



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

ชีววิทยา

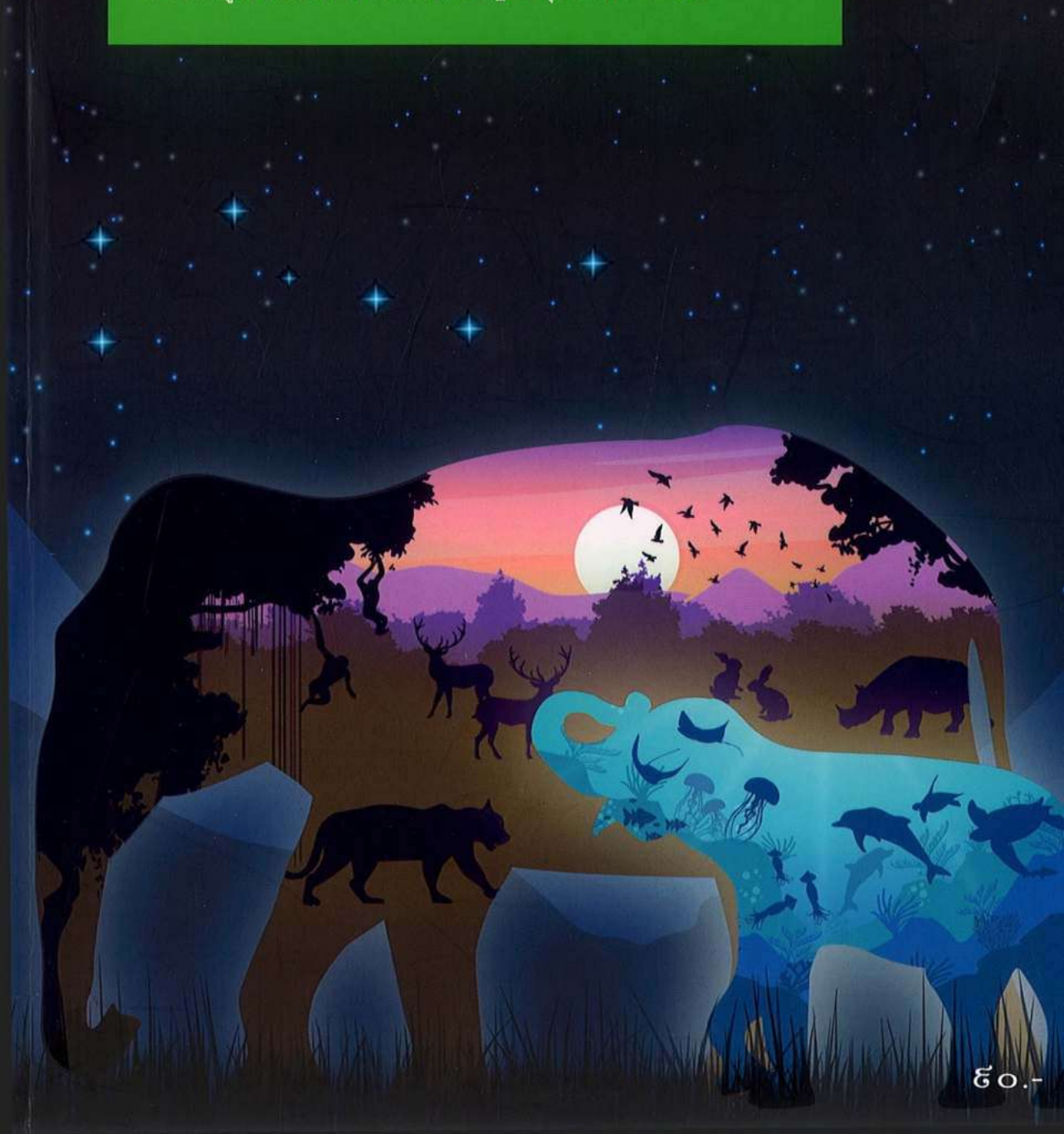
เล่ม ๖

๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑





หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๑

ISBN 978-616-362-912-8

จำนวน ๑๗๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๓

จัดจำหน่ายโดย

องค์การค้าของ สกสค. พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๔ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

❖ มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง ขออนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓

(นายอำนาจ วิชาญวดี)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้นตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อให้สถานศึกษาพิจารณาเทียบเคียงกับหลักสูตรของสถานศึกษา และพิจารณาเลือกใช้หนังสือนี้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาของตนได้ตามความเหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(นายประเสริฐ บุญเรือง)
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๑ - เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ - ๖ แล้ว จะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์ชีวภาพได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๖ นี้มีเนื้อหาที่จำเป็นต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศและประชากร และมนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ วิศวกร สถาปนิก วิทยาศาสตร์การกีฬา เทคโนโลยีชีวภาพ ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๖ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมโยงไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

1

คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

2

จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

3

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหาขึ้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

4

ชวนคิด



คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

5

ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

6

ลองทำดู



การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้

7

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

9

กิจกรรมเสนอแนะ

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้

11

รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

13

กรณีศึกษา

ตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาหรืองานวิจัยที่สอดคล้องกับความรู้ในบทเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนศึกษาวิเคราะห์จากกรณีจริง

15

แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

8

ตัวอย่าง

การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น

10

ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

12

การเชื่อมโยงความรู้

เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ

14

สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

บทที่	เนื้อหา	หน้า	
23	23 ความหลากหลายทางชีวภาพ	1	
	23.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ	4	
	23.2 ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	12	
	23.3 การศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	69	
	ความหลากหลายทางชีวภาพ	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	85
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 23		88
24	24 ระบบนิเวศและประชากร	95	
	24.1 ระบบนิเวศ	99	
	24.2 ไบโอม	119	
	24.3 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	134	
	24.4 ประชากร	138	
	ระบบนิเวศและประชากร	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	160
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 24	161	

25

25 มนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 167

25.1 ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ 170

25.2 การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ 172

25.3 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน 215

มนุษย์กับความยั่งยืน
ของ
ทรัพยากรธรรมชาติ
และสิ่งแวดล้อม

สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน 226

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 25 228

ภาคผนวก

ภาคผนวก 235

คำศัพท์ 236

บรรณานุกรม 247

ที่มาของรูป 255

คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน 261

บทที่

| ความหลากหลายทางชีวภาพ



ipst.me/10779

23



การเก็บรวบรวมตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตแล้วนำไปจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ มีทั้งซากดึกดำบรรพ์และสิ่งมีชีวิตที่ยังคงพบอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่างๆ บนโลก การศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ดำเนินมาเป็นระยะเวลายาวนานหลายศตวรรษโดยมีการค้นคว้าวิจัยในแง่มุมต่างๆ ทั้งลักษณะทางกายวิภาค การทำงานของระบบต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ไปจนถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ต่างๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญอย่างไร

นอกจากนี้พิพิธภัณฑ์ส่วนใหญ่ยังแบ่งพื้นที่เพื่อจัดแสดงสิ่งมีชีวิตตามหมวดหมู่โดยมีการจำแนกอย่างเป็นระบบ เพื่ออธิบายข้อมูลของสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่ม การจำแนกสิ่งมีชีวิตมีกระบวนการ และมีความสำคัญอย่างไร



คำถามสำคัญ

1. ความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญอย่างไร
2. แบคทีเรีย โพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ มีลักษณะสำคัญและมีประโยชน์อย่างไร
3. การจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุซึ่งกันเป็นกระบวนการทางอนุกรมวิธานมีความสำคัญอย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและองค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพ
2. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ
3. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
4. อธิบายลักษณะสำคัญของแบคทีเรียและอาร์เคีย พร้อมยกตัวอย่าง
5. อธิบายลักษณะสำคัญของโพรทิสต์ และการแบ่งกลุ่มของโพรทิสต์ พร้อมยกตัวอย่าง
6. อธิบายลักษณะสำคัญของพืช และการแบ่งกลุ่มของพืช และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง
7. อธิบายลักษณะสำคัญของฟังไจ และการแบ่งกลุ่มของฟังไจ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง
8. อธิบายลักษณะสำคัญของสัตว์ และการแบ่งกลุ่มของสัตว์ และอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในแต่ละกลุ่ม พร้อมยกตัวอย่าง
9. อธิบายหลักการในการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ตามระบบของลินเนียส
10. ยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากลำดับชั้นใหญ่จนถึงลำดับชั้นเล็กตามระบบของลินเนียส
11. สืบค้นข้อมูล และอธิบายความสำคัญของชื่อวิทยาศาสตร์ และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์
12. อธิบายความสำคัญของการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ และวิธีการระบุ
13. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด
14. อภิปรายความสัมพันธ์ของการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

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 โดยแต่ละระบบนิเวศที่ต่างกันจะมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะ
7. สิ่งแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มีผลต่อจำนวน ชนิด รูปร่าง ลักษณะ และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต
8. โพรแคริโอตประกอบด้วยเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส แต่มีบางออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม
9. ยูแคริโอตประกอบด้วยเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และมีออร์แกเนลล์หลายชนิดที่มีเยื่อหุ้ม
10. การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ทำให้เกิดวิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น ใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย เชื้อเพลิง และสิ่งที่มีจำเป็นต่อการดำรงชีวิตอีกหลายอย่างล้วนได้มาจากความหลากหลายทางชีวภาพทั้งสิ้น การใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทยของแต่ละภูมิภาคนั้นจะแตกต่างกันไปตามความหลากหลายทางชีวภาพในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิต ซึ่งนำไปสู่วัฒนธรรมและประเพณีที่ส่งต่อกันมา ความหลากหลายทางชีวภาพคืออะไร มีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นอย่างไร

23.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) หมายถึง ความหลากหลายหรือความแปรผันที่พบเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตในทุกแห่ง รวมถึงความซับซ้อนทางนิเวศซึ่งมีสิ่งมีชีวิตเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบ ความหลากหลายทางชีวภาพนี้ หมายรวมถึง ความหลากหลายที่เกิดขึ้นภายในสปีชีส์ ระหว่างสปีชีส์ และของระบบนิเวศ



ความรู้เพิ่มเติม

ความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพตามนิยามของสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ พ.ศ. 2543 คือ ความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตจากทุกแหล่ง ซึ่งหมายความรวมถึงระบบนิเวศทางบก ระบบนิเวศทางทะเล และระบบนิเวศทางน้ำอื่น ตลอดจนความซับซ้อนทางนิเวศของระบบนั้น ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นความหลากหลายของพันธุกรรม ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

ความหลากหลายทางชีวภาพแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ ดังรูป 23.1 เช่น ตัวอย่างของหอยทับทิม ซึ่งเป็นหอยฝาเดียวแต่มีลวดลายและสีที่หลากหลายถึงแม้ว่าจะจะเป็นหอยสปีชีส์เดียวกัน เนื่องจากหอยแต่ละตัวมีแอลลีลที่ควบคุมการแสดงออกของลวดลายและสีที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของลวดลายและสีของหอยทับทิมเรียกว่า ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยทับทิมคือบริเวณพื้นที่หาดทรายของชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำที่มีลักษณะเป็นทราย ในบริเวณนั้นนอกจากหอยทับทิมแล้วยังสามารถพบสัตว์ทะเลอื่นได้ เช่น หอยชนิดอื่น กุ้ง ปู ดาวทะเล เกิดเป็นสังคมสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่พบเรียกว่า ความหลากหลายของสปีชีส์ (species diversity)

บริเวณที่เป็นชายหาดนี้จัดเป็นระบบนิเวศหาดทรายซึ่งบริเวณใกล้เคียงอาจพบระบบนิเวศป่าชายเลน ระบบนิเวศน้ำเค็ม ระบบนิเวศหาดหิน ในแต่ละบริเวณจะพบสปีชีส์และจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีบทบาทที่แตกต่างกันอาจเป็นผู้ผลิต ผู้บริโภค หรือผู้สลายสารอินทรีย์ นอกจากนี้องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพของแต่ละพื้นที่ยังมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ระบบนิเวศของแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันเกิดเป็นความหลากหลายที่เรียกว่า ความหลากหลายของระบบนิเวศ (ecosystem diversity) หรือความหลากหลายเชิงนิเวศวิทยา (ecological diversity)



รูป 23.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ 3 ระดับ

ความหลากหลายทางพันธุกรรม เป็นความแตกต่างทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกัน ซึ่งเป็นผลจากความแปรผันทางพันธุกรรมโดยอาจเกิดจากมิวเทชันและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ความหลากหลายทางพันธุกรรมส่งผลให้สิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกันมีลักษณะที่หลากหลาย ทำให้มีโอกาสที่จะอยู่ได้ในแหล่งที่อยู่ที่หลากหลายและสปีชีส์นั้นสามารถอยู่รอดได้เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป

ความหลากหลายทางพันธุกรรมนอกจากจะมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นแล้วยังมีประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น ด้านการเกษตร ทำให้เกษตรกรสามารถเลือกขยายพันธุ์พืชและสัตว์ที่ตรงกับความต้องการของตลาดในแต่ละภูมิภาคของประเทศได้

ความหลากหลายของสปีชีส์ โดยทั่วไปหมายถึงจำนวนสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตที่พบในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ณ ช่วงเวลาหนึ่ง หรือเรียกว่า **ความมากสปีชีส์ (species richness)** ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินความหลากหลายของสปีชีส์ อย่างไรก็ตามยังมีตัวแปรหรือหลักเกณฑ์อื่นที่ใช้พิจารณาหรือตัดสินถึงความหลากหลายของสปีชีส์ได้อีกด้วย

ในการศึกษาหรือวิจัยเกี่ยวกับความหลากหลายของสปีชีส์ นอกจากศึกษาเพื่อจำแนกสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้นสปีชีส์แล้ว นักอนุกรมวิธานยังสามารถพิจารณาข้อมูลในลำดับชั้นที่ใหญ่กว่าลำดับชั้นสปีชีส์ได้อีกด้วย เช่น จีนัส แฟมิลี เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ความหลากหลายของระบบนิเวศ เป็นระบบนิเวศแบบต่าง ๆ ที่อยู่ในพื้นที่หนึ่ง เช่น ในประเทศไทยมีระบบนิเวศป่าไม้ที่หลากหลาย และยังมีระบบนิเวศแบบอื่น ๆ อีกหลายแบบ เช่น ระบบนิเวศทุ่งหญ้า ระบบนิเวศแหล่งน้ำ ระบบนิเวศนาข้าว โดยแต่ละระบบนิเวศมีความซับซ้อนเนื่องจากมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายสปีชีส์ที่มีบทบาทต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันและเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางกายภาพในพื้นที่นั้นด้วย

ระบบนิเวศมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่แตกต่างและหลากหลาย ซึ่งจะมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กัน เช่น ระบบนิเวศป่าชายเลนประกอบด้วยพืชชนิดต่าง ๆ เช่น โกงกาง แสม ลำพู ซึ่งเจริญเติบโตได้บนดินเลนและมีน้ำเค็มท่วมถึง เป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์ เช่น ลิงแสม ปลาตีน นอกจากนี้พืชบริเวณป่าชายเลนยังช่วยป้องกันการพังทลายของชายฝั่ง ส่วนระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็มที่เป็นทะเลเปิดเป็นแหล่งที่อยู่ของสาหร่าย ปะการัง และสัตว์น้ำต่าง ๆ ระบบนิเวศป่าชายเลนซึ่งเชื่อมต่อกับทะเล รากของพืชที่งอกขึ้นมาเหนือดินบริเวณป่าชายเลนช่วยกรองสิ่งปฏิกูลและสารพิษไม่ให้ไหลลงสู่ทะเล เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น ปลาทะเลบางชนิดจะวางไข่และอาศัยอยู่ที่ป่าชายเลนในระยะแรกของการเจริญเติบโต เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจึงออกไปดำรงชีวิตต่อในทะเลเปิด นอกจากนี้ยังมีระบบนิเวศอื่น ๆ ซึ่งจะได้ศึกษาต่อไป



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ❓ ความหลากหลายทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตเป็นผลจากอะไร
- ❓ ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีประโยชน์อย่างไร
- ❓ ความหลากหลายของสปีชีส์ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งพิจารณาจากอะไร
- ❓ จงยกตัวอย่างความสัมพันธ์ของระบบนิเวศป่าชายเลน และทะเลซึ่งเป็นระบบนิเวศที่อยู่ติดกับป่าชายเลน



กิจกรรม 23.1 สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพ

จุดประสงค์

1. ระบุและอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ
2. อภิปรายความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

วิธีการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 สำรวจและเก็บข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกพื้นที่สำรวจภายในโรงเรียนจากพื้นที่ที่ครูกำหนด
2. สังเกตและบันทึกลักษณะพื้นที่ที่เลือก (เช่น อยู่กลางแจ้ง อยู่ในที่ร่ม พื้นที่โล่งเปิดกว้าง แสงมากหรือแสงน้อย)
3. สำรวจและจดบันทึกสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตที่พบโดยบันทึกด้วยชื่อ กรณีไม่รู้ชื่อให้บันทึกเป็นรหัสชื่อสิ่งมีชีวิตพร้อมถ่ายรูปหรือวาดรูปประกอบ
4. ระบุตำแหน่งหรือบริเวณที่พบสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์
5. เลือกสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนรู้จัก เช่น มนุษย์ แมว สุนัข ปลาหางนกยูง เฟื่องฟ้า ชบา และบันทึกลักษณะที่แตกต่างกันซึ่งพบในสิ่งมีชีวิตที่เลือก

ตอนที่ 2 ความหลากหลายทางชีวภาพ

1. แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสำรวจ และอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับที่พบ
2. อภิปรายร่วมกันในประเด็นต่อไปนี้
 - ความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสปีชีส์และแหล่งที่อยู่ต่างๆ
 - ความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ

คำถามท้ายกิจกรรม

- ?** สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใดที่นักเรียนเลือกสำรวจเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรม และลักษณะใดของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นที่แตกต่างกัน
- ?** ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
- ?** ถ้าจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งในระบบนิเวศลดลงอย่างมีนัยสำคัญจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพอย่างไร

จากการศึกษากิจกรรม 23.1 พื้นที่สำรวจที่แต่ละกลุ่มเลือกเปรียบได้กับระบบนิเวศหนึ่งซึ่งอาจพบความหลากหลายทางชีวภาพที่มากน้อยแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศนั้นซึ่งมีความสัมพันธ์กันทำให้เกิดความหลากหลายของระบบนิเวศ และในแต่ละระบบนิเวศจะพบสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันเกิดเป็นความหลากหลายของสปีชีส์ เมื่อพิจารณาประชากรของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่ง ๆ จะพบว่ามิพินโทปีที่แตกต่างกันซึ่งเป็นผลจากความแปรผันทางพันธุกรรม เกิดเป็นความหลากหลายทางพันธุกรรม และจะมีผลต่อความอยู่รอดของประชากรเมื่อต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง ความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับมีความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ดังนั้นการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพไม่ว่าจะเกิดในระดับใดก็ตามจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระดับอื่นด้วย

สิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีความเชื่อมโยงกับองค์ประกอบทางกายภาพของแหล่งที่อยู่ภายในระบบนิเวศนั้น ทำให้สิ่งมีชีวิตบางสปีชีส์มีความจำเพาะต่อแหล่งที่อยู่ซึ่งอาจพบได้ในบริเวณเดียว ในขณะที่สิ่งมีชีวิตบางสปีชีส์สามารถปรับตัวให้เข้ากับองค์ประกอบทางกายภาพที่แตกต่างกันในแต่ละแหล่งที่อยู่จึงทำให้พบสปีชีส์ดังกล่าวในหลายบริเวณได้ เช่น พลับพลึงธาร ดังรูป 23.2 เป็นพืชที่พบเฉพาะภาคใต้ตอนบนของประเทศไทยในแหล่งน้ำจืดที่ไหล สะอาด มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง พื้นที่องน้ำไม่ลาดชันมาก เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย ดินทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนบัวสาย ดังรูป 23.2 พบได้ตามแหล่งน้ำจืดทั่วไปในทุกภาคของประเทศ ซึ่งเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพของแหล่งที่อยู่ พลับพลึงธารจะยังอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้หรือไม่ อย่างไร



พลับพลึงธาร



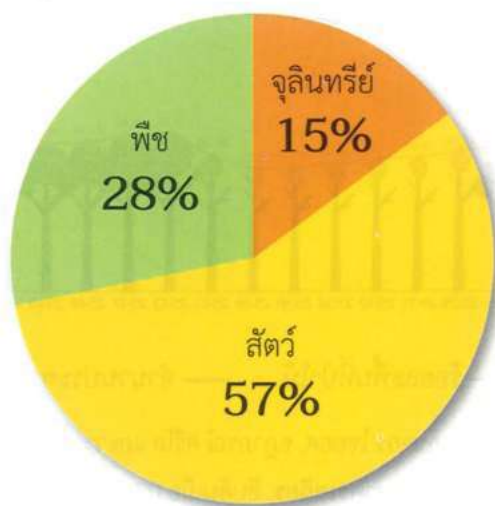
บัวสาย

รูป 23.2 พลับพลึงธารและบัวสาย

ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนมีเทือกเขาสูงตามภูมิภาคต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของดินฟ้าอากาศเฉพาะแหล่ง มีความแตกต่างของภูมิประเทศ ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความหลากหลายของระบบนิเวศที่กระจายอยู่ทั่วประเทศ เช่น ป่าไม้ที่เป็นแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งป่าไม้แต่ละประเภทจะพบสิ่งมีชีวิตที่มีความจำเพาะต่อป่าประเภทนั้นด้วย ดังตัวอย่างพืชที่พบในป่าประเภทต่างๆ เช่น ป่าดิบชื้นที่มีโครงสร้างเป็นปารกทึบและความชื้นสูงจะพบพืชวงศ์ยางที่ไม่ผลัดใบเป็นส่วนใหญ่ และพบพืชอิงอาศัยที่ขึ้นบริเวณลำต้นและกิ่งไม้ เช่น กกล้วยไม้ เฟิร์น ส่วนป่าดิบแล้งแม้ว่าจะพบพืชวงศ์ยางอยู่ในป่าแต่สามารถพบพืชที่ผลัดใบได้ด้วย ในขณะที่บริเวณชายหาดจะพบพืชที่สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตอยู่ในสภาพที่ร้อน ลมแรง และดินเค็มได้ เช่น ผักบุ้งทะเล ปอทะเล

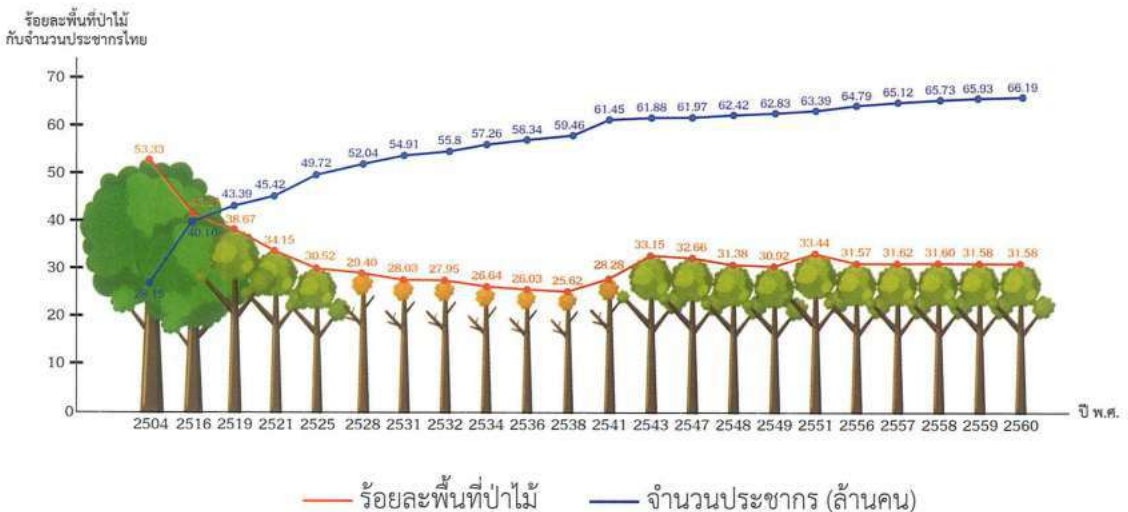
นอกจากตัวอย่างพืชที่พบในป่าแล้ว ยังสามารถพบสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นได้ด้วย จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 พบว่าประเทศไทยมีจุลินทรีย์ พืช สัตว์ ประมาณ 56,878 สปีชีส์ โดยพบจุลินทรีย์ประมาณ 8,354 สปีชีส์ พืชประมาณ 16,255 สปีชีส์ และสัตว์ประมาณ 32,269 สปีชีส์ ดังรูป 23.3 นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ายังมีสิ่งมีชีวิตอีกจำนวนมากที่ยังไม่ได้ศึกษาข้อมูลตามหลักวิทยาศาสตร์ การที่แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติโดยเฉพาะป่าไม้ถูกทำลายทำให้มนุษย์สูญเสียโอกาสที่จะศึกษาข้อมูลและประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เหล่านั้น



รูป 23.3 ร้อยละของสปีชีส์ของจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ในประเทศไทยของปี พ.ศ. 2557

? ถ้าปัจจุบันมีการสำรวจสปีชีส์ในประเทศไทยพบว่ามียานวนเพิ่มขึ้นหรือลดลงแตกต่างจากปี พ.ศ. 2557 จำนวนที่เปลี่ยนแปลงนี้ น่าจะเกิดจากสาเหตุใด

จากข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงตั้งแต่ปีพ.ศ. 2504 จนถึง พ.ศ. 2541 โดยเมื่อปี พ.ศ. 2504 ประชากรไทยมีจำนวน 28 ล้านคน ประเทศไทยมีป่าไม้ปกคลุมพื้นที่ 171 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 53 ของพื้นที่ประเทศ เมื่อจำนวนของประชากรเพิ่มขึ้นทำให้พื้นที่ป่าไม้ ถูกทำลายเพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศหลายด้าน เช่น การสร้างที่อยู่อาศัย การทำการเกษตร การใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กระดาษ เฟอร์นิเจอร์ และพลังงาน จนกระทั่งปี พ.ศ. 2541 ประชากรไทยมีจำนวน 61 ล้านคน ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือเพียง 81 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 25 ของพื้นที่ประเทศ รัฐบาลให้ความสำคัญในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และควบคุมการตัดไม้ทำลายป่าจึงทำให้อัตราการลดลงของป่าไม้มีแนวโน้มดีขึ้น ทำให้ในปี พ.ศ. 2560 ประชากรไทยมีจำนวน 66 ล้านคน พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นเป็น 102 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 31 ของพื้นที่ประเทศ ดังรูป 23.4 การลดลงของป่าไม้จะส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพทุกระดับลดลง



ที่มา : ดัดแปลงจากอรุณพลา สังขะมาน, ธนากร ไชยยศ, ชฎาภรณ์ ศรีโส และวรางคณา จันดา. สถานการณ์ป่าไม้ไทย พุทธศักราช 2560-2561 มุลนิธิสืบนาคะเสถียร. สืบค้นเมื่อ 03 มิถุนายน 2562, จาก <https://www.seub.or.th/document/สถานการณ์ป่าไม้ไทย/รายงานสถานการณ์ป่าไม้ไทย -6/>

รูป 23.4 แผนภาพแสดงร้อยละของพื้นที่ป่าไม้กับจำนวนประชากรไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504-2560

นอกจากระบบนิเวศป่าไม้ที่กล่าวไปข้างต้นแล้วระบบนิเวศอื่น ๆ ของประเทศไทยยังถูกคุกคามเนื่องจากการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจของประเทศอย่างต่อเนื่อง และความต้องการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ โดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดของการฟื้นตัวของความหลากหลายทางชีวภาพยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ มีดังนี้

- แหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตถูกทำลาย
- การรุกรานของสปีชีส์ต่างถิ่นหรือชนิดพันธุ์ต่างถิ่น
- การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางชีวภาพที่มากเกินไปจนขีดจำกัดการฟื้นตัวของความหลากหลายทางชีวภาพ
- ปัญหามลพิษและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ทำให้เกิดมลพิษและการปนเปื้อนของสารเคมีหรือสารพิษต่าง ๆ ในแหล่งน้ำและอากาศ
- การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องจากการสูญเสียแหล่งที่อยู่ โดยเฉพาะป่าไม้ในเขตต่าง ๆ ของโลก

? การนำสิ่งมีชีวิตอื่นนอกแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติเข้ามา การเกิดภัยธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากพืชและสัตว์ในสภาพธรรมชาติอย่างไร้ขีดจำกัด จะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพบริเวณนั้นอย่างไร

ด้วยเหตุนี้ความหลากหลายทางชีวภาพจึงเป็นเรื่องที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ มีการยกย่องอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (Convention on Biological Diversity: CBD) หรือที่นิยมเรียกว่า อนุสัญญา CBD ขึ้น ในปี พ.ศ. 2535 โดยมีการลงนามจาก 157 ประเทศ หลังจากนั้นประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นภาคีอนุสัญญาฯ ในลำดับที่ 188

ประเทศไทยได้ให้หน่วยงานต่าง ๆ ดำเนินงานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพอย่างต่อเนื่อง โดยมีแผนแม่บทเพื่อตอบสนองเรื่องการอนุรักษ์และฟื้นฟู ให้เป็นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม สร้างความมั่นคงทางอาหารและระบบนิเวศ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนและประโยชน์สูงสุด รวมถึงการแบ่งปันอย่างเป็นธรรมโดยให้โอกาสชุมชนมีส่วนร่วมในผลประโยชน์เชิงเศรษฐกิจเพื่อใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างยั่งยืน ซึ่งอาจต้องเริ่มจากการศึกษาและทำความเข้าใจข้อมูลพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ ก่อน เพื่อต่อยอดในการวิจัยและหาวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพต่อไป สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายสูงแบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะอย่างไร

23.2 ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตในปัจจุบันซึ่งดำรงชีวิตและกระจายอยู่ตามแหล่งที่อยู่บริเวณต่างๆ ทั่วโลก มีวิวัฒนาการมานานกว่า 3,500 ล้านปี จนมีความหลากหลายของสปีชีส์นับล้านสปีชีส์ มีสิ่งมีชีวิตทั้งรูปแบบง่าย ๆ และรูปแบบที่ซับซ้อนซึ่งเป็นผลจากวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิศาสตร์โลก สิ่งมีชีวิตแรกเกิดขึ้นได้อย่างไร

23.2.1 กำเนิดเซลล์เริ่มแรก

โลกเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีที่ผ่านมา ในช่วงประมาณ 200-300 ล้านปีแรกที่โลกเกิดขึ้นมีอุกกาบาตที่เป็นก้อนหินขนาดใหญ่พุ่งชนโลกที่มีซากน้ำแข็งหลงเหลือจากการเกิดระบบสุริยะ การชนดังกล่าวก่อให้เกิดความร้อนที่ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ การพุ่งชนของอุกกาบาตหยุดลงเมื่อประมาณ 4,000 ล้านปีที่ผ่านมาทำให้เกิดช่วงระยะที่เหมาะสมต่อการกำเนิดชีวิต บรรยากาศของโลกในช่วงนี้มีปริมาณออกซิเจนต่ำ ใต้น้ำหนาหีบ และมีการปลดปล่อยสารประกอบต่างๆ จากการระเบิดของภูเขาไฟ เช่น ไนโตรเจน สารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน แอมโมเนีย และไฮโดรเจน เมื่อโลกเย็นลงจึงเกิดการควบแน่นของไอน้ำลงสู่มหาสมุทรและปลดปล่อยไฮโดรเจนออกสู่บรรยากาศ เซลล์เริ่มแรกเกิดขึ้นมาบนโลกได้อย่างไร

เซลล์เริ่มแรกมีวิวัฒนาการมาจากโปรโทเซลล์ (protocell) โดยมีสมมติฐานของลำดับการเกิดโปรโทเซลล์ ดังนี้

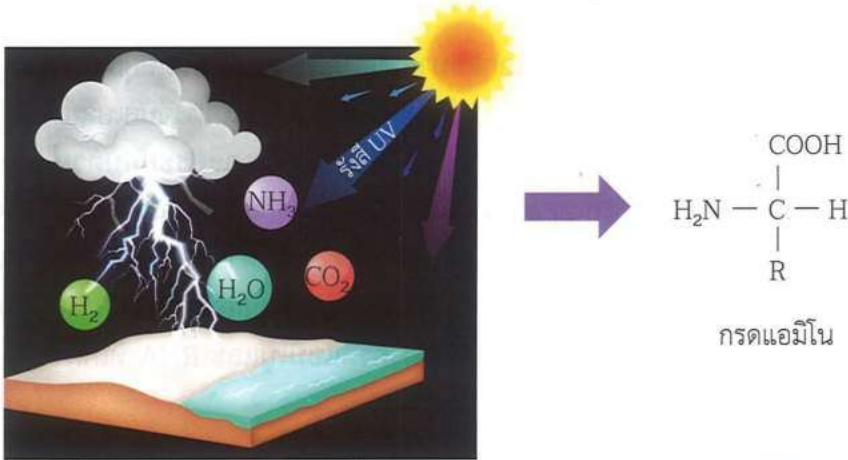
1. การสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์
2. การเชื่อมต่อกันของสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่
3. การห่อหุ้มสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นโปรโทเซลล์
4. การกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองได้

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์

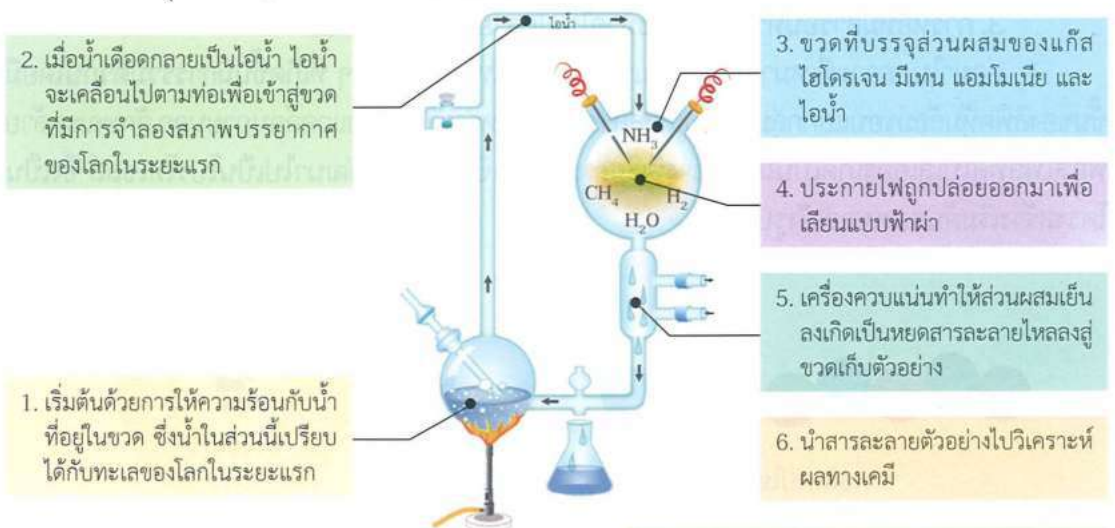
ในปี พ.ศ. 2463 อเล็กซานดร โอปาริน (Aleksandr Oparin) นักเคมีชาวรัสเซีย และ จอห์น ฮัลเดน (John Haldane) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ต่างตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการสังเคราะห์สารอินทรีย์ของโลกระยะแรกว่า สภาพบรรยากาศของโลกในยุคเริ่มต้นมีออกซิเจนน้อย เนื่องจากออกซิเจนเข้าไปรวมกับคาร์บอนและไฮโดรเจน เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งเป็นภาวะที่เกิดสารอินทรีย์ได้จาก

โมเลกุลที่มีอยู่ในบรรยากาศของโลก โดยพลังงานที่ใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์อาจมาจากฟ้าผ่าและรังสีอัลตราไวโอเล็ต ฮัลเดนกล่าวว่ามหาสมุทรช่วงระยะแรกของโลกเต็มไปด้วยสารละลายของสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นแหล่งที่คาดว่าจะมีเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น ดังรูป 23.5



รูป 23.5 การสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์

ในปี พ.ศ. 2496 สแตนเลย์ มิลเลอร์ (Stanley Miller) และแฮโรลด์ ยูเรย์ (Harold Urey) ได้ร่วมกันทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานของโอพารินและฮัลเดนโดยการจำลองภาวะที่นักวิทยาศาสตร์คิดว่าเป็นสภาพบรรยากาศของโลกในระยะแรก ดังรูป 23.6 จากผลการทดลองพบกรดแอมิโนที่สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตปัจจุบันและสารประกอบอินทรีย์อื่น



รูป 23.6 การทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์

ต่อมา มีนักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองตามการทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์แต่ใช้ส่วนผสมของสารอินทรีย์ในบรรยากาศที่แตกต่างกันซึ่งพบว่ามีการเกิดกรดอะมิโนชนิดอื่น รวมทั้งนิวคลีโอไทด์ของ RNA เกิดขึ้น

2. การเชื่อมต่อกันของสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่

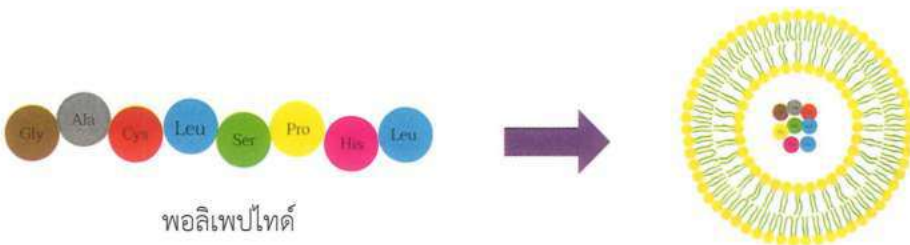
การเกิดสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดอะมิโน และไนโตรจีนัสเบส ไม่เพียงพอต่อการกำเนิดสิ่งมีชีวิต จากความรู้เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ทุกชนิดจะประกอบด้วยโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ เช่น เอนไซม์ โปรตีนชนิดอื่น และกรดนิวคลีอิก เพื่อใช้ในการจำลองตัวเองจากการศึกษาของจอห์น ซัทเธอร์แลนด์ (John Sutherland) และคณะ ในปี พ.ศ. 2552 สามารถสังเคราะห์พอลิเมอร์ของ RNA ที่ได้จากการหยดสารละลายกรดอะมิโน หรือ นิวคลีโอไทด์ของ RNA ลงบนทรายดิน หรือหินร้อน ผลการศึกษาพบว่าจะได้พอลิเมอร์ของกรดอะมิโนและ RNA ที่เกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องใช้เอนไซม์หรือโรโบโซม ดังรูป 23.7



รูป 23.7 การเกิดสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่

3. การห่อหุ้มสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นโปรโทเซลล์

ต่อมา ในสถานะที่เหมาะสมสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมีการรวมตัวกันโดยมีชั้นของลิพิดหุ้มล้อมรอบแยกกลุ่มของโมเลกุลสารอินทรีย์เหล่านั้นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ลักษณะคล้ายฟอสโฟลิพิดไบเลเยอร์เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียก เวสิเคิล ซึ่งต่อมากจะพัฒนาไปเป็นโปรโทเซลล์ ซึ่งเป็นโครงสร้างเริ่มต้นของเซลล์ ดังรูป 23.8



รูป 23.8 การห่อหุ้มสารโมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นโปรโทเซลล์

นักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์โปรโทเซลล์ขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ โดยนำสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น ลิพิด โปรตีน ใสลงในน้ำ โมเลกุลของสารมีการจัดเรียงตัวขึ้นใหม่เป็น 2 ชั้น คล้ายกับลิพิดไบเลเยอร์ (lipid bilayer) ของเยื่อหุ้มเซลล์ และพบว่า การเติมดินแร่ที่ได้จากการผุกร่อนของแร่ภูเขาไฟส่งผลทำให้เวสิเคิลเกิดเพิ่มมากขึ้น เวสิเคิลยังสามารถกักเก็บอนุภาคของดินแร่ที่มี RNA และโมเลกุลของสารอินทรีย์อื่นเข้าภายในได้ ซึ่งเวสิเคิลนี้สามารถเพิ่มจำนวนและขยายขนาดโดยที่ยังคงสภาพขององค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ภายใน จากการทดลองยังพบว่าเวสิเคิลที่มีเยื่อ 2 ชั้นมีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านและเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยใช้สารจากภายนอกได้

จากการทดลองจะเห็นว่าเวสิเคิลแสดงสมบัติของการมีชีวิตบางอย่างได้ เช่น การเพิ่มจำนวน การเกิดเมแทบอลิซึม และการรักษาสภาพขององค์ประกอบทางเคมีภายในเวสิเคิล

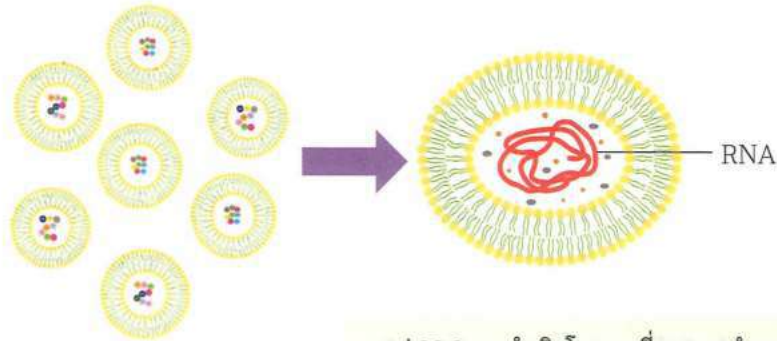
4. การกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองได้

ปัจจุบันทราบว่าในเซลล์สิ่งมีชีวิต โปรตีนถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากลำดับนิวคลีโอไทด์บน DNA ดังนั้นเซลล์จะไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้ถ้าปราศจาก DNA และกระบวนการจำลองของ DNA ก็ไม่สามารถเกิดได้ถ้าไม่มีโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์

สมมติฐานที่ยอมรับกันทั่วไปคือ ในวิวัฒนาการของชีวิตยุคเริ่มต้น RNA น่าจะเป็นสารพันธุกรรมที่เกิดขึ้นมาก่อน DNA ดังนั้นกำเนิดโมเลกุลหรือกระบวนการที่ทำให้เกิดการจำลองตัวเองของโมเลกุล เช่นที่เกิดขึ้นใน DNA น่าจะเกิดขึ้นในโมเลกุลของ RNA ก่อน อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้ยังมีคำถามเกิดขึ้นว่าเซลล์เริ่มต้นจะทำได้อย่างไรหากมีเพียง RNA โดยไม่มีเอนไซม์ จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2523 นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ RNA รูปแบบหนึ่งในไรโบโซม เรียก **ไรโบไซม์ (ribozyme)** ซึ่งทำหน้าที่ได้คล้ายเอนไซม์ที่เป็นโปรตีนในการจำลองตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ใด ๆ จากการค้นพบนี้จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์เริ่มมั่นใจว่าในเซลล์เริ่มต้นนั้น มีความเป็นไปได้ที่เกิดโมเลกุลของ RNA ที่เป็นได้ทั้งแม่แบบและทำหน้าที่เสมือนเป็นเอนไซม์ได้

ในปี พ.ศ. 2556 แจ็ค โซสเตก (Jack Szostak) และคณะ สามารถสร้างเวสิเคิลซึ่งภายในมี RNA แม่แบบที่สามารถจำลองตัวเองได้ ซึ่งการทดลองนี้เป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงว่า RNA สามารถจำลองตัวเองได้

เชื่อกันว่าในระยะแรกของโลกจะมีเวสิเคิลบางกลุ่มที่ภายในบรรจุไรโบโซมและ RNA แม่แบบที่มีรูปแบบเหมาะสมในการจำลองตัวเอง เวสิเคิลที่ได้จากการแบ่งและได้รับ RNA จากเวสิเคิลเดิมนั้นเรียกว่า โปรโทเซลล์ เมื่อเวลาผ่านไปโปรโทเซลล์จึงมีวิวัฒนาการเกิดเป็นเซลล์เริ่มแรกขึ้นมา ดังรูป 23.9



รูป 23.9 การกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองได้



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ❓ กระแสไฟฟ้าในการทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์เปรียบได้กับสิ่งใดในสภาพของโลกในระยะแรก
- ❓ จากการทดลองของมิลเลอร์และยูเรย์ เมื่อนำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ผลทางเคมี จะพบสารใดในสารละลายตัวอย่าง
- ❓ การทดลองใดที่นักวิทยาศาสตร์ทำเพื่อพิสูจน์ว่าสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กสามารถเชื่อมต่อกันเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิต
- ❓ โครงสร้างที่หุ้มล้อมรอบกลุ่มสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่คล้ายกับส่วนใดของเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน
- ❓ RNA ที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีได้ เรียกว่าอะไร และมีความสำคัญในสมมติฐานการกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองอย่างไร

เมื่อ RNA สามารถเข้าไปอยู่ภายในโปรโทเซลล์ นักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่าจะมีเหตุการณ์ที่ทำให้เกิด DNA ขึ้นได้เช่นกัน เช่น อาจมี RNA บางสายที่สร้างแม่แบบในการจำลอง DNA ได้ เป็นที่ทราบว่ามีโครงสร้างเป็นเกลียวคู่ซึ่งเป็นแหล่งบรรจุข้อมูลทางพันธุกรรมที่เสถียรกว่า RNA สายเดี่ยว ด้วยเหตุผลที่ว่า DNA สามารถจำลองตัวเองได้อย่างแม่นยำกว่า RNA ดังนั้นการเกิด DNA ขึ้นบนโลกอาจเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย **สิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นมีลักษณะอย่างไร**

23.2.2 กลุ่มโพรแคริโอต

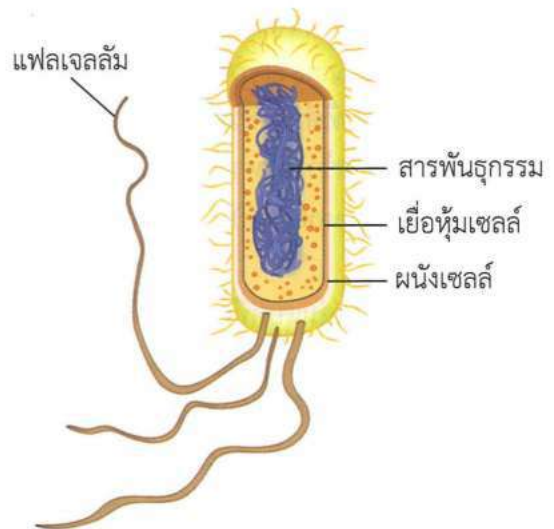
ร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นบนโลกในระยะแรก สามารถพบได้จากหินที่เกิดจากโพรแคริโอต (prokaryote) ยึดจับกับตะกอนเอาไว้ด้วยกัน เรียกว่า **สโตรมาโทไลต์** (stromatolite) ซึ่งมีอายุประมาณ 3,500 ล้านปี พบที่บริเวณชายฝั่งทะเลประเทศออสเตรเลีย

โพรแคริโอตบางกลุ่มมีวิวัฒนาการจนกระทั่งสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วสร้างแก๊สออกซิเจนได้ ซึ่งคาดว่าเป็กลุ่มของแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไซยาโนแบคทีเรีย ทำให้สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศเปลี่ยนแปลงจาก 1% เป็น 10% ซึ่งส่งผลกระทบต่อโพรแคริโอตที่ดำรงชีวิตอยู่ในช่วงนี้อย่างมาก โพรแคริโอตบางกลุ่มที่ปรับตัวไม่ได้จะสูญพันธุ์ไป ส่วนโพรแคริโอตที่ปรับตัวได้ก็จะมีชีวิตรอด สำหรับโพรแคริโอตที่อยู่ในแหล่งที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแก๊สออกซิเจนไม่จำเป็นต้องมีการปรับตัวและยังคงพบได้ในปัจจุบัน

โพรแคริโอตส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-5 μm เซลล์ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และไม่มีออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม สารพันธุกรรมอยู่ในไซโทพลาซึมเรียกว่า นิวคลีโออียด์ เซลล์ของโพรแคริโอตมีผนังเซลล์ซึ่งทำให้เซลล์คงรูปร่าง ช่วยป้องกันเซลล์ องค์ประกอบของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันสามารถใช้เป็นเกณฑ์จำแนก โพรแคริโอตแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย และอาร์เคีย

แบคทีเรีย

แบคทีเรีย (bacteria) มีขนาดเล็กมองเห็นด้วยตาเปล่า มีขนาดประมาณ 0.5-5 μm ผนังเซลล์มีสารเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบ แบคทีเรียหลายสปีชีส์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยโครงสร้าง เช่น แฟลเจลลัม ดังรูป 23.10 ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนใช้ฟอริลไมโทอินน์ เป็นกรดแอมิโนตัวแรกเสมอ มีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส 1 ชนิด



รูป 23.10 โครงสร้างของแบคทีเรีย



ipst.me/10805

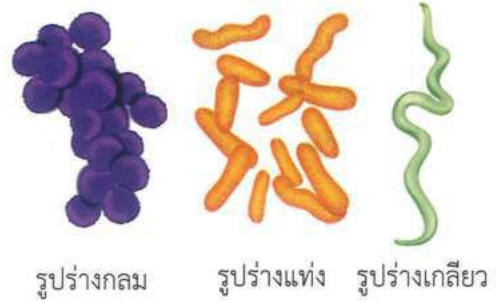


ipst.me/10816



ipst.me/10817

แบคทีเรียส่วนใหญ่พบอยู่เซลล์เดี่ยวหรืออาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือเป็นสาย รูปร่างมีหลายแบบ เช่น รูปร่างกลม รูปร่างแท่ง รูปร่างเกลียว ดังรูป 23.11 ส่วนใหญ่สืบพันธุ์โดยการแบ่งแยกตัว โดยเซลล์แบคทีเรียเซลล์ใหม่ที่ได้จากวิธีนี้จะมีลักษณะเหมือนเซลล์เดิม สามารถพบสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้ได้ทั้งในดิน น้ำ อากาศ อาหาร และในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่น พบได้ทั้งในน้ำเค็ม น้ำจืด น้ำกร่อย ธารน้ำแข็ง หรือน้ำพุร้อน



รูปร่างกลม

รูปร่างแท่ง

รูปร่างเกลียว

รูป 23.11 แบคทีเรียรูปร่างต่างๆ

นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรียยังมีกระบวนการเมแทบอลิซึมในการดำรงชีวิตที่หลากหลาย เช่น บางกลุ่มไม่สามารถสร้างอาหารได้โดยอาจได้อาหารจากการย่อยสลายหรือจากการดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิต บางกลุ่มสามารถสร้างอาหารได้โดยใช้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง บางกลุ่มสามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศได้

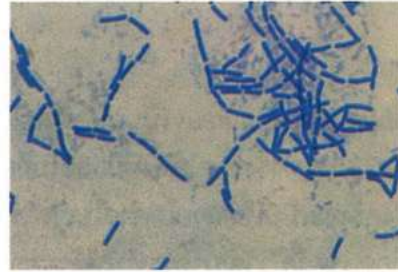
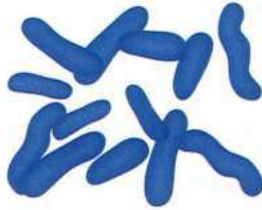
แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายสูง นอกจากนี้ยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับแหล่งที่อยู่ได้ดี ในการจำแนกแบคทีเรียพิจารณาได้หลายเกณฑ์ เช่น

- รูปร่าง แบ่งเป็น รูปร่างกลม (coccus) รูปร่างแท่ง (bacillus) รูปร่างเกลียว (spiral)
- ผนังเซลล์ แบ่งเป็น แกรมลบและแกรมบวก
- การดำรงชีวิตในที่ที่มีออกซิเจนแบ่งเป็น กลุ่มที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่มีออกซิเจน (obligate aerobe) กลุ่มที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่ไม่มีออกซิเจน (obligate anaerobe) กลุ่มที่ดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe)
- การสร้างอาหาร แบ่งเป็น สร้างอาหารเองได้ (autotroph) และสร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotroph)

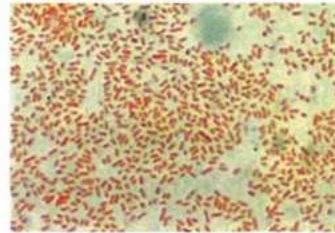
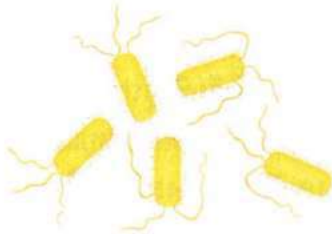
ตัวอย่างกลุ่มแบคทีเรีย มีดังนี้

Clostridium เป็นجينัสของแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างแท่ง แบคทีเรียส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่ไม่มีออกซิเจน สร้างอาหารเองไม่ได้ บางสปีชีส์สร้างสารพิษโบทูลินัมสามารถพบได้ในอาหารกระป๋องและหน่อไม้ปิ้งที่ปนเปื้อนเชื้อและมีการไล่อากาศออกหมดทำให้เกิดโรคโบทูลิซึม บางสปีชีส์สร้างสารพิษเททานัสทำให้เกิดโรคบาดทะยัก บางสปีชีส์มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน

Lactobacillus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างแท่ง ดังรูป 23.12 ดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน พบอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีสภาพเป็นกรดและแหล่งที่มีสารอาหารมากทั้งในอาหารพืช สัตว์ และมนุษย์ โดยในมนุษย์ทำหน้าที่สำคัญคือช่วยรักษาภาวะความเป็นกรดเพื่อป้องกันการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นภายในช่องคลอด *Lactobacillus* เป็นجينัสของแบคทีเรียที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกได้ บางสายพันธุ์ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมัก เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยว ผักดอง และชีส

รูป 23.12 *Lactobacillus*

Escherichia coli หรือ *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแท่ง ดังรูป 23.13 เป็นกลุ่มที่ดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน อาศัยอยู่ภายในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ สายพันธุ์ของ *E. coli* ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรค แต่บางสายพันธุ์ทำให้เกิดอาการท้องเสีย เกิดการติดเชื้อที่ทางเดินปัสสาวะ บางสายพันธุ์ทำให้มีการถ่ายเป็นเลือด เกิดภาวะที่เม็ดเลือดแดงถูกทำลายก่อนหมดอายุแล้วเข้าไปอุดตันกระบวนกรกรองของเสียในไตซึ่งอาจทำให้ไตวายได้

รูป 23.13 *Escherichia coli*

ไรโซเบียม (*Rhizobium*) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแท่ง ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่มีออกซิเจน ปกติดำรงชีวิตแบบอิสระแต่สามารถอาศัยอยู่ในปมรากพืชวงศ์ถั่ว ดังรูป 23.14 โดยไรโซเบียมทำหน้าที่ช่วยตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศมาสร้างเป็นสารประกอบไนโตรเจนในดิน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช



ipst.me/10803

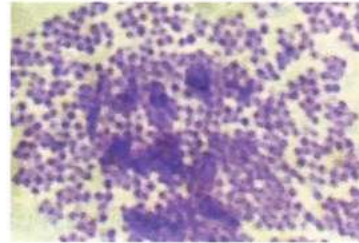


ipst.me/10814



รูป 23.14 ลักษณะปมรากแก้วที่มีโรโซเปียมเจริญอยู่

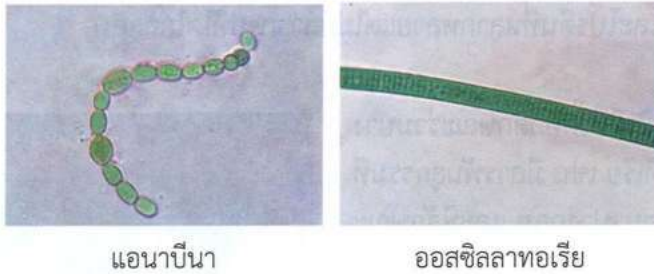
Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม เซลล์อยู่เป็นกลุ่มลักษณะคล้าย พวงองุ่น ดังรูป 23.15 ดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน ปกติพบได้บริเวณช่องจมูกและบนผิวหนังของมนุษย์ บางครั้งจะเป็นเชื้อฉวยโอกาสในเวลาที่ร่างกายอ่อนแอ เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง กระดูก และเลือด เชื้อนี้มีวิวัฒนาการทำให้ต้านยาปฏิชีวนะได้หลายชนิด โดยสายพันธุ์ที่สำคัญคือ methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) เมื่อติดเชื้อทำให้เกิดอาการที่รุนแรง และรักษาให้หายได้ยาก

รูป 23.15 *Staphylococcus aureus*

สไปโรคิต (spirochaete) เป็นชื่อที่ใช้เรียกกลุ่มแบคทีเรียที่มีรูปร่างเกลียว ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ สร้างอาหารเองไม่ได้ มีทั้งสปีชีส์ที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่มีออกซิเจนและสปีชีส์ที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่ไม่มีออกซิเจน ส่วนใหญ่มีการดำรงชีวิตแบบอิสระ บางสปีชีส์เป็นสาเหตุของโรค เช่น โรคซิฟิลิส (Syphilis) โรคฉี่หนู (Leptospirosis) โรคไลม์ (Lyme)

ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างอาหารได้ด้วยการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากมีสารสี เช่น คลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน อยู่ที่เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ มีผนังเซลล์แบบแกรมลบ รูปร่างมีทั้งแบบที่เป็นเซลล์เดี่ยวและเป็นสาย ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่มีออกซิเจน พบในแหล่งที่อยู่ที่หลากหลายทั้งบนบก และในแหล่งน้ำจืด น้ำเค็ม บางสปีชีส์พบในบ่อน้ำพุร้อน และบนธารน้ำแข็ง จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ทำให้นักวิทยาศาสตร์คาดคะเนได้ว่า ไซยาโนแบคทีเรียทำให้

ออกซิเจนในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นในระยะแรกของโลกและก่อให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่หายใจโดยใช้ออกซิเจน ไชยาโนแบคทีเรียเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในระบบนิเวศและบางชนิดสามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศให้เป็นสารประกอบไนเตรตได้ เช่น แอนาบีนา (*Anabaena*) และออสซิลลาทอเรีย (*Oscillatoria*) ดังรูป 23.16



แอนาบีนา

ออสซิลลาทอเรีย

รูป 23.16 ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย

ไมโคพลาสมา (mycoplasma) เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่มีผนังเซลล์ มีเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยชั้นของลิพิดประเภทสเตอรอล (สเตอรอยด์แอลกอฮอล์) ที่ช่วยให้เซลล์ของไมโคพลาสมาทนต่อการสลายตัว เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1-1.0 μm ดังรูป 23.17 บางสปีชีส์มีการดำรงชีวิตแบบอิสระอยู่ในดิน เป็นกลุ่มที่ดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน บางสปีชีส์เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคปอดบวม และโรคติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ



รูป 23.17 ไมโคพลาสมาที่เจริญอยู่บนเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของมนุษย์

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าแบคทีเรียมีความหลากหลายทั้งในเรื่องของรูปร่าง หน้าที่ และแหล่งที่อยู่ แบคทีเรียจะมีบทบาทสำคัญทางนิเวศวิทยาโดยจะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่น ในหลายรูปแบบ เช่น ภาวะพึ่งพากัน ภาวะอิงอาศัย ภาวะปรสิต มนุษย์ยังนำแบคทีเรียมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ใช้ประโยชน์จากการเป็นผู้สลายสารอินทรีย์ โดยนำมาใช้ในการกำจัดขยะ ใช้ในการสลายคราบน้ำมัน

บริเวณชายฝั่งและในทะเล รวมทั้งใช้ในการกำจัดสารเคมีตกค้างจากการเกษตร นอกจากนี้ยังนำมาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปอาหารหลายชนิด เช่น น้ำส้มสายชู ปลาาร้า ผักดอง ปลาต้ม นมเปรี้ยว และชีส

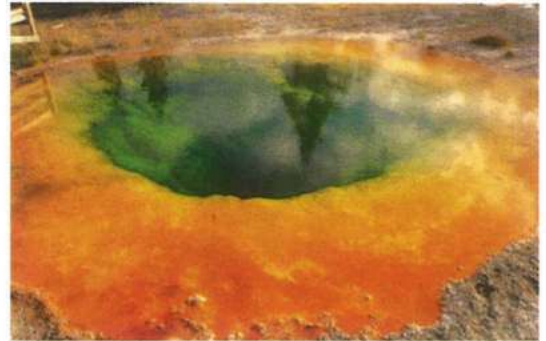
อาร์เคีย

สิ่งมีชีวิตกลุ่มอาร์เคีย (Archaea) เป็นโพรแคริโอตที่ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์ และโปรตีนที่หลากหลายแต่ไม่มีสารเพปทิโดไกลแคน



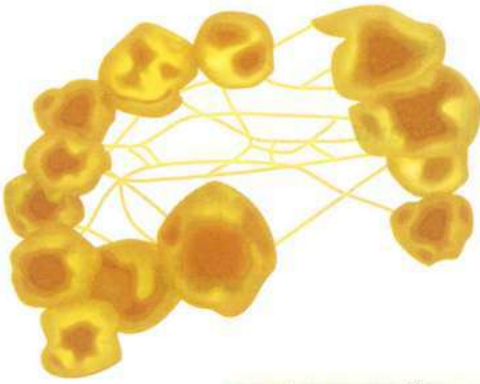
ipst.me/10820

อาร์เคียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะร่วมบางอย่างที่คล้ายกับแบคทีเรีย เช่น มีสารพันธุกรรมที่ไม่มีเยื่อหุ้ม มีโครโมโซมรูปวงกลม และมีลักษณะร่วมบางอย่างของอาร์เคียกับสิ่งมีชีวิตในกลุ่มยูแคริโอต (eukaryote) เช่น มีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสหลายชนิด ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนใช้เมไทโอนีนเป็นกรดแอมิโนตัวแรกเสมอ อาร์เคียสามารถดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตบางชนิดเท่านั้นที่สามารถอยู่ได้ เช่น ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงมาก ดังรูป 23.18 ในทะเลที่มีน้ำเค็มจัด ในบริเวณที่มีความเป็นกรดสูง และในบริเวณทะเลลึก นอกจากนี้ยังพบได้ในสภาพแวดล้อมทั่วไป



รูป 23.18 บ่อน้ำที่เยลโลสโตนซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากที่มีสิ่งมีชีวิตกลุ่มอาร์เคียอยู่

อาร์เคียบางกลุ่มปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่สภาพแวดล้อมได้ เรียกว่า เมทาโนเจน (methanogen) ดังรูป 23.19 เมทาโนเจนหลายสปีชีส์เป็นสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ไม่มีออกซิเจน แต่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการออกซิโดซีไฮโดรเจนในการสร้างพลังงานใช้ภายในเซลล์และปลดปล่อยมีเทนออกมา ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานและสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมบางชนิด เมทาโนเจนบางสปีชีส์อาศัยอยู่ภายในสิ่งมีชีวิตในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน เช่น ลำไส้วัว ปลวก และสัตว์กินพืช ทำหน้าที่ช่วยเกี่ยวกับกระบวนการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการช่วยย่อยสลายขยะอีกด้วย เมทาโนเจนนอกจากพบในสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตบางชนิดเท่านั้นที่สามารถอยู่ได้ ยังพบว่าอาศัยได้ในสิ่งแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำ เช่น นาข้าวที่มีน้ำขัง หนองน้ำ



รูป 23.19 เมทาโนเจน

จากที่กล่าวไปตอนต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับออกซิเจนบนโลกที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของโพรแคริโอต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้นำไปสู่วิวัฒนาการของการเกิดเซลล์ยูแคริโอต เซลล์โพรแคริโอตมีวิวัฒนาการไปเป็นเซลล์ยูแคริโอตได้อย่างไร



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ? แบคทีเรียและอาร์เคียแตกต่างกันอย่างไร
- ? ยกตัวอย่างประโยชน์และโทษของแบคทีเรียและอาร์เคียที่มีต่อระบบนิเวศและมนุษย์

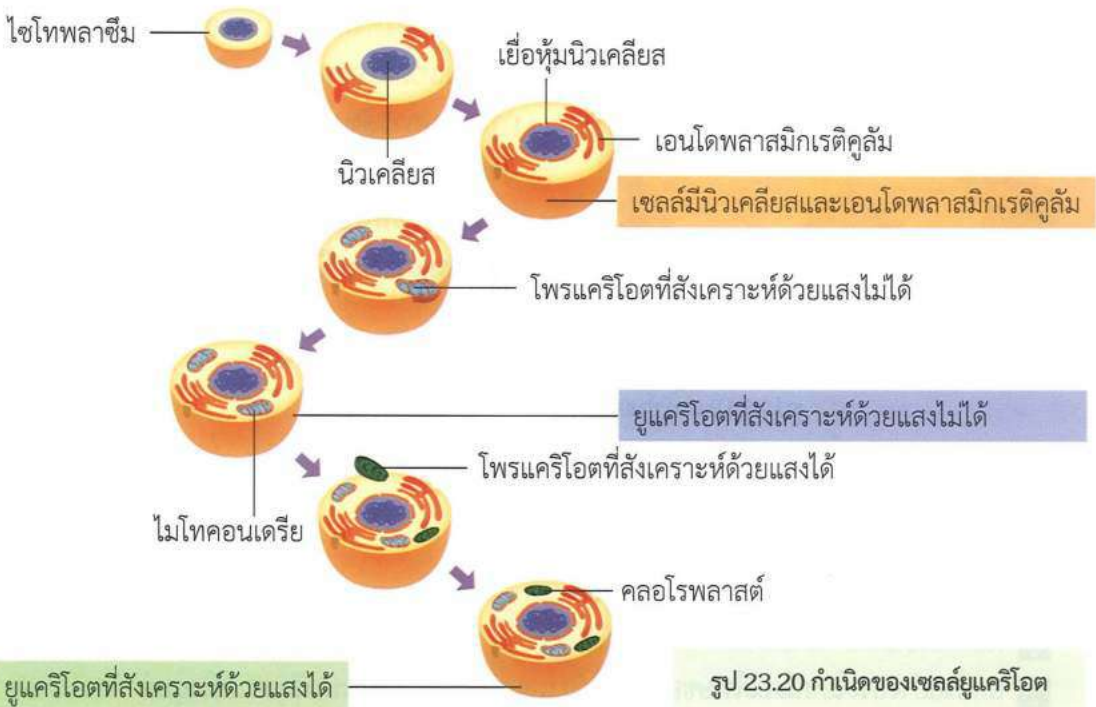
23.2.3 กลุ่มยูแคริโอต

กำเนิดเซลล์ยูแคริโอต

ลักษณะที่เด่นชัดของเซลล์ยูแคริโอต คือ มีสารพันธุกรรมอยู่ในนิวเคลียส นอกจากนี้ในเซลล์ยูแคริโอตยังพบออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม เช่น ไมโทคอนเดรีย คลอโรพลาสต์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

ปัจจุบันมีหลักฐานสนับสนุนว่าเซลล์ยูแคริโอตเกิดขึ้นจากเซลล์โพรแคริโอตเข้าไปอาศัยอยู่ในเซลล์โพรแคริโอตอีกเซลล์หนึ่ง โดยเริ่มจากเยื่อหุ้มเซลล์โพรแคริโอตเจริญเข้าไปในเซลล์ล้อมรอบสารพันธุกรรมแล้วพัฒนาไปเป็นเยื่อหุ้มนิวเคลียสและบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

ส่วนการเกิดไมโทคอนเดรียมาจากเซลล์ที่ปรากฏเยื่อหุ้มนิวเคลียสกินโพรแคริโอตที่สามารถใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตเข้าไปแต่ไม่ถูกย่อยและเกิดภาวะอยู่ร่วมภายใน (endosymbiosis) แล้วจึงเปลี่ยนสภาพขึ้นมาเป็นไมโทคอนเดรียในที่สุดได้เป็นเซลล์ยูแคริโอต ส่วนคลอโรพลาสต์เกิดขึ้นมาภายหลังจากการเกิดภาวะอยู่ร่วมภายในระหว่างเซลล์ยูแคริโอตกับเซลล์โพรแคริโอตที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ ดังรูป 23.20



- มีหลักฐานมากมายที่สนับสนุนสมมติฐานของกำเนิดเซลล์ยูแคริโอตจากเซลล์โพรงแคโรติด เช่น
- เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรียและพลาสทิดมีเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการลำเลียงสารผ่านเซลล์ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียที่พบในปัจจุบัน
 - ไมโทคอนเดรียและพลาสทิดเพิ่มจำนวนได้จากการแบ่งตัว และยังมี DNA ที่มีโครงสร้างคล้าย DNA ของแบคทีเรีย
 - ไมโทคอนเดรียและพลาสทิดมีไรโบโซมที่คล้ายกับไรโบโซมของแบคทีเรียมากกว่าไรโบโซมในไซโทพลาซึม

จากวิวัฒนาการการเกิดเซลล์เริ่มแรกได้เป็นเซลล์โพรงแคโรติดและเซลล์ยูแคริโอตเซลล์เดียวตามลำดับ หลังจากนั้นยูแคริโอตเซลล์เดียวบางกลุ่มได้วิวัฒนาการต่อไปจนเกิดเป็นยูแคริโอตที่ประกอบด้วยหลายเซลล์ซึ่งมีทั้งสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ สิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มมีลักษณะอย่างไรและมีความสำคัญหรือบทบาทต่อระบบนิเวศและมนุษย์อย่างไร

โพรทิสต์

โพรทิสต์ (protist) เป็นกลุ่มยูแคริโอตที่มีความหลากหลายสูง ลักษณะที่ปรากฏ โครงสร้างเซลล์ การเจริญเติบโต การดำรงชีวิต วัฏจักรชีวิตและการสืบพันธุ์มีรูปแบบที่แตกต่างกันไปเป็นอย่างมาก แม้จะมีความหลากหลายสูง แต่โพรทิสต์ขาดลักษณะสำคัญบางประการที่ทำให้ไม่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มพืช ฟังไจและสัตว์ เช่น ไม่มีระยะเอ็มบริโอซึ่งต่างไปจากพืชและสัตว์ หรือไม่มีผนังเซลล์ที่มีไคตินเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของฟังไจ โพรทิสต์มีลักษณะอย่างไรและประกอบด้วยกลุ่มใดบ้าง จะศึกษาได้จากกิจกรรม 23.2



กิจกรรม 23.2 สิ่งมีชีวิตจากแหล่งน้ำ

จุดประสงค์

1. ศึกษาลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่สังเกตเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงและบันทึกลักษณะที่สังเกตเห็นได้
2. ระบุชื่อสิ่งมีชีวิตหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบ และเปรียบเทียบลักษณะหรือโครงสร้างที่สังเกตเห็น

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
2. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
3. บีกเกอร์ขนาด 250 mL
4. หลอดหยด
5. เข็มเขี่ย

วิธีการทำกิจกรรม

1. ใช้บีกเกอร์ตักน้ำและสาหร่าย เช่น สไปโรไจรา ในโรงเรียนหรือบริเวณใกล้เคียงมาศึกษา สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยใช้หลอดหยดดูดน้ำจากบีกเกอร์มาหยดลงบนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วาดรูปหรือบันทึกรูปที่เห็น ภายใต้กล้อง และการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตนั้นพร้อมระบุกำลังขยายที่ใช้
2. สืบค้นข้อมูลเพื่อระบุชื่อหรือกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่พบ โดยการเปรียบเทียบลักษณะ รูปร่าง โครงสร้างที่สังเกตเห็น และลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตนั้นกับลักษณะของโพรทิสต์ จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

คำถามท้ายกิจกรรม

- ❓ สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ที่พบมีขนาดเป็นอย่างไร และสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้หรือไม่
- ❓ สิ่งมีชีวิตที่พบมีลักษณะสำคัญอย่างไร
- ❓ สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ที่พบเคลื่อนที่ได้หรือไม่ ถ้าเคลื่อนที่ได้มีโครงสร้างใดช่วยในการเคลื่อนที่

จากการทำกิจกรรมอาจพบโพรทิสต์ที่เป็นเซลล์เดี่ยว เช่น พารามีเซียม ยูกลีนา ที่อยู่รวมกันเป็นโคโลนี เช่น วอลวอกซ์ หรือเซลล์ต่อกันเป็นสาย เช่น สไปโรไจรา จนกระทั่งเกิดเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้นแสดงลักษณะที่เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ชัดเจน เช่น สาหร่ายไฟ เซลล์ของโพรทิสต์โดยเฉพาะพวกที่เป็นเซลล์เดี่ยว มักมีโครงสร้างหรือออร์แกเนลล์พิเศษที่ไม่พบในยูแคริโอตกลุ่มอื่น เช่น คอนแทร็กไทล์แวคิวโอลที่ทำหน้าที่ขับน้ำออกจากเซลล์ หรือพูดแวคิวโอลซึ่งทำหน้าที่บรรจุและย่อยอาหาร

โพรทิสต์บางกลุ่มสร้างอาหารเองได้ เช่น สาหร่ายชนิดต่างๆ ซึ่งจะพบคลอโรพลาสต์ โพรทิสต์บางกลุ่มสร้างอาหารเองไม่ได้ เช่น พารามีเซียม อะมีบา ต้องได้รับอาหารในรูปสารอินทรีย์จากภายนอก อาจจะด้วยวิธีการกินในรูปแบบต่างๆ หรือใช้วิธีการดูดซึมโมเลกุลของสารอินทรีย์เข้าไป นอกจากนี้ ยังมีโพรทิสต์บางพวกที่นอกจากจะสร้างอาหารได้เองแล้ว ยังสามารถรับอาหารจากภายนอกได้อีกด้วย เมื่อเกิดภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น ยูกลีนา

โพรทิสต์ส่วนใหญ่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่น การแบ่งแยกตัว และมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การดำรงชีวิตมีทั้งแบบอิสระ แบบภาวะพึ่งพากัน หรือแบบภาวะปรสิต กลุ่มที่ดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิตบางชนิดทำให้เกิดโรค เช่น โรคมาลาเรีย โพรทิสต์พบได้ทั่วไปทั้งบนบก แหล่งน้ำจืด และแหล่งน้ำเค็ม โพรทิสต์อาจเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยโครงสร้างที่เรียกว่า ซีเลีย แฟลเจลลัม หรือเท้าเทียม

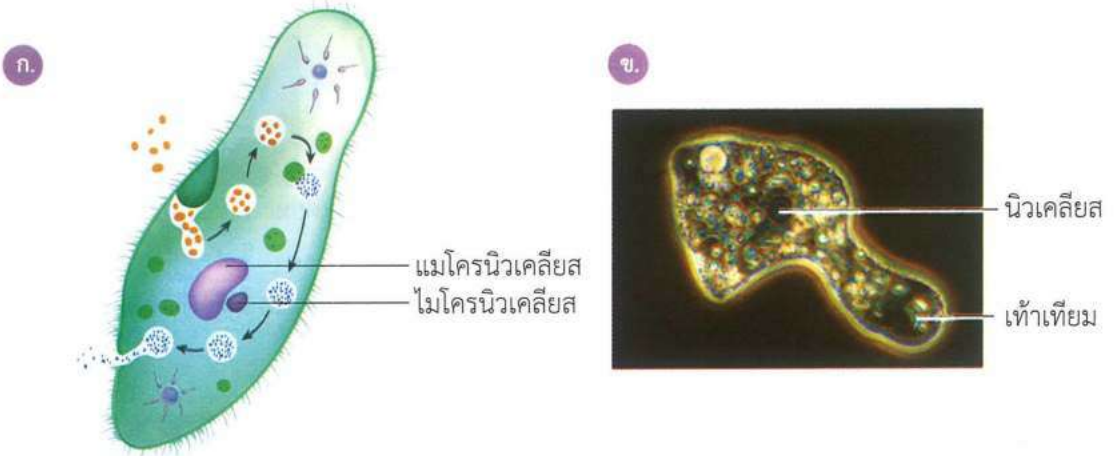
โพรทิสต์อาจจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ใหญ่ๆ คือ กลุ่มโพรโทซัว กลุ่มสาหร่าย และกลุ่มโพรทิสต์ที่คล้ายรา

● กลุ่มโพรโทซัว

โพรโทซัว (protozoa) เป็นโพรทิสต์ที่มีความหลากหลายสูงมาก ลักษณะเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยวที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ต้องกินอาหารหรือรับสารอินทรีย์จากภายนอกแล้วเกิดการย่อยอาหารภายในเซลล์ เช่น พารามีเซียม อะมีบา

พารามีเซียมเป็นโพรโทซัวที่พบได้ในแหล่งน้ำจืด ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นอิสระ มีซีเลียรอบเซลล์ช่วยในการเคลื่อนที่ ลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งคือ มีนิวเคลียส 2 ขนาด นิวเคลียสขนาดใหญ่เรียกแมโครนิวเคลียสมี 1 นิวเคลียส และนิวเคลียสขนาดเล็กเรียกไมโครนิวเคลียสมีหลายนิวเคลียส มีคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล และพูดแวคิวโอล ดังรูป 23.21 ก.

