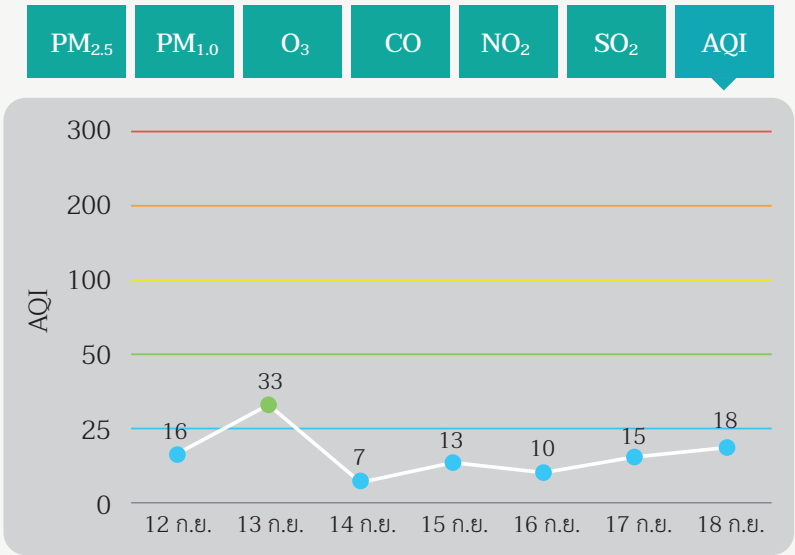
แนวการทำกิจกรรม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลคุณภาพอากาศในท้องถิ่นของนักเรียนและพื้นที่อื่น ๆ ใน ประเทศไทยที่นักเรียนสนใจศึกษา ซึ่งสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากเว็บไซต์ <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/> ของกรมควบคุมมลพิษ แล้วนำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีคุณภาพ อากาศของประเทศไทย จากตาราง 25.4

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เลือกพื้นที่ในท้องถิ่นของนักเรียน คือ บริเวณแขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน – 18 กันยายน 2562 ได้ข้อมูลดังรูป

กราฟคุณภาพอากาศแสดงค่าของมลพิษตามแต่ละสถานี



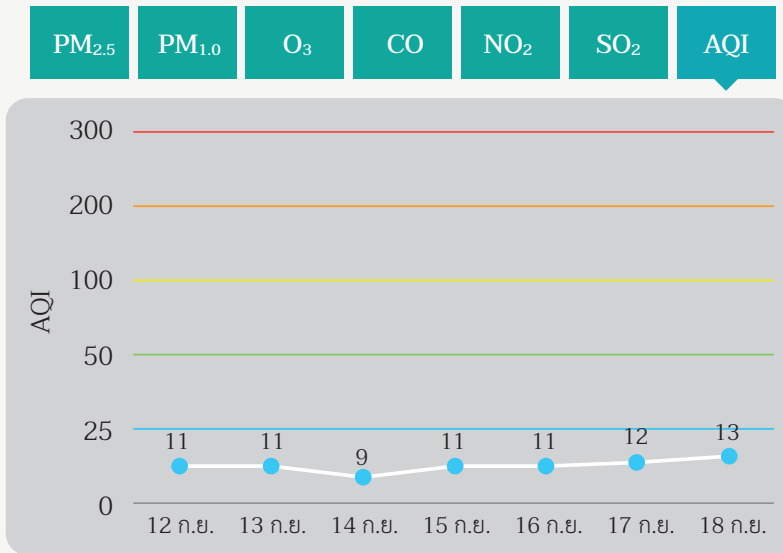
ตารางแสดงคุณภาพอากาศย้อนหลัง 7 วัน

วันที่	PM _{2.5} (ug/m ³) Avg 24 hr	PM _{1.0} (ug/m ³) Avg 24 hr	O ₃ (ppb) Avg 8 hr	CO (ppm) Avg 8 hr	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	AQI	คุณภาพอากาศ
18 ก.ย.	18	28	6	-	19	-	18	คุณภาพดีมาก
17 ก.ย.	15	28	5	-	16	-	15	คุณภาพดีมาก
16 ก.ย.	10	17	9	-	20	-	10	คุณภาพดีมาก
15 ก.ย.	13	23	5	-	13	-	13	คุณภาพดีมาก
14 ก.ย.	7	13	5	-	10	-	7	คุณภาพดีมาก
13 ก.ย.	13	60	6	-	11	-	33	คุณภาพดี
12 ก.ย.	16	23	4	-	9	-	16	คุณภาพดีมาก

	0-25	26-50	51-100	101-200	201 ขึ้นไป
ความหมายของสี	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	มีผลกระทบต่อสุขภาพ

เลือกพื้นที่อื่นๆ ในประเทศไทย คือ บริเวณตำบลเวียงพางคำ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่วันที่ 12 กันยายน – 18 กันยายน 2562 ได้ข้อมูลดังรูป

กราฟคุณภาพอากาศแสดงค่าของมลพิษตามแต่ละสถานี



ตารางแสดงคุณภาพอากาศย้อนหลัง 7 วัน

วันที่	PM _{2.5} (ug/m ³) Avg 24 hr	PM _{1.0} (ug/m ³) Avg 24 hr	O ₃ (ppb) Avg 8 hr	CO (ppm) Avg 8 hr	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	AQI	คุณภาพอากาศ
18 ก.ย.	13	25	8	0.63	-	-	13	คุณภาพดีมาก
17 ก.ย.	12	24	9	0.31	-	-	12	คุณภาพดีมาก
16 ก.ย.	11	21	8	0.42	-	-	11	คุณภาพดีมาก
15 ก.ย.	10	22	7	0.41	-	-	11	คุณภาพดีมาก
14 ก.ย.	8	18	2	0.34	-	-	9	คุณภาพดีมาก
13 ก.ย.	8	21	1	0.53	-	-	11	คุณภาพดีมาก
12 ก.ย.	11	20	5	0.44	-	-	11	คุณภาพดีมาก

ความหมายของสี	0-25	26-50	51-100	101-200	201 ขึ้นไป
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	มีผลกระทบต่อสุขภาพ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลคุณภาพอากาศบริเวณแขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร กับบริเวณตำบลเวียงพางคำ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ในช่วงวันเดียวกันพบว่าทั้ง 2 บริเวณ โดยภาพรวมผลการวิเคราะห์คุณภาพอากาศอยู่ในเกณฑ์ดีมาก แต่มีข้อสังเกตว่าเมื่อพิจารณาดัชนีเป็นรายตัวพบว่า

- บริเวณแขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ ตรวจพบ NO_2 แต่ไม่พบ CO
- บริเวณตำบลเวียงพางคำ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ตรวจพบ CO แต่ไม่พบ NO_2 ซึ่งอาจวิเคราะห์ได้อีกต่อไปว่าบริเวณทั้ง 2 แห่งนี้ บริเวณกรุงเทพมหานครมีการจราจรค่อนข้างหนาแน่นกว่าแหล่งที่มาของ NO_2 อาจมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงรถยนต์เป็นหลัก ส่วนบริเวณจังหวัดเชียงรายอยู่ในชนบท อาจมีการจราจรหนาแน่นน้อยกว่า และที่พบ CO บ้างนั้นอาจเกิดจากในชุมชนนั้นมีกิจกรรมบางอย่างที่มีการใช้เชื้อเพลิงแล้วเกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์และทำให้เกิด CO ขึ้น

จากกิจกรรมเสนอแนะ จะเห็นได้ว่าในแต่ละท้องถิ่นของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ ในประเทศไทยจะมีคุณภาพอากาศที่เหมือนหรือแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและกิจกรรมของคนในท้องถิ่นด้วย ซึ่งถ้าท้องถิ่นของนักเรียนมีปัญหามลพิษทางอากาศอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น สำหรับแนวทางการป้องกัน เช่น เมื่ออยู่ภายนอกอาคาร ควรสวมหน้ากากอนามัย เป็นต้น ส่วนการแก้ไขคุณภาพอากาศ เช่น ใช้บริการรถยนต์สาธารณะมากกว่าการใช้รถยนต์ส่วนตัว การปลูกต้นไม้ช่วยกรองอากาศ เป็นต้น นอกจากการใช้เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศแล้ว ยังสามารถใช้การตรวจสอบคุณภาพอากาศอย่างง่ายด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากกิจกรรม 25.2



กิจกรรม 25.2 การวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศอย่างง่าย

จุดประสงค์

1. วัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ
2. วิเคราะห์ปัญหาฝุ่นละอองในอากาศ สาเหตุ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวการทำกิจกรรม

ครูอาจแบ่งกลุ่มนักเรียน เพื่อให้แต่ละกลุ่มเลือกสำรวจคุณภาพอากาศในท้องถิ่นที่มีสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เช่น โรงเรียน ในบ้านพัก ริมถนน สวน จากนั้นนำสไลด์ที่ติดด้วยแถบกระดาษสำหรับบันทึกข้อมูลไปผูกแขวนไว้ในบริเวณที่เลือกสำรวจคุณภาพอากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำสไลด์ในแต่ละบริเวณมาตรวจสอบดูปริมาณฝุ่นหรือเขม่าควันด้วยแว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูชี้แจงกับนักเรียนว่าสาเหตุที่ให้ในแต่ละบริเวณกำหนดจุดสำรวจอย่างน้อย 3 จุดนั้น เนื่องจากในรอบ 24 ชั่วโมง ทิศทางลมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ การกำหนดจุดสำรวจอย่างน้อย 3 จุด ในบริเวณเดียวกัน ค่าปริมาณฝุ่นละอองที่สำรวจได้สามารถสะท้อนปริมาณฝุ่นละอองโดยภาพรวมในบริเวณนั้น ๆ ได้
2. ปริมาณฝุ่นละอองที่สำรวจให้ดูว่าฝุ่นที่เกาะบนสไลด์มีความหนาแน่นมากหรือน้อย นอกจากใช้แว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอได้แล้ว อาจนำสไลด์มาส่องดูแสงที่ผ่านสไลด์ก็อาจบอกปริมาณฝุ่นละอองได้คร่าว ๆ ในกรณีที่แสงผ่านสไลด์ได้น้อยแสดงว่าปริมาณฝุ่นละอองมีมาก

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



รูปตัวอย่างสไลด์สำหรับบันทึกข้อมูล

บริเวณที่สำรวจคือ บ้านพักแถวรามอินทราเป็นบริเวณสวนภายนอกบ้านพัก วันที่สำรวจ 17 มกราคม 2562 กำหนดจุดผูกแขวนสไลด์ไว้ 3 จุด เนื้อที่ศทางลมและหันด้านที่มีวาสลีนออก

บริเวณที่สำรวจคือ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) อาคารอำนวยการชั้น 4 เป็นบริเวณระเบียง กำหนดจุดผูกแขวนสไลด์ไว้ 3 จุด เนื้อที่ศทางลมและหันด้านที่มีวาสลีนออก

ผลการทำกิจกรรม เมื่อนำสไลด์ที่ผูกแขวนไว้ทั้ง 3 จุด บริเวณบ้านพักแถวรามอินทรา มาตรวจสอบปริมาณฝุ่นละออง พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองทั้ง 3 จุด มีปริมาณไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองในภาพรวมกับปริมาณฝุ่นละอองในภาพรวมบริเวณสสวท. พบว่า ฝุ่นละอองบริเวณบ้านพักแถวรามอินทรา มีปริมาณฝุ่นละอองน้อยกว่าบริเวณสสวท. ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณบ้านพักแถวรามอินทราอยู่แถวชานเมือง การจราจรไม่หนาแน่นมาก และมีพื้นที่สีเขียวปลูกต้นไม้ค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณสสวท.