อะมีบามีรูปร่างไม่แน่นอน พบได้ทั้งในดิน แหล่งน้ำจืด และแหล่งน้ำเค็ม ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นอิสระ เคลื่อนที่โดยใช้เท้าเทียม มี 1 นิวเคลียส ดังรูป 23.21 ข. อะมีบบางชนิดทำให้เกิดโรคบิดในมนุษย์



รูป 23.21 ตัวอย่างโพรทิสต์ที่แสดงโครงสร้างต่างๆ

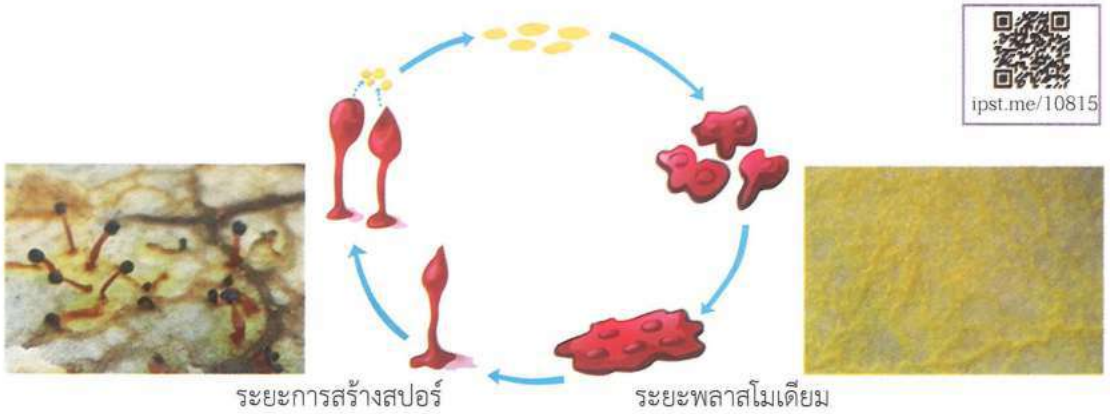
- ก. รูปร่างพารามีเซียม แสดงแมโครนิวเคลียส และไมโครนิวเคลียส
ข. รูปถ่ายอะมีบา แสดงนิวเคลียส และเท้าเทียม

● กลุ่มโพรทิสต์ที่คล้ายรา

โพรทิสต์ที่คล้ายรา (fungus-like protist) เป็นโพรทิสต์ที่สร้างอาหารเองไม่ได้ มีลักษณะภายนอกและการดำรงชีวิตคล้ายรา แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ ราน้ำ (water mold) และราเมือก (slime mold)

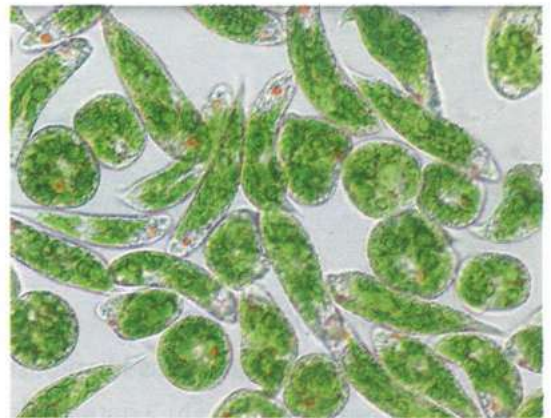
ราน้ำมักพบเจริญบนซากของสัตว์น้ำหรือแมลงที่พบในแหล่งน้ำจืด ลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายเส้นใยรา ราน้ำจะย่อยสลายซากสัตว์แล้วดูดซึมเข้าไป

ราเมือกมักพบในบริเวณที่ชื้นแฉะ บนใบไม้เน่า หรือขอนไม้ผุ บางระยะของการเจริญเติบโตจะเป็นเซลล์เดี่ยว แต่ในบางระยะจะมีลักษณะคล้ายเมือกที่มีเส้นใยแตกแขนงสานกันคล้ายร่างแห เรียกว่าระยะพลาสโมเดียม (plasmodium) ส่วนใหญ่มีสีเหลือง หรือส้ม ซึ่งเป็นระยะที่เห็นราเมือกได้ง่าย เมื่อถึงระยะสร้างสปอร์ พลาสโมเดียมจะสร้างโครงสร้างที่สร้างสปอร์เจริญยึดขึ้นมา ทำให้มีลักษณะคล้ายฟรุติติงบอดี (fruiting body) ของฟังไจ ดังรูป 23.22 ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ในอดีตราเมือกเคยถูกจัดให้เป็นฟังไจ ราเมือกกินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แบคทีเรีย สาหร่าย โดยฟาโกไซโทซิส



รูป 23.22 วงจรชีวิตของราเมือก

อย่างไรก็ตามโพรทิสต์บางกลุ่ม เช่น ยูกลีนา ดังรูป 23.23 มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างการเป็นสาหร่ายและโพรโทซัว คือ สังเคราะห์ด้วยแสงได้เหมือนสาหร่าย และกินอาหารได้เหมือนโพรโทซัว ยูกลีนาจึงมักถูกจำแนกไว้ในโพรทิสต์ทั้ง 2 กลุ่ม



รูป 23.23 ยูกลีนา

● กลุ่มสาหร่าย

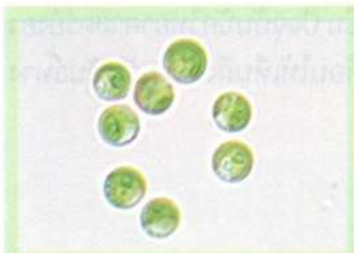
สาหร่าย (algae) เป็นโพรทิสต์ที่สร้างอาหารเองได้ด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มีความหลากหลายสูงเช่นเดียวกับโพรโทซัว พบได้ทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยว เป็นโคโลนี เป็นสายที่อาจแยกแขนงหรือไม่แยกแขนง หรือมีพัฒนาการเกิดเป็นโครงสร้างส่วนต่างๆ ที่เห็นได้ชัดเจน ส่วนใหญ่พบตามแหล่งน้ำทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม แต่พบชนิดที่อยู่บนบกได้เช่นกัน สาหร่ายเซลล์เดี่ยว หรือพวกที่เป็นโคโลนีมักเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแฟลเจลลัม ส่วนสาหร่ายหลายเซลล์มักไม่เคลื่อนที่ มีโครงสร้างที่ยึดติดอยู่กับพื้นท้องน้ำ สาหร่ายสร้างอาหารเองได้โดยอาศัยพลาสทิด เช่น คลอโรพลาสต์ ซึ่งลักษณะและโครงสร้างของพลาสทิดจะแตกต่างกันไปในสาหร่ายแต่ละกลุ่มย่อย

สาหร่ายมีคลอโรฟิลล์ เอ เป็นสารสีที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่นเดียวกับพวกไซยาโนแบคทีเรีย แต่จะมีคลอโรฟิลล์ในรูปอื่น รวมทั้งสารสีชนิดอื่น ๆ ที่แตกต่างกันไปในสาหร่ายแต่ละกลุ่มย่อย เช่น



- สาหร่ายสีเขียว (green algae) เช่น คลอเรลลา สาหร่ายไฟ สไปโรไจรา ดังรูป 23.24 พบคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีนอยด์
- สาหร่ายสีแดง (red algae) เช่น เซอราเนียม (*Ceranium*) จิฉ่าย ดังรูป 23.24 พบคลอโรฟิลล์ เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน
- ไดอะตอม (diatom) และสาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae) เช่น เคลป์ (kelp) สาหร่ายทุ่น (*Sargassum*) พาตินา (*Padina*) ดังรูป 23.24 พบคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ ซี และแคโรทีนอยด์

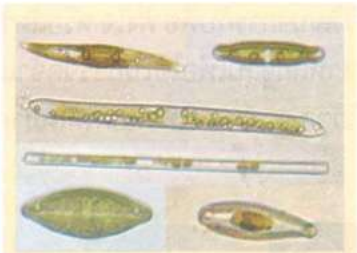
การสืบพันธุ์พบทั้งแบบไม่อาศัยเพศและแบบอาศัยเพศ ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างกันไปสาหร่ายแต่ละกลุ่มย่อย



คลอเรลลา



เซอราเนียม



ไดอะตอม



สาหร่ายไฟ



จิฉ่าย



สาหร่ายทุ่น

สาหร่ายสีเขียว

สาหร่ายสีแดง

ไดอะตอม
และสาหร่ายสีน้ำตาล

รูป 23.24 สาหร่ายกลุ่มต่างๆ

โพรทิสต์มีความสัมพันธ์ในรูปแบบที่หลากหลายกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เช่น มีการดำรงชีวิตแบบภาวะพึ่งพากัน เช่น โพรทิสต์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ปลวกจะสร้างเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสในไม้ให้กับปลวกหรือแบบภาวะปรสิต เช่น โพรทิสต์ที่อาศัยอยู่ที่ผิวของปลาจะกินผิวของปลาจนปลาตาย จะเห็นว่าการดำรงชีวิตของโพรทิสต์จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่โพรทิสต์ชนิดนั้นมีความสัมพันธ์ด้วย และอาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่ นั้น สำหรับโพรทิสต์ที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้จัดเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำเพราะโพรทิสต์กลุ่มนี้จะเป็นแหล่งอาหารที่อยู่ฐานล่างสุดของสายใยอาหาร ดังนั้นปัจจัยใดก็ตามที่มีผลกระทบต่อโพรทิสต์กลุ่มนี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำด้วย

นอกจากนี้มนุษย์ยังนำโพรทิสต์กลุ่มสาหร่ายมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย เช่น ใช้สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีแดงบางชนิดมาเป็นอาหาร หรือการใช้ประโยชน์จากผนังเซลล์ของไดอะตอมซึ่งมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบโดยนำมาทำไส้กรองน้ำและสารขัดโลหะ

การศึกษาด้านชีววิทยาโมเลกุลทำให้ทราบว่า โพรทิสต์บางพวกมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดทางวิวัฒนาการกับพืช ฟังไจ หรือสัตว์มากกว่าโพรทิสต์ด้วยกันที่อยู่ในกลุ่มอื่น ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยังคงหาหลักฐานเพื่อใช้ในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในกลุ่มโพรทิสต์เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของโพรทิสต์ให้ได้มากที่สุด



ตรวจสอบความเข้าใจ

1. ? ให้นักเรียนบอกลักษณะสำคัญที่มักพบในโพรทิสต์แต่ละกลุ่ม
2. ? จงยกตัวอย่างกรณีที่ปัจจัยบางอย่างในระบบนิเวศแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรโพรทิสต์ รวมทั้งมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น
3. ? ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำโพรทิสต์มาใช้ประโยชน์ของมนุษย์

พืช

พืช (plant) เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่มีเนื้อเยื่อ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ พืชระยะเอ็มบริโอ เซลล์มีผนังเซลล์ที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ พืชส่วนใหญ่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ พืชแบ่งได้เป็นกี่กลุ่มและแต่ละกลุ่มมีลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

พืชแบ่งตามการมีเนื้อเยื่อทอลำเลียงได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พืชไม่มีทอลำเลียง และพืชมีทอลำเลียง

พืชไม่มีทอลำเลียง

พืชไม่มีทอลำเลียงหรือไบรโอไฟต์ (bryophyte) เป็นพืชที่ไม่มีเนื้อเยื่อทอลำเลียง แกมีโทไฟต์ (gametophyte) เป็นระยะที่เด่น พบเห็นได้ทั่วไป มีไรซอยด์ (rhizoid) ดังรูป 23.25 ทำหน้าที่ยึดเกาะ ดูดน้ำและธาตุอาหาร สปอโรไฟต์ (sporophyte) เจริญบนแกมีโทไฟต์ตลอดชีวิต



รูป 23.25 ไรซอยด์

พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ มอส ลิเวอร์เวิร์ท และฮอร์นเวิร์ท ดังรูป 23.26 มีประมาณ 20,000 สปีชีส์ แกมีโทไฟต์ของมอส (รวมทั้งลิเวอร์เวิร์ทบางชนิด) มีลักษณะเป็นต้นที่มีโครงสร้างคล้ายใบ แต่ของลิเวอร์เวิร์ทและฮอร์นเวิร์ทมีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียว ระยะสปอโรไฟต์มีรูปร่างแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด แต่มีโครงสร้างหลักคล้ายกัน คือส่วนที่ฝังลงในเนื้อเยื่อของแกมีโทไฟต์ เรียกพุด (foot) ทำหน้าที่ยึดกับแกมีโทไฟต์ ดึงน้ำและอาหารจากแกมีโทไฟต์ ส่วนที่ทำหน้าที่ชูอับสปอร์เรียกก้านชูอับสปอร์ (seta) และส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสปอร์เรียกอับสปอร์ (sporangium)

ไบรโอไฟต์ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก มักพบอยู่กันเป็นกลุ่มในแหล่งที่อยู่ที่มีสภาพความชื้นสูง พบได้ทั้งบนดิน หิน หรือเป็นพืชอิงอาศัย การปฏิสนธิอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้สเปิร์มเคลื่อนที่ไปผสมกับเซลล์ไข่



รูป 23.26 ตัวอย่างพืชในกลุ่มไบรโอไฟต์



รู้หรือไม่

โครงสร้างระยะสปอโรไฟต์ของลิเวอร์เวิร์ทบางชนิดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยอยู่บนโครงสร้างที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียซึ่งเป็นส่วนของแกมีโทไฟต์ เมื่อสเปิร์มผสมกับเซลล์ไข่ที่อยู่ในโครงสร้างที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียแล้ว สปอโรไฟต์จะเจริญเติบโตอยู่ภายใต้โครงสร้างนั้น โครงสร้างของสปอโรไฟต์ประกอบด้วยส่วนที่ยึดกับแกมีโทไฟต์ ก้านชูอับสปอร์ที่สั้น และอับสปอร์ ดังรูป



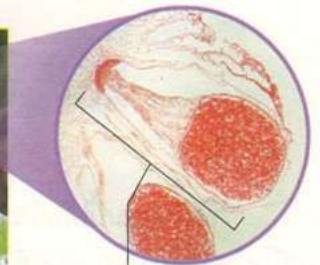
แกมีโทไฟต์

โครงสร้างที่สร้าง
เซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย

โครงสร้างที่สร้าง
เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้



แกมีโทไฟต์



สปอโรไฟต์

พืชมีท่อลำเลียง

พืชมีท่อลำเลียงหรือเทรคีโอไฟต์ (tracheophyte) มีระยะสปอโรไฟต์เด่นและมีเนื้อเยื่อท่อลำเลียง มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง แกมีโทไฟต์มีขนาดเล็กและมีช่วงชีวิตสั้นกว่าสปอโรไฟต์ ปัจจุบันจากหลักฐานทางชีววิทยาโมเลกุลพบว่าพืชมีท่อลำเลียงมีวิวัฒนาการแยกออกเป็น 2 พวก คือไลโคไฟต์และยูฟิลโลไฟต์

• ไลโคไฟต์

ไลโคไฟต์ (lycophyte) พบเจริญอยู่บนดินหรือเป็นพืชอิงอาศัย มีประมาณ 1,200 สปีชีส์ มีใบแบบไลโคฟิลล์ (lycophyll) ซึ่งเป็นใบที่มีขนาดเล็ก มีเส้นใบ 1 เส้น ที่ไม่มีการแยกแขนง เส้นใบอาจยาวจรดปลายใบหรือสั้นมาก ดังรูป 23.27 พัฒนาการของแผ่นใบมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณโคนใบ สร้างสปอร์แบบเดี่ยว เช่น จินัสไลโคไฟเตียม (*Lycopodium*) (ยกเว้นพืชจินัสซีแลกจินเนลลา (*Selaginella*) และจินัสไอโซอีเทส (*Isoetes*)) การปฏิสนธิยังอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้สเปิร์มเคลื่อนที่เข้าผสมกับเซลล์ไข่

พืชกลุ่มไลโคไฟต์ที่พบได้บ่อยในประเทศไทย คือ พืชจินัสซีแลกจินเนลลา เช่น ดินตุ๊กแก และจินัสไลโคไฟเตียม เช่น สามร้อยยอด พืชสองกลุ่มนี้มีการแตกกิ่งแบบแยกสองแฉก (dichotomous) ที่ปลายกิ่งมีโครงสร้างที่เกิดจากกลุ่มของใบที่สร้างอับสปอร์ เรียก **สโตรบิลัส** (strobilus) อับสปอร์เกิดที่บริเวณโคนใบ

พืชจินัสไอโซอีเทส เช่น กระจี้มน้ำ ดังรูป 23.27 เป็นไลโคไฟต์อีกกลุ่มหนึ่งแต่พบได้ยากในปัจจุบัน ลักษณะที่เห็นโดยทั่วไปเป็นกอค่ายกอกระเทียมขนาดเล็ก ใบคล้ายใบกระเทียม ซึ่งต่างจากจินัสซีแลกจินเนลลากับไลโคไฟเตียมมาก



ใบแบบไลโคฟิลล์



ซีแลกจินเนลลา



ไลโคไฟเตียม



ไอโซอีเทส

รูป 23.27 ตัวอย่างพืชในกลุ่มไลโคไฟต์

• ยูฟิลโลไฟต์

ยูฟิลโลไฟต์ (euphyllophyte) เป็นพืชที่มีใบแบบยูฟิลล์ (euphyll) ซึ่งเป็นใบมีเส้นใบมากกว่า 1 เส้น และมีการแยกแขนงภายในแผ่นใบ ดังรูป 23.28 พัฒนาการของแผ่นใบมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณปลายใบและขอบใบ แบ่งย่อยต่อไปได้เป็น 2 กลุ่มย่อยคือ **โมนิโลไฟต์** (monilophyte) ซึ่งไม่สร้างเมล็ด และ **สเปอร์มาโทไฟต์** (spermatophyte) ซึ่งสร้างเมล็ด

โมนิไลไฟต์

โมนิไลไฟต์พบได้ทั้งบนดิน หิน เป็นพืชอิงอาศัย บางชนิดพบอาศัยในน้ำหรือที่ชื้นแฉะ การปฏิสนธิยังต้องอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้สเปิร์มเคลื่อนที่ไปผสมกับเซลล์ไข่ มีทั้งลำต้นใต้ดินและลำต้นเหนือดิน มีขนาดเล็กไปจนถึงเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่สปอโรไฟต์สร้างสปอร์แบบเดียว (ยกเว้นพวกเฟิร์นน้ำ) มีจำนวนประมาณ 12,000 สปีชีส์ พืชในกลุ่มนี้ที่มีจำนวนมากที่สุดและพบได้บ่อยคือเฟิร์น (fern) นอกจากนี้ยังรวมถึงพืชกลุ่มหญ้านอดปล้อง (*Equisetum*) และกลุ่มหวายทะนอย (*Psilotum*) ดังรูป 23.28 ด้วย

เฟิร์นมีใบที่พัฒนาสมบูรณ์ มักมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน ใบอ่อนม้วนงอจากปลายใบสู่โคนใบ สร้างอับสปอร์จำนวนมากเกิดเป็นกลุ่มเรียก **ซอรัส** (sorus) ที่ด้านล่างของแผ่นใบ

พืชกลุ่มหญ้านอดปล้อง ลำต้นเหนือดินมีข้อปล้องชัดเจน มีการแตกกิ่งจากตาข้าง โครงสร้างที่สร้างอับสปอร์เกิดอยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่ปลายกิ่ง เรียก สโตรบิลัส ใบขนาดเล็กเชื่อมต่อกันเป็นวงรอบข้อ แต่ละใบมีเส้นใบ 1 เส้น ดูคล้ายลักษณะของไลโคฟิลล์แต่มีกำเนิดต่างกัน ลักษณะใบหญ้านอดปล้องที่คล้ายไลโคฟิลล์นี้เกิดจากการลดรูปของยูฟิลล์

พืชกลุ่มหวายทะนอย ไม่พบรากที่แท้จริง โดยมีไรโซอยด์ทำหน้าที่แทนราก ลำต้นเหนือดินแตกกิ่งแบบแยกสองแฉก อับสปอร์ลักษณะเป็น 3 พูเกิดบนกิ่ง หวายทะนอยเป็นกลุ่มโมนิไลไฟต์ที่ใบแบบยูฟิลล์ไม่พัฒนา อาจเห็นเป็นเพียงติ่งหรือแขนงเล็ก ๆ ที่บริเวณปลายกิ่ง



ใบแบบยูฟิลล์

เฟิร์น

หญ้านอดปล้อง

หวายทะนอย

รูป 23.28 ตัวอย่างพืชในกลุ่มโมนิไลไฟต์

สเปอร์มาโทไฟต์

สเปอร์มาโทไฟต์หรือพืชมีเมล็ด เป็นกลุ่มพืชที่สร้างอวุล มีการถ่ายเรณูโดยอาจอาศัยสัตว์ ลม หรือน้ำ ซึ่งไม่พบการถ่ายเรณูในพืชกลุ่มอื่น หลังการถ่ายเรณูจะเกิดการงอกหลอดเรณู ซึ่งเป็นช่องทางที่สเปิร์มใช้เคลื่อนที่เพื่อเข้าปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ ดังนั้นพืชกลุ่มนี้จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการปฏิสนธิเหมือนพืชกลุ่มอื่น หลังการปฏิสนธิอวุลจะเจริญไปเป็นเมล็ด

สปอโรไฟต์ของพืชมีเมล็ดมักมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน มีการสร้างสปอร์ต่างแบบ ส่วนแกมีโทไฟต์ลดรูปลงจนมีขนาดเล็กโดยอาจพบวาประกอบด้วยเซลล์จำนวนไม่กี่เซลล์ และอาศัยอยู่บนสปอโรไฟต์ พืชมีเมล็ดแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ พืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm) และพืชดอก (angiosperm)

พืชเมล็ดเปลือย เนื่องจากอวูลของพืชกลุ่มนี้ไม่มีรังไข่ห่อหุ้ม ดังนั้นเมล็ดจึงไม่มีผลห่อหุ้ม ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่แตกต่างไปจากพืชดอก และเป็นที่มาของชื่อ “พืชเมล็ดเปลือย” โครงสร้างที่สร้างอับสปอร์ของพืชเมล็ดเปลือยมักเกิดรวมกันเป็นกลุ่ม ประกอบกันขึ้นมาเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า โคน (cone) หรือสโตรอบิลัส โดยโคนจะแยกเพศตามชนิดของสปอร์ที่สร้าง โคนที่สร้างไมโครสปอร์ เรียก โคนเพศผู้ (male cone) โคนที่สร้างเมกะสปอร์ เรียก โคนเพศเมีย (female cone) โดยโครงสร้างของโคนในพืชเมล็ดเปลือยแต่ละกลุ่มจะมีรายละเอียดที่ต่างกันไป

ตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือย เช่น ปรงชนิดต่าง ๆ เหลียง มะเมื่อย แปะก๊วย ดังรูป 23.29 ในประเทศไทยพืชเมล็ดเปลือยกลุ่มที่รู้จักกันทั่วไป คือ สน (*Pinus*) เช่น สนสองใบ และสนสามใบ

สนเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบ มีขนาดใหญ่สร้างโคนเพศผู้และโคนเพศเมียบนต้นเดียวกัน โคนเพศเมียประกอบด้วยโครงสร้างที่เกิดจากกิ่งซึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่างและหน้าที่ไปเป็นแผ่นแข็ง ทำหน้าที่สร้างอวูลจำนวน 2 อัน โคนเพศผู้ประกอบขึ้นจากแผ่นใบ ซึ่งสร้างอับไมโครสปอร์จำนวน 2 อัน ดังรูป 23.29



รูป 23.29 ตัวอย่างพืชเมล็ดเปลือย

พืชดอก ออวูลอยอยู่ในโครงสร้างของรังไข่เมื่อพัฒนาไปเป็นเมล็ด เมล็ดของพืชดอกจึงอยู่ภายในผลซึ่งพัฒนามาจากรังไข่ เช่น กันภัยมหิตล บร็อกโคลี บัวสาย ดังรูป 23.30 ดอกเป็นกิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ โดยทำหน้าที่สร้างสปอร์ มีการปฏิสนธิแบบการปฏิสนธิคู่



กันภัยมหิตล

บร็อกโคลี

บัวสาย

รูป 23.30 ตัวอย่างพืชดอก

นอกจากทำหน้าที่ผู้ผลิตในระบบนิเวศแล้ว พืชยังมีประโยชน์อีกมากมาย เช่น ไบโอดีทช่วยดูดซับความชื้นบริเวณพื้นผิวที่เจริญเติบโตอยู่ ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษลงสู่ดินในดิน ใช้เป็นไม้ประดับตกแต่งกระถางหรือสวน ใช้ทำวัสดุปลูก เฟิร์นบางสปีชีส์ใช้เป็นอาหาร เช่น ผักแว่น กูดน้ำ กูดแดง บางสปีชีส์ใช้เป็นพืชสมุนไพร เช่น ว่านลูกไก่ทองใช้ดูดซับห้ามเลือด กูดแดงใช้เป็นยารักษาโรคผิวหนัง นำมาใช้ทำเครื่องจักสานและกระเป๋าถือ เช่น ย่านลิเภา ทั้งไลโคไฟต์และโมโนโคไฟต์หลายสปีชีส์ที่นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ ประโยชน์ของพืชเมล็ดเปลือย ใช้ประกอบอาหาร เช่น เมล็ดจากแปะก๊วย ใบเหลียง นำมาใช้จัดสวนหรือปลูกประดับ เช่น ปรง ส่วนพืชดอกจัดว่าเป็นพืชกลุ่มที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งนำมาใช้เป็นอาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค เครื่องจักสาน เฟอร์นิเจอร์ ใช้ในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา และเป็นส่วนหนึ่งในการจัดงานในงานประเพณีทางวัฒนธรรมต่างๆ ด้วย



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ? ให้นักเรียนเขียนแผนผังสรุปกลุ่มของพืช พร้อมทั้งบอกลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างของพืชแต่ละกลุ่ม

ฟังใจ

ในปัจจุบันมีสิ่งมีชีวิตในกลุ่มฟังใจ (fungi) ที่ทราบข้อมูลแล้วประมาณ 100,000 สปีชีส์ แต่คาดการณ์ว่าจะมีอยู่ถึงประมาณ 1.5 ล้านสปีชีส์ ฟังใจแต่ละกลุ่มมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จะได้ศึกษาจากกิจกรรม 23.3



ipst.me/10808



กิจกรรม 23.3 ศึกษาลักษณะของฟังใจ

จุดประสงค์

1. สังเกตและอธิบายลักษณะโครงสร้างของเห็ด รา และยีสต์
2. สังเกตและอธิบายลักษณะของสปอร์และส่วนที่สร้างสปอร์ของเห็ดและลักษณะสปอร์ของราที่ขึ้นบนอาหารหรือขนมปัง

วัสดุและอุปกรณ์

1. เห็ดฟางหรือเห็ดชนิดอื่น เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดหอม เห็ดนางรม
2. ขนมปัง อาหารหรือผลไม้ที่มีราขึ้น
3. ยีสต์
4. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและแบบสเตอริโอ
5. แวนชยาย
6. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
7. มิดโกน เข็มเขี่ย หลอดหยด
8. กลีเซอริน 50%
9. สีย้อม เช่น อะนิลีนบลู (aniline blue) ซาฟรานิน (safranin) เมทิลีนบลู (methylene blue)
10. ผ้าคาดปิดจุ่มกและปาก

วิธีการทำกิจกรรม

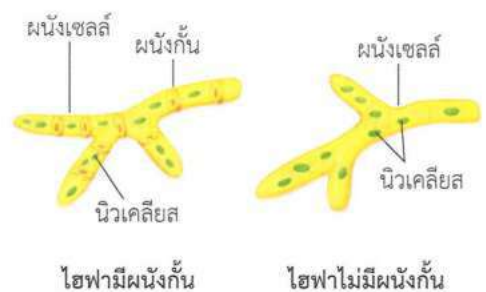
1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกศึกษาลักษณะของเห็ดฟางหรือเห็ดชนิดอื่นหรือราที่ขึ้นบนขนมปัง อาหารหรือผลไม้ โดยพิจารณาลักษณะโครงสร้าง บันทึกลักษณะที่สังเกตเห็นและวาดรูปประกอบ อาจใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอหรือแว่นขยายช่วยในการสังเกต

2. กลุ่มที่เลือกศึกษาเห็ดชนิดต่าง ๆ ให้นำดอกเห็ดที่บ้านใหม่ ๆ มาฉีกตามยาวของครีบให้มีครีบติดกัน 3-4 อัน ใช้ใบมีดโกนตัดครีบเห็ดตามขวาง นำไปวางบนสไลด์หยดกลีเซอริน 50% ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ วาดหรือบันทึกรูปสิ่งที่สังเกตเห็น กรณีที่สปอร์ของเห็ดที่ศึกษา โส ไมมีสี ให้เลือกใช้สีย้อมชนิดใดชนิดหนึ่งหยดลงไปก่อนปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
3. กลุ่มที่เลือกศึกษาราที่ขึ้นอยู่บนขนมปัง อาหารหรือผลไม้ ให้ใช้เข็มเขี่ย เขี่ยเส้นใยและสปอร์ลงบนสไลด์ หยดสีย้อมชนิดใดชนิดหนึ่งลงไป ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ วาดหรือบันทึกรูปสิ่งที่สังเกตเห็น
ข้อควรระวัง ในการศึกษารานักเรียนควรเลือกราสปอร์ยังไม่แก่จัด โดยสังเกตจากสีสปอร์ ถ้าสปอร์แก่จัดจะเป็นสีดำ สปอร์อาจแตกและแพร่กระจาย เพื่อป้องกันไม่ให้สปอร์ของราปลิวเข้าสู่จมูกและปากให้ใช้ผ้าคาดปิดจมูกและปากในขณะที่ทำกิจกรรม
4. กลุ่มที่เลือกศึกษายีสต์ ให้นำยีสต์ที่เตรียมไว้ในน้ำผลไม้ มาหยดลงบนสไลด์และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ วาดหรือบันทึกรูปสิ่งที่สังเกตเห็น
5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเห็ด รา หรือยีสต์ของเพื่อนกลุ่มอื่น โดยตรวจดูจากกล้องจุลทรรศน์ที่แต่ละกลุ่มเตรียมไว้ วาดหรือบันทึกรูปสิ่งที่สังเกตเห็น

คำถามท้ายกิจกรรม

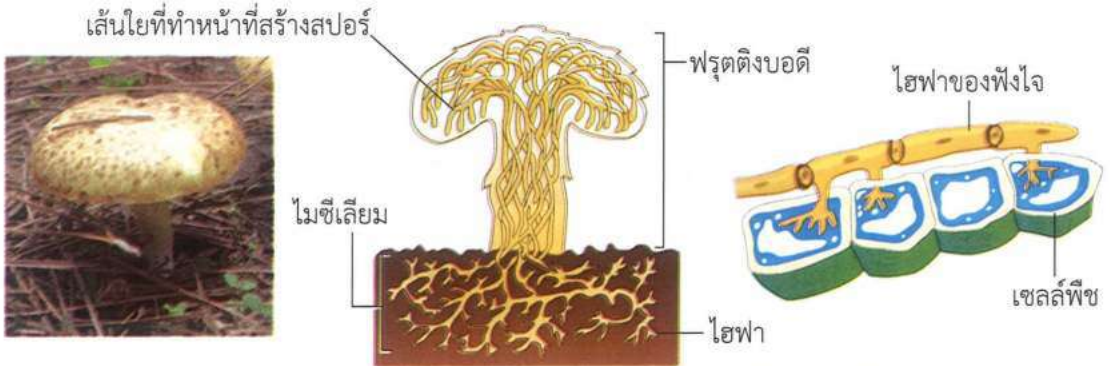
- ❓ จากกิจกรรมให้สรุปลักษณะสำคัญของเห็ด รา และยีสต์ที่สังเกตได้
- ❓ สปอร์ของเห็ดและราที่สังเกตเห็นมีลักษณะอย่างไร จำนวนสปอร์ของเห็ดและรามีผลต่อการดำรงชีวิตอย่างไร
- ❓ ยีสต์มีการสืบพันธุ์อย่างไร

จากการทำกิจกรรม 23.3 จะพบว่าฟังไจมีทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ไม่มีเนื้อเยื่อ ฟังไจเซลล์มีไคทินเป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไป ฟังไจมีลักษณะเป็นเส้นใยเรียกว่า ไฮฟา (hypha) เส้นใยอาจมีผนังกันหรือไม่มีผนังกัน ดังรูป 23.31 กลุ่มของไฮฟาที่รวมกัน เรียก ไมซีเลียม (mycelium) ทำหน้าที่ยึดเกาะอาหารและส่งเอนไซม์ไปสลายอาหารภายนอกเซลล์และดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์



รูป 23.31 โครงสร้างของไฮฟา

ฟังไจบางกลุ่มเมื่อสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ไมซีเลียมจะพัฒนาไปเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า ฟรุตติงบอดี ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าเห็ดหรือดอกเห็ด ทำหน้าที่สร้างสปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ดังรูป 23.32 และฟังไจบางสปีชีส์ที่ดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิตเส้นใยจะเปลี่ยนแปลงเป็นโครงสร้างที่สามารถดูดซึมสารอาหารจากเซลล์ของโฮสต์ได้



รูป 23.32 ลักษณะของไมซีเลียมและไฮฟา



รู้หรือไม่

ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ไมซีเชื้อกลุ่มของฟังไจแต่เป็นการอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพากันระหว่างฟังไจและรากพืช โดยพืชจะได้รับน้ำและธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนจากฟังไจ ส่วนฟังไจจะได้สารอาหารที่จำเป็น เช่น น้ำตาล กรดแอมิโน และวิตามิน ไฮฟาที่เจริญอยู่ภายนอกรากและภายในรากจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมธาตุอาหารให้แก่พืช จึงทำให้พืชที่มีฟังไจไมคอร์ไรซา (mycorrhizal fungi) อาศัยอยู่ที่รากมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าพืชที่ไม่มีฟังไจไมคอร์ไรซา



ipst.me/10804



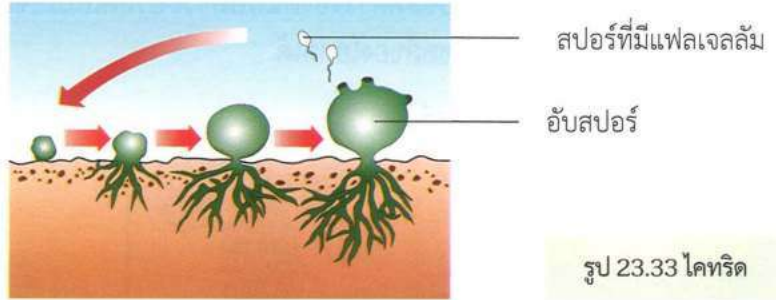
ipst.me/10813

ฟังไจมีหลายกลุ่ม ตัวอย่างที่พบได้บ่อย มีดังนี้

● ฟังไจกลุ่มไคทริด

ไคทริด (chytrid) มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีแฟลเจลลัมที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ดังรูป 23.33 ด้วยเหตุนี้จึงเชื่อว่าไคทริดมีวิวัฒนาการมาจากโปรทิสต์ที่มีแฟลเจลลัม ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำจืดและในดิน บางสปีชีส์เป็นผู้สลายสารอินทรีย์ บางสปีชีส์เป็นปรสิตในโปรทิสต์ ฟังไจ และสัตว์ เช่น ทำให้เกิดโรคในกบโดยไคทริดเข้าไปทำลายโปรตีนบริเวณผิวหนังและปาก จัดเป็นเชื้อก่อโรคที่ระบอดมากในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และบางสปีชีส์มีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นในรูปแบบภาวะพึ่งพากัน เช่น ไคทริดที่ดำรงชีวิตแบบภาวะไม่ใช้ออกซิเจนจะอาศัยอยู่ในทางเดินอาหารของสัตว์จำพวก

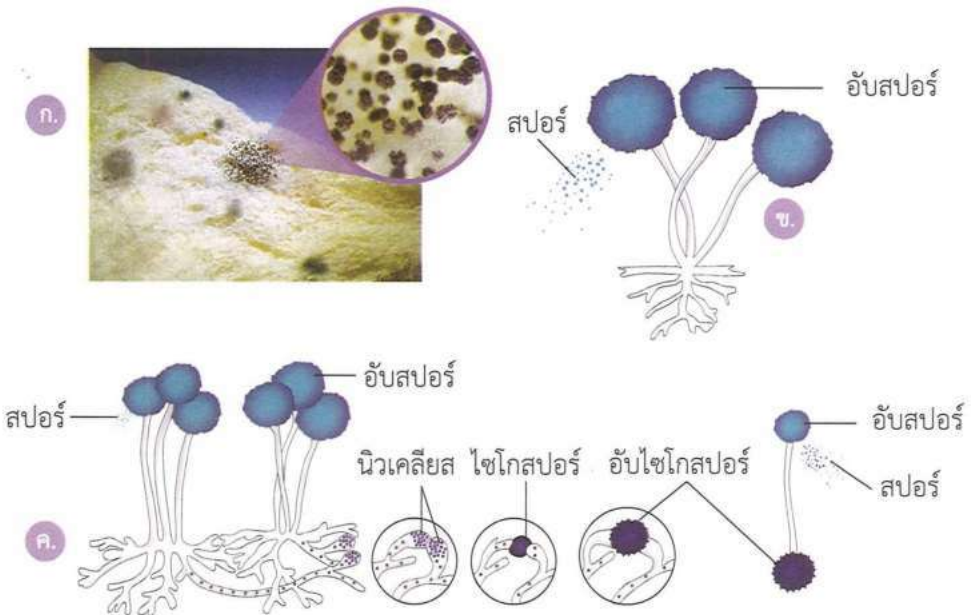
แกะและวัว ทำหน้าที่ช่วยย่อยสลายสารที่เป็นองค์ประกอบของพืชที่ตกค้างอยู่ในทางเดินอาหาร ทำให้สัตว์ได้รับสารอาหารและใช้ในการเจริญเติบโตได้



รูป 23.33 โคทริด

● ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างไซโกสปอร์

ฟังไจกลุ่มนี้ดำรงชีวิตบนพื้นดิน ไฮฟาไม่มีเยื่อชั้นนอก ปกติจะสร้างสปอร์เพื่อสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ แต่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างไซโกสปอร์ (zygospore) ดังรูป 23.34 ตัวอย่างฟังไจกลุ่มนี้ เช่น ราดำ (*Rhizopus*) ซึ่งมักพบขึ้นในขนมปังที่ไม่ใส่สารกันบูด



รูป 23.34 ราดำบนขนมปัง

ก. ราดำที่ขึ้นอยู่บนขนมปัง

ข. สปอร์และอับสปอร์ในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของราดำ

ค. สปอร์ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราดำ

• ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างแอสโคสปอร์

ฟังไจกลุ่มนี้เป็นฟังไจที่มีจำนวนมากที่สุด พบทั้งในทะเล แหล่งน้ำจืด และบนพื้นดิน มีทั้งแบบเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ และหลายเซลล์ เช่น เห็ดถ้วย เห็ดฟังเฟิล และราแดง ฟังไจกลุ่มนี้มีไฮฟาที่มีเยื่อชั้น แต่มีช่องระหว่างเซลล์ที่ติดกันเพื่อลำเลียงสารอาหารระหว่างเซลล์ได้ มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ โดยเมื่อสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะสร้างแอสโคสปอร์ (ascospore) ในถุงที่เรียกว่าแอสคัส (ascus) ซึ่งอยู่เป็นกลุ่มในโครงสร้างที่เกิดจากเส้นใยทำให้เกิดพืดรูปถ้วย ดังรูป 23.35

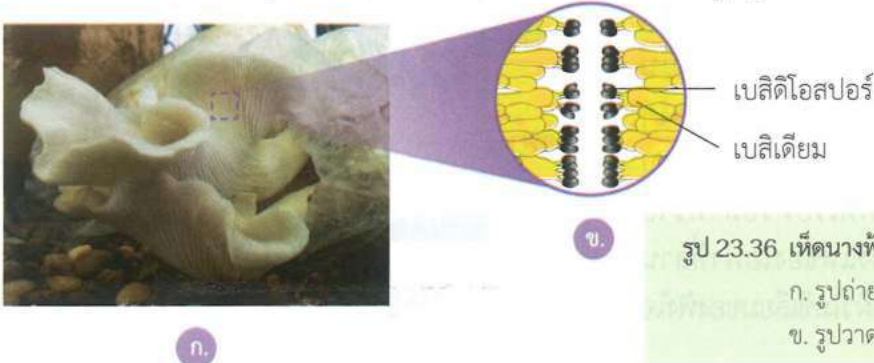


รูป 23.35 เห็ดถ้วย

- ก. รูปวาดแสดงพืดรูปถ้วยและแอสโคสปอร์
ข. รูปถ่ายพืดรูปถ้วย

• ฟังไจกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการสร้างเบสิดิโอสปอร์

ฟังไจกลุ่มนี้มีไฮฟาที่มีเยื่อชั้นอย่างสมบูรณ์ มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยและแบบไม่อาศัยเพศ โดยเมื่อสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะสร้างเบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) บนปลายเส้นใยที่มีลักษณะโป่งพองเหมือนกระบองอยู่ทางด้านล่างของพืดรูปถ้วยขนาดใหญ่ เรียก เบสิดิเทียม (basidium) ดังรูป 23.36 รากลุ่มนี้สามารถย่อยสลายสารพอลิเมอร์แบบต่างๆ ได้ เช่น ลิกนิน ตัวอย่างฟังไจกลุ่มนี้ เช่น ราสนิม ราเขม่าดำ เห็ดชนิดต่างๆ เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง เห็ดหอม เห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดโคน เห็ดถอบ



รูป 23.36 เห็ดนางฟ้า

- ก. รูปถ่ายแสดงพืดรูปถ้วย
ข. รูปวาดเบสิดิโอสปอร์

ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจที่มีต่อระบบนิเวศ คือ เป็นผู้สลายสารอินทรีย์และทำให้เกิดการหมุนเวียนสารซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นสามารถนำธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ต่อได้ ปัจจุบันมีการนำฟังไจมาใช้ประโยชน์ในการย่อยสลายขยะและสารอินทรีย์ต่าง ๆ นอกจากนี้มนุษย์ยังใช้ประโยชน์จากฟังไจในด้านเป็นแหล่งอาหาร เช่น เห็ดชนิดต่าง ๆ ที่รับประทานได้ ทางด้านอุตสาหกรรมได้นำยีสต์มาใช้ทำขนมปัง เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หลายชนิด เช่น เบียร์และไวน์ การใช้ราในการผลิตข้าวแดงและเต้าหู้ยี้ การผลิตกรดซิตริก การผลิตยาปฏิชีวนะเพนิซิลลินเพื่อใช้รักษาโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย และฟังไจบางกลุ่มยังนำมาประยุกต์ใช้ในด้านเกษตรกรรมและป่าไม้เพื่อให้กล้าไม้เจริญเติบโตได้ดี

ฟังไจประมาณร้อยละ 30 เป็นปรสิตก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ในพืช เช่น โรคราสนิมในใบพืช โรคราเขม่าดำในเมล็ดเด็ดย ราบางชนิดทำให้เกิดโรคในมนุษย์ได้ เช่น ราที่พบในเมล็ดถั่วและธัญพืชจะสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ถ้าสะสมในร่างกายมาก ๆ อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งในตับได้



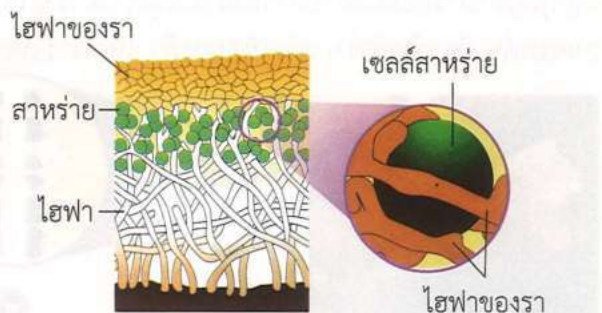
ตรวจสอบความเข้าใจ

- ? จงบอกความเหมือนและความแตกต่างของฟังไจทั้ง 4 กลุ่ม
- ? เหตุที่นำมาใช้ปรุงอาหารคือ ส่วนใดของฟังไจ
- ? นอกจากฟังไจยังมีสิ่งมีชีวิตใดที่ดำรงชีวิตเป็นผู้สลายสารอินทรีย์



ความรู้เพิ่มเติม

ไลเคน (lichen) เป็นการอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพากันระหว่างสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งอาจเป็นไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายชนิดต่าง ๆ กับฟังไจ โครงสร้างของไลเคนประกอบด้วยไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายยึดเกาะติดกับร่างแหของไฮฟาที่สานไปมาอยู่บริเวณใต้ผิวโมซีเลียมของฟังไจ



รูปแสดงการอยู่ร่วมกันของสาหร่ายกับฟังไจ

ไลเคนแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ ครัสโทสไลเคน (crustose lichen) โพลีโอสไลเคน (foliose lichen) และฟรุติโคสไลเคน (fruticose lichen)



ครัสโทสไลเคน



โพลีโอสไลเคน



ฟรุติโคสไลเคน

ตัวอย่างไลเคน

ไลเคนมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงแทนที่ โดยจะทำให้หินสลายตัวเป็นดินและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ ไลเคนบางชนิดสามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนในดินที่พืชนำมาใช้ได้ นอกจากนี้ยังใช้ไลเคนเป็นดัชนีบอกคุณภาพอากาศ เพราะไลเคนไม่มีชั้นคิวทิเคิลปกป้องจึงทำให้ได้รับสารมลพิษเข้ามาสะสมอยู่ภายใน หากได้รับในปริมาณสูงจะเป็นพิษต่อเซลล์และอาจทำให้ตายได้ในที่สุด การบ่งชี้คุณภาพอากาศในอดีตจะพิจารณาจากชนิดของไลเคน โดยในที่มีคุณภาพอากาศดีมักจะพบฟรุติโคสไลเคน ส่วนที่คุณภาพอากาศดีจะพบโพลีโอสไลเคน และที่คุณภาพอากาศพอใช้จะพบครัสโทสไลเคน ส่วนที่มีมลพิษจะไม่พบไลเคน แต่งานวิจัยใหม่ ๆ พบว่า ครัสโทสไลเคนบางชนิดทนต่อมลพิษได้น้อยกว่าโพลีโอสไลเคน ดังนั้นการบ่งชี้คุณภาพอากาศในปัจจุบันจะพิจารณาจากความหลากหลายของชนิดของไลเคนเป็นหลัก ถ้าบริเวณใดพบความหลากหลายของไลเคนสูงจะมีคุณภาพอากาศที่ดีกว่าบริเวณที่พบความหลากหลายของไลเคนต่ำกว่า

สัตว์

สัตว์เป็นยูแคริโอตที่มีหลายเซลล์ ไม่มีผนังเซลล์ ส่วนใหญ่เซลล์จัดเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อ มีการเคลื่อนที่ซึ่งเกิดจากการทำงานของเนื้อเยื่อประสาทและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ สัตว์ส่วนใหญ่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สัตว์สร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตเป็นผู้บริโภค และมีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนสารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งชื่อสัตว์แล้วประมาณ 1.5 ล้านสปีชีส์ แต่มีสัตว์ที่ยังไม่ได้ค้นพบอีกเป็นจำนวนมาก โดยคาดว่าในโลกนี้น่าจะมีสัตว์อยู่ประมาณ 10 ล้านสปีชีส์ สัตว์อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยโดยพิจารณาลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. การมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อ

เนื้อเยื่อเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเหมือนกันและทำหน้าที่ร่วมกัน สามารถจำแนกสัตว์ตามการมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ไม่มีเนื้อเยื่อ เป็นสัตว์ที่มีเซลล์รวมกลุ่มกันโดยแต่ละเซลล์ไม่ได้ร่วมกันทำงานเป็นเนื้อเยื่อ เช่น ฟองน้ำ
- กลุ่มที่มีเนื้อเยื่อ เป็นสัตว์ที่เซลล์รวมกลุ่มกันเป็นเนื้อเยื่อเพื่อทำหน้าที่ร่วมกัน ได้แก่ สัตว์ทั้งหมดยกเว้นฟองน้ำ

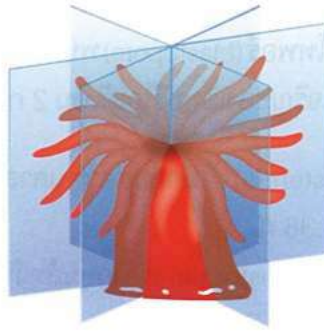
2. สมมาตรของร่างกาย

เมื่อตัดผ่านแกนกลางลำตัวของสัตว์ที่ทำให้เกิดขึ้นส่วนที่มีสมมาตรกัน เรียกแนวการตัดนี้ว่า ระนาบสมมาตร (plane of symmetry) สามารถจำแนกสัตว์ตามลักษณะของสมมาตร (symmetry) ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ไม่มีระนาบสมมาตร เป็นสัตว์ที่ไม่มีสมมาตรหรืออสมมาตร (asymmetry) ดังรูป 23.37 ก. ได้แก่ ฟองน้ำ
- กลุ่มที่มีระนาบสมมาตรมากกว่าหนึ่งระนาบ เป็นสัตว์ที่มีสมมาตรแบบรัศมี (radial symmetry) ดังรูป 23.37 ข. เช่น แมงกะพรุน ดอกไม้ทะเล
- กลุ่มที่มีระนาบสมมาตรเพียงระนาบเดียว เป็นสัตว์ที่มีสมมาตรแบบครึ่งซีก (bilateral symmetry) ดังรูป 23.37 ค. เช่น แมลง นก วัว ควาย มนุษย์



ก.



ข.



ค.

รูป 23.37 สมมาตรของร่างกาย

ก. ไม่มีสมมาตรหรือสมมาตร ข. สมมาตรแบบรัศมี ค. สมมาตรแบบครึ่งซีก



ความรู้เพิ่มเติม

การแบ่งส่วนของร่างกายตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสัตว์โดยทั่วไปแบ่งได้เป็นด้านหัว (anterior) ด้านท้าย (posterior) ด้านท้อง (ventral) และด้านหลัง (dorsal) แต่สำหรับมนุษย์ซึ่งมีวิวัฒนาการโดยมีการยืน 2 เท้า ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่แตกต่างไปจากสัตว์ทั่วไป จึงมีการเรียกส่วนของร่างกายแตกต่างจากสัตว์ โดยส่วนหัวอยู่ด้านบน (superior) ส่วนเท้าอยู่ด้านล่าง (inferior) และมีส่วนท้อง (anterior หรือ ventral) ส่วนหลัง (posterior หรือ dorsal) ดังรูป



3. การเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์

การเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์ (blastopore) พบเฉพาะในสัตว์กลุ่มที่มีสมมาตรแบบครึ่งซีก สามารถจำแนกสัตว์ตามรูปแบบการเจริญของเอ็มบริโอได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- โพรโทสโตเมีย (protostomia) เป็นกลุ่มสัตว์ที่บลาสโทพอร์ในระยะแกสทูลาจะพัฒนาเป็นช่องปาก ดังรูป 23.38 ก.
- ดิวเทอโรสโตเมีย (deuterostomia) เป็นกลุ่มสัตว์ที่บลาสโทพอร์ในระยะแกสทูลาจะพัฒนาเป็นทวารหนัก ดังรูป 23.38 ข.



รูป 23.38 การเจริญของเอ็มบริโอ

ก. โพรโทสโตเมีย

ข. ดิวเทอโรสโตเมีย

สำหรับโพรโทสโตเมียมีกลุ่มสัตว์บางกลุ่มที่มีการเจริญของตัวอ่อนระยะที่เป็นตัวอ่อนโทรโคเฟอร์ (trochophore larva) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายลูกข่าง และมีซิเลียช่วยในการเคลื่อนที่ได้ในน้ำ เช่น กลุ่มมอลลัสก กลุ่มแอนเนลิด และบางกลุ่มที่ผิวหนังมีไคทินเป็นองค์ประกอบจึงต้องมีการลอกคราบ (ecdysis หรือ molting) ระหว่างเจริญเติบโต เช่น กลุ่มนีมาโทด กลุ่มอาร์โทรพอด ดังรูป 23.39



รูป 23.39 ลักษณะของตัวอ่อนโทรโคเฟอร์ และลักษณะการลอกคราบ

เมื่อพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ดังที่กล่าวมาข้างต้นร่วมกันจะสามารถจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มย่อยได้ ดังรูป 23.40



รูป 23.40 การแบ่งกลุ่มย่อยของสัตว์

สัตว์ที่ไม่มีเนื้อเยื่อ และไม่มีสมมาตรของร่างกาย เช่น กลุ่มพอริเฟอรัน

● **กลุ่มพอริเฟอรัน**

สัตว์ในกลุ่มพอริเฟอรัน (poriferan) มีประมาณ 8,700 สปีชีส์ ส่วนใหญ่จะพบในทะเล โครงสร้างทั่วไปประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวกัน 2 ชั้น ระหว่างชั้นของเซลล์มีบริเวณที่คล้ายเจลซึ่งมีโครงสร้างแข็งแทรกอยู่โดยองค์ประกอบทางเคมีอาจแตกต่างกัน ถ้าโครงสร้างแข็งเป็นเส้นใยโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นเรียก สปองจิน (spongin) ถ้าโครงสร้างแข็งเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตหรือซิลิกาที่มีลักษณะแข็งและแหลมเรียก สปิคูล (spicule) การมีสปองจินหรือสปิคูลทำให้สัตว์แต่ละสปีชีส์ในกลุ่มนี้มีลักษณะและสมบัติต่างกัน สัตว์ในกลุ่มนี้ เช่น ฟองน้ำถู่ตัว ฟองน้ำหินปูน ฟองน้ำท่อ ฟองน้ำยืดหยุ่น ฟองน้ำแก้ว

ดั่งรูป 23.41



ฟองน้ำถั่วดำ

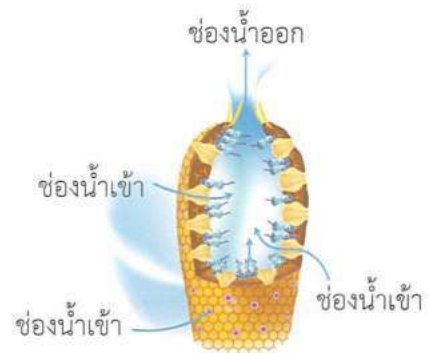
ฟองน้ำหินปูน

ฟองน้ำท่อสีเหลือง

ฟองน้ำยัดหยุ่นสีดำ

รูป 23.41 สัตว์ในกลุ่มพรีเฟอรัน

ฟองน้ำยังไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ตัวเต็มวัยของฟองน้ำเกาะอยู่กับที่และได้รับอาหารโดยการกรองอาหารจากน้ำ ซึ่งบริเวณลำตัวจะมีช่องน้ำเข้าขนาดเล็ก และด้านบนมีช่องน้ำออกขนาดใหญ่ ดังรูป 23.42 การลำเลียงสารต่างๆ ของฟองน้ำจะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง ฟองน้ำสามารถรับรู้และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้



รูป 23.42 ช่องน้ำเข้าและช่องน้ำออกของฟองน้ำ

ฟองน้ำมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ สามารถช่วยกรองแบคทีเรีย สารประกอบคาร์บอน และอนุภาคต่างๆ ที่ละลายในน้ำ ฟองน้ำเป็นแหล่งที่อยู่และที่หลบภัยของสัตว์น้ำอีกหลากหลายชนิด นอกจากนี้ยังเป็นอาหารของสัตว์อื่น ๆ เช่น หอยฝาเดียว และปลาบางชนิด เป็นต้น



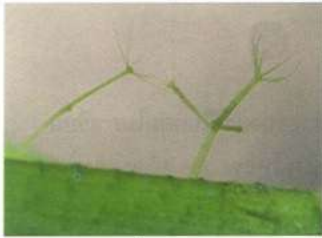
รู้หรือไม่

ฟองน้ำมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) ที่หลากหลาย เช่น สารต้านมะเร็ง สารต้านมาลาเรีย ซึ่งส่วนใหญ่สร้างโดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในฟองน้ำ นอกจากนี้ฟองน้ำบางสปีชีส์มีแบคทีเรียที่ช่วยเปลี่ยนโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษ โดยนักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจในการระบุและทดสอบสารเหล่านี้ และศึกษาเพื่อเพาะเลี้ยงแบคทีเรียดังกล่าวโดยไม่ต้องอาศัยฟองน้ำ

สัตว์ที่มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น และมีสมมาตรแบบรัศมี เช่น กลุ่มไนดาเรียน

- กลุ่มไนดาเรียน

สัตว์ในกลุ่มไนดาเรียน (cnidarian) มีประมาณ 10,000 สปีชีส์ ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทะเล มีลักษณะที่สำคัญคือ มีเทินทาเคิล (tentacle) ล้อมรอบปาก และที่เทินทาเคิลมีไนโดไซต์ (cnidocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่สร้างเข็มพิษ (nematocyst) เพื่อป้องกันตัวและฆ่าเหยื่อได้ สัตว์ในกลุ่มนี้ เช่น ไฮดรา แมงกะพรุน ดอกไม้ทะเล ปะการัง กัลปังหา ปากกาทะเล ดังรูป 23.43



ไฮดรา



แมงกะพรุน



ดอกไม้ทะเล



ปะการัง



กัลปังหา



ปากกาทะเล

รูป 23.43 สัตว์ในกลุ่มไนดาเรียน

สัตว์ในกลุ่มนี้มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้นที่เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อของทางเดินอาหาร และเริ่มมีพัฒนาการของระบบอวัยวะบางระบบ เช่น ระบบย่อยอาหารที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ ระบบประสาทมีร่างแหประสาท แต่ยังไม่มียระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบขับถ่าย ส่วนการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารต่างๆ และการขับถ่ายจะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง

สัตว์ในกลุ่มไนดาเรียนมีโครงสร้างที่เป็นช่องภายในลำตัวซึ่งเป็นส่วนสำคัญเกี่ยวกับการย่อยอาหาร และมีช่องเปิดเพียงช่องเดียวที่เป็นทั้งปากและทวารหนัก สัตว์กลุ่มนี้มีรูปร่าง 2 แบบ คือ โพลิป (polyp) ซึ่งมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกที่มีปากอยู่ทางด้านบน ส่วนใหญ่เกาะอยู่กับที่ ดังรูป 23.44 ก. และเมดูซา (medusa) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายร่มหรือระฆังคว่ำที่มีปากอยู่ทางด้านล่าง สามารถเคลื่อนที่ในน้ำได้อย่างอิสระ ดังรูป 23.44 ข. โดยบางสปีชีส์จะมีรูปร่างแบบโพลิปหรือแบบเมดูซาแบบใดแบบหนึ่งในขณะที่บางสปีชีส์มีรูปร่างได้ทั้ง 2 แบบในวัฏจักรชีวิต



รูป 23.44 รูปร่างของสัตว์ในกลุ่มไนดาเรียน
ก. แบบโพลิป ข. แบบเมดูซา

? รูปร่างแบบโพลิปและแบบเมดูซามีผลต่อรูปแบบในการดำรงชีวิตของสัตว์อย่างไร

ปะการังมีรูปร่างแบบโพลิปอย่างเดียว และมักอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม โดยหลายสปีชีส์จะสร้างโครงร่างแข็งภายนอก (exoskeleton) ที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ ส่วนใหญ่ปะการังดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับสาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) ซึ่งจะอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการัง สีของสาหร่ายทำให้ปะการังมีสีสัน แต่หากปะการังสูญเสียสาหร่าย สีจะซีดจางลงและอาจตายในเวลาต่อมา เหลือเพียงโครงร่างแข็งสีขาวที่เรียกว่า ปะการังฟอกขาวดังรูป 23.45



รูป 23.45 ปะการังฟอกขาว

ปะการังนั้นว่ามีความสำคัญต่อระบบนิเวศในทะเลอย่างมาก ทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของทะเล เนื่องจากเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ นอกจากนี้แนวปะการังยังช่วยลดความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่งจากกระแสน้ำ

? การที่ปะการังสูญเสียสาหร่ายและเกิดปะการังฟอกขาวมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง

? ถ้าสัตว์ในกลุ่มพอร์อิเฟอรันและกลุ่มไนดาเรียนมีจำนวนลดลงจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในทะเลหรือไม่ อย่างไร

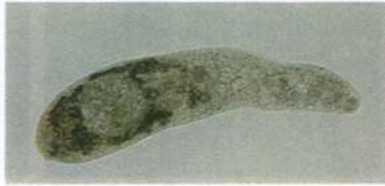
โพรโทสโทเมีย มีเนื้อเยื่อ 3 ชั้น และมีสมมาตรแบบครึ่งซีก เช่น กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ กลุ่มมอลลัสต์ กลุ่มแอนเนลิด กลุ่มนีมาโทด และกลุ่มอาร์โทรพอด

- กลุ่มแพลทีเฮลมินท์

สัตว์ในกลุ่มแพลทีเฮลมินท์ (platyhelminth) มีประมาณ 29,000 สปีชีส์ พบได้ทั้งในทะเล น้ำจืด หรือบริเวณที่ชื้นแฉะ มีลักษณะลำตัวอ่อนนุ่ม ตัวแบนและยาว มีขนาดแตกต่างกัน มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ซึ่งยาวได้ถึง 15 เมตร โดยมีการดำรงชีวิตทั้งแบบอิสระ เช่น พลาณาเรีย หนอนตัวแบนในทะเล และการดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิต เช่น พยาธิใบไม้ พยาธิตัวตืด ดังรูป 23.46



พลาณาเรีย (ยาว 3 – 15 มิลลิเมตร)



พยาธิใบไม้ (ยาว 5 – 10 มิลลิเมตร)



พยาธิตัวตืด (ยาว 2 มิลลิเมตร – 15 เมตร)

รูป 23.46 สัตว์ในกลุ่มแพลทีเฮลมินท์

สัตว์ในกลุ่มนี้ไม่มีโพรงลำตัว (acoelom) ส่วนใหญ่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ บางชนิดเป็นปรสิตไม่มีทางเดินอาหาร เช่น พยาธิตัวตืด สัตว์ในกลุ่มนี้มีการพัฒนาของระบบประสาทโดยมีปมประสาท และเคลื่อนที่ได้โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีโพรงโทเนฟรีเดียมเป็นโครงสร้างในการขับถ่าย แต่ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือดและระบบหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊สจะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง

? การมีรูปร่างแบนมีผลดีต่อสัตว์กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ในด้านการแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อมอย่างไร

? พยาธิตัวตืดไม่มีปากและทางเดินอาหารจะได้รับสารอาหารอย่างไร



ความรู้เพิ่มเติม

โพรงลำตัว (coelom) หมายถึง ช่องที่อยู่ในเมโซเดิร์ม ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอวัยวะภายในอยู่ ส่วนโพรงลำตัวเทียมเป็นช่องที่ไม่ได้อยู่ในเมโซเดิร์ม แต่อยู่ระหว่างเมโซเดิร์มและเอนโดเดิร์ม ส่วนสัตว์บางชนิดไม่มีโพรงลำตัวซึ่งอวัยวะภายในจะแทรกอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อ

ไม่มีโพรงลำตัว



ทางเดินอาหาร

มีโพรงลำตัวเทียม



ทางเดินอาหาร

มีโพรงลำตัว



ทางเดินอาหาร

■ เอ็กโทเดิร์ม ■ เมโซเดิร์ม ■ เอนโดเดิร์ม

● กลุ่มมอลลัสต์

สัตว์ในกลุ่มมอลลัสต์ (mollusk) มีประมาณ 80,000 สปีชีส์ ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทะเล บางสปีชีส์อาศัยอยู่ในน้ำจืดและบนพื้นดิน เป็นสัตว์ที่มีลำตัวนิ่ม โดยทั่วไปจะสร้างเปลือกแข็งที่มีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตหุ้มลำตัว เช่น หอยทาก หอยมือเสือ หอยวงช้าง ลิ่นทะเล แต่บางชนิดเปลือกแข็งมีการลดรูป หรืออาจไม่มีเปลือกแข็ง เช่น หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกยักษ์ ทากเปลือย ดังรูป 23.47



หอยทาก



หอยมือเสือ



หอยวงช้าง



ลิ่นทะเล



หมึกกระดอง

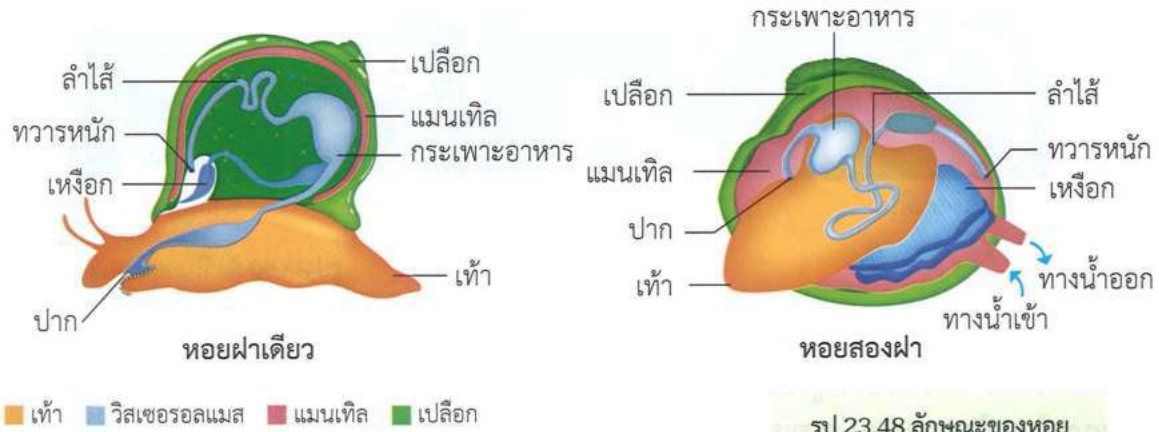


ทากเปลือย

รูป 23.47 สัตว์ในกลุ่มมอลลัสต์

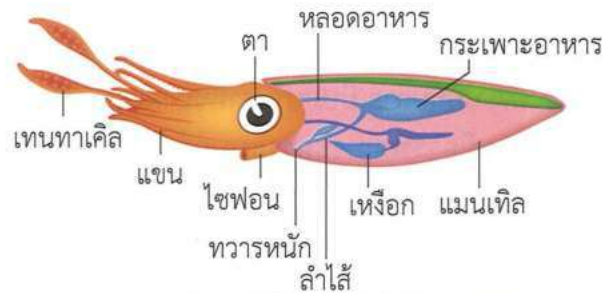
สัตว์ในกลุ่มมอลลัสต์มีโพรงลำตัว (coelom) มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ มีปมประสาทขนาดใหญ่ร่างกายแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ใช้เคลื่อนที่ คือ เท้า (foot) อวัยวะภายในซึ่งรวมเรียกว่า วิสเซอร์อลแมส (visceral mass) และส่วนที่คลุมอวัยวะภายในและทำหน้าที่สร้างเปลือกแข็ง คือ แมนเทิล (mantle) ดังรูป 23.48 และ 23.49 ส่วนใหญ่มีช่องแมนเทิล (mantle cavity) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านทางเหงือกและกำจัดของเสีย สำหรับหอยทากซึ่งอาศัยอยู่บนบกจะไม่มีเหงือก แต่มีปอดที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สแทน โดยทั่วไปสัตว์กลุ่มนี้มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด ยกเว้นกลุ่มหมึกที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

หอยเป็นสัตว์ส่วนใหญ่ในกลุ่มมอลลัสก์ มีทั้งหอยฝาเดียวและหอยสองฝาโดยหอยฝาเดียวจะมีเปลือกแข็งที่ขดเป็นเกลียวเพียงชั้นเดียว และส่วนใหญ่ที่ส่วนหัวจะมีหนวดและตา บริเวณช่องปากมีฟันที่มีลักษณะโค้งเข้าด้านในและแหลมคมช่วยในการบดเคี้ยวอาหาร ส่วนหอยสองฝามีเปลือกแข็ง 2 ชั้นที่ยึดกันด้วยกล้ามเนื้อเปิดปิดฝา ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน บริเวณช่องปากไม่มีฟันโดยจะกินอาหารจากการกรองผ่านเหงือก (รูป 23.48)



รูป 23.48 ลักษณะของหอย

หมีกเป็นผู้ล่าที่สำคัญของระบบนิเวศทางทะเล มีวิวัฒนาการของส่วนเท้าเปลี่ยนแปลงเป็นแขน (arm) เทนทาเคิล (tentacle) ซัยฟอน (siphon) และไม่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว ดังรูป 23.49 จับเหยื่อโดยใช้เทนทาเคิล และมีอวัยวะรับความรู้สึกและระบบประสาทที่ซับซ้อน ทำให้หมีกมีการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ซับซ้อนขึ้น



รูป 23.49 ลักษณะของหมีก

- ? หอยทากซึ่งอาศัยอยู่บนบกมีการปรับตัวเชิงวิวัฒนาการมาอาศัยอยู่บนพื้นดินได้อย่างไร
- ? ส่วนเท้าของหอยและส่วนเท้าของหมีกทำหน้าที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ? โครงสร้างของหอยและหมีกสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่และการหลบหลีกศัตรูอย่างไร

สัตว์ในกลุ่มนี้บางชนิดเป็นสัตว์กินพืช เช่น หอยทาก ซึ่งอาจกัดกินพืชจนทำให้ในบางพื้นที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิทัศน์ในบริเวณนั้นได้ บางชนิดกินสัตว์ เช่น หมีก และบางชนิดกินทั้งพืชสัตว์ และแพลงก์ตอน เช่น หอยสองฝา สัตว์ส่วนใหญ่ในกลุ่มมอลลัสก์มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีการนำเปลือกหอยซึ่งมีแคลเซียมสูงมาบดเพื่อเป็นอาหารสัตว์

● กลุ่มแอนเนลิด

สัตว์ในกลุ่มแอนเนลิด (annelid) มีประมาณ 17,000 สปีชีส์ ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทะเล มีบางสปีชีส์อาศัยอยู่ในน้ำจืด หรือในดินบริเวณที่ชื้นแฉะ มีลำตัวยาว ลำตัวเป็นปล้อง (segmentation) และอาจมียางค์ซึ่งไม่มีปล้อง สัตว์ในกลุ่มนี้ เช่น ไส้เดือนดิน แม่เพรียง หนอนฉัตร ทากดูดเลือด ปลิงน้ำจืด

ดั่งรูป 23.50



ไส้เดือนดิน

แม่เพรียง

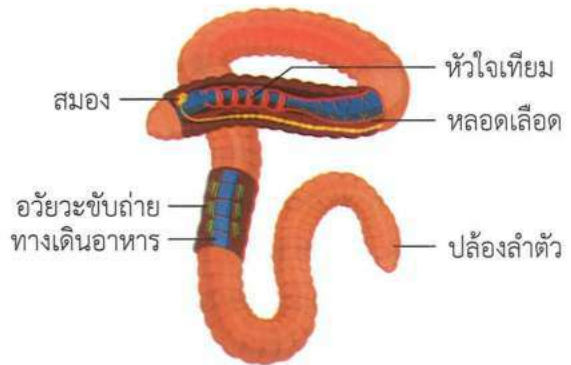
หนอนฉัตร

ทากดูดเลือด

รูป 23.50 สัตว์ในกลุ่มแอนเนลิด

สัตว์ในกลุ่มนี้มีโพรงลำตัว มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด มีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยแพร่ผ่านผิวหนังของลำตัว และลำเลียงแก๊สผ่านระบบหมุนเวียนเลือด มีระบบขับถ่าย มีปมประสาทขนาดใหญ่ และมีการพัฒนาของระบบกล้ามเนื้อ ทำให้เคลื่อนที่ได้ดี ดั่งรูป 23.51

ไส้เดือนดินอาศัยอยู่ในดิน โดยการขุดรูทำให้ดินเป็นโพรงอากาศ แล้วแทรกเข้าไปอาศัยอยู่ในดินได้ ทำให้ดินร่วนซุย นอกจากนี้ยังกินซากพืชเป็นอาหาร โดยกากอาหารที่ถ่ายออกมาเป็นประโยชน์แก่พืช ไส้เดือนดินช่วยในกระบวนการหมุนเวียนสารของระบบนิเวศ ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อการค้า โดยจำหน่ายเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เนื่องจากมีโปรตีนสูง และมูลของไส้เดือนดินยังนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้



รูป 23.51 ลักษณะของไส้เดือนดิน



ความรู้เพิ่มเติม

ปลิงและทากดูดเลือดเป็นสัตว์ที่ดำรงชีวิตเป็นปรสิต จะดูดเลือดสัตว์รวมถึงมนุษย์โดยปล่อยสารฮิรูดีน (hirudin) ที่ทำให้เลือดไม่แข็งตัว นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจในการศึกษาวิจัยสารดังกล่าวเพื่อนำมาช่วยทำให้ลดการอุดตันของหลอดเลือดที่เกิดจากลิ่มเลือด

● กลุ่มนีมาโทด

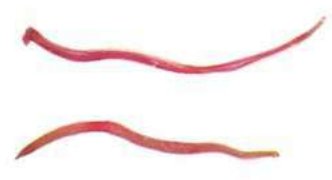
สัตว์ในกลุ่มนีมาโทด (nematode) มีประมาณ 25,000 สปีชีส์ โดยพบอาศัยอยู่ทั้งในดิน น้ำจืด และน้ำทะเล มีลำตัวกลมยาวเรียว หัวท้ายแหลม ไม่มีปล้อง ผิวลำตัวมีคิวทิเคิลห่อหุ้มเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ และทำให้มีการลอกคราบในระหว่างการเจริญเติบโต มีการดำรงชีวิตเป็นอิสระ เช่น ไส้เดือนฝอยบางสปีชีส์ (*Caenorhabditis elegans*) และหลายสปีชีส์ดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิต เช่น ไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.) พยาธิไส้เดือน พยาธิแส้ม้า พยาธิปากขอ พยาธิเส้นด้าย ดังรูป 23.52



พยาธิไส้เดือน
(ยาว 15 - 30 เซนติเมตร)



พยาธิแส้ม้า
(ยาว 3 - 7 เซนติเมตร)



พยาธิปากขอ
(ยาว 8 - 13 มิลลิเมตร)

รูป 23.52 สัตว์ในกลุ่มนีมาโทด

สัตว์ในกลุ่มนี้มีโพรงลำตัวเทียม (pseudocoelom) มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ แต่ไม่มีระบบหายใจและระบบหมุนเวียนเลือด โดยสารอาหารจะลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายผ่านทางของเหลวในโพรงลำตัวเทียม

สัตว์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่กินจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย จึงมีความสำคัญในการช่วยควบคุมขนาดของประชากรแบคทีเรียได้ นอกจากนี้ยังมีบทบาทที่สำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน โดยย่อยซากพืชซากสัตว์ให้มีขนาดเล็กลง ทำให้ผู้สลายสารอินทรีย์สามารถทำหน้าที่ได้เร็วขึ้น



รู้หรือไม่

มนุษย์เป็นโฮสต์ (host) ของสัตว์ทั้งในกลุ่มแพลทีเฮลมินท์และกลุ่มนีมาโทดที่ดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิตหลายชนิด โดยปรสิตเหล่านี้เป็นสาเหตุของปัญหาด้านสุขภาพของประชากรทั่วโลก โดยเฉพาะประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ซึ่งไม่มีระบบสาธารณสุขที่ดีและได้มาตรฐาน รวมทั้งไม่มีแหล่งน้ำดื่มที่สะอาด และไม่มีการควบคุมพาหะนำโรคต่างๆ

- กลุ่มอาร์โทรพอด

สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด (arthropod) มีจำนวนสปีชีส์มากที่สุดเมื่อเทียบกับสัตว์กลุ่มอื่น คือ ประมาณ 1,257,000 สปีชีส์ โดยพบได้ทั่วไปเกือบทุกบริเวณของโลก สัตว์ในกลุ่มนี้มีโครงสร้างแข็งภายนอก (exoskeleton) ซึ่งมีไคตินเป็นองค์ประกอบ มีลำตัวเป็นปล้อง และรยางค์เป็นข้อ ๆ ต่อกัน (jointed appendage) ซึ่งทำให้มีความยืดหยุ่นในการเคลื่อนที่ ส่วนใหญ่ลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง โดยแต่ละส่วนจะประกอบด้วยปล้องหลายปล้อง เช่น แมลงปอ แมลงหวี่ แมลงวัน ผีเสื้อ ผึ้ง มด ปลวก แต่บางสปีชีส์มีส่วนหัวและส่วนอกรวมกัน เช่น แมงดาทะเล กิ้งกิ้ง ปู แมงมุม แมงป่อง เห็บ ไร และบางชนิดไม่แยกเป็นส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้องที่ชัดเจน เช่น ตะขาบ กิ้งกือ ดังรูป 23.53



แมลงปอ



ผีเสื้อ



ผึ้ง



มด



แมงดาทะเล



ปู



แมงมุม



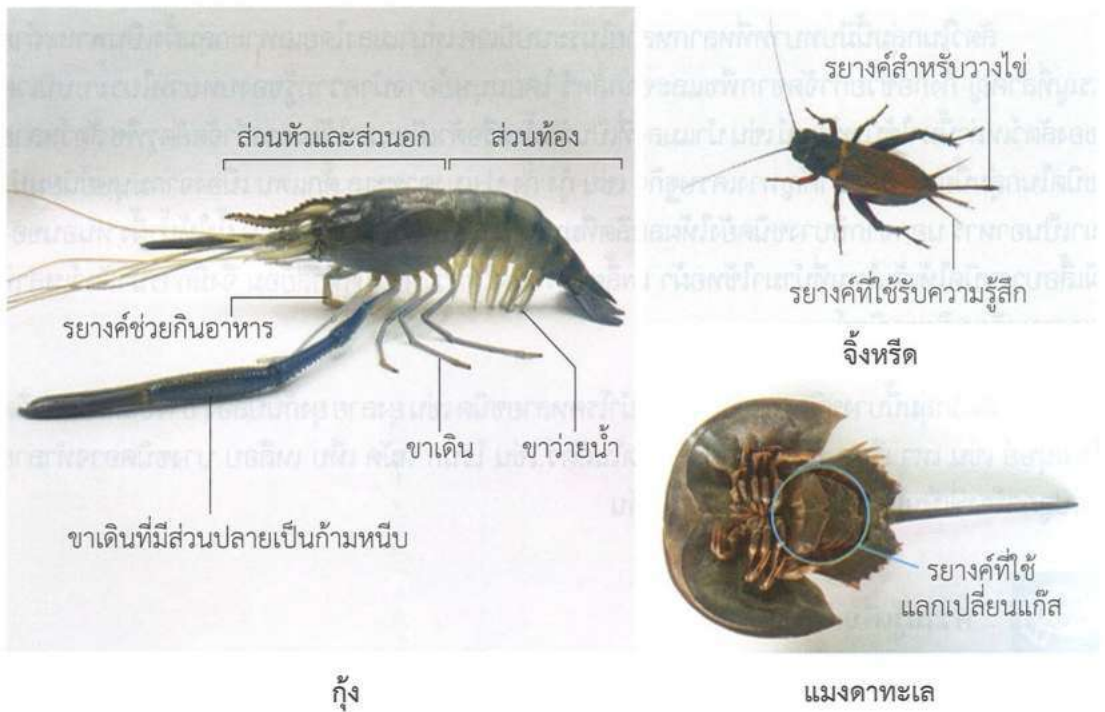
ตะขาบ

กิ้งกือ
กระบอกกิ้งกือ
กระสุนพระอินทร์

รูป 23.53 สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

ในแต่ละส่วนของลำตัวมีรยางค์ยื่นออกมา ซึ่งสัตว์แต่ละสปีชีส์ในกลุ่มนี้อาจมีชนิดและจำนวนของรยางค์ที่แตกต่างกัน โดยส่วนหัวอาจมีหนวดที่เป็นรยางค์ที่ใช้รับความรู้สึก และที่ปากอาจมีรยางค์ที่ช่วยในการกินอาหาร ส่วนนอกมีรยางค์ใช้ในการเคลื่อนที่ เช่น ขาเดิน ปีก โดยสัตว์แต่ละสปีชีส์ในกลุ่มนี้มีจำนวนขาเดินที่แตกต่างกัน เช่น แมลงมีขาเดิน 3 คู่ แมงดาทะเล แมงมุม แมงป่อง เห็บ ไร มีขาเดิน 4 คู่ กุ้ง กิ้ง ปู มีขาเดิน 5 คู่ ส่วนตะขาบมีขาเดินปล้องละ 1 คู่ กิ้งกือมีขาเดินปล้องละ 2 คู่ เป็นต้น

นอกจากนี้สัตว์บางชนิดในกลุ่มนี้อาจมีรยางค์ที่ส่วนท้อง เช่น รยางค์ที่ช่วยว่ายน้ำซึ่งพบได้ในกุ้ง รยางค์สำหรับวางไข่และรยางค์ที่ใช้รับความรู้สึกซึ่งพบได้ในแมลงบางชนิด เช่น จิ้งหรีด และรยางค์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สซึ่งพบได้ในแมงดาทะเล ดังรูป 23.54



รูป 23.54 รยางค์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

สัตว์ในกลุ่มนี้มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ มีระบบท่อลมหรือเหงือกเป็นโครงสร้างในการแลกเปลี่ยนแก๊ส มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย มีอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ ทั้งการมองเห็น การไต่กลิ่น และการรับสัมผัสที่มีพัฒนาการอย่างมาก รวมทั้งมีการพัฒนาของระบบประสาท โดยมีปมประสาทและมีศูนย์รวมของระบบประสาทอยู่ที่ส่วนหัว และเส้นประสาทอยู่ทางด้านท้อง

การที่สัตว์กลุ่มนี้มีโครงร่างแข็งเป็นส่วนที่ช่วยป้องกันอันตราย แต่ส่งผลให้ร่างกายไม่สามารถขยายขนาดได้ ดังนั้นระหว่างการเจริญเติบโตจึงต้องมีการลอกคราบ ดังรูป 23.55 ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานสูง และอาจทำให้สัตว์กลุ่มนี้เสี่ยงอันตรายในระหว่างที่ยังไม่มีการสร้างโครงร่างแข็งใหม่



รูป 23.55 การลอกคราบ

- ? ยกตัวอย่างหน้าที่ร่างกายของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดว่ามีอะไรบ้าง
- ? โครงร่างแข็งภายนอกของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดมีประโยชน์อย่างไร
- ? การมีลำตัวเป็นปล้องและรยางค์เป็นข้อ ๆ ต่อกันมีประโยชน์ต่อสัตว์ในกลุ่มนี้อย่างไร

สัตว์ในกลุ่มนี้มีบทบาทที่หลากหลายในระบบนิเวศ เช่น แมลงโดยเฉพาะกลุ่มผึ้งเป็นพาหะถ่ายเรณูที่สำคัญ กิ่งก็ช่วยกำจัดซากพืชและซากสัตว์ โดยมนุษย์อาจนำความรู้ของบทบาทในระบบนิเวศของสัตว์เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ เช่น นำแมลงที่เป็นตัวห้ำหรือตัวเบียนมาใช้ในการกำจัดศัตรูพืช สัตว์หลายชนิดในกลุ่มนี้ยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น กุ้ง กุ้ง ปู แมงดาทะเล ตั๊กแตน เนื่องจากมนุษย์นิยมนำมาเป็นอาหาร นอกจากนี้บางชนิดยังให้ผลผลิตที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ผึ้งให้น้ำผึ้ง หนอนของผีเสื้อบางชนิดให้เส้นไหมที่นำมาใช้ทอผ้า เพลี้ยบางชนิดให้ครั่งที่นำมาทำสีย้อม จึงมีการนำสัตว์เหล่านี้มาเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์

สัตว์กลุ่มนี้บางชนิดอาจเป็นพาหะนำโรคหลายชนิด เช่น ยุงลาย ยุงก้นปล่อง บางชนิดเป็นปรสิตในมนุษย์ เช่น เหา เรือด บางชนิดเป็นปรสิตในสัตว์ เช่น ไรนก หมัด เห็บ เหลือบ บางชนิดอาจทำลายสิ่งปลูกสร้างที่เป็นไม้ เช่น มอด ปลวก เป็นต้น



ความรู้เพิ่มเติม

ตัวห้ำเป็นสัตว์หรือแมลงที่กินสัตว์หรือแมลงชนิดอื่นเป็นอาหาร ตัวอย่างของตัวห้ำ เช่น กบ กิ้งก่า แมงมุม แมลงปอ แมลงข้างปีกใส ตั๊กแตนตำข้าว มวนเพศฉมาต ในขณะที่ตัวเบียนส่วนใหญ่เป็นสัตว์หรือแมลงขนาดเล็กที่ดำรงชีวิตด้วยการเกาะกินอยู่กับเหยื่อจนกระทั่งเหยื่อตาย ตัวอย่างของตัวเบียน เช่น แตนเบียนไข่ แตนเบียนหนอน หนอนกระทู้ฝัก โดยตัวเบียนจะมีความจำเพาะค่อนข้างสูงกับตัวถูกเบียน ส่วนตัวห้ำจะมีความจำเพาะน้อยกว่า สามารถกินหรือทำลายเหยื่อได้หลายชนิดมากกว่าตัวเบียน จากความรู้ดังกล่าว นักวิจัยจึงได้มีการศึกษาการใช้ตัวห้ำและตัวเบียนในการควบคุมศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพ

ดิวเทอโรสโทเมีย มีเนื้อเยื่อ 3 ชั้น และมีสมมาตรแบบครึ่งซีก เช่น กลุ่มเอไคโนเดิร์ม และกลุ่มคอร์เดต

- กลุ่มเอไคโนเดิร์ม

สัตว์ในกลุ่มเอไคโนเดิร์ม (echinoderm) มีประมาณ 7,500 สปีชีส์ ดำรงชีวิตอยู่ในทะเลทั้งหมด เป็นสัตว์ที่มีโครงร่างแข็งภายใน (endoskeleton) และมีผิวชั้นนอกบางปกคลุม มีผิวที่มีหนามหรือปุ่ม ส่วนใหญ่ลำตัวเป็น 5 แฉก สัตว์ในกลุ่มนี้ เช่น ดาวทะเล เม่นทะเล เหยี่ยวทะเล ปลิงทะเล ดังรูป 23.56



ดาวทะเล

เม่นทะเล

เหยี่ยวทะเล

ปลิงทะเล

แม้ส่วนใหญ่ตัวเต็มวัยมีสมมาตรแบบรัศมี แต่ตัวอ่อนของสัตว์กลุ่มนี้ทุกชนิดจะมีสมมาตรแบบครึ่งซีก ดังรูป 23.57 โดยลักษณะสมมาตรแบบรัศมีนี้เป็นผลจากการเกิดวิวัฒนาการ ทำให้ดำรงชีวิตอยู่กับที่ นอกจากนี้ตัวเต็มวัยไม่มีการพัฒนาของส่วนหัว ร่างกายจึงแบ่งออกเป็นด้านปากและด้านตรงข้ามปาก

กลุ่มเอไคโนเดิร์มมีระบบท่อน้ำ (water vascular system) ที่ปรับเปลี่ยนมาจากช่องตัวแยกไปตามแฉกตามแนวรัศมีและแตกแขนงออกเป็นทิวบ์ฟิต (tube feet) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยมีการปฏิสนธิภายนอก บางชนิดมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ เช่น การงอกใหม่ของดาวทะเลบางชนิด

การดำรงชีวิตของสัตว์ในกลุ่มนี้มีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล เช่น การอยู่รวมเป็นกลุ่มของเม่นทะเลทำให้พื้นที่ในการเกาะของปะการังและสิ่งมีชีวิตอื่นลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้นลดลงไปด้วย และสัตว์บางชนิดในกลุ่มนี้ยังกินสาหร่ายเป็นอาหาร ทำให้สามารถควบคุมจำนวนสาหร่ายที่จะขึ้นปกคลุมแนวปะการังได้ นอกจากนี้สัตว์ในกลุ่มนี้ยังเป็นอาหารหลักของสัตว์หลายชนิดโดยเฉพาะนากทะเล

รูป 23.56 สัตว์ในกลุ่มเอไคโนเดิร์ม

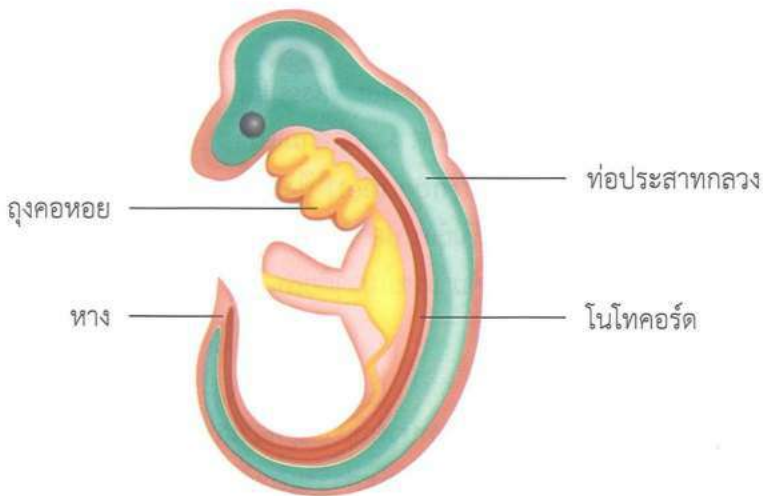


รูป 23.57 ตัวอ่อนของดาวทะเล

● กลุ่มคอर्डเตต

สัตว์ในกลุ่มคอर्डเตต (chordate) มีประมาณ 50,000 สปีชีส์ มีทั้งที่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง แต่เอ็มบริโอของสัตว์กลุ่มนี้จะมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญเหมือนกัน ดังรูป 23.58 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

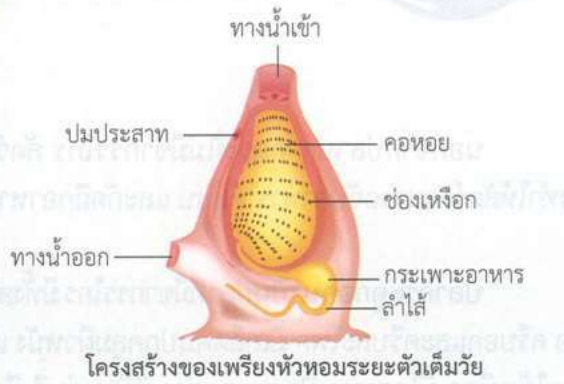
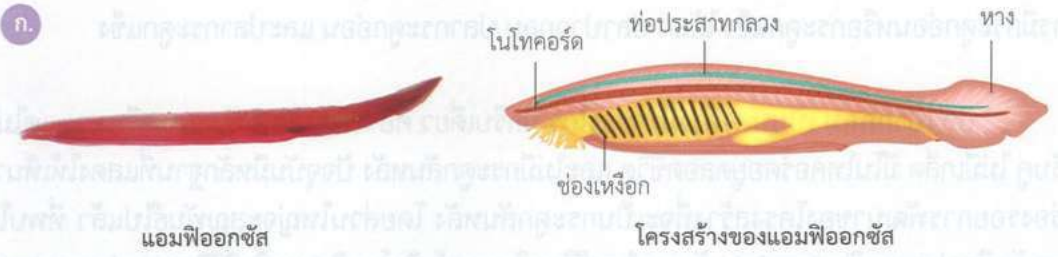
1. มีโนโทคอร์ด (notochord) อยู่ระหว่างท่อทางเดินอาหารและท่อประสาทกลาง ลักษณะเป็นแท่งยาวตลอดความยาวของลำตัว ช่วยค้ำจุนร่างกาย อาจมีอยู่เฉพาะระยะเอ็มบริโอหรือมีตลอดชีวิต
2. มีท่อประสาทกลางทางด้านหลัง (dorsal hollow nerve cord) อยู่เหนือโนโทคอร์ด ซึ่งในสัตว์มีกระดูกสันหลังจะพัฒนาต่อไปเป็นสมองและไขสันหลังในตัวเต็มวัย
3. มีถุงคอหอย (pharyngeal pouch) ซึ่งในปลาและซาลาแมนเดอร์จะพัฒนาเปิดเป็นช่องเหงือก (gill slit หรือ pharyngeal slit) แต่ในสัตว์อื่นได้ปรับเปลี่ยนไปในระหว่างการเจริญเติบโตให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต เช่น ในมนุษย์ถุงคอหอยบางส่วนเปลี่ยนเป็นท่อยูสตาเซีย (eustachian tube) เพื่อทำหน้าที่ปรับความดันในหูส่วนกลาง เป็นต้น
4. มีหางเป็นกล้ามเนื้ออยู่ทางด้านท้ายของลำตัว ส่วนใหญ่ยังคงพบในตัวเต็มวัย



รูป 23.58 ลักษณะสำคัญของสัตว์กลุ่มคอर्डเตตในระยะเอ็มบริโอ

สัตว์ในกลุ่มคอร์เดตที่ไม่มีกระดูกสันหลัง

สัตว์ในกลุ่มคอร์เดตที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เมื่อเจริญเติบโตจะไม่มีการพัฒนาของส่วนที่เป็นกระดูกสันหลังค้ำจุนภายในร่างกาย บางชนิดมีโนโทคอร์ดตลอดชีวิต เช่น แอมฟิออกซัส (amphioxus) โดยเมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัยยังคงมีลักษณะคล้ายกับเอ็มบริโอ ดังรูป 23.59 ก. แต่บางชนิดโนโทคอร์ดจะหายไปเมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัย เช่น เพรียงหัวหอม โดยตัวเต็มวัยจะมีถุงหุ้มตัวซึ่งประกอบด้วยสารคล้ายเซลลูโลส ระบบประสาทลดรูปเป็นปมประสาท และส่วนหางจะหดหายไป ดังรูป 23.59 ข.



รูป 23.59 สัตว์ในกลุ่มคอร์เดตที่ไม่มีกระดูกสันหลัง
ก. แอมฟิออกซัส ข. เพรียงหัวหอม

สัตว์ในกลุ่มคอร์เดตที่มีกระดูกสันหลัง

สัตว์ในกลุ่มคอร์เดตที่มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เมื่อเจริญเติบโตจะมีการพัฒนาของกะโหลกและกระดูกสันหลัง ทำหน้าที่พยุงและค้ำจุนร่างกายแทนโนโทคอร์ด รวมทั้งป้องกันสมอง ไขสันหลัง และเส้นประสาท

ปลา (fish) อาศัยอยู่ในน้ำ เคลื่อนที่โดยใช้ครีบและกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ส่วนใหญ่มีเกล็ด ใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส สามารถจำแนกปลาออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามการมีหรือไม่มีขากรรไกรและการมีกระดูกอ่อนหรือกระดูกแข็ง ได้แก่ ปลาปากกลม ปลากะดุกอ่อน และปลากะดุกแข็ง

ปลาปากกลม เป็นปลาที่ไม่มีขากรรไกร มีครีบเดี่ยว คือ ครีบหลัง 2 อัน และครีบหาง แต่ไม่มีครีบคู่ ไม่มีเกล็ด มีโนโทคอร์ดอยู่ตลอดชีวิต และไม่มีกระดูกสันหลัง ปัจจุบันมีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีร่องรอยการพัฒนาของโครงสร้างที่จะเป็นกระดูกสันหลัง โดยส่วนใหญ่จะสูญพันธุ์ไปแล้ว ที่พบในปัจจุบัน คือ ปลาแฮกพิช (hag fish) มักพบดำรงชีวิตบริเวณหน้าดินโดยกินซากสิ่งมีชีวิต และปลาแลมเพรย์ (lamprey) ซึ่งส่วนใหญ่มักพบดำรงชีวิตแบบภาวะปรสิต โดยปากมีฟันแหลมคมจำนวนมาก สามารถเกาะที่ตัวปลาและดูดเลือดเพื่อให้ได้รับสารอาหาร ดังรูป 23.60



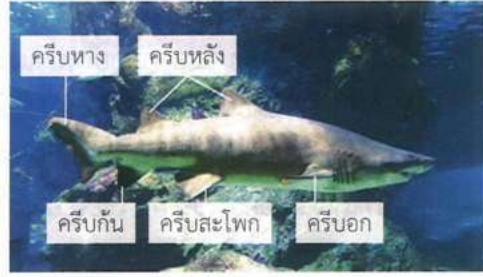
รูป 23.60 ปลาแลมเพรย์

นอกจากปลาปากกลมที่ไม่มีขากรรไกร สัตว์มีกระดูกสันหลังที่เหลือทั้งหมดจะมีขากรรไกร ซึ่งทำให้สัตว์สามารถจับอาหารได้แน่น และกัดฉีกอาหารได้

ปลากะดุกอ่อน เป็นปลาที่มีขากรรไกร มีทั้งครีบเดี่ยว คือ ครีบหลัง ครีบกัน ครีบหาง และครีบคู่ คือ ครีบอกและครีบสะโพก มีเกล็ดคมปกคลุมผิวหนัง เห็นช่องเหงือกชัดเจน และมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยใช้เหงือก มีโครงร่างเป็นกระดูกอ่อนที่ยืดหยุ่นดี มีการปฏิสนธิภายใน และส่วนใหญ่ออกลูกเป็นตัว ตัวอย่างเช่น ปลากะเบน ปลาฉลาม ดังรูป 23.61 ปลาฉลามส่วนใหญ่มีบทบาทเป็นผู้ล่าโดยใช้ขากรรไกรและฟันที่แหลมคม



ปลากระเบน



ปลาฉลาม

รูป 23.61 ปลากระดุกอ่อน

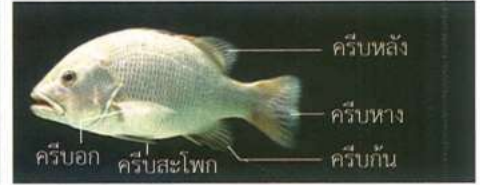
ปลากระดุกแข็ง เป็นปลาที่มีขากรรไกร มีครีบเดี่ยวและครีบคู่ ส่วนใหญ่ผิวหนังมีเกล็ดปกคลุม มีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยใช้เหงือกซึ่งมีแผ่นปิดเหงือก และมีถุงลมช่วยควบคุมการลอยตัวในน้ำ มีโครงร่างภายในส่วนใหญ่เป็นกระดูกแข็งที่มีสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ส่วนใหญ่มีการสืบพันธุ์โดยการวางไข่และปฏิสนธิภายนอก ตัวอย่างเช่น ปลาการ์ตูน ปลาปักเป้า ปลากระพง ปลานิล ดังรูป 23.62



ปลาการ์ตูน



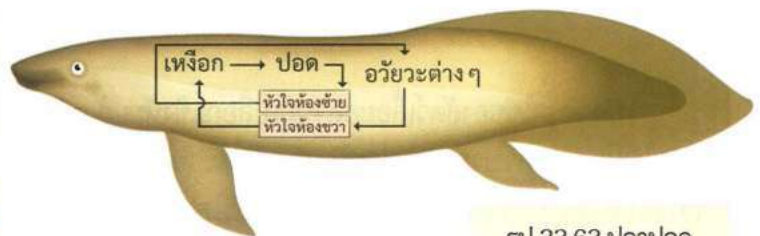
ปลาปักเป้า



ปลากระพง

รูป 23.62 ปลากระดุกแข็ง

ปลากระดุกแข็งใช้ออกซิเจนที่ละลายน้ำในการหายใจตลอดชีวิต แต่มีปลาปอดซึ่งเป็นปลากระดุกแข็งที่สามารถหายใจเอาออกซิเจนจากอากาศได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ และสามารถอยู่ในโคลนเมื่อถึงฤดูแล้งได้ ซึ่งเป็นหลักฐานที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการเพื่อดำรงชีวิตบนพื้นดิน โดยมีปอดที่ต่อกับระบบหมุนเวียนเลือด แต่ยังคงใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊สเป็นหลัก ดังรูป 23.63



รูป 23.63 ปลาปอด

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (amphibian) เริ่มมีวิวัฒนาการขึ้นมาดำรงชีวิตบนบก มีระยะ 2 คู่ ใช้ในการเคลื่อนที่ ในระยะตัวอ่อนจะอาศัยอยู่ในน้ำและใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส เมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัยจะดำรงชีวิตบนบก แต่ยังคงอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้แหล่งน้ำหรือที่มีความชื้น ใช้ผิวหนังและปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ต้องวางไข่ในน้ำหรือที่ชื้นเนื่องจากไข่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มจึงทำให้สูญเสียความชื้นได้รวดเร็วหากอยู่ในที่แห้ง ตัวอย่างเช่น กบ เขียด อึ่งอ่าง คางคก ซาลามานเดอร์ เขียดงู โดยเขียดงูมีการลดรูปของรยางค์ ดังรูป 23.64



กบ



ซาลามานเดอร์



เขียดงู

รูป 23.64 สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

สัตว์เลื้อยคลาน (reptilian) เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังกลุ่มแรกที่มีวิวัฒนาการขึ้นมาดำรงชีวิตบนบกอย่างแท้จริง ไม่ต้องอาศัยน้ำในการดำรงชีวิตมากเท่ากับสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก เช่น วางไข่บนบก ไข่มีเปลือกแข็งหุ้ม ปฏิสนธิภายใน ผิวหนังปกคลุมด้วยเกล็ดซึ่งมีสารเคราตินเป็นองค์ประกอบเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ หายใจด้วยปอด ตัวอย่างเช่น กิ้งก่า อิกัวนา จระเข้ เต่า งู จิ้งจก ตุ๊กแก ดังรูป 23.65



อิกัวนา



จระเข้

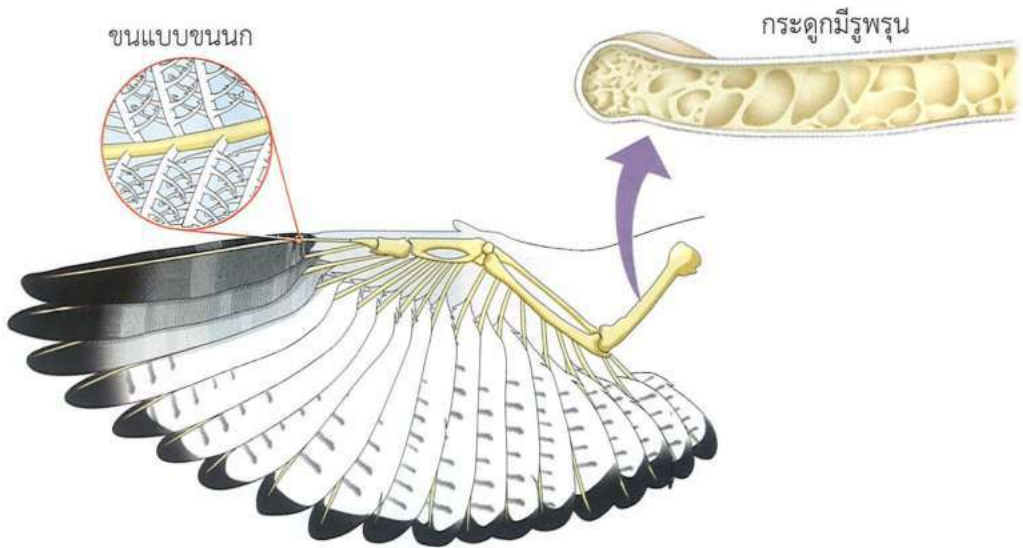


เต่า

รูป 23.65 สัตว์เลื้อยคลาน

นอกจากไข่ของสัตว์เลื้อยคลานมีเปลือกแข็งหุ้มแล้ว เอ็มบริโออยู่ภายในไข่ที่มีถุงน้ำคร่ำซึ่งภายในมีของเหลวบรรจุอยู่ ช่วยป้องกันอันตรายจากแรงกระแทก มีโครงสร้างอื่นที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนแก๊สและลำเลียงสารอาหารไปยังเอ็มบริโอ ลักษณะของไข่ดังกล่าวนี้เป็นวิวัฒนาการที่สำคัญซึ่งทำให้สัตว์เลื้อยคลาน รวมทั้งสัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมดำรงชีวิตบนบกได้อย่างสมบูรณ์ขึ้น

สัตว์ปีก (avian) มีบรรพบุรุษร่วมกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีวิวัฒนาการโดยมีการปรับเปลี่ยนร่างกายคู่หน้าเป็นปีกเพื่อให้เหมาะสมต่อการบิน มีขนแบบขนนก (feather) ดังรูป 23.66 มีการปรับตัวของโครงสร้างต่าง ๆ ทำให้มีน้ำหนักเบาเพื่อช่วยในการบิน เช่น กระดูกมีรูพรุน ไม่มีขากรรไกร ไม่มีฟัน ไม่มีกระเพาะปัสสาวะ มีระบบหายใจที่ช่วยให้แลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปฏิสนธิภายใน และออกลูกเป็นไข่ ตัวอย่างเช่น นก ไก่ ห่าน สัตว์ปีกบางชนิดไม่สามารถบินได้แต่วิ่งได้เร็ว เช่น นกกระจอกเทศ หรือว่ายน้ำได้ เช่น นกเพนกวิน ดังรูป 23.67



รูป 23.66 ลักษณะโครงสร้างของปีกนก และกระดูกนก



นกแอ่น



ไก่



นกกระจอกเทศ



นกเพนกวิน

รูป 23.67 สัตว์ปีก

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (mammal) มีต่อมน้ำนม มีขนแบบขนเส้นเดี่ยว (hair) ปกคลุมลำตัว ใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มที่ออกลูกเป็นไข่ ได้แก่ ตัวกินนมคมีหนาม ตุ่นปากเปิด กลุ่มที่ตั้งท้องระยะสั้นโดยตัวอ่อนที่ออกมาจะต้องอาศัยอยู่ในถุงหน้าท้องระยะหนึ่งจึงจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยตัวเอง เช่น โคอาลา จิงโจ้ และกลุ่มที่มีรกซึ่งตัวอ่อนเจริญอยู่ภายในมดลูกของแม่ และได้รับสารอาหารผ่านทางรก ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมส่วนใหญ่รวมทั้งมนุษย์



ตัวกินนมคมีหนาม



ตุ่นปากเปิด



โคอาลา



จิงโจ้



ลิง



แพนด้า

รูป 23.68 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม



ตรวจสอบความเข้าใจ

? เขียนผังมโนทัศน์เพื่อแสดงการแบ่งกลุ่มของสัตว์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสัตว์ในแต่ละกลุ่ม

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมหลายสปีชีส์ เช่น โคอาลา (*Phascolarctos cinereus*) ตัวกินมดมีหนาม (*Zaglossus attenboroughi*) ในปัจจุบันได้รับการประเมินสถานภาพตาม IUCN red list ว่ามีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์และใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งตามลำดับ สัตว์ในกลุ่มอื่นๆ ก็เช่นเดียวกันในอดีตอาจพบได้หลายพื้นที่ แต่ในปัจจุบันพบได้ยาก โดยอาจพบเพียงบางพื้นที่เท่านั้น เช่น นกอินทรีฟิลิปปินส์ (*Pithecophaga jefferyi*) หรืออาจสูญพันธุ์แล้ว เช่น นกพิราบสื่อสาร (*Ectopistes migratorius*) การลดลงหรือการสูญพันธุ์ของสปีชีส์ต่างๆ อาจเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การถูกคุกคาม การสูญเสียพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นต้น ในประเทศไทยมีการสำรวจข้อมูลสปีชีส์ต่างๆ เพื่อประเมินสถานภาพเช่นเดียวกัน ดังกรณีศึกษาต่อไปนี้



ความรู้เพิ่มเติม

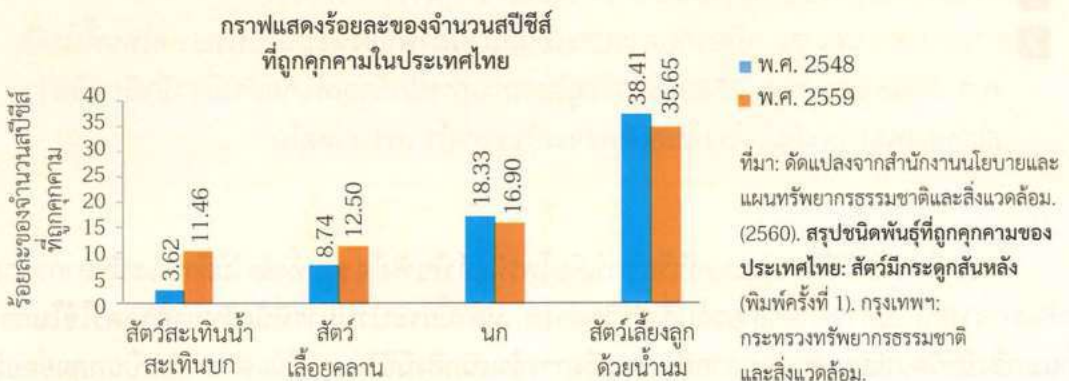
สัตว์ที่มีอุณหภูมิร่างกายไม่คงที่ โดยจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม เรียกว่า สัตว์อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนแปลงได้ (poikilotherm) เช่น ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน ส่วนสัตว์ที่มีกลไกในการรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม เรียกว่า สัตว์อุณหภูมิร่างกายคงตัว (homeotherm) เช่น สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม



กรณีศึกษา

การศึกษาสัตว์มีกระดูกสันหลังที่ถูกคุกคามในประเทศไทย

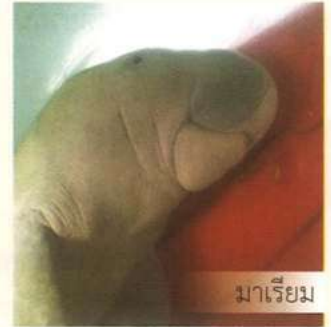
จากการสำรวจสปีชีส์สัตว์มีกระดูกสันหลังในประเทศไทย และประเมินชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามหรือสปีชีส์ที่ถูกคุกคาม (threatened species) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 ผลแสดงดังกราฟ



- ? การประเมินสปีชีส์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทยปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- ? การถูกคุกคามของสัตว์มีกระดูกสันหลังในประเทศไทยน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง

พะยูนในประเทศไทย

พะยูน (*Dugong dugon*) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม อาศัยตามชายฝั่งที่มีหญ้าทะเลเจริญอยู่ เนื่องจากเป็นอาหารหลักของพะยูน พะยูนเป็นสัตว์รักสงบ ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่กับคู่ของมัน แต่บางครั้งอาจพบอยู่รวมกันเป็นฝูง แม้ว่าพะยูนสามารถอยู่ใต้น้ำได้หลายนาทิต แต่ต้องโผล่ขึ้นมาหายใจที่ระดับผิวน้ำเป็นครั้งคราว ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2559 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้จัดสถานภาพการคุกคามโดยใช้หลักการจัดทำ Red List of Threatened Species ของสหภาพสากลว่าด้วยการอนุรักษ์ (IUCN) พบว่าพะยูนถูกจัดให้เป็นสัตว์ที่อยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง สาเหตุหลักที่ทำให้พะยูนในประเทศไทยลดลงมาจากการเสียชีวิตเนื่องจากติดเครื่องมือในการทำประมงโดยเฉพาะอวนชนิดต่างๆ ทำให้ไม่สามารถขึ้นมาหายใจได้ หรือเกิดการบาดเจ็บและทำให้เสียชีวิตในที่สุด ในปี พ.ศ. 2562 มีลูกพะยูนที่ถูกตั้งชื่อว่า มาเรียม ซึ่งพลัดหลงจากแม่และมีอาการเจ็บป่วย ได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานของรัฐและชุมชนเป็นอย่างดี แต่สุดท้ายมาเรียมก็เสียชีวิตลง และเมื่อทีมแพทย์ผ่าพิสูจน์มาเรียมพบว่าภายในทางเดินอาหารมีถุงพลาสติกอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มาเรียมเกิดอาการเจ็บป่วยและตายไปในที่สุด



มาเรียม

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

จะเห็นว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย อาร์เคีย โพรทิสต์ พืช ฟังไจ รวมทั้งสัตว์มีลักษณะที่หลากหลายและแตกต่างกัน ในการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ เหล่านี้กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มออกจากกัน รวมถึงการจำแนกสิ่งมีชีวิตภายในแต่ละกลุ่มเป็นกลุ่มย่อยมีแนวคิด วิธีการ และขั้นตอนอย่างไร

23.3 การศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tursiops aduncus* ส่วนฉลามแหลมอนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lamna ditropis* โลมาและฉลามเป็นสัตว์ทะเล มีรูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกัน (รูป 23.69) คนส่วนใหญ่ มักจะคิดว่าโลมาเป็นปลา แต่หลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาลักษณะโดยละเอียดของสัตว์ทั้งสองชนิด เปรียบเทียบกันพบว่า โลมาเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ส่วนฉลามเป็นปลากระดูกอ่อน การศึกษาที่ทำให้สามารถ จำแนกโลมาและฉลามได้ถูกต้อง คือ ศาสตร์ทางด้าน **อนุกรมวิธาน** (taxonomy) ประกอบด้วย **การจำแนก** (classification) **การตั้งชื่อ** (nomenclature) และ **การระบุ** (identification) ซึ่งเป็นกระบวนการพื้นฐานของศาสตร์นี้



โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก



ฉลามแหลมอน

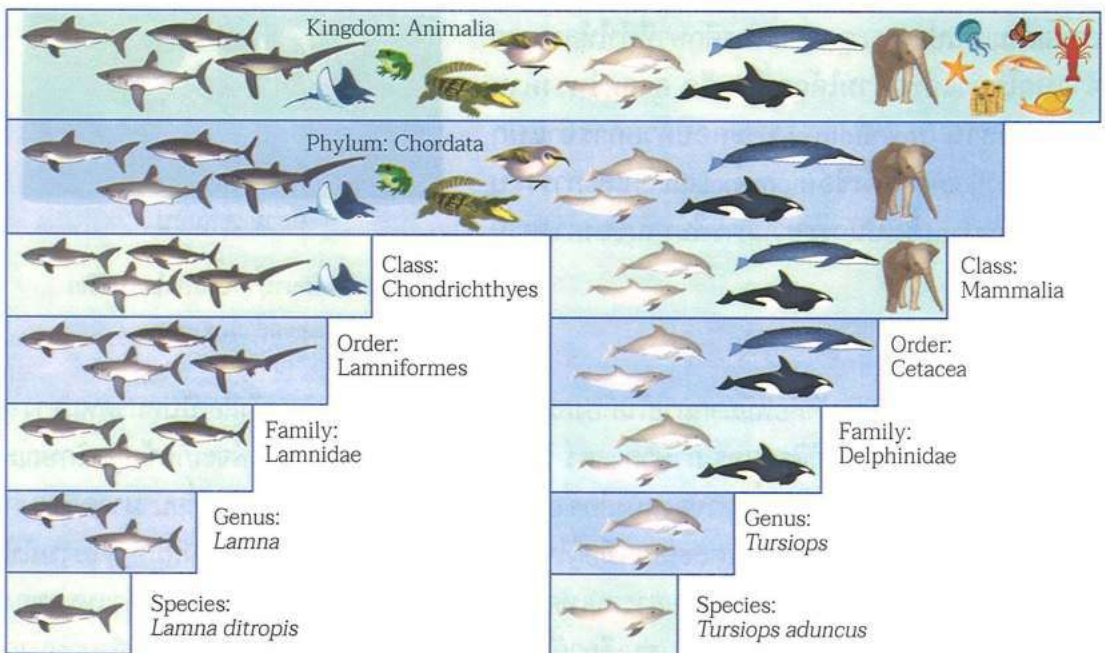
รูป 23.69 โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก และฉลามแหลมอน

ในการจัดการหนังสือที่มีมากมายในห้องสมุดจะเห็นว่ามีกรจำแนกหนังสือเป็นหมวดหมู่ต่างๆ อย่างเป็นระบบ เช่น ประวัติศาสตร์ ภาษาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ โดยบรรณารักษ์จะเก็บข้อมูลลักษณะ หนังสือแต่ละเล่มทั้งชื่อหนังสือ เนื้อหาของหนังสือ ชื่อผู้แต่ง ครั้งที่จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์ เพื่อนำมาจัดจำแนก และให้รหัสเฉพาะสำหรับหนังสือแต่ละเล่ม เมื่อผู้ใช้บริการต้องการค้นหนังสือในห้องสมุด สามารถใช้ ประเภทของหนังสือเป็นคำค้นจากระบบสารสนเทศของห้องสมุด จะได้รับรหัสเฉพาะซึ่งระบุตำแหน่งของ หนังสือเล่มที่ต้องการได้ง่ายและรวดเร็ว เช่นเดียวกันในการศึกษาสิ่งมีชีวิตที่รวบรวมไว้เป็นจำนวนมาก จะต้องมีการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุเพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นได้อย่างเป็นระบบและเป็นแนวทาง ที่ทำให้เข้าใจได้ตรงกัน

23.3.1 การจำแนกสิ่งมีชีวิต

การจำแนกสิ่งมีชีวิตมีเป้าหมายเพื่อจัดสิ่งมีชีวิตเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่โดยให้สมาชิกใน หมวดหมู่นั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดทางวิวัฒนาการร่วมกันมากที่สุด โดยอาศัยข้อมูลทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา นิเวศวิทยา พฤติกรรมวิทยา และชีววิทยาโมเลกุล เป็นต้น เมื่อใช้ข้อมูลเหล่านี้ มาจำแนกสิ่งมีชีวิตจะได้เป็นหมวดหมู่ที่เรียกว่า **หน่วยอนุกรมวิธาน** (taxon) ซึ่งแบ่งเป็นหมวดหมู่ต่างๆ ตั้งแต่ลำดับชั้นใหญ่ไปจนถึงลำดับชั้นเล็กลดหลั่นกันไป

นักอนุกรมวิธานอาจจำแนกสิ่งมีชีวิตด้วยแนวความคิดและข้อมูลที่ต่างกัน จึงทำให้เกิดระบบการจำแนกแบบต่างๆ ขึ้น แต่ระบบการจำแนกสิ่งมีชีวิตของคาโรลัส ลินเนียส (Carolus Linnaeus) นักพฤกษศาสตร์ชาวสวีเดน ที่สร้างขึ้นในศตวรรษที่ 18 เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับซึ่งในเวลาต่อมาได้นำมาเป็นพื้นฐานและแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาจนเป็นระบบที่นิยมใช้กันจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากระบบของลินเนียสมีการจำแนกหน่วยอนุกรมวิธานที่ชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย โดยแบ่งออกเป็น 7 ลำดับชั้น ตั้งแต่ลำดับชั้นใหญ่ คือ อาณาจักรหรือคิงดอม (kingdom) แบ่งย่อยลงมาเป็น ไฟลัม (phylum) ในไฟลัมหนึ่งๆ แยกออกเป็นชั้นหรือคลาส (class) แต่ละคลาสแยกออกเป็นอันดับหรือออร์เดอร์ (order) แต่ละออร์เดอร์แยกออกเป็นวงศ์หรือแฟมิลี (family) แต่ละแฟมิลียังแยกเป็นสกุลหรือจิ้นัส (genus) และแต่ละจิ้นัสแบ่งออกเป็นลำดับชั้นเล็กที่สุด คือ ชนิดหรือสปีชีส์ (species) ตัวอย่างการจำแนกดังรูป 23.70



รูป 23.70 การจำแนกฉลามแซลมอนและโลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก

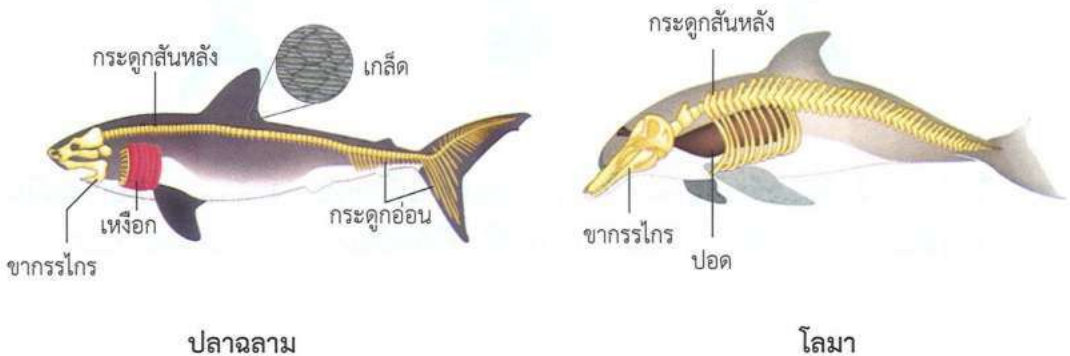
- ? จากรูป 23.70 สิ่งมีชีวิตในคิงดอม Animalia ชนิดใดที่ไม่ถูกจำแนกไว้ในไฟลัม Chordata เพราะเหตุใด
- ? จากรูป 23.70 สัตว์ในคลาส Chondrichthyes มีลักษณะใดร่วมกันบ้าง และสัตว์ในคลาส Mammalia มีลักษณะใดร่วมกันบ้าง
- ? หน่วยอนุกรมวิธานลำดับชั้นใดที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด
- ? หน่วยอนุกรมวิธานลำดับชั้นใดที่สิ่งมีชีวิตมีจำนวนลักษณะร่วมมากที่สุด

นอกจากนี้ในแต่ละลำดับชั้นอาจมีการแบ่งลำดับชั้นย่อยๆ แทรกอยู่ โดยหากมีคำว่า **ซูเปอร์** (super) เติมหน้าชื่อลำดับชั้น หมายถึง สูงกว่าลำดับชั้นนั้น หรือคำว่า **ซับ** (sub) เติมหน้าชื่อลำดับชั้น หมายถึง ต่ำกว่าลำดับชั้นนั้น เช่น ปลาฉลามแซลมอนอยู่ในซูเปอร์ออร์เดอร์ Selachimorpha ออร์เดอร์ Lamniformes หรือ โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิกอยู่ในไฟลัม Chordata ซับไฟลัม Vertebrata เป็นต้น

การจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากลักษณะของสิ่งมีชีวิต

การจำแนกสิ่งมีชีวิตในสมัยเริ่มแรกนั้นเป็นการจำแนกโดยใช้เกณฑ์อย่างง่ายเพียง 1-2 ลักษณะ เช่น สัตว์ที่บินได้ สัตว์ที่ว่ายน้ำได้ พืชที่กินได้ พืชที่เป็นพืช การจำแนกดังกล่าวไม่สอดคล้องตามความสัมพันธ์ในทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ต่อมาเริ่มมีการจำแนกโดยใช้หลายลักษณะ ซึ่งจะพิจารณาจากลักษณะของสิ่งมีชีวิตหลายๆ ลักษณะทั้งความเหมือนและความต่างแทนการใช้เกณฑ์อย่างง่ายเพียง 1-2 ลักษณะ ทำให้หมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตที่ได้เริ่มสอดคล้องตามความสัมพันธ์ในทางวิวัฒนาการมากขึ้น ดังเช่นการจำแนกปลาฉลามและโลมา

เมื่อพิจารณาหลายๆ ลักษณะของปลาฉลามและโลมาดังรูป 23.71 นักอนุกรมวิธานพบว่า มีลักษณะที่แตกต่างกันมากจนถูกจัดไว้ต่างคลาสิกกันดังรูป 23.70 โดยปลาฉลามมีลักษณะของปลาที่มีขากรรไกร มีโครงสร้างเป็นกระดูกอ่อน มีเกล็ด การแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นที่เหงือก ส่วนโลมาแม้จะมีครีบ หาง และรูปร่างคล้ายปลา แต่มีอวัยวะต่างๆ ที่คล้ายกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น แลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด มีต่อมน้ำนมสำหรับเลี้ยงดูตัวอ่อน และมีรกเชื่อมต่อกับตัวอ่อนในครรภ์ แต่ทั้งปลาฉลามและโลมาต่างก็มีลักษณะสำคัญที่เหมือนกัน คือ มีโนโทคอร์ดในระยะเอ็มบริโอ และมีกระดูกสันหลัง ทำให้ทั้งปลาฉลามและโลมาจัดอยู่ในไฟลัม Chordata ซับไฟลัม Vertebrata เหมือนกัน



รูป 23.71 ลักษณะทางกายวิภาคบางประการของปลาฉลามและโลมา



กิจกรรม 23.4 การจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา

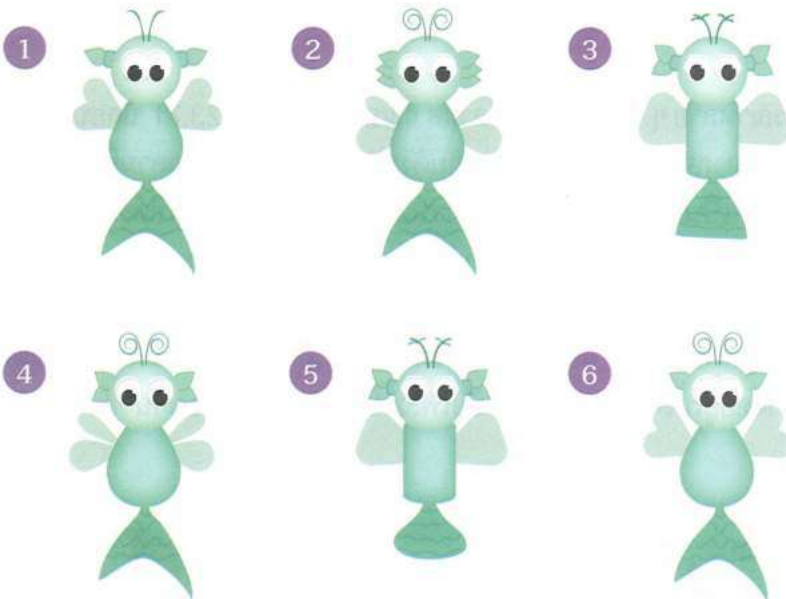
จุดประสงค์

1. จำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่โดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา
2. อธิบายวิธีการจำแนกสิ่งมีชีวิต






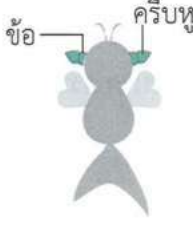
วิธีการทำกิจกรรม

1. แต่ละกลุ่มพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ : นักชีววิทยาได้ศึกษาสิ่งมีชีวิตจำนวน 6 สปีชีส์ ดังแสดงในรูปด้านล่าง โดยพบว่าสามารถจำแนกสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้เป็น 3 กลุ่ม



2. ให้จำแนกสิ่งมีชีวิตข้างต้นออกเป็นกลุ่มโดยเลือกใช้ลักษณะ 1 ลักษณะเป็นเกณฑ์ในการจำแนก และบันทึกการจำแนกกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ได้ พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้จำแนก
3. ให้นักเรียนพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ และบันทึกการมีหรือไม่มีลักษณะนั้นโดยใส่เครื่องหมาย ✓ แสดงการมี และเครื่องหมาย - แสดงการไม่มี ลงในตาราง

ลักษณะ		สปีชีส์ที่					
		1	2	3	4	5	6
ลำตัว 	รูปร่างคล้ายหยดน้ำ						
	รูปร่างทรงกระบอก						
ตา 	ตากลมและเชื่อมกัน						
	ตากลมและไม่เชื่อมกัน						
	ตาหกเหลี่ยมและไม่เชื่อมกัน						
หนวด 	ปลายแยกเป็น 3 แฉก						
	ปลายม้วน						
	ปลายโค้ง						
ปีก 	ปีก 1 คู่ ปลายปีกตรง						
	ปีก 1 คู่ คล้ายรูปหัวใจ						
	ปีก 2 คู่						
หาง 	หางกลมมน						
	หางตัดตรง						
	หางเป็นแฉก						
ข้อและครีบทู 	มีข้อ มีครีบทู 1 คู่						
	มีข้อ มีครีบทู 2 คู่						
	ไม่มีข้อ มีครีบทู 1 คู่						
	ไม่มีข้อ มีครีบทู 2 คู่						
	ไม่มีข้อ มีครีบทู 3 คู่						

4. จากตารางในข้อที่ 3 ให้เปรียบเทียบและบันทึกจำนวนลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตลงในตาราง

สปีชีส์ที่	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

5. จากตารางในข้อ 4 ให้นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 สปีชีส์ข้างต้นอีกครั้ง และบันทึกการจำแนกกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ได้ พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้จำแนก

6. แต่ละกลุ่มนำเสนอการจำแนกสิ่งมีชีวิตที่ได้จากข้อ 2 และ ข้อ 5 จากนั้นร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ถ้าใช้ลักษณะเดียวเป็นเกณฑ์ในการจำแนก กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจำแนกได้เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ถ้าใช้หลายลักษณะร่วมกันเป็นเกณฑ์ในการจำแนก กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจำแนกได้เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- เมื่อเปรียบเทียบการใช้ลักษณะเดียวกับการใช้หลายลักษณะร่วมกันเป็นเกณฑ์ในการจำแนก กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

คำถามท้ายกิจกรรม

- ?** ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 กลุ่มนี้จัดอยู่ในแฟมิลีย์เดียวกัน กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้มีความแตกต่างกันทางอนุกรมวิธานในลำดับขั้นใด
- ?** การพิจารณาโดยใช้ลักษณะเดียวกับการใช้หลายลักษณะร่วมกันเป็นเกณฑ์ในการจำแนก จะทำให้กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

การจำแนกสิ่งมีชีวิตกับความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการ

ในยุคก่อนที่จะมีการยอมรับทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต นักอนุกรมวิธานจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคศาสตร์เป็นหลัก และยังมีได้คำนึงถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการ อย่างไรก็ตามหลังจากการจำแนกสิ่งมีชีวิตที่พิจารณาจากลักษณะที่เหมาะสมหลายลักษณะร่วมกัน ทำให้การจำแนกสิ่งมีชีวิตมีความใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการมากขึ้นในระดับหนึ่งแล้ว

เมื่อทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติตามแนวคิดของชาลส์ ดาร์วินเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป รวมทั้งความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในยุคต่อมา ทำให้เริ่มมีการจำแนกสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิตเรียกว่า **วิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogeny)** โดยสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันควรมีลักษณะร่วมกันที่ถ่ายทอดมาจาก **บรรพบุรุษร่วม (common ancestor)** เดียวกัน การศึกษาความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตจะแสดงในรูปของ **แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogenetic tree)** ดังตัวอย่างในรูป 23.72 ซึ่งแสดงการแตกกิ่งก้านที่เชื่อมโยงสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ต่าง ๆ ย้อนกลับไปยังบรรพบุรุษร่วม โดยบริเวณที่เป็นตำแหน่งของจุดแยกของเส้นในแผนภูมิจะแสดงถึงบรรพบุรุษร่วมที่เริ่มมีวิวัฒนาการแยกออกจากกัน ซึ่งบรรพบุรุษร่วมของกลุ่มสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ ที่ย้อนกลับไปใกล้ที่สุดเรียกว่า **บรรพบุรุษร่วมล่าสุด (recent common ancestor)** เช่น จุด ก. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของปลาฉลามและปลากะเบน จุด ข. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของโลมาและวาฬ และจุด ค. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของโลมา วาฬ และช้าง เป็นต้น

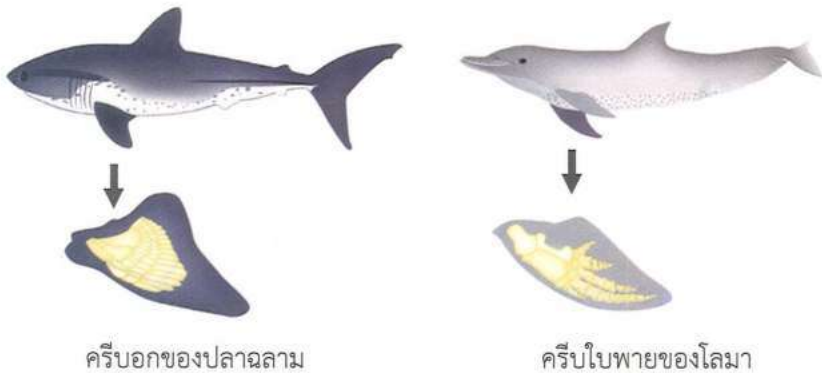


รูป 23.72 แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์ที่บ่งบอกความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของสัตว์มีกระดูกสันหลังบางสปีชีส์

นอกจากนี้แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์ดังรูป 23.72 ยังบ่งบอกความสัมพันธ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง โดยแสดงให้เห็นว่าสัตว์ที่อยู่ในคลาสเดียวกันจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการมากกว่าสัตว์ที่อยู่ต่างคลาสิกั้น เช่น โลมาและวาฬซึ่งอยู่ในคลาส Mammalia จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมากกว่าจะไปใกล้ชิดกับปลาฉลามซึ่งอยู่ในคลาส Chondrichthyes

? จากรูป 23.72 จุด ง. จ. และ ฉ. เป็นบรรพบุรุษร่วมล่าสุดของสิ่งมีชีวิตใด

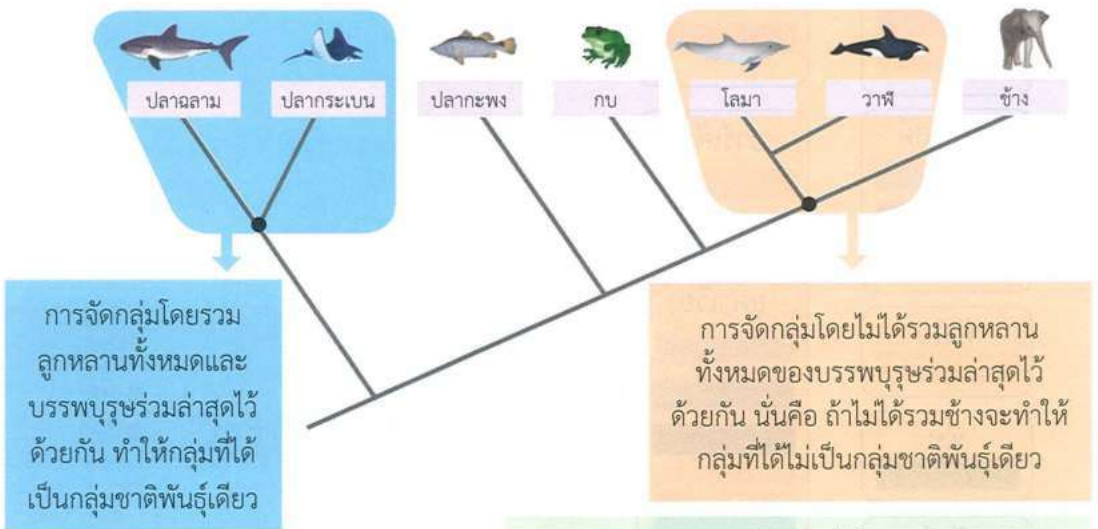
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ซึ่งมีความซับซ้อนของโครงสร้าง สามารถนำมาใช้ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์ได้เป็นอย่างดี โดยจะเน้นที่การค้นหาและระบุลักษณะร่วมซึ่งเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษร่วมเดียวกันเพื่อแยกสายวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกัน จะมีลักษณะทางพันธุกรรมร่วมกันมาก และมีแนวโน้มที่วิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมเดียวกัน แต่บางครั้งสิ่งมีชีวิตที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการอาจมีลักษณะที่คล้ายกันได้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น บรรพบุรุษที่มีลักษณะแตกต่างกันแต่มีวิวัฒนาการในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน ทำให้มีวิวัฒนาการของโครงสร้างทางกายวิภาคที่แตกต่างกันมาทำหน้าที่เหมือนกัน ดังเช่นครีบของปลาฉลามและโลมาซึ่งเป็นโครงสร้างกำเนิดต่างกัน ดังรูป 23.73



รูป 23.73 กายวิภาคเปรียบเทียบโครงสร้างครีบของปลาฉลามและโลมา

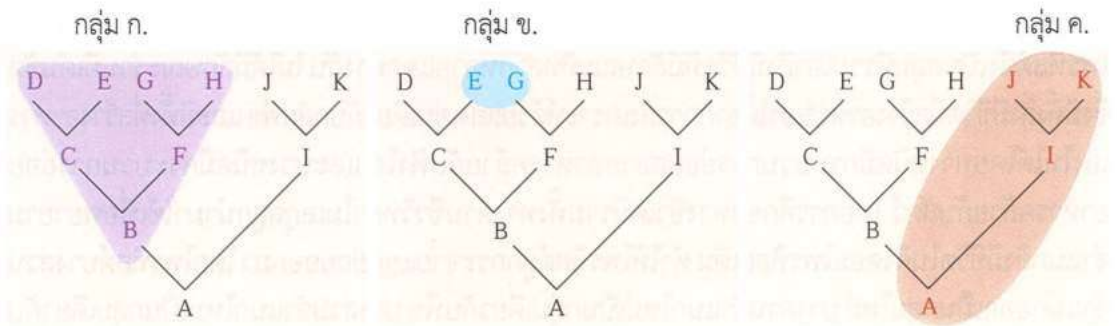
ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์ หากใช้ลักษณะที่ไม่ได้มาจากบรรพบุรุษร่วมล่าสุด อาจทำให้มีการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันเข้าไว้ด้วยกัน และเกิดความผิดพลาดในการจำแนกสิ่งมีชีวิตในเชิงวิวัฒนาการได้

ในปัจจุบันการจำแนกสิ่งมีชีวิตตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์มีเป้าหมายที่จะจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตโดยให้รวมบรรพบุรุษร่วมล่าสุดและลูกหลานทั้งหมดของบรรพบุรุษนั้นเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว (monophyletic group) ดังรูป 23.74 โดยเป็นรูปแบบที่สะท้อนความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการที่แท้จริงของกลุ่มสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ แต่อุปสรรคสำคัญ คือ การเชื่อมต่อสายวิวัฒนาการจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ย้อนกลับไปยังบรรพบุรุษร่วมล่าสุดให้ได้โดยไม่ขาดตอน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วข้อมูลที่ได้จากซากดึกดำบรรพ์มักไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยปัจจุบันนักชีววิทยาได้พยายามลดอุปสรรคดังกล่าวโดยการนำความรู้ทางด้านชีววิทยาโมเลกุล เช่น การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุล DNA หรือ RNA หรือการเปรียบเทียบลำดับและโครงสร้างของกรดอะมิโนในโปรตีน มาช่วยในการวิเคราะห์และเป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต นอกเหนือจากข้อมูลทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคศาสตร์



รูป 23.74 การจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว

? ถ้ามีการจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตเป็นกลุ่ม ก. ข. และ ค. ตามแผนภาพด้านล่าง กลุ่มสิ่งมีชีวิตใดที่แสดงถึงกลุ่มชาติพันธุ์เดียว เพราะเหตุใด



การศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และความก้าวหน้าทางด้านชีววิทยาโมเลกุล ทำให้มีข้อมูลและหลักฐานใหม่ๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่จัดจำแนกไว้แต่เดิม เช่น การจำแนกสิ่งมีชีวิตจากเดิมซึ่งแบ่งออกเป็น 5 คิงดอม ได้แก่ มอเนอร่า โพรทิสต์ ฟังไจ พืช และสัตว์ แต่เมื่อคาร์ล วูส (Carl Woese) และคณะ ได้วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุลของ rRNA พบว่ากลุ่มอาร์เคียมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับกลุ่มยูคาริโอตมากกว่า จึงได้แยกกลุ่มอาร์เคียและกลุ่มแบคทีเรียซึ่งอยู่ในคิงดอมมอเนอร่าออกจากกัน และได้มีการจำแนกใหม่โดยแบ่งเป็น 3 โดเมน ได้แก่ แบคทีเรีย (Bacteria) อาร์เคีย (Archaea) และยูคาเรีย (Eukarya) นั่นคือ มีการเพิ่มหน่วยอนุกรมวิธานในลำดับชั้นโดเมน (domain) ซึ่งเป็นหมวดหมู่ที่ใหญ่กว่าคิงดอมขึ้นมา ดังรูป 23.75



นอกจากการแยกกลุ่มอาร์เคียออกจากกลุ่มแบคทีเรียแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงโยกย้ายสิ่งมีชีวิตภายในกลุ่มต่างๆ อีกด้วยเพื่อพยายามจำแนกใหม่ให้เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดี่ยว โดยเฉพาะคิงดอมโพรทิสต์ซึ่งเป็นกลุ่มที่รวมเอาสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่หลากหลายแตกต่างกัน ไม่ได้มีลักษณะร่วมที่เด่นชัด ซึ่งมีทั้งสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเช่นเดียวกับกลุ่มพืช และมีทั้งที่สร้างอาหารเองไม่ได้โดยบางชนิดมีกระบวนการย่อยสลายอาหารคล้ายกับฟังไจ และบางชนิดมีกระบวนการย่อยอาหารคล้ายกับสัตว์ โดยการศึกษาทางชีวเคมีรวมทั้งทางด้านชีววิทยาโมเลกุลถูกนำมาใช้เพื่อพยายามจำแนกสิ่งมีชีวิตในคิงดอมโพรทิสต์เดิม ทำให้โพรทิสต์ถูกกระจายแยกย่อยออกมา โดยโพรทิสต์บางส่วนจำแนกออกเป็นกลุ่มใหม่ บางส่วนจำแนกใหม่เป็นกลุ่มเดียวกับพืช บางส่วนจำแนกใหม่เป็นกลุ่มเดียวกับ