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

 คุณภาพอากาศจากฝุ่นละอองในแต่ละจุดที่สำรวจ และแต่ละบริเวณเป็นอย่างไร และสรุปได้ว่าอย่างไร

 ในบริเวณที่นักเรียนเลือกสำรวจนั้น อาจมีสภาพแวดล้อมในแต่ละจุดที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ปริมาณคุณภาพอากาศจากฝุ่นละอองที่สำรวจได้ในแต่ละจุดที่สำรวจได้ โดยภาพรวมอาจไม่แตกต่างกัน แต่หากเปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่สำรวจอาจมีความแตกต่างกัน เช่น บริเวณที่มีชุมชนหนาแน่นแออัด หรือการจราจรคับคั่ง อาจมีปริมาณฝุ่นละอองค่อนข้างมาก ส่วนบริเวณสวนสาธารณะอาจมีปริมาณฝุ่นละอองน้อยกว่า เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่น

แนวทางการจัดการทรัพยากรอากาศ

ครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแนวทางการจัดการทรัพยากรอากาศในหนังสือเรียน และร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีแนวทางอื่นใดอีกบ้าง และแนวทางการจัดการทรัพยากรอากาศวิธีใด ที่นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ทันที ซึ่งจากการอภิปรายสามารถสรุปได้ว่า แนวทางที่นักเรียนสามารถทำได้ เช่น การเดินทางไปโรงเรียนของนักเรียนสามารถใช้บริการขนส่งสาธารณะแทนการใช้รถยนต์บุคคลได้ และการคัดแยกขยะและนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเผาขยะที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

25.2.4 ทรัพยากรป่าไม้

ครูอาจนำรูปทรัพยากรป่าไม้ เช่น ป่าดิบชื้นที่มีต้นไม้ไลเคน มอส ขึ้นอยู่ ดังรูป มาให้นักเรียนดูแล้วถามนักเรียนว่า ถ้าป่าไม้ในรูปนี้ถูกทำลายไปนักเรียนจะรู้สึกอย่างไร คำถามนี้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนรู้สึกถึงความห่วงหาในทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ที่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ได้ใช้ประโยชน์



รูปต้นไม้ในป่า

จากนั้นครูเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้ การใช้ประโยชน์จากป่าไม้ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพื่อสู่กิจกรรม 25.3 ทรัพยากรป่าไม้



กิจกรรม 25.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย

จุดประสงค์

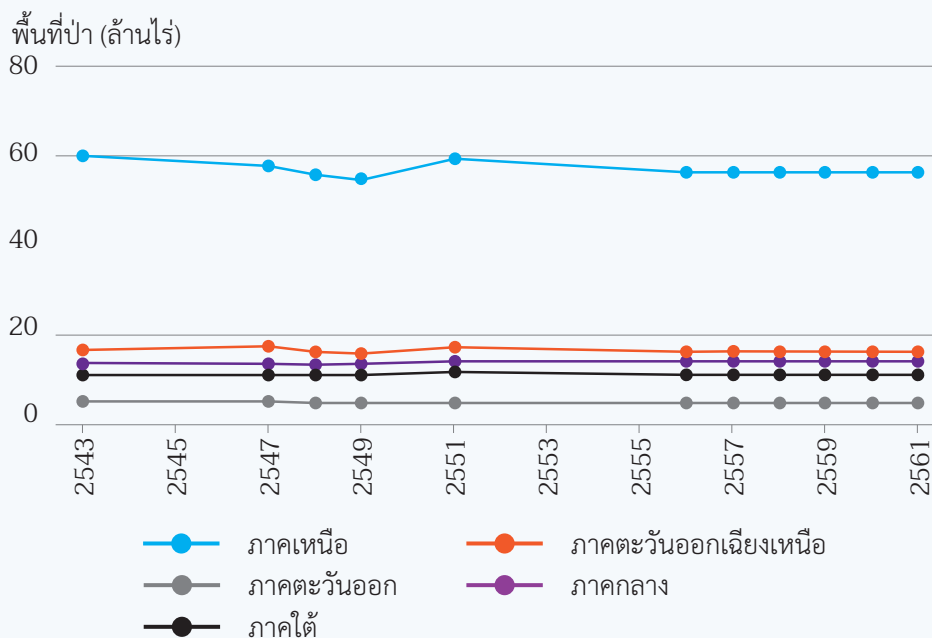
1. วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย
3. อภิปราย และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา การจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน

แนวการทำกิจกรรม

ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลกราฟพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม้เป็นรายภาคตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 ได้จากเว็บไซต์ <http://forestinfo.forest.go.th/55/Content.aspx?id=72> เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในภาพรวม และหาแนวทางการจัดการพื้นที่ป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

กราฟข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยแบ่งตามรายภาค ดังรูป



เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพิ่มขึ้นหรือลดลง และน่าจะมาจากสาเหตุใด

✎ จากสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2543-2549 และปี พ.ศ. 2551-2556 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยยังลดลงอย่างต่อเนื่องอาจเป็นเพราะการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำเกษตรกรรม การทำไม้เพื่อการส่งออก การสร้างเขื่อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการเกิดไฟป่า แต่ในปี พ.ศ. ปี พ.ศ. 2549-2551 พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากโครงการเพิ่มพื้นที่ป่าจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน แต่อย่างไรก็ตามหลังจากปี พ.ศ. 2556 เป็นต้นไปแนวโน้มของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยค่อนข้างคงที่อาจเป็นเพราะมีการรณรงค์ให้อนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เมื่อมีการตัดไม้ไปใช้ประโยชน์ก็จะมีการปลูกทดแทนขึ้นมาใหม่

? การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นรายภาคในภาพรวม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 เป็นอย่างไร

✎ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นรายภาคในภาพรวมของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ดังกราฟข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยแบ่งตามรายภาคด้านบน

? แนวทางในการจัดการพื้นที่ป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนทำได้อย่างไรบ้าง
 รัฐบาลได้มีแนวทางในการเพิ่มพื้นที่ป่า ดังรูป



ที่มา : อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC), สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม (2560-2561), สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม (2560-2561), สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม (2560-2561), สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม (2560-2561)

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้

ปัญหาการลดลงของทรัพยากรป่าไม้

ครูอาจใช้คำถามถามนักเรียนว่า การลดลงของพื้นที่ป่าไม้นักเรียนคิดว่าเกิดมาจากสาเหตุใดได้บ้าง ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจตอบจากความรู้พื้นฐานเดิมที่นักเรียนมี ครูสามารถสรุปได้ว่าสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงเกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า การต้องการใช้ไม้เพื่อสร้างที่อยู่อาศัย เกิดไฟป่า เป็นต้น จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ก่อให้เกิดผลกระทบด้านใดอีกบ้าง



ขาดแหล่งต้นน้ำลำธาร เกิดการพังทลายของดินจากวาทภัย การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

แนวทางการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

ครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแนวทางการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในหนังสือเรียน ซึ่งการกำหนดเขตป่าอนุรักษ์เพื่อป้องกันการบุกรุกเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ครูสามารถให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากเว็บไซต์ http://www.dnp.go.th/wildlife_it/n_web/lacegant/conservation_areas_search.php เกี่ยวกับเขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตพื้นที่ห้ามล่าสัตว์ป่าของสำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



แนวทางในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้หรือการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้โดยวิธีใดบ้าง



การสร้างความตระหนัก กระตุ้นจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป่าไม้ให้กับประชาชน การปลูกป่าทดแทน บริหารจัดการหรือแบ่งพื้นที่ตามการใช้ประโยชน์ให้ชัดเจน จัดตั้งพื้นที่อนุรักษ์ เป็นต้น

25.2.5 ทรัพยากรสัตว์ป่า

ครูอาจนำรูปของสปี นาคะเสถียร ซึ่งเป็นนักอนุรักษ์และนักวิชาการด้านทรัพยากรธรรมชาติที่พยายามปกป้องเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และได้ฆ่าตัวตายเพื่อให้สังคมเห็นความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และใช้คำถามถามนักเรียนว่า รู้จักบุคคลในรูปนี้หรือไม่ และบุคคลนี้ได้ทำประโยชน์อย่างไรให้กับประเทศไทย ซึ่งคำตอบของนักเรียนนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ความรู้ที่นักเรียนทราบ

หรือครูอาจใช้รูปการทำร้ายสัตว์ป่าหรือค้าขายสัตว์ป่า หรือข่าวเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรสัตว์ป่า และถามคำถามนักเรียนว่า นักเรียนรู้สึกอย่างไรต่อเหตุการณ์หรือข่าวที่เกิดขึ้น จากนั้นถามนักเรียนว่าหากเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นเรื่อย ๆ จะเกิดผลอย่างไร ซึ่งครูนำไปสู่ข้อสรุปว่าจะทำให้สัตว์ป่านั้น ๆ สูญพันธุ์ได้ แล้วอาจถามคำถามเพิ่มเติมอีกว่า นักเรียนคิดว่าสัตว์ป่ามีประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร และสัตว์ป่าชนิดใดที่สูญพันธุ์ไปแล้วจากประเทศไทยบ้าง ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจหลากหลาย แต่สามารถสรุปได้ว่า สัตว์ป่ามีประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เช่น ช่วยให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ ช่วยการกระจายเมล็ดพันธุ์พืช การผสมเกสร เป็นต้น สำหรับสัตว์ป่าบางชนิดที่สูญพันธุ์ไปแล้วจากประเทศไทย เช่น สมัน เป็นต้น

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาข้อมูลในกล่องชวนคิดเกี่ยวกับสัตว์ป่าสงวนในประเทศไทย และลองตอบคำถามในกล่องชวนคิด



ชวนคิด

- ?** สัตว์ป่าสงวนชนิดใหม่ 4 ชนิดที่เพิ่มเข้ามาใหม่นี้ล้วนเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลนั้น บอกถึงอะไรได้บ้าง สถานการณ์ใดบ้างที่อาจเป็นสาเหตุทำให้สัตว์ทั้ง 4 ชนิดนี้มีแนวโน้มที่จะลดลง
-  สัตว์ป่าสงวนชนิดใหม่ 4 ชนิด คือ วาฬบรูด้า วาฬโอมูระ เต่ามะเฟือง และฉลามวาฬ บอกถึงได้ว่าสัตว์ทั้ง 4 ชนิดนี้มีโอกาสที่จะสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทยเนื่องจากสภาพแวดล้อมในทะเลมีความไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์เหล่านี้ และสัตว์เหล่านี้มีผลต่อการควบคุมกลไกในระบบนิเวศเพราะเป็นผู้ล่าลำดับต้นของโซ่อาหาร รวมทั้งสัตว์เหล่านี้มีการกระจายพันธุ์จำนวนน้อยในประเทศไทย และอยู่ในรายการของสหภาพระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources; IUCN) จึงต้องมีการดำเนินการตั้งเป็นสัตว์ป่าสงวน สำหรับสาเหตุที่ทำให้สัตว์เหล่านี้มีแนวโน้มลดลง เช่น การกินพลาสติกหรือไมโครพลาสติกเข้าไปในร่างกาย การล่าสัตว์ทะเล เป็นต้น



กิจกรรม 25.4 เหตุการณ์จากข่าวเกี่ยวกับสัตว์ป่า

จุดประสงค์

1. ศึกษา วิเคราะห์ สถานการณ์ของสัตว์ป่าจากเหตุการณ์ในข่าว
2. อธิบายสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการแก้ไข หรืออนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า

แนวการทำกิจกรรม

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเลือกศึกษาเหตุการณ์ในข่าว จากนั้นวิเคราะห์เกี่ยวกับสาเหตุ ปัญหา ผลกระทบที่เกิดขึ้น และแนวทางแก้ไข พร้อมนำเสนอและร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ข่าวที่ 1 รวบรวมข่าว อ.เชียงดาว พร้อมซากเลียงผา-แก้ง

สาเหตุ ปัญหา : เกิดจากการล่าสัตว์ป่า

ผลกระทบ : ทำให้จำนวนสัตว์ป่า คือ เลียงผา แก้ง นกเขา ลดจำนวนลง และอาจสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทย โดยเฉพาะเลียงผาจัดเป็นสัตว์ป่าสงวนที่ใกล้สูญพันธุ์แล้ว นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ จำนวนประชากรที่ล่าเลียงผา แก้ง เป็นอาหารลดลง ลดการแพร่กระจายของเมล็ดพันธุ์พืชจากนกเขา

แนวทางการแก้ไข : ปลุกจิตสำนึกให้ประชาชนเห็นความสำคัญและประโยชน์ของสัตว์ป่า และขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนเลียงผา แก้ง ให้มีจำนวนมากขึ้น

ข่าวที่ 2 ล่อซื้อ “ลูกหมีควาย” รอดเหยื่อค้าสัตว์ป่าออนไลน์

สาเหตุ ปัญหา : การค้าขายสัตว์ป่า

ผลกระทบ : ทำให้จำนวนสัตว์ป่าคุ้มครอง คือ เหยี่ยว นกกาฮัง เสือกระต่าย และหมีควาย ลดจำนวนลง มีผลกระทบต่อการควบคุมกลไกในระบบนิเวศ

แนวทางการแก้ไข : ปลุกจิตสำนึกให้ประชาชนเห็นความสำคัญและประโยชน์ของสัตว์ป่า มีเครือข่ายการเฝ้าระวัง ควบคุม ติดตามการซื้อขายสัตว์ป่าออนไลน์ และให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการแจ้งเบาะแสกับเจ้าหน้าที่ของรัฐ

ข่าวที่ 3 ช้างป่า แอบข่มขอยกคือน้ำ เติรมบุงสวนผลไม้

สาเหตุ ปัญหา : เกิดการขาดแคลนอาหารของช้างป่าทำให้ช้างป่าต้องบุกรุกเพื่อออกมาหากินในพื้นที่ทำกินของมนุษย์

ผลกระทบ : เกิดความเสียหายกับสวนผลไม้ ทำให้จำนวนผลผลิตลดลง และทำให้พฤติกรรมของช้างป่าเปลี่ยนแปลงไป จากที่เคยหากินในป่าเปลี่ยนมาหากินในสวนผลไม้ที่คนปลูกไว้ และอาจทำร้ายคนได้ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศที่ช้างป่าอาศัยอยู่ และมีการเพิ่มจำนวนพืชที่เป็นอาหารของช้างป่ามากขึ้น

แนวทางการแก้ไข : ศึกษาพื้นที่ในบริเวณที่ช้างป่าอาศัยอยู่ว่าขาดแคลนพืชอาหารของช้างป่าหรือไม่ หรือบริเวณที่ช้างป่าอาศัยอยู่ถูกบุกรุกจากคน จึงเป็นสาเหตุให้ช้างป่าบุกรุกเข้าไปหากินในสวนผลไม้ อาจจัดทำรั้วไฟฟ้าเพื่อกันเขตแดนไม่ให้ช้างป่าออกมาจากป่า เพื่อมาหากินในบริเวณที่อยู่อาศัยของคน

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

 ในถิ่นที่อยู่อาศัยของนักเรียนมีปัญหาหรือผลกระทบที่เกี่ยวกับสัตว์ป่าอื่นใดบ้างหรือไม่อย่างไร

 คำตอบขึ้นอยู่กับถิ่นที่อยู่อาศัยของนักเรียนจะพบปัญหาหรือผลกระทบที่เกี่ยวกับสัตว์ป่านั้น ๆ ซึ่งนักเรียนควรติดตามข้อมูลข่าว เหตุการณ์ต่าง ๆ จะทำให้สามารถทราบ ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น

 แนวทางการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าในประเทศไทยควรเป็นอย่างไร

 ขึ้นอยู่กับข้อมูลและเหตุผลที่นักเรียนให้ แต่สามารถสรุปได้ว่า ควรจัดตั้งพื้นที่อนุรักษ์สัตว์ป่า ส่งเสริมการวิจัยและเพิ่มองค์ความรู้สัตว์ป่า เผยแพร่ความรู้และสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า เพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่าหายาก เป็นต้น

จากกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ฝึกวิเคราะห์ อภิปรายในประเด็นเกี่ยวกับสาเหตุผลกระทบ ปัญหา และเสนอแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า ในหลายแง่มุมทั้งด้านการล่าสัตว์ป่า การค้าขายสัตว์ป่า และการบุกรุกของสัตว์ป่าเข้ามาหากินในสวนผลไม้

จากนั้นครูอาจขยายความรู้เพิ่มเติมให้กับนักเรียนเกี่ยวกับการศึกษาการอนุรักษ์สัตว์ป่าที่ประสบความสำเร็จในประเทศไทย ดังนี้

ชะนี (*Hylobates lar*) ได้สูญหายไปจากป่าธรรมชาติในจังหวัดภูเก็ตตั้งแต่ช่วงปี 2520 อย่างไรก็ตามยังพบลูกชะนีซึ่งถูกลักลอบนำมาบริการถ่ายรูปรกับนักท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ตอย่างผิดกฎหมายเป็นประจำ โครงการคืนชะนีสู่ป่า (The gibbon rehabilitation project) ร่วมกับเขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาพระแทว จังหวัดภูเก็ต ได้เริ่มฟื้นฟูและอนุรักษ์ประชากรชะนีในจังหวัดภูเก็ตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยช่วยเหลือชะนีที่ถูกนำมาเลี้ยงอย่างผิดกฎหมาย นำมาเพาะขยายพันธุ์ หรืออนุบาลฟื้นฟูสภาพร่างกายและพฤติกรรมให้พร้อมเข้าอยู่อาศัยในป่า และปล่อยคืนสู่ป่าเขาพระแทวซึ่งเป็นผืนป่าดิบชื้นผืนสุดท้ายในจังหวัดภูเก็ต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา มีรายงานว่าสามารถปล่อยชะনীคืนสู่ป่าได้ 30 ตัว และมีการเกิดของลูกชะนีในป่าเพิ่มขึ้น 11 ตัว ปัจจุบันมีรายงานการพบชะนีในป่าธรรมชาติเขาพระแทวอย่างน้อย 23 ตัว ซึ่งเป็นผลจากการทำงานระยะยาวของโครงการคืนชะนีสู่ป่า นอกจากนี้โครงการคืนชะนีสู่ปายังรณรงค์ต่อต้านการค้าสัตว์ป่า เผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและฝึกอบรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์ป่าไม้และสัตว์ป่าแก่ประชาชนทั่วไป ควบคู่กับการทำงานอนุรักษ์ชะนีด้วย

ที่มา : Osterberg, P., Samphanthamit, P., Maprang, O., Punnadee, S., & Brockelman, W. Y. (2015). Gibbon (*Hylobates lar*) reintroduction success in Phuket, Thailand, and its conservation benefits. *American journal of primatology*, 77(5), 492-501.

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรสัตว์ป่า

ปัญหาการลดลงของทรัพยากรสัตว์ป่า

จากการที่นักเรียนได้ทำกิจกรรม 25.4 ไปแล้วนั้น ครูอาจถามนักเรียนว่า นอกจากสาเหตุการล่าสัตว์ป่า การค้าสัตว์ป่า แล้วยังมีสาเหตุอื่นใดที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรสัตว์ป่าได้อีก และการลดลงของสัตว์ป่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า สาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรสัตว์ป่า เช่น สัตว์ป่าขาดที่อยู่อาศัย การเกิดภัยธรรมชาติต่างๆ การเกิดโรคระบาดในสัตว์ป่า เป็นต้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและมนุษย์

แนวทางการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า

ครูอาจใช้เหตุการณ์ข่าวเรื่องพะยูน มาเรียบเรียง ที่ได้ตายไปเมื่อเร็วๆ นี้ ถามนักเรียนว่า นักเรียนจะมีแนวทางในการอนุรักษ์พะยูน หรือทรัพยากรสัตว์ป่าชนิดอื่นๆ ได้อย่างไรบ้าง ซึ่งคำตอบของนักเรียนมีหลากหลาย แต่สามารถสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า ควรกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ ปกป้องจิตสำนึกให้ประชาชนเกิดการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า ลดการทิ้งขยะทั้งบนบกและในน้ำ ไม่บุกรุกพื้นที่ป่า และหาวิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพิ่มจำนวน เป็นต้น

จากนั้นครูถามคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ทรัพยากรสัตว์ป่ามีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร และมีแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่าได้อย่างไรบ้าง



ทรัพยากรสัตว์ป่ามีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ ในด้านการกระจายพันธุ์พืช การผสมเกสร การทำลายศัตรูพืช และมูลสัตว์ทำให้ดินเกิดความอุดมสมบูรณ์ แนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า เช่น ปลุกจิตสำนึกให้ประชาชนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของสัตว์ป่าโดยการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ข้อมูลต่างๆ การกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ เพื่อให้สัตว์ป่ามีที่อยู่อาศัย ส่งเสริมการวิจัยเกี่ยวกับสัตว์ป่า เพื่อให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ป่า และนำข้อมูลมาใช้ในการจัดการและอนุรักษ์สัตว์ป่า การเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่าหายาก เพื่อเพิ่มจำนวนสัตว์ป่าหายากให้มากขึ้น

หลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาครบทุกทรัพยากรธรรมชาติแล้ว ครูควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ ในหนังสือเรียน เพื่อที่นักเรียนจะได้เห็นความเชื่อมโยงของปัญหา สาเหตุของทรัพยากรธรรมชาติหนึ่งๆ สามารถส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ได้ ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาก็ต้องมองเชื่อมโยงในภูมิทัศน์ของทรัพยากรธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกันจึงจะทำให้การแก้ไขปัญหาเกิดความยั่งยืน



กรณีศึกษา

- ? จากประเด็นข่าวที่นักเรียนเลือกศึกษานั้นเกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติใดบ้าง อธิบาย
- ? ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างทรัพยากรธรรมชาตินั้นเกิดขึ้นได้จากสาเหตุใด และส่งผลกระทบต่ออีกทรัพยากรหนึ่งได้อย่างไร
- ? แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อทรัพยากรธรรมชาตินั้นๆ ทำได้อย่างไรบ้าง

ข่าวที่ 1 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ แก้มได้ถ้ารัฐไม่ใส่ใจ จัดการจริงจัง

สาเหตุ ปัญหา : การทิ้งขยะอิเล็กทรอนิกส์ การลักลอบนำขยะอิเล็กทรอนิกส์เข้าประเทศไทยส่งผลให้ไม่มีการจัดการขยะเหล่านี้อย่างถูกหลักวิชาการ

- ผลกระทบ :** ต่อทรัพยากรดิน เกิดการรื้อไหลและสะสมสารมลพิษลงในดิน เช่น ตะกั่ว นิกเกิล แคดเมียม สังกะสี ทองแดง เกิดการถ่ายทอดสารมลพิษไปตามโซ่อาหาร รวมทั้งเกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน
- ต่อทรัพยากรน้ำ เกิดการรื้อไหลและสะสมสารมลพิษลงในน้ำใต้ดิน หรือถูกสะสมมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำได้รับสารมลพิษเหล่านี้ รวมทั้งเกิดอันตรายต่อมนุษย์ที่อาศัยน้ำเพื่อการบริโภค อุปโภค
- ต่อทรัพยากรอากาศ หากมีการนำขยะอิเล็กทรอนิกส์ไปเผา จะทำให้เกิดสารมลพิษปนเปื้อนในอากาศ โดยเฉพาะไอระเหยของสารโลหะหนัก จำพวกตะกั่วปรอท ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์
- แนวทางการแก้ไข :** หาวิธีการกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกหลักวิชาการมีกฎหมายควบคุมการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งมากำจัดที่ประเทศไทยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อย่างคุ้มค่า และเกิดประโยชน์

ข่าวที่ 2 เศร้า มาเรียนลูกพะยูนขวัญใจตาย “ซ็อก-เจอญพลาสติก”

- สาเหตุ ปัญหา :** พะยูนกินขยะพลาสติกที่ปนเปื้อนในทะเล ทำให้เกิดการอุดตันในทางเดินอาหารและตาย
- ผลกระทบ :** ต่อทรัพยากรสัตว์ป่า ทำให้จำนวนประชากรของพะยูนลดน้อยลง ซึ่งอาจทำให้สูญพันธุ์ในอนาคต และส่งผลต่อระบบนิเวศในทะเล
- ต่อทรัพยากรน้ำ การทิ้งขยะพลาสติกลงในทะเล เมื่อสะสมเป็นเวลานานๆ จะทำให้พลาสติกเกิดการแตกหักเป็นชิ้นๆ หรือแตกย่อยเป็นไมโครพลาสติก สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำอาจกินเศษพลาสติกเหล่านั้นเป็นอาหารได้ และเกิดการสะสมถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารและส่งผลต่อระบบนิเวศในทะเล
- แนวทางการแก้ไข :** ปลุกจิตสำนึกให้ประชาชนลดการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก นำแก้วน้ำของตนเองไปใส่เครื่องดื่ม เป็นต้น ออกมาตรการหรือกฎหมายบทลงโทษที่เข้มงวดในการทิ้งขยะลงบนดินและแหล่งน้ำ รวมทั้งการเพาะและขยายพันธุ์พะยูนให้เพิ่มจำนวนมากขึ้น

ข่าวที่ 3 พบพันธุ์ไม้ชนิดใหม่ของโลก “พรหมจุฬารักษ์” รอดอยู่อดตายด้านมะเร็ง

สาเหตุ ปัญหา : การเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของพันธุ์ไม้ชนิดใหม่ของโลก ซึ่งอาจเกิดจากการคุกคามพื้นที่เพื่อทำการเกษตร