ฟังใจและสัตว์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการกระจายของโพรทิสต์ไปอยู่กับกลุ่มต่าง ๆ ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ และทำให้เกิดปัญหาในการจัดลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานตามมา ซึ่งยังคงต้องศึกษาวิจัยและหาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป

จะเห็นได้ว่ากลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ได้จัดจำแนกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเรื่อยมาและอาจเปลี่ยนแปลงได้อีกในอนาคตเมื่อมีวิธีการและเครื่องมือที่ก้าวหน้ามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลและหลักฐานที่เป็นประโยชน์เพื่อใช้ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตที่มีความใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการให้รวมเข้าไว้เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว

หลังจากได้ทำการจำแนกสิ่งมีชีวิตแล้ว การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการต่อมาที่มีความสำคัญในการศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต เพราะเหตุใดจึงต้องมีการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์

23.3.2 การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต

การเรียกชื่อสิ่งมีชีวิตจะแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ เรียกว่า **ชื่อท้องถิ่น** (local name) สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันอาจมีชื่อเรียกที่หลากหลาย เช่น บักนัด (ภาคอีสานของไทย) มะนัด มะชะนัด บ่อนัด (ภาคเหนือของไทย) ย่านัด ย่านัด ขนุนทอง มะลิ (ภาคใต้ของไทย) pineapple (อังกฤษ) ananas (ฝรั่งเศส) โดยชื่อทั้งหมดนี้ต่างเป็นชื่อเรียกของสับปะรดทั้งสิ้น ซึ่งชื่อในภาษาอังกฤษที่รู้จักกันกว้างขวางทั่วไปเรียกว่า **ชื่อสามัญ** (common name) นอกจากนี้ชื่อเดียวกันอาจใช้เรียกได้หลายสิ่งมีชีวิต เช่น มะลิในภาคกลางหมายถึงดอกไม้ชนิดหนึ่ง ในขณะที่มะลิในภาคใต้จะหมายถึงสับปะรด จะเห็นว่าการเรียกชื่อที่แตกต่างกันของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน ถ้านำมาใช้ในการศึกษาและอ้างอิงในเชิงวิชาการ อาจก่อให้เกิดความสับสนได้ การเรียกชื่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ให้เข้าใจได้ตรงกันมีวิธีการอย่างไร

นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดเกณฑ์ในการตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตเป็น **ชื่อวิทยาศาสตร์** (scientific name) เพื่อใช้ในการอ้างอิงให้เป็นระบบเดียวกัน ในแต่ละลำดับชั้นของอนุกรมวิธานจะมีการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์โดยชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีชื่อที่ถูกต้องได้เพียงชื่อเดียว ระบบในการตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้นสปีชีส์เป็นการตั้งชื่อแบบทวินาม (binomial nomenclature) ซึ่งเป็นระบบที่ลินเนียสนำกลับมาใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับมาจนถึงปัจจุบัน



ความรู้เพิ่มเติม

การจำแนกสิ่งมีชีวิตในโดเมนยูคารีย ศึกษาได้จาก QR code



ipst.me/10811

การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์ซึ่งใช้ระบบทวินามนั้นประกอบด้วยชื่อ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นชื่อจิ้นส์ (generic name) และส่วนที่สองเป็นคำระบุชนิด (specific epithet) ชื่อทั้ง 2 ส่วนนี้จะใช้คำภาษาละตินเสมอ และเขียนด้วยตัวเอนหรือขีดเส้นใต้ โดยมีเพียงอักษรตัวแรกของชื่อจิ้นส์เท่านั้นที่จะใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เช่น ชื่อวิทยาศาสตร์ของสับปะรด คือ *Ananas comosus* โดย *Ananas* คือชื่อจิ้นส์ และ *comosus* คือ คำระบุชนิด

? เพราะเหตุใดจึงใช้ภาษาละตินในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์

ชื่อจิ้นส์และคำระบุชนิดส่วนใหญ่จะเป็นคำที่มีความหมาย มีที่มาในการตั้ง โดยชื่อจิ้นส์มักจะใช้ลักษณะเฉพาะของจิ้นส์นั้น ชื่อของเทพเจ้า หรือตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลสำคัญ ส่วนคำระบุชนิดมักจะใช้ลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้น สถานที่พบ แหล่งที่อยู่อาศัย ตั้งตามชื่อผู้ค้นพบ หรือตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลสำคัญ ตัวอย่างการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์มีดังนี้

- มนุษย์ : *Homo sapiens* คำว่า homo หมายถึง มนุษย์ ส่วน sapiens มาจากคำว่า ฉลาด
- หอยสังข์แตร : *Charonia tritonis* คำว่า tritonis มาจากชื่อของเทพปกรณัมกรีก
- ปลาบึก : *Pangasianodon gigas* คำว่า gigas หมายถึง ใหญ่ที่สุด
- จำปี : *Michelia alba* คำว่า alba หมายถึง สีขาว
- นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร : *Pseudochelidon sirintarae* คำว่า sirintarae ตั้งขึ้นเพื่อถวายพระเกียรติแด่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
- หอยทากสยาม : *Cryptozona siamensis* คำว่า siamensis หมายถึง พบในประเทศไทย

? *Potamon bhumibol* Naiyanetr, 2001 เป็นชื่อของสิ่งมีชีวิตชนิดใด และคำระบุชนิดมีที่มาอย่างไร

แม้ว่าชื่อวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่สุด คือ ชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์ แต่นอกจากลำดับชั้นสปีชีส์แล้ว ชื่อหมวดหมู่ในลำดับชั้นอื่น ๆ ของหน่วยอนุกรมวิธานจัดเป็นชื่อวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นอื่นนอกจากลำดับชั้นสปีชีส์และจิ้นส์ จะเขียนด้วยตัวปกติและใช้อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น ชื่อแฟมิลีของสับปะรด คือ Bromeliaceae

? โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิกมีชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์ จิ้นส์ และคลาส ว่าอย่างไร



ความรู้เพิ่มเติม

การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์มีการกำหนดเป็นมาตรฐานตามกฎเกณฑ์สากลของแต่ละกลุ่มสิ่งมีชีวิต เช่น

- กลุ่มโพรแคริโอตจะใช้ ICNP (International Code of Nomenclature of Prokaryotes)
- กลุ่มสาหร่าย ฟังไจ และพืชจะใช้ ICN (International Code of Nomenclature for algae, fungi and plant)
- กลุ่มสัตว์จะใช้ ICZN (International Code of Zoological Nomenclature)

นักอนุกรมวิธานได้ทำการจำแนกและการตั้งชื่อสิ่งมีชีวิตเรื่อยมาจนในปัจจุบันมีข้อมูลของสิ่งมีชีวิตที่ได้ทำการจำแนกและตั้งชื่อแล้วเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ถ้ามีผู้สนใจสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง จะมีวิธีการอย่างไรที่จะทำให้ทราบชื่อของสิ่งมีชีวิตนั้นได้

23.3.3 การระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต

การระบุเป็นกระบวนการที่ค้นหาชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยนักวิทยาศาสตร์จะตรวจสอบสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษาเพื่อหาลำดับขั้นทางอนุกรมวิธานและชื่อวิทยาศาสตร์ในแต่ละลำดับขั้น โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า รูบรีกันหรือคีย์ (key) รูปแบบของคีย์ที่นิยมใช้จะมีลักษณะข้อมูลที่ให้เลือกในแต่ละครั้งแยกออกเป็น 2 ทาง เรียกว่า ไดโคโทมัสคีย์ (dichotomous key) ดังรูป 23.76

1 ก	มีขน	ดูข้อ 2
1 ข	ไม่มีขน	ดูข้อ 3
2 ก	มีขนแบบขนเส้นเดี่ยว	สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
2 ข	มีขนแบบขนนก	สัตว์ปีก
3 ก	มีครีบกู้ มีช่องเหงือก	ดูข้อ 4
3 ข	ไม่มีครีบกู้ ไม่มีช่องเหงือก	ดูข้อ 5
4 ก	มีแผ่นปิดเหงือก	ปลากระดูกแข็ง
4 ข	ไม่มีแผ่นปิดเหงือก	ปลากระดูกอ่อน
5 ก	ผิวหนังมีเกล็ด	สัตว์เลื้อยคลาน
5 ข	ผิวหนังไม่มีเกล็ด	สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

รูป 23.76 ไดโคโทมัสคีย์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

การเริ่มต้นระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มจะเริ่มระบุจากลำดับชั้นใหญ่ไปเล็กตามลำดับ แต่ในสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มอาจจะเริ่มในลำดับชั้นที่แตกต่างกัน เช่น แมลงมักจะเริ่มจากการระบุโดยใช้คีย์ที่ใช้ระบุอันดับ (key to order) พืชมักจะเริ่มจากการระบุโดยใช้คีย์ที่ใช้ระบุแฟมิลีย์ (key to family) เมื่อทราบชื่ออันดับของแมลง หรือแฟมิลีย์ของพืชนั้นแล้ว จะตรวจหาลำดับชั้นที่เล็กลงทางอนุกรมวิธานโดยใช้คีย์ที่ใช้ระบุในลำดับชั้นที่เล็กลงต่อไป



กิจกรรม 23.5 ไดโคโทมัสคีย์

จุดประสงค์

1. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด
2. ใช้ไดโคโทมัสคีย์ในการระบุชนิดของสิ่งมีชีวิต
3. อธิบายความสัมพันธ์ของการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุชื่อ

วัสดุและอุปกรณ์

1. กระจดุมชุดที่ 1 ได้แก่ กระจดุมที่มีลักษณะแตกต่างกัน (ยกเว้นกระจดุมแป๊ก) จำนวน 6 เม็ด
2. กระจดุมชุดที่ 2 ได้แก่ กระจดุมที่มีลักษณะคล้ายกับกระจดุมชุดที่ 1 จำนวน 1 เม็ด และ กระจดุมแป๊ก จำนวน 1 เม็ด

วิธีการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 การสร้างไดโคโทมัสคีย์

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มได้กระจดุมชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวน 6 เม็ด
2. แต่ละกลุ่มเลือกเกณฑ์ที่จะใช้แบ่งกระจดุมออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ โดยพิจารณาจากลักษณะที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เช่น สี ขนาด รูปร่าง แล้วบันทึกเกณฑ์ที่เลือกใช้ในการจัดกลุ่มของกระจดุมนั้น
3. ภายในกลุ่มกระจดุมทั้ง 2 กลุ่มที่แบ่งแล้วจากข้อ 2 ให้เลือกเกณฑ์ที่จะใช้แบ่งกระจดุมออกเป็น 2 กลุ่มย่อยต่อไป แล้วบันทึกเกณฑ์ที่เลือกใช้ในการจัดกลุ่มของกระจดุมนั้น
4. ทำการจัดกลุ่มของกระจดุมในกลุ่มย่อยเข้าไปเรื่อย ๆ จนเหลือกระจดุมเพียง 1 เม็ด และตั้งชื่อกระจดุมแต่ละเม็ด
5. นำกลุ่มของกระจดุมที่จัดได้พร้อมเกณฑ์ที่บันทึกไว้ในข้อ 2-4 มาสร้างไดโคโทมัสคีย์โดยให้เขียนไดโคโทมัสคีย์ตามตัวอย่างในรูป 23.76

เขียนไดโคโทมัสคีย์ตามตัวอย่างในรูป 23.76

6. แต่ละกลุ่มนำเสนอไดโคโทมัสคีย์ที่สร้างขึ้น และอภิปรายความเหมาะสมของไดโคโทมัสคีย์ที่สร้างขึ้น

ตอนที่ 2 การใช้ไดโคโทมัสคีย์

1. นักเรียนทั้งห้องร่วมกันเลือกไดโคโทมัสคีย์ที่แต่ละกลุ่มนำเสนอในตอนต้นที่ 1 จำนวน 2 คีย์ที่แตกต่างกัน
2. จากนั้นร่วมกันกำหนดชื่อกระดุมชุดที่ 1 ทั้ง 6 เม็ด และเปลี่ยนชื่อกระดุมในไดโคโทมัสคีย์ที่เลือกไว้ในข้อที่ 1 โดยใช้ชื่อกระดุมที่กำหนด
3. ใช้ไดโคโทมัสคีย์ที่เลือกจากข้อที่ 1 ในการระบุชนิดกระดุมชุดที่ 1 โดยเลือกกระดุมชนิดกระดุมในชุดที่ 1 เพียง 1 เม็ด และระบุชนิดกระดุมชุดที่ 2 จำนวน 2 เม็ด แล้วบันทึกผลการระบุชนิดกระดุมว่าทำได้หรือไม่ อย่างไร

คำถามท้ายกิจกรรม

- ❓ แต่ละกลุ่มใช้ลักษณะใดบ้างในการแบ่งกลุ่มของกระดุม และลักษณะที่แต่ละกลุ่มใช้เป็นเกณฑ์เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ❓ ไดโคโทมัสคีย์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ❓ การตั้งชื่อกระดุมของแต่ละกลุ่มในตอนต้นที่ 1 เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และเพราะเหตุใดจึงต้องร่วมกันกำหนดชื่อกระดุมในตอนต้นที่ 2
- ❓ เมื่อใช้ไดโคโทมัสคีย์ทั้งสอง สามารถระบุชนิดกระดุมในชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ได้หรือไม่
- ❓ ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ไดโคโทมัสคีย์ระบุชนิดกระดุมได้ จะอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวนี้ได้อย่างไรบ้าง
- ❓ จากกิจกรรม 23.5 ให้อธิบายว่าขั้นตอนใดบ้างที่เป็นการจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ

จากกิจกรรม 23.5 จะเห็นว่าคีย์ที่ดีควรจะใช้ลักษณะที่มีความเหมาะสมและชัดเจน คีย์ที่ถูกสร้างขึ้นอาจจะแตกต่างกันได้ เนื่องจากผู้สร้างคีย์อาจเลือกใช้ลักษณะที่เป็นเกณฑ์แตกต่างกัน นอกจากนี้ คีย์ที่ถูกสร้างขึ้นอาจใช้ในการระบุไม่ได้ เพราะคีย์ไม่ได้ครอบคลุมถึงสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้น

โดยทั่วไปหลังจากการระบุเสร็จสิ้นแล้ว ควรทำการตรวจสอบรายละเอียดลักษณะของสิ่งมีชีวิตว่าถูกต้องตรงตามชื่อวิทยาศาสตร์ที่ระบุแล้วหรือไม่จากเอกสารทางอนุกรมวิธานที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้น เนื่องจากลักษณะที่ใช้ในคีย์เป็นเพียงลักษณะบางลักษณะที่ถูกเลือกมาใช้เท่านั้น



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ❓ เพราะเหตุใดนักอนุกรมวิธานจึงพยายามจัดสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่
- ❓ สิ่งมีชีวิตที่ถูกจำแนกและตั้งชื่อวิทยาศาสตร์แล้วสามารถย้ายหรือเปลี่ยนกลุ่มได้หรือไม่ อย่างไร
- ❓ ในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตหนึ่งตามกฎเกณฑ์สากลของกลุ่มสิ่งมีชีวิตนั้น จะสามารถพบสิ่งมีชีวิต 2 สปีชีส์ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ในแต่ละลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานเป็นชื่อเดียวกันได้หรือไม่ อย่างไร
- ❓ เพราะเหตุใดจึงต้องระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต
- ❓ ถ้าระบุชื่อวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องครบถ้วนตามกระบวนการแล้วยังไม่สามารถระบุชื่อสิ่งมีชีวิตได้ เป็นเพราะเหตุใด

การศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับความหลากหลายทางชีวภาพ โดยความหลากหลายทางชีวภาพเป็นสิ่งที่หลายประเทศต่างตระหนักถึงความสำคัญ ดังจะเห็นได้จากอนุสัญญาและการเข้าร่วมเป็นประเทศภาคีของนานาประเทศเพื่อให้มีการอนุรักษ์การใช้ประโยชน์ และการแบ่งปันผลประโยชน์จากการใช้ทรัพยากรที่ยั่งยืน อีกทั้งมีความเท่าเทียมและยุติธรรม แม้ในปัจจุบันมนุษย์ได้พัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ มากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง แต่มนุษย์ก็ยังไม่สามารถอยู่ได้โดยพึ่งพาเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว ธรรมชาติยังคงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เรื่อยมา ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นสิ่งที่หล่อเลี้ยงมนุษย์โดยผ่านทั้งการอุปโภคและบริโภค มนุษย์จึงอยู่ในฐานะที่ต้องเลือกว่าจะละเลยความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ หรือจะตระหนักถึงการช่วยอนุรักษ์ ฟื้นฟู และแก้ไขเพื่อให้ความหลากหลายทางชีวภาพกลับคืนมา



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

1. ความหลากหลายทางชีวภาพแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ โดยความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ระดับภายในระบบนิเวศหนึ่งมีความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ดังนั้นการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพไม่ว่าจะเกิดในระดับใดก็ตามจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระดับอื่นด้วย
2. ความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทยถูกคุกคามจากการพัฒนาสปีชีส์เนื่องและความต้องการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ โดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดของการฟื้นตัวของความหลากหลายทางชีวภาพ
3. สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพมีดังนี้ แหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตถูกทำลาย การรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางชีวภาพที่มากเกินไปจนขีดจำกัด ปัญหามลพิษและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก
4. เซลล์เริ่มแรกมีวิวัฒนาการมาจากโปรโตเซลล์โดยมีสมมติฐานการเกิดโปรโตเซลล์ ดังนี้ การสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจากสารอนินทรีย์ การเชื่อมต่อกันของสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ การห่อหุ้มสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นโปรโตเซลล์ การกำเนิดโมเลกุลที่สามารถจำลองตัวเองได้ เมื่อโปรโตเซลล์เกิดขึ้นจากนั้นจึงวิวัฒนาการเกิดเป็นเซลล์เริ่มแรกขึ้นมา
5. โพรแคริโอตเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 3,500 ล้านปี จากหลักฐานที่พบสโตรมาทอลิต
6. แบคทีเรียเป็นโพรแคริโอต โดยทั่วไปมีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ผนังเซลล์มีสารเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบ ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนใช้ฟอร์มิลเมทาโอนีนเป็นกรดแอมิโนตัวแรกเสมอ มีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส 1 ชนิด

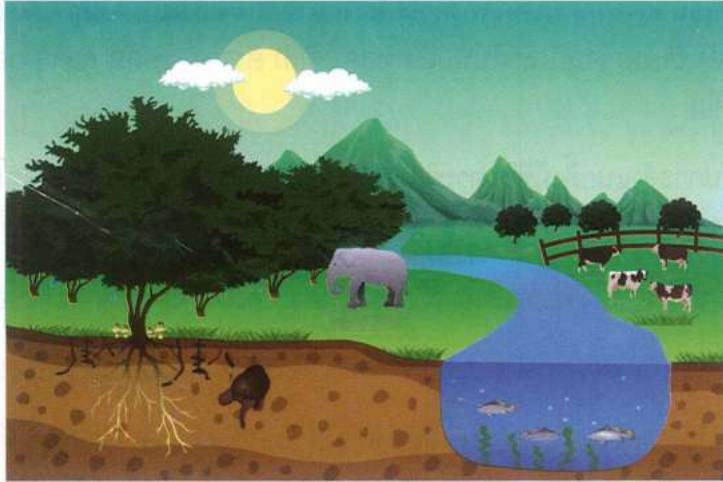
7. อาร์เคียเป็นโพรแคริโอตที่ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนที่หลากหลายแต่ไม่มีสารเพปทิโดไกลแคน ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนใช้เมไทโอนีนเป็นกรดแอมิโนตัวแรกเสมอ มีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสหลายชนิด
8. เซลล์ยูแคริโอตเกิดขึ้นจากเซลล์โพรแคริโอตเข้าไปอาศัยอยู่ในเซลล์โพรแคริโอตอีกเซลล์หนึ่งทำให้เกิดภาวะอยู่ร่วมภายใน สุดท้ายได้เซลล์ 2 รูปแบบ คือ เซลล์ที่เป็นบรรพบุรุษของยูแคริโอตที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ กับเซลล์ที่เป็นบรรพบุรุษของยูแคริโอตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
9. โพรทิสต์เป็นยูแคริโอตที่มีความหลากหลายสูง ลักษณะที่ปรากฏ โครงสร้างเซลล์ การเจริญเติบโต การดำรงชีวิต วัฏจักรชีวิต และการสืบพันธุ์มีรูปแบบที่แตกต่างกันอย่างมา มีทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เซลล์เรียงต่อกันเป็นสาย และสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์
10. พืชเป็นยูแคริโอตที่มีหลายเซลล์และมีเนื้อเยื่อ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ พระยะเอ็มบริโอ เซลล์มีผนังเซลล์ที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ ส่วนใหญ่สังเคราะห์ด้วยแสงได้
11. ฟังไจเป็นยูแคริโอตที่มีทั้งเซลล์เดียวและหลายเซลล์ ไม่มีเนื้อเยื่อ ผนังเซลล์มีไคตินเป็นองค์ประกอบ ฟังไจสร้างอาหารเองไม่ได้และดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบภาวะปรสิต
12. สัตว์เป็นยูแคริโอตที่มีหลายเซลล์ ไม่มีผนังเซลล์ ส่วนใหญ่เซลล์จัดเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อซึ่งทำหน้าที่เฉพาะ สัตว์สร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตเป็นผู้บริโภคในระบบนิเวศ สัตว์หลายชนิดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ รวมทั้งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ
13. สัตว์อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยโดยพิจารณาลักษณะต่างๆ เช่น การมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อ สมมาตรของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของבלาสโทพอร์ การเจริญในระยะตัวอ่อน ทำให้อาจแบ่งสัตว์เป็นกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มพอริเฟอรัน กลุ่มไนดาเรียน กลุ่มแพลทีเฮลมินท์ กลุ่มมอลลัสก กลุ่มแอนเนลิด กลุ่มนีมาโทด กลุ่มอาร์โทรพอด กลุ่มเอไคโนเดิร์ม และกลุ่มคอร์เดต เป็นต้น
14. การจำแนก การตั้งชื่อ และการระบุ เป็นกระบวนการพื้นฐานของศาสตร์ทางด้านอนุกรมวิธาน เพื่อศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

15. การจำแนกมีเป้าหมายเพื่อจัดสิ่งมีชีวิตเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่โดยให้สมาชิกของหมวดหมู่นั้นมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมากที่สุด ซึ่งหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตที่จำแนกได้เรียกว่าหน่วยอนุกรมวิธาน
16. ระบบการจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานที่นิยมใช้กันจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นระบบที่พัฒนามาจากแนวคิดของคาโรลัส ลินเนียส ซึ่งแบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็น 7 ลำดับชั้น ตั้งแต่ลำดับชั้นใหญ่จนถึงลำดับชั้นเล็กที่สุด ได้แก่ คิงดอม ไฟลัม คลาส ออร์เดอร์ แฟมิลี จินัส สปีชีส์
17. ในปัจจุบันการจำแนกสิ่งมีชีวิตตามวิวัฒนาการชาติพันธุ์มีเป้าหมายที่จะจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียว
18. กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ได้จำแนกแล้วอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีหลักฐานและข้อมูลอื่นเพิ่มเติม
19. ในแต่ละลำดับชั้นจะมีการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการอ้างอิงให้เป็นระบบเดียวกัน
20. การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์จะใช้ระบบทวินาม ประกอบด้วยชื่อ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นชื่อจินัส และส่วนที่สองเป็นคำระบุชนิด โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้เพียงชื่อเดียว
21. การระบุเป็นกระบวนการที่ค้นหาชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไดโคโทมัสคีย์

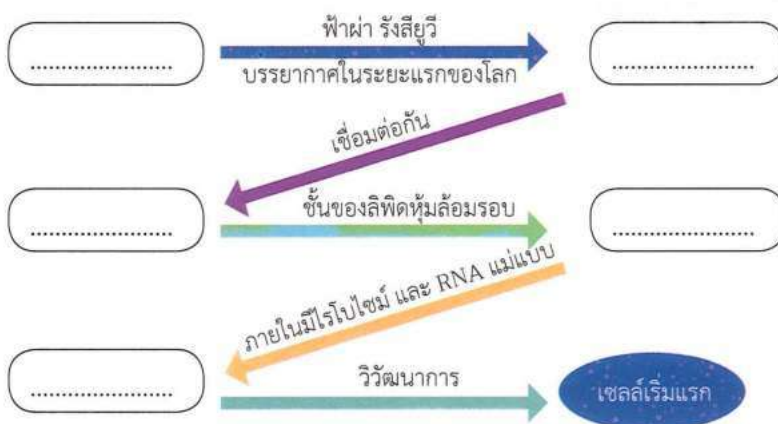


แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 23

- จากรูปให้อธิบายเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ



- เติมคำลงในแผนผังเพื่อสรุปลำดับเหตุการณ์ของสมมติฐานการเกิดโปรโทเซลล์จนกระทั่งมีวิวัฒนาการเกิดเซลล์เริ่มแรก



- การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศจาก 1% เป็น 10% จนทำให้เกิดชั้นโอโซน มีผลอย่างไรต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในยุคเริ่มต้น

4. นำชื่อแบคทีเรียและอาร์เคียที่กำหนดให้เติมในช่องว่างหน้าเลขข้อให้สัมพันธ์กับข้อความ

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

- 4.1 แบคทีเรียแกรมบวก โคโลนีมีลักษณะคล้ายผงอ่อน เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง กระดุก และเลือด มีรายงานการดื้อยาจำนวนมาก
- 4.2 โพรแคริโอตที่พบได้ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงมาก ในทะเลที่มีน้ำเค็มจัด ในบริเวณที่มีความเป็นกรดสูง ในบริเวณทะเลลึก บางกลุ่มปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่สภาพแวดล้อมได้
- 4.3 กลุ่มของแบคทีเรียที่ทำให้ออกซิเจนในบรรยากาศเพิ่มขึ้นในช่วงระยะแรกของโลก
- 4.4 กลุ่มของแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน บางสปีชีส์สร้างสารพิษซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดบาดทะยัก
- 4.5 กลุ่มของแบคทีเรียที่ไม่มีผนังเซลล์ มีขนาดเล็กมาก เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคปอดบวม และโรคติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ
- 4.6 กลุ่มของแบคทีเรียที่รูปร่างเป็นเกลียวบางสปีชีส์เป็นสาเหตุของโรคซิฟิลิส โรคเลปโตสไปโรซิส (ฉี่หนู) โรคไคม์
- 4.7 กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ อาศัยอยู่ในปมรากพืชวงศ์ถั่ว ทำหน้าที่ช่วยตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศมาสร้างเป็นสารประกอบไนโตรเจนในดิน
- 4.8 แบคทีเรียแกรมลบอาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรค แต่บางพันธุ์ทำให้เกิดอาการท้องเสียหรือทำให้เกิดการติดเชื้อที่ทางเดินปัสสาวะ
- 4.9 แบคทีเรียที่พบอยู่ในช่องคลอดของมนุษย์ช่วยรักษาความเป็นกรดเพื่อป้องกันการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น

5. นักเรียนพบโพธิสต์ 3 สปีชีส์ มีลักษณะที่แตกต่างกัน 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 บางระยะของการเจริญเติบโตพบเป็นเซลล์เดี่ยว บางระยะมีลักษณะคล้ายเป็นเมือกที่มีเส้นใยแตกแขนงสานกันเป็นร่างแห จากลักษณะดังกล่าวให้นักเรียนระบุว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จัดอยู่ในกลุ่มใดของโพธิสต์
6. การศึกษาพืช 4 สปีชีส์ซึ่งเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะพบโครงสร้าง ดังตาราง

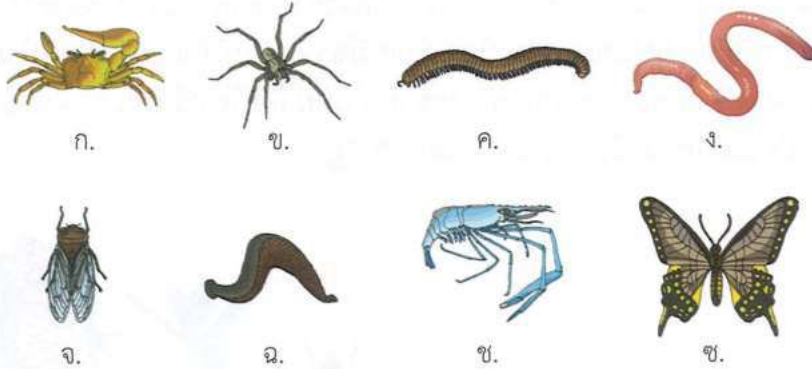
สปีชีส์ \ โครงสร้าง	เรณู	ออวุล	รังไข่	เอ็มบริโอ	เทรคิด	เวสเซล
A	√	√	-	√	√	-
B	√	√	√	√	√	√
C	-	-	-	√	-	-
D	-	-	-	√	√	-

เครื่องหมาย √ หมายถึง พบโครงสร้าง เครื่องหมาย - หมายถึง ไม่พบโครงสร้าง
 จากข้อมูลข้างต้น พืช A B C และ D น่าจะเป็นพืชกลุ่มใด เพราะเหตุใด

7. นักเรียนพบเห็ดดังรูป ถ้าต้องการทราบว่าเป็นฟรุตติงบอดีของฟังไจกลุ่มใด จะมีวิธีการศึกษาอย่างไร



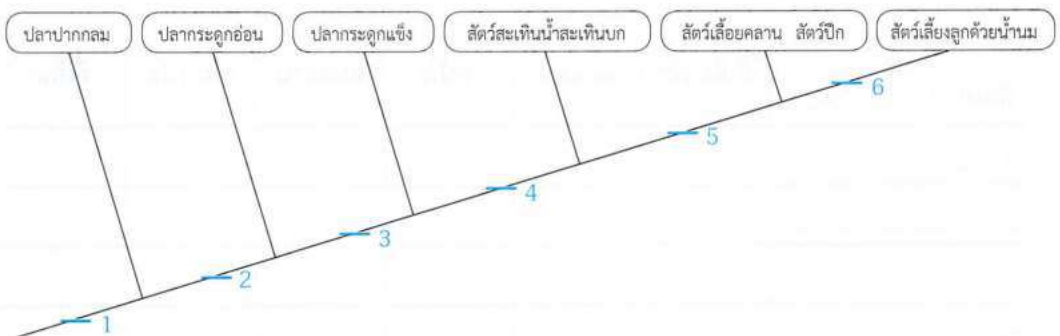
8. จากแผนภาพสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังต่อไปนี้



ถ้าต้องการจำแนกสัตว์ทั้ง 8 ชนิดออกเป็น 2 กลุ่มจะเลือกใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ข้อใดบ้าง และแต่ละกลุ่มมีสัตว์ใดบ้าง

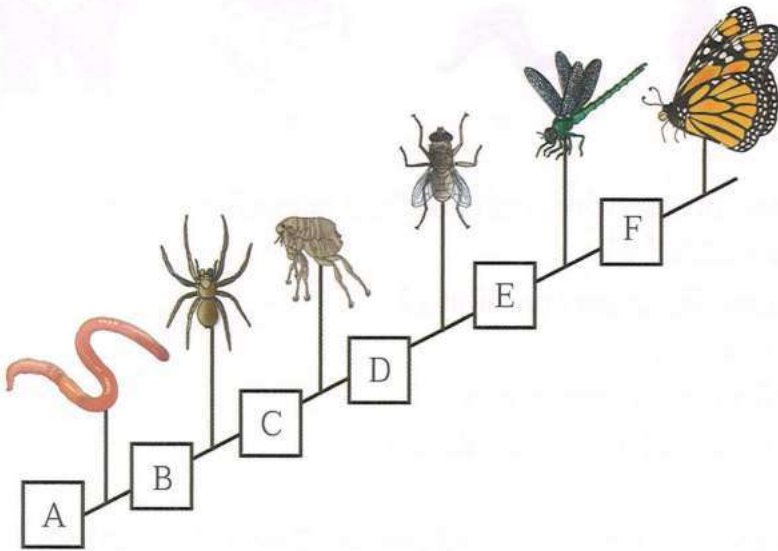
- 1) การเปลี่ยนแปลงของบลาสโทพอร์
- 2) การลอกคราบ
- 3) ลักษณะสมมาตรของร่างกาย
- 4) การมีระยะที่เป็นตัวอ่อนโทรโคฟอร์

9. พิจารณาแผนภาพวิวัฒนาการชาติพันธุ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังต่อไปนี้



- 9.1 ลักษณะของการมีขากรรไกร สอดคล้องกับหมายเลขใดในแผนภาพ
- 9.2 ลักษณะของการมีปอด สอดคล้องกับหมายเลขใดในแผนภาพ
- 9.3 การมีต่อมน้ำนม และขนแบบขนเส้นเดี่ยว สอดคล้องกับหมายเลขใดในแผนภาพ

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



ชนิดสัตว์ / ลักษณะ	ไส้เดือนดิน	แมงมุม	หมัด	แมลงวัน	แมลงปอ	ผีเสื้อ
A						
B						
C						
D						
E						
F						

11. ABC และ D เป็นสัตว์ 4 สปีชีส์ โดยข้อมูลทางอนุกรมวิธานของสัตว์ 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
- 11.2 สัตว์สปีชีส์ใดบ้างที่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่าอยู่ในแฟมิลีเดียวกัน
- 11.3 สัตว์คู่ใดที่สามารถระบุได้ชัดเจนว่ามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดทางวิวัฒนาการมากที่สุด

12. จากไดโคโทมัสคีย์ที่ใช้ระบุกลุ่มของสัตว์มีกระดูกสันหลังต่อไปนี้

- 1ก ไม่มีขากระดูก..... A
- 1ข มีขากระดูก..... ดูข้อ 2
- 2ก หายใจด้วยเหงือกตลอดชีวิต..... ดูข้อ 3
- 2ข หายใจด้วยปอดในตัวเต็มวัย..... 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

12.2 ให้นักเรียนพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ของตนเอง และนำมาระบุโดยใช้ไดโคโทมัสคีย์ข้างต้น และต้องใช้ไดโคโทมัสคีย์ข้อใดบ้าง

13. พิจารณารูปเปลือกหอยที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวน 12 ชนิด



จงเขียนแผนผังการจัดกลุ่มเปลือกหอยจากลักษณะภายนอกโดยใช้เกณฑ์ที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม และจัดกลุ่มย่อยเป็น 2 กลุ่มต่อไปจนได้เปลือกหอยเพียงชนิดเดียวในแต่ละกลุ่ม และให้ระบุลักษณะที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม

บทที่

| ระบบนิเวศและประชากร

24



ipst.me/10780



ไทรย้อยใบทู่ (*Ficus microcarpa*) เป็นพืชประจำถิ่นที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย อาจมีความสูงได้ถึง 30 เมตร มีเรือนยอดขนาดใหญ่ พืชในกลุ่มไทรมีลักษณะหลายประการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำรงชีวิตอยู่ในระบบนิเวศ เช่น เมล็ดไทรส่วนใหญ่สามารถงอกและเจริญเติบโตได้บริเวณเรือนยอดของต้นไม้อื่นทำให้สามารถรับแสงได้มากและเจริญเติบโตได้ดี ไทรออกผลได้ตลอดทั้งปีโดยอาจออกผลได้มากกว่าครั้งละ 10,000 ผล ผลของไทรย้อยใบทู่เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับนก รวมทั้งสัตว์หลายชนิด โดยพบว่ามีสัตว์อย่างน้อยประมาณ 240 ชนิดที่กินผลไทรชนิดนี้เป็นอาหาร นอกจากนี้ภายในผลไทรยังเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงหลายชนิด ดังนั้นไทรจึงเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศซึ่งนักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจศึกษาทั้งในแง่ของการดำรงชีวิตของไทร การกระจายพันธุ์ของไทรในแต่ละบริเวณ ไปจนถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างไทรกับสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น

ไทรย้อยใบทู่สามารถพบได้ที่บริเวณอื่นของโลกหรือไม่ มีปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตและกำหนดการกระจายพันธุ์ของพืชชนิดนี้ การดำรงชีวิตของไทรย้อยใบทู่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้นอย่างไร



คำถามสำคัญ

1. องค์ประกอบต่างๆ ในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร
2. การถ่ายทอดพลังงานและวัฏจักรสารมีความสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร และไบโอแมกนิฟิเคชันส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร
3. ปัจจัยใดที่มีผลต่อการกระจายของไบโอมตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก
4. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไร
5. ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิต และปัจจัยใดบ้างที่ควบคุมการเติบโตของประชากร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัจจัยที่ใช้ในการจำแนกระบบนิเวศและยกตัวอย่างระบบนิเวศชนิดต่างๆ
2. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
3. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน
4. สืบค้นข้อมูลและเขียนแผนภาพเพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก และยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่างๆ
6. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์
7. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก
9. อธิบายและยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

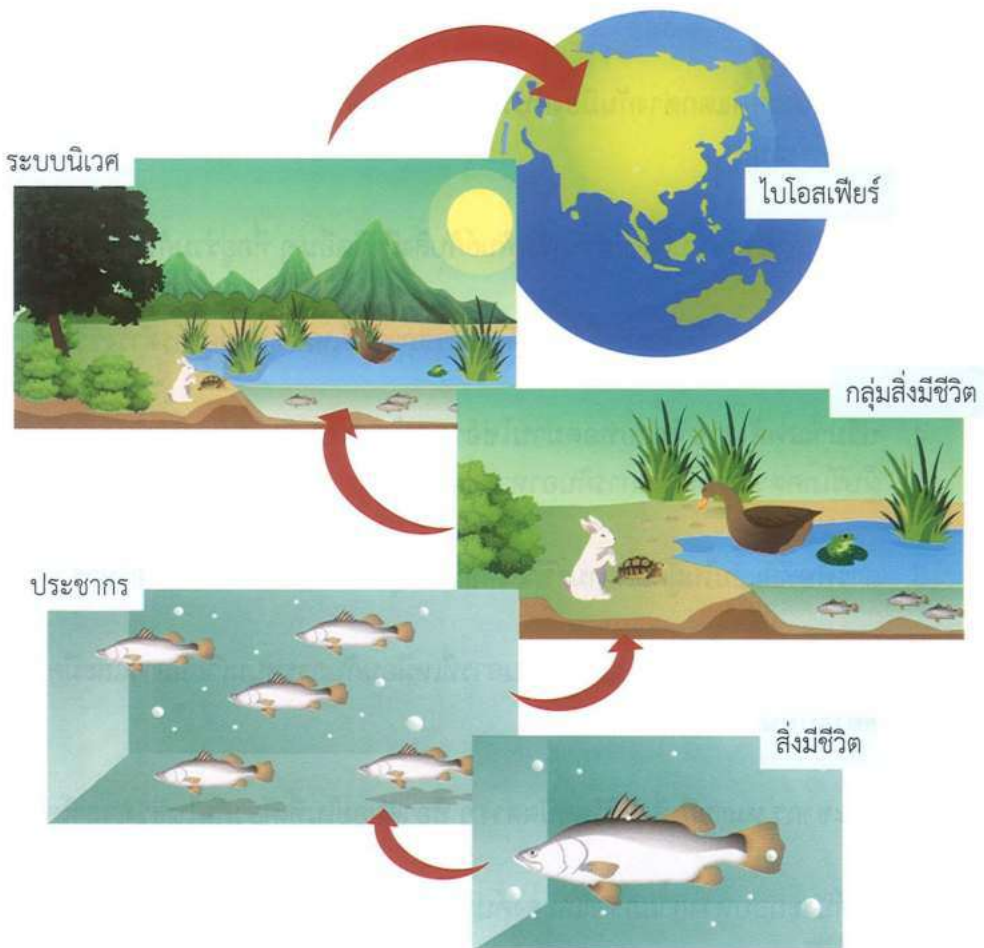


ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

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

โลกมีสิ่งมีชีวิต (organism) อยู่จำนวนมากและมีความหลากหลายทางชีวภาพ โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีรูปร่างลักษณะ รูปแบบการดำรงชีวิต และแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่ร่วมกันในบริเวณเดียวกันในช่วงเวลาหนึ่ง จัดเป็นประชากร (population) ของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ในขณะที่เดียวกันในบริเวณหนึ่ง ๆ ย่อมมีสิ่งมีชีวิตมากกว่าหนึ่งชนิดมาอาศัยอยู่ร่วมกัน เรียกว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิต (community) การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแต่ละบริเวณนั้นต่างก็อาศัยปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพที่เหมาะสมที่เอื้อต่อการมีชีวิตรอยู่ โดยที่สิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ต่างก็มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันภายในกลุ่มสิ่งมีชีวิตเดียวกันและกับกลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ด้วย จึงเกิดเป็นระบบนิเวศ (ecosystem) ซึ่งมีทั้งระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำ ระบบนิเวศบนโลกนี้รวมกันเป็นโลกของสิ่งมีชีวิตหรือไบโอสเฟียร์ (biosphere) ระดับของการจัดระบบทางนิเวศวิทยาแสดงได้ดังรูป 24.1



รูป 24.1 ระดับของการจัดระบบทางนิเวศวิทยา

การศึกษาทางนิเวศวิทยาเป็นการศึกษาตั้งแต่ระดับสิ่งมีชีวิตจนถึงระดับไบโอสเฟียร์โดยในระดับสิ่งมีชีวิตเน้นเรื่องการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแง่ของรูปร่างลักษณะ พฤติกรรม และสรีระ ที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัจจัยซึ่งส่งผลให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม ส่วนในระดับไบโอสเฟียร์เป็นการศึกษาโลกของสิ่งมีชีวิตที่แสดงความเชื่อมโยงของระบบนิเวศต่าง ๆ ที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก

24.1 ระบบนิเวศ

ระบบนิเวศเป็นระบบที่ประกอบด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในบริเวณใดบริเวณหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กัน มีการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบ ระบบนิเวศจึงหมายถึงทั้งส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่เป็นกระบวนการ โดยโครงสร้างประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพ เช่น แสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และองค์ประกอบทางชีวภาพ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้น องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ส่วนกระบวนการนั้นหมายถึงกระบวนการทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ แต่ที่มีความสำคัญมาก คือ การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารภายในระบบนิเวศ ทั้งโครงสร้างและกระบวนการนี้มีความสำคัญที่จะทำให้ระบบนิเวศดำรงอยู่ได้อย่างมีเสถียรภาพ (stability)

จากที่ได้ศึกษามาแล้วว่าสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ดังนั้นในแต่ละบริเวณของโลกซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จำนวนและชนิดของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแต่ละบริเวณจะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

24.1.1 ความหลากหลายของระบบนิเวศ

ในแต่ละบริเวณของโลกมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทั้งองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพ ก่อให้เกิดระบบนิเวศที่หลากหลาย ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ในระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะอาศัยอยู่ใน**แหล่งที่อยู่** (habitat) ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต เช่น โกงกางขึ้นในป่าชายเลน สนหลายชนิดขึ้นในบริเวณที่หนาวเย็น วาฬอาศัยอยู่ในน้ำเค็ม และหมีขั้วโลกอาศัยอยู่ในบริเวณขั้วโลกเหนือ ดังรูป 24.2



รูป 24.2 สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศต่างๆ

- ก. ต้นโกงกางในป่าชายเลน ข. ต้นสนในป่าสน
ค. วาฬในมหาสมุทร ง. หมีขาวในบริเวณขั้วโลกเหนือ

ระบบนิเวศบนบก

ระบบนิเวศบนบกเป็นระบบนิเวศบนพื้นดิน ระบบนิเวศบนบกมีหลากหลายชนิด เช่น ระบบนิเวศทุ่งหญ้า ระบบนิเวศทะเลทราย และระบบนิเวศป่าไม้ประเภทต่างๆ นอกจากนี้ระบบนิเวศบนบกอาจมีขนาดได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ เช่น ระบบนิเวศขอนไม้ผุ ระบบนิเวศสนามหญ้า ระบบนิเวศป่าไม้

ตัวอย่างระบบนิเวศบนบกของประเทศไทย

ป่าไม้จัดเป็นระบบนิเวศบนบกขนาดใหญ่ เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและกระบวนการต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ป่าไม้กระจายอยู่ตามสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปป่าไม้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ **ป่าไม่ผลัดใบ** (evergreen forest) และ **ป่าผลัดใบ** (deciduous forest) ป่าไม้แบ่งออกได้ตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชนิดของพืชเด่นได้เป็นป่าชนิดต่างๆ ตัวอย่างป่าไม้ในประเทศไทยมีดังนี้



ความรู้เพิ่มเติม

สามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับป่าไม้ประเภทต่างๆ ได้จากเว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช



ipst.me/10821

ป่าไม่ผลัดใบ เช่น

- **ป่าดิบชื้น** (tropical rain forest) โดยทั่วไปพบในบริเวณที่มีฝนตกชุก มีความชื้นสูง อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมาก เช่น ภาคใต้ ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พืชเด่นเป็นไม้ต้นใบกว้างที่ไม่ผลัดใบ ขึ้นปกคลุมหนาแน่น เช่น ยางกล่อง ตะเคียน ทำให้สภาพป่าโดยทั่วไปเขียวครึ้มตลอดปี ดังรูป 24.3
- **ป่าดิบเขา** (hill evergreen forest หรือ montane forest) พบอยู่ในพื้นที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไป พบมากในเทือกเขาสูงทางภาคเหนือ จัดเป็นป่าต้นน้ำลำธาร พืชเด่นที่พบ เช่น นางพญาเสือโคร่ง ก่อตลับ ดังรูป 24.4
- **ป่าพรุ** (peat swamp forest) พบตามทีลุ่ม เป็นป่าที่มีน้ำขังอยู่ตลอดปี สภาพดินเป็นดินอินทรีย์หรือดินพรุซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยการสะสมของดินอินทรีย์เกิดขึ้นต่อเนื่องกันในสภาวะน้ำท่วมขังที่ได้จากฝนในแต่ละปี ลักษณะของป่าแฉ่งที่ป่าพรุที่สมบูรณ์จะมีลักษณะคล้ายป่าดิบชื้น พรรณไม้ที่พบมีทั้งไม้ขนาดใหญ่ขึ้นปะปนกับไม้ขนาดเล็ก เช่น ช้างให้ หวาย หมากแดง หลุมพี พบกระจายอยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำใกล้ชายฝั่งทะเล ป่าพรุที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดพบที่ภาคใต้ของประเทศไทย คือ ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส ดังรูป 24.5



รูป 24.3 ป่าดิบชื้น อุทยานแห่งชาติบางลาง จังหวัดยะลา



รูป 24.4 ป่าดิบเขา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่



รูป 24.5 ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส



ipst.me/10822

ป่าผลัดใบ เช่น

- **ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest)** โดยทั่วไปพบในพื้นที่แห้งแล้ง โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการผลัดใบในช่วงแห้งแล้ง พืชกลุ่มเด่นที่พบ เช่น เต็ง รัง ไม้เพ็ก ยางกราด เหียง พลวง ดังรูป 24.6
- **ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest)** เป็นป่าโปร่ง พบได้ทุกภาคยกเว้นภาคใต้ พื้นดินมักเป็นดินร่วนปนทราย มีไม้ต้นที่สำคัญได้แก่ สัก มะค่า แดง ประดู่ และชิงชัน ดังรูป 24.7

? ปัจจัยทางกายภาพใดบ้างที่ส่งผลให้เกิดระบบนิเวศป่าไม้ที่แตกต่างกัน



รูป 24.6 ป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

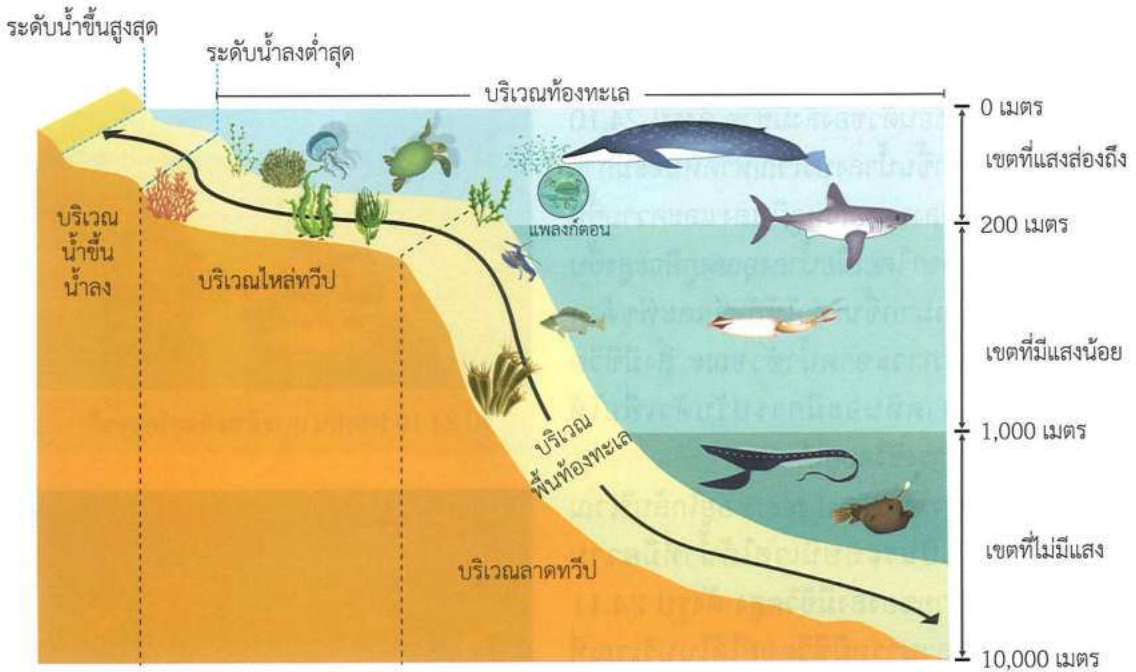


รูป 24.7 ป่าเบญจพรรณ บริเวณน้ำตกเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี

ระบบนิเวศแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำมีหลากหลาย เช่น บึง แม่น้ำ ทะเลสาบ ทะเล สามารถแบ่งได้โดยใช้ค่าความเค็มหรือใช้ความเข้มข้นของเกลือที่ละลายในน้ำเป็นตัวกำหนด โดยแหล่งน้ำเค็มจะมีค่าความเข้มข้นของเกลือประมาณร้อยละ 3 และแหล่งน้ำจืดจะมีค่าความเข้มข้นของเกลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ดังนั้นจึงจัดจำแนกระบบนิเวศแหล่งน้ำได้เป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม (marine ecosystem) และระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด (fresh water ecosystem)

ระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม แหล่งน้ำเค็มมีพื้นที่ประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของผิวโลก ได้แก่ ทะเลและมหาสมุทร สามารถแบ่งออกเป็นบริเวณต่างๆ เช่น บริเวณน้ำขึ้นน้ำลง ไหล่ทวีป พื้นที่ท้องทะเล โดยใช้ลักษณะทางกายภาพ เช่น ลักษณะของชายหาด ความลึกของน้ำ ปริมาณแสง ความลาดชันของพื้นที่ ดังรูป 24.8



รูป 24.8 แผนภาพตัดขวางของทะเลแสดงบริเวณต่างๆ

? จากรูป 24.8 ปัจจัยทางกายภาพใดบ้างที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในบริเวณต่างๆ ของแหล่งน้ำเค็มและปัจจัยดังกล่าวมีผลอย่างไร

ตัวอย่างระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็มของประเทศไทย

- หาดทราย เป็นระบบนิเวศชายฝั่งที่อยู่ในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง ลักษณะพื้นผิวประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดต่างๆ กัน ดังรูป 24.9 โดยในพื้นที่แต่ละแห่งจะมีความลาดชันไม่เหมือนกัน กระแสน้ำขึ้นน้ำลงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ความชื้นและอุณหภูมิของหาดทรายมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน และส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบริเวณหาดทราย



รูป 24.9 หาดทราย จังหวัดนครศรีธรรมราช

- **หาดหิน** เป็นหาดที่เต็มไปด้วยหิน ไม่ราบเรียบ มีซอกและแอ่งน้ำเป็นที่กำบังคลื่นลม ยึดเกาะ และหลบซ่อนตัวของสิ่งมีชีวิต ดังรูป 24.10 เมื่อเกิดน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณหาดหินจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แสง และความชื้นค่อนข้างมาก โดยเมื่อน้ำลงอุณหภูมิจะสูงขึ้น และมีแสงมากขึ้น ทำให้สัตว์และพืชต้องเผชิญกับภาวะขาดน้ำชั่วคราว สิ่งมีชีวิตบริเวณหาดหินจะมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้
 - **แนวปะการัง (coral reef)** อยู่ใกล้บริเวณชายฝั่ง เป็นระบบนิเวศใต้น้ำที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง ดังรูป 24.11 ปะการังสามารถมีชีวิตอยู่ในบริเวณที่น้ำทะเลมีออกซิเจนเพียงพอ มีแสงส่องถึง และมีอุณหภูมิเหมาะสม สามารถใช้ปะการังเป็นดัชนีในการบ่งบอกสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลบริเวณนั้นได้
- ?** สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณหาดทรายและบริเวณหาดหินจะพบกับปัญหาอะไรบ้างที่ส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิต และมีการปรับตัวอย่างไรเพื่อการอยู่รอด



รูป 24.10 หาดหิน ภูเขาหิน จังหวัดชลบุรี



รูป 24.11 แนวปะการัง ภูเขาทะเล จังหวัดชุมพร

ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด แบ่งได้เป็นแหล่งน้ำนิ่ง เช่น หนองน้ำ บึง ทะเลสาบ และแหล่งน้ำไหล เช่น แม่น้ำ ลำธาร โดยระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณใหญ่ ๆ คือ บริเวณชายฝั่ง บริเวณผิวน้ำ และบริเวณน้ำชั้นล่าง (รูป 24.12 ก. และ ข.) ส่วนระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่เป็นแหล่งน้ำไหล อาจแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณที่เป็นเกาะแก่งหรือบริเวณที่น้ำไหลเชี่ยว และบริเวณที่เป็นแอ่งน้ำ (รูป 24.12 ค.)



บริเวณชายฝั่ง

ก.



ข.



บริเวณที่เป็นแอ่งน้ำ

บริเวณที่เป็นเกาะแก่ง

ค.

รูป 24.12 ตัวอย่างระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

ก. แผนภาพตัดขวางแสดงบริเวณต่างๆ ของแหล่งน้ำนิ่ง

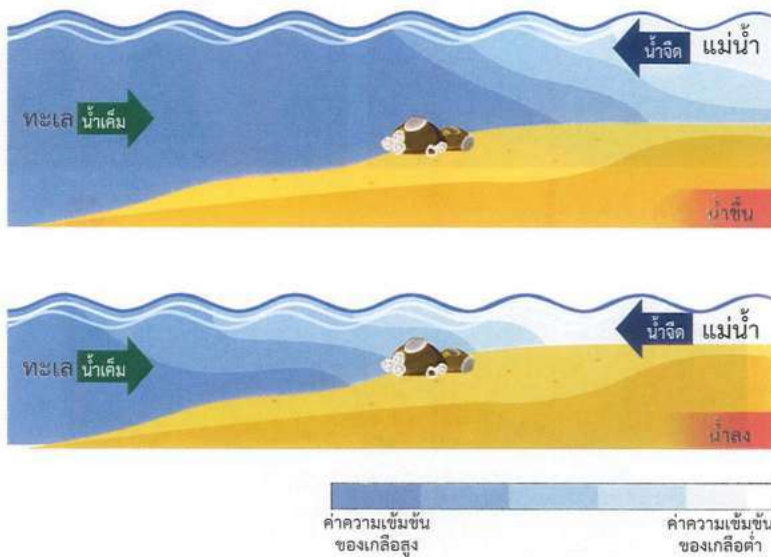
ข. สระน้ำในจังหวัดราชบุรี

ค. แหล่งน้ำไหล บริเวณแก่งตะนะ จังหวัดอุบลราชธานี



สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำไหลต้องมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดในการดำรงชีวิตอย่างไรบ้าง

บริเวณรอยต่อระหว่างแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำเค็มจะเป็นแหล่งน้ำกร่อย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความแปรผันของค่าความเข้มข้นของเกลือในรอบวันตามปัจจัยของน้ำขึ้นน้ำลงรวมทั้งปริมาณหยาดน้ำฟ้า (รูป 24.13) มักพบระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อยได้บริเวณปากแม่น้ำซึ่งเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง พบสิ่งมีชีวิตได้หลากหลายชนิดในบริเวณนี้



รูป 24.13 แผนภาพตัดขวางแสดงค่าความเข้มข้นของเกลือในบริเวณแหล่งน้ำกร่อยซึ่งแปรผันตามการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง

? เพราะเหตุใดระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อยจึงมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูงและมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด

ในบริเวณแหล่งน้ำกร่อยตามแนวชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำ เช่น ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามันยังสามารถพบป่าชายเลน (mangrove forest) ซึ่งเป็นป่ารอยต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ พืชเด่นที่พบ เช่น โกงกาง แสม ลำพู ดังรูป 24.14

? องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำแตกต่างกันอย่างไร



รูป 24.14 ป่าชายเลน
จังหวัดระนอง



ipst.me/10825

24.1.2 กระบวนการที่สำคัญในระบบนิเวศ

ระบบนิเวศนอกจากจะประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพแล้ว การที่ระบบนิเวศดำรงอยู่ได้ยังต้องมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้น กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแบ่งตามหน้าที่ได้เป็น 3 กลุ่มคือ ผู้ผลิต (producer) ผู้บริโภค (consumer) และผู้สลายสารอินทรีย์ (decomposer) โดยพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์จะถูกผู้ผลิตนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้พลังงานแสงถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ผู้บริโภคสามารถใช้ประโยชน์ได้ พลังงานจากผู้ผลิตจะถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ผ่านการกินเป็นทอดๆ ในรูปแบบที่ไม่เป็นวัฏจักร การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพโซ่อาหาร (food chain) และสายใยอาหาร (food web)

โซ่อาหารและสายใยอาหาร

ในธรรมชาติการกินเป็นทอดๆ ของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันซับซ้อน ไม่ได้เป็นลักษณะของโซ่อาหารเดี่ยวๆ เรียกโซ่อาหารที่มีความซับซ้อนนี้ว่าสายใยอาหาร โดยการกินกันเป็นทอดๆ ในโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตมีลักษณะเป็นลำดับขั้นของการกิน เช่น จากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคลำดับที่ 1 จากผู้บริโภคลำดับที่ 1 ไปสู่ผู้บริโภคลำดับที่ 2 และจากผู้บริโภคลำดับที่ 2 ไปสู่ผู้บริโภคลำดับที่ 3 เป็นเช่นนี้ไปจนถึงผู้บริโภคลำดับสุดท้าย เรียกลำดับขั้นของสิ่งมีชีวิตในโซ่อาหารนี้ว่า ลำดับขั้นการกินอาหาร (trophic level) โดยการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตเริ่มจากผู้ผลิตผ่านไปยังผู้บริโภคพืช แล้วต่อไปยังผู้บริโภคสัตว์ลำดับต่างๆ เรียกโซ่อาหารนี้ว่าโซ่อาหารแบบผู้ล่า (predator food chain หรือ grazing food chain)

นอกจากนี้ยังมีโซ่อาหารอีกแบบหนึ่งที่พลังงานส่วนหนึ่งในผู้ผลิตจะถ่ายทอดไปยังผู้กินซาก (detritivore) ก่อน แล้วจึงผ่านไปยังผู้บริโภคลำดับถัดไป เรียกโซ่อาหารนี้ว่าโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์ (detritus food chain) ดังรูป 24.15



รูป 24.15 การถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหารแบบผู้ล่าและโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์

ตัวอย่างของสายใยอาหารแบบเศษอินทรีย์ เช่น ในป่าชายเลน เมื่อใบไม้ร่วงหล่นลงสู่พื้นหรือผิวน้ำกลายเป็นซากสลาย (detritus) ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เช่น ฟังไจ แบคทีเรีย และโพรทิสต์ ได้เป็นซากสลายที่มีขนาดเล็ก จากนั้นซากสลายเหล่านี้จะถูกสัตว์ในป่าชายเลนซึ่งเป็นพวกผู้กินซากหลายชนิด เช่น ปู กุ้ง ตัวอ่อนของแมลงน้ำ หอยสองฝา หนอนตัวกลม ปลาขนาดเล็ก กินเป็นอาหาร ซึ่งซากสลายที่ถูกกินโดยผู้กินซากเหล่านี้จะถูกขับถ่ายออกมาสู่สิ่งแวดล้อมไปรวมกับซากสลายอื่นๆ และจะถูกกินและขับถ่ายหมุนเวียนไป ผู้กินซากเหล่านี้จะถูกล่าโดยผู้บริโภคลำดับถัดขึ้นไปโดยมักเป็นกลุ่มปลากินเนื้อขนาดเล็ก ซึ่งจะถูกล่าโดยกลุ่มปลากินเนื้อขนาดใหญ่กินเป็นอาหารตามลำดับชั้นการกินที่สูงขึ้น ดังรูป 24.16



รูป 24.16 สายใยอาหารแบบเศษอินทรีย์



ชวนคิด

? จากรูปสายใยอาหารในระบบนิเวศแห่งหนึ่ง ให้เขียนโซ่อาหารแบบผู้ล่าและโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์

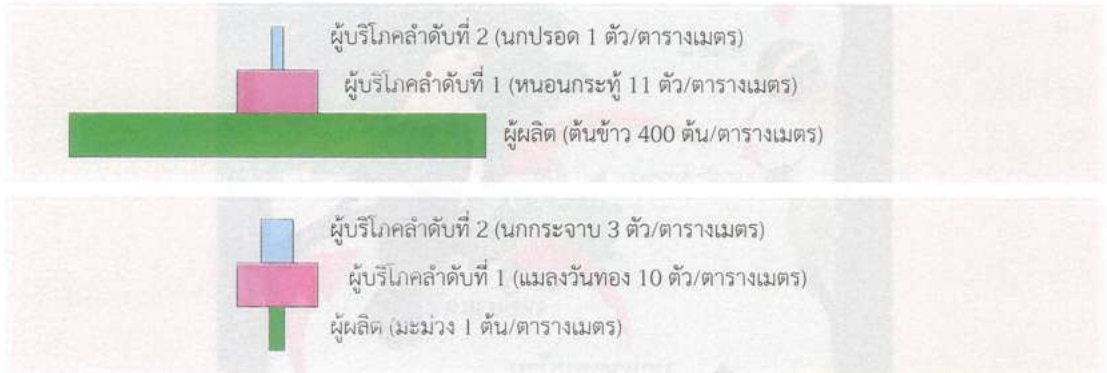


ในแต่ละโซ่อาหารจะมีจำนวน มวลชีวภาพ และพลังงานของสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับชั้นการกินอาหาร มากน้อยต่างกัน สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละลำดับชั้นได้ในรูปแบบของพีระมิด เรียกว่า พีระมิดทางนิเวศวิทยา (ecological pyramid)

พีระมิดทางนิเวศวิทยา

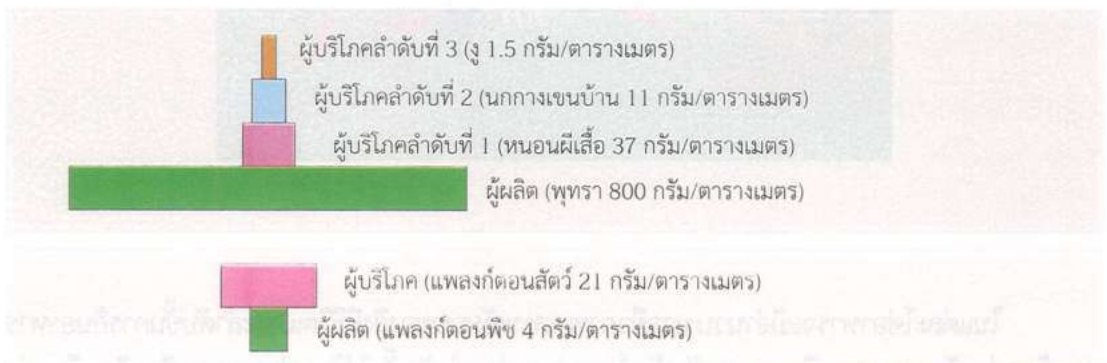
พีระมิดทางนิเวศวิทยาอาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ พีระมิดจำนวน พีระมิดมวลชีวภาพ และ พีระมิดพลังงาน ซึ่งจะแสดงจำนวน มวลชีวภาพ และพลังงานในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหาร โดยการเขียนพีระมิดจะให้ผู้ผลิตอยู่บริเวณฐานพีระมิดเสมอ ส่วนผู้บริโภคลำดับต่าง ๆ จะเรียงลำดับต่อกันขึ้นไป

1. พีระมิดจำนวน (pyramid of numbers) ใช้จำนวนของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้น ๆ มาเขียนเรียงลำดับ มีหน่วยเป็นจำนวนต่อพื้นที่ ดังรูป 24.17



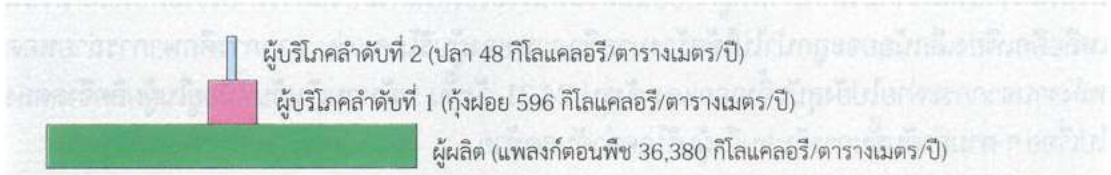
รูป 24.17 พีระมิดจำนวน

2. พีระมิดมวลชีวภาพ (pyramid of biomass) ใช้มวลชีวภาพหรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารในรูปของน้ำหนักแห้งในการเขียนพีระมิด มีหน่วยเป็นกรัมต่อพื้นที่ ในบางครั้งพีระมิดมวลชีวภาพของแหล่งน้ำอาจมีหัวกลับได้ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตมีมวลน้อยกว่าผู้บริโภคลำดับถัดไป แต่แพลงก์ตอนพืชในบริเวณนั้นสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วจึงเพียงพอสำหรับเป็นอาหารให้กับผู้บริโภคในระบบนิเวศนั้น ดังรูป 24.18



รูป 24.18 พีระมิดมวลชีวภาพ

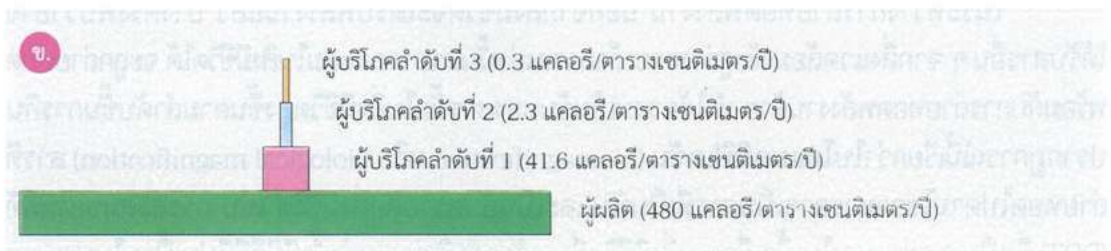
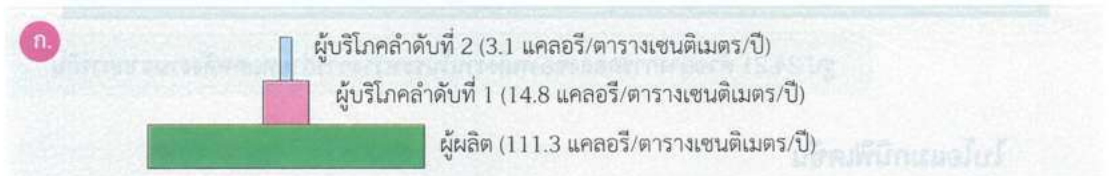
3. พีระมิดพลังงาน (pyramid of energy) ใช้ค่าพลังงานในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในการเขียนพีระมิด มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา ดังรูป 24.19



รูป 24.19 พีระมิดพลังงาน

? เพราะเหตุใดจึงไม่พบพีระมิดพลังงานแบบหัวกลับ

ในการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตตามลำดับขั้นการกินในโซ่อาหาร พบว่าสิ่งมีชีวิตในแต่ละขั้นจะได้รับพลังงานที่ไม่เท่ากัน โดยเรย์มอนด์ ลินด์แมน (Raymond Lindeman) ได้ศึกษาโซ่อาหารหนึ่งในทะเลสาบซีดาร์ บ็อก (Cedar Bog lake) รัฐโอไฮโอและในทะเลสาบเมนโดตา (Mendota lake) รัฐวิสคอนซิน ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2485 โดยพบว่าพลังงานที่สะสมในสิ่งมีชีวิตจะลดลงตามลำดับขั้นที่สูงขึ้น ดังรูป 24.20

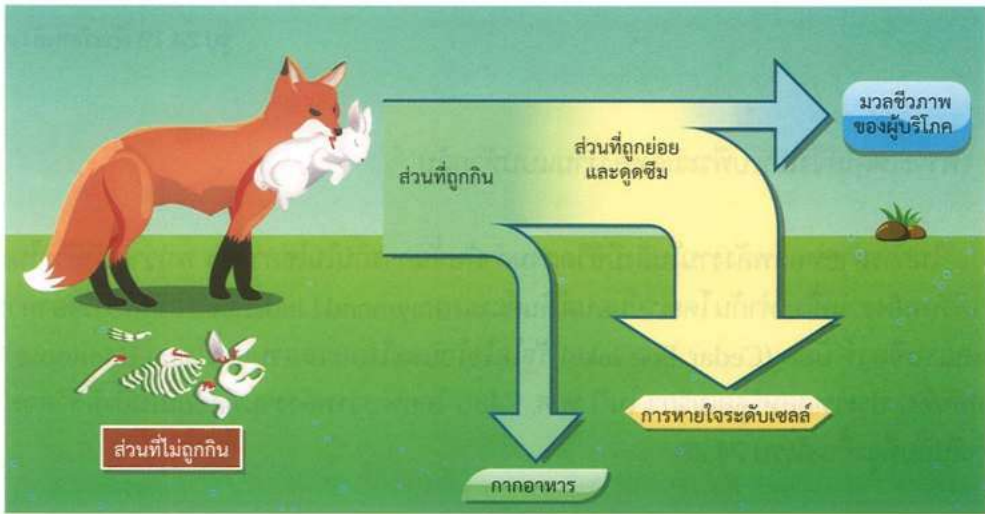


รูป 24.20 พลังงานที่สะสมในแต่ละลำดับขั้นการกินจากการศึกษาสิ่งมีชีวิตในทะเลสาบ 2 แห่ง

ก. ทะเลสาบซีดาร์ บ็อก ข. ทะเลสาบเมนโดตา

? จากรูป 24.20 การถ่ายทอดพลังงานจากลำดับขั้นการกินหนึ่งไปยังอีกลำดับขั้นหนึ่ง พลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปคิดเป็นร้อยละเท่าไร

โดยทั่วไปพลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกิน จะไม่สามารถถ่ายทอดไปได้ทั้งหมด เนื่องจากมีบางส่วนที่ไม่ถูกกิน มวลชีวภาพส่วนที่ถูกกินเข้าไปและไม่ได้ถูกย่อยจะถูกขับออกมาเป็นกากอาหาร ส่วนพลังงานที่ได้จากมวลชีวภาพที่ถูกย่อยนั้นส่วนหนึ่งจะใช้ไปในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ส่วนที่เหลืออีกเพียงเล็กน้อยจะถูกนำไปใช้สร้างมวลชีวภาพของผู้บริโภค เช่น จากการศึกษาการถ่ายทอดพลังงานจากกระต่ายไปยังสุนัขจิ้งจอกแดง ดังรูป 24.21 ดังนั้น พลังงานเริ่มต้นที่มีอยู่ในผู้ผลิตจึงลดลงไปเรื่อยๆ ตามลำดับขั้นการกินจนถึงผู้บริโภคลำดับสุดท้าย