ผลกระทบ : ต่อทรัพยากรป่าไม้ ทำให้ป่าไม้ถูกทำลายอันเนื่องมาจากการบุกรุกพื้นที่ป่า ส่งผลให้พรหมจุฬารักษ์ที่เป็นพืชเฉพาะถิ่นและหายากอาจสูญพันธุ์ไปด้วย

ต่อทรัพยากรสัตว์ป่า เมื่อป่าดิบแล้งบนเขาหินปูนถูกทำลาย ส่งผลต่อการทำลายที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร แหล่งผสมพันธุ์ของสัตว์ป่า ทำให้สัตว์ป่าอาจลดจำนวนลงได้

ต่อทรัพยากรอากาศ การระเบิดหินปูน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์จะส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองปนเปื้อนในอากาศ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและมนุษย์

แนวทางการแก้ไข : กำหนดเขตป่าอนุรักษ์บริเวณพื้นที่ป่าดิบแล้งบนภูเขาหินปูนที่ อ.ลิซล จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งพบพืชชนิดนี้การขยายพันธุ์พืชโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อเพิ่มจำนวนพืชชนิดนี้ และนำไปปลูกในสวนพฤกษศาสตร์ หรือสถานที่ราชการ เพื่อลดโอกาสการสูญพันธุ์

ข่าวที่ 4 มองโกเลีย เล็งใช้ “ถุงเพาะชำชีวภาพ” จากไทยพลิกฟื้นทะเลทราย

สาเหตุ ปัญหา : ลดปัญหาจากขยะพลาสติก และปัญหาทางพารามีราคาตกต่ำ

ผลกระทบ : ต่อทรัพยากรป่าไม้ ช่วยเพิ่มโอกาสการรอดของกล้าไม้ โดยการผลิตถุงเพาะชำที่สามารถใส่ปุ๋ยลงในถุงเพาะชำ และเมื่อถุงเพาะชำย่อยสลายตามธรรมชาติก็จะกลายเป็นปุ๋ยให้กับต้นไม้

ต่อทรัพยากรดิน ถุงเพาะชำไม่มีสารมลพิษสะสมในดิน เนื่องจากผลิตจากยางพาราที่มีการปรับปรุงสูตรให้เหมาะสมต่อการใช้เป็นถุงเพาะชำกล้าไม้ และเมื่อย่อยสลายพืชก็สามารถนำธาตุอาหารในดินไปใช้ประโยชน์

แนวทางการแก้ไข : ร่วมมือกันอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ โดยการขยายพันธุ์กล้าไม้ให้มีจำนวนมากขึ้น

ข่าวที่ 5 ข่าวดี "พรุควนเคื่อง" ฝุ่น PM_{2.5} ลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

สาเหตุ ปัญหา : เกิดไฟป่าที่พรุควนเคื่อง อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช ทำให้เกิดฝุ่น PM_{2.5}

ผลกระทบ : ต่อทรัพยากรป่าไม้ ไฟป่าทำให้จำนวนพื้นที่ป่าไม้ลดลง พันธุ์ไม้ต่างๆ ถูกทำลายและอาจสูญพันธุ์

ต่อทรัพยากรสัตว์ป่า ไฟป่าทำให้สัตว์ป่าไม่มีที่อยู่อาศัย ถูกเผาไหม้และเสียชีวิตทำให้เกิดการลดลงของจำนวนและบางชนิดอาจสูญพันธุ์

ต่อทรัพยากรอากาศ ไฟป่าทำให้เกิดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ป่า รวมทั้งเกิด CO₂ ในปริมาณมากที่ส่งผลต่อการเกิดภาวะโลกร้อน

ต่อทรัพยากรน้ำ ทำให้ป่าที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารถูกทำลาย เกิดการสูญเสียแหล่งต้นน้ำลำธาร เกิดการขาดแคลนน้ำ

แนวทางการแก้ไข : ลดการเผาขยะหรือการทำให้เกิดเชื้อไฟปะทุในป่า รวมทั้งเฝ้าระวัง เมื่อมีไฟป่าเกิดขึ้นให้รีบแจ้งเจ้าหน้าที่ของรัฐ ผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณเกิดไฟป่า งดกิจกรรมกลางแจ้ง ควรใช้หน้ากากอนามัยป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กเมื่อต้องออกจากบ้าน

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- เรื่องปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรดิน แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรดิน ปัญหามลพิษทางอากาศ แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ แนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้ ปัญหาและผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง
- การใช้วิจารณญาณ ความซื่อสัตย์ การยอมรับความเห็นต่าง ความใจกว้าง ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

25.3 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหารุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น

แนวการจัดการเรียนรู้

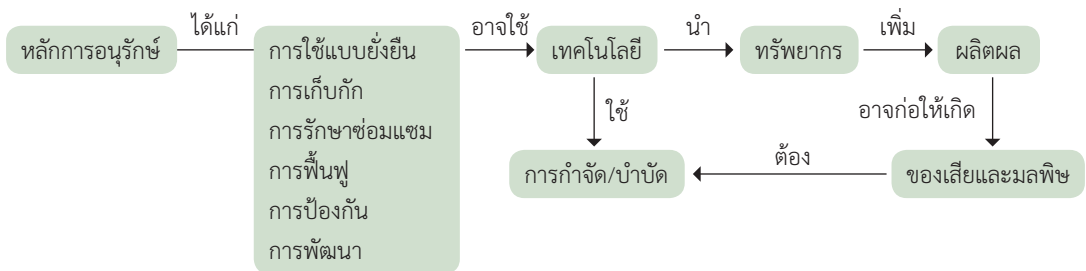
เมื่อนักเรียนได้เรียนหัวข้อทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ครูอาจให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายถึงแนวทางที่จะทำให้มนุษย์มีทรัพยากรธรรมชาติใช้ได้ตลอดไป โดยใช้คำถามถามนักเรียนดังนี้

- การใช้ถุงผ้าแทนการใช้ถุงพลาสติกจัดว่าเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหรือไม่ เพราะเหตุใด

คำตอบจากการอภิปรายของนักเรียนอาจมีหลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน แต่สามารถสรุปได้ว่า การใช้ถุงผ้าแทนการใช้ถุงพลาสติกจัดเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เพราะถุงพลาสติกย่อยสลายได้ยาก และใช้เวลานาน ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ทางดิน และทางอากาศ จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อหลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในหนังสือเรียน

25.3.1 หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายความหมายของคำว่า อนุรักษ์ (conservation) โดยครูอาจใช้รูปหลักการอนุรักษ์มาช่วยอธิบายทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคำว่าอนุรักษ์และเกิดความเชื่อมโยงได้



รูปหลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีควบคู่กัน



แนวทางการพัฒนาพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อสร้างความยั่งยืนในการผลิตอาหารและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติด้านดินและน้ำ โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น โครงการทุ่งกุลาร้องไห้ ก่อนปี พ.ศ. 2514 ทุ่งกุลาร้องไห้เป็นทุ่งโล่งมีสภาพแห้งแล้งเป็นดินทรายจัด ดินเค็ม มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดแคลนน้ำในต้นฤดูฝนและน้ำท่วมในปลายฤดูเพาะปลูก ในการพัฒนาทรัพยากรน้ำได้มีการสร้างฝายกั้นน้ำแม่น้ำมูล อำเภอกำแพงแสน จังหวัดสุรินทร์ และโรงสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 1 แห่ง ทางด้านทรัพยากรดินได้จากการจัดสร้างระบบควบคุมการระบายน้ำผิวดิน การระบายเกลือควบคู่ไปกับระบบเก็บเกี่ยว น้ำทิ้งจากน้ำฝนในพื้นที่และน้ำท่าจากลำน้ำหรือแม่น้ำในพื้นที่ใกล้เคียง มีการปรับปรุงดินโดยเพิ่มอินทรีย์วัตถุและปุ๋ยลงในดิน ให้มีระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำที่สัมพันธ์กับการทำข้าวนาปี



ชุมชนหรือท้องถิ่นของนักเรียนมีโครงการหรือกิจกรรมใดบ้างที่มีส่วนสร้างความตระหนักและดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน



คำตอบขึ้นอยู่กับชุมชนหรือท้องถิ่นของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น ชุมชน ต.แม่ยวม อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน ได้จัดทำโครงการส่งเสริมการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเพื่อลดภาวะโลกร้อน โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) จุดประสงค์ของโครงการเพื่อปลูกจิตสำนึกและสร้างความตระหนักผ่านเวทีการแลกเปลี่ยน พูดคุย และทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การปลูกป่า การทำแนวป้องกันไฟฟ้า การทำฝายชะลอน้ำ การปลูกต้นไม้ในบ้านเรือน ลดการใช้ถุงพลาสติก ลดการเผาป่า ลดการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก เป็นต้น

25.3.2 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ครูนำรูปผักตบชวามาให้นักเรียนดู และถามคำถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าผักตบชวามีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยหรือไม่ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น คำตอบของนักเรียนอาจตอบว่าใช่หรือไม่ใช่ ขึ้นอยู่กับเหตุผลที่นักเรียนให้ แต่ครูควรสรุปให้นักเรียนเกิดความเข้าใจว่า ผักตบชวาเป็นสิ่งมีชีวิตที่ถูกนำเข้ามาในประเทศไทย และมีการกระจายพันธุ์อย่างรวดเร็วจนก่อให้เกิดปัญหาทางน้ำ

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาหัวข้อชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในประเทศไทยที่แบ่งได้เป็น 4 รายการ ในหนังสือเรียน และตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้วและมีแนวโน้มรุกรานที่นักเรียนรู้จักมีอะไรอีกบ้าง จงยกตัวอย่าง
ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว ตัวอย่างเช่น ปลาหมอหางดำ หอยทากยักษ์แอฟริกา
ปลาซัคเกอร์ เต่าญี่ปุ่น ผักตบชวา ไมยราบยักษ์ เป็นต้น
ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีแนวโน้มรุกราน ตัวอย่างเช่น ปลาช่อนอมเขมร ปลาหมอสี กบบูลฟร็อก
หงอนไก่ฝรั่ง พวงชมพู เป็นต้น



การที่ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นสามารถรุกรานได้ในพื้นที่ใหม่เกิดจากสาเหตุและปัจจัยใดได้บ้าง
สาเหตุเริ่มต้นเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตถูกนำเข้ามาในแหล่งที่อยู่ใหม่ โดยแหล่งที่อยู่ใหมอยู่นอก
เขตการกระจายพันธุ์ดั้งเดิมในธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตนั้น อาจจะโดยธรรมชาติหรือกิจกรรม
ของมนุษย์ ปัจจัยที่ช่วยให้ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นสามารถรุกรานได้ในพื้นที่ใหม่ เช่น ความ
สามารถในการสืบพันธุ์ เพิ่มขนาดประชากร และเจริญเติบโตได้ดีกว่าสิ่งมีชีวิตดั้งเดิมในพื้นที่
นั้น

ครูอาจขยายความรู้เพิ่มเติมให้กับนักเรียนเกี่ยวกับชนิดพันธุ์ต่างถิ่น มาตรการการป้องกัน
ควบคุมและกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม ได้ที่เว็บไซต์ <http://www.kanchanaburi.doe.go.th/content/Control%20foreigners61.pdf>

จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 25.5 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน สาเหตุและผลกระทบจาก
เหตุการณ์ในข่าว



กิจกรรม 25.5 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน สาเหตุและผลกระทบจากเหตุการณ์ในข่าว

จุดประสงค์

1. ศึกษา วิเคราะห์ สถานการณ์จากเหตุการณ์ในข่าว
2. อธิบายสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกราน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

สาเหตุ ปัญหา : การแพร่กระจายของหนอนตัวแบนนิวกินีในประเทศไทย ทำให้หอยทากและไส้เดือนถูกทำลาย และการกำจัดไม่ถูกวิธีทำให้เกิดการกระจายพันธุ์ของหนอนตัวแบนนิวกินีเพิ่มมากขึ้น

ผลกระทบ : อาจทำให้หอยทากเฉพาะถิ่นสูญพันธุ์ รวมถึงไส้เดือนดินเนื่องจากหนอนตัวแบนนิวกินีกินหอยทาก และไส้เดือนดินเป็นอาหาร และหนอนตัวแบนนิวกินีอาจเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ นอกจากนี้ อาจมีการปนเปื้อนของไข่หนอนตัวแบนนิวกินี รวมทั้งพยาธิชนิดอื่นๆ ปนเปื้อนในพืชผัก ซึ่งหากรับประทานผักที่ไม่สะอาดทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้

แนวทางแก้ไข : การกำจัดหนอนตัวแบนนิวกินีโดยใช้น้ำร้อนลวก หรือหยอดด้วยเกลือป่น

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** ในท้องถิ่นของนักเรียนพบการแพร่กระจายของหนอนตัวแบนนิวกินีหรือไม่ และจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตใดบ้างในพื้นที่นั้น
-  อาจพบหรือไม่พบการแพร่กระจาย กรณีมีการแพร่กระจายอาจส่งผลกระทบต่อประชากรหอยทากและไส้เดือนดินลดน้อยลง เพราะหนอนตัวแบนนิวกินีกินสิ่งมีชีวิตเหล่านี้เป็นอาหาร

จากการทำกิจกรรมนี้สามารถสรุปได้ว่า ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานในบทความข้างนี้คือ หนอนตัวแบนนิวกินี สาเหตุของการรุกรานอาจเนื่องจากหอยตัวแบนนิวกินีออกมาล่าหอยทากเป็นอาหาร ทำให้ส่งผลกระทบต่อการสูญพันธุ์ของหอยทาก และเป็นพาหะปรสิตพวกพยาธิปอดหนู พยาธิหอยโข่ง อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ได้

แนวทางการแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น

ครูอาจยกตัวอย่างสถานการณ์การแพร่กระจายของผักตบชวาในประเทศ และถามคำถามนักเรียนว่า มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของผักตบชวาได้อย่างไร คำตอบของนักเรียนอาจมีหลากหลาย และครูสามารถสรุปได้ว่า ในกรณีของผักตบชวาได้เข้ามาในประเทศไทยนานแล้ว ดังนั้นการแก้ไขปัญหาก็ควรจำกัดไม่ให้ผักตบชวาเกิดการขยายพันธุ์เพิ่มจำนวน หรืออาจนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์จักสาน จากนั้นให้นักเรียนศึกษาหัวข้อแนวทางการแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในหนังสือเรียน และตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจเรื่องการแพร่กระจายของปลาหมอคงคำในประเทศไทย



ตรวจสอบความเข้าใจ

-  ? ปลาหมอคงคำจัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทใด
-  ? เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว ซึ่งมีการประเมินแล้วว่าการรุกรานมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและเศรษฐกิจ
-  ? ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการรุกรานของปลาหมอคงคำเป็นอย่างไร
-  ? ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ คือ ส่งผลให้สัตว์น้ำท้องถิ่นเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เพราะปลาหมอสีคงคำ กินตัวอ่อนสัตว์น้ำเป็นอาหาร ส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจ คือ สามารถกินตัวอ่อนสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่เพาะเลี้ยง ทำให้ไม่สามารถเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้ในพื้นที่ที่มีการระบาดของปลาหมอคงคำ
-  ? แนวทางการป้องกันและแก้ไขการรุกรานของปลาหมอคงคำควรเป็นอย่างไร
-  ? ไม่ปล่อยปลาต่างถิ่นทุกชนิดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สร้างนวัตกรรมเพื่อแปรรูปปลาหมอคงคำให้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น ให้ความรู้ประชาชนในเรื่องผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในด้านต่าง ๆ เพื่อเพิ่มแรงจูงใจให้ประชาชนในการกำจัดปลาหมอคงคำ

ในการจัดการเรียนรู้บทนี้เรื่องมนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ครูอาจแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติด้านน้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ สัตว์ป่า ในประเด็นของความสำคัญ ประโยชน์ สาเหตุที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้เกิดปัญหาขึ้น และส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร รวมทั้งแนวทางการจัดการ แก้ไข และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้ โดยอาจให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลจากการสืบค้นข้อมูลในรูปแบบวิดีโอคลิป หรือบทความทางวิชาการ นอกจากนี้ยังสามารถจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการจัดค่ายวิชาการ ด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- เรื่องหลักการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งการพัฒนาที่ยั่งยืน และชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจในวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง
- การใช้วิจารณญาณ ความรอบคอบ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน ความซื่อสัตย์ วัตถุวิสัย การยอมรับความเห็นต่าง ความใจกว้าง ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 25

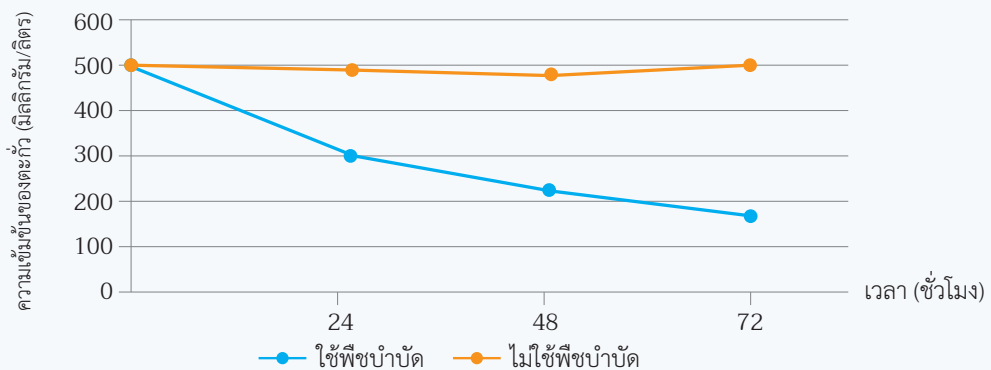
1. ชาวบ้านในหมู่บ้านแห่งหนึ่งสังเกตว่าโรงงานอุตสาหกรรมในหมู่บ้านทำให้คุณภาพน้ำในบึงทั้ง 4 แหล่งในหมู่บ้านลดลง จึงได้ร้องเรียนให้เจ้าหน้าที่มาตรวจสอบ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้ผลดังตาราง

ผลการวิเคราะห์	บึงแหล่งที่ 1	บึงแหล่งที่ 2	บึงแหล่งที่ 3	บึงแหล่งที่ 4
pH	6.0	7.0	6.5	7.5
temperature (°C)	26	27	27	26
DO (mg/L)	6.0	5.0	2.5	2.0
BOD (mg/L)	2.0	3.0	5.0	8.0

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพแหล่งน้ำ ถ้านักเรียนอาศัยอยู่ในหมู่บ้านนี้ จะแนะนำให้คนในหมู่บ้านนำน้ำจากบึงแหล่งใดมาใช้ เพราะเหตุใด

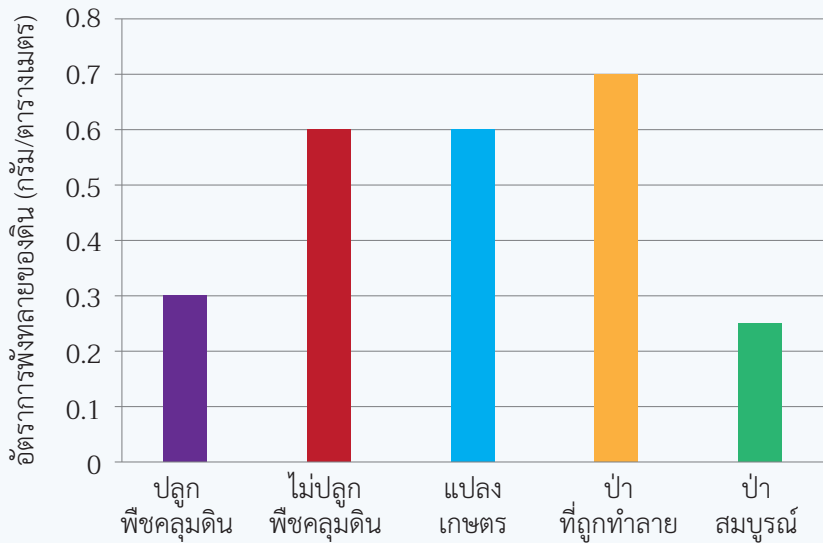
 แนะนำให้นำน้ำจากบึงแหล่งที่ 1 และ 2 มาใช้เพราะคุณภาพน้ำยังดีอยู่ เนื่องจากค่า DO หรือปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูง และมีค่า BOD หรือปริมาณแก๊สออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ในน้ำต่ำ ขณะที่ไม่แนะนำให้ให้นำน้ำจากบึงแหล่งที่ 3 และ 4 มาใช้เนื่องจากค่า DO แก๊สออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่า BOD ที่สูงกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่าเป็นน้ำเสีย

2. นักวิทยาศาสตร์ตรวจสอบสมบัติของพืชชนิดหนึ่งเพื่อประเมินความสามารถในการบำบัดแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่ว โดยทดลองปลูกพืชชนิดนั้นในน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วที่ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้ววัดปริมาณตะกั่วตกค้างในน้ำหลังจากการทดลอง 24 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ใช้พืชบำบัดได้ผลการศึกษา ดังนี้



- 2.1 เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ปริมาณตะกั่วปนเปื้อนในน้ำของชุดการทดลองที่ใช้พืชบำบัดมีปริมาณเท่าใด แตกต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ใช้พืชบำบัดหรือไม่
 ✎ ปริมาณ 170 มิลลิกรัม/ลิตร แตกต่างจากชุดการทดลองที่ใช้พืชบำบัด 330 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 2.2 จากผลการศึกษา พืชชนิดนี้สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วได้หรือไม่
 ✎ สามารถใช้ได้ เนื่องจากชุดการทดลองที่ใช้พืชบำบัดสามารถลดปริมาณตะกั่วปนเปื้อนในน้ำได้
- 2.3 ถ้าพืชที่ใช้ในการทดลองยังคงเจริญเติบโตได้ดีเท่าเดิม เมื่อนักวิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลต่อไปในชั่วโมงที่ 96 ผลการศึกษาที่เป็นไปได้มากที่สุดคืออะไร
 ✎ ปริมาณตะกั่วละลายน้ำในชุดการทดลองที่ไม่ใช้พืชบำบัดจะอยู่ที่ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตรเช่นเดิม แต่ชุดการทดลองที่ใช้พืชบำบัดจะลดต่ำกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. นักวิทยาศาสตร์ตรวจวัดอัตราการพังทลายของดิน โดยตรวจวัดปริมาณตะกอนดินที่ถูกชะล้างในบริเวณต่างๆ ได้ผลการศึกษาดังกราฟ



- 3.1 จากข้อมูลในกราฟบริเวณที่มีการพังทลายของหน้าดินสูงสุดคือบริเวณใด และคิดเป็นปริมาณเท่าใด

 ป่าที่ถูกทำลาย 0.7 กรัม/ตารางเมตร

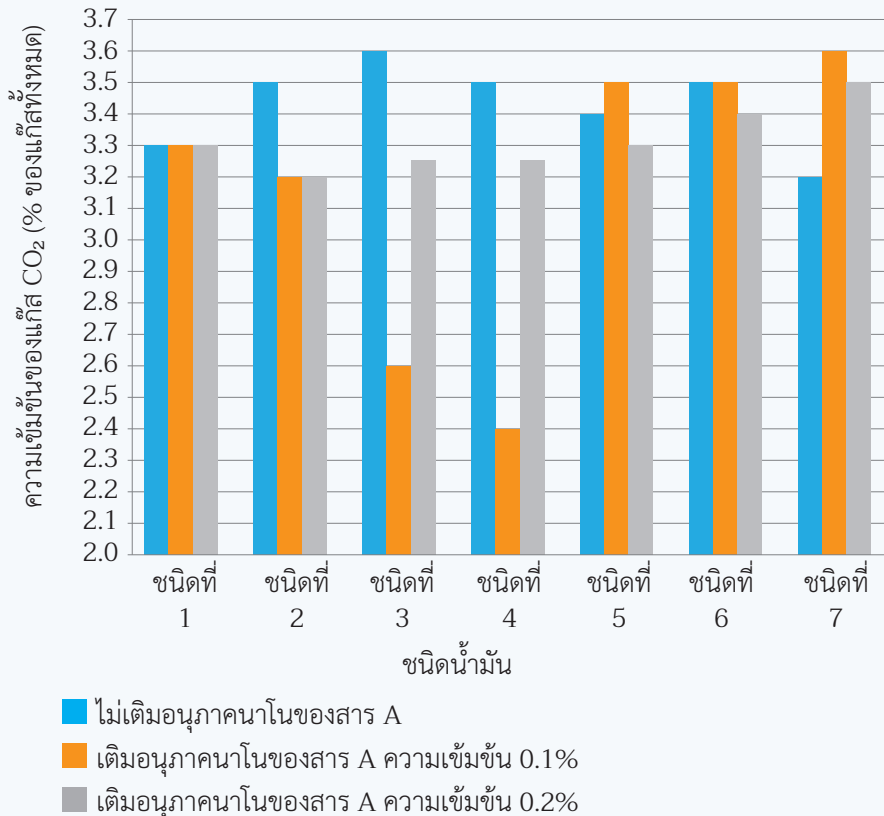
- 3.2 ถ้านักเรียนเป็นเกษตรกรและต้องการลดปัญหาการพังทลายของหน้าดินในแปลงเกษตร ควรทำอย่างไร