รูป 24.21 ตัวอย่างการลดลงของพลังงานในระหว่างการถ่ายทอดพลังงานจากการกิน

ไบโอแมกนิฟิเคชัน

ในระหว่างการถ่ายทอดพลังงาน นอกจากสิ่งมีชีวิตจะได้รับพลังงานแล้ว บางครั้งพบว่าอาจได้รับสารอื่นๆ จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย ถ้าสารเหล่านั้นสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ จะถูกถ่ายทอดพร้อมกับการถ่ายทอดพลังงานด้วย ทำให้ความเข้มข้นของสารนั้นในสิ่งมีชีวิตสูงขึ้นตามลำดับขั้นการกิน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าไบโอแมกนิฟิเคชัน (biomagnification หรือ biological magnification) สารที่ถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารอาจเป็นสารที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น การสะสมของดีดีที (DDT) ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตซึ่งอาศัยอยู่บริเวณแหล่งน้ำที่มีดีดีทีปนเปื้อนในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยดีดีทีถูกถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารและมีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับขั้นการกิน ตั้งแต่ในแพลงก์ตอน ปลาขนาดเล็ก ปลาขนาดใหญ่ จนถึงนกที่กินปลาเป็นอาหาร และพบว่าการสะสมดีดีทีที่ระดับความเข้มข้นสูงในเนื้อเยื่อของนกเหล่านี้ไปรบกวนการสะสมของแคลเซียมในเปลือกไข่ ทำให้เปลือกไข่บางและเปราะ ไข่ของนกจึงร่วงและแตกในระหว่างฟัก ขนาดประชากรของนกเหล่านี้จึงลดลง

ในปี พ.ศ. 2559 ได้มีการศึกษาการสะสมของปรอทในทะเลสาบ 2 แห่ง (Lake Norsjø และ Lake Norheim) ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของราชอาณาจักรนอร์เวย์ พบว่า ปรอทที่ปนเปื้อนในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1-3 นาโนกรัมต่อลิตร และพบสะสมในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลสาบซึ่งเป็นอาหารของปลา 0.06 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัม และพบสะสมในปลา *Perca flavescens* 3.6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัม ผู้ศึกษาจึงสรุปว่าปรอทมีการถ่ายทอดไปตามโซ่อาหาร และสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตโดยมีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับขั้นการกิน



รู้หรือไม่

สารที่ถูกถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารมักเป็นสารที่ละลายในไขมันได้ดี ซึ่งทำให้มีการสะสมในร่างกายไม่ถูกขับออกมาพร้อมกับน้ำ เช่น ดีดีที ปรอท

- ? การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันของปรอทในทะเลสาบดังกล่าวส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้อย่างไร
- ? ยกตัวอย่างสถานการณ์ที่อาจส่งผลให้มีการสะสมสารพิษในสิ่งมีชีวิตและเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันที่เป็นไปได้ในชุมชนของนักเรียน พร้อมแนวทางป้องกันและแก้ไข

การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

ธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของสารต่างๆ ในเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน และกรดนิวคลีอิก ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักเหล่านี้มีการหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตเป็นวัฏจักร เรียกว่า **วัฏจักรสาร (nutrient cycle)** นอกจากวัฏจักรน้ำและวัฏจักรคาร์บอนที่เคยศึกษามาแล้วยังมีวัฏจักรสารอื่นที่สำคัญ เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส เป็นต้น

- ? การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ? สิ่งมีชีวิตได้รับธาตุและสารต่าง ๆ โดยวิธีการใดบ้าง

วัฏจักรไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญเพราะเป็นองค์ประกอบของโปรตีนในสิ่งมีชีวิตและนำไปใช้สร้างสารประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ ไนโตรเจนมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรในระบบนิเวศ เรียกว่า **วัฏจักรไนโตรเจน (nitrogen cycle)** ดังรูป 24.22 ซึ่งมีกระบวนการที่สำคัญ คือ

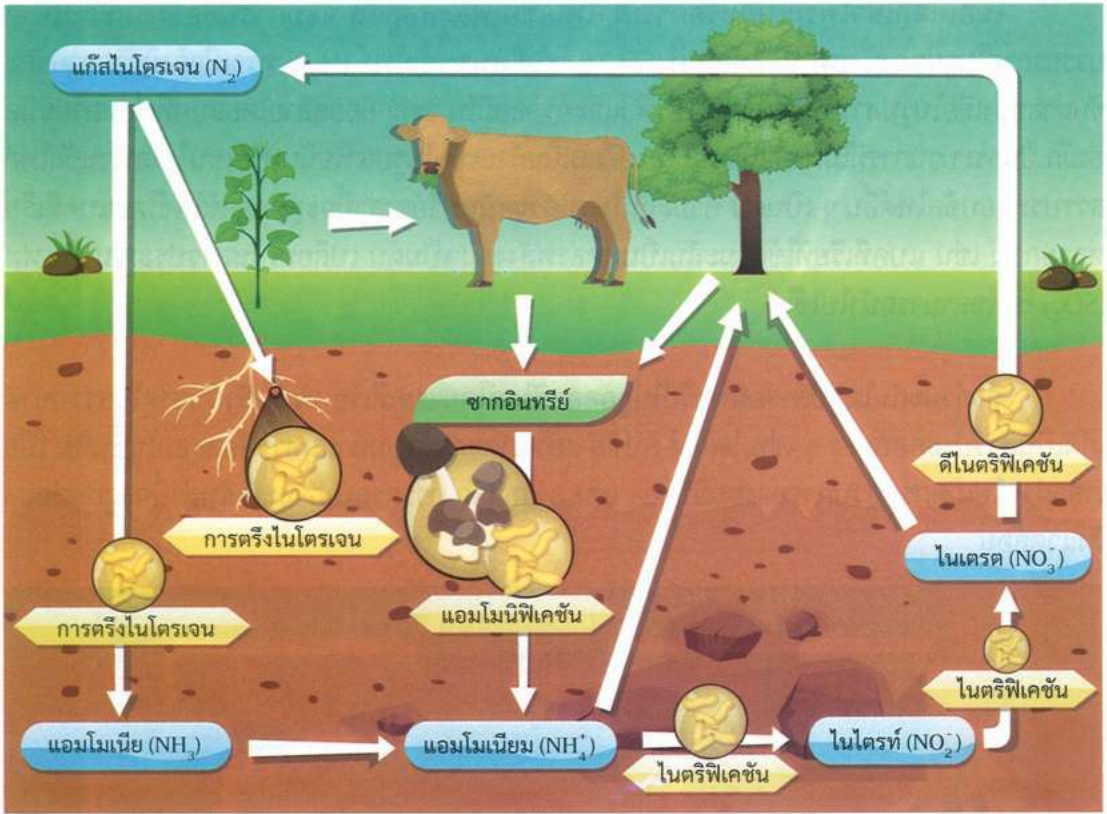
- การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนในอากาศเป็นแอมโมเนีย
- แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนในซากพืชซากสัตว์มาเป็นแอมโมเนียม
- ไนตริฟิเคชัน (nitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียมเป็นไนไตรท์และไนเตรตตามลำดับ
- ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนไนเตรตกลับเป็นแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศ

ในอากาศจะพบแก๊สไนโตรเจน (N_2) ประมาณ 78% ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด แต่พืชไม่สามารถนำแก๊สไนโตรเจนไปใช้ได้ ในพืชวงศ์ถั่วจะมีปมรากที่มีแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนอาศัยอยู่ เช่น แบคทีเรียในจิ้นัส *Rhizobium* สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในดินยังมีแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เช่น แบคทีเรียจิ้นัส *Azotobacter* สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศให้อยู่ในรูปแอมโมเนีย ซึ่งจะรวมกับไฮโดรเจนไอออนในดินและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม นอกจากนี้ในดินยังมีสารประกอบไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์จากซากอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้จะผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันโดยแบคทีเรียเพื่อเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งจะถูกรอกซิไดซ์โดยแบคทีเรียบางชนิดไปเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) ตามลำดับโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่าไนตริฟิเคชัน พืชสามารถใช้ไนโตรเจนได้ทั้งในรูปของไนเตรตและแอมโมเนียม โดยพืชจะนำไนโตรเจนในดินเข้าสู่รากในรูปไนเตรตเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ไนเตรตยังสามารถถูกรีดิวซ์กลับไปเป็นแก๊สไนโตรเจนผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชันโดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ซึ่งมักเกิดใต้ดินหรือใต้ทะเลลึก



รู้หรือไม่

ไนเตรตอาจเกิดขึ้นได้จากการเกิดฟ้าผ่า กระแสไฟฟ้าในอากาศทำให้แก๊สไนโตรเจนรวมกับแก๊สออกซิเจนกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เมื่ออยู่ในอากาศแก๊สไนโตรเจนออกไซด์จะรวมกับแก๊สออกซิเจนกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งอาจรวมกับไอน้ำในบรรยากาศเกิดเป็นกรดไนตริกขึ้น เมื่อทำปฏิกิริยากับไอออนบวกในดินจะเกิดไนเตรตพืชจึงนำไปใช้ได้



รูป 24.22 วัฏจักรไนโตรเจน

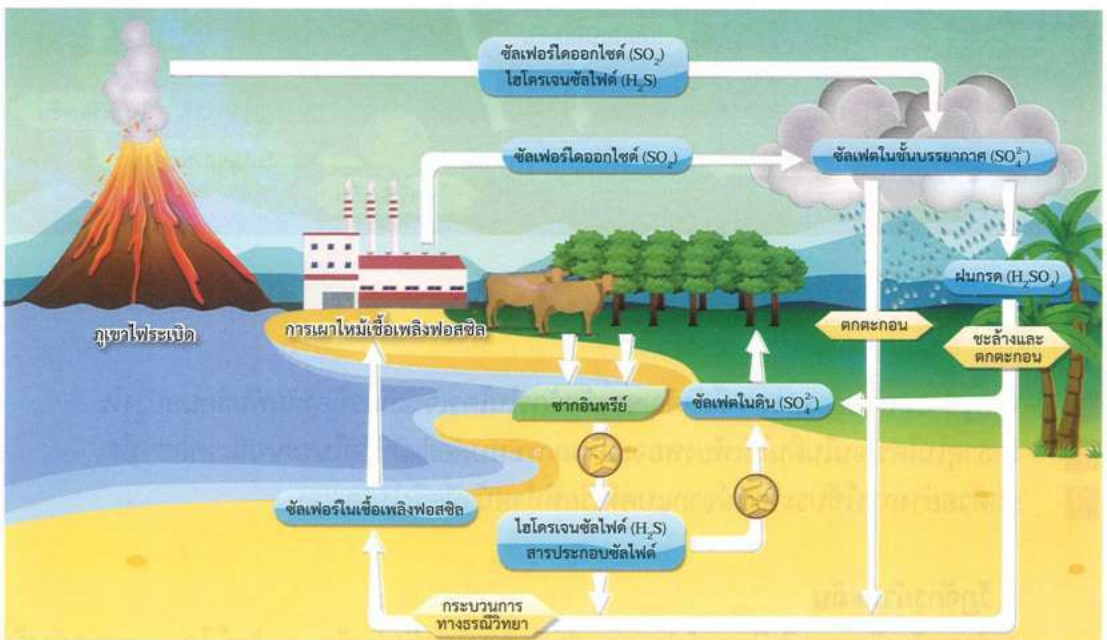
- ? จากรูปกระบวนการต่าง ๆ ที่สำคัญของวัฏจักรไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับสัมพันธ์กันอย่างไร
- ? ถ้าธาตุไนโตรเจนในดินไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร
- ? ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจน

วัฏจักรกำมะถัน

กำมะถันเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนในพืชและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดแอมิโน เช่น เมไทโอนีน ซิสเทอีน เป็นต้น และหมุนเวียนเป็นวัฏจักรในระบบนิเวศ เรียกว่า วัฏจักรกำมะถัน (sulfur cycle) ดังรูป 24.23

เมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิดหรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล จะมีการปล่อยกำมะถันเข้าสู่บรรยากาศในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือเมื่อสิ่งมีชีวิตตายและขับถ่ายของเสียในรูปสารอนินทรีย์ เช่น โปรตีนและกรดอะมิโน จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียหลายชนิดซึ่งมักเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน และเปลี่ยนเป็นกำมะถันในรูปสารอนินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารประกอบซัลไฟด์อื่น ๆ เป็นต้น กำมะถันในรูปสารอนินทรีย์เหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียหลายกลุ่ม เช่น แบคทีเรียที่ใช้กำมะถันเป็นแหล่งพลังงาน เป็นต้น เปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้

ถ้ากำมะถันในรูปสารอนินทรีย์ไม่ถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย จะจับตัวกับธาตุในธรรมชาติเกิดเป็นสารประกอบต่าง ๆ เช่น ไพไรต์ ยิปซัม แล้วตกตะกอนในมหาสมุทรหรือสะสมในชั้นหิน เมื่อเวลาผ่านไปเกิดกระบวนการทางธรณีวิทยา เช่น การยกตัว การกร่อน กำมะถันเหล่านี้จะถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม



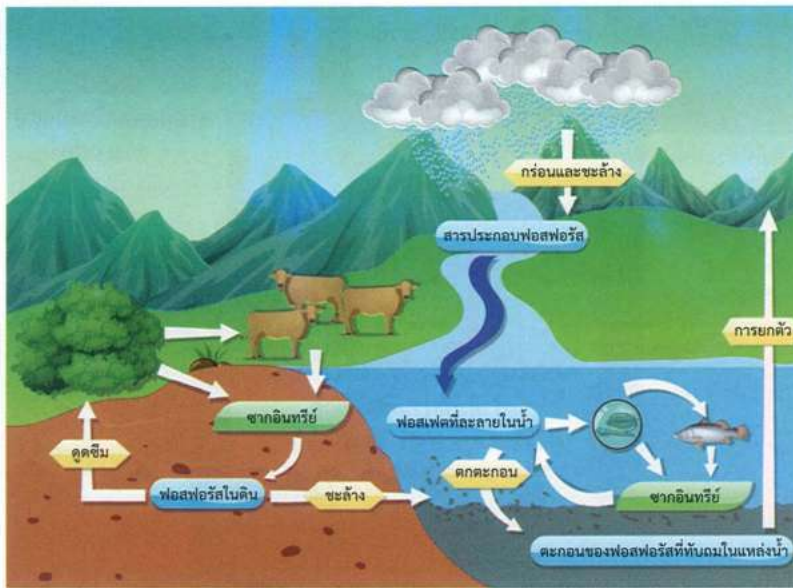
รูป 24.23 วัฏจักรกำมะถัน

- ? กำมะถันมีการหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตอย่างไร
- ? กำมะถันที่ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมมาจากแหล่งใดบ้าง
- ? สารประกอบกำมะถันที่อยู่ในรูปของแก๊สส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร

วัฏจักรฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับเซลล์ทุกชนิด เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก เช่น DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรม และเป็นส่วนประกอบของสารพลังงานสูง เช่น ATP นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของกระดูกและฟันในสัตว์มีกระดูกสันหลัง ฟอสฟอรัสมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรในระบบนิเวศ เรียกว่า วัฏจักรฟอสฟอรัส (phosphorus cycle) ดังรูป 24.24

สารประกอบฟอสฟอรัสในธรรมชาติมักพบในรูปของแข็ง ดังนั้นวัฏจักรฟอสฟอรัสมักจะขึ้นอยู่กับกระบวนการทางธรณีวิทยาเป็นส่วนใหญ่ วัฏจักรฟอสฟอรัสเริ่มต้นขึ้นเมื่อหินหรือองค์ประกอบต่างๆ ในดินที่ประกอบด้วยแร่หรือสารประกอบของฟอสฟอรัสเกิดการผุพังและพังทลายโดยกระแสลมและน้ำ ทำให้แตกตัวไปเป็นสารประกอบฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เมื่อฟอสเฟตละลายลงสู่ผิวดินและน้ำ จะจับตัวกับอนุภาคดิน ไอออนของโลหะบางชนิด หรืออนุภาคของสารอินทรีย์ ซึ่งพืชจะดูดซึมฟอสเฟตไปใช้ต่อไป เมื่อสัตว์กินพืชจะได้รับฟอสฟอรัสจากพืชและปล่อยออกมาพร้อมของเสีย จากนั้นเมื่อพืชและสัตว์ตาย จะเกิดการทับถมหรือชะล้างไปสู่แหล่งต่างๆ เช่น พื้นดิน มหาสมุทร แหล่งน้ำต่างๆ เป็นต้น สารประกอบของฟอสฟอรัสจะตกตะกอนสะสมในสิ่งแวดล้อม



รูป 24.24 วัฏจักรฟอสฟอรัส

- ❓ แหล่งสะสมฟอสฟอรัสที่สำคัญพบที่ใดบ้าง
- ❓ วัฏจักรฟอสฟอรัสหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตอย่างไรบ้าง
- ❓ สารประกอบฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร



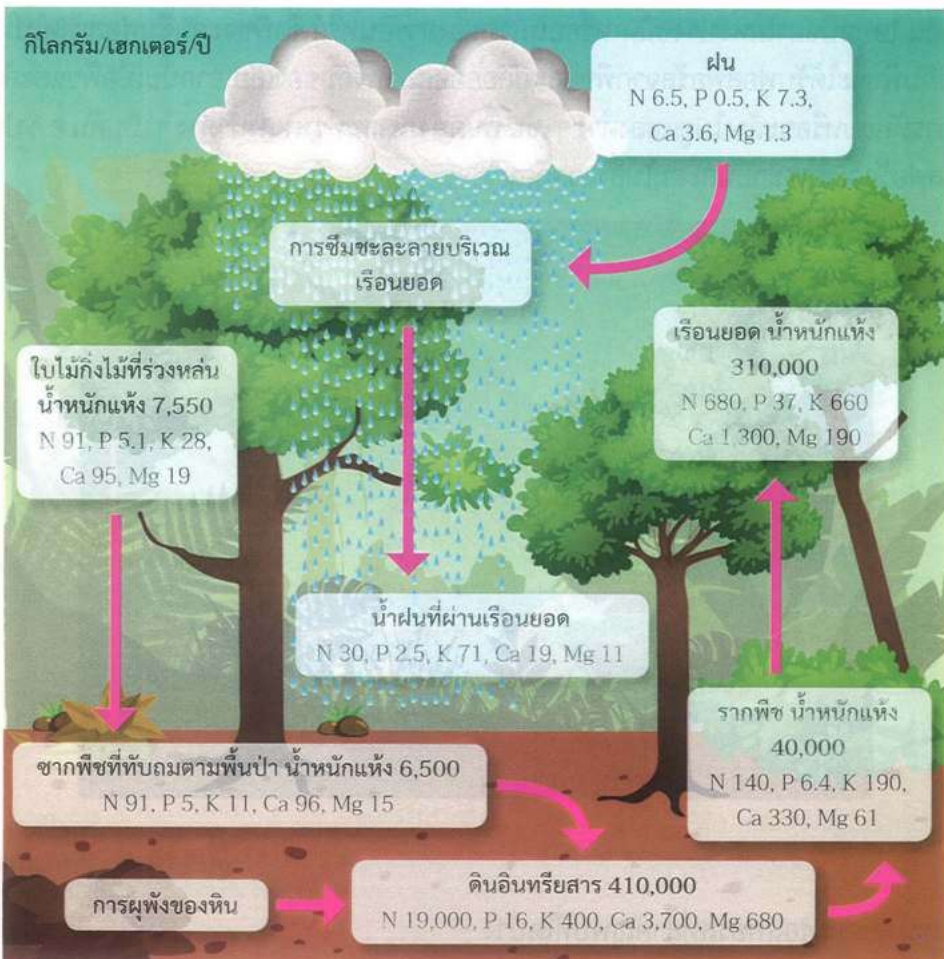
กิจกรรม 24.1 การหมุนเวียนของธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศป่าไม้

จุดประสงค์

อธิบายการหมุนเวียนธาตุผ่านกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศป่าไม้

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษารูปการหมุนเวียนธาตุต่างๆ จากข้อมูลการศึกษาในป่าดิบเขาบนเกาะนิวกินี ซึ่งมีการวัดปริมาณธาตุ N P K Ca Mg ที่ตำแหน่งต่างๆ



- อธิบายการหมุนเวียนของธาตุในระบบที่ไม่ผ่านสิ่งมีชีวิตและที่ผ่านสิ่งมีชีวิตว่าได้จากกิจกรรมใดบ้าง
- อธิบายและสรุปการหมุนเวียนของธาตุในระบบนิเวศป่าไม้อย่างเป็นวัฏจักร

คำถามท้ายกิจกรรม

- ?** จากการศึกษาาระบบนิเวศป่าไม้แห่งนี้ ธาตุใดมีการหมุนเวียนในปริมาณมากที่สุดและน้อยที่สุด จงอธิบาย
- ?** เพราะเหตุใดจึงไม่รายงานการหมุนเวียนธาตุกำมะถันในระบบนิเวศป่าไม้แห่งนี้

นอกจากวัฏจักรสารที่กล่าวมาแล้วยังมีการหมุนเวียนสารอีกหลายชนิดที่มีความสำคัญในระบบนิเวศ ผ่านทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต สารที่หมุนเวียนกันเป็นวัฏจักรเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและการรักษาเสถียรภาพของระบบนิเวศ การหมุนเวียนสารจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในระบบนิเวศเช่นเดียวกับการถ่ายทอดพลังงาน



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** ให้นักเรียนเขียนแผนภาพวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
- ?** การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศมีความสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร

24.2 ไบโอม

ไบโอม (biome) จัดเป็นระบบนิเวศขนาดใหญ่ ที่มีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละไบโอม ไบโอมกระจายอยู่ในแต่ละบริเวณของโลกซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่หลากหลาย มีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณซึ่งอยู่ในที่ละติจูดสูงมักจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ละติจูดต่ำ เมื่อรวมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณหยาดน้ำฟ้าและสภาพภูมิประเทศที่ต่างต่างกัน จะพบไบโอมหลากหลายชนิด



ชวนคิด

- ?** ไบโอมต่างกับระบบนิเวศอย่างไร



ความรู้เพิ่มเติม

หยาดน้ำฟ้าหรือน้ำฟ้า (precipitation) คือ น้ำที่มีลักษณะเป็นของเหลวหรือของแข็ง ซึ่งเกิดจากการกลั่นตัวของน้ำในอากาศแล้วตกลงมายังพื้นโลก เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น

ภูมิอากาศ (climate) คือ สภาวะโดยทั่วไปของลมฟ้าอากาศบนพื้นที่ใด ๆ ในช่วงเวลานาน ๆ ซึ่งพิจารณาจากค่าทางสถิติที่ได้จากการตรวจลมฟ้าอากาศเป็นระยะเวลายาวนาน เช่น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูล 30 ปี

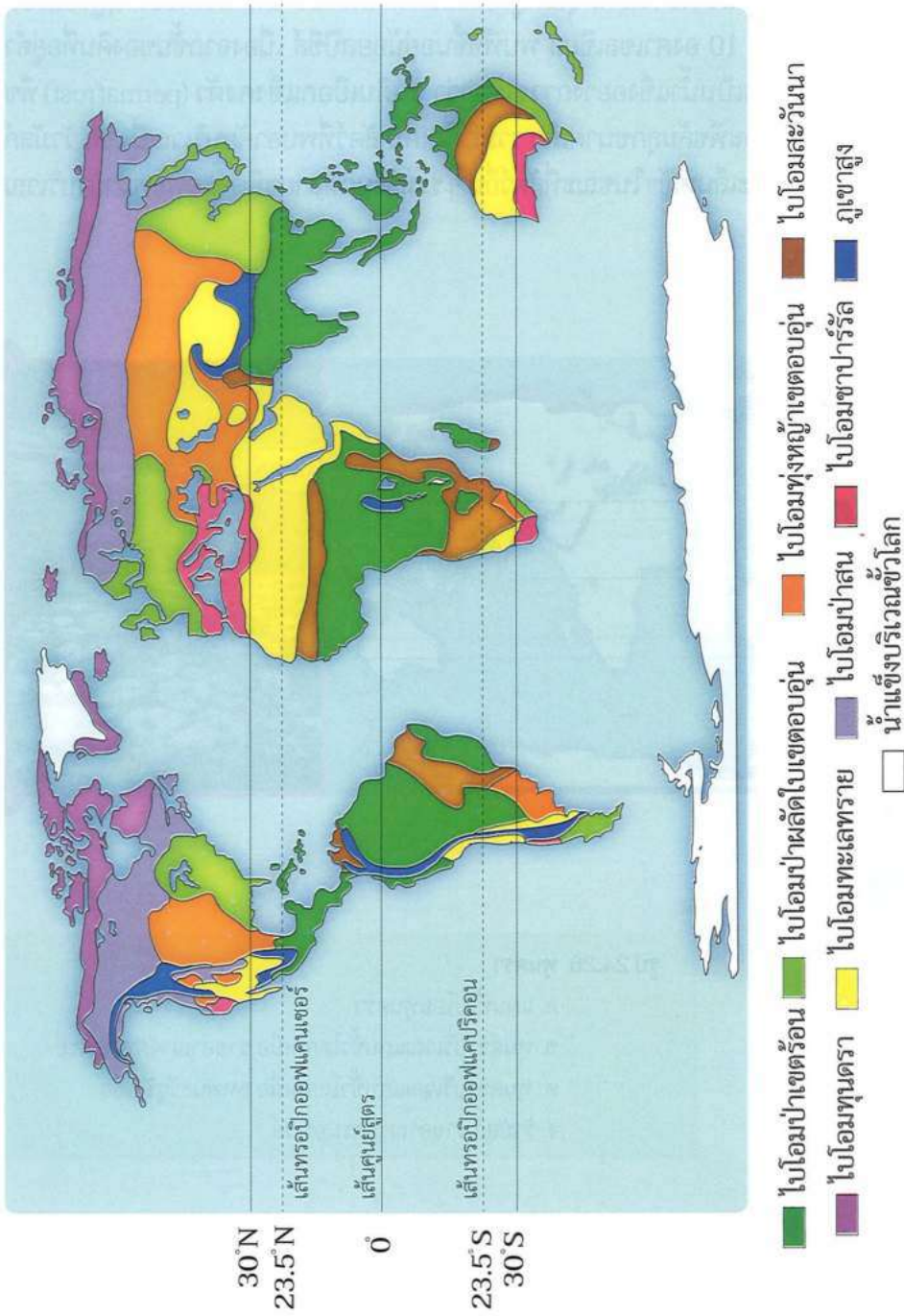
ภูมิประเทศ (topography) คือ สภาพโดยทั่วไปของผิวโลก ซึ่งประกอบด้วยสิ่งที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์ดัดแปลงขึ้น เช่น ความสูงต่ำของผิวโลก แหล่งน้ำ ถนน เมือง ภูเขา เป็นต้น

เขตภูมิอากาศ (climatic region) คือ บริเวณที่มีภูมิอากาศใกล้เคียงกันซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 เขต ได้แก่ เขตร้อน (tropical zone) เขตอบอุ่น (temperate zone) และเขตหนาว (polar zone หรือ frigid zone)

ภูมิศาสตร์ (geography) คือ วิชาที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติกับสังคมที่ปรากฏในดินแดนต่าง ๆ ของโลก

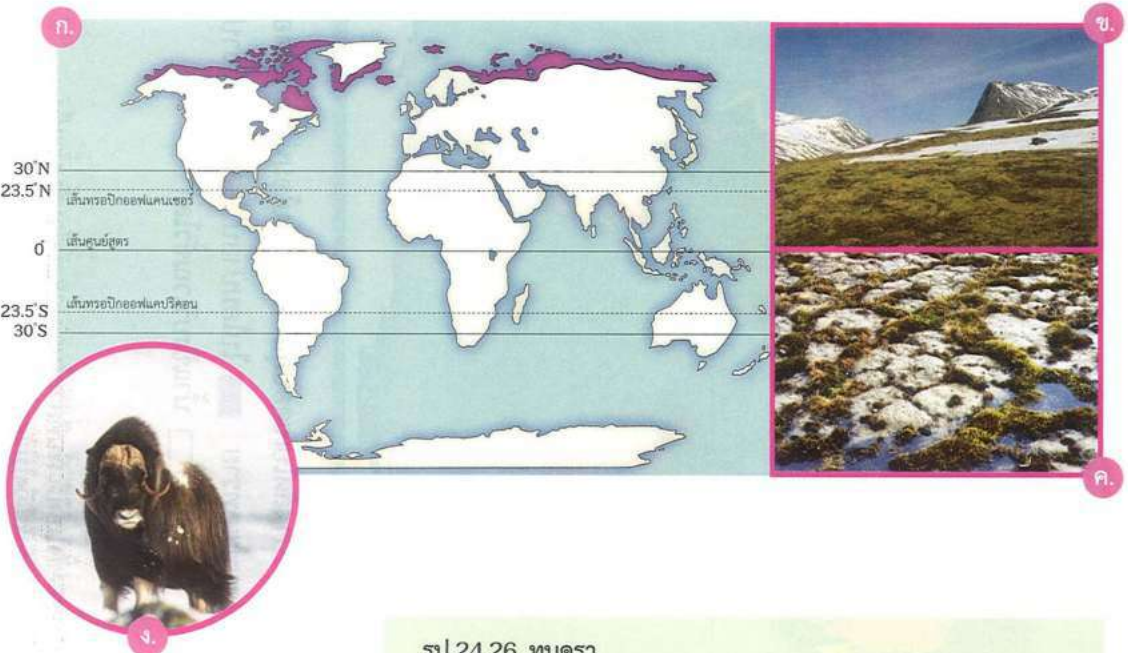
ไบโอมก็เช่นเดียวกับระบบนิเวศที่มีทั้งไบโอมบนบกและไบโอมแหล่งน้ำ ไบโอมบนบกจะใช้ปริมาณหยาดน้ำฟ้าและอุณหภูมิเป็นเกณฑ์หลักในการจำแนก ร่วมกับสังคมพืชเด่น (dominant vegetation) ที่พบ แต่สังคมพืชในแหล่งน้ำมีไม่หลากหลายมากนัก จึงไม่นิยมใช้สังคมพืชเด่นในการจำแนก ไบโอมแหล่งน้ำ แต่มักจะจำแนกเป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำแบบต่างๆ โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพ เช่น ค่าความเค็ม ความลึกของแหล่งน้ำ

ไบโอมบนบกมีหลากหลายชนิด เช่น ทุนดรา ป่าสน พุ่มหญ้าเขตอบอุ่น ซาฟาร์ริล ป่าผลัดใบ เขตอบอุ่น ทะเลทราย สะวันนา และป่าเขตร้อน ดังรูป 24.25 ไบโอมเหล่านี้พบที่ส่วนใดของโลก และมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร



รูป 24.25 แผนที่ไบโอมบนบก
(บริเวณทวีปแอนตาร์กติกาซึ่งเป็นที่ตั้งของขั้วโลกใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยชั้นน้ำแข็ง พบลิงมีชีวิตน้อยและไม่มีพืช จึงไม่จัดเป็นไบโอม)

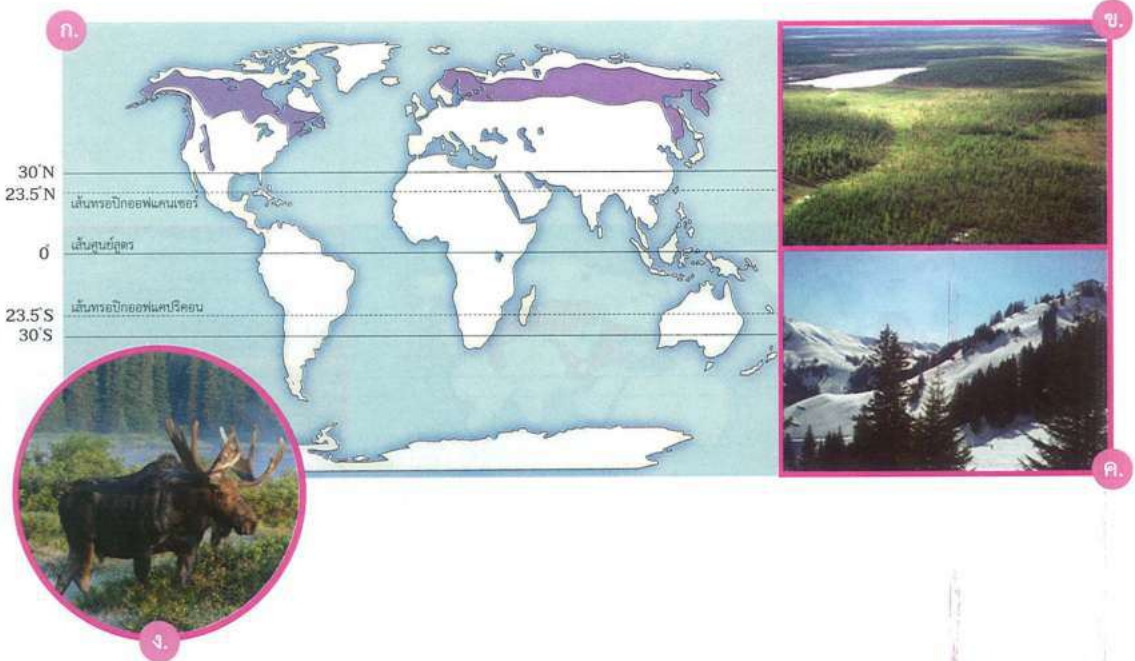
ทุนดรา (tundra) พบได้ในบริเวณอาร์กติก (รูป 24.26) ปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 20-60 เซนติเมตร ฤดูหนาวค่อนข้างยาวนาน อุณหภูมิเฉลี่ยอาจต่ำถึง -30 องศาเซลเซียส ฤดูร้อนเป็นช่วงสั้น ๆ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส พบพืชขึ้นอยู่น้อยสปีชีส์ เนื่องจากชั้นของดินที่อยู่ต่ำกว่าผิวดินชั้นบนลงไปจะจับตัวเป็นน้ำแข็งอย่างถาวร เรียกว่า **ชั้นดินเยือกแข็งคงตัว (permafrost)** พืชที่พบมักเป็นพวกมอส หญ้า และพืชล้มลุกขนาดเล็ก รวมถึงไลเคน สัตว์ที่พบอาศัยบริเวณนี้ เช่น วัวมัสก์ (musk ox) ซึ่งเป็นสัตว์พวกแทะเล็มหญ้า ในขณะที่สัตว์อื่น ๆ รวมถึงนกหลายชนิดจะอพยพมายังบริเวณนี้ในช่วงฤดูร้อน



รูป 24.26 ทุนดรา

- ก. แผนที่ไบโอมทุนดรา
- ข. ทุนดราบริเวณแถบขั้วโลกเหนือ ราชอาณาจักรนอร์เวย์
- ค. ทุนดราบริเวณแถบขั้วโลกเหนือ สหพันธรัฐรัสเซีย
- ง. วัวมัสก์ ราชอาณาจักรนอร์เวย์

ป่าสน (coniferous forest) หรือไทกา (taiga) หรือป่าบอเรล (boreal forest) พบได้ในบริเวณใต้ทุนดราลงมาจากตอนเหนือของทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรป และทวีปเอเชีย (รูป 24.27) ปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 30-70 เซนติเมตร โดยมีช่วงที่แห้งแล้งเป็นระยะ ๆ ในฤดูหนาวจะหนาวมากและค่อนข้างยาวนาน และจะอุ่นขึ้นในฤดูร้อน ป่าสนมีพืชพวกสน เช่น ไพน์ (pine) สปรูซ (spruce) เฮมล็อก (hemlock) เฟอ์ (fir) เป็นพืชเด่น พืชพวกนี้มีใบเป็นรูปเข็มและมีทรงพุ่มเป็นรูปกรวยเพื่อช่วยลดการสะสมของหิมะ สัตว์ในไบโอมนี้หลายชนิดมักจะมีการอพยพไปมาระหว่างไบโอมป่าสนกับไบโอมทุนดรา



รูป 24.27 ป่าสน

ก. แผนที่ไบโอมป่าสน

ค. ป่าสน ราชอาณาจักรนอร์เวย์

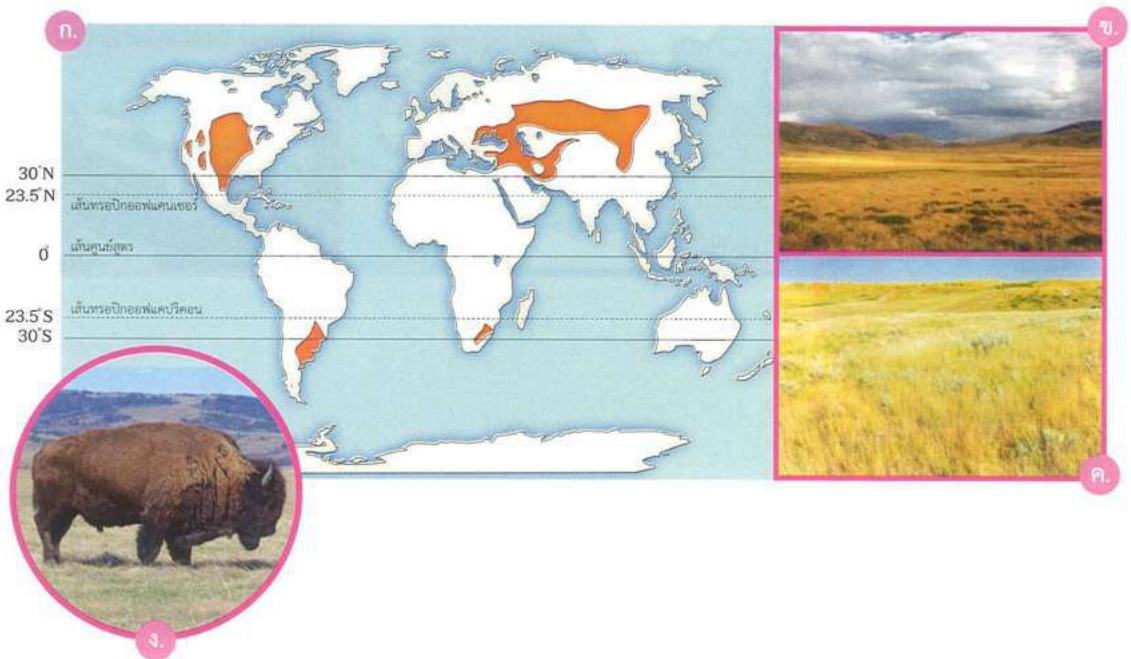
ข. ป่าสน สหพันธรัฐรัสเซีย

ง. กวางมูส สหรัฐอเมริกา



ipst.me/10826

ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (temperate grassland) พบได้หลายแห่งในบริเวณเขตภูมิอากาศแบบเขตอบอุ่น (รูป 24.28) ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นที่พบในทวีปต่างๆ จะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ทุ่งหญ้าแพรรี (prairie) ในตอนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ ทุ่งหญ้าสเตป (steppe) ในสหพันธรัฐรัสเซีย ทุ่งหญ้าแพมปัส (pampas) ในสาธารณรัฐอาร์เจนตินา เป็นต้น ปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 30-100 เซนติเมตร ฤดูหนาวมักจะแห้งแล้ง มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส พืชเด่นเป็นหญ้าและพืชล้มลุกขนาดเล็กที่มีความสูงได้ตั้งแต่ 2-3 เซนติเมตร ไปจนถึง 2 เมตร สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมหลายชนิดเป็นพวกแทะเล็มหญ้า เช่น วัวไบซัน (bison) และม้าป่า และที่พบมากอีกพวกหนึ่งคือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่ขุดรูหรือโพรงอยู่ในดิน เช่น แพรร์ด็อก (prairie dog) ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นหลายแห่งถูกเปลี่ยนเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์หรือเป็นพื้นที่เพาะปลูก



รูป 24.28 ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น

ก. แผนที่ไบโอมทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น

ข. ทุ่งหญ้าสเตป สหพันธรัฐรัสเซีย

ค. ทุ่งหญ้าแพรรี สหรัฐอเมริกา

ข. ทุ่งหญ้าสเตป สหพันธรัฐรัสเซีย

ง. วัวไบซัน สหรัฐอเมริกา

ชาปาร์รัล (chaparral) พบได้ตามชายฝั่งทะเลของทวีปในบริเวณละติจูดกลาง (midlatitude) ซึ่งอยู่ประมาณละติจูด 30-60 องศาเหนือ และละติจูด 30-60 องศาใต้ (รูป 24.29) โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามทวีปที่ไบโอมนี้ตั้งอยู่ เช่น ชาปาร์รัลในทวีปอเมริกาเหนือ มาควิส (maquis) ในสาธารณรัฐฝรั่งเศส มาทอร์รัล (matorral) ในราชอาณาจักรสเปนและสาธารณรัฐชิลี มีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 30-50 เซนติเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 10-20 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส และอาจมีอุณหภูมิสูงสุดในตอนกลางวันสูงกว่า 40 องศาเซลเซียสได้ พบพืชพวกไม้พุ่มและไม้ต้นขนาดเล็กเป็นพืชเด่น นอกจากนี้ยังพบหญ้าและไม้ล้มลุกขนาดเล็กหลายชนิด สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่พบในไบโอมนี้เป็นพวกสัตว์กินพืช เช่น กวาง แพะ หรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถพบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก นก สัตว์เลื้อยคลาน และแมลงได้หลายชนิด



รูป 24.29 ชาปาร์รัล

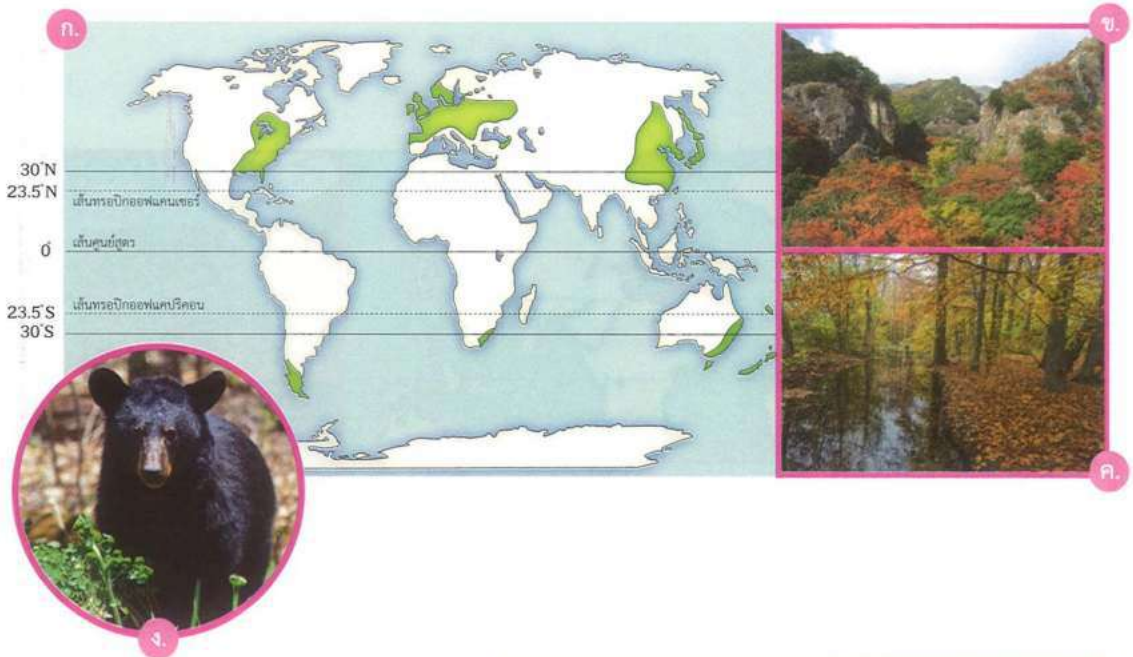
ก. แผนที่ไบโอมชาปาร์รัล

ข. ชาปาร์รัล สหรัฐอเมริกา

ค. มาควิส สาธารณรัฐฝรั่งเศส

ง. นกฮัมมิงเบิร์ดแอนนา สหรัฐอเมริกา

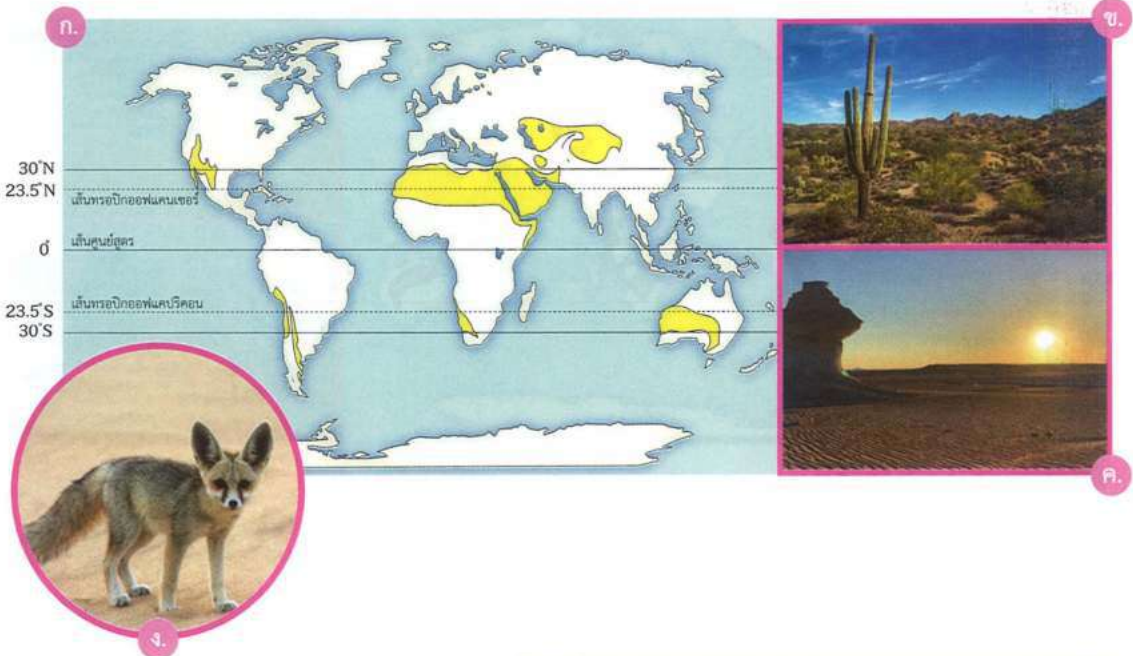
ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น (temperate deciduous forest) ส่วนมากพบได้เป็นบริเวณกว้างในบริเวณเขตภูมิอากาศแบบเขตอบอุ่นของซีกโลกเหนือและยังพบเป็นบริเวณเล็ก ๆ ในซีกโลกใต้ที่ซิสีแอฟริกาใต้ ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ (รูป 24.30) ปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 70-200 เซนติเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวประมาณ 0 องศาเซลเซียส ฤดูร้อนอาจมีอุณหภูมิสูงที่สุดถึง 35 องศาเซลเซียส สังคมพืชเป็นพวกไม้ต้นที่มีใบกว้างและผลัดใบก่อนถึงฤดูหนาว ในฤดูหนาวสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายชนิดจำศีล ในขณะที่นกมีการอพยพไปยังบริเวณอื่นที่อบอุ่นกว่า



รูป 24.30 ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น

- ก. แผนที่ไบโอมป่าผลัดใบเขตอบอุ่น
- ข. ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น ญี่ปุ่น
- ค. ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น ราชอาณาจักรสวีเดน
- ง. หมีดำ สหรัฐอเมริกา

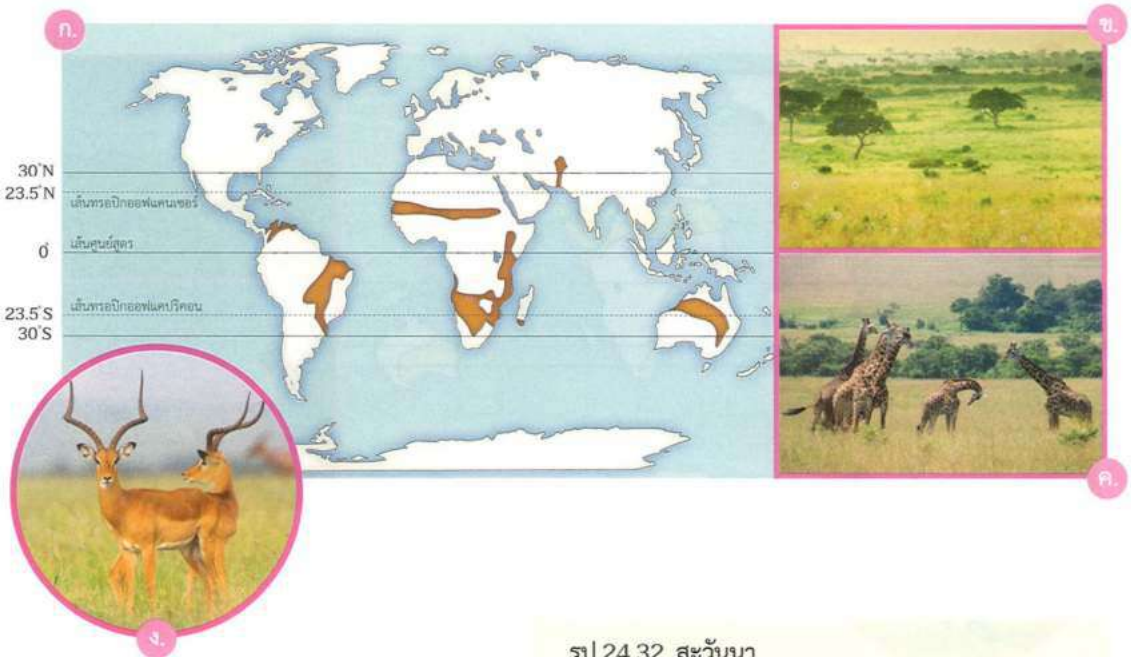
ทะเลทราย (desert) สามารถพบได้ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว โดยส่วนใหญ่กระจายอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 30 องศาเหนือและใต้ (รูป 24.31) ปริมาณหยาดน้ำฟ้ามักจะทำกว่า 30 เซนติเมตรต่อปี อุณหภูมิแปรผันแตกต่างกันมากในแต่ละฤดูกาลและระหว่างกลางวันกับกลางคืน โดยอาจสูงถึง 50 องศาเซลเซียสและต่ำกว่า -30 องศาเซลเซียสได้ พืชที่พบมากเป็นพวกพืชอวบน้ำ เช่น กระบองเพชร ไม้พุ่มที่มีรากหยั่งลึกลงในดิน และพืชล้มลุกที่เจริญเติบโตเฉพาะในช่วงฤดูที่มีความชื้นสูง สัตว์หลายชนิดสามารถอาศัยอยู่ในทะเลทรายได้โดยมีการปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ร้อนและแห้งแล้ง เช่น จิ้งจอกเฟนเนก (fennec fox) หนูแก๊งการู งู แมงป่อง



รูป 24.31 ทะเลทราย

- ก. แผนที่ไบโอมทะเลทราย
- ข. ทะเลทราย สหรัฐอเมริกา
- ค. ทะเลทราย สาธารณรัฐอาหรับอียิปต์
- ง. จิ้งจอกเฟนเนก สาธารณรัฐอาหรับอียิปต์

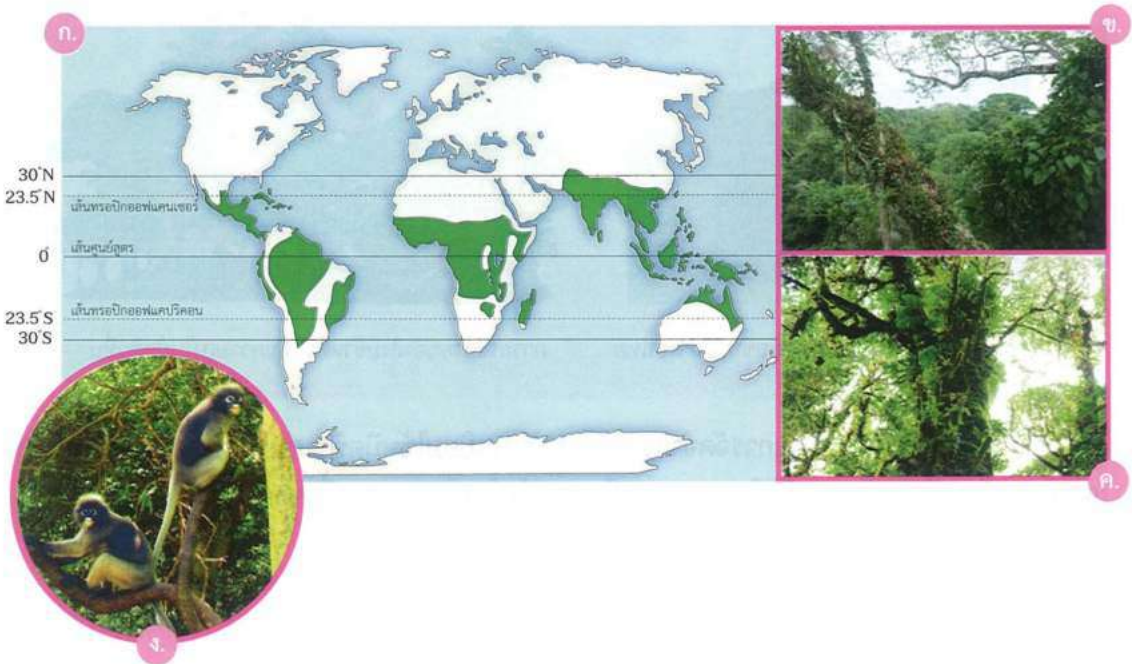
สะวันนา (savanna) เป็นทุ่งหญ้าในเขตร้อน พบกระจายอยู่ในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร (รูป 24.32) ในฤดูฝนมีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยประมาณ 30-50 เซนติเมตร ฤดูแล้งอาจยาวนานถึง 8-9 เดือน และมักเกิดไฟป่าในช่วงฤดูแล้ง อุณหภูมิเฉลี่ย 24-29 องศาเซลเซียส แต่มีการแปรผันตามฤดูกาลสูงกว่าในป่าเขตร้อน หญ้าเป็นกลุ่มพืชเด่นที่พบได้ในสะวันนา โดยมีไม้ต้นขึ้นกระจัดกระจายร่วมอยู่ด้วย ในไบโอมนี้พบสัตว์กินพืชขนาดใหญ่จำนวนมาก เป็นไบโอมที่มีความหลากหลายของสัตว์กีบมากกว่าไบโอมอื่นๆ เช่น ม้าลาย ยีราฟ กวาง



รูป 24.32 สะวันนา

- ก. แผนที่ไบโอมสะวันนา
- ข. สะวันนา ทวีปแอฟริกา
- ค. ยีราฟ สาธารณรัฐเคนยา
- ง. กวางอิมพาลา สาธารณรัฐเคนยา

ป่าเขตร้อน (tropical forest) พบกระจายอยู่ในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร ป่าเขตร้อนมีหลายประเภท เช่น ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ในป่าดิบชื้น (tropical rain forest) มีปริมาณหยาดน้ำฟ้าค่อนข้างสูงและคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 200-400 เซนติเมตร ในขณะที่ป่าดิบแล้ง (tropical dry forest) ปริมาณหยาดน้ำฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดูกาลและมีฤดูแล้งยาว 6-7 เดือน อย่างไรก็ตามในป่าเขตร้อนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูง ประมาณ 25-29 องศาเซลเซียส ในป่าดิบชื้นพืชเด่นเป็นไม้ต้นใบกว้างที่ไม่ผลัดใบ ในขณะที่ต้นไม้ส่วนใหญ่ในป่าเต็งรังจะผลัดใบในฤดูแล้ง ในป่าเขตร้อนยังพบพืชของอากาศ เช่น กัลวไม้ ทั้งนี้ป่าเขตร้อนมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูงที่สุดไปโอบมบนบกทั้งหมด ซึ่งประเทศไทยอยู่ในโอบมป่าเขตร้อน (รูป 24.33)



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** เพราะเหตุใดในบริเวณเส้นละติจูดเดียวกันและอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกันจึงอาจมีโอบมที่หลากหลาย

รูป 24.33 ป่าเขตร้อน

- ก. แผนที่โอบมป่าเขตร้อน
 ข. ป่าเขตร้อน สาธารณรัฐเอควาดอร์
 ค. ป่าเขตร้อน ประเทศไทย
 ง. ค่างแว่น ประเทศไทย

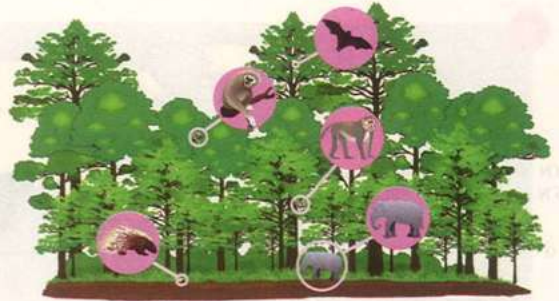


รู้หรือไม่

ในไบโอมป่าเขตร้อนมีระบบนิเวศป่าดิบชื้นซึ่งมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง เนื่องจากมี อุณหภูมิ ความชื้น และแสงเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของพืชหลายชนิด ทำให้เกิดสายใยอาหารที่ซับซ้อน นอกจากนี้สังคมพืชในป่าดิบชื้นมีการแข่งขันกันเพื่อรับแสง ทำให้สามารถแบ่งโครงสร้างของป่าตามแนวตั้งได้เป็นหลายชั้น และเกิดบริเวณสำหรับพืชและสัตว์ที่มีกิจกรรมในการดำรงชีวิตแตกต่างกันในแต่ละระดับชั้น ทำให้พื้นที่บริเวณหนึ่งๆ สามารถรองรับสิ่งมีชีวิตได้หลากหลาย และเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ป่าดิบชื้นเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง



ความหลากหลายของพืชในป่าดิบชื้น ประเทศไทย



การกระจายของสิ่งมีชีวิตตามชั้นความสูงในป่าดิบชื้น

ดังที่กล่าวไว้แล้วว่าในการจัดจำแนกไบโอมบนบกนิยมใช้ชนิดพืชเด่นที่พบในไบโอมนั้นๆ เป็นเกณฑ์ร่วมด้วย ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษารายละเอียดของไบโอมบนบกมากขึ้นจากกิจกรรม 24.2



กิจกรรม 24.2 ระบุชนิดของไบโอมบนบก

จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูลและอธิบายองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพของไบโอมบนบกชนิดต่างๆ

วิธีการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 จากข้อมูลสถานที่ที่กำหนดให้ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อระบุชนิดไบโอมและตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่น่าจะพบลงในตาราง

ที่	ข้อมูลสถานที่	ไบโอม	สิ่งมีชีวิต
1.	- มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากในแต่ละฤดูและในระหว่างกลางวันและกลางคืน มีปริมาณน้ำฝนต่ำ - พืชส่วนมากมีขนาดเล็ก มีจำนวนน้อย ขึ้นกระจัดกระจายและมีการปรับตัวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ		
2.	- อุณหภูมิค่อนข้างสูงตลอดปี ฤดูแล้งยาวนาน - พืชกลุ่มเด่นคือหญ้า และมีต้นไม้ขึ้นกระจัดกระจายแทรกอยู่		
3.	- อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25-29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและความชื้นไม่เปลี่ยนแปลงมากตลอดปี - มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง - พืชขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น สามารถแบ่งชั้นตามระดับความสูงของพืชได้หลายชั้น		
4.	- ฤดูหนาวอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส - พืชกลุ่มเด่นคือหญ้า		
5.	- ฤดูหนาวอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 0 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนอากาศร้อนและชื้นโดยอุณหภูมิอาจสูงถึง 35 องศาเซลเซียส - สังคมพืชเป็นพืชที่มีใบกว้างและผลัดใบ		
6.	- มีอากาศหนาวเย็น มีฤดูหนาวยาวนานอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส - พืชมีใบเป็นรูปเข็ม พืชส่วนใหญ่ไม่ผลัดใบ		
7.	- มีช่วงฤดูหนาวยาวนาน มีฤดูร้อนช่วงสั้น ๆ ประมาณ 2 เดือน - ไม่มีต้นไม้ขนาดใหญ่ - น้ำได้ผิวดินจับตัวแข็งอยู่ตลอดเวลา		
8.	- ฤดูหนาวฝนตกชุกและฤดูร้อนค่อนข้างแห้งแล้ง - พืชกลุ่มเด่นเป็นไม้พุ่มและไม้ต้นขนาดเล็ก - พบได้ตามบริเวณชายฝั่งทะเล		

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างลักษณะหรือรูปแบบการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนสืบค้นมาจากตอนที่ 1 ว่ามีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางกายภาพของไบโอมที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่อย่างไร

เมื่อกล่าวถึงไบโอมนอกจากจะหมายถึงบริเวณทางเขตภูมิศาสตร์ที่มีลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศแบบเดียวกัน มีสังคมพืชและสัตว์ที่มีลักษณะคล้ายกันแล้ว ในแต่ละไบโอมสามารถพบระบบนิเวศที่มีลักษณะคล้ายไบโอมอื่นๆ ได้ เช่น

- เทือกเขาแอลป์ในสมาพันธรัฐสวิส เทือกเขาแอนดิสในทวีปอเมริกาใต้ และเทือกเขาหิมาลัยในทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความสูงมาก มีลมแรงและอุณหภูมิต่ำ พบสังคมพืชที่มีลักษณะเหมือนไบโอมทุนดรา เรียกบริเวณที่มีลักษณะนี้ว่า ทุนดราแบบแอลป์ (alpine tundra) และบริเวณอื่นของเทือกเขาที่มีอุณหภูมิและปริมาณหยาดน้ำฟ้าใกล้เคียงกับไบโอมป่าสนยังสามารถพบสังคมพืชที่มีลักษณะเหมือนไบโอมป่าสนได้
- ประเทศไทยอยู่ในไบโอมป่าเขตร้อน แต่สามารถพบระบบนิเวศที่มีลักษณะคล้ายไบโอมอื่นๆ ได้ เช่น ระบบนิเวศที่มีลักษณะแบบสะวันนา ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณนั้นค่อนข้างแห้งแล้ง ได้รับความฝนน้อย ดินขาดธาตุอาหาร และเกิดไฟป่าบ่อย ส่งผลให้พืชพวกหญ้าที่มีวัฏจักรชีวิตสั้นและแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วกลายเป็นพืชกลุ่มเด่นในสังคมพืชบริเวณดังกล่าว นอกจากทุ่งหญ้าสะวันนาแล้ว ในประเทศไทยยังอาจพบระบบนิเวศซึ่งมีลักษณะคล้ายไบโอมอื่นๆ ได้อีก เช่น ป่าสน ป่าผลัดใบ ตัวอย่างระบบนิเวศในประเทศไทยที่มีลักษณะคล้ายไบโอมอื่นๆ ดังรูป 24.34



ก.



ข.

รูป 24.34 ระบบนิเวศในประเทศไทยที่มีลักษณะคล้ายไบโอมอื่นๆ

ก. ทุ่งหญ้าสะวันนา อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดเพชรบูรณ์

ข. ป่าสน อุทยานแห่งชาติภูสอยดาว จังหวัดอุดรธานีและจังหวัดพิษณุโลก



กิจกรรม 24.3 ท่องเที่ยวเชิงนิเวศ

จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่าง ๆ

วิธีการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและเลือกไบโอมที่นักเรียนสนใจ จากนั้นเลือกสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีชื่อเสียงในไบโอมนั้นเพื่อจัดทำแผนการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
2. สืบค้นข้อมูลเพื่อระบุลักษณะขององค์ประกอบทางกายภาพและสิ่งมีชีวิตที่สามารถพบได้จากสถานที่ท่องเที่ยวที่เลือก และระบุว่าสถานที่นั้นตั้งอยู่ในระบบนิเวศแบบใด บริเวณไบโอมใด
3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เพื่อจัดทำกำหนดการการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ พร้อมระบุค่าใช้จ่าย ช่วงเวลา จำนวนวัน ข้อเสนอแนะในการแต่งกายและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับไปสถานที่ท่องเที่ยวนั้น และประโยชน์ที่จะได้รับจากการเลือกไปท่องเที่ยวตามแผนการที่ได้จัดทำขึ้น
4. จัดทำแผนพับหรือสื่ออื่น ๆ เพื่อประชาสัมพันธ์แพ็คเกจทัวร์พร้อมนำเสนอ และให้นักเรียนในห้องร่วมกันเลือกทัวร์ที่คิดว่าน่าสนใจที่สุด



ความรู้เพิ่มเติม

อุทยานแห่งชาติเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญด้านการอนุรักษ์ ดังนั้นกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชจึงมีการศึกษาขีดความสามารถรองรับด้านนันทนาการ ซึ่งหมายถึงความสามารถของพื้นที่ที่จะรองรับการใช้ประโยชน์ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและประสบการณ์ที่นักท่องเที่ยวจะได้รับในการประกอบกิจกรรมนันทนาการ โดยการศึกษาจะอาศัยการประเมินในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งรวมถึงขีดความสามารถในการรองรับได้ด้านนิเวศวิทยาด้วย เนื่องจากนักท่องเที่ยวได้สร้างผลกระทบกับระบบนิเวศทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การให้อาหาร สัตว์ การเหยียบและสัมผัสปะการัง รวมถึงเสียงรบกวนและขยะที่เกิดจากการท่องเที่ยว ซึ่งรบกวนระบบนิเวศและทำให้พฤติกรรมของสัตว์เปลี่ยนไป ผลจากการศึกษาจะใช้กำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวสูงสุดที่จะไม่ทำให้แหล่งท่องเที่ยวนั้นเสื่อมโทรม เช่น อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะสิมิลัน มีการกำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวในกิจกรรมการท่องเที่ยวประเภทไป-กลับไม่เกิน 3,325 คนต่อวัน และบริเวณสำหรับทำกิจกรรมดำน้ำลึกมีการกำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวไว้ไม่เกิน 525 คนต่อวัน

ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้อย่างมีเสถียรภาพเมื่อโครงสร้างและกระบวนการต่าง ๆ ในระบบมีความสมดุล แต่ในธรรมชาติมักพบว่าระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยอาจเกิดการรบกวนจากเหตุการณ์ตามธรรมชาติรวมถึงจากกิจกรรมของมนุษย์ หากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลให้ระบบเสียสมดุลไปจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้น ๆ จนถึงกับทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรรวมถึงชนิดของสิ่งมีชีวิตอีกด้วย

24.3 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ



ipst.me/8685

ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา มีสาเหตุได้ทั้งจากธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ไฟป่า การอพยพของสัตว์ เป็นต้น และจากการกระทำของมนุษย์ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเหมืองแร่ ประมง เป็นต้น เนื่องจากการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในบริเวณหนึ่ง ๆ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยทางชีวภาพในบริเวณนั้น การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยในระบบนิเวศจึงอาจทำให้ขนาดประชากร และชนิดของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปด้วย การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในบริเวณใดบริเวณหนึ่งอย่างเป็นลำดับขั้นไปตามกาลเวลาจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา (ecological succession)



กิจกรรมเสนอแนะ : การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์

เพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในห้องปฏิบัติการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ฟางข้าว ประมาณ 1 กำมือ
2. บีกเกอร์ขนาด 500 mL
3. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ พร้อมขาตั้งและที่กั้นลม
4. แท่งแก้วคนสาร
5. ผ้าขาวบางและยางรัด
6. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
7. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
8. หลอดหยด

9. น้ำสะอาด 250 mL
10. น้ำจากคู บึง บ่อ หรือจากแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น 100 mL

วิธีการทำกิจกรรม

1. นำฟางข้าวมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ลงในบีกเกอร์ประมาณ 1 ใน 5 ส่วน และเติมน้ำสะอาดให้ท่วมฟางข้าว
2. นำบีกเกอร์ไปต้มบนชุดตะเกียงแอลกอฮอล์จนน้ำเดือดประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นใช้หลอดหยดดูดน้ำจากบีกเกอร์หยดบนสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำมาส่องดูสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกรูปผล ปิดบีกเกอร์ด้วยผ้าขาวบางและรัดด้วยยางรัด ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน
3. เติมน้ำจากคู บึง บ่อ หรือจากแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น ปริมาตร 20 mL ลงในบีกเกอร์น้ำต้มจากข้อ 2. แล้วปิดด้วยผ้าขาวบางและรัดด้วยยางรัด
4. นำน้ำจากบีกเกอร์ในข้อ 3. มาส่องดูสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทุกวันประมาณ 10 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้น บันทึกผลเกี่ยวกับลักษณะและจำนวนของสิ่งมีชีวิตในแต่ละวัน

ข้อเสนอแนะ

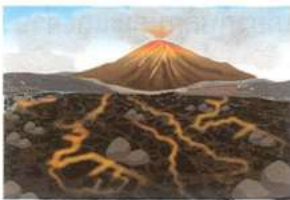
ในการศึกษาสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจเคลื่อนที่เร็วจนยากต่อการสังเกตลักษณะ ดังนั้นอาจหยดสารละลายเมทิลเซลลูโลส (methyl cellulose) ความเข้มข้น 0.1% 1 หยด ลงบนสไลด์ ก่อนหยดสารละลายตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เพื่อให้สิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ช้าลง

คำถามท้ายกิจกรรม

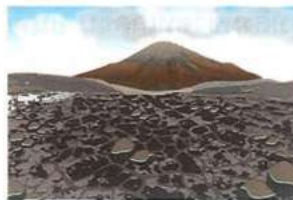
- ❓ กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ หรือไม่ อย่างไร
- ❓ เพราะเหตุใดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นในการทดลองนี้

จากกิจกรรมจะเห็นว่าชนิดและจำนวนสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยาที่สามารถศึกษาได้ในห้องปฏิบัติการในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมธรรมชาตินั้นมักจะใช้ระยะเวลานาน โดยเมื่อระบบนิเวศถูกรบกวนจนเสียสมดุลก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตใหม่ขึ้นมา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในสภาพแวดล้อมธรรมชาตินี้มี 2 แบบ คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ และการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

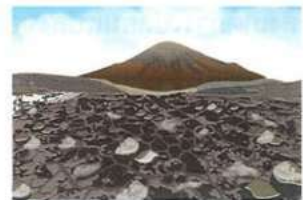
1. การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ (primary succession) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตบนพื้นที่ที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มาก่อน เช่น ภูเขาที่เกิดจากภูเขาไฟ บริเวณพื้นที่ที่เคยถูกทับถมโดยธารน้ำแข็ง บริเวณที่ถูกลาวาทับถมจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด สิ่งมีชีวิตพวกแรกที่เข้ามาอาศัยจะเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมตอนเริ่มต้นได้ เช่น โคลเคนและมอส สิ่งมีชีวิตพวกแรกที่เข้ามานี้จะค่อย ๆ ทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเวลาผ่านไปสิ่งมีชีวิตพวกนี้ตายไปก็จะทับถมจนเกิดเป็นดินชั้นบาง ๆ และมีความชื้นในบริเวณนั้นมากขึ้น รวมทั้งทำให้ปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย จนเริ่มมีสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่ 2 จำพวกหญ้าและพืชล้มลุกขนาดเล็กเกิดขึ้นมาแทนที่ เมื่อสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้ตายก็จะทับถมกลายเป็นดินที่หนาขึ้น ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดินมากขึ้น จึงพบพืชกลุ่มอื่น ๆ เข้ามาแทนที่เรื่อย ๆ เช่น ไม้พุ่มและไม้ต้นขนาดต่าง ๆ ตามลำดับ จนในที่สุดกลายเป็นสังคมสมบูรณ์ (climax community) ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายอาศัยอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศ มีทั้งพืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตอื่น โดยชนิดของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะไม่มี การเปลี่ยนแปลงอีก การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบนี้จะใช้เวลานานจึงจะเกิดเป็นสังคมสมบูรณ์ ดังรูป 24.35



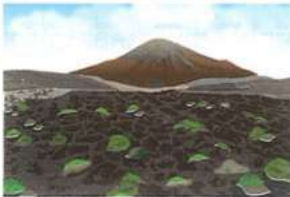
1. ภูเขาไฟระเบิด



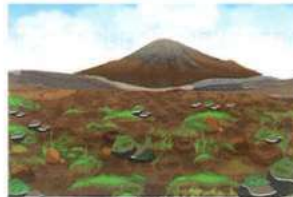
2. พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยลาวา



3. โคลเคนเจริญบนก้อนหิน



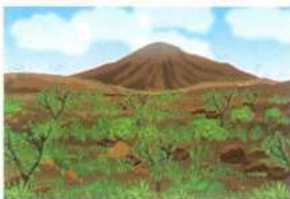
4. มอสเจริญบนก้อนหินที่มีความชื้น



5. หญ้าเจริญขึ้นในบริเวณที่มีความชื้น



6. หญ้าเจริญเต็มบริเวณ



7. ไม้พุ่มเจริญบนพื้นที่เริ่มหนาขึ้น



8. ไม้พุ่มเจริญร่วมกับไม้ต้น



9. สังคมสมบูรณ์

รูป 24.35 ลำดับขั้นของการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิของพื้นที่ที่เกิดภูเขาไฟระเบิด

ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นจะมีสัตว์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมช่วงนั้นเข้ามาอาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว โดยในระยะแรกของการเปลี่ยนแปลงแทนที่มักจะเป็นสัตว์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างแห้งแล้ง เช่น แมลง ต่อมาเมื่อมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นจะมีสัตว์ชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นตามมา เช่น หอยทาก สัตว์เลื้อยคลาน นก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก รวมทั้งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่

2. การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ (secondary succession) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นบนพื้นที่เดิมซึ่งเคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ก่อนแต่ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไปทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์ แต่ยังคงมีสิ่งมีชีวิตบางชนิดและสารอินทรีย์ที่สิ่งมีชีวิตต้องการเหลืออยู่ เช่น ป่าที่ถูกแผ้วถาง เผา หรือถูกทำลายโดยภัยธรรมชาติ เป็นต้น พื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่เมื่อสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อนถูกนำออกหรือทำลายไป ชั้นดินจะยังคงเหลืออยู่ ซึ่งยังมีสารอินทรีย์ สิ่งมีชีวิต หรือเมล็ดพันธุ์ของพืชหลายชนิดสะสมอยู่ในชั้นดิน เมื่อเวลาผ่านไปและปล่อยให้พื้นที่เหล่านี้ฟื้นตัวโดยไม่มี การรบกวน จะเริ่มพบกล้าไม้หลายชนิด ซึ่งอาจจะมาจากเมล็ดพันธุ์ที่หลงเหลืออยู่ในดินหรือมาจากการแพร่กระจายโดยลมหรือโดยสัตว์จากพื้นที่ข้างเคียง จากนั้นกลุ่มสิ่งมีชีวิตจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา มีไม้ต้นขนาดใหญ่เกิดขึ้น จนเป็นสังคมสมบูรณ์ในที่สุด ดังรูป 24.36 โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิจะใช้เวลาน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ เนื่องจากในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นมีดินและสารอินทรีย์พร้อมที่จะให้พืชเจริญเติบโตได้



1. ป่า



2. ป่าถูกแผ้วถาง



3. พื้นที่การเกษตร



4. พื้นที่การเกษตรถูกทิ้งร้าง



5. ไม้พุ่มเจริญร่วมกับไม้ต้น



6. สังคมสมบูรณ์

รูป 24.36 ลำดับขั้นของการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิในพื้นที่ที่เคยเป็นป่าแล้วถูกทำลาย

? ระหว่างเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ พืชและสัตว์ชนิดต่าง ๆ ปรากฏขึ้นในบริเวณนั้นได้อย่างไร

? ในบริเวณที่เคยเกิดไฟป่าจะมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิอย่างไร

สังคมสมบูรณ์ในแต่ละพื้นที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น ป่าเขตร้อน ทุ่งหญ้า โดยจะรักษาสภาพเช่นนี้ไว้เป็นเวลายาวนานจนกว่าจะเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้พื้นที่นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงได้มาก เช่น พายุรุนแรง แผ่นดินไหว น้ำท่วม ไฟป่า และการถางป่า หลังจากนั้นถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มีการรบกวนธรรมชาติหรือเกิดการทำลายซ้ำก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิได้อีก

? การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในบริเวณที่ถูกทิ้งร้างหลังจากการทำให้เสื่อมลงและในบริเวณที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

? ยกตัวอย่างสถานการณ์ในบริเวณต่าง ๆ ของโลกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและแบบทุติยภูมิ

แม้ระบบนิเวศจะเป็นสังคมสมบูรณ์แล้ว แต่ก็อาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของขนาดประชากรสิ่งมีชีวิต

24.4 ประชากร

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดล้วนต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การพบสิ่งมีชีวิตบางชนิดในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งจึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกได้ว่าสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้นมีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตชนิดดังกล่าว สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการกระจายพันธุ์ (species distribution) อยู่ในบริเวณต่าง ๆ ของโลกแตกต่างกัน เช่น พืชพวกสน จะพบเฉพาะในบริเวณที่มีภูมิอากาศเย็น การกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง

ในแต่ละพื้นที่ที่มีสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาศัยอยู่ร่วมกันในจำนวนที่แตกต่างกันนี้เนื่องจากมี**ปัจจัยจำกัด** (limiting factor) บางประการที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ที่ไม่เหมือนกัน ทั้งปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ

- ปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ในพื้นที่แห้งแล้งแถบทะเลทรายที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูง จะพบพืชจำพวกกระบองเพชรที่สามารถขี้้นอยู่ได้ ความสูงจากระดับน้ำทะเลมีผลต่อการกระจายพันธุ์ของพืชบางชนิด เช่น ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 - 1,700 เมตร จะพบพืชจำพวกสนสามใบขึ้นกระจายค่อนข้างมาก และที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 1,000 เมตร จะพบพืชจำพวกสนสองใบขึ้นกระจายทั่วไป
- ปัจจัยทางชีวภาพ เช่น การมีผู้ผลิตเพียงไม่กี่ชนิด การมีสัตว์ที่เป็นผู้ล่าในพื้นที่นั้น ๆ มาก หรือการมีชนิดพันธุ์ต่างถิ่นทั้งพืชและสัตว์รุกรานเข้ามาในพื้นที่และกระจายพันธุ์ เช่น ผักตบชวาที่แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้ผักตบไทยซึ่งเป็นพืชดั้งเดิมในแหล่งน้ำนั้นลดจำนวนหรือสูญพันธุ์ไป

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพทางภูมิศาสตร์ที่เป็นภูเขา ทะเล หรือทะเลทราย ที่มีผลต่อการกระจายพันธุ์ของประชากรสิ่งมีชีวิตด้วย เพราะเป็นสิ่งที่กีดขวางทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้

? ยกตัวอย่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพนอกจากที่กล่าวมาแล้วที่มีผลต่อการกระจายพันธุ์ของประชากรสิ่งมีชีวิต

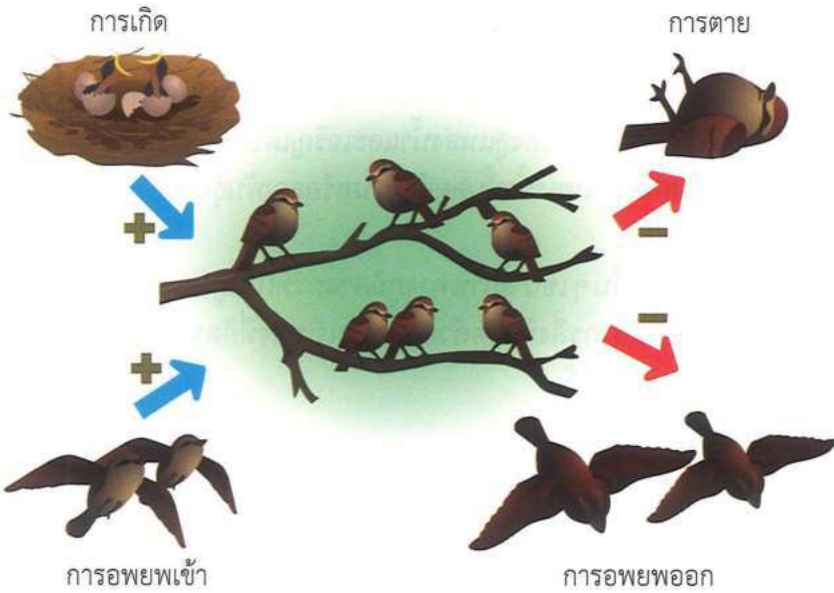
จะเห็นได้ว่าสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการดำรงชีวิตและการกระจายพันธุ์ของประชากรสิ่งมีชีวิต ในขณะเดียวกันการดำรงชีวิตของประชากรยังส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน การศึกษาเกี่ยวกับประชากรจึงมีความสำคัญต่อทั้งสิ่งมีชีวิตนั้นและสิ่งแวดล้อมที่ประชากรนั้นอาศัยอยู่

24.4.1 ลักษณะเฉพาะของประชากร

ประชากรจะมีลักษณะหลายประการที่จัดเป็นลักษณะเฉพาะ เช่น ขนาดของประชากร ความหนาแน่นของประชากร อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้า การอพยพออกของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร กราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร โครงสร้างอายุของประชากร และอัตราส่วนระหว่างเพศ เป็นต้น โดยลักษณะเฉพาะเหล่านี้มีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้ประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะเหล่านั้นแตกต่างกันไป

ขนาดของประชากร

จำนวนสมาชิกในประชากรของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ มักมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ การเกิด การตาย การอพยพเข้า และการอพยพออก จึงทำให้ขนาดของประชากร (population size) ไม่คงที่ ดังรูป 24.37



รูป 24.37 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร

การเกิด เป็นการเพิ่มจำนวนสมาชิกใหม่ในประชากรซึ่งเป็นผลมาจากการสืบพันธุ์ สามารถคำนวณอัตราการเกิด (natality rate หรือ birth rate) ได้จากจำนวนของสมาชิกที่เกิดในช่วงเวลาหนึ่งต่อสมาชิกจำนวนหนึ่ง เช่น ในประชากรมนุษย์นิยมคำนวณจากจำนวนทารกที่เกิดต่อจำนวนเพศหญิงในวัยเจริญพันธุ์ 1,000 คน

การตาย เป็นการลดจำนวนสมาชิกในประชากร สามารถคำนวณอัตราการตาย (mortality rate หรือ death rate) ได้จากจำนวนของสมาชิกที่ตายในช่วงเวลาหนึ่งต่อสมาชิกจำนวนหนึ่ง เช่น จำนวนของสิ่งมีชีวิตที่ตายต่อจำนวนสิ่งมีชีวิตนั้น 1,000 ตัว

การอพยพ (migration) เป็นการเคลื่อนย้ายของสิ่งมีชีวิตจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งทำให้ขนาดของประชากรเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ มี 2 ประเภท คือ **การอพยพเข้า (immigration)** เป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งมีชีวิตจากประชากรแหล่งอื่นเข้ามารวมกับประชากรที่มีอยู่เดิม ทำให้ขนาดของประชากร

ในบริเวณนั้นเพิ่มขึ้น ส่วนการอพยพออก (emigration) เป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งมีชีวิตจากประชากรในแหล่งเดิมออกไปสู่แหล่งใหม่ ทำให้ขนาดของประชากรในแหล่งเดิมลดลง สำหรับปัจจัยที่ก่อให้เกิดการอพยพของสิ่งมีชีวิตนั้นมีหลายปัจจัย เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร การหลีกหนีผู้ล่า ฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรม

ตัวอย่างการอพยพที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร เช่น การอพยพของปลาเยือก (*Probarbus jullieni*) ในลุ่มแม่น้ำโขง โดยมีระดับน้ำในแม่น้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการอพยพ จากการศึกษาพบว่า ช่วงที่ระดับน้ำในแม่น้ำโขงลดต่ำลงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคม ปลาเยือกจะมีการอพยพไปยังพื้นที่ต้นน้ำมากขึ้น ในขณะที่เมื่อเข้าฤดูฝนระดับน้ำในแม่น้ำโขงเริ่มสูงขึ้นระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน ปลาเยือกมีแนวโน้มอพยพไปยังพื้นที่ปลายน้ำมากขึ้น จุดประสงค์ของการอพยพไปสู่พื้นที่ต้นน้ำของปลาเยือกนั้นเพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ในพื้นที่ต้นน้ำ และอพยพกลับพื้นที่ปลายน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูผสมพันธุ์ จากการอพยพดังกล่าวทำให้ขนาดของประชากรปลาเยือกในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล

? ยกตัวอย่างประชากรของสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร และบอกสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้

ความหนาแน่นของประชากร

ความหนาแน่นของประชากร (population density) หมายถึง จำนวนสมาชิกในประชากรต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร ความหนาแน่นของประชากรอาจหาได้ 2 แบบ คือ

- ความหนาแน่นแบบหยาบ (crude density) เป็นจำนวนของสมาชิกในประชากรต่อพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด (total space)
- ความหนาแน่นเชิงนิเวศ (ecological density) เป็นจำนวนของสมาชิกในประชากรต่อหน่วยพื้นที่ที่ประชากรนั้นอาศัยอยู่จริง (habitat space)



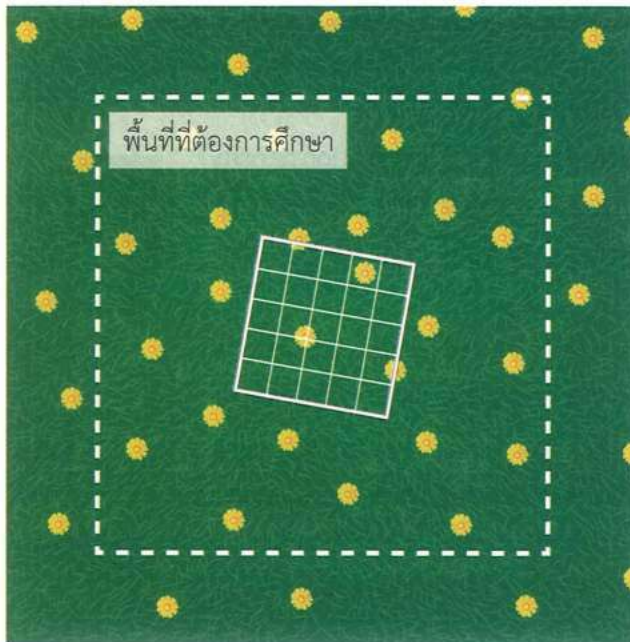
รู้หรือไม่

สิ่งมีชีวิตบางชนิด อาจหาจำนวนได้ยาก จึงอาจหาความหนาแน่นในหน่วยอื่น เช่น แพลงก์ตอน จะหาความหนาแน่นเป็นมวลชีวภาพต่อปริมาตร

? ในการศึกษาทุ่งนาแห่งหนึ่งที่มีพื้นที่ 20 ตารางกิโลเมตร พบนกยางชนิดหนึ่งจำนวน 150 ตัว นกยางเหล่านี้ทั้งหมดอาศัยและหากินอยู่เฉพาะบริเวณแหล่งน้ำซึ่งมีพื้นที่ 5 ตารางกิโลเมตร ให้หาความหนาแน่นแบบหยาบและความหนาแน่นเชิงนิเวศของประชากรนกยาง

การนับจำนวนสมาชิกทั้งหมดของประชากรในสภาพธรรมชาติเพื่อหาความหนาแน่นที่แท้จริงนั้นอาจทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากพื้นที่ที่ประชากรสิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่อาจใหญ่เกินไป รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอาจมีการเคลื่อนที่ในพื้นที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องใช้การประมาณค่าความหนาแน่นของประชากรซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง และวิธีการทำเครื่องหมายและจับซ้ำ โดยแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับประชากรของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันไป ซึ่งทั้ง 2 วิธีจะได้ขนาดของประชากรโดยประมาณ แล้วนำไปเทียบกับพื้นที่ที่ศึกษาเพื่อประมาณค่าความหนาแน่นต่อไป

การสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง (quadrat sampling method) เป็นวิธีการประมาณจำนวนของสมาชิกในประชากรที่ต้องการศึกษาจากการกำหนดพื้นที่สุ่มตัวอย่างแล้วนับจำนวนสมาชิกของประชากรในพื้นที่นั้น โดยอาจใช้ควอดเรทหรือกรอบนับประชากร (quadrat frame) มาวางสุ่มในบางบริเวณของพื้นที่ที่ต้องการศึกษาและนับจำนวนสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษาในกรอบนั้น ดังรูป 24.38 แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ยโดยเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดต่อไป วิธีนี้เหมาะกับสิ่งมีชีวิตที่มักอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ช้า เช่น พืช เพรียงหิน หอยทาก



รูป 24.38 การสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงโดยใช้กรอบนับประชากร



รู้หรือไม่

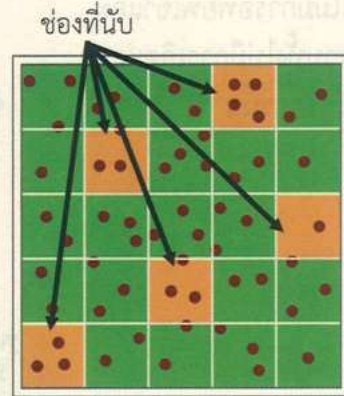
กรอบนับประชากรอาจมีหลายขนาด และอาจมีตารางช่องย่อยเพื่อความสะดวกในการนับสิ่งมีชีวิตในช่องย่อย ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษา แต่ในการใช้กรอบนับประชากรแต่ละประชากร หากต้องการนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันควรใช้กรอบนับประชากรที่มีขนาดเท่ากัน โดยมีวิธีการนับ ดังรูป



การนับจำนวนต้นของพืชที่ต้องการศึกษา โดยนับต้นพืชที่อยู่ภายในกรอบเกินครึ่งต้น ในกรณีที่วางกรอบนับประชากรติดกัน ถ้าต้นพืชอยู่ภายในกรอบครึ่งต้นพอดีให้นับต้นพืชในกรอบใดกรอบหนึ่งเท่านั้น

ในกรณีที่สิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษามีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก เช่น มอส ไลเคนที่ขึ้นอยู่ตามพื้นดิน การใช้กรอบนับประชากรแบบที่มีตารางช่องย่อยจะช่วยให้การนับง่ายขึ้น และอาจใช้โดยสุ่มนับเฉพาะบางช่องย่อย ดังรูป แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ย จากนั้นจึงคำนวณหาความหนาแน่นของประชากรของพื้นที่ทั้งหมดต่อไป

การนับสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษา โดยสุ่มนับเฉพาะบางช่องย่อย



การทำเครื่องหมายและจับซ้ำ (mark-recapture method) เป็นวิธีการประมาณจำนวนของสมาชิกในประชากรที่ต้องการศึกษา โดยการทำเครื่องหมายสัตว์ที่จับมาแล้วปล่อย เช่น การทำเครื่องหมายปลา ดังรูป 24.39 เมื่อจับสัตว์นั้นขึ้นมาใหม่จะได้ทั้งตัวที่มีเครื่องหมายและตัวที่ไม่มีเครื่องหมาย แล้วนำค่าที่ได้นี้มาคำนวณหาจำนวนของสมาชิกในประชากรและความหนาแน่นของประชากรโดยเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดต่อไป ซึ่งการหาจำนวนสมาชิกในประชากรโดยวิธีนี้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\frac{M_1}{P} = \frac{M_2}{T_2}$$

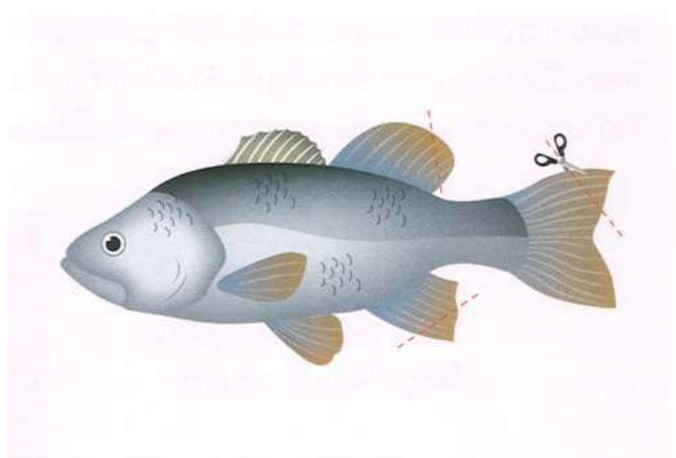
โดย M_1 คือ จำนวนสัตว์ที่จับได้ครั้งแรกและถูกทำเครื่องหมายก่อนปล่อย

M_2 คือ จำนวนสัตว์ที่จับได้ครั้งหลังที่มีเครื่องหมาย

P คือ จำนวนสัตว์ทั้งหมดในประชากร

T_2 คือ จำนวนสัตว์ทั้งหมดที่จับได้ครั้งหลัง ทั้งที่มีเครื่องหมายและไม่มีเครื่องหมาย

วิธีนี้เหมาะกับสิ่งมีชีวิตที่มีการเคลื่อนที่ โดยมีข้อสมมติว่าในระหว่างการศึกษา ประชากรสัตว์นั้นๆ จะต้องไม่มีการอพยพเข้าและอพยพออก รวมทั้งไม่มีการเกิดและการตายในประชากรนั้น



รูป 24.39 การทำเครื่องหมายปลา โดยเลือกตัดตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของครีบ



กิจกรรม 24.4 การหาความหนาแน่นของประชากรในภาคสนามด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงโดยใช้กรอบนับประชากร

จุดประสงค์

1. หาความหนาแน่นของประชากรด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงโดยใช้กรอบนับประชากร
2. วิเคราะห์ แปลผล และสรุปผลการศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์

1. กรอบนับประชากร ขนาด $50 \times 50 \text{ cm}^2$
2. เชือก
3. ไม้สำหรับทำหลักเพื่อขึงเชือก

วิธีการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนร่วมกันกำหนดชนิดพืชที่ต้องการศึกษา 1 ชนิดที่พบในสนามบริเวณโรงเรียนหรือพื้นที่ที่ต้องการศึกษา
2. ให้นักเรียนทั้งห้องร่วมกันใช้เชือกขึงทำแปลงขนาด $5 \times 5 \text{ m}^2$ เพื่อกำหนดพื้นที่ที่จะศึกษาจากสนามในบริเวณโรงเรียน
3. แต่ละกลุ่มสุ่มวางกรอบนับประชากรจำนวน 5 ครั้ง นับจำนวนพืชในกรอบนับประชากรในแต่ละครั้ง
4. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ยของประชากรพืชในพื้นที่ศึกษาและขนาดของประชากรทั้งหมด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของประชากรของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของประชากรที่หาได้จากพื้นที่ศึกษา ($5 \times 5 \text{ m}^2$) สามารถนำมาประมาณขนาดของประชากรทั้งหมดของสนามได้ตรงกับขนาดของประชากรที่แท้จริงหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. ถ้าต้องการหาขนาดของประชากรทั้งหมดของสนามให้ใกล้เคียงความจริงที่สุดควรทำอย่างไร



กิจกรรมเสนอแนะ : การหาความหนาแน่นของประชากรในห้องปฏิบัติการโดยวิธีการทำเครื่องหมายและจับซ้ำ

จุดประสงค์

1. ประเมินจำนวนของสมาชิกในประชากรโดยวิธีทำเครื่องหมายและจับซ้ำ
2. คำนวณหาความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีทำเครื่องหมายและจับซ้ำ

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล่องพลาสติกใสที่มีข้าวสารปริมาณ 500 cm³ และมอดข้าวสารพร้อมฝาปิด
2. บีกเกอร์ ขนาด 100 mL
3. พู่กันเบอร์ 1
4. ภาดพลาสติก
5. สีโปสเตอร์สีเหลืองหรือขาว หรือปากกาลบคำผิด

วิธีการทำกิจกรรม

1. นำกล่องพลาสติกใสที่มีข้าวสารและมอดข้าวสารพร้อมกับปิดฝากล่องแล้วเขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
2. นำบีกเกอร์ขนาด 100 mL สุ่มตักข้าวสารที่มีมอดข้าวสารอยู่แล้วเทลงในภาดพลาสติกภาดหนึ่ง จากนั้นแยกมอดข้าวสารใส่อีกภาด นับจำนวนมอดข้าวสารแล้วบันทึกข้อมูลไว้ โดยอาจใช้ปลายพู่กันช่วยในการสัมผัสตัวมอดข้าวสาร
3. ใช้สีโปสเตอร์ป้ายบนตัวมอดข้าวสารเบาๆ เพื่อทำเครื่องหมายตัวที่ถูกจับได้ในข้อ 2. จากนั้นนำมอดข้าวสารที่ทำเครื่องหมายแล้วและข้าวสารจากข้อ 2. เทลงในกล่องที่มีข้าวสารใบเดิม แล้วเขย่าเบาๆ เพื่อให้มอดข้าวสารตัวที่มีเครื่องหมายและไม่มีเครื่องหมายปะปนกัน แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
4. นำบีกเกอร์ขนาด 100 mL สุ่มตักข้าวสารที่มีมอดอยู่เป็นครั้งที่ 2 เพื่อนำมานับจำนวนบันทึกจำนวนมอดข้าวสารตัวที่มีเครื่องหมายและไม่มีเครื่องหมายที่จับได้ จากนั้นปล่อยลงในกล่องที่มีข้าวสารใบเดิม
5. นำข้อมูลที่ได้อมาคำนวณหาความหนาแน่นของประชากรมอดข้าวสาร

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ค่าความหนาแน่นของประชากรของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. ถ้าต้องการหาขนาดของประชากรมอดข้าวสารให้ใกล้เคียงความจริงที่สุดควรทำอย่างไร

จากกิจกรรม 24.4 จะเห็นได้ว่าการใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลงช่วยให้สามารถประมาณค่าความหนาแน่นและขนาดประชากรได้ ซึ่งขนาดและความหนาแน่นของประชากรอาจนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลในด้านต่าง ๆ เช่น การประเมินความสำคัญของพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ การประเมินสถานภาพชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์และการจัดการพืชและสัตว์ป่า



รู้หรือไม่

การศึกษาประชากรสัตว์ป่าบางชนิดทำได้ยาก เนื่องจากประชากรมีขนาดเล็กหรือพบได้ยาก เช่น เสือโคร่ง อีเห็น หมิวควาย หมูป่า ปัจจุบันจึงมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการศึกษา เช่น การใช้กล้องดักถ่ายภาพ (camera trap) ดังรูป โดยที่กล้องถ่ายภาพจะทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อมีสัตว์ป่าเดินผ่านหน้ากล้อง ภาพเคลื่อนไหวหรือภาพถ่ายซึ่งแสดงลักษณะภายนอกของสัตว์ รวมถึงพฤติกรรมของสัตว์ จะถูกบันทึกไว้และสามารถนำไประบุตัวตนโดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย ข้อมูลที่ได้หลังจากระบุตัวตนของสัตว์ป่า จะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางชีววิทยา เช่น ประมาณขนาดประชากรสัตว์ป่าในธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงของประชากรสัตว์ป่าในแต่ละช่วงเวลา ช่วงเวลาการออกหากิน และพฤติกรรมของสัตว์ป่าในธรรมชาติ สามารถดูตัวอย่างผลการใช้กล้องดักถ่ายภาพได้จาก QR code



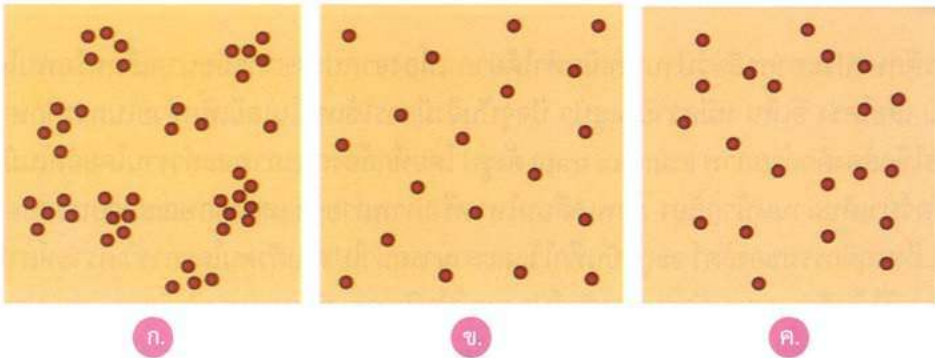
ipst.me/10823

กล้องดักถ่ายภาพ

การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการกระจายพันธุ์อยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลกแตกต่างกันไป โดยในแต่ละพื้นที่นั้นอาจพบสมาชิกในประชากรอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรืออาจกระจายกันอยู่ห่าง ๆ เพราะเหตุใด การกระจายตัวของสมาชิกในประชากรมีรูปแบบที่แตกต่างกัน

ในธรรมชาติพบรูปแบบการกระจายตัว (dispersion) ของสมาชิกในประชากร ได้ 3 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต อายุ และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม ดังรูป 24.40



รูป 24.40 การกระจายตัวแบบต่างๆ ของสมาชิกในประชากร

- ก. การกระจายตัวแบบรวมกลุ่ม
- ข. การกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ
- ค. การกระจายตัวแบบสุ่ม

การกระจายตัวแบบรวมกลุ่ม (clumped dispersion) เป็นรูปแบบที่สมาชิกในประชากรจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ ทั้ง อุณหภูมิ แสง และความชื้น รวมถึงอาหาร ที่ทำให้สิ่งมีชีวิตต้องมารวมกลุ่มกันเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การกระจายตัวรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่พบมากที่สุด ในธรรมชาติ เช่น ไล่เดือนดินจะพบได้ในบริเวณดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากและมีความชื้นสูง หรือเฟรียงหินซึ่งเกาะรวมตัวเป็นกลุ่มบนหิน เป็นไปได้ว่าการเกาะรวมตัวกันช่วยรักษาความชื้นและลดการสูญเสียน้ำได้ การกระจายตัวแบบรวมกลุ่มยังขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของสัตว์แต่ละชนิดด้วย เช่น การอยู่เป็นกลุ่มของช้าง ลิง

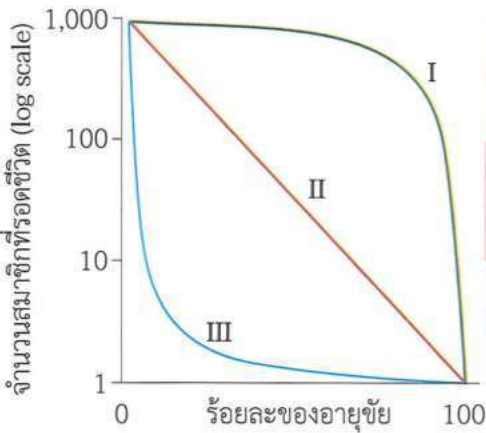
การกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ (uniform dispersion) เป็นรูปแบบที่สมาชิกในประชากรอยู่กระจายโดยมีระยะห่างเท่า ๆ กัน รูปแบบนี้มักพบในสภาพแวดล้อมที่มีปัจจัยบางประการเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต เช่น แสง ความชื้น อุณหภูมิ ทำให้สมาชิกในประชากรมีการแก่งแย่งทรัพยากรเพื่อความอยู่รอด เช่น กรณีของต้นกระบองเพชรยักษ์ที่ขึ้นอยู่ในทะเลทราย มีการแก่งแย่งน้ำเพื่อการเจริญเติบโต สำหรับในสัตว์การกระจายตัวแบบสม่ำเสมออาจเกิดจากพฤติกรรมทางสังคมที่กำหนดให้สัตว์มีการสร้างอาณาเขตเพื่อการหาอาหาร สืบพันธุ์ และเลี้ยงดูลูก โดยสัตว์เหล่านี้จะแสดงพฤติกรรมการป้องกันอาณาเขตโดยการขับไล่สัตว์สปีชีส์เดียวกันที่บุกรุกเข้ามา เช่น นกเพนกวิน สิงโตทะเล กระรอก เป็นต้น

การกระจายตัวแบบสุ่ม (random dispersion) เป็นรูปแบบที่สมาชิกในประชากรอาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรืออยู่เดี่ยว ๆ โดยไม่มีรูปแบบที่แน่นอน รูปแบบนี้มักพบได้ในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน มีปัจจัยต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตที่เท่าเทียมกันในพื้นที่ ไม่มีการแก่งแย่งแข่งขันระหว่างสมาชิก บริเวณที่มีลักษณะดังกล่าวพบได้น้อยในธรรมชาติจึงทำให้การกระจายตัวรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่พบได้ยาก ตัวอย่างที่พบเช่น ในป่าซึ่งมีการกระจายของทรัพยากรเท่ากันในทุกบริเวณ เมล็ดของพืชชนิดต่าง ๆ ปลิวไปตามลม หรือถูกสัตว์กินผลแล้วขับถ่ายอุจจาระที่มีเมล็ดนั้น ๆ ปนอยู่ เมื่อเมล็ดไปตกที่บริเวณใดก็จะงอกที่บริเวณนั้น จึงทำให้พืชนั้นมีการกระจายตัวแบบสุ่ม

? ช่างมีการกระจายตัวของสมาชิกในประชากรแบบรวมกลุ่ม การกระจายตัวของสมาชิกประชากรในรูปแบบนี้มีข้อดีข้อเสียต่อประชากรดังกล่าวอย่างไร

กราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความสามารถในการให้กำเนิดลูกในแต่ละครั้งแตกต่างกัน บางชนิดให้กำเนิดลูกได้จำนวนมาก เช่น ปลาวา่งไข่ได้จำนวนมาก ในขณะที่บางชนิดให้กำเนิดลูกได้จำนวนน้อย เช่น ช้างมีลูกครั้งละ 1 ตัว ในประชากรหนึ่งสมาชิกที่มีอายุต่างกันมีโอกาสในการรอดชีวิตแตกต่างกันได้ ในขณะเดียวกันสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดก็มีรูปแบบในการรอดชีวิตแตกต่างกัน หากนำจำนวนสมาชิกที่อยู่รอดในแต่ละช่วงอายุของสิ่งมีชีวิตมาเขียนกราฟ จะได้กราฟการรอดชีวิต (survivalship curve) ที่มีรูปแบบแตกต่างกัน 3 รูปแบบ ดังรูป 24.41



รูปแบบ I สิ่งมีชีวิตมีโอกาสรอดชีวิตสูงในช่วงวัยแรกเกิด อัตราการตายจะสูงขึ้นเมื่อสูงวัยขึ้น

รูปแบบ II สิ่งมีชีวิตมีโอกาสรอดชีวิตเท่ากันในทุกวัย

รูปแบบ III สิ่งมีชีวิตมีโอกาสรอดชีวิตต่ำในช่วงวัยแรกเกิด อัตราการตายจะต่ำลงเมื่อสูงวัยขึ้น

รูป 24.41 กราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร

กราฟรูปแบบ I ในช่วงเริ่มต้นที่มีอายุน้อยจนถึงช่วงกลางของอายุขัยอัตราการตายจะต่ำ และอัตราการตายจะสูงมากทันทีในช่วงปลายของอายุขัย เช่น ช้างหรือมนุษย์ให้กำเนิดลูกจำนวนน้อย แต่มีการเลี้ยงดูในขณะที่อายุน้อยซึ่งทำให้มีโอกาสรอดชีวิตในช่วงแรกมาก และจะมีอัตราการตายสูงในช่วงที่มีอายุมาก

กราฟรูปแบบ II อัตราการตายค่อนข้างคงที่ตลอดอายุขัย เช่น นกหลายชนิด สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมขนาดเล็ก

กราฟรูปแบบ III ในช่วงเริ่มต้นที่มีอายุน้อยอัตราการตายสูงมาก หลังจากนั้นอัตราการตายจะต่ำลงมากและค่อนข้างคงที่จนกระทั่งหมดอายุขัย เช่น ยุงหรือปลาหลายชนิดจะวางไข่ครั้งละจำนวนมาก แต่ไม่มีการดูแลและเลี้ยงดูในช่วงขณะที่อายุน้อย ทำให้มีโอกาสรอดชีวิตต่ำ

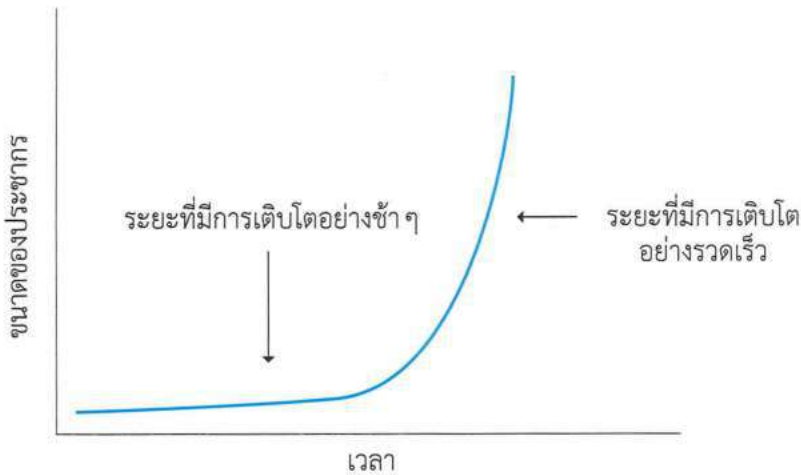
? ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการอยู่รอดของสมาชิกในประชากรในแต่ละช่วงอายุ

24.4.2 การเติบโตของประชากร

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรมีหลายปัจจัย เช่น ปริมาณอาหาร จำนวนลูกที่ออกในแต่ละครั้ง จำนวนครั้งของการสืบพันธุ์ในช่วงชีวิต เป็นต้น สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่ออกลูกครั้งเดียวตลอดช่วงชีวิตมักจะออกลูกจำนวนมาก ในบางช่วงเวลาจึงพบว่ามีประชากรจำนวนมากและบางช่วงเวลามีประชากรจำนวนน้อย ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่ออกลูกหลายครั้งในช่วงชีวิตซึ่งแต่ละครั้งมีลูกจำนวนน้อย ขนาดของประชากรจึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง

รูปแบบการเพิ่มหรือการเติบโตของประชากร (population growth) อาจแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก

การเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล (exponential population growth) เป็นการเติบโตของประชากรแบบทวีคูณ จำนวนสมาชิกในประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง โดยไม่มีปัจจัยใดๆ ในสภาพแวดล้อมมาจำกัดการเติบโตของประชากร ดังรูป 24.42

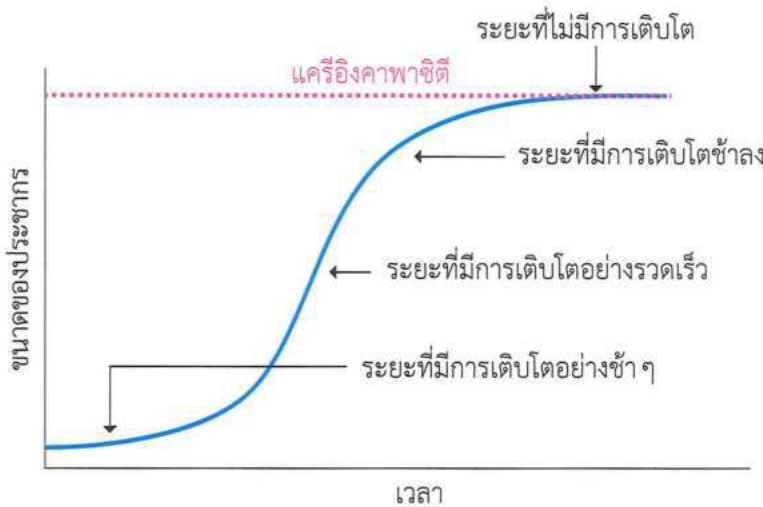


รูป 24.42 กราฟการเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล

จะเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะเป็นรูปอักษร J (J shape) โดยแบ่งระยะการเปลี่ยนแปลงออกได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่มีการเติบโตของประชากรอย่างช้า ๆ (lag phase) เนื่องจากสมาชิกในประชากรยังมีจำนวนน้อย และระยะที่มีการเติบโตของประชากรอย่างรวดเร็ว (exponential growth phase) ตัวอย่างประชากรที่มีการเติบโตแบบเอ็กโพเนนเชียล เช่น แมลงหลายชนิดมีการเพิ่มขนาดของประชากรอย่างรวดเร็วในบางช่วงที่สภาพแวดล้อมเหมาะสม มีอาหารไม่จำกัด และไม่มีผู้ล่า หรือการนำสัตว์ไปปล่อยในแหล่งที่อยู่ใหม่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม มีอาหารอุดมสมบูรณ์ และไม่มีผู้ล่า

แม้ว่าการเติบโตของประชากรในรูปแบบนี้ ดูเหมือนจะเป็นการเพิ่มขนาดของประชากรแบบไม่มีที่สิ้นสุดและไม่มีปัจจัยใดๆ มาขัดขวางการเติบโตของประชากรได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นเพียงภาวะเหตุการณ์ทางอุดมคติ แต่ในธรรมชาติเมื่อประชากรมีการเติบโตแบบเอ็กโพเนนเชียลไปจนถึงระดับหนึ่ง จะมีปัจจัยบางอย่างที่ทำให้ประชากรไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้อีกต่อไป และทำให้ขนาดของประชากรลดลงอย่างรวดเร็ว เช่น การขาดแคลนอาหาร โรคระบาด ภัยธรรมชาติ

การเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก (logistic population growth) เป็นการเติบโตของประชากรที่มีปัจจัยในสภาพแวดล้อมมาจำกัดอัตราการเพิ่มของประชากรและขนาดของประชากร ดังรูป 24.43



รูป 24.43 กราฟการเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก

จะเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะเป็นรูปอักษร S (S shape) หรือกราฟแบบซิกมอยด์ (sigmoidal curve) เมื่อพิจารณากราฟจะเห็นว่าในระยะแรกประชากรมีการเติบโตอย่างช้าๆ เนื่องจากประชากรยังมีขนาดเล็ก ในระยะต่อมาประชากรจะมีอัตราการเพิ่มอย่างรวดเร็ว ก่อนจะช้าลงจนถึงระยะที่ไม่มีการเพิ่มขนาดของประชากร ทำให้ประชากรมีขนาดคงที่ เนื่องจากปัจจัยในสภาพแวดล้อมหรือตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อม (environmental resistance) เริ่มมีบทบาทมากขึ้น ซึ่งตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมหมายถึงปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมที่จำกัดการเติบโตของประชากร เช่น อาหารที่มีจำกัด ทำให้ประชากรไม่เติบโตแบบเอ็กโพเนนเชียล

ขนาดของประชากรที่สูงที่สุดและคงที่ คือมีอัตราการเกิดเท่ากับอัตราการตาย และอัตราการเติบโตของประชากรเท่ากับศูนย์ แสดงถึง **แครีอิงคาปาซิตี** (carrying capacity) ซึ่งหมายถึง ขนาดของประชากรที่สูงที่สุดที่สภาพแวดล้อมสามารถรองรับได้



รู้หรือไม่

ในธรรมชาตินั้นค่าเครื่องศาพาคิตีของสิ่งมีชีวิตสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพหรือปัจจัยทางชีวภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น ผึ้งหลายชนิดในอุทยานแห่งชาติ Capitol Reef รัฐยูทาห์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ค่าเครื่องศาพาคิตีของผึ้งสามารถเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของดอกไม้ โดยเฉพาะดอกของพืชสปีชีส์ต่างถิ่นจันัส *Tamarix* และจันัส *Melilotus* ในพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่จะบานในช่วงกลางฤดูร้อนที่เป็นคนละช่วงเวลากับพืชท้องถิ่น ส่งผลให้ผึ้งที่อาศัยอยู่ในเขตนี้มีแหล่งอาหารเพิ่มขึ้น

ปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร

การเติบโตของประชากรขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งมักจะส่งผลต่ออัตราการเกิดและอัตราการตายของประชากร ทำให้ขนาดและความหนาแน่นของประชากรเปลี่ยนแปลงไป ปัจจัยเหล่านี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

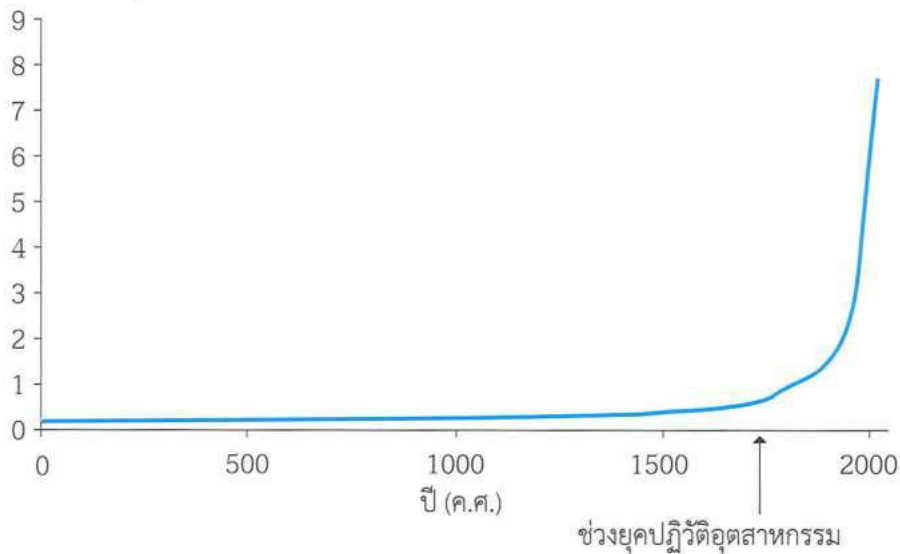
ปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร เป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อประชากรมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากร เช่น อาหารที่มีจำกัด เมื่อประชากรมีความหนาแน่นมากขึ้นจะมีการแก่งแย่งอาหารเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดลดลงหรืออัตราการตายสูงขึ้น และทำให้การเติบโตของประชากรลดลง

ปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร เป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อประชากรมากหรือน้อยไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากร เช่น อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่สูงหรือต่ำเกินไปหรือการเกิดภัยพิบัติซึ่งส่งผลให้อัตราการเกิดลดลงหรืออัตราการตายสูงขึ้น และทำให้การเติบโตของประชากรลดลง โดยปัจจัยเหล่านี้จะมีอิทธิพลเท่ากันไม่ว่าประชากรจะมีความหนาแน่นมากหรือน้อยก็ตาม การเกิดภัยพิบัติเป็นปัจจัยที่ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

24.4.3 ประชากรมนุษย์

ปัจจุบันพบว่าอัตราการเติบโตของประชากรมนุษย์สูงขึ้นในบางประเทศแต่ก็ลดลงในบางประเทศเช่นกัน เมื่อดูจากภาพรวมแล้วจะพบว่าประชากรมนุษย์ยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยมีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลตั้งแต่หลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรม ดังรูป 24.44 อย่างไรก็ตาม การดำรงชีวิตของมนุษย์ต้องการทรัพยากรต่าง ๆ เช่น อาหาร น้ำ เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้มีอยู่อย่างจำกัด ประชากรมนุษย์จึงไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ตลอดไป

ประชากรมนุษย์ (พันล้านคน)



ที่มา : Worldometers (2019). World Population: Past, Present, and Future. Retrieved August 17, 2019, from <https://www.worldometers.info/world-population/> (ข้อมูลมาจากการคาดคะเน)

รูป 24.44 กราฟการเติบโตของประชากรมนุษย์

? การเพิ่มขนาดประชากรมนุษย์อย่างรวดเร็วหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างไร



ชวนคิด

? ประชากรมนุษย์มีเครื่องคาวาซิติหรือไม่ เพราะเหตุใด



กิจกรรม 24.5 ศึกษาข้อมูลประชากรคนไทย



ipst.me/10827

จุดประสงค์

1. วิเคราะห์ข้อมูล แปลผลข้อมูล และนำข้อมูลมาเขียนกราฟการเติบโตของประชากรคนไทย
2. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนประชากรคนไทย
3. เสนอแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนประชากรคนไทย

วิธีการทำกิจกรรม

1. พิจารณาตารางแสดงจำนวนประชากรคนไทยในปี พ.ศ. 2453-2561 แล้วนำเสนอข้อมูลในรูปของกราฟเส้น

ตารางจำนวนประชากรคนไทยในปี พ.ศ. 2453-2561

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (ล้านคน)	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (ล้านคน)	ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (ล้านคน)
2453	8.27	2539	60.12	2551	63.39
2462	9.21	2540	60.82	2552	63.53
2472	11.51	2541	61.47	2553	63.88
2480	14.46	2542	61.66	2554	64.08
2490	17.44	2543	61.88	2555	64.46
2503	26.26	2544	62.31	2556	64.79
2513	34.40	2545	62.80	2557	65.12
2523	44.82	2546	63.08	2558	65.73
2533	54.55	2547	61.97	2559	65.93
2536	58.34	2548	62.42	2560	66.19
2537	59.10	2549	62.83	2561	66.41
2538	59.46	2550	63.04		

หมายเหตุ : ปี พ.ศ. 2547 สำนักบริหารการทะเบียน ได้มีการปรับปรุงข้อมูลโดยตัดข้อมูลในส่วนที่ซ้ำซ้อนออกไป จึงทำให้ประชากรลดลงจากปี 2546

ที่มา : ข้อมูลปี พ.ศ. 2453-2533 จากกระทรวงสาธารณสุข. (2543). สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2543. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2562, จาก http://bps.moph.go.th/new_bps/sites/default/files/statistic43.pdf
ข้อมูลปี พ.ศ. 2536-2561 จากสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. (2562). จำนวนประชากร การเกิด และการตาย ทั้งราชอาณาจักร ปี พ.ศ. 2536 - 2561 รายปี. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2562, จาก http://social.nesdb.go.th/SocialStat/StatReport_Final.aspx?reportid=68&template=2R1C&yeartype=M&subcatid=1

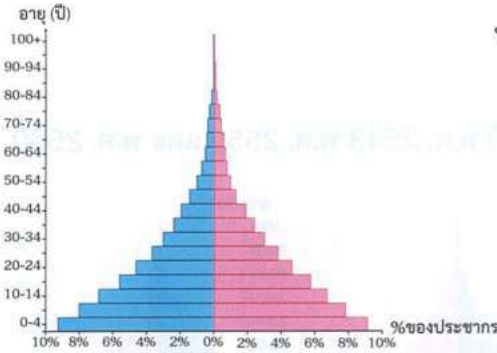
2. อภิปรายเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนประชากรคนไทยในประเด็นต่อไปนี้
 - 2.1 การเพิ่มของประชากรคนไทยมีแนวโน้มเป็นอย่างไร ช่วงใดมีการเพิ่มจำนวนประชากรมากที่สุด เพราะเหตุใด
 - 2.2 ในช่วงระยะปี พ.ศ. 2536 – 2544 การเพิ่มจำนวนประชากรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด
 - 2.3 การเพิ่มจำนวนประชากรมีผลต่อการขยายตัวของชุมชนเมืองเพื่อที่อยู่อาศัย การเกษตร และอุตสาหกรรมอย่างไร
 - 2.4 การเพิ่มจำนวนประชากรมีผลต่อปริมาณความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไร และมีผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง

โครงสร้างอายุของประชากรและอัตราส่วนระหว่างเพศ

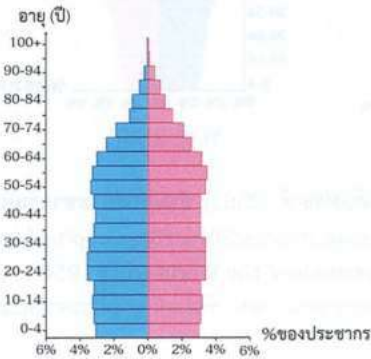
ประชากรมนุษย์มีการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ให้ลูกหลาน สมาชิกในประชากรจะมีอายุแตกต่างกันโดยอาจจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ **วัยก่อนเจริญพันธุ์** (prereproductive age) **วัยเจริญพันธุ์** (reproductive age) และ **วัยหลังเจริญพันธุ์** (postreproductive age) เมื่อนำข้อมูลอายุของประชากรมาพิจารณาร่วมกับ **อัตราส่วนระหว่างเพศ** (sex ratio) สามารถแสดงในรูปแบบของแผนภาพ **พีระมิดอายุ** (age pyramid)

โครงสร้างอายุของประชากรและอัตราส่วนระหว่างเพศส่งผลต่อการเติบโตของประชากร และสามารถใช้อาคคະเนขนาดของประชากรในอนาคตได้ ดังรูป 24.45

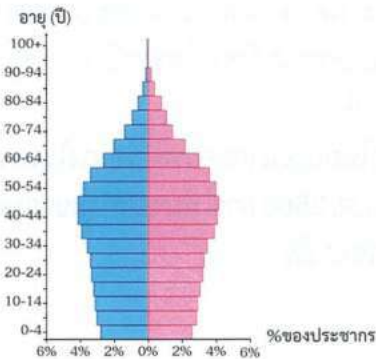
- **ประชากรเติบโตอย่างรวดเร็ว** แสดงถึงโครงสร้างอายุของประชากรที่ขนาดของประชากรจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พบโครงสร้างประชากรแบบนี้ได้ในสาธารณรัฐยูกันดา สาธารณรัฐเคนยา
- **ประชากรเติบโตช้า** แสดงถึงโครงสร้างอายุของประชากรที่ขนาดของประชากรคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก พบโครงสร้างประชากรแบบนี้ได้ในสหรัฐอเมริกา
- **ประชากรไม่มีการเติบโต** แสดงถึงโครงสร้างอายุของประชากรที่ขนาดของประชากรจะลดลง พบโครงสร้างประชากรแบบนี้ได้ในสมาพันธรัฐสวิส ญี่ปุ่น ฮังการี สาธารณรัฐสิงคโปร์



ประชากรเติบโตอย่างรวดเร็ว



ประชากรเติบโตช้า



ประชากรไม่มีการเติบโต



ที่มา : Wulf, M. D. (2017). Population Pyramids of the World from 1950 to 2100. Retrieved August 17, 2019, from <https://www.populationpyramid.net/> (ข้อมูลมาจากการคาดคะเน)

รูป 24.45 พีระมิดอายุ

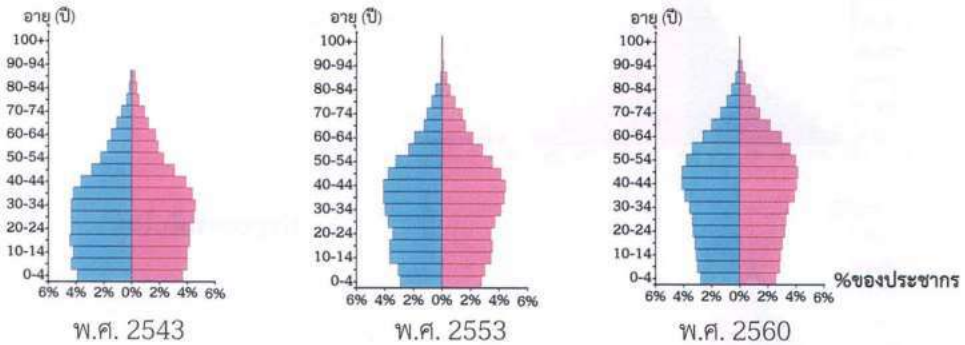


เมื่อสมาชิกส่วนใหญ่ของประชากรในประเทศ A มีอายุอยู่ในช่วงวัยก่อนเจริญพันธุ์ ในขณะที่สมาชิกส่วนใหญ่ของประชากรในประเทศ B มีอายุอยู่ในช่วงวัยหลังเจริญพันธุ์ พีระมิดอายุของประชากรในแต่ละประเทศควรเป็นแบบใด และขนาดของประชากรทั้งสองในอนาคตควรเป็นอย่างไร



ตรวจสอบความเข้าใจ

พีระมิตอายุของประชากรคนไทยในปี 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 สามารถแสดงเป็นพีระมิตอายุของประชากรได้ดังรูป โครงสร้างประชากรไทยในปี พ.ศ. 2543 และพ.ศ. 2560 แตกต่างกันอย่างไรร
- ?** แนวโน้มของโครงสร้างและขนาดของประชากรไทยในอนาคตควรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด
- ?** จากรูปพีระมิตอายุของประชากรคนไทยในปี พ.ศ. 2560 การเพิ่มของประชากรคนไทยจะส่งผลอย่างไรต่อประเทศ และควรมีการจัดการอย่างไร

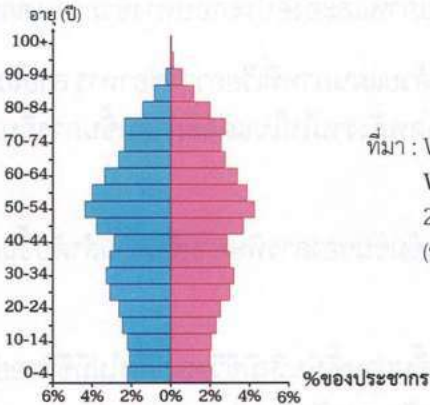


ความรู้เพิ่มเติม

ปัจจุบันหลายประเทศในโลกไม่ว่าจะเป็นประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศพัฒนา กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งสมาชิกของประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปมีมากกว่า 7% ของประชากรทั้งหมด เช่น สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีและญี่ปุ่น รวมถึงประเทศไทย จากพีระมิตอายุจะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดของประชากรน้อยและประชากรส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ สาเหตุที่ทำให้ประเทศ

หลายประเทศเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุมาจากความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งส่งผลให้อายุขัยของมนุษย์ยืนยาวขึ้น นอกจากนี้สังคมสมัยใหม่นิยมมีลูกจำนวนน้อยลง

พีระมิดอายุของประชากรสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ปี พ.ศ. 2560



ที่มา : Wulf, M. D. (2017). Population Pyramids of the World from 1950 to 2100. Retrieved August 17, 2019, from <https://www.populationpyramid.net/> (ข้อมูลมาจากการคาดคะเน)

การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุส่งผลกระทบต่อหลายประการต่อมนุษยชาติ เช่น ภาวะขาดแคลนแรงงาน ภาวะหดตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) การเพิ่มภาระในด้านรายจ่ายของภาครัฐ ในการดูแลผู้สูงอายุ มีความพยายามในการแก้ปัญหาสังคมผู้สูงอายุในหลายประเทศ เช่น กำหนดมาตรการทางภาษี กฎหมาย และสวัสดิการสังคม เพื่อบริหารรายจ่ายภาครัฐต่อผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น ในอนาคตให้มีประสิทธิภาพ การกำหนดนโยบายจ้างงานผู้สูงอายุหลังเกษียณในงานบางประเภท เพื่อลดการขาดแคลนแรงงาน สร้างนวัตกรรมใหม่ๆ จากการวิจัยเพื่อสนองตลาดผู้สูงอายุ เช่น การใช้เทคโนโลยีในการดูแลสุขภาพและโภชนาการผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้คนในชุมชน มีกิจกรรมร่วมกันเพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดีในชุมชนและสามารถดูแลกันเองได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีรัฐสนับสนุน

ประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศ และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบต่างๆ ในระบบนิเวศ มีคุณค่าและหน้าที่ของตนเอง การคงอยู่ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีความสำคัญทั้งต่อระบบนิเวศและต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ การที่ประชากรมนุษย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรมากขึ้น มีการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ดังที่มักเห็นข่าวปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มนุษย์จึงควรมีแนวทางในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนเพื่อการดำรงชีวิตต่อไป



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

1. ระบบนิเวศประกอบด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน มีการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบ ในโลกมีระบบนิเวศที่หลากหลายเนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพแตกต่างกัน
2. การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศแสดงได้ด้วยแผนภาพที่เรียกว่า โซ่ออาหาร สายใยอาหาร และพีระมิดทางนิเวศวิทยา ในการถ่ายทอดพลังงานไปในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารพลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไป
3. การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันทำให้ระดับความเข้มข้นของสารพิษมากขึ้นตามลำดับขั้นการกินจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต
4. สารต่างๆ ในระบบนิเวศมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นผ่านทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตอย่างเป็นวัฏจักร เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
5. ไบโอมกระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ บนโลก โดยแต่ละไบโอมจะมีลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพ
6. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา มีทั้งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ
7. ลักษณะเฉพาะของประชากร เช่น ขนาดของประชากร อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้า การอพยพออกของประชากร ความหนาแน่นของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร กราฟการรอดชีวิตของสมาชิกในประชากร โครงสร้างอายุของประชากร และอัตราส่วนระหว่างเพศ
8. การเติบโตของประชากรมีแบบเอ็กโพเนนเชียลและแบบลอจิสติก
9. การเติบโตของประชากรขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น ปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากรและปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร
10. ประชากรมนุษย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา



แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 24

1. นักวิจัยได้ไปสำรวจพื้นที่แห่งหนึ่งในประเทศไทย พบว่าในพื้นที่ที่มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น ประกอบด้วยไม้พื้นล่าง เช่น เฟิร์น มอส หวาย และพบไม้ต้นขนาดใหญ่ เช่น ยางนา ตะเคียน พืชเด่นเป็นไม้ต้นใบกว้างไม่ผลัดใบขึ้นปกคลุมหนาแน่น พบนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอาศัยอยู่หลายชนิด 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
- 1.2 นักเรียนคิดว่าพื้นที่นี้อยู่ในไบโอมใด และเป็นระบบนิเวศแบบใด เพราะเหตุใด
- 1.3 เป็นไปได้หรือไม่ที่พื้นที่ซึ่งนักวิจัยสำรวจ จะอยู่ในบริเวณจังหวัดร้อยเอ็ด เพราะเหตุใด
2. ในพื้นที่แห่งหนึ่งเหยี่ยวค้างคาวเป็นผู้ล่าที่กินค้างคาวเล็บกุดเป็นอาหาร ส่วนค้างคาวเล็บกุดเป็นสัตว์กินผลไม้และน้ำหวานจากเกสรดอกทุเรียน นอกจากนี้ค้างคาวเล็บกุดยังเป็นพาหะถ่ายเรณู (pollinator) หลักให้แก่ต้นทุเรียน
 - 2.1 จากข้อมูลข้างต้นให้เขียนโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 ชนิด และระบุบทบาทของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในโซ่อาหาร
 - 2.2 ค้างคาวเล็บกุดเป็นเหยื่อชนิดหนึ่งของเหยี่ยวค้างคาว หากค้างคาวเล็บกุดถูกล่าเป็นอาหารโดยมนุษย์มากขึ้นจะส่งผลอย่างไรต่อทุเรียนและเหยี่ยวค้างคาว

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

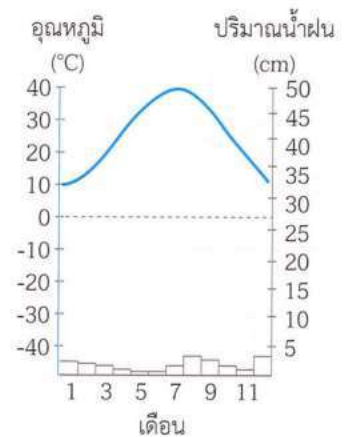
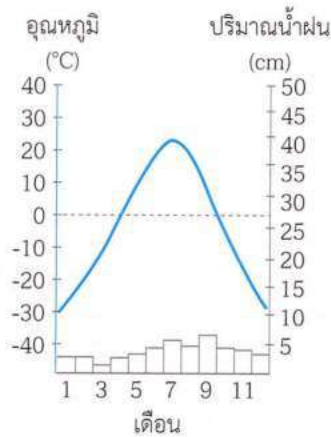
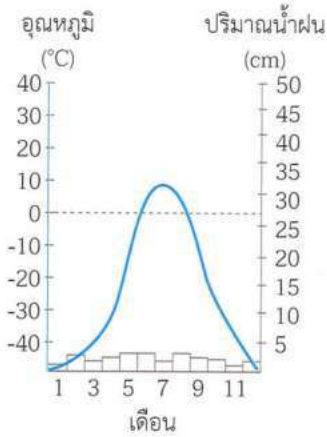
ไบโอมป่าสน

ไบโอมทุนดรา

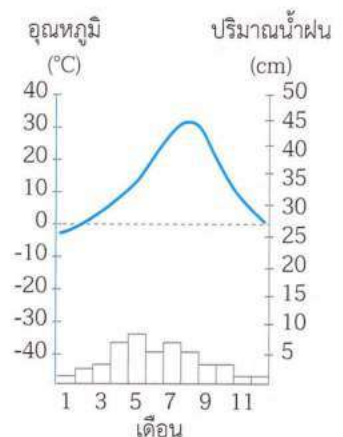
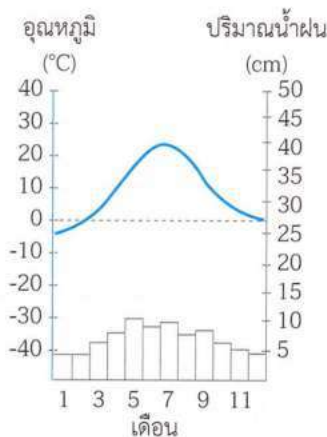
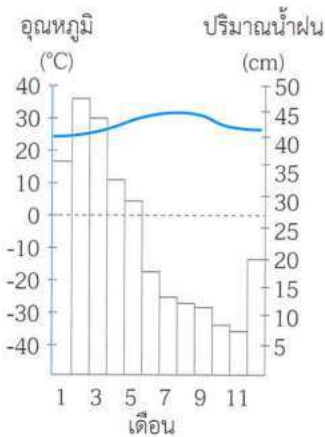
ลักษณะของพืชเด่นในแต่ละไบโอม

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

จากการสำรวจปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในสถานที่ 6 แห่ง สรุปได้เป็นกราฟด้านล่าง โดยกราฟเส้นแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและกราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานที่ จงนำชื่อไบโอมที่กำหนดให้และตัวอักษรหน้าลักษณะของพืชเด่นในไบโอมนั้นเติมลงในช่องว่างใต้กราฟของแต่ละสถานที่ที่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิตอดคล้องกัน



1.
.....
2.
.....
3.
.....



4.
.....
5.
.....
6.
.....