 ปุ่มพืชคลุมดิน

- 3.3 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายว่าสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าสมบูรณ์มีการพังทลายของดินต่ำเพราะอะไร พร้อมทั้งระบุแหล่งที่มาของข้อมูล

 ป่าสมบูรณ์มักมีไม้ต้น และไม้พุ่มล่างขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งจะช่วยลดการชะล้างของดินจากกระแสน้ำและกระแสนลม

4. นักวิทยาศาสตร์ทดลองวัดปริมาณ CO_2 ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ขนาดความจุกระบอกสูบ 2.5 ลิตรขณะทำงานที่ 2,500 รอบต่อนาที โดยเติมน้ำมันแตกต่างกัน 7 ชนิด และอนุภาคนาโนของสาร A ที่ความเข้มข้น 0.1% 0.2% และชุดควบคุมที่ไม่เติมอนุภาคนาโนของสาร A ได้ผลการศึกษาดังกราฟ



- 4.1 น้ำมันชนิดใดและเติมอนุภาคนาโนของสาร A ความเข้มข้นเท่าใด ปล่อย CO_2 น้อยที่สุด
 4.2 ถ้าไม่เติมอนุภาคนาโนของสาร A ในน้ำมัน จะเลือกใช้น้ำมันชนิดใด เพราะเหตุใด
 4.3 น้ำมันชนิดใดบ้างเมื่อเติมอนุภาคนาโนของสาร A สามารถลดความเข้มข้นของ CO_2 ได้
- ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3 ชนิดที่ 4 ลดความเข้มข้นของ CO_2 เมื่อเติมอนุภาคนาโนของสาร A ที่ความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% สำหรับชนิดที่ 5 และชนิดที่ 6 ลดความเข้มข้นของ CO_2 เมื่อเติมอนุภาคนาโนของสาร A ที่ความเข้มข้น 0.2% เท่านั้น

5. บริษัทแห่งหนึ่งได้ตรวจเลือดของพนักงานตำแหน่งต่างๆ ได้ผลการตรวจเลือดดังตาราง

ตำแหน่งงาน	ลักษณะงาน	ปริมาณแคดเมียม ในเลือด (ไมโครกรัมต่อลิตร)	ปริมาณตะกั่ว ในเลือด (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)
พนักงานธุรการ	ประจำสำนักงาน ทำงานเอกสารและประสานงานเป็นหลัก	1.4	4.5
พนักงานขับรถ	ขับรถบริการพนักงานออกนอกสถานที่	2.2	8.5
พนักงานคัดแยกขยะ	ตรวจสอบและคัดแยกขยะด้วยมือตามประเภท ก่อนส่งไปกำจัดหรือรีไซเคิล	4.1	10.6

ค่ามาตรฐานปริมาณแคดเมียมในเลือดไม่ควรเกิน 2 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณตะกั่วในเลือดไม่ควรเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

5.1 อาชีพที่มีความเสี่ยงได้รับพิษจากโลหะหนักมีอาชีพใดบ้าง และอาชีพใดมีความเสี่ยงที่จะเจ็บป่วยมากที่สุด

 อาชีพพนักงานขับรถและพนักงานคัดแยกขยะ โดยอาชีพพนักงานคัดแยกขยะมีความเสี่ยงที่จะได้รับพิษจากโลหะหนักและอาจเจ็บป่วยได้มากที่สุด

5.2 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในเลือดของพนักงานที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันระหว่างทำงาน ดังตารางด้านล่าง การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่งผลอย่างไรต่อผู้ใช้

ตำแหน่งงาน	ปริมาณแคดเมียมในเลือด (ไมโครกรัมต่อลิตร)	ปริมาณตะกั่วในเลือด (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)
ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกัน	1.83	8.31
ใช้อุปกรณ์ป้องกัน	0.71	2.33

 พนักงานที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันระหว่างการทำงานมีปริมาณแคดเมียมและตะกั่วในเลือดต่ำกว่าพนักงานที่ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันระหว่างทำงานมาก ซึ่งลดความเสี่ยงที่จะเจ็บป่วยหรือเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตจากพิษโลหะหนักได้

5.3 อุปกรณ์เหล่านี้สามารถป้องกันความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการทำงานได้อย่างไรบ้าง โดยตอบคำถามข้อ 5.3.1-5.3.2

- | | | |
|-----------------|-------------------|------------------|
| ก. ถุงมือยาง | ข. รองเท้าหุ้มส้น | ค. หน้ากากอนามัย |
| ง. แว่นตานิรภัย | จ. เสื้อคลุม | ฉ. หมวกนิรภัย |

5.3.1 ป้องกันร่างกายจากการสัมผัสกับโลหะหนักหรือสารเคมีอันตรายโดยตรง

 ก. ข. ค. ง. จ. ฉ.

5.3.2 ป้องกันร่างกายจากการกระแทกของวัตถุที่มีความแข็ง

 ข. ง. จ. ฉ.

5.3.3 ถ้าสวมใส่อุปกรณ์เหล่านี้ครบขณะทำงาน สามารถป้องกันอวัยวะใดของร่างกายขณะทำงานได้บ้าง

 ศีรษะ ดวงตา ลำตัว แขน ขา เท้า อวัยวะในระบบทางเดินหายใจ

5.3.4 พนักงานตำแหน่งงานใดควรใช้อุปกรณ์เหล่านี้เมื่อปฏิบัติงานมากที่สุด เพราะเหตุใด

 พนักงานคัดแยกขยะ เพราะมีโอกาสสัมผัสกับโลหะหนักขณะทำงานมากที่สุด

6. นักวิทยาศาสตร์บันทึกจำนวนสปีชีส์ของนกประเภทต่าง ๆ ที่พบในป่าดิบชื้นแห่งหนึ่งของประเทศไทย และสวนปาล์มน้ำมันและสวนยางพาราที่อยู่รอบพื้นที่ป่าดิบชื้นแห่งนั้น ได้ผลการศึกษาดังนี้

ประเภทนก	จำนวนสปีชีส์ที่พบ		
	ป่าดิบชื้น	สวนปาล์มน้ำมัน	สวนยางพารา
นกกินแมลง	67	18	23
นกที่กินอาหารได้หลากหลาย	23	18	14

ประเภทนก	จำนวนสปีชีส์ที่พบ		
	ป่าดิบชื้น	สวนปาล์มน้ำมัน	สวนยางพารา
นกผู้ล่า	5	4	3
นกกินผลไม้	13	1	1

- 6.1

จากข้อมูลในตารางนักเรียนคิดว่าเกิดอะไรขึ้นกับความหลากหลายชนิดของนกในบริเวณนี้

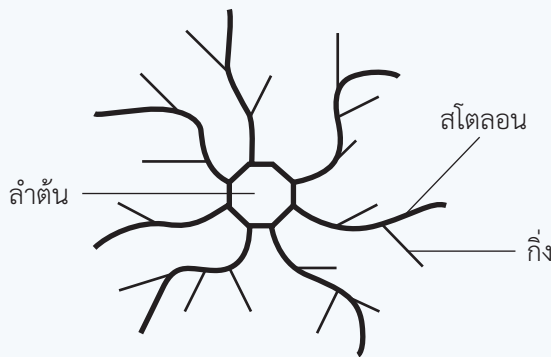
ความหลากหลายชนิดของนกลดลงในทุกประเภทนกในภาพรวม
- 6.2

ถ้านักเรียนต้องการเพิ่มความหลากหลายชนิดของนกในพื้นที่นี้ให้กลับมาสมบูรณ์เหมือนเดิม นักเรียนจะอย่างไร

เพิ่มพื้นที่ป่าดิบชื้นให้มากขึ้น ลดพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน และสวนยางพาราลงเพื่อขยายพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมให้นกเหล่านี้
7.

นักวิทยาศาสตร์ได้ปล่อยแมลงเบียน (*Aulacidea subterminalis*) ลงในทุ่งหญ้าแห่งหนึ่งในประเทศนิวซีแลนด์เพื่อควบคุมพืชต่างถิ่น (*Hieracium pilosella*) ดังรูป โดยแมลงเบียนชนิดนี้จะสร้างกอล (gall) ลงบนสโตลอน (stolon) ของพืชชนิดนี้ ซึ่งส่งผลให้พืชเจริญขยายพันธุ์ได้ช้าลง เมื่อเวลาผ่านไป ได้มีการคำนวณมวลชีวภาพ วัดความยาวของสโตลอนและกิ่งของพืชต่างถิ่นแต่ละต้นในแปลงที่ไม่มีการปล่อยแมลงเบียนและมีการปล่อยแมลงเบียนได้ผลดังนี้

แปลง	มวลชีวภาพ ต่อต้น (กรัม)	ความยาวของ สโตลอนต่อต้น (mm)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น	ความยาวของกิ่ง ต่อต้น (mm)
ไม่มีการปล่อยแมลงเบียน	9.3	1,250	37	3,200
มีการปล่อยแมลงเบียน	7.5	850	27	2,600



จากข้อมูลในตาราง การใช้แมลงเบียนในการควบคุมประชากรพืชต่างถิ่นชนิดนี้ได้ผลหรือไม่
จงอธิบาย

✎ ได้ผลเพราะพืชถูกแมลงเบียนชนิดนี้เป็นปรสิตที่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง
มีมวลชีวภาพต่อต้นลดลง และทำให้ส่วนขยายพันธุ์ของพืชชนิดนี้แบบไม่อาศัยเพศ
เช่น สโตลอน มีขนาดสั้นลง แสดงว่าวัชมีการแพร่กระจายย่อมลดลงเช่นกัน

8. แมวบ้าน (*Felis catus*) จัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น เมื่อมีการนำแมวบ้านเข้าไปอยู่บนเกาะ
และแมวบ้านมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ก็จะกินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กบนเกาะ โดยทั่วไป
แมวบ้านเป็นสัตว์ที่ล่าเหยื่อได้หลายประเภท เมื่อล่าได้จะกินเหยื่อหรืออาจเล่นกับเหยื่อ
จนเหยื่อถึงแก่ความตาย นักวิทยาศาสตร์สำรวจกลุ่มประเภทและปริมาณของเหยื่อที่แมว
นำกลับมาให้เจ้าของระหว่างปล่อยออกภายนอกบ้านจาก 1,400 ครีวเรือน ได้จำนวนเหยื่อ
ทุกกลุ่มทั้งหมด 14,370 ตัว

8.1 ถ้ากำหนดให้ปริมาณเหยื่อที่ถูกล่ามากกว่า 1,000 ตัว เป็นประเภทเหยื่อที่ได้รับผล
กระทบจากการล่าของแมวบ้านสูง ปริมาณเหยื่อที่ถูกล่าน้อยกว่า 120 ตัว เป็นประเภท
เหยื่อที่ได้รับผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านต่ำ และปริมาณเหยื่อที่ถูกล่าระหว่าง
120-1,000 ตัว เป็นประเภทเหยื่อที่ได้รับผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านปานกลาง
จากข้อมูลในตารางให้จัดว่าเหยื่อแต่ละประเภทได้รับผลกระทบจากการล่าของ
แมวบ้านในระดับใดบ้าง จงคำนวณ และเติมข้อมูลในตารางให้ครบถ้วน

กลุ่มของเหยื่อ	ประเภทของเหยื่อ	ปริมาณ ของเหยื่อ (%)	จำนวนตัว	ผลกระทบจาก การล่าของแมว
สัตว์เลี้ยงลูกด้วย น้ำนม	สัตว์กินแมลงขนาดเล็ก	12.89	1,852	สูง
	สัตว์ฟันแทะ	44.32	6,369	สูง
	กระต่าย	8.65	1,243	สูง
	สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ประเภทอื่น	2.70	388	ปานกลาง
นก	นกเกาะคอน	18.78	2,699	สูง
	นกประเภทอื่น	4.82	693	ปานกลาง
สัตว์เลื้อยคลาน	กิ้งก่าและงู	1.00	144	ปานกลาง
สัตว์สะเทินน้ำ สะเทินบก	กบและซาลาแมนเดอร์	4.11	591	ปานกลาง
ปลา	ปลาตะเพียน	0.22	32	ต่ำ
แมลงและแมง	แมลงปอและผีเสื้อ	0.76	109	ต่ำ
	แมลงและแมงประเภทอื่น	0.24	34	ต่ำ
สัตว์กลุ่มอื่น	-	1.51	218	ปานกลาง

หมายเหตุ จำนวนตัว เป็นค่าประมาณจากการคำนวณซึ่งได้จากการประมาณเป็นจำนวนเต็ม

8.2 ถ้าต้องการลดผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านต่อเหยื่อประเภทต่างๆ สามารถทำได้
อย่างไร อธิบาย

 สามารถประยุกต์จากแนวทางการแก้ไขปัญหาการแพร่ระบาดของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น
เช่น สร้างความตระหนักให้กับประชาชนที่เลี้ยงแมวบ้าน โดยรณรงค์ให้เลี้ยงแมวบ้าน
ในระบบปิดไม่ให้ออกมาล่าเหยื่อได้ เฝ้าระวังและควบคุมประชากรแมวบ้านให้อยู่ใน
ระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ปล่อยแมวบ้านที่เลี้ยงไว้ให้เป็นแมว
จรจัด

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนโดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา ครูควรมีความเข้าใจในลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการสร้างหรือเลือกใช้แบบทดสอบให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้

1) แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก

แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด และแบบทดสอบแบบจับคู่ รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

1.1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

เป็นแบบทดสอบที่มีการกำหนดตัวเลือกให้หลายตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่ถูกเพียงหนึ่งตัวเลือก องค์ประกอบหลักของแบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 2 ส่วน คือ คำถามและตัวเลือก แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นมาด้วย แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามเดียว แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามชุด แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถาม 2 ชั้น โครงสร้างดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่ไม่มีสถานการณ์

คำถาม.....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่มีสถานการณ์

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเป็นชุด

สถานการณ์.....