5. นกยางพบได้ทั่วไปตามพื้นที่ชุ่มน้ำหรือพื้นที่เกษตรกรรมที่มีน้ำท่วมถึงหรือน้ำขัง เช่น นาข้าว นาแก้ง บ่อเลี้ยงปลา นกชนิดนี้กินสัตว์น้ำเป็นอาหาร เช่น ปลา และหอย ถ้าในนาข้าวมีการใช้สารฆ่าแมลงเป็นจำนวนมากจะส่งผลอย่างไรต่อนกยาง

6. ในพื้นที่แห่งหนึ่งที่อยู่ในไบโอมทุนดรา มีพืชและสัตว์อาศัยอยู่น้อยสปีชีส์ และดินในพื้นที่นี้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ นักวิทยาศาสตร์ต้องการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและบทบาทของสิ่งมีชีวิตต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่แห่งนี้ โดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 1 กิโลกรัมเพื่อตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียม ไนเตรต และฟอสเฟตที่สะสมในดินจากบริเวณแหล่งที่อยู่ของนกทะเล 2 ผุ้ง และบริเวณที่ไม่มีนกทะเลอาศัยอยู่มารวบรวมในห้องปฏิบัติการ ได้ผลดังนี้

บริเวณที่เก็บดิน	แอมโมเนียม (NH ₄ ⁺) (mg)	ไนเตรต (NO ₃ ⁻) (mg)	ฟอสเฟต (PO ₄ ³⁻) (mg)
แหล่งที่อยู่ของผุ้งนกกินปลา	37.07	182.96	1,610.50
แหล่งที่อยู่ของผุ้งนกกิน แพลงก์ตอนพืช	13.32	174.00	47.69
ไม่มีนกทะเลอาศัยอยู่	1.50	25.00	7.50

- 6.1 สารประกอบที่ตรวจวัดโดยนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของสารใดเป็นหลัก
- 6.2 เพราะเหตุใดปริมาณฟอสเฟตในดินบริเวณแหล่งที่อยู่ของผุ้งนกกินปลาจึงสูงกว่าของผุ้งนกกินแพลงก์ตอนพืช
- 6.3 ถ้านกทะเลสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่นี้ จะส่งผลกระทบต่ออย่างไรต่อดินในพื้นที่นี้
7. จากสถานการณ์ต่อไปนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบใด เพราะเหตุใด
- 7.1 ป่าชายหาดตามชายฝั่งทะเลจังหวัดพังงาได้ถูกสืมนิคมพัดทำลายไปในปี พ.ศ. 2547 หลังจากผ่านเหตุการณ์นี้ไป 2 ปี เริ่มมีพืชโตเร็วขนาดเล็กและไม่พื้นล่างมาปกคลุมบริเวณนี้
- 7.2 เกาะซิร์ทเซย์ (Surtsey) เป็นเกาะที่เกิดขึ้นใหม่ของประเทศไอซ์แลนด์ โดยได้โผล่พ้นน้ำครั้งแรกในปี พ.ศ. 2510 ซึ่งในช่วงเวลานั้นไม่มีสิ่งมีชีวิตใดอาศัยอยู่เลย หลังจากนั้นได้มีการสำรวจจากนักวิทยาศาสตร์ในหลายปีให้หลังพบว่าเริ่มมีพืชเข้ามาอาศัยอยู่หลายชนิด

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)	จำนวนทากบกที่มีเครื่องหมาย (ตัว)	จำนวนทากบกที่ไม่มีเครื่องหมาย (ตัว)	ขนาดประชากร (ตัว)	ความหนาแน่นประชากร (ตัว/ตารางเมตร)
สวนสน	2.25	23	19
พื้นที่เปิดโล่ง	2.25	20	9

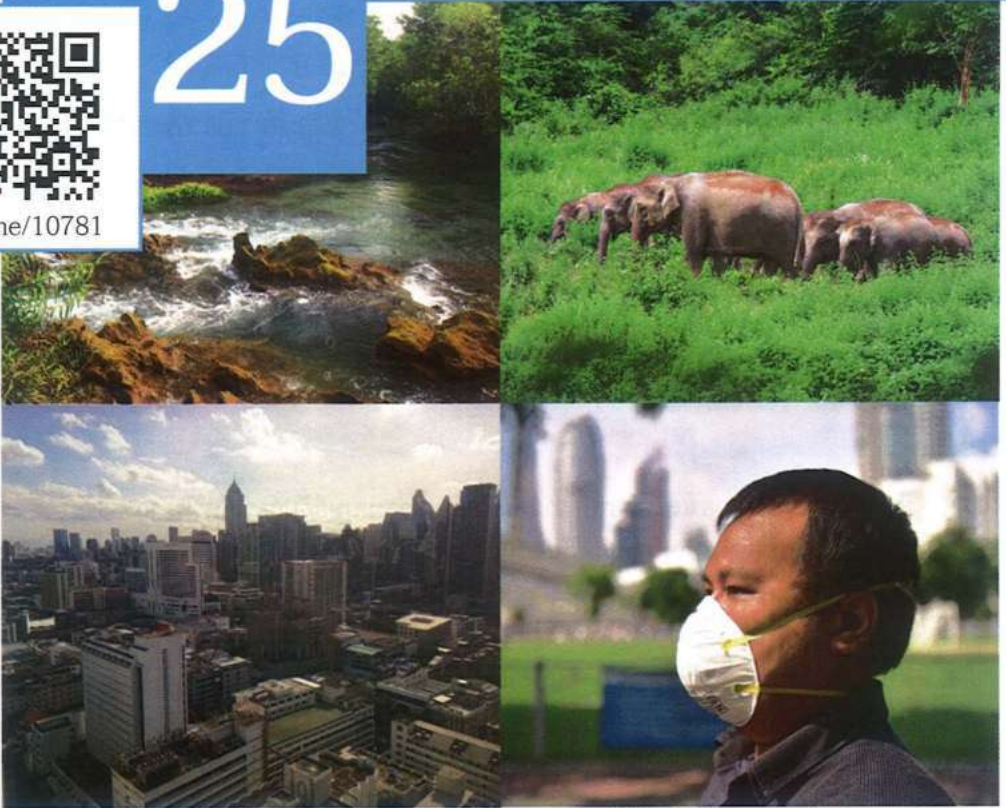
ให้นักเรียนคำนวณขนาดและความหนาแน่นประชากรทากบกจากทั้งสองบริเวณ โดยให้เติมลงในตาราง และให้เขียนแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดประชากรทากบกจากทั้งสองบริเวณ

- 8.2 นักเรียนคิดว่าขนาดประชากรทากบกที่พบในทั้งสองบริเวณเป็นอย่างไร
9. ถ้าต้องการสำรวจประชากรปลานิลในบ่อเลี้ยงปลาแห่งหนึ่ง นักเรียนจะมีวิธีการสำรวจได้กี่วิธี และนักเรียนจะเลือกใช้วิธีใด เพราะเหตุใด
10. นักเรียนคิดว่าเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ก้าวหน้าขึ้น จะส่งผลต่อประชากรมนุษย์ในระยะยาวอย่างไร

บทที่

25

| มนุษย์กับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม


ipst.me/10781


มนุษย์ต้องการปัจจัยสี่เพื่อการดำรงชีวิตไม่ว่าจะเป็นอาหารที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค ซึ่งในอดีตประชากรมนุษย์มีจำนวนน้อยจึงสามารถนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ แต่เมื่อเวลาผ่านไปประชากรมนุษย์เพิ่มมากขึ้นความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยจนส่งผลทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดน้อยลง หมดสิ้นไป หรือเกิดความเสื่อมโทรมจนทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีวิต มนุษย์จึงต้องมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรหรือด้านอาหารเพื่อทดแทนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดเหล่านั้น ตลอดจนอาจนำเทคโนโลยีมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในหลากหลายรูปแบบ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ตามมา เช่น การเกิดมลพิษทางน้ำ ทางดิน และทางอากาศ เป็นต้น มนุษย์มีแนวทางการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ มีความยั่งยืน ควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างไร



คำถามสำคัญ

1. ทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างไร
2. ปัญหาที่เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ และสัตว์ป่า เกิดจากสาเหตุใดและส่งผลกระทบท่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร
3. มนุษย์มีแนวทางในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติเพื่อให้มีความยั่งยืนได้อย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรน้ำ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางน้ำที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
3. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
4. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางดินที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
5. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรอากาศ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากมลพิษทางอากาศที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
7. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรอากาศเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
8. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรป่าไม้ วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
9. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
10. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรสัตว์ป่า วิเคราะห์และสรุปผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรสัตว์ป่าที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
11. อภิปรายและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และการจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
12. สืบค้นข้อมูลชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาการรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

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

ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบ ๆ ตัวมนุษย์จัดเป็นสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต โดยจะสังเกตเห็นว่าบางอย่างก็ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติหรือเกิดขึ้นเอง และบางอย่างมนุษย์ก็เป็นผู้สร้างขึ้น สิ่งปรากฏอยู่ตามธรรมชาติหรือเกิดขึ้นมาเหล่านี้ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิต เรียกว่า ทรัพยากรธรรมชาติ (natural resource) การทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีความยั่งยืน ไม่ก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อมนุษย์นั้นมีแนวทางในการดำเนินการอย่างไร

25.1 ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ

ทรัพยากรธรรมชาติ สามารถแบ่งตามลักษณะการนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็น 3 ประเภท ดังรูป 25.1 ได้แก่

1. ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น (non-exhausting natural resource) เช่น น้ำ อากาศ แสงอาทิตย์ สามารถพบได้ทุกหนทุกแห่ง ซึ่งบางชนิดมนุษย์ขาดไม่ได้ ถึงแม้ทรัพยากรธรรมชาติกลุ่มนี้จะมีอยู่ในปริมาณมาก แต่บางครั้งอาจเสื่อมสภาพไป เนื่องจากขาดการดูแลรักษา จนทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลกระทบต่อ มนุษย์และสิ่งแวดล้อม
2. ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ (renewable natural resource) เช่น ดิน ทุ่งหญ้า ป่าไม้ สัตว์ป่า เมื่อนำมาใช้ประโยชน์แล้วยังสามารถเกิดทดแทนขึ้นในธรรมชาติ ได้ ซึ่งการเกิดทดแทนนั้นบางชนิดอาจใช้ระยะเวลาสั้น ๆ บางชนิดอาจใช้ระยะเวลา ยาวนาน ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิด เช่น สัตว์ป่า ก็มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ หากไม่มีการอนุรักษ์หรือดูแลให้เกิดความยั่งยืน
3. ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป (exhausting natural resource) เช่น น้ำมัน ปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน แร่ ทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้ส่วนใหญ่มนุษย์นำมา ใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้แก่มนุษย์ หากใช้โดยไม่ประหยัดและไม่คำนึงถึงความคุ้มค่าอาจทำให้หมดไปจนขาดแคลนในอนาคตได้



ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น



ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้



ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป

รูป 25.1 ตัวอย่างของทรัพยากรธรรมชาติ

- ? การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง และทรัพยากรธรรมชาติประเภทใดที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤติ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น



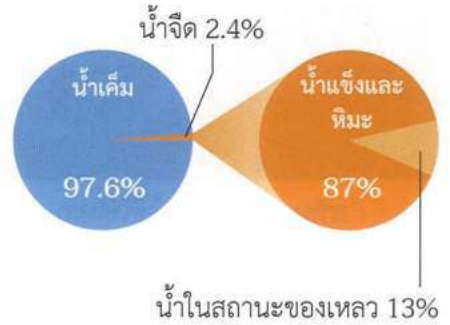
ตรวจสอบความเข้าใจ

- ? ทรัพยากรธรรมชาติแตกต่างจากสิ่งแวดล้อมอย่างไร

25.2 การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ

25.2.1 ทรัพยากรน้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในโลกนี้มีอยู่ประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของพื้นที่ผิวโลก โดยเป็นน้ำเค็มในมหาสมุทรและทะเลสาบน้ำเค็มร้อยละ 97.6 และเป็นน้ำจืดร้อยละ 2.4 ซึ่งน้ำจืดนี้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นน้ำแข็งและหิมะร้อยละ 87 และเป็นน้ำในสถานะของเหลวร้อยละ 13 ดังรูป



รูป 25.2 ร้อยละของน้ำที่มีอยู่ในโลก



ชวนคิด

? เพราะเหตุใดมนุษย์จึงใช้ประโยชน์จากน้ำจืดมากกว่าน้ำในมหาสมุทร ทั้งๆ ที่น้ำในมหาสมุทรมีปริมาณมากกว่าน้ำจืดหลายเท่า



รู้หรือไม่

น้ำที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มาจากแหล่งต่าง ๆ มีดังนี้

1. **หยาดน้ำฟ้า** (precipitation) เป็นน้ำที่ได้มาจากบรรยากาศ เช่น น้ำฝน น้ำค้าง หิมะ ลูกเห็บ
2. **น้ำผิวดิน** (surface water) เป็นน้ำที่ได้มาจากน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ ทะเล และมหาสมุทร
3. **น้ำใต้ดิน** (ground water) เป็นน้ำที่อยู่ใต้ระดับผิวดินที่มนุษย์ขุดและสูบขึ้นมาใช้ เช่น น้ำบ่อน้ำบาดาล



รดน้ำแปลงผักการเกษตร



ผลิตน้ำประปา



เป็นเส้นทางสัญจร



ผลิตกระแสไฟฟ้า

รูป 25.3 การใช้ประโยชน์จากน้ำ

- ? ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากน้ำในด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น
- ? การใช้ประโยชน์จากน้ำที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมมีอะไรบ้าง และมีสาเหตุมาจากอะไร

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ

ปัญหามลพิษทางน้ำ

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำในด้านต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น น้ำที่ผ่านการใช้แล้วเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ อาจทำให้แหล่งน้ำนั้นมีการปนเปื้อนสารต่าง ๆ และก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ (water pollution) ดังรูป 25.4 รวมทั้งการทิ้งขยะและสิ่งของต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงก็ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ซึ่งเป็นภาวะของน้ำที่มีสารมลพิษปนเปื้อนในระดับที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนไปจนมนุษย์และสิ่งมีชีวิตไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ อาจส่งผลทำให้มนุษย์ขาดแคลนน้ำสะอาดในการนำมาใช้ประโยชน์ และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ เพราะหากน้ำเสียทำให้ปริมาณ O_2 ในน้ำลดลงเกิดการสะสมสารมลพิษในโซ่อาหารจากการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารฆ่าแมลง



รูป 25.4 น้ำเสีย



รู้หรือไม่

สารมลพิษ (pollutant) หมายถึง สารหรือสารที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต สารมลพิษอาจอยู่ในสถานะของแข็ง กึ่งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เช่น ฝุ่นละออง กากของเสียที่เป็นพิษ ควีน แก๊สพิษต่างๆ



รู้หรือไม่

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้นิยามของน้ำเสียและน้ำทิ้ง ดังนี้

น้ำเสีย (waste water) คือ ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งสารมลพิษที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

น้ำทิ้ง (effluent) คือ น้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว และ/หรือไม่ได้รับการบำบัดซึ่งระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

- ? ปัญหามลพิษทางน้ำเกิดจากสาเหตุใดเป็นหลัก และมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและต่อมนุษย์อย่างไร



กิจกรรมเสนอแนะ : ผลกระทบของมลพิษทางน้ำจากบ้านเรือน

จุดประสงค์

1. ศึกษาผลกระทบจากของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำหรือน้ำทิ้งจากบ้านที่อยู่อาศัยของนักเรียน ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม
2. หาวิธีการเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาของเหลือทิ้งหรือน้ำทิ้งจากบ้านที่อยู่อาศัยที่อาจส่งผลทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ

วิธีการทำกิจกรรม

1. ระบุปัญหาที่เกิดจากของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำหรือน้ำทิ้งจากบ้านที่อยู่อาศัยของนักเรียน โดยเลือก 1 ปัญหาจากประเด็นต่อไปนี้
 - ของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำประเภทของสด เช่น เศษอาหาร เศษผัก และเศษเนื้อสัตว์
 - ของเหลือทิ้งที่ปนไปกับน้ำประเภทสารปรุงแต่งและสารที่ใช้ประกอบอาหาร เช่น น้ำมัน น้ำปลา น้ำส้มสายชู
 - สารปนเปื้อนในน้ำทิ้งจากการซักล้างทำความสะอาดต่าง ๆ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน สบู่
2. ศึกษาผลกระทบจากปัญหาในประเด็นที่เลือก หาวิธีการและดำเนินการแก้ไขปัญหา
3. สรุป เสนอผลการศึกษา และเผยแพร่ในรูปแบบที่น่าสนใจ

จากกิจกรรมเสนอแนะ เป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงแหล่งที่มาของน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในแหล่งน้ำจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม การจัดการน้ำเสียก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำมีวิธีการอย่างไร น้ำเสียยังมีที่มาจากแหล่งใดได้อีกบ้าง

แหล่งที่มาของน้ำเสีย

1. จากธรรมชาติ โดยเกิดจากจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำใช้ O_2 ในการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์และสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำจึงมีผลทำให้ปริมาณ O_2 ในแหล่งน้ำลดลง หรือกรณีที่มีการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้ตะกอนดินถูกพัดพาลงในแหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำนั้นขุ่น สิ่งมีชีวิตต่างๆ ในแหล่งน้ำไม่สามารถดำรงชีวิตได้และยังทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินอีกด้วย

2. จากชุมชน ซึ่งมีทั้งแหล่งที่พักอาศัย ร้านอาหาร ตลาดสด โรงเรียน โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น หากน้ำทิ้งนี้ไม่ได้ผ่านการบำบัดที่เหมาะสม รวมทั้งอาจมีขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำด้วย จะทำให้แหล่งน้ำนั้นเน่าเสียได้เนื่องจากน้ำทิ้งเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีสารอินทรีย์ สารเคมี และเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่

3. จากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งอาจมีสารมลพิษชนิดต่างๆ ปนเปื้อนออกมาได้หลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม เช่น สารเคมี สารโลหะหนัก คราบน้ำมัน เป็นต้น สารมลพิษเหล่านี้เมื่อสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตก่อให้เกิดอันตรายและสามารถถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้ นอกจากนี้ถ้าเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารจะมีสารอินทรีย์เจือปนสูง หากปล่อยน้ำทิ้งนั้นลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านการบำบัดก็จะทำให้เกิดน้ำเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็นที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4. จากการเกษตรและฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ในการเพาะปลูกพืชเพื่อการเกษตรส่วนใหญ่เกษตรกรมักจะใช้สารเคมี เช่น ปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิต และมีการใช้สารกำจัดวัชพืชและแมลงอีกด้วย ส่งผลให้สารเคมีเหล่านี้ตกค้างลงในดินและเมื่อมีการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้สารมลพิษเหล่านี้ปนเปื้อนในแหล่งน้ำด้วย นอกจากนี้การทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในการล้างทำความสะอาดคอกสัตว์เมื่อน้ำเหล่านี้ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้เกิดน้ำเสีย และมีเชื้อโรคปนเปื้อนในแหล่งน้ำจนทำให้ไม่สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ได้



รู้หรือไม่

ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัสสูง จนทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำอย่างรวดเร็วจนแพร่กระจายปกคลุมผิวน้ำ แสงไม่สามารถส่องผ่านลงไปใต้น้ำได้ ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง

กิจกรรมของมนุษย์มีการปล่อยสารเคมีที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัส เช่น จากการซักล้างทำความสะอาด การเกษตร ทำให้ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันเกิดเร็วขึ้น O_2 ที่ละลายในน้ำลดลง สิ่งมีชีวิตในน้ำตายทำให้น้ำเสีย

- ? น้ำเสียที่มาจากแหล่งต่าง ๆ มีชนิดของสารมลพิษเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ? การจัดการน้ำเสียที่มาจากแหล่งชุมชน มีวิธีการจัดการได้อย่างไร

ดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำมีดัชนีที่บ่งบอกหลายอย่าง เช่น สี ความเป็นกรด-เบส ดีไอ บีโอดี ปริมาณสารโลหะหนัก สารฆ่าแมลง สารกัมมันตรังสี ปริมาณแบคทีเรียฟิโคลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) แต่เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำในเบื้องต้นโดยทั่วไปคือ การหาค่าดีไอ



รู้หรือไม่

แบคทีเรียฟิโคลโคลิฟอร์ม เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ อุนทรมีร่างกายคงที่ ซึ่งถูกขับถ่ายออกมา กับอุจจาระ มักพบเป็นสาเหตุของการเกิดโรคกระเพาะในทางเดินอาหาร แบคทีเรียชนิดนี้ เช่น อีโคไล (*E. coli*)

ดีไอ (dissolved oxygen ; DO) หมายถึง ปริมาณ O_2 ที่ละลายในน้ำซึ่งได้มาจากบรรยากาศและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำ ปริมาณ O_2 ที่ละลายในน้ำจะแปรผกผันกับอุณหภูมิและความเข้มข้นของแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ถ้าอุณหภูมิของน้ำและความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำสูงจะทำให้ O_2 ละลายในน้ำได้น้อยลง น้ำในธรรมชาติทั่วไปที่มีคุณภาพดีมีค่าดีไอประมาณ 5-7 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าค่าดีไอต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร จัดว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้นเน่าเสีย

บีโอดี (biochemical oxygen demand ; BOD) หมายถึง ปริมาณ O_2 ที่จุลินทรีย์ในน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ตามมาตรฐานสากลจะวัดค่าบีโอดีภายในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จึงเรียกว่า BOD_5 ถ้าแหล่งน้ำใดยังมีค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความสะอาดของน้ำยังลดลง ดังตาราง 25.1



รู้หรือไม่

การหาค่าบีโอดีทำได้โดยเก็บน้ำตัวอย่างใส่ขวดที่ใช้ในการวัดค่าบีโอดีแล้วหาค่าดีไอเริ่มต้น จากนั้นนำไปไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำน้ำมาหาค่าดีไออีกครั้ง นำค่าดีไอที่ได้มาหักลบกับค่าที่เหลือจะเป็นค่า BOD_5

ตาราง 25.1 ค่า BOD₅ ดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ	ค่า BOD ₅ (mg/L)
น้ำบริสุทธิ์	0
น้ำสะอาดมาก	1
น้ำสะอาด	2
น้ำสะอาดพอประมาณ	3
น้ำไม่สะอาด	5
น้ำสกปรก	10

ที่มา : กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2562). มาตรฐานคุณภาพน้ำ. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2562, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html

น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้กันทั่วไป มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ ดังตาราง 25.2

ตาราง 25.2 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	คุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	ฟีคอลโคลิฟอร์ม (MPN/100 mL)
1.	แหล่งน้ำที่มีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติก่อน - เพื่อการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน - เพื่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ 				ตามธรรมชาติ

ประเภทแหล่งน้ำ	คุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	ฟีคอลโคลิฟอร์ม (MPN/100 mL)
2.	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน - เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ - เพื่อการประมง - เพื่อการว่ายน้ำและการกีฬาทางน้ำ 	5-9	>6	<1.5	ไม่เกิน 1,000
3.	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน - เพื่อการเกษตร 	5-9	>4	<2	ไม่เกิน 4,000
4.	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน - เพื่อการอุตสาหกรรม 	5-9	>2	<4	ไม่เกิน 4,000
5.	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท	เพื่อการคมนาคม	มาตรฐานต่ำกว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 4			

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (2537, 27 กุมภาพันธ์), ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง.

หมายเหตุ MPN ย่อมาจาก Most Probable Number เป็นวิธีการหนึ่งในการประเมินความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตในน้ำ ในกรณีนี้คือ *E. coli* โดยใช้วิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเหลวในหลอดทดลองที่มีแล็กโทส โดยทำการเจือจางเชื้อจุลินทรีย์ลงทีละ 10 เท่า แล้วเปรียบเทียบกับจำนวนหลอดที่มีการสร้างกรด และฟองแก๊สกับชุดควบคุมในแต่ละความเข้มข้นโดยใช้วิธีการทางสถิติ

- ? ถ้าแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย จะทราบและตรวจสอบได้อย่างไร
- ? น้ำเสียส่งผลกระทบต่อด้านใดบ้างต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อธิบาย

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าหากแหล่งน้ำเน่าเสียก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้โดยตรงและเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการอุปโภคและบริโภค ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำได้

ปัญหาการขาดแคลนน้ำ เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ดังนี้

1. การตัดไม้ทำลายป่าเป็นการทำลายแหล่งต้นน้ำลำธาร
2. การขุดเจาะน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ในปริมาณมาก อาจทำให้แหล่งน้ำผิวดินเกิดการแห้งขอด
3. ปัญหามลพิษทางน้ำจากการปล่อยน้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรและฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่ยังไม่ได้บำบัดหรือการทิ้งขยะมูลฝอยลงในแหล่งน้ำ
4. การสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำจากประเทศเพื่อนบ้านที่ตั้งอยู่ต้นแม่น้ำทำให้ประเทศที่ตั้งอยู่ปลายแม่น้ำเกิดการขาดแคลนน้ำ
5. ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño phenomenon) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเหนือบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ ทำให้เกิดความกดอากาศสูงเหนือแปซิฟิกตะวันตก เกิดลมพัดย้อนกลับจากแปซิฟิกตะวันตกไปยังแปซิฟิกตะวันออก มีผลทำให้บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลียตอนเหนือเกิดความแห้งแล้ง ทำให้การขาดแคลนน้ำทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น

- ? การขาดแคลนน้ำยังเกิดจากสาเหตุใดได้อีกบ้าง ยกตัวอย่าง
- ? ปัญหาการขาดแคลนน้ำมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อย่างไร

แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ

การจัดการทรัพยากรน้ำเป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับน้ำและการนำน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด คุ่มค่า และมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดความยั่งยืน จึงต้องมีการจัดการที่เหมาะสมและถูกวิธี ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1. การปลูกจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า เช่น การช่วยกันประหยัดการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

2. การวางแผนการใช้น้ำเพื่อให้มีน้ำใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างพอเพียงตลอดฤดูกาล เช่น การกักเก็บน้ำใต้ผิวดิน หรือทำที่สำหรับเก็บน้ำ เช่น ทำแท็งก์น้ำ ขุดบ่อ ขุดสระ เพื่อกักเก็บน้ำฝน
3. การนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำน้ำที่ผ่านการซักล้าง ล้างภาชนะในครัวเรือน มาใช้เพื่อการรดน้ำต้นไม้ ล้างพื้น หรือล้างคอกสัตว์ เป็นต้น
4. การแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ อาจใช้วิธีการแยกหรือทำลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งที่อยู่ในรูปของสารละลายและในรูปสารที่ไม่ละลายน้ำให้หมดไป และลดปริมาณสารมลพิษในน้ำด้วยวิธีการบำบัดน้ำให้เป็นน้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยทั่วไปสามารถบำบัดน้ำเสียได้ด้วยวิธีทางชีววิทยา และวิธีทางเคมี

- ? การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาและวิธีทางเคมีแตกต่างกันอย่างไร
- ? ยกตัวอย่างการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาและวิธีทางเคมี



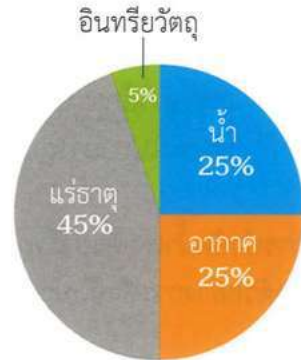
รู้หรือไม่

วอเตอร์ฟุตพริ้นต์ (water footprint) เป็นการวัดปริมาณการใช้น้ำและ/หรือปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยเวลา ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม ตัวอย่างเช่น การผลิตน้ำตาลทรายขาว จะพิจารณาอวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ตั้งแต่การเตรียมดิน การเพาะปลูก การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช การเก็บเกี่ยว การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน และกระบวนการผลิตน้ำตาล สินค้าที่ติดฉลากว่าอวอเตอร์ฟุตพริ้นต์น้อย แสดงว่ามีการใช้น้ำและทำให้เกิดน้ำเสียน้อยกว่าสินค้าที่ติดฉลากว่าอวอเตอร์ฟุตพริ้นต์มากกว่า การทำอวอเตอร์ฟุตพริ้นต์เพื่อให้เกิดความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้า

25.2.2 ทรัพยากรดิน

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ ดินเกิดจากการผุพังของหินและแร่ธาตุต่างๆ ผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์ จนกลายเป็นชั้นบางๆ ปกคลุมพื้นผิวโลก ถึงแม้ว่าดินเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ แต่ระยะเวลาในการเกิดดินต้องใช้เวลาจนถึง 200 ปี หรืออาจถึง 1,000 ปี ในการสร้างดินชั้นบนขึ้นมาประมาณ 1 นิ้ว

องค์ประกอบของดิน ประกอบด้วยแร่ธาตุร้อยละ 45 อินทรีย์วัตถุร้อยละ 5 ส่วนที่เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างระหว่างก้อนดินร้อยละ 25 และอากาศที่เป็นช่องว่างระหว่างก้อนดินร้อยละ 25 ดังรูป 25.5

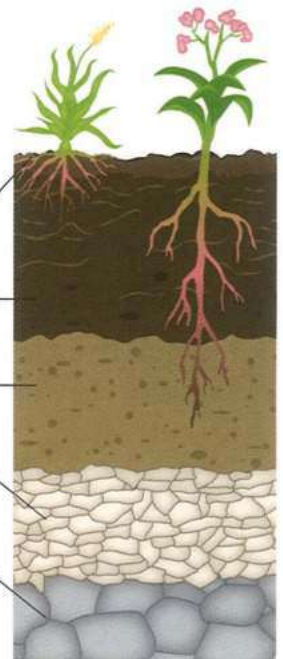


รูป 25.5 สัดส่วนองค์ประกอบของดิน

ดินแต่ละแห่งจะมีสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ วัตถุต้นกำเนิดดิน สิ่งมีชีวิตต่างๆ ในดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินและระยะเวลาของการพัฒนาชั้นดิน ซึ่งการแบ่งชั้นดินหลักสามารถแบ่งออกตามลักษณะต่างๆ ของดิน เช่น สีดิน การระบายน้ำของดิน และระดับความหนาของชั้นดิน เป็นต้น ซึ่งศึกษาได้จากภาพตัดขวางของดิน ดังรูป 25.6



- ชั้นผิวดิน เป็นชั้นของอินทรีย์วัตถุที่มีใบไม้ กิ่งไม้ที่ร่วงหล่นลงมา เริ่มผุพังบ้างแล้ว
- ดินชั้นบน เป็นชั้นของฮิวมัส แร่ธาตุบางชนิด ซากพืช ซากสัตว์ รากไม้ซึ่งผุพังแล้วบางส่วน เป็นชั้นดินที่ถูกชะล้าง
- ดินชั้นล่าง เป็นชั้นดินที่มีการทับถม ดินละเอียด มีรากไม้
- วัตถุต้นกำเนิดดิน เป็นชั้นที่เกิดจากการสลายตัวของผุพังทั้งทางกายภาพและชีวเคมีของชั้นหินชนิดต่างๆ
- ชั้นหินพื้น ประกอบด้วยหินพื้นที่เป็นหินประเภทต่างๆ ที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของเปลือกโลก



รูป 25.6 ชั้นของดิน แสดงภาพตัดขวางของดิน

ทรัพยากรดินมีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เพราะมนุษย์ใช้ประโยชน์จากดินในแง่เป็นแหล่งปัจจัยสี่ทางด้านอาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค จากการทำการเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม นอกจากนี้ดินยังเป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติและเป็นแหล่งน้ำใต้ดินอีกด้วย

- ? การใช้ประโยชน์จากดินยังมีด้านใดอีกบ้าง ยกตัวอย่าง
- ? การใช้ประโยชน์จากดินทำให้เกิดปัญหาอะไรบ้าง และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคืออะไร



เชื่อมโยงกับธรณีวิทยา

เนื้อดิน (soil texture) เป็นลักษณะทางกายภาพของดินเกิดจากการผสมของอนุภาคดิน (soil particle) 3 ขนาด ดังนี้

อนุภาคดินทราย (sand) มีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุด ประมาณ 0.02-2 มิลลิเมตร
 อนุภาคดินทรายแป้ง (silt) มีขนาดอนุภาคปานกลาง ประมาณ 0.002-0.02 มิลลิเมตร
 อนุภาคดินเหนียว (clay) มีขนาดอนุภาคเล็กที่สุด ประมาณ น้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร

อนุภาคดินทั้ง 3 ชนิดนี้ ผสมกันในสัดส่วนต่าง ๆ ได้เป็นกลุ่มดินต่าง ๆ 3 กลุ่ม ดังนี้
 กลุ่มดินเนื้อหยาบ ได้แก่ ดินทราย ดินทรายปนดินร่วน ดินร่วนปนทราย
 กลุ่มดินเนื้อปานกลาง ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง ดินทรายแป้ง
 กลุ่มดินเนื้อละเอียด ได้แก่ ดินเหนียวปนทราย ดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินเหนียว

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรดิน

ปัญหามลพิษทางดิน

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากดินเพื่อความต้องการพื้นฐานในการดำรงชีวิต เมื่อประชากรมนุษย์เพิ่มมากขึ้นมีความต้องการที่ดินเพื่อการปลูกสร้างที่อยู่อาศัย การขยายพื้นที่เพาะปลูกพืช การใส่ปุ๋ยเคมี และการใช้สารกำจัดวัชพืชและแมลง เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ ตลอดจนเป็นแหล่งทิ้งขยะมูลฝอยลงบนดิน การใช้ประโยชน์จากดินเหล่านี้ อาจส่งผลให้เกิดมลพิษทางดิน (soil pollution) และปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน

แหล่งที่มาของมลพิษทางดิน

1. การทิ้งขยะลงในดิน เช่น เศษอาหาร พลาสติก โฟม แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูป 25.7 ทำให้เกิดการสะสมสารมลพิษในดิน ขยะที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อาจทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และเป็นแหล่งสะสมจุลินทรีย์ก่อโรค ส่วนขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายหรือใช้เวลานานในการย่อยสลาย เช่น พลาสติก โฟม จะทำให้สะสมอยู่ในดิน สารมลพิษจากขยะจึงรั่วซึมลงไปในดินทำให้อนุภาคดินที่มีสมบัติเป็นประจุสามารถดูดซับสารมลพิษเหล่านี้และถ่ายทอดไปตามโซ่อาหาร



รูป 25.7 กองขยะบนดิน

? ขยะจำพวกพลาสติกที่ทิ้งลงบนดินพบว่าส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำด้วย มีเส้นทางการเกิดได้อย่างไร และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำอย่างไรบ้าง

2. การใช้สารเคมีทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมี สารกำจัดวัชพืชและแมลง ซึ่งสารเคมีเหล่านี้บางชนิดสลายตัวได้เองในธรรมชาติ บางชนิดสลายตัวได้ช้าหรืออาจไม่สลายตัวและเกิดการสะสมอยู่ในดินทำให้สารมลพิษเหล่านั้นสามารถถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้ สำหรับประเทศไทยมีการใช้สารเคมีในปริมาณค่อนข้างสูง จากสถิติการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 ดังตาราง 25.3

ตาราง 25.3 สถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561

หน่วย : ปริมาณต่อตัน มูลค่า : ล้านบาท

ปี พ.ศ.	สารเคมี									
	สารกำจัดวัชพืช (Herbicide)		สารกำจัดแมลง (Insecticide)		สารป้องกันและ กำจัดโรคพืช (Fungicide)		อื่นๆ		รวม	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2557	117,642	13,435	13,910	4,013	10,988	4,708	4,832	656	147,375	22,812
2558	119,971	11,016	12,927	3,684	11,088	3,839	5,560	787	149,546	19,326
2559	125,596	9,688	16,056	3,899	12,915	4,503	6,120	2,487	160,824	20,618
2560	148,979	13,686	21,601	6,166	19,923	6,974	7,814	1,096	198,317	27,922
2561	125,280	14,744	18,057	5,481	21,004	6,935	6,591	9,138	170,932	36,298

หมายเหตุ อื่นๆ ได้แก่ สารกำจัดไร ไล่เดือนฝอย สารกำจัดหนู สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารรมควันพืช สารกำจัดหอย และหอยทาก

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2562). ตารางสถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561. สืบค้นเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก <http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH>

- ? จากตาราง 25.3 การนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรในแต่ละประเภทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 เป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น และแนวโน้มจะเป็นอย่างไร
- ? การใช้สารเคมีทางการเกษตรในปริมาณมากมีผลกระทบต่อทรัพยากรดินและทรัพยากรธรรมชาติอื่นใดอีกบ้าง อธิบาย



รู้หรือไม่

สารเคมีทางการเกษตรเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรหากใช้อย่างไม่ระมัดระวัง หรือใช้อย่างไม่ถูกต้องอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ร่างกายและสุขภาพของผู้ใช้ได้ สารเคมีเหล่านี้จะปนเปื้อนและตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ดิน น้ำ อากาศ สิ่งแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต มนุษย์จึงได้รับผลกระทบหากสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง และหากสารเคมีดังกล่าวเข้าสู่ร่างกายอาจส่งผลให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้ สารเคมีเหล่านี้ สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 4 ช่องทาง คือทางผิวหนัง ทางการหายใจ ทางการกิน และทางตา

ที่มา : สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). เรื่องที่ 2 อันตรายจากการใช้วัตถุอันตราย ความเป็นพิษต่อร่างกายและสุขภาพ. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2562, จาก http://www.doa.go.th/ard/?page_id=2992

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ อาจส่งผลให้เกิดขยะมากบ้างน้อยบ้างแตกต่างกัน ปริมาณขยะเมื่อมีมากขึ้นในแต่ละวันจะต้องหาวิธีการในการกำจัดให้เหมาะสมและมีการจัดการอย่างถูกวิธี เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มนุษย์จะมีความรับผิดชอบต่อขยะที่เกิดขึ้นจากการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างไร สามารถศึกษาได้จากการทำกิจกรรม 25.1



กิจกรรม 25.1 ขยะที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันกับแนวทางการแก้ไข

จุดประสงค์

1. สำรวจและวิเคราะห์เกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ทำให้เกิดขยะ
2. เสนอแนวทางการแก้ไขเพื่อลดปริมาณขยะ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม และสมาชิกภายในกลุ่มแต่ละคน วิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันภายในรอบ 1 วัน ตั้งแต่ตื่นนอนจนเข้านอนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดขยะ ในประเด็นต่อไปนี้
 - ลักษณะของกิจกรรม
 - ประเภทขยะที่เกิดขึ้น
 - ปริมาณขยะ
2. ออกแบบตารางบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลของสมาชิกทั้งหมดภายในกลุ่มมาศึกษาและวิเคราะห์ ตามประเด็นในข้อ 1
3. สรุปรายชื่อเกี่ยวกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันที่มีผลต่อการทำให้เกิดขยะ ประเภทขยะ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นต่อคน และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นต่อกลุ่ม
4. ระบุแนวทางในการแก้ไขเพื่อลดปริมาณขยะ และนำเสนอผลการศึกษาเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในห้องเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ? ประเภทขยะที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง
2. ? ปริมาณขยะใน 1 วันของนักเรียน โดยภาพรวมต่อคน ต่อกลุ่มและต่อห้องเรียนเป็นอย่างไร
3. ? ในครอบครัวของนักเรียนมีกิจกรรมที่มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดขยะประเภทใดบ้าง และมีปริมาณขยะต่อวันเป็นอย่างไร นักเรียนจะมีแนวทางในการลดปริมาณขยะได้อย่างไร
4. ? นักเรียนคิดว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นนี้ จะถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีใดและส่งผลกระทบต่อทรัพยากรดินอย่างไร

ดัชนีที่ใช้การตรวจสอบคุณภาพดิน

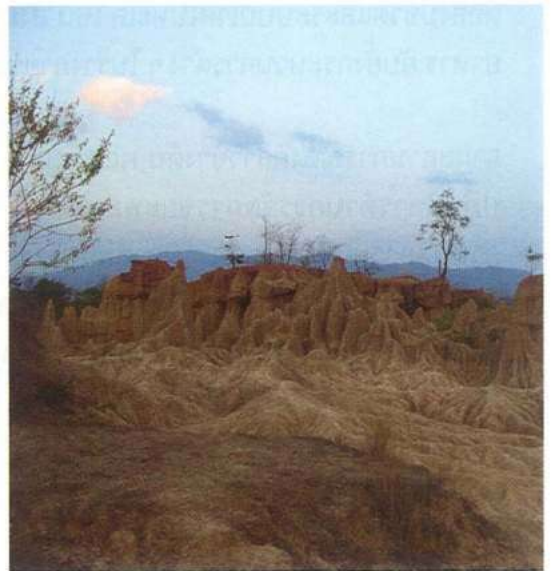
ในกรณีต้องการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินซึ่งกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพดินแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้เพื่อที่อยู่อาศัยและเกษตรกรรม และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม โดยใช้ดัชนีตรวจสอบคุณภาพดิน ได้แก่ กลุ่มสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย เช่น เบนซีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ กลุ่มโลหะหนัก เช่น สารหนู ตะกั่ว ปรีท กลุ่มสารกำจัดศัตรูพืช เช่น ดีดีที ดิลดริน (dieldrin) กลุ่มสารพิษอื่น ๆ เช่น ไซยาไนด์ ซึ่งค่ามาตรฐานขั้นต่ำของดัชนีตรวจสอบคุณภาพดินในแต่ละกลุ่มที่กำหนดไว้สำหรับคุณภาพดินทั้งสองประเภทนั้นมีความแตกต่างกัน

จากที่กล่าวมาส่วนใหญ่เป็นปัญหามลพิษทางดินที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ นอกจากนี้ยังพบว่าความเสื่อมโทรมของดินที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ก็ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกัน มนุษย์จะมีแนวทางในการแก้ไขและจัดการทรัพยากรดินเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนได้อย่างไร

ปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน

ความเสื่อมโทรมของดินจะส่งผลทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป เกิดได้หลายสาเหตุ เช่น

1. การพังทลายของดิน (soil erosion) ทั้งที่เกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น การตกกระทบของฝน การกัดเซาะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน การพัดพาของลม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด น้ำท่วม ลมพายุ ดังรูป 25.8 และการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเพาะปลูกพืชไม่ถูกวิธีและไม่เหมาะสม ตลอดจนการขุดดินเพื่อปรับระดับพื้นที่ ทำให้มีการสูญเสียเนื้อดินและสภาพของดิน ตลอดจนอาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศด้วย



รูป 25.8 การพังทลายของดินที่เกิดจากธรรมชาติ

2. ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และขาดธาตุอาหาร เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ดินชั้นบนที่มีธาตุอาหารในปริมาณมากถูกพัดพาออกจากพื้นที่ การเผาพืชหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทำให้สูญเสียธาตุอาหารในดิน การปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานาน ๆ ขาดการบำรุงดิน ทำให้ธาตุอาหารในดินบางชนิดถูกใช้ไปหมด หรือการปลูกพืชที่โตเร็วและใช้ธาตุอาหารสูง ดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช เช่น ดินมีสภาพเป็นกรดหรือดินเปรี้ยว ดินเค็ม เป็นต้น

- ? ปัญหาความเสื่อมโทรมของดินมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร
 ? วิธีการแก้ปัญหาดินเปรี้ยว ดินเค็ม มีวิธีการอย่างไร



รู้หรือไม่

ไมโครพลาสติก เป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร เกิดจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการในการใช้งาน เช่น ไมโครบิดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือโฟมล้างหน้า หรือเกิดจากการแตกหัก ย่อยสลายของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ ไมโครพลาสติกเหล่านี้ทำให้เกิดเป็นปัญหามลพิษทางทะเล และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศในทะเล เช่น สิ่งมีชีวิตที่กินไมโครพลาสติกเข้าไปจะอุดตันทางเดินอาหาร ยับยั้งกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตและทำให้เกิดการสะสมในโซ่อาหาร

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น คณะอนุกรรมการบริหารจัดการขยะพลาสติก ได้จัดทำแผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก โดยมีเป้าหมายภายในปี พ.ศ. 2562-2568 จะกำหนดการเลิกใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียวทิ้ง (single-use plastic) จำนวน 7 ชนิด คือ พลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำดื่ม ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีส่วนผสมของสารประเภทออกโซ (oxo) ไมโครบิดจากพลาสติก ถุงพลาสติกหิ้วขนาดเล็กความหนาน้อยกว่า 36 ไมโครเมตร กล่องโฟมบรรจุอาหาร แก้วน้ำพลาสติก (ใช้ครั้งเดียว) หลอดพลาสติก

แนวทางการจัดการทรัพยากรดิน

การจัดการทรัพยากรดินเพื่อแก้ปัญหาคความเสื่อมโทรมของดินและปัญหามลพิษทางดิน ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากดินได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดความยั่งยืนสามารถทำได้ดังนี้

1. การเลือกใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน เช่น เพื่อการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ การสร้างที่อยู่อาศัย ซึ่งสามารถใช้ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. การป้องกันการพังทลายของดิน เช่น การปลูกพืชแบบขั้นบันไดตามบริเวณไหล่เขา เพื่อช่วยชะลอความเร็วของการไหลบ่าของน้ำและป้องกันการชะหน้าดิน ดังรูป 25.9 ก. นอกจากนี้การปลูกพืชคลุมดิน ก็สามารถช่วยลดแรงตกระทบของฝนและรักษาความชุ่มชื้นในดิน ดังรูป 25.9 ข.



รู้หรือไม่

องค์การสหประชาชาติได้กำหนดให้วันที่ 5 ธันวาคมของทุกปีซึ่งเป็นวันพระราชสมภพของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร เป็นวันดินโลก (world soil day)



ก. การปลูกพืชแบบขั้นบันได



ข. การปลูกพืชคลุมดิน

รูป 25.9 การป้องกันการพังทลายของดิน

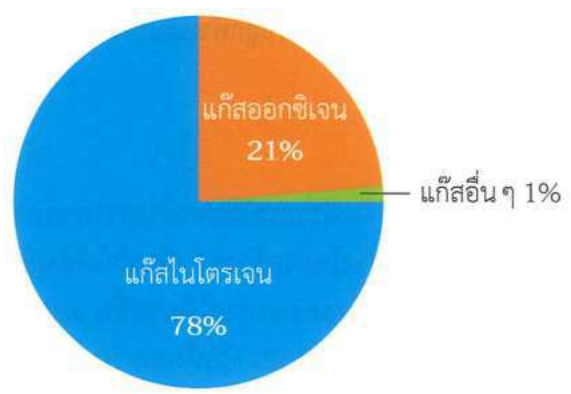
3. การปรับปรุงสมบัติของดินทางกายภาพและทางเคมีทำได้ดังนี้ ทางกายภาพเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของดินทำให้ดินยึดเกาะกันดีขึ้น เกิดช่องว่างในดินทำให้เกิดการดูดซับน้ำและอากาศได้มากขึ้น และยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการใส่อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก การไถพรวนดิน การปลูกพืชหมุนเวียน ส่วนทางเคมีเป็นการปรับปรุงให้ดินมีสภาพเป็นกลางเหมาะสมกับการเพาะปลูกพืช ในกรณีที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือดินเปรี้ยว โดยใส่หินปูนบด หรือเปลือกหอยบดหรือปูนขาว ผสมคลุกเคล้ากับดิน จากนั้นใช้น้ำชะล้างความเป็นกรดออกจากหน้าดิน ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักเป็นดินเค็มเพราะมีเกลือสินเธาว์ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการทำเกลือสินเธาว์ไม่ให้น้ำเกลือไหลลงสู่ไร่นา หรือปลูกพืชทนเค็ม

4. การลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยการสนับสนุนให้เกษตรกรทำเกษตรอินทรีย์ เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง ทำให้ช่วยลดสารมลพิษที่สะสมในดิน และรักษาสมดุลของระบบนิเวศ
5. การกำจัดขยะ ตามประเภทของขยะมูลฝอยแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ ขยะย่อยสลาย เป็นขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็วสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ขยะรีไซเคิลเป็นของเสียบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุเหลือใช้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ขยะอันตรายเป็นขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ และขยะทั่วไปเป็นขยะประเภทอื่นที่นอกเหนือจากขยะที่กล่าวข้างต้น ต้องมีการกำจัดขยะอย่างถูกหลักวิชาการ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเสียและอากาศเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม
6. การปลูกจิตสำนึกในการลดการใช้สิ่งของที่ทำจากพลาสติก โฟม เช่น เปลี่ยนจากการใช้ถุงพลาสติกมาใช้ถุงผ้า เปลี่ยนจากการใช้ภาชนะใส่อาหารที่ทำจากพลาสติกหรือโฟมมาใช้พลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ สามารถช่วยลดการสะสมสารมลพิษทางดินได้

- ? เพราะเหตุใดหญ้าแฝกจึงสามารถช่วยป้องกันการพังทลายของดินได้
- ? ปัญหามลพิษทางดินมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร และมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างไร

25.2.3 ทรัพยากรอากาศ

อากาศเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้นและมีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด อากาศประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 78 แก๊สออกซิเจนร้อยละ 21 และแก๊สอื่น ๆ ร้อยละ 1 เช่น แก๊สอาร์กอน (Ar) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แก๊สมีเทน (CH₄) และไอน้ำ ดังรูป 25.10 โดยชั้นบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตจะอยู่สูงจากผิวโลกประมาณไม่เกิน 5-6 กิโลเมตรเท่านั้น



รูป 25.10 สัดส่วนของแก๊สที่เป็นองค์ประกอบของอากาศ

เคยสังเกตหรือไม่ว่า ในบางวันเมื่อหายใจสูดอากาศเข้าไปจะรู้สึกสดชื่น บางวันอาจรู้สึกอึดอัด บางครั้งเกิดอาการไอ จามและแสบจมูก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในอากาศมีสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้น **ทราบหรือไม่ว่าสิ่งปนเปื้อนนั้น เกิดขึ้นได้อย่างไร และเกิดจากสาเหตุใด**

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศ

ในอากาศอาจมีสารเคมีหรือสารมลพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศในปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและมนุษย์ทำให้เกิดเป็น **มลพิษทางอากาศ (air pollution)** แหล่งที่มาของสารมลพิษทางอากาศ สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์

มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น จากการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็น และการที่น้ำท่วมขังไร่นาเป็นเวลานาน ๆ ทำให้เกิด CH_4 ซึ่งเป็นแก๊สที่สำคัญในปรากฏการณ์เรือนกระจก การเกิดภูเขาไฟระเบิดทำให้มีการฟุ้งกระจายของแก๊สและฝุ่น รวมทั้งการเกิดพายุหมุนก็ทำให้มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายในบรรยากาศอีกด้วย และนอกจากนี้การเกิดไฟไหม้ป่า ดังรูป 25.11 ก. ทำให้เกิดกลุ่มควันและ CO_2 ซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคมต่าง ๆ ดังรูป 25.11 ข. และในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วปล่อยสารมลพิษออกมา เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x) เป็นต้น นอกจากนี้การเผาขยะ การเผาป่า หรือการเผาเศษวัชพืชหลังเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตรก่อให้เกิดหมอกควัน และแก๊สที่เป็นมลพิษ การก่อสร้างทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง การใช้สารเคมีทางการเกษตรและอุตสาหกรรมฉีดพ่นก็เกิดการฟุ้งกระจายของละอองสารเคมีในอากาศด้วย รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก็เป็นแหล่งที่สำคัญในการปล่อยสารมลพิษออกมาเจือปนในอากาศ

? กรณีที่เกิดไฟไหม้ป่าทางภาคเหนือเป็นประจำ หรือไฟไหม้ป่าพรุทางภาคใต้ นั้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต มนุษย์ และสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง อธิบาย

หากมนุษย์ได้รับสารมลพิษทางอากาศในปริมาณมากก็อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น อาจเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคหลอดเลือด โรคหัวใจ โรคทางเดินอาหาร โรคมะเร็ง แต่หากได้รับมลพิษทางอากาศในปริมาณไม่มาก อาจส่งผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา หู จมูก และปาก



ก. ไฟไหม้ป่า



ข. การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์

รูป 25.11 สาเหตุการเกิดมลพิษทางอากาศ



การเชื่อมโยงความรู้

แก๊สเรือนกระจกเป็นแก๊สที่มีสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดได้ดี เช่น ไอน้ำ และ CO_2 , CH_4 , SF_6 , N_2O ซึ่งโลกถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของแก๊สเรือนกระจกเหล่านี้ที่มีตามธรรมชาติทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกอยู่ในระดับที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ปริมาณแก๊สเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เมื่อแก๊สเรือนกระจกมากขึ้นส่งผลให้โลกร้อนมากขึ้น ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect)

สารมลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศ

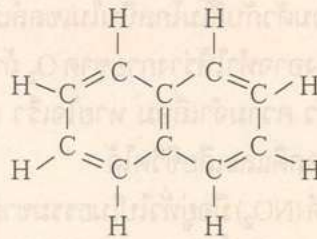
1. อนุภาคแขวนลอยในอากาศ หมายถึง อนุภาคในอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมโครเมตร แบ่งได้ 2 ชนิดคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (particulate matter; PM_{10}) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) โดยอาจอยู่ในรูปของแข็ง เช่น ฝุ่นละอองจากหิน ดิน ทราย เก้าอี้ ถ่าน เขม่าควันจากท่อไอเสียรถยนต์ หรืออยู่ในรูปของเหลว เช่น ละอองของสารกำจัดศัตรูพืช ละอองไอของสารเคมีต่าง ๆ อนุภาคแขวนลอยในอากาศเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็ง โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ
2. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดจากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม และแก๊สธรรมชาติ สำหรับ CO ที่หายใจเข้าไปจะรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงลำเลียง O_2 ได้น้อยลงอาจทำให้ร่างกายขาด O_2 ถ้าอยู่ในสภาพเช่นนี้นาน ๆ จะทำให้เกิดอาการสาวยตาพร่ามัว ความจำเสื่อม หายใจเร็ว เจ็บหน้าอก และถ้าได้รับ CO ในปริมาณมากจะทำให้หมดสติและเสียชีวิตได้
3. แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติและเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมบางชนิด แก๊สนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ
4. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์ผสมอยู่ เช่น ถ่านหินลิกไนต์ น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันปิโตรเลียม ฟืน ถ่านไม้ แก๊สนี้มีผลต่อระบบหายใจและก่อให้เกิดการระคายเคืองบริเวณผิวหนัง นัยน์ตา เมื่อ SO_2 ทำปฏิกิริยากับ O_2 ในอากาศกลายเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศจะกลายเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) หรือกรดกำมะถันทำให้เกิดฝนกรดมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต
5. แก๊สโอโซน (O_3) ที่เป็นสารมลพิษทางอากาศคือ แก๊สโอโซนในชั้นบรรยากาศผิวโลกชั้นสตราโทสเฟียร์ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนและสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น เฮกเซน (hexane) เบนซีน (benzene) อะซิโตน (acetone) และมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง ทำให้เหนื่อยง่าย
6. สารโลหะหนัก เช่น ตะกั่วในรูปของไนเตรต คลอเรต ซึ่งเป็นสารเติมผสมในน้ำมันเบนซินเมื่อน้ำมันเผาไหม้ในรถยนต์ สารตะกั่วจะปะปนออกมากับไอเสียซึ่งเป็นสารพิษ เมื่อสูดดมจะสะสมในปอดและระบบหมุนเวียนเลือด นอกจากนี้ปรอทที่ปนเปื้อนในอากาศในรูปไอปรอทที่เกิดจากแหล่งผลิตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เครื่องสำอาง กระจก สารกำจัดวัชพืชและแมลง เมื่อร่างกายได้รับสารนี้จะสะสมส่งผลกระทบต่อระบบประสาท

? มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดผลกระทบในด้านใดได้บ้าง ยกตัวอย่าง



รู้หรือไม่

ลูกเหม็น หรือแนฟทาลีน (naphthalene) ที่นิยมนำมาใช้ไว้ในตู้เสื้อผ้าเพื่อป้องกันแมลงนั้นพบว่า ไอร์เรเชียนของสารเคมีที่อยู่ในลูกเหม็นอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ เนื่องจากลูกเหม็นมีสารจำพวกพอลิแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (polyaromatic hydrocarbon) ซึ่งผลิตมาจากน้ำมันปิโตรเลียมและน้ำมันดิน (tar) ลูกเหม็น ($C_{10}H_8$) มีสูตรโครงสร้างดังรูป



สูตรโครงสร้าง
ของลูกเหม็น

เมื่อลูกเหม็นระเหิดไปในอากาศและร่างกายได้รับสารนี้เข้าไปจากการหายใจ ทำให้เกิดพิษสะสมในร่างกายได้ ถ้าได้รับในปริมาณมากทำให้เกิดอาการวิงเวียน หายใจไม่ออก และถึงกับหมดสติได้ และพบว่าไอร์เรเชียนของสารนี้อาจมีผลต่อการทำลายเลนส์ตาและผิวหนัง ตลอดจนมีผลทำลายตับและไต รวมทั้งเซลล์เม็ดเลือดแดง นอกจากนี้พบว่าเป็นสาเหตุทำให้ทารกป่วยเป็นโรคภาวะพร่องเอนไซม์ G6PD (glucose-6-phosphate dehydrogenase)

ควรรูป พบว่ามีสารก่อมะเร็ง 3 ชนิด ได้แก่ เบนซีน (benzene) บิวทาไดอีน (butadiene) และ เบนโซเอไพเร็น (benzo (a) pyrene) โดยสารก่อมะเร็งเกิดจากการเผาไหม้ของถ่าน และน้ำหอมที่เป็นองค์ประกอบของกำันรูป ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ

ดัชนีการตรวจสอบคุณภาพอากาศ

คุณภาพอากาศในแต่ละพื้นที่สามารถระบุได้ด้วยค่าดัชนีคุณภาพอากาศซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ประเมินระดับของผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งคำนวณได้จากความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ อนุภาคแขวนลอยในอากาศขนาด $PM_{2.5}$ PM_{10} CO NO_2 SO_2 และ O_3

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยเป็นการรายงานการตรวจวัดรายวันของคุณภาพอากาศ โดยคำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิด สารมลพิษทางอากาศที่มีค่าดัชนีสูงสุดจะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ ณ ช่วงเวลานั้น แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์ค่าดัชนีคุณภาพอากาศซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ โดยใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ดังตาราง 25.4

ตาราง 25.4 เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

ดัชนีคุณภาพอากาศ	ความหมาย	สีที่ใช้	ข้อความแจ้งเตือน
0-25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับทำกิจกรรมกลางแจ้ง และการท่องเที่ยว
26-50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้ง และการท่องเที่ยวได้ตามปกติ
51-100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง
101-200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แสบหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้ง หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น หากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

ที่มา : กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2562). เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2562, จาก http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php



กิจกรรมเสนอแนะ : วิเคราะห์คุณภาพอากาศ

จุดประสงค์

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

วิธีการทำกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลคุณภาพอากาศในท้องถิ่นของนักเรียนและพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศไทยที่นักเรียนสนใจศึกษา แล้วนำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย และเปรียบเทียบจากตาราง 25.4
2. ร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้
 - คุณภาพอากาศในท้องถิ่นของนักเรียนโดยภาพรวมเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศไทยมีคุณภาพอากาศเป็นอย่างไร และมีปัญหามลพิษทางอากาศหรือไม่ (ถ้ามี) น่าจะเกิดจากสาเหตุใด
 - ปัญหามลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อคนในท้องถิ่นนั้นอย่างไร
 - แนวทางการป้องกัน และแก้ไขคุณภาพอากาศในท้องถิ่นของนักเรียนทำได้อย่างไร

จากกิจกรรมเสนอแนะจะเห็นได้ว่าในแต่ละท้องถิ่นของนักเรียนอาจมีคุณภาพอากาศที่เหมือนกันหรือแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและกิจกรรมของคนในท้องถิ่น นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถตรวจสอบคุณภาพอากาศอย่างง่ายด้วยตนเองได้จากการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ จากกิจกรรม 25.2



กิจกรรม 25.2 การวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศอย่างง่าย

จุดประสงค์

1. วัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ
2. วิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ สาเหตุ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

วัสดุและอุปกรณ์

1. สไลด์ 3-5 แผ่น
2. เทปกาวชนิดติดสันปกหนังสือ
3. วาสลีน
4. แแถบกระดาษสำหรับบันทึกข้อมูล
5. เชือกหรือด้ายสำหรับผูก
6. แวนชยายหรือกล่องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

วิธีการทำกิจกรรม

1. เลือกบริเวณที่จะสำรวจปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณโรงเรียน ในบ้านพัก ริมนอน สวนสาธารณะ แล้วกำหนดจุดที่จะสำรวจอย่างน้อย 3 จุด ในแต่ละบริเวณ
2. นำสไลด์ติดด้วยแถบกระดาษสำหรับบันทึกข้อมูล แล้วเขียนรายละเอียดข้อมูลลงปดังรูป

เทปกาวชนิดติดสันปกหนังสือ

แถบกระดาษสำหรับบันทึกข้อมูล



รูปสไลด์สำหรับบันทึกข้อมูล

3. ใช้เทปกาวตรึงหุ้มบริเวณด้านที่มีแถบกระดาษแล้วเจาะรูสำหรับร้อยเชือกหรือด้าย จากนั้นทาวาสลีนบนสไลด์ในด้านที่เหลือให้ทั่ว แล้วนำไปวางตรงจุดที่สำรวจโดยอาจใช้วิธีผูกแวนเอาไว้ในตำแหน่งเหนือทิศทางลม และหันด้านที่มีวาสลีนออก

4. วางทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสไลด์มาตรวจสอบดูปริมาณฝุ่นหรือเขม่าควันที่เกาะจับอยู่ด้วยแว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ และดูความหนาแน่นของฝุ่นหรือเขม่าควันนั้นเปรียบเทียบกับบริเวณอื่นๆ ที่สำรวจได้

คำถามท้ายกิจกรรม

- ? คุณภาพอากาศจากฝุ่นละอองในแต่ละจุดที่สำรวจ และแต่ละบริเวณเป็นอย่างไร และสรุปได้ว่าอย่างไร

จากกิจกรรม 25.2 ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในบริเวณต่างๆ ที่สำรวจได้ ถึงแม้จะอยู่ในท้องถิ่นเดียวกันแต่ก็อาจแตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นๆ เคยสังเกตหรือไม่ว่ามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งอาจแพร่กระจายไปยังพื้นที่ต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียงได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขเพื่อควบคุมให้มีคุณภาพอากาศที่เหมาะสมที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

แนวทางการจัดการทรัพยากรอากาศ

อากาศเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต การเกิดมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ซึ่งปัจจุบันนี้ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาระดับโลก ดังนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุม ป้องกัน และแก้ไข ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1. การกำหนดนโยบาย ข้อบังคับ ข้อควรปฏิบัติ และเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมในการควบคุมคุณภาพอากาศไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์
2. การสร้างความตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรอากาศโดยการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้กับประชาชน เพื่อให้ประชาชนเกิดความร่วมมือป้องกัน แก้ไข เพื่อลดปริมาณมลพิษทางอากาศ
3. การลดกิจกรรมที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ใช้บริการขนส่งสาธารณะแทนการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลให้มากขึ้น การคัดแยกขยะและนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเผาขยะ
4. การสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานรูปแบบใหม่ๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ แทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น

25.2.4 ทรัพยากรป่าไม้

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ ป่าไม้เป็นแหล่งรวมของความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ รวมทั้งมีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจและสังคม มนุษย์ใช้ประโยชน์จากป่าไม้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ประโยชน์ทางตรง เช่น นำผลผลิตจากป่าไม้หรือผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในป่ามาใช้เพื่อเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิต ประโยชน์ทางอ้อม เช่น เป็นแหล่งหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ทำให้เกิดความชุ่มชื้น ดินอุดมสมบูรณ์ ป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน นอกจากนี้ยังใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ตามธรรมชาติ พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีแนวโน้มเป็นอย่างไร สามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 25.3



กิจกรรม 25.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย

จุดประสงค์

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

วิธีการทำกิจกรรม

1. วิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 จากกราฟที่กำหนดให้

พื้นที่ป่า (ล้านไร่)



ที่มา : สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้

2. สืบค้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม้เป็นรายภาคตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 เพื่อดูแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในภาพรวม
3. ร่วมกันอภิปราย และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา การจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน

คำถามท้ายกิจกรรม

- ? พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพิ่มขึ้นหรือลดลง และน่าจะมาจากสาเหตุใด
- ? การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นรายภาคในภาพรวม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2561 เป็นอย่างไร
- ? แนวทางในการจัดการพื้นที่ป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนทำได้อย่างไรบ้าง

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรป่าไม้

ปัญหาการลดลงของทรัพยากรป่าไม้

การลดลงของพื้นที่ป่าไม้มาจากหลายสาเหตุ เช่น การลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกป่าอย่างผิดกฎหมายเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย หรือการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวโดยการสร้างโรงแรม รีสอร์ท สนามกอล์ฟ การเพิ่มพื้นที่ทำการเกษตร เป็นต้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดประชากรมนุษย์ทำให้มีความต้องการปัจจัยสี่เพื่อการดำรงชีวิตมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดไฟป่า การเกิดอุทกภัย ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น

เมื่อทรัพยากรป่าไม้ลดน้อยลง จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ CO_2 เพิ่มขึ้นเนื่องจากพืชที่อยู่ในป่าใช้ CO_2 ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงช่วยลดปริมาณ CO_2 ในอากาศได้ นอกจากนี้การทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ยังทำให้เกิด CO_2 และแก๊สเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในชั้นบรรยากาศ ทำให้ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดเพิ่มมากขึ้นมีผลให้อุณหภูมิของผิวโลกสูงขึ้น เกิดความแห้งแล้ง สภาพอากาศแปรปรวนทำให้เกิดคลื่นความร้อนรุนแรงมากขึ้นในหลายภูมิภาคทั่วโลกซึ่งมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ

2. การเกิดอุทกภัย เมื่อฝนตกหนักจะเกิดน้ำป่าไหลหลาก หากไม่มีป่าไม้เป็นแนวกันหรือช่วยชะลอการไหลอย่างรุนแรงของน้ำจะทำให้กระแสน้ำที่ไหลหลากลงมาจากพื้นที่ลาดชันอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการพังทลายของดินและส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อบ้านเรือน ชีวิต และทรัพย์สิน ดังรูป 25.12
3. การลดลงของพืชพรรณและสัตว์ป่า เมื่อป่าไม้ถูกทำลายไป ดังรูป 25.13 สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในป่าจะขาดแคลนแหล่งที่อยู่ และแหล่งอาหารทำให้เกิดการลดลงของขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจส่งผลให้สิ่งมีชีวิตนั้นหายไปจากบริเวณนั้นได้ นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตในป่าหลายสปีชีส์มีปฏิสัมพันธ์กัน การสูญหายไปของบางสปีชีส์อาจมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ ดังนั้นการตัดไม้ทำลายป่าจึงเกิดผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยร่วมกันในป่าได้



รูป 25.12 อุทกภัยและน้ำป่าไหลหลาก



รูป 25.13 การตัดไม้ทำลายป่า

4. การเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์จากป่าเพื่อการศึกษาวิจัย และเป็นแหล่งเรียนรู้ เนื่องจากป่าไม้เป็นห้องสมุดธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุด เป็นแหล่งในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ทางด้านอาหารและยารักษาโรค การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ทำให้สูญเสียโอกาสทางเศรษฐกิจจากการพัฒนานวัตกรรมที่เกิดจากผลผลิตจากป่า



การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ก่อให้เกิดผลกระทบด้านใดอีกบ้าง

แนวทางการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

ทรัพยากรป่าไม้ให้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้เพื่อให้เกิดความยั่งยืน โดยมีแนวทางดังนี้

1. การปฏิบัติตามนโยบายแห่งชาติ ซึ่งนโยบายป่าไม้แห่งชาติ ได้กำหนดให้ประเทศไทย มีพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศอย่างน้อยร้อยละ 40 ซึ่งนโยบายดังกล่าวนี้เอื้อประโยชน์ต่อการจัดการและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้ในระยะยาว
2. การสร้างความตระหนักและให้ความรู้แก่ประชาชน กระตุ้นจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป่าไม้ให้กับประชาชน เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้ ไม่ว่าจะเป็นความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อกฎหมาย นโยบาย และแผนแม่บทต่าง ๆ
3. การปลูกต้นไม้เพื่อสร้างป่าทดแทนและการป้องกันการบุกรุกป่า ปลูกต้นไม้ทดแทนตามไหล่เขาโดยปลูกพืชทั้งไม้ผล ไม้สำหรับก่อสร้าง ไม้สำหรับทำฟืน เมื่อเกษตรกรตัดไม้ไปใช้แล้วก็ต้องปลูกทดแทนหมุนเวียน นอกจากนี้มีการปลูกต้นไม้เพื่อสร้างป่าทดแทนในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมโดยใช้พันธุ์ไม้ดั้งเดิมมาปลูกทดแทนเพื่อฟื้นฟูป่าและยังคงรักษาสมดุลของระบบนิเวศนั้น ๆ การปฏิรูปการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ จัดสรรที่ดินให้ราษฎรมีที่ดินทำกิน เพื่อลดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ ยกเลิกสัมปทานป่าไม้ ไม่ให้มีการตัดถนนผ่านป่า สามารถช่วยอนุรักษ์ป่าไม้ได้เช่นกัน
4. การลดการใช้ไม้จากป่า รมรงค์ให้ใช้วัสดุอื่นแทนไม้ เพื่อลดการใช้ไม้จากป่า ตลอดจนส่งเสริมให้ใช้ไม้จากการปลูกทดแทนจากป่าไม้โดยตรง พัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืชให้สามารถผลิตเนื้อไม้ที่มีคุณภาพ ใช้พื้นที่น้อยลงในการปลูก โตเร็ว มีต้นทุนการผลิตต่ำ ส่งเสริมงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาวัสดุที่เทียบเท่าหรือทดแทนการใช้ไม้
5. การกำหนดเขตป่าอนุรักษ์เพื่อป้องกันการบุกรุก ประกอบด้วยพื้นที่อนุรักษ์และป่าอนุรักษ์หลายประเภทและป่าชุมชนที่จัดตั้งตามกฎหมาย ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้
 - 5.1 อุทยานแห่งชาติ (national park) หมายถึง พื้นที่ที่มีความโดดเด่นสวยงามทางธรรมชาติเป็นพิเศษ หรือมีความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมและสัตว์ป่า หรือพืชป่าประจำถิ่นที่หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ หรือโดดเด่นด้านธรณีวิทยา หรือมรดกทางวัฒนธรรม ที่สมควรสงวนหรืออนุรักษ์ไว้เพื่อประโยชน์ของคนในชาติหรือเพื่อเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้ทางธรรมชาติ หรือนันทนาการของประชาชนอย่างยั่งยืน อุทยานแห่งชาติจะต้องมีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,250 ไร่ ในปี พ.ศ. 2561 อุทยานแห่งชาติที่จัดตั้งอย่างเป็นทางการในประเทศไทยมี 131 แห่ง มีพื้นที่รวมประมาณ 40,000,739 ไร่ และอุทยานแห่งชาติที่อยู่ระหว่างการจัดตั้งอีก 23 แห่ง มีพื้นที่รวมประมาณ 4,515,703.96 ไร่ อุทยานแห่งชาติแห่งแรกของไทยคือ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา อุทยานแห่งชาติอื่น ๆ เช่น อุทยานแห่งชาติออบหลวง

จังหวัดเชียงใหม่ อุทยานแห่งชาติเขาสก และอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะอ่างทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นต้น

- 5.2 วนอุทยาน (forest park) หมายถึง พื้นที่ที่มีสภาพธรรมชาติสวยงามเหมาะแก่การสงวนรักษาไว้ ให้เป็นแหล่งคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือเพื่อเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้ทางธรรมชาติ หรือนันทนาการของประชาชนโดยส่วนรวม โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ขนาดเล็กและมักอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ วนอุทยานแห่งแรกของไทย คือ วนอุทยานน้ำตกกะเปาะ จังหวัดชุมพร
- 5.3 สวนพฤกษศาสตร์ (botanical garden) หมายถึง พื้นที่ที่มีการจัดรวบรวมพรรณไม้ โดยมีการจัดแยกพรรณไม้ออกเป็นหมวดหมู่ตามหลักพฤกษศาสตร์หรือตามหลักอนุกรมวิธานพืชเพื่อให้เป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นสถานที่ศึกษาค้นคว้าวิจัยทางวิชาการ และใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชน สวนพฤกษศาสตร์แห่งแรกของไทย คือ สวนพฤกษศาสตร์พุแค จังหวัดสระบุรี นอกจากนี้ยังมีสวนพฤกษศาสตร์เขาช่อง จังหวัดตรัง สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น
- 5.4 สวนรุกขชาติ (arboretum) หมายถึง พื้นที่ที่มีการรวบรวมและอนุรักษ์พรรณไม้ที่มีค่า หายาก หรือ ใกล้สูญพันธุ์ซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่น เพื่อให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับพันธุ์ไม้ และการพักผ่อนหย่อนใจของประชาชน โดยทั่วไปมีขนาดพื้นที่น้อยกว่าสวนพฤกษศาสตร์ และไม่มีการจัดระบบหมวดหมู่ของพันธุ์ไม้ ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีสวนรุกขชาติ 53 แห่ง เช่น สวนรุกขชาติห้วยแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ สวนรุกขชาติแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย เป็นต้น
- 5.5 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (wildlife sanctuary) หมายถึง บริเวณพื้นที่ใดมีสภาพธรรมชาติสมควรต้องอนุรักษ์ไว้ให้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าอย่างปลอดภัย และรักษาไว้ซึ่งพันธุ์สัตว์ป่า ตลอดจนคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือระบบนิเวศให้คงเดิม เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์และคุ้มครองสัตว์ป่า และความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอู้มาง จังหวัดตาก เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาประ-บางคราม จังหวัดกระบี่ เป็นต้น
- 5.6 พื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ (natural conservation area) หมายถึง พื้นที่ธรรมชาติ เช่น เกาะ แก่ง ภูเขา ทะเลสาบ ซากดึกดำบรรพ์ที่ควรอนุรักษ์ไว้เพื่อประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม

- 5.7 พื้นที่สงวนชีวลัย (biosphere reserve) หมายถึง พื้นที่ที่กำหนดขึ้นเพื่อรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชและสัตว์ เพื่อเป็นแหล่งศึกษาวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ เช่น ป่าสะแกกราช จังหวัดนครราชสีมา
- 5.8 พื้นที่มรดกโลก (world heritage site) หมายถึง พื้นที่ที่มีทรัพยากรธรรมชาติที่มีความเด่นระดับโลก อาจประกอบด้วยวิวัฒนาการทางธรณี วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์ หรือระบบนิเวศที่ประกอบด้วยสัตว์หรือพืชที่หายาก มีคุณค่าและมีความสำคัญทางชีวภาพ โดยได้รับการประกาศจากยูเนสโก (UNESCO) ประเทศไทยมีพื้นที่มรดกโลก 5 แห่ง โดย 3 แห่งแรกเป็นแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม ได้แก่ เมืองประวัติศาสตร์สุโขทัย และเมืองบริวาร นครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยาและเมืองบริวาร แหล่งโบราณคดีบ้านเชียง อีก 2 แห่งเป็นแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร จังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดตาก เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี
- 5.9 ป่าชายเลนอนุรักษ์ (conservation mangrove forest) หมายถึง ป่าชายเลนที่สงวนไว้เพื่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์พืชและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ
- 5.10 ป่าชุมชน หมายถึง ป่านอกเขตป่าอนุรักษ์หรือพื้นที่อื่นของรัฐนอกเขตป่าอนุรักษ์ ที่ได้รับอนุมัติให้จัดตั้งเป็นป่าชุมชน โดยชุมชนร่วมกับรัฐในการอนุรักษ์ ฟื้นฟู จัดการ บำรุงรักษา ตลอดจนใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชน อย่างสมดุลและยั่งยืน ชุมชนแต่ละแห่งสามารถอนุรักษ์ป่าภายในชุมชนตามบริบท วัฒนธรรม และประเพณีที่แตกต่างกันไปแต่ละชุมชน



แนวทางในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้หรือการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้โดยวิธีใดบ้าง



ความรู้เพิ่มเติม

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตพื้นที่ห้ามล่าสัตว์ป่าของสำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืชโดยศึกษาได้จาก QR code



ipst.me/10830

25.2.5 ทรัพยากรสัตว์ป่า

สัตว์ป่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ แต่ก็พบว่าสัตว์ป่าบางชนิดที่สูญพันธุ์ไปแล้ว เช่น สมัน หรือบางชนิดลดลงและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เช่น นกแก้วแล้วท้องถิ่น สัตว์ป่ามีประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เช่น ช่วยให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ ทั้งด้านการกระจายเมล็ดพันธุ์พืช การผสมเกสร การทำลายศัตรูพืช การทำให้ดินอุดมสมบูรณ์จากมูลสัตว์ ในปัจจุบันนี้พบว่าสัตว์ป่าบางชนิดได้สูญพันธุ์ไปแล้วและหลายชนิดกำลังมีแนวโน้มลดลงซึ่งมาจากหลายสาเหตุ การลดลงของพื้นที่ป่าไม่มีส่วนสัมพันธ์โดยตรงที่ทำให้จำนวนสัตว์ป่าลดลง เนื่องจากขาดแคลนทั้งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหาร ซึ่งแนวโน้มของการลดลงส่วนใหญ่เกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ ซึ่งสามารถศึกษาได้จากกิจกรรม 25.4



รู้หรือไม่

ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 ได้ให้ความหมาย

สัตว์ป่า หมายถึง สัตว์ทุกชนิดซึ่งโดยทั่วไปย่อมเกิดและดำรงชีวิตอยู่ในธรรมชาติอย่างเป็นอิสระ และให้ความหมายรวมถึงไข่และตัวอ่อนของสัตว์เหล่านั้นด้วย แต่ไม่หมายความรวมถึงสัตว์พาหนะตามกฎหมายว่าด้วยสัตว์พาหนะ สัตว์ซึ่งได้รับการยอมรับในทางวิชาการว่าสายพันธุ์นั้นเป็นสัตว์บ้านไม่ใช่สัตว์ป่า และสัตว์ที่ได้มาจากการสืบพันธุ์ของสัตว์ดังกล่าว

สัตว์ป่าสงวน หมายถึง สัตว์ป่าหายากหรือสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์จำเป็นต้องสงวนและอนุรักษ์ไว้ อย่างเข้มงวดตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้

สัตว์ป่าคุ้มครอง หมายถึง สัตว์ป่าที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ หรือจำนวนประชากรของสัตว์ป่าชนิดนั้นมีแนวโน้มลดลงอันอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้

สัตว์ป่าควบคุม หมายถึง สัตว์ป่าที่ได้รับความคุ้มครองตามอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ และสัตว์ป่าอื่นที่ต้องมีมาตรการควบคุมที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้

สัตว์ป่าอันตราย หมายถึง สัตว์ป่าที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อมนุษย์หรือสัตว์ป่าอื่น หรือมีผลคุกคามให้สัตว์ป่า พืชป่า สิ่งแวดล้อม หรือระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงเสียหายอย่างรวดเร็ว หรือเป็นพาหะนำโรคหรือแมลงศัตรูพืชตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้