คำถามที่ 1

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

สถานการณ์.....

คำถามที่ 1

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 ...(ถามเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1).....

.....

.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ สามารถตรวจให้คะแนนและแปลผลคะแนนได้ตรงกัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระจึงไม่สามารถวัดความคิดระดับสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ได้นอกจากนี้นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

1.2) แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

เป็นแบบทดสอบที่มีตัวเลือก ถูกและผิด เท่านั้น มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ คำสั่งและข้อความให้นักเรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย $\checkmark$ หรือ $\times$ หน้าข้อความ

..... 1. ข้อความ.....

..... 2. ข้อความ.....

..... 3. ข้อความ.....

..... 4. ข้อความ.....

..... 5. ข้อความ.....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้รวดเร็ว และให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสเดาได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โดยสมบูรณ์ในบางเนื้อหาทำได้ยาก

1.3) แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็นคำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือก โดยจำนวนข้อความในชุดที่ 2 อาจมีมากกว่าในชุดที่ 1 ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบจับคู่

คำสั่ง ให้นำตัวอักษรหน้าข้อความในชุดคำตอบมาเติมในช่องว่างหน้าข้อความในชุดคำถาม

ชุดคำถาม	ชุดคำตอบ
..... 1.	ก.
..... 2.	ข.
..... 3.	ค.
	ง.

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่ายตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน และเดาคำตอบได้ยากเหมาะสำหรับวัดความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือข้อความ 2 ชุด แต่ในกรณีที่นักเรียนจับคู่ผิดไปแล้วจะทำให้มีการจับคู่ผิดในคู่อื่น ๆ ด้วย

2) แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดคำตอบเอง จึงมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและสะท้อนความคิดออกมาโดยการเขียนให้ผู้อ่านเข้าใจ โดยทั่วไปการเขียนตอบมี 2 แบบ คือ การเขียนตอบแบบเติมคำหรือการเขียนตอบอย่างสั้น และการเขียนตอบแบบอธิบาย รายละเอียดของแบบทดสอบที่มีการตอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

2.1) แบบทดสอบเขียนตอบแบบเติมคำหรือตอบอย่างสั้น

ประกอบด้วยคำสั่ง และข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนที่เว้นไว้เพื่อให้เติมคำตอบหรือข้อความสั้น ๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้แบบทดสอบยังอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่ให้นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่าย มีโอกาสเดาได้ยาก และสามารถวินิจฉัยคำตอบที่นักเรียนตอบผิดเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องทางการเรียนรู้หรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ แต่การจำกัดคำตอบให้นักเรียนตอบเป็นคำ วลี หรือประโยคได้ยาก ตรวจสอบให้คะแนนได้ยากเนื่องจากบางครั้งมีคำตอบถูกต้องหรือยอมรับได้หลายคำตอบ

2.2) แบบทดสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

แบบทดสอบรูปแบบนี้ให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบจึงสามารถใช้วัดความคิดระดับสูงได้ แต่เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการคิดและเขียนคำตอบมาก ทำให้ถามได้น้อยข้อ จึงอาจทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งตรวจให้คะแนนยาก และการตรวจให้คะแนนอาจไม่ตรงกัน

แบบประเมินทักษะ

เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงจะมีหลักฐานร่องรอยที่แสดงไว้ทั้งวิธีการปฏิบัติและผลการปฏิบัติ ซึ่งหลักฐานร่องรอยเหล่านั้นสามารถใช้ในการประเมินความสามารถ ทักษะการคิด และทักษะปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอภิปรายผลการทดลอง ก่อนลงข้อสรุป		

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

ทักษะปฏิบัติการทดลอง	คะแนน		
	3	2	1
การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องเหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องแต่ไม่เหมาะสมกับ งาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ไม่ถูกต้อง
การใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองได้อย่าง คล่องแคล่ว และถูกต้อง ตามหลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองได้ถูกต้องตาม หลักการปฏิบัติ แต่ไม่ คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองไม่ถูกต้อง
การทดลองตามแผนที่ กำหนด	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่าง ถูกต้อง มีการปรับปรุง แก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้ มีการ ปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือ ดำเนินการข้ามขั้นตอนที่ กำหนดไว้ ไม่มีการ ปรับปรุงแก้ไข

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนค่า

ทักษะที่ประเมิน	ผลการประเมิน		
	3	2	1
1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน 2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม และจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์	ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ 3 ข้อ	ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติได้ 1 ข้อ

ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

คะแนน		
3	2	1
เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอน ผลการทดลองตรงตามสภาพจริง และสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลอง ตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอน ไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

มาก	หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นอย่างสม่ำเสมอ
ปานกลาง	หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเป็นครั้งคราว
น้อย	หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นน้อยครั้ง
ไม่มีการแสดงออก	หมายถึง นักเรียนไม่แสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเลย

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อที่บ้าน				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอกผลการทดลองของเพื่อนส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงานออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ				
ด้านความใจกว้าง 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียนและมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำถูกตำหนิหรือโต้แย้ง นักเรียนจะหมดกำลังใจ				
ด้านความรอบคอบ 1. นักเรียนสรุปผลการทดลองทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 2. นักเรียนทำการทดลองซ้ำ ๆ ก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง 3. นักเรียนตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง				
ด้านความมุ่งมั่นอดทน 1. ถึงแม้ว่างานค้นคว้าที่ทำอยู่มีโอกาสสำเร็จได้ยาก นักเรียนจะยังค้นคว้าต่อไป 2. นักเรียนล้มเลิกการทดลองทันที เมื่อผลการทดลองที่ได้ขัดจากที่เคยได้เรียนมา 3. เมื่อทราบว่าชุดการทดลองที่นักเรียนสนใจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน นักเรียนก็เปลี่ยนไปศึกษาชุดการทดลองที่ใช้เวลาน้อยกว่า				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ 1. นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ 2. นักเรียนชอบทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนสนใจติดตามข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์				

วิธีการตรวจให้คะแนน

ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่าง ๆ เป็น 4 3 2 1 ข้อความที่มีความหมายเป็นทางบวก กำหนดให้คะแนนแต่ละข้อความดังนี้

ระดับพฤติกรรมการแสดงออก	คะแนน
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
ไม่มีการแสดงออก	1

ส่วนของข้อความที่มีความหมายเป็นทางลบการกำหนดให้คะแนนในแต่ละข้อความจะมีลักษณะเป็นตรงกันข้าม

การประเมินการนำเสนอผลงาน

การประเมินผลและให้คะแนนการนำเสนอผลงานใช้แนวทางการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินภาระงานอื่น คือ การใช้คะแนนแบบภาพรวม และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) **การให้คะแนนในภาพรวม** เป็นการให้คะแนนที่ต้องการสรุปภาพรวมจึงประเมินเฉพาะประเด็นหลักที่สำคัญ ๆ เช่น การประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความรู้และการประเมินสมรรถภาพด้านการเขียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความถูกต้องของเนื้อหาความรู้ (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
เนื้อหาถูกต้องแต่ให้สาระสำคัญน้อยมาก และไม่ระบุแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญ แต่ยังไม่ครบถ้วน มีการระบุแหล่งที่มาของความรู้	ดี
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญครบถ้วน และระบุแหล่งที่มาของความรู้ชัดเจน	ดีมาก

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพด้านการเขียน (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เขียนสับสน ไม่เป็นระบบ ไม่บอกปัญหาและจุดประสงค์ ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาบางส่วน ไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสม และสะกดคำไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้องปรับปรุง
เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักไม่ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เนื้อหาบางตอนเรียบเรียงไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง มีการยกตัวอย่างรูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดี

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักได้ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เรียบเรียงเนื้อหาได้ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจนเข้าใจง่าย มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดีมาก

2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย เป็นการประเมินเพื่อต้องการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ และพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เกณฑ์ย่อย ๆ ในการประเมินเพื่อให้รู้ทั้งจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรแก้ไขปรับปรุงการทำงานในส่วนนั้น ๆ เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย มีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพ (แบบแยกองค์ประกอบย่อย)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านการวางแผน	
ไม่สามารถออกแบบได้ หรือออกแบบได้แต่ไม่ตรงกับประเด็นปัญหาที่ต้องการเรียนรู้	ต้องปรับปรุง
ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหา เป็นบางส่วน	พอใช้
ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหา เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน	ดี
ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ	ดีมาก

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านการดำเนินการ	
ดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	ต้องปรับปรุง
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	พอใช้
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบการสาธิตได้อย่างคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานในบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์	ดี
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบได้ถูกต้อง คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา ผลงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามจุดประสงค์	ดีมาก
ด้านการอธิบาย	
อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์	ต้องปรับปรุง
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบพรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก	พอใช้
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง	ดี
อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน	ดีมาก

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). **คัมภีร์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- โครงการศึกษาเชิงลึกโอกาสทางเศรษฐกิจของทรัพยากรชีวภาพ กรณีศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ. **เรื่อนำรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 03 มิถุนายน 2562, จาก <https://www.bedo.or.th/bedo/new-content.php?id=789>
- เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. (2555). **วิวัฒนาการ (Evolution)** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทวี. พรินท์ (1991) จำกัด.
- ชัยวุฒิ สุตทองคง. (2560). **ปลาหมอคงดำ**. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2562, จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20171114193058_1_file.pdf
- ธวัชชัย สันติสุข. (2555). **ป่าของประเทศไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2535). **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กฎ ประกาศและระเบียบที่เกี่ยวข้องด้านการควบคุมมลพิษ** (พิมพ์ครั้งที่ 6 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- ฝ่ายเลปโตสไปโรซิส เมดิออยโดสิสและบรูเซลโลซิส สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2562). **โรคไลม์ (Lyme disease)**. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2562, จาก http://nih.dm.sc.moph.go.th/data/data/fact_sheet/8_62.pdf

พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ.2562. (2562, 29 พฤษภาคม). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 136 ตอนที่ 71 ก.

พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562. (2562, 29 พฤษภาคม). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 136 ตอนที่ 71 ก.

พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ.2562. (2562, 29 พฤษภาคม). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 136 ตอนที่ 71 ก.

ไพศาล ลิทธิกรกุล และศิวาพร ลงยันต์. (2557). **กายวิภาคของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง Anatomy of the invertebrates** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัท ชัคเซสพับลิเคชั่น.

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สาขาชีววิทยา สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับ องค์การยูเนสโก. (2532). **ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: บริษัท ประชาชน จำกัด.

ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ พ.ศ. 2543. (2543, 17 มกราคม). **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่มที่ 117 ตอนพิเศษ 5 ง.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). **ศัพท์วิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน** (พิมพ์ครั้งที่ 5 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2558). **พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.

ศูนย์ข้อมูลข่าวสาร สำนักอุทยานแห่งชาติ. **การจัดการความรู้ ปิงปองประมาณ พ.ศ. 2554**. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://www.dnp.go.th/np_info/KM_info54.htm

ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช. (2551). **น้ำทะเลเปลี่ยนสีที่บางแสน**. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.nstda.or.th/sci2pub/thaismc/factsheet/hotnews/FS-026.pdf>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553). **คู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6** กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555). **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6** กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6** กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). **หนังสือเรียนรู้เพิ่มเติมเสริมศักยภาพวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ชีววิทยา เล่ม 2. BIOLOGY II** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ :บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

ส่วนส่งเสริมและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). **คู่มือความรู้เรื่องป่าชายเลน** (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: บริษัท พลอยมีเดีย จำกัด

- ส่วนสารสนเทศด้านอนุรักษ์สัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. (2562). **เขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตพื้นที่ห้ามล่าสัตว์ป่า**. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2562, จาก http://www.dnp.go.th/wildlife_it/n_web/lacegant/conservation_areas_search.php
- สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2532). **โปรติสต์บางชนิดที่พบในประเทศไทย เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2559). **10 พฤติกรรมที่มีส่วนทำให้เช็ดื้อยา**. สืบค้นเมื่อ 27 มิถุนายน 2562, จาก <https://www.facebook.com/thai.antibiotic.awareness/photos/fpp.1566496656905883/1877757432446469/?type=3&theater>
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). **พจนานุกรมศัพท์พฤกษศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.
- สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). **มติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 เรื่องมาตรการป้องกัน ควบคุม และกำจัด ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น**. กรุงเทพฯ: กองจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ.
- สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2562). **เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)**. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2562, จาก <https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2562/hi2562-010.pdf>
- สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2562). **อุทยานแห่งชาติ**. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2562, จาก <http://park.dnp.go.th/visitor/indexnationpark.php>
- สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์. (2550). **หลักการอนุรักษ์และการจัดการชีวภาพ** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ขยะอิเล็กทรอนิกส์ แก้มได้ถ้ารัฐไม่ใส่ใจ จัดการจริงจัง**. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/283522>

- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ข่าวดี พรุควนเครื่องฝุ่น PM2.5 ลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/282848>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ช้างป่า แอบซุ่มล่อยคองในน้ำ เตรียมบุกสวนผลไม้**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/282787>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ตะลิงเอเลียนสปีชีส์ หนอนตัวแบนนิวกินี โผล่ไทย-ติด 100 ชนิดรุกรานที่สุดของโลก**. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/267494>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **พบพันธุ์ไม้ชนิดใหม่ของโลก พรหมจุฬารัตน์ รอด่อยอดยาด้านมะเร็ง**. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/283064>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **มองโกเลีย เล็งใช้ ถูเพาะชำชีวภาพ จากไทยพลิกฟื้นทะเลทราย**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/282960>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **รวบพรานป่า อ.เชียงดาว พร้อมซากเลียงผา-แก้ง**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/279030>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ล่อซื้อ ลูกหมีควาย รอดเหยื่อคำสัตรีป่าออนไลน์**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/280155>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **เต้ามาเริ่มลูกพะยูนขวัญใจตาย ช็อก-เจออุกพลาสดึก**. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/283006>

- องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2554). **โคลงเคลงขนต่อม**. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2562, จาก http://www.qsbg.org/Database/BOTANIC_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2481
- อรยุพา สังขะมาน, ธนากร ไชยยศ, ชฎาภรณ์ ศรีใส และวรางคณา จันดา. **สถานการณ์ป่าไม้ไทย พุทธศักราช 2560-2561 มูลนิธิสืบนาคะเสถียร**. สืบค้นเมื่อ 03 มิถุนายน 2562, จาก <https://www.seub.or.th/document/สถานการณ์ป่าไม้ไทย/รายงานสถานการณ์ป่าไม้ไทย -6/>
- อัจฉริยา รังษิรุจิ. (2555). **วิวัฒนาการ: จากทฤษฎีสู่การประยุกต์** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- Aratrakorn, S., Thunhikorn, S. & Donald, P. F. (2006). Changes in bird communities following conversion of lowland forest to oil palm and rubber plantations in southern Thailand. **Bird conservation international**, 16(1), 71-82.
- Baran, E. (2006). Fish migration triggers in the Lower Mekong Basin and other tropical freshwater systems. **MRC technical paper**, 14, 1-55.
- Barnes, B. V., Zak, D. R., Denton, S. R. & Spurr, S. H. (1997). **Forest ecology** (4th ed.). New York: John Wiley and Sons.
- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. & Reece, J. B. (2018). **Biology: A global approach** (11th ed). New York: Pearson Education Limited.
- Cowan, M. K., & Talaro, K. P. (2009). **Microbiology: a systems approach** (2nd ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Cunningham, W. P., Cunningham, M. A. & Saigo, B. W. (2001). **Environmental science: A global concern** (4th ed). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Decharat, S. (2016). Heavy metals exposure and hygienic behaviors of workers in sanitary landfill areas in Southern Thailand. **Scientifica**, 2016, 9269210.

- DeSalle, R., Heithaus & M. R. (2008). **Holt Biology**. Orlando: Holt, Rhinehart and Winston.
- Dushenkov, V., Kumar, P. N., Motto, H. & Raskin, I. (1995). Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. **Environmental science & Technology**, 29(5), 1239-1245.
- Fangsuwannarak, K. & Triratanasirichai, K. (2013). Improvements of palm biodiesel properties by using nano-TiO₂ additive, exhaust emission and engine performance. **The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics**, 43, 111-118.
- Government of Canada. (2014). **Pathogen safety data sheets: Infectious substances- *Clostridium* spp.** Retrieved May 14, 2019, from <https://www.canada.ca/en/public-health/services/laboratory-biosafety-biosecurity/pathogen-safety-data-sheet-s-risk-assessment/clostridium.html>
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., Keen, S. L., Larson, A. & Eisenhour, D. J. (2015). **Animal diversity** (7th ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Hufnagel, D. A., Depas W. H. & Chapman M. R. (2015). The biology of the *Escherichia coli* extracellular matrix. **Microbiol Spectr**, Retrieved June 26, 2019, from doi:10.1128/microbiolspec.MB-0014-2014
- Kardong, K. V. (2015). **Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution** (7th ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Klöppel, M., Smith, L. & Syrett, P. (2003). Predicting the impact of the biocontrol agent *Aulacidea subterminalis* (Cynipidae) on growth of *Hieracium pilosella* (Asteraceae) under differing environmental conditions in New Zealand. **Biocontrol Science and Technology**, 13(2), 207-218.
- Krebs, C. & Elwood, B. (2008). **The ecological world view**. Oakland: University of California Press.

- Krebs, C. J. (1989). **Ecological methodology**. New York: Harper & Row.
- Krebs, C. J. & Krebs, C. J. (1994). **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance** (6th ed). San Francisco, CA: Pearson Benjamin Cummings.
- Lindeman, R. L. (1942). The trophic–dynamic aspect of ecology. **Ecology**, 23 (4), 399–417.
- Mader, S. S. (2010). **Biology** (10th ed). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mason, K. A., Losos, J. B., Raven, P. H., Johnson, G. B. & Singer, S. R. (2017). **Biology**. New York: McGraw-Hill Education.
- Mohammad, A. G. & Adam, M. A. (2010). The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. **Catena**, 81(2), 97–103.
- Molles, M. (2016). **Ecology: concepts and applications** (7th ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., & Worm, B. (2011). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? **PLoS Biology**, 9(8). doi: 10.1371/journal.pbio.1001127
- Odum, E. P. & Barrett, G. W. (2005). **Fundamentals of ecology** (5th ed). Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.
- Økelsrud, A., Lydersen, E. & Fjeld, E. (2016). Biomagnification of mercury and selenium in two lakes in southern Norway. **Science of the total environment**, 566, 596–607.
- Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds. (2019). **Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist**. Retrieved November 6, 2019, from digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.

- Ruppert, E. E., Fox, R. S. & Barnes, R. D. (2004). **Invertebrate zoology : a functional evolutionary approach** (7th ed). California:Brooks/Cole, a division of Thomson Learning Inc.
- Smith, R. L. (1990). **Ecology and field biology** (4th ed). New York: HarperCollins Publishers.
- Solomon, E. P., Berg, L. R. & Martin, D. W. (2011). **Biology** (9th ed). Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.
- Springer, J. T. & Holley, D. (2013). **An introduction to zoology : investigating the animal world** (1st ed). Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, LLC, and Ascend Learning Company.
- Talaro, K. & Talaro A. (1996). **Foundations in microbiology** (2nd ed). Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.
- Tepedino, V. J., Bradley, B. A. & Griswold, T. L. (2008). Might flowers of invasive plants increase native bee carrying capacity? Intimations from Capitol Reef National Park, Utah. **Natural areas journal**, 28(1), 44-51.
- Terborgh, J. (1992). **Diversity and the tropical rain forest**. New York: Scientific American Library.
- Whitmore, T. C. (1998). **An introduction to tropical rain forests**. New York: Oxford University Press.
- Woods, M., McDonald, R. A. & Harris, S. (2003). Predation of wildlife by domestic cats *Felis catus* in Great Britain. **Mammal review**, 33(2), 174-188.

ที่มาของรูป

ที่มา	รูป (หน้า)
เอื้อเฟื้อโดย คุณนิธินันท์ มานะภาคย์	- ต้นไม้ในป่าดิบชื้น (265)

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม 6
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์ | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบูชา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ศ.ดร.ไพศาล สติธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. รศ.ดร.วีระวรรณ สติธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นายณรงค์ พ่วงศรี | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. ดร.อรสา ชูสกุล | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|---------------------------------|--|
| 9. ดร.ขวัญชนก ศรีธธาสุข | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10. ดร.ภัณทิลา อุดร | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11. นางสาวปยุตยาพร บริเวธานันท์ | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 12. ดร.ธเนศ เกิดแก้ว | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจซื่อกุล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี | นักวิชาการอิสระ |
| 4. นางกนิษฐา ศรีเฒ | โรงเรียนปากช่อง จ.นครราชสีมา |
| 5. นายไกรสถิณณ์ พงษ์วิทย์ภานุ | โรงเรียนวิสุทธิจริงษ์ จ.กาญจนบุรี |
| 6. นางสาวจันทร์สม สัตตัตนขจร | โรงเรียนเสริมงามวิทยาคม จ.ลำปาง |
| 7. นางสาวจันทิมา มีลา | โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จ.นครพนม |
| 8. นางสาวชยาภา พุ่มสมบัติ | โรงเรียนชาณุวิทยา จ.กำแพงเพชร |
| 9. นางธันดดา คงมีทรัพย์ | โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จ.อ่างทอง |
| 10. นางนันทน์ลิน เพชรรักษ์ | โรงเรียนเทศบาล ๑ (เอ็งเสียงสามัคคี) จ.สงขลา |
| 11. นายปรัชญา ละงู | โรงเรียนเมืองกลาง จ.ภูเก็ต |
| 12. นางสาวปาจริย์ แก้วเจริญ | โรงเรียนศรียานุสรณ์ จ.จันทบุรี |
| 13. นางสาวปาริชาติ กิตติมาสกุล | โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ |
| 14. นางสาวพิมพ์พิสุทธิ์ แสนพงษ์ | โรงเรียนพิบูลมิ่งสาทร จ.อุบลราชธานี |
| 15. นายมนชัย จงรักวิทย์ | โรงเรียนมัธยมประชาชนิเวศน์ กรุงเทพฯ |
| 16. นายรัฐราษฎร์ เกื้อสกุล | โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพฯ |
| 17. นางวิจิตต์ สุทธิ | โรงเรียนวังจันทร์วิทยา จ.ระยอง |

- | | |
|----------------------------|--|
| 18. นายวิวัฒน์ บุญธรรม | โรงเรียนโยธินบูรณะ ๒ (สุวรรณสุทธาราม) |
| 19. นางสาวศศิธร บัวลา | โรงเรียนพระฤทัย จ.เชียงใหม่ |
| 20. ดร.สุนัดดา โยมญาติ | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 21. นางสาววิลาส รัตนานุกูล | นักวิชาการอาวุโสสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 22. ดร.นันทยา อัครอารีย์ | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 23. นางสาวปาณิก เวียงชัย | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะบรรณาธิการ

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบุชา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจเชื้อกุล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี | นักวิชาการอิสระ |
| 5. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. ศ.ดร.ไพศาล สติธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นายธีรพัฒน์ เวชขประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