ชวนคิด

สัตว์เลี้ยงป้าสงวนในประเทศไทยเดิมมีจำนวน 15 ชนิด พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 ได้เพิ่มสัตว์เลี้ยงป้าสงวนชนิดใหม่อีก 4 ชนิด รวมเป็น 19 ชนิด โดยสัตว์เลี้ยงป้าสงวนชนิดใหม่ 4 ชนิด คือ วาฬบรูด้า (*Balaenoptera edeni*) วาฬโอมูระ (*Balaenoptera omurai*) เต่ามะเฟือง (*Dermochelys coriacea*) และฉลามวาฬ (*Rhincodon typus*) ดังรูป



นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร



แรด



กระซู่



กูปรีหรือโคไพร



ควายป่าหรือมิ่งสาน



ละองหรือละมั่ง



สมันหรือเนื้อสมัน



เสียงผา



กวางผา



นกแต้วแล้วท้องดำ



นกกระเรียน



แมวลายหินอ่อนสมเสร็จ



สมเสร็จ



แก้งหม้อ



พยูนหรือหมูนํ้า



วาฬบรูด้า



วาฬโอมูระ



เต่ามะเฟือง



ฉลามวาฬ

รูปสัตว์เลี้ยงป้าสงวน 19 ชนิด

? สัตว์ป่าสงวนชนิดใหม่ 4 ชนิดที่เพิ่มขึ้นมาใหม่นี้ล้วนแต่เป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลนั้น บอกถึงอะไรได้บ้าง สถานการณ์ใดบ้างที่อาจเป็นสาเหตุทำให้สัตว์ทั้ง 4 ชนิดนี้มีแนวโน้มที่จะลดลง



กิจกรรม 25.4 เหตุการณ์จากข่าวเกี่ยวกับสัตว์ป่า

จุดประสงค์

1. ศึกษา วิเคราะห์ สถานการณ์ของสัตว์ป่าจากเหตุการณ์ในข่าว
2. อธิบายสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไข หรืออนุรักษ์ ทรัพยากรสัตว์ป่า

วิธีการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกศึกษาเหตุการณ์ในข่าวจากข่าวใดข่าวหนึ่งต่อไปนี้
2. วิเคราะห์ เกี่ยวกับสาเหตุ ปัญหา ที่เกิดขึ้นจากข่าวและบอกถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น พร้อม ทั้งเสนอแนวทางการแก้ไข
3. นำเสนอและแลกเปลี่ยนผลการศึกษาจากประเด็นเหตุการณ์ในข่าวในชั้นเรียน เพื่อร่วมกัน อภิปรายว่า
 - เหตุการณ์ในข่าวเกิดจากสาเหตุใดเป็นหลัก
 - แนวโน้มของสถานภาพของสัตว์ป่าเหล่านั้นเป็นอย่างไรและมีสาเหตุอื่น ๆ ที่จะส่งผล ต่อจำนวนประชากรของสัตว์ป่าเหล่านั้นอีกหรือไม่

1. รวบพรานป่า อ.เชียงดาว พร้อมซากเลียงผา-แก้ง

เจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว ร่วมกับเจ้าหน้าที่ตำรวจ ทหาร และ ฝ่ายปกครอง อ.เชียงดาว ร่วมกันจับกุมพรานป่าภายในบ้านพัก หลังเจ้าหน้าที่ชุดลาดตระเวนได้ยินเสียงปืนขณะลาดตระเวนอยู่บนดอยหลวงเชียงดาว เมื่อเจ้าหน้าที่เข้าตรวจค้นในบ้านพรานป่าพบอาวุธปืนลูกซองเดี่ยวยาว 1 กระบอก ถูกซุกซ่อนอยู่ในรถยนต์ที่จอดอยู่ในบ้านหลังดังกล่าว เครื่องกระสุนปืนลูกซอง 13 นัด นอกจากนี้ยังพบซากเลียงผา ซุกซ่อนอยู่ในบ้าน หนังเลียงผาซุกซ่อนอยู่บริเวณหัวเตียง ซากกะโหลกพร้อมเขาแก้งเนื้อเลียงผา ซากนกเขาและเครื่องในเลียงผาในตู้เย็น จากการตรวจสอบคาดว่าซากเนื้อสัตว์ที่ถูกฆ่าหั่นไม่เกิน 2 วัน ซึ่งพรานป่าให้การรับสารภาพทุกข้อกล่าวหา เจ้าหน้าที่จึงควบคุมตัวพร้อมของกลางส่งพนักงานสอบสวน สภ.เชียงดาว เพื่อดำเนินคดีตามกฎหมายต่อไป

ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

2. ล่อซื้อ "ลูกหมีควาย" รอดเหยื่อค้าสัตว์ป่าออนไลน์

เจ้าหน้าที่ชุดเหยี่ยวดง กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ได้ติดตามผู้ลักลอบค้าสัตว์ป่าคุ้มครองออนไลน์ มีพฤติกรรมค้าสัตว์ป่าคุ้มครองหลายชนิด เช่น เขี้ยว นกกางเขน เลือกระต่าย และหมีควาย จึงมอบหมายให้สายลับติดต๋อซื้อหมีควาย 1 ตัว ในราคา 25,000 บาท ซึ่งหลังขยายผลต่อบ้านพบสัตว์ป่าคุ้มครอง คือเหยี่ยวนกเขาชิศรา หรือเหยี่ยวชิศรา จำนวน 1 ตัว ไม่มีหลักฐานการครอบครอง สำหรับลูกหมีควายที่ยึดได้มีอายุประมาณ 3 เดือน ขณะนี้อยู่ในการดูแลของสัตวแพทย์ที่คลินิกสัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

3. ช้างป่า แอบชุ่มลอยคอบในน้ำ เตรียมบุกสวนผลไม้

หัวหน้าเขตการจัดการอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ที่ 6 อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ได้ออกลาดตระเวนเฝ้าระวังช้างป่า เพื่อป้องกันช้างป่าออกหากินนอกพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และออกตรวจติดตามช้างป่าที่ออกไปหากินนอกเขตอุทยาน ร่วมกับกลุ่มเครือข่ายเพื่อนช้างนครนายก และชุดรักษาความปลอดภัยหมู่บ้าน พบช้างป่าจำนวน 1 ตัวออกหากินบริเวณสวนวรรณุชนายก จ.นครนายก โดยช้างป่าได้กินกล้วยไป 15 กอ จากนั้นเจ้าหน้าที่ได้จัดเจ้าหน้าที่ควบคุมและผลักดันช้างป่าให้เข้าพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ? ในถิ่นที่อยู่อาศัยของนักเรียนมีปัญหาหรือผลกระทบที่เกี่ยวกับสัตว์ป่าอื่นใดบ้างหรือไม่อย่างไร
2. ? แนวทางการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าในประเทศไทยควรเป็นอย่างไร

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรสัตว์ป่า

ปัญหาการลดลงของทรัพยากรสัตว์ป่า

การลดลงของสัตว์ป่ามาจากหลายสาเหตุ ดังนี้

1. การสูญเสียแหล่งที่อยู่ สัตว์ป่าหลายชนิดต้องการแหล่งที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตและสืบทอดเผ่าพันธุ์ การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกที่ดินเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย การทำเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง เนื่องจากสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร แหล่งขยายพันธุ์และเลี้ยงดูลูกอ่อน ตลอดจนแหล่งหลบภัย สัตว์ป่าบางชนิดไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้จึงลดจำนวนลงและในระยะยาวอาจเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ได้
2. การล่าสัตว์ป่า สัตว์ป่าหลายชนิดถูกล่าด้วยหลายสาเหตุ เช่น เพื่อนันทนาการ เป็นอาหาร นำส่วนใดส่วนหนึ่งหรืออวัยวะของสัตว์ซึ่งมีราคาสูงมาขายอย่างผิดกฎหมาย เป็นต้น ซึ่งทำให้สัตว์ป่าในธรรมชาติลดจำนวนลงและอาจสูญพันธุ์ได้
3. การนำสัตว์ป่ามาใช้ประโยชน์หรือเป็นสัตว์เลี้ยง สัตว์ป่าหลายชนิดถูกลักลอบนำออกจากป่ามาขายเป็นสัตว์เลี้ยงอย่างผิดกฎหมาย เช่น ลูกนกป่าหลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง
4. การเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ไฟป่า น้ำท่วม ความแห้งแล้ง ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น นอกจากนี้โรคระบาดในสัตว์ป่า การอุบัติของโรคติดต่อในสัตว์ป่าชนิดใหม่ๆ เป็นสาเหตุให้ทรัพยากรสัตว์ป่าลดลงได้เช่นกัน

การลดลงของทรัพยากรสัตว์ป่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. ผลกระทบต่อระบบนิเวศ สัตว์ป่าหลายชนิดมีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศ บางชนิดเป็นผู้ถ่ายเรณูของพืช เช่น แมลงชนิดต่าง ๆ ค้างคาว บางชนิดเป็นผู้แพร่กระจายเมล็ดพันธุ์พืช เช่น นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมหลายชนิด ถ้าสัตว์ป่าเหล่านี้ลดลงจะทำให้พืชแพร่กระจายและเพิ่มขนาดประชากรผ่านกระบวนการถ่ายเรณูและการแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ได้น้อยลง ในระยะยาวอาจทำให้พืชบางชนิดสูญพันธุ์ได้ นอกจากนี้ สัตว์ป่าบางชนิดยังเป็นผู้ควบคุมประชากรของสัตว์ป่าชนิดอื่นตามโซ่อาหาร เช่น เสือโคร่ง เสือดำ ซึ่งเป็นหนึ่งในสัตว์ผู้ล่าขั้นสูงสุดในโซ่อาหารของระบบนิเวศป่าเขตร้อน ซึ่งแหล่งอาหารหลักของผู้ล่ากลุ่มนี้คือสัตว์กินพืช เช่น กวางป่า ถ้าเสือโคร่งหรือเสือด่าถูกล่าจากป่าเป็นจำนวนมาก อาจส่งผลให้ประชากรสัตว์กินพืชเพิ่มสูงขึ้นจนระบบนิเวศไม่สามารถรองรับได้ โดยสัตว์กินพืชจะกินพืชเป็นอาหารมากขึ้นตามขนาดประชากรที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้พืชบางชนิดอาจสูญพันธุ์ได้เพราะถูกกินมากเกินไป

2. ผลกระทบต่อมนุษย์ เมื่อสัตว์ป่าบางชนิดลดลงหรือสูญพันธุ์ไป จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ค้างคาวกินแมลงบางชนิด สามารถควบคุมประชากรแมลงศัตรูพืชซึ่งทำความเสียหายทางเศรษฐกิจต่อประเทศได้มาก ถ้ามีการล่าค้างคาวกินแมลงมากขึ้น อาจทำให้ไม่มีผู้ล่าตามธรรมชาติมาควบคุมประชากรแมลงศัตรูพืช ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารฆ่าแมลงมากขึ้นจึงมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีความเสี่ยงที่จะมีสารเคมีอันตรายตกค้างในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น สัตว์ป่าหลายชนิดสามารถเป็นแหล่งข้อมูลเพื่อการต่อยอดงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การวิจัยยีนใหม่ ๆ ของสัตว์ป่า ซึ่งสามารถต่อต้านโรคระบาดหรือสามารถนำมาเป็นต้นแบบการพัฒนาและปรับปรุงลักษณะใหม่ ๆ ของสัตว์ที่มนุษย์เลี้ยงเป็นอาหาร เป็นต้น

แนวทางการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า

1. การกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ เช่น อุทยานแห่งชาติ วนอุทยาน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า สวนพฤกษศาสตร์ สวนรุกขชาติ พื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ พื้นที่สงวนชีวลาย พื้นที่มรดกโลก ป่าชายเลนอนุรักษ์ ป่าชุมชน เพื่อสงวนและรักษาแหล่งที่อยู่อาศัย และดำรงชีวิตของสัตว์ป่า
2. การส่งเสริมการวิจัยและเพิ่มองค์ความรู้ทรัพยากรสัตว์ป่า โดยการศึกษาทางนิเวศวิทยา พฤติกรรม พันธุศาสตร์ สรีรวิทยาของสัตว์ป่า โดยสถานีวิจัยสัตว์ป่า หน่วยงานวิจัยอื่น ๆ หรือมหาวิทยาลัย ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งผลการศึกษาวิจัยโดยใช้ศาสตร์ทางชีววิทยาเหล่านี้ สามารถเพิ่มความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงและกิจกรรมของสัตว์ป่า และสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่าต่อไป
3. การเผยแพร่ความรู้และสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า โดยนำองค์ความรู้จากการศึกษาวิจัย มาเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับทราบ จัดตั้งแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติและสัตว์ป่า กระตุ้นจิตสำนึกของประชาชนให้เห็นความสำคัญของสัตว์ป่า และผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเมื่อทรัพยากรสัตว์ป่าลดลง
4. การเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่าหายาก พัฒนาองค์ความรู้และศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่าหายาก โดยเน้นวิธีการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ เพื่อเพิ่มประชากรสัตว์ป่าหายาก และศึกษาความเป็นไปได้ในการปล่อยสัตว์ป่าหายากกลับเข้าสู่ถิ่นที่อยู่เดิม โดยปัจจุบันประเทศไทยมีศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์ป่าและขยายพันธุ์สัตว์ป่าอยู่ทุกภูมิภาค

? ทรัพยากรสัตว์ป่ามีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร และมีแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่าได้อย่างไรบ้าง

จากที่ได้ศึกษาทรัพยากรธรรมชาติทั้ง 5 ประเภทมาแล้วนั้น จะเห็นว่าการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติแต่ละประเภทอาจส่งผลกระทบต่อที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรธรรมชาติประเภทอื่น ๆ ตามมาด้วยเป็นลูกโซ่ ซึ่งผลกระทบต่ออาจรุนแรงได้มากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสาเหตุที่เกิดและกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อเหล่านั้น สามารถศึกษาความเชื่อมโยงของผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้จากกรณีศึกษาต่อไปนี้



กรณีศึกษา

ศึกษาข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุ ปัญหา และผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อทรัพยากรธรรมชาติแต่ละประเภท พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขหรือการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติประเภทนั้น ๆ จากเหตุการณ์ในข่าว ดังนี้

1. ขยะอิเล็กทรอนิกส์ แก้ไม่ได้ถ้ารัฐไม่ใส่ใจ จัดการจริงจัง

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม หลายประเทศกำลังประสบปัญหาในการกำจัด เพราะต้นทุนที่สูง จึงมีการส่งขยะออกนอกประเทศ ไปยังประเทศที่กำลังพัฒนา หรือประเทศที่ยังไม่มีกฎหมายควบคุมขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างจริงจัง ทำให้หลายประเทศที่ถูกลักลอบนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ ต้องหามาตรการป้องกันขยะเหล่านี้ ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในระยะยาว โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่ประกอบอยู่ในคอมพิวเตอร์ เช่น ตะกั่ว จากแบตเตอรี่ แผ่นวงจร ส่วนในโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีสารอันตราย เช่น นิกเกิล แคดเมียม สังกะสี ทองแดง สารเหล่านี้หากไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม เช่น การกำจัดด้วยวิธีการเผา หรือฝัง สารพิษที่อยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้น อาจรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม ในขณะที่กระทรวงพาณิชย์ อยู่ระหว่างเตรียมออกประกาศกระทรวง เรื่องกำหนดให้ขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นสินค้าที่ต้องห้ามในการนำเข้ามาในราชอาณาจักร เพื่อห้ามนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทเศษชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 428 รายการ ครอบคลุมชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือเศษ (ไม่รวมเศษจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) ที่มีส่วนประกอบ ได้แก่ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และแบตเตอรี่อื่น ๆ สวิตซ์ที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบในการทำงาน เศษแก้วจากหลอดรังสี

แคโทด และแอโนดเวตเตดกลาสอื่น ๆ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีสารพีซีบี หรือที่ปนเปื้อนด้วย แคดเมียม พรอท ตะกั่ว พอลิคลอรีเนตเตดไบฟีนิล
ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

2. เศร้า มาเรียนลูกพะยูนขวัญใจตาย “ช็อก-เจอถุงพลาสติก”

มาเรียน พะยูนน้อยกำพร้าแม่ที่มีมนุษย์เป็นแม่นมนำมาเลี้ยงดูที่เกาะลिंगตายแล้ว เมื่อช่วงเที่ยงคืนของวันที่ 17 สิงหาคม 2562 หลังสัตวแพทย์พยายามยื้อชีวิตนาน 1 ชั่วโมง ทั้งนี้ทีมชันสูตรระบุสาเหตุจากภาวะช็อกตาย โดยพบมีถุงพลาสติกหลายชิ้นอุดตันลำไส้จนอักเสบ หลังจากกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (ทช.) ร่วมกับกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช นำมาเรียน พะยูนที่พลัดหลงแม่จากจ.กระบี่ มาเลี้ยงในพื้นที่ธรรมชาติที่เขาบาตู หมู่เกาะลिंग โดยทช. ขอแจ้งข่าวร้ายว่า น้องมาเรียนได้จากพวกเราไปแล้ว ทีมแพทย์พบว่าน้องมาเรียน หยุดหายใจและไม่เจอชีพจร จึงรับนำขึ้นจากน้ำรอบแรก กระตุ้นหายใจพบมีการตอบสนองจึงเอาลงบ่อ จากนั้นตรวจชีพจรซ้ำ แต่ไม่เจอชีพจรอีก จึงฉีดยาช่วยชีวิตและเอาขึ้นจากบ่อรอบที่ 2 จากนั้นมาเรียนก็จากไปอย่างสงบ เมื่อผ่าพิสูจน์สาเหตุการเสียชีวิตของมาเรียน พบในทางเดินอาหารมีขยะพลาสติกจึงลุกลามไปจนช็อกเสียชีวิตในที่สุด นอกจากนี้ยังพบรอยชำรุดในกล้ามเนื้อและผนังช่องท้องด้านใน ซึ่งอาจเกิดจากการกระแทกกับของแข็ง เช่น หินขณะที่เกยที่ตื้น ทุกคนเศร้าเสียใจกับการสูญเสียครั้งนี้ แต่สิ่งที่ต่อย้ำให้ต้องแก้ไข ถ้าจะอนุรักษ์ให้สัตว์ทะเลหายากยังคงอยู่กับเราต่อไป
ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

3. พบพันธุ์ไม้ชนิดใหม่ของโลก "พรหมจุฬารักษ์" รอดยอดยอดด้านมะเร็ง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จัดการแถลงข่าวพืชชนิดใหม่ของโลก โดยได้กราบทูลขอพระราชทานนามไทย “พรหมจุฬารักษ์” สำหรับพืชชนิดใหม่ของโลกชนิดนี้ และกราบทูลขอพระราชทานนามระบุชนิด “chulabhorniana” เพื่อเป็นชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mitrephora chulabhorniana* Damth., Aongyong & Chaowasku ซึ่งได้รับพระราชทานนามทั้งสองอันเป็นเกียรติแก่คณะผู้วิจัยและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นอย่างยิ่ง

พืชชนิดนี้มีลักษณะเด่น คือ เป็นไม้ต้นขนาดเล็ก สูงไม่เกิน 2 เมตร มีดอกขนาดเล็กที่สุดในสกุล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 เซนติเมตร สีขาวเด่น และเปลี่ยนเป็นสีครีมเมื่อดอกมีอายุมากขึ้น มีกลิ่นหอมปานกลางคล้ายกลิ่นดอกโมก กลีบดอกชั้นในประกบกันเป็นรูปโดม โคนกลีบคอด เผยให้เห็นช่องว่างระหว่างกลีบ ผลเมื่อสุกมีสีแดงอมส้ม "พรหมจุฬารัตน์" ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Brittonia เมื่อเดือน พ.ค. 2562 เป็นพันธุ์ไม้ที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง พบเพียงไม่กี่ต้นบริเวณป่าดิบแล้งบนเขาหินปูนขนาดเล็กใน อ.ลิขิต จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งอยู่นอกเขตอนุรักษ์ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ระบบนิเวศเขาหินปูนนั้นเป็นระบบนิเวศที่เปราะบาง มักพบสิ่งมีชีวิตที่จำเพาะและไม่พบที่อื่นใดอีก เมื่อถูกคุกคามมีโอกาสสูญพันธุ์สูง เขาหินปูนแห่งนี้จึงมีโอกาสดูคุกคามในอนาคตอันใกล้ เนื่องจากการขยายตัวของสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน หรือแม้กระทั่งการระเบิดหินปูนเพื่อการใช้ประโยชน์ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและทุกคนจึงต้องช่วยกันวางแผนเขาหินปูน เพื่ออนุรักษ์ไม่ให้สิ่งมีชีวิตเฉพาะถิ่นสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทยและจากโลก นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคโนโลยีชีวภาพโดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อช่วยขยายพันธุ์ต้นพรหมจุฬารัตน์ให้มีจำนวนมากขึ้น และนำไปปลูกอนุรักษ์ไว้ในสวนพฤกษศาสตร์ หรือสถานที่ราชการต่าง ๆ เป็นการลดโอกาสการสูญพันธุ์ของต้นพรหมจุฬารัตน์

ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

4. มองไกลเสีย เล็งใช้ "ถุงเพาะชำชีวภาพ" จากไทยพลิกฟื้นทะเลทราย

ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) กล่าวว่า นักวิจัยรุ่นใหม่จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ได้ทดลองผลิตยางพารา เป็นวัสดุในการทำถุงเพาะชำชีวภาพ ย่อยสลายได้ โดยมีแนวคิดจากปัญหาการคายน้ำ และปัญหาขยะพลาสติก นักวิจัยได้ทดลองนำยางพาราที่ผ่านการปรับปรุงสูตรให้เหมาะสมต่อการใช้เป็นถุงเพาะชำกล้าไม้ ทั้งสภาพที่คั่งทน การคงรูปของถุงเพาะชำ โดยสูตรที่คิดค้นขึ้นและจากการทดลองสามารถทำให้ถุงเพาะชำย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยไม่ทิ้งสารพิษตกค้างไว้ในดิน จึงเป็นการช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดจากถุงเพาะชำเดิม และส่งเสริมให้เกษตรกรได้ลดต้นทุนในการผลิต ประหยัดแรงงาน รวมถึงการรักษารากของกล้าไม้ที่เกิด

จากการขนย้ายกล้าไม้อีกด้วย นอกจากนี้ยังอยู่ระหว่างการปรับปรุงสูตร และปรับขนาดถุงให้รองรับกับต้นไม้แต่ละชนิดได้มากขึ้น เพื่อให้ถุงเพาะชำใช้ได้ทนต่อทุกประเภทของกล้าไม้ และพื้นที่ในการปลูกลงต้นไม้ รวมถึงสามารถใส่ปุ๋ยลงในถุงเพาะชำเพื่อบำรุงกล้าไม้ได้อีกด้วย โดยจะมีความร่วมมือในการทดสอบเพิ่มเติมในเรือนเพาะชำของ ทส.ในพื้นที่สงขลา จุดเด่นของนวัตกรรมนี้ เนื่องจากเป็นถุงที่ย่อยได้ในธรรมชาติ ข้อดีคือ มีสารอาหาร N P และ K ที่อยู่ในถุง และเมื่อถุงย่อยสลายได้ก็จะกลายเป็นปุ๋ย โดยช่วงหนึ่งเดือนที่ผ่านมา มีเอกชนจากจีนทดลองนำถุงเพาะชำนี้ไปใช้งานในพื้นที่ปลูกลงไม้ในทะเลทรายเขตพื้นที่มองโกเลีย

ที่มา : องค์กรกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

5. ข่าวดี "พรุควนเครื่อง" ฝุ่น PM 2.5 ลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) รายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทยว่า จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 20-47 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณฝุ่นละออง PM₁₀ ลดลงกว่าเมื่อวานนี้ เกือบทุกสถานี (จากค่ามาตรฐาน 24 ชั่วโมงไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM_{2.5}) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 7-31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่ามาตรฐาน 24 ชั่วโมงไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ลดลงกว่าวันก่อนหน้าเกือบทุกสถานี ส่วนสถานการณ์ไฟฟ้าพรุควนเครื่อง อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช สำนักงานบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ 6 (สงขลา) นำเจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน ร่วมกับทหาร เจ้าหน้าที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เข้าดับไฟฟ้าที่ลูกไหม้สวนปาล์มชาวบ้าน บริเวณบ้านสวนหลวง ม.13 ต.สวนหลวง อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.นครศรีธรรมราช โดยใช้รถดับเพลิงของทหาร มทบ.41 และ อบต.สวนหลวง ในการดับไฟฟ้าที่ลูกไหม้สวนปาล์มชาวบ้าน

ที่มา : องค์กรกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

- ❓ จากประเด็นข่าวที่นักเรียนเลือกศึกษานั้นเกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติใดบ้าง อธิบาย
- ❓ ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างทรัพยากรธรรมชาตินั้นเกิดขึ้นได้จากสาเหตุใด และส่งผลกระทบต่ออีกทรัพยากรหนึ่งได้อย่างไร
- ❓ แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อทรัพยากรธรรมชาตินั้น ๆ ทำได้อย่างไรบ้าง

25.3 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการดำรงชีวิตและตอบสนองความต้องการด้านต่าง ๆ ของมนุษย์ เมื่อจำนวนประชากรมนุษย์เพิ่มมากขึ้นความต้องการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเกิดความเสื่อมโทรมและลดจำนวนลง ดังนั้นมนุษย์จึงต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสม เกิดประโยชน์สูงสุด และเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

25.3.1 หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนมีแนวทางดังนี้

1. การใช้แบบยั่งยืน (sustainable utilization) หมายถึง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสมให้ได้ประโยชน์สูงสุด โดยนำมาใช้ซ้ำ (reuse) เช่น การนำถุงพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ หรือลดปริมาณการใช้ (reduce) ให้น้อยลง เช่น การใช้ถุงผ้าไปใส่ของแทนการรับถุงพลาสติก การไม่เปิดก๊อกน้ำทิ้งไว้ในขณะแปรงฟัน การปิดไฟเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้ หรือรีไซเคิล (recycle) เช่น การคัดแยกประเภทขยะเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ดังรูป 25.14



รูป 25.14 การแยกขยะประเภทต่างๆ

2. การเก็บกัก (storage) หมายถึง การรวบรวมและเก็บทรัพยากรธรรมชาติที่มีแนวโน้มจะขาดแคลนได้เพื่อเอาไว้ใช้ในอนาคต ซึ่งการเก็บกักทรัพยากรนั้นมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันออกไป เช่น การเก็บกักเพื่อใช้ในอนาคต เนื่องด้วยทรัพยากรบางชนิดมีมากเกินไปในเวลาหนึ่ง แต่อาจขาดแคลนในบางช่วงเวลาจึงจำเป็นต้องเก็บเอาไว้ เช่น การถนอมอาหาร การทำยู้งฉาง การเก็บกักน้ำ เป็นต้น การเก็บกักเพื่อสร้างความมั่นคง เช่น การเก็บรักษาป่าไม้ แร่ น้ำมันปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำ เป็นต้น

3. การรักษซ่อมแซม (repair) เมื่อทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลายโดยมนุษย์ หรือโดยธรรมชาติก็ตามมีความจำเป็นที่จะต้องรักษา หรือซ่อมแซมให้กลับเป็นปกติ เช่น การเติมอากาศในแหล่งน้ำ ดังรูป 25.15 การปลูกป่าทดแทน การเพาะพันธุ์สัตว์ป่าเพื่อนำไปปล่อยกลับสู่ธรรมชาติ



รูป 25.15 การเติมอากาศของเครื่องกังหันน้ำ

4. การฟื้นฟู (rehabilitation) เมื่อทรัพยากรธรรมชาติเกิดความเสื่อมโทรมไปไม่ว่าจะมากหรือน้อยก็ตาม จึงมีความจำเป็นที่จะต้องฟื้นฟูให้มีสภาพปกติซึ่งอาจใช้เวลามากหรือน้อยแล้วแต่สภาพที่เสื่อมโทรม เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรได้อีก และใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเสริมสร้างที่อยู่อาศัยให้สิ่งมีชีวิตในทะเล โดยการสร้างแนวปะการังเทียมจากแท่งคอนกรีต ดังรูป 25.16 หรือการปลูกป่า เป็นต้น



รูป 25.16 การสร้างแนวปะการังเทียมจากแท่งคอนกรีต

5. การป้องกัน (prevention) เป็นวิธีการที่ปกป้องคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติที่กำลังถูกทำลายหรือมีแนวโน้มว่าจะถูกทำลายให้สามารถอยู่ในสภาพปกติได้ ซึ่งการป้องกันนี้อาจเป็นการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ หรืออาจใช้กฎหมายควบคุมสำหรับทรัพยากรแต่ละชนิดหรือแต่ละพื้นที่ของทรัพยากรนั้นๆ ไม่ให้ถูกบุกรุกหรือถูกทำลายต่อไป

นอกจากแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมข้างต้นที่ทุกคนควรมีส่วนร่วมแล้ว การพัฒนา ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ ในปริมาณน้อยแต่ได้ผลผลิตมากโดยมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ควบคู่กับกระบวนการพัฒนา เช่น การใช้เทคโนโลยีช่วยในการบำบัดและกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ

- ❓ ยกตัวอย่างการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีควบคู่กัน
- ❓ ชุมชนหรือท้องถิ่นของนักเรียนมีโครงการหรือกิจกรรมใดบ้างที่มีส่วนสร้างความตระหนัก และดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน



รู้หรือไม่

หลายประเทศในสหภาพยุโรปตระหนักกับการบริหารจัดการทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) ซึ่งผู้ผลิตสินค้าและบริการหลายแห่งได้ปฏิบัติตามแนวทางนี้ ตั้งแต่การออกแบบและพัฒนาวัสดุการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในการผลิต ลดการสร้างของเสียหรือมลพิษที่สามารถทำลายสิ่งแวดล้อมในทุกขั้นตอนของการผลิตและจำหน่าย ใช้วัสดุรีไซเคิลและวัตถุดิบที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพในสัดส่วนที่มากขึ้น



ความรู้เพิ่มเติม

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีในการกำจัดขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลหรือนำกลับไปใช้ได้ใหม่ เพื่อลดปริมาณขยะตกค้างในสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปแปรรูปเพื่อใช้ในกระบวนการอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้เตาเผาขยะแบบพลาสมาแก๊สซิฟิเคชัน (plasma gasification) โดยจะเผาขยะด้วยอุณหภูมิที่สูงมากในระบบปิด จนสามารถหลอมละลายขยะทุกชนิดที่เผา และสามารถควบคุมกระบวนการเผาขยะให้สะอาดได้ง่าย โดยการบำบัดแก๊สที่ได้จากการเผาขยะจนเหลือแต่ CO_2 และ CO เท่านั้น นอกจากนี้ผลพลอยได้จากการเผาขยะด้วยวิธีนี้จะได้ออก H_2 ซึ่งนำไปใช้เป็นพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง สำหรับกากที่เหลือจากการเผาขยะจะมีสมบัติเป็นตะกอนแร่ที่มีความเสถียรและแข็งแรง สามารถนำไปผสมในวัสดุอื่นเพื่อใช้ในการก่อสร้างได้ เช่น ผสมในอิฐ ใช้เป็นส่วนประกอบในการสร้างถนน เป็นต้น

25.3.2 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ปัญหาการรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่กำลังคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศดั้งเดิมของประเทศไทย ปัจจุบันมีรายงานว่าพบชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในประเทศไทยกว่า 3,500 ชนิดและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (alien species) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ถูกนำเข้ามาในแหล่งที่อยู่ใหม่ โดยแหล่งที่อยู่ใหม่อยู่นอกเขตการกระจายพันธุ์ดั้งเดิมในธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตนั้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากธรรมชาติ เช่น เกษะติดมากับสัตว์ป่าในระหว่างการอพยพ ถูกพัดพามาโดยลม น้ำ หรือนำเข้ามาโดยมนุษย์ทั้งตั้งใจหรือไม่ได้ตั้งใจ เช่น นำเข้ามาเพื่อจุดประสงค์ทางการค้า เกษตรกรรม ประมง ปศุสัตว์ หรือติดมากับการคมนาคมขนส่ง ตัวอย่างเช่น โคลงเคลงขนต่อม (*Clidemia hirta*) ดังรูป 25.17 ก. และซี่ไถ่ย่าน (*Mikania micrantha*) ดังรูป 25.17 ข. ซึ่งมีถิ่นกำเนิดและเขตการกระจายพันธุ์ดั้งเดิมในธรรมชาติอยู่ที่ทวีปอเมริกาใต้ ปัจจุบันกำลังระบาดในประเทศไทย โดยเฉพาะโคลงเคลงขนต่อมที่ระบาดในเขตสวนปาล์มน้ำมัน ยางพารา และบริเวณพื้นที่อนุรักษ์บางแห่งในภาคใต้ของประเทศไทย



ก. โคลงเคลงขนต่อม



ข. ซี่ไถ่ย่าน

รูป 25.17 ตัวอย่างพืชต่างถิ่นที่พบในประเทศไทย

ปัจจุบันประเทศไทยแบ่งชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ควรควบคุมและกำจัดเป็น 4 รายการ ดังนี้

1. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่แพร่กระจายเข้ามาในประเทศไทย สามารถปรับตัว ตั้งถิ่นฐานและแพร่กระจายได้ในประเทศไทยแล้ว มีความสามารถในการเพิ่มจำนวนเป็นชนิดเด่นในสิ่งแวดล้อม มีผลกระทบต่อระบบนิเวศและอาจทำให้สิ่งมีชีวิตท้องถิ่นดั้งเดิมสูญพันธุ์ได้ นอกจากนี้ยังคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพ ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจ และสุขอนามัยของมนุษย์ เช่น หอยทากยักษ์แอฟริกา (*Achatina fulica*) และไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra*) เป็นต้น ดังรูป 25.18



หอยทากยักษ์แอฟริกา



ไมยราบยักษ์

รูป 25.18 ตัวอย่างชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว

2. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีแนวโน้มรุกราน เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่เคยมีรายงานว่ารุกรานแล้ว ในประเทศอื่นที่ไม่ใช่ประเทศไทย แต่มีการพบในประเทศไทยแล้ว สามารถตั้งถิ่นฐานและแพร่กระจายได้ จากการติดตามสถานการณ์พบว่าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทนี้มีความเป็นไปได้ที่จะรุกรานในประเทศไทย ถ้ามีปัจจัยและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งสามารถคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพได้ เช่น กบบูลฟร็อก (*Lithobates catesbeianus*) และพวงชมพู (*Antigonon leptopus*) ดังรูป 25.19 หรือเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ในอดีตเคยรุกรานในประเทศไทย แต่ปัจจุบันสามารถควบคุมระดับการรุกรานได้แล้ว



กบบูลฟร็อก



พวงชมพู

รูป 25.19 ตัวอย่างชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีแนวโน้มรุกราน

3. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีประวัติว่ารุกรานแล้วในประเทศอื่นแต่ยังไม่รุกรานในประเทศไทย เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีรายงานว่าเข้ามาในประเทศไทยแล้วมีหลักฐานในการรุกรานในประเทศอื่น เช่น มดหัวโต (*Pheidole megacephala*) และครนารายณ์ (*Agave sisalana*) เป็นต้น ดังรูป 25.20



มดหัวโต



ครนารายณ์

รูป 25.20 ตัวอย่างชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีประวัติว่ารุกรานแล้วในประเทศอื่น

4. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานที่ยังไม่เข้ามาในประเทศไทย เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่มีรายงานว่าเข้ามาในประเทศไทยแล้วแต่ยังไม่พบในประเทศไทย เช่น ต่อยูโรป (*Vespa vulgaris*) คางคกยักษ์ (*Bufo marinus*) เป็นต้น ดังรูป 25.21



ต่อยูโรป



คางคกยักษ์

รูป 25.21 ตัวอย่างชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานที่ยังไม่เข้ามาในประเทศไทย

ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่อยู่ในรายการที่ 1-3 ที่นำมาใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ต้องมีมาตรการในการควบคุมเพื่อไม่ให้แพร่กระจายสู่พื้นที่อนุรักษ์ สำหรับกรณีสัตว์น้ำที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่นำมาใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจนั้น ต้องมีมาตรการควบคุมและดูแลไม่ให้แพร่กระจายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่ว่าจะอยู่ในหรือนอกพื้นที่อนุรักษ์

- ? ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้วและมีแนวโน้มรุกรานที่นักเรียนรู้จักมีอะไรอีกบ้าง จงยกตัวอย่าง
 ? การที่ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นสามารถรุกรานได้ในพื้นที่ใหม่เกิดจากสาเหตุและปัจจัยใดได้บ้าง

การแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหลายประการ ดังนี้

ความเสียหายต่อระบบนิเวศดั้งเดิม ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศดั้งเดิม เช่น ผักตบชวา ซึ่งพบแพร่กระจายตามแหล่งน้ำในประเทศไทย ผักตบชวาจะขยายพันธุ์จนแผ่ขยายเต็มพื้นที่ผิวน้ำส่งผลให้แสงแดดไม่สามารถส่องลงไปใต้น้ำได้ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ O_2 ละลายในน้ำได้น้อยลงทำให้น้ำเน่าเสีย

ความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตท้องถิ่น ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานบางชนิด สร้างผลกระทบอย่างมหาศาลต่อสิ่งมีชีวิตท้องถิ่นและอาจเป็นสาเหตุให้สิ่งมีชีวิตท้องถิ่นบางชนิดสูญพันธุ์หรือมีความหลากหลายทางชีวภาพลดลง เนื่องจากการลดลงของประชากรหรือสูญเสียดินที่อยู่อาศัยให้กับชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน รวมถึงการนำโรคระบาดมาสู่สิ่งมีชีวิตท้องถิ่น เช่น หนอนตัวแบนนิวกินี (*Platydemus manokwari*) เป็นสัตว์ที่มีถิ่นกำเนิดในเกาะนิวกินี ทางเหนือของประเทศออสเตรเลีย เป็นสัตว์ที่ล่าเหยื่อหากบกหลายชนิดเป็นอาหาร หนอนตัวแบนชนิดนี้เป็นสาเหตุของการสูญพันธุ์ของหอยหากบกท้องถิ่นหลายชนิดในแถบหมู่เกาะของมหาสมุทรแปซิฟิก ปัจจุบันมีรายงานพบในประเทศไทย และอาจมีผลกระทบต่อประชากรของหอยหากบกท้องถิ่นประเทศไทยในระยะยาว

ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานมีหลากหลายชนิด และในแต่ละพื้นที่จะมีการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นนี้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ซึ่งจะได้ศึกษาจากกิจกรรม 25.5



กิจกรรม 25.5 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน สาเหตุและผลกระทบจากเหตุการณ์ในข่าว

จุดประสงค์

1. ศึกษา วิเคราะห์ สถานการณ์จากเหตุการณ์ในข่าว
2. อธิบายสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน

วิธีการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนวิเคราะห์ และอภิปรายบทความข่าวเกี่ยวกับชนิดพันธุ์ต่างถิ่น พร้อมทั้งระบุสาเหตุ ปัญหา ผลกระทบ และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

ตะลึงเอเลียนสปีชีส์ "หนอนตัวแบนนิวกินี" โผล่ไทย ติด 100 ชนิด รุกรานที่สุดของโลก

นักวิชาการอิสระกลุ่มอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ยืนยันว่ามีการแพร่กระจายของหนอนตัวแบนนิวกินีจริง และเป็นรายงานครั้งแรกในประเทศไทย และเป็นประเทศแรกในเอเชียที่มีระบาดในประเทศที่เป็นแผ่นดิน หลังจากเคยพบการระบาดในเกาะสิงคโปร์ ซึ่งขณะนี้ได้เก็บตัวอย่างหนอนชนิดนี้ มาวิจัยและศึกษาพฤติกรรมอย่างละเอียดที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์แล้ว พบว่าหนอนชนิดนี้เป็น 1 ใน 100 เอเลียนสปีชีส์ที่คุกคามระบบนิเวศระดับโลก เคยมีรายงานรุกรานในฝรั่งเศส รัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา และสิงคโปร์ พบว่าหนอนตัวแบนนิวกินี ไม่ได้ล่าแต่หอยทากยักษ์ แต่กลับไล่ล่าหอยทากเฉพาะถิ่นจนสูญพันธุ์ โดยหนอนชนิดนี้มี 2 เพศในตัวเดียว แต่การสืบพันธุ์ต้องมีหนอน 2 ตัวจึงจะวางไข่ได้ เมื่อโตเต็มที่แล้วมีลำตัวยาวประมาณ 5-6 เซนติเมตร ปลายแหลมทั้งสองด้าน แต่ด้านที่เป็นหัวจะแหลมเล็กกว่า สีด้านหลังเป็นสีน้ำตาลเข้ม และมีลายสีน้ำตาลอ่อนพาดกลาง ลำตัวตามแนวยาว ด้านท้องสีขาวและมีจุดสีขาวเล็ก ๆ ค่อนข้างทางด้านหางซึ่งเป็นส่วนปาก หนอนชนิดนี้กินหอยทากเป็นอาหารหลักและกินไส้เดือนดินด้วย ในการกินหอยทากนั้น หนอนจะปล่อยน้ำย่อยออกมาย่อยเนื้อหอยทากก่อนที่จะดูดกินเข้าไป โดยพยาธิหอยโข่ง พยาธิปอดหนู พบในหอยทากยักษ์แอฟริกา และหอยในกลุ่มหอยโข่ง หอยขม ซึ่งพยาธิจะเข้าสู่ร่างกายคนผ่านทางกรกิน จึงควรหลีกเลี่ยงการกินหอยที่ไม่สุก รวมไปถึงล้างทำความสะอาดผักในบริเวณที่มีหอยทาก และหนอนตัวแบนอาศัยอยู่ที่ดึก่อนรับประทานหรือรับประทานเฉพาะผักที่สุกแล้วเท่านั้น หลีกเลี่ยงการดื่มน้ำที่ไม่ได้ผ่านการต้ม หรือกรองมาก่อนโดยเฉพาะในแหล่งที่มีหอยและหนอนตัวแบนนิวกินีอาศัยอยู่ ส่วนการกำจัดหนอนตัวแบนนิวกินี เบื้องต้นใช้น้ำร้อนลวก หรือหยอดด้วยเกลือป่น ห้ามใช้การสับ หรือฟัน เพราะแต่ละชิ้นจะเติบโตเป็นตัวใหม่ได้ และจะยิ่งเพิ่มจำนวนขึ้นไปอีก

ขณะนี้ยังไม่สามารถประเมินว่าหนอนตัวแบนนิวกินี แพร่กระจายในพื้นที่ไหนบ้างแล้ว และหน่วยงานควบคุมโดยเฉพาะก็ยังมี ที่ผ่านมาสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้ทำบัญชีชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานในไทยเพิ่มเติม แต่ยังไม่มีรายงานพบหนอนตัวแบนนิวกินีมาก่อน เบื้องต้นอยากให้มีหน่วยงานเข้ามาศึกษาวิจัยเรื่องนี้อย่างเร่งด่วน เพื่อวางมาตรการในการป้องกัน ก่อนที่จะเข้ารอยกรณีหอยเชอรี่ ปลาซักเกอร์ และผักตบชวาที่มีการแพร่ระบาดในระบบนิเวศ จนควบคุมได้ยาก

ที่มา : องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย (ไทยพีบีเอส)

คำถามท้ายกิจกรรม

? ในท้องถิ่นของนักเรียนพบการแพร่กระจายของหนอนตัวแบนนิวกินีหรือไม่ และจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตใดบ้างในพื้นที่นั้น

แนวทางการแก้ไขปัญหาการแพร่ระบาดของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น

การรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น นอกจากส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมแล้วยังทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลงด้วย นอกจากนี้เมื่อมีการแพร่ระบาดสู่พื้นที่ธรรมชาติแล้วก็ยากที่จะกำจัดได้ ดังนั้นจึงต้องมีแนวทางและมาตรการในการป้องกันการแพร่ระบาดและรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ดังนี้

1. การเฝ้าระวัง เนื่องจากการนำเข้าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในปัจจุบันไม่สามารถคาดคะเนได้ว่าการนำเข้าขณะนั้นมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตดั้งเดิมหรือสภาพแวดล้อมหรือไม่ ดังนั้นจึงต้องวางระบบทำการวิเคราะห์ความเสี่ยง หรือผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นนั้น ๆ ก่อนที่จะนำเข้า หรือควบคุม ทำลาย หรือจำกัดพื้นที่ นอกจากนี้การบังคับใช้กฎหมายที่เข้มงวดโดยภาครัฐต่อการนำเข้าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเข้ามาในประเทศไทย จะส่งผลให้ปริมาณการนำเข้าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นมาในประเทศไทยลดลง หรืออยู่ในระดับที่ควบคุมได้
2. การทำตามแนวทางบันไดสามขั้น ได้แก่ การป้องกันไม่ให้เกิดการนำเข้าของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น การสืบพบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการป้องกันระยะต้น เพื่อนำไปสู่การกำจัด ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายในการป้องกันการรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่เข้ามาในประเทศ

3. การทำตามแนวทางเชิงนิเวศวิทยา เป็นการนำกลยุทธ์ต่าง ๆ แบบผสมผสานมาใช้ในการจัดการสิ่งมีชีวิต เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในอันที่จะอนุรักษ์ไว้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
4. ความรับผิดชอบของคนในสังคม ทุกคนในสังคมมีส่วนร่วมในความรับผิดชอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรัฐบาลจะต้องดำเนินการหามาตรการต่าง ๆ ในการควบคุมไม่ให้เกิดการรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นไปยังพื้นที่อื่นหรือประเทศอื่น รวมทั้งประชาชนควรสอดส่องดูแลการลักลอบนำเข้าของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นและแจ้งรัฐดำเนินการต่อไป
5. การวิจัยและติดตาม รัฐบาลจะต้องทำการวิจัยและติดตามผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นตั้งแต่เริ่มต้น โดยการสำรวจจำแนกชนิดพันธุ์และติดตามผลกระทบที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดจากชนิดพันธุ์ต่างถิ่นนั้น ๆ
6. การให้ความรู้และเสริมสร้างความตระหนักแก่ประชาชน การศึกษาและประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับทราบถึงผลกระทบต่อการนำเข้าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเป็นวิธีการที่ได้ผลและมีประสิทธิภาพ โดยรัฐบาลจะต้องให้การศึกษาและชี้แจงให้ประชาชน องค์กรท้องถิ่นได้ทราบและขอความร่วมมือในการดำเนินการป้องกัน



ตรวจสอบความเข้าใจ

ปลาหมอหางดำ (*Sarotherodon melanotheron*) ขนาดลำตัวยาว 13–28 เซนติเมตร มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา มีการนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2553 เพื่อเพาะเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดใหม่ ปลาหมอหางดำเป็นปลาที่อาศัยในเขตตามแนวชายฝั่ง และสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่อระดับความเค็มของน้ำได้สูง สามารถแพร่กระจายได้ตั้งแต่แหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย ไปจนถึงแหล่งน้ำเค็ม สามารถกินอาหารได้หลากหลาย เช่น แพลงก์ตอน ลูกกุ้ง ลูกปลา หรือสัตว์น้ำวัยอ่อนชนิดอื่น จากการศึกษาด้านกายวิภาคของระบบย่อยอาหาร พบว่าปลาหมอหางดำมีระบบย่อยอาหารที่มีประสิทธิภาพมาก และมีความต้องการอาหารต่อวันในปริมาณที่สูง มีรายงานจากกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งชาวกว่า ปลาหมอหางดำสร้างปัญหาอย่างมาก โดยปลาหมอหางดำเพียงไม่กี่ตัวสามารถกินลูกกุ้งจนหมดบ่อเลี้ยง และขยายพันธุ์ได้ในเวลาอันสั้น คาดว่าสร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล ปัจจุบันมีรายงานพบปลาหมอหางดำในแหล่งน้ำธรรมชาติหลายแห่ง และส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำท้องถิ่นหลายชนิด โดยล่าสัตว์น้ำวัยอ่อนท้องถิ่นกินเป็นอาหาร



ปลานิลคางดำ

- ? ปลานิลคางดำจัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทใด
- ? ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการรุกรานของปลานิลคางดำเป็นอย่างไร
- ? แนวทางการป้องกันและแก้ไขการรุกรานของปลานิลคางดำควรเป็นอย่างไร

ทรัพยากรธรรมชาติล้วนแล้วแต่มีความสำคัญและมีประโยชน์กับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ การเข้าใจปัญหา ผลกระทบ และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติซึ่งรวมถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมจะทำให้มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

1. ทรัพยากรธรรมชาติแบ่งตามลักษณะการนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็น 3 ประเภท คือ ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ และ ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป
2. ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น มนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำทั้งทางด้านการเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม การพักผ่อนหย่อนใจ และเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้า ปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ ได้แก่ ปัญหามลพิษทางน้ำ และปัญหาการขาดแคลนน้ำ แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ เช่น การมีจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า การวางแผนการใช้น้ำเพื่อให้น้ำใช้อย่างเพียงพอ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ
3. ทรัพยากรดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ มนุษย์ใช้ประโยชน์จากดินทั้งทางด้านการเกษตร สำหรับเป็นแหล่งผลิตอาหาร และเป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ ปัญหาที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรดิน ได้แก่ ปัญหามลพิษทางดิน และปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน แนวทางการจัดการทรัพยากรดิน เช่น การเลือกใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน การป้องกันการพังทลายของดิน การปรับปรุงสมบัติของดินทางกายภาพ และทางเคมี การลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร การกำจัดขยะ และการปลูกจิตสำนึกในการลดการใช้สิ่งของที่มาจากพลาสติก โฟม
4. ทรัพยากรอากาศเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ต้องการ O_2 เพื่อการดำรงชีวิต ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรอากาศ ได้แก่ ปัญหามลพิษทางอากาศ แนวทางการจัดการทรัพยากรอากาศ เช่น การกำหนดนโยบาย ข้อบังคับ ข้อควรปฏิบัติ และเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมในการควบคุมคุณภาพอากาศ การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้กับประชาชน การลดกิจกรรมที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ การใช้พลังงานหมุนเวียนที่ได้จากแหล่งต่างๆ ในธรรมชาติ
5. ทรัพยากรป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ ป่าไม้มีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจ สังคม และความหลากหลายทางชีวภาพ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้ได้แก่ ปัญหาการลดลงของทรัพยากรป่าไม้ การจัดการทรัพยากรป่าไม้ เช่น การปฏิบัติตามนโยบายป่าไม้แห่งชาติ การสร้างความตระหนักและให้ความรู้แก่ประชาชน การปลูก

ต้นไม้เพื่อสร้างป่าทดแทนและป้องกันการบุกรุกป่า การลดการใช้ไม้จากป่า และการกำหนดเขตป่าอนุรักษ์ต่าง ๆ

6. ทรัพยากรสัตว์ป่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ แต่มีสัตว์ป่าบางชนิดที่สูญพันธุ์ไปแล้ว หรือบางชนิดกำลังลดลงและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ สัตว์ป่าช่วยทำให้เกิดสมดุลของระบบนิเวศ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทรัพยากรสัตว์ป่า ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนแหล่งที่อยู่อาศัยและการดำรงชีวิตของสัตว์ป่า แนวทางการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า เช่น การจัดตั้งพื้นที่อนุรักษ์สัตว์ป่า การส่งเสริมการวิจัยและเพิ่มองค์ความรู้ในการศึกษาทางนิเวศวิทยา การเผยแพร่ความรู้และสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า การเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่าหายาก
7. หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีแนวทางดังนี้ การใช้แบบยั่งยืน การเก็บกัก การรักษาซ่อมแซม การฟื้นฟู และการป้องกัน
8. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเป็นสิ่งมีชีวิตที่ถูกนำเข้ามาในแหล่งที่อยู่ใหม่โดยแหล่งที่อยู่ใหมอยู่นอกเขตการกระจายพันธุ์ดั้งเดิมในธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตนั้น การแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเสียหายต่อระบบนิเวศดั้งเดิม และความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตท้องถิ่น แนวทางการแก้ไขปัญหาการแพร่ระบาดของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น เช่น การเฝ้าระวัง การทำตามแนวทางบันไดสามขั้น การทำตามแนวทางเชิงนิเวศวิทยา ความรับผิดชอบของคนในสังคม การวิจัยและติดตาม และการให้ความรู้และเสริมสร้างความตระหนักแก่ประชาชน



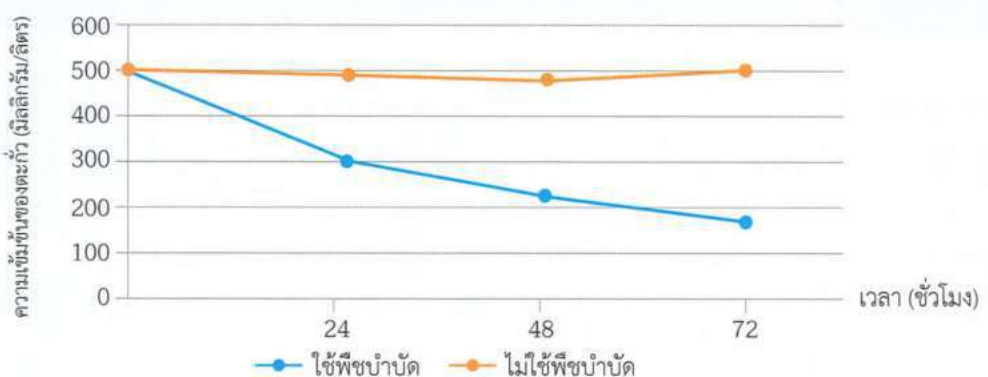
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 25

1. ชาวบ้านในหมู่บ้านแห่งหนึ่งสังเกตเห็นว่าโรงงานอุตสาหกรรมในหมู่บ้านทำให้คุณภาพน้ำในบึงทั้ง 4 แห่งในหมู่บ้านลดลง 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

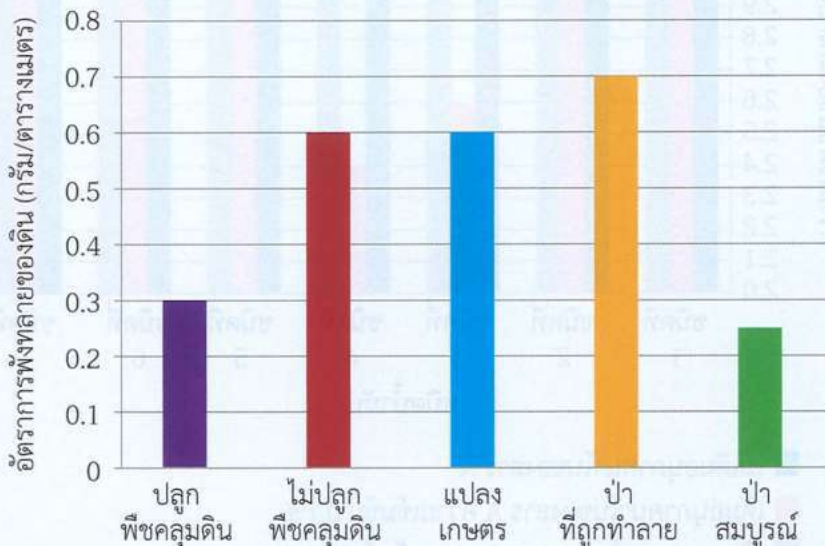
จากผลการวิเคราะห์คุณภาพแหล่งน้ำ ถ้านักเรียนอาศัยอยู่ในหมู่บ้านนี้ จะแนะนำให้คนในหมู่บ้านนำน้ำจากบึงแหล่งใดมาใช้ เพราะเหตุใด

2. นักวิทยาศาสตร์ตรวจสอบสมบัติของพืชชนิดหนึ่งเพื่อประเมินความสามารถในการบำบัดแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่ว โดยทดลองปลูกพืชชนิดนั้นในน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วที่ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้ววัดปริมาณตะกั่วตกค้างในน้ำหลังจากการทดลอง 24 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ใช้พืชบำบัด ได้ผลการศึกษาดังนี้



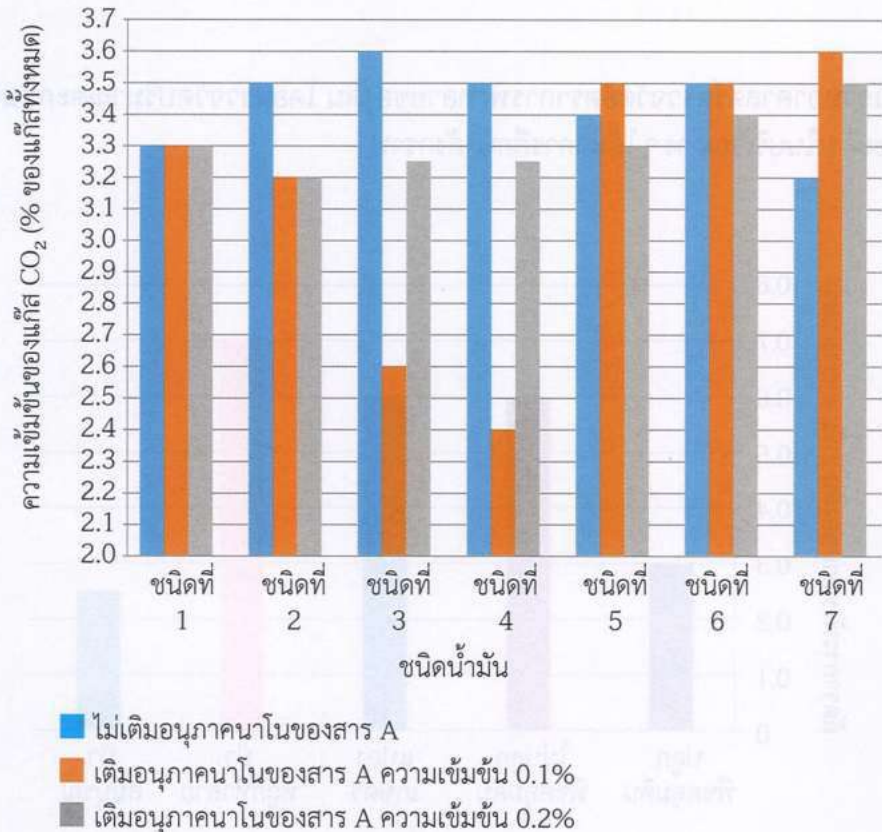
- 2.1 เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ปริมาณตะกั่วปนเปื้อนในน้ำของชุดการทดลองที่ใช้พืชบำบัดมีปริมาณเท่าใด แตกต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ใช้พืชบำบัดหรือไม่
- 2.2 จากผลการศึกษา พืชชนิดนี้สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วได้หรือไม่
- 2.3 ถ้าพืชที่ใช้ในการทดลองยังคงเจริญเติบโตได้ดีเท่าเดิม เมื่อนักวิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลต่อไปในชั่วโมงที่ 96 ผลการศึกษาที่เป็นไปได้มากที่สุดคืออะไร

3. นักวิทยาศาสตร์ตรวจวัดอัตราการพังทลายของดิน โดยตรวจวัดปริมาณตะกอนดินที่ถูกชะล้างในบริเวณต่างๆ ได้ผลการศึกษาดังกราฟ



- 3.1 จากข้อมูลในกราฟบริเวณที่มีการพังทลายของหน้าดินสูงสุดคือบริเวณใด และคิดเป็นปริมาณเท่าใด
- 3.2 ถ้านักเรียนเป็นเกษตรกรและต้องการลดปัญหาการพังทลายของหน้าดินในแปลงเกษตร ควรทำอย่างไร
- 3.3 ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายว่าสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าสมบูรณ์มีการพังทลายของดินต่ำเพราะอะไร พร้อมทั้งระบุแหล่งที่มาของข้อมูล

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

5. บริษัทแห่งหนึ่งได้ตรวจเลือดของพนักงานตำแหน่งต่าง ๆ ได้ผลการตรวจเลือดดังตาราง

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

ค่ามาตรฐานปริมาณแคดเมียมในเลือดไม่ควรเกิน 2 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณตะกั่วในเลือดไม่ควรเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

- 5.1 อาชีพที่มีความเสี่ยงได้รับพิษจากโลหะหนักมีอาชีพใดบ้าง และอาชีพใดมีความเสี่ยงที่จะเจ็บป่วยมากที่สุด
- 5.2 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในเลือดของพนักงานที่ใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันระหว่างทำงาน ดังตารางด้านล่าง การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่งผลอย่างไรต่อผู้ใช้

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

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

5.3.2 ป้องกันร่างกายจากการกระแทกของวัตถุที่มีความแข็ง

5.3.3 ถ้าสวมใส่อุปกรณ์เหล่านี้ครบขณะทำงาน สามารถป้องกันอวัยวะใดของร่างกาย ขณะทำงานได้บ้าง

5.3.4 พนักงานตำแหน่งงานใดควรใช้อุปกรณ์เหล่านี้เมื่อปฏิบัติงานมากที่สุด เพราะเหตุใด

6. นักวิทยาศาสตร์บันทึกจำนวนสปีชีส์ของนกประเภทต่างๆ ที่พบในป่าดิบชื้นแห่งหนึ่งของประเทศไทย และสวนปาล์มน้ำมันและสวนยางพาราที่อยู่รอบพื้นที่ป่าดิบชื้นแห่งนี้ ได้ผลการศึกษาดังนี้

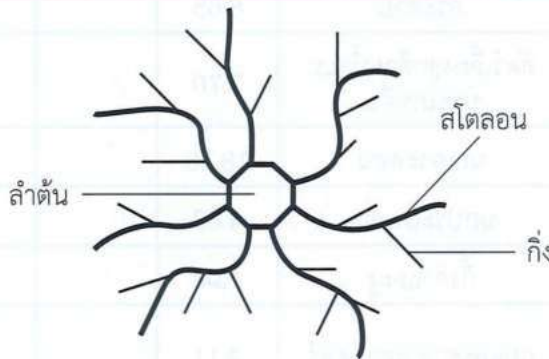
ประเภทนก	จำนวนสปีชีส์ที่พบ		
	ป่าดิบชื้น	สวนปาล์มน้ำมัน	สวนยางพารา
นกกินแมลง	67	18	23
นกที่กินอาหารได้หลากหลาย	23	18	14
นกผู้ล่า	5	4	3
นกกินผลไม้	13	1	1

6.1 จากข้อมูลในตารางนักเรียนคิดว่าเกิดอะไรขึ้นกับความหลากหลายชนิดของนก ในบริเวณนี้

6.2 ถ้านักเรียนต้องการเพิ่มความหลากหลายชนิดของนกในพื้นที่นี้ให้กลับมาสมบูรณ์เหมือนเดิม นักเรียนจะอย่างไร

7. นักวิทยาศาสตร์ได้ปล่อยแมลงเบียน (*Aulacidea subterminalis*) ลงในทุ่งหญ้าแห่งหนึ่ง ในประเทศนิวซีแลนด์เพื่อควบคุมพืชต่างถิ่น (*Hieracium pilosella*) ดังรูป โดยแมลงเบียนชนิดนี้จะสร้างกอล (gall) ลงบนสโตลอน (stolon) ของพืชชนิดนี้ ซึ่งส่งผลให้พืชเจริญขยายพันธุ์ได้ช้าลง เมื่อเวลาผ่านไป ได้มีการคำนวณมวลชีวภาพ วัตถุประสงค์ของความยาวของสโตลอนและกิ่งของพืชต่างถิ่นแต่ละต้นในแปลงที่ไม่มีการปล่อยแมลงเบียนและมีการปล่อยแมลงเบียนได้ผลดังนี้

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

8. แมวบ้าน (*Felis catus*) จัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น เมื่อมีการนำแมวบ้านเข้าไปอยู่บนเกาะ และแมวบ้านมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ก็จะกินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กบนเกาะ โดยทั่วไปแมวบ้านเป็นสัตว์ที่ล่าเหยื่อได้หลายประเภท เมื่อล่าได้จะกินเหยื่อหรืออาจเล่นกับเหยื่อจนเหยื่อถึงแก่ความตาย นักวิทยาศาสตร์สำรวจกลุ่มประเภทและปริมาณของเหยื่อที่แมวนำกลับมาให้เจ้าของระหว่างปล่อยออกภายนอกบ้านจาก 1,400 ครีวเรือน ได้จำนวนเหยื่อทุกกลุ่มทั้งหมด 14,370 ตัว

8.1 ถ้ากำหนดให้ปริมาณเหยื่อที่ถูกล่ามากกว่า 1,000 ตัว เป็นประเภทเหยื่อที่ได้รับผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านสูง ปริมาณเหยื่อที่ถูกล่าน้อยกว่า 120 ตัว เป็นประเภทเหยื่อที่ได้รับผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านต่ำ และปริมาณเหยื่อที่ถูกล่าระหว่าง 120-1,000 ตัว เป็นประเภทเหยื่อที่ได้รับผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านปานกลาง จากข้อมูลในตารางให้จัดว่าเหยื่อแต่ละประเภทได้รับผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านในระดับใดบ้าง จงคำนวณ และเติมข้อมูลในตารางให้ครบถ้วน

กลุ่มของเหยื่อ	ประเภทของเหยื่อ	ปริมาณของเหยื่อ (%)	จำนวนตัว	ผลกระทบจากการล่าของแมว
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	สัตว์กินแมลงขนาดเล็ก	12.89		
	สัตว์ฟันแทะ	44.32		
	กระต่าย	8.65		
	สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประเภทอื่น	2.70		
นก	นกเกาะคอน	18.78		
	นกประเภทอื่น	4.82		
สัตว์เลื้อยคลาน	กิ้งก่าและงู	1.00		
สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	กบและซาลาแมนเดอร์	4.11		
ปลา	ปลาตะเพียน	0.22		
แมลงและแมง	แมลงปอและผีเสื้อ	0.76		
	แมลงและแมงประเภทอื่น	0.24		
สัตว์กลุ่มอื่น	-	1.52		

8.2 ถ้าต้องการลดผลกระทบจากการล่าของแมวบ้านต่อเหยื่อประเภทต่างๆ สามารถทำได้
อย่างไร อธิบาย

คำศัพท์

บทที่ 23

ก	กลุ่มคอर्डेट	chordate
	กลุ่มชาติพันธุ์เดียว	monophyletic group
	กลุ่มที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่มีออกซิเจน	obligate aerobe
	กลุ่มที่ดำรงชีวิตได้เฉพาะในที่ที่ไม่มีออกซิเจน	obligate anaerobe
	กลุ่มที่ดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน	facultative anaerobe
	กลุ่มนีมาโทด	nematode
	กลุ่มไนดาเรียน	cnidarian
	กลุ่มพอริเฟอรัล	poriferan
	กลุ่มแพลทีเฮลมินท์	platyhelminth
	กลุ่มมอลลัสค	mollusk
	กลุ่มอาร์โทรพอด	arthropod
	กลุ่มเอไคโนเดิร์ม	echinoderm
	กลุ่มแอนเนลิด	annelid
	ก้านชูอับสปอร์	seta
	การจำแนก	classification
	การตั้งชื่อ	nomenclature
	การตั้งชื่อแบบทวินาม	binomial nomenclature
	การระบุ	identification

ก	การลอกคราบ	ecdysis หรือ molting
ข	ขนแบบขนนก	feather
	ขนแบบขนเส้นเดียว	hair
	เข็มพิษ	nematocyst
	แขน	arm
ค	คลาสหรือชั้น	class
	ความมากสปีชีส์	species richness
	ความหลากหลายของระบบนิเวศ	ecosystem diversity
	ความหลากหลายของสปีชีส์	species diversity
	ความหลากหลายทางชีวภาพ	biodiversity
	ความหลากหลายทางพันธุกรรม	genetic diversity
	คำระบุชนิด	specific epithet
	คิงดอมหรืออาณาจักร	kingdom
	คีย์หรือรูปวิธาน	key
	โคน	cone
	โครงร่างแข็งภายนอก	exoskeleton
	โครงร่างแข็งภายใน	endoskeleton
	ไคทริด	chytrid
จ	จิ้นัสหรือสกุล	genus
ช	ช่องแมนเทิล	mantle cavity
	ช่องเหงือก	gill slit หรือ pharyngeal slit
	ชื่อจิ้นัส	generic name
	ชื่อท้องถิ่น	local name
	ชื่อวิทยาศาสตร์	scientific name

ช	ชื่อสามัญ	common name
ซ	ซอร์รัส	sorus
	ซับ	sub
	ซูเปอร์	super
	ไซโกสปอร์	zygospore
	ไซฟอน	siphon
	ไซยาโนแบคทีเรีย	cyanobacteria
	ด	ดิเวอโรสโทเมีย
โดเมน		domain
ไดโคโทมัสคีย์		dichotomous key
ไดอะตอม		diatom
ด	ตัวอ่อนโทรโคฟอร์	trochophore larva
ถ	ถุงคอหอย	pharyngeal pouch
ท	ท่อประสาทกลางทางด้านหลัง	dorsal hollow nerve cord
	ท่อยูสเตเซียน	eustachian tube
	ทิวบ์ฟิต	tube feet
	เทนท์ทาเคิล	tentacle
	เทรคีโอไฟต์	tracheophyte
น	โนโทคอร์ด	notochord
	ไนโดไซด์	cnidocyte
บ	บรรพบุรุษร่วม	common ancestor
	บรรพบุรุษร่วมล่าสุด	recent common ancestor
	บลาสโทพอร์	blastopore
	เบสิดิโอสปอร์	basidiospore

บ	เบสิดิเทียม	basidium	
	แบคทีเรีย	bacteria	
	ไบรโอไฟต์	bryophyte	
ป	ปลา	fish	
	โปรโทเซลล์	protocell	
ผ	แผนภูมิวิวัฒนาการชาติพันธุ์	phylogenetic tree	
พ	พลาสโมเดียม	plasmodium	
	พืช	plant	
	พืชดอก	angiosperm	
	พืชเมล็ดเปลือย	gymnosperm	
	โพรงลำตัว	coelom	
	โพรงลำตัวเทียม	pseudocoelom	
	โพรทิสต์	protist	
	โพรทิสต์ที่คล้ายรา	fungus-like protist	
	โพรโทซัว	protozoa	
	โพรโทสโตเมีย	protostomia	
	โพลิป	polyp	
	ฟ	ฟรุติงบอดี	fruiting body
		ฟังไจ	fungi
ฟุต		foot	
แฟมิลีหรือวงศ์		family	
ไฟลัม		phylum	
ภ	ภาวะอยู่ร่วมภายใน	endosymbiosis	
ม	เมดูซา	medusa	

ม	เมทาโนเจน	methanogen
	แมนเทิล	mantle
	โมนิโลไฟต์	monilophyte
	ไมโคพลาสมา	mycoplasma
	ไมซีเลียม	mycelium
	ไม่มีโพรงลำตัว	acoelom
ย	ยูคารีเอ	Eukarya
	ยูฟิลล์	euphyll
	ยูฟิลโลไฟต์	euphyllophyte
	แยกสองแฉก	dichotomous
ร	รยางค์เป็นข้อๆ ต่อกัน	jointed appendages
	ระนาบสมมาตร	plane of symmetry
	ระบบท่อน้ำ	water vascular system
	รูปร่างกลม	coccus
	รูปร่างเกลียว	spiral
	รูปร่างแท่ง	bacillus
	ไรซอยด์	rhizoid
	ไรโบไซม์	ribozyme
ล	ลำตัวเป็นปล้อง	segmentation
	ลิพิดไบเลเยอร์	lipid bilayer
	ไลโคฟิลล์	lycophyll
	ไลโคไฟต์	lycophyte
ว	วิวัฒนาการชาติพันธุ์	phylogeny
	วิสเซอร์อลแมส	visceral mass

ส	สโตรอบิลัส	strobilus
	สโตรมาโทไลต์	stromatolite
	สปองจิน	spongin
	สปิคูล	spicule
	สปีชีส์หรือชนิด	species
	สเปอร์มาโทไฟต์	spermatophyte
	สไปโรคิท	spirochaete
	สมมาตร	symmetry
	สมมาตรแบบครึ่งซีก	bilateral symmetry
	สมมาตรแบบรัศมี	radial symmetry
	สร้างอาหารเองได้	autotroph
	สร้างอาหารเองไม่ได้	heterotroph
	สัตว์ปีก	avian
	สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	mammal
	สัตว์เลื้อยคลาน	reptilian
	สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	amphibian
	สาหร่าย	algae
	สาหร่ายสีเขียว	green algae
	สาหร่ายสีแดง	red algae
	สาหร่ายสีน้ำตาล	brown algae
ห	หน่วยอนุกรมวิธาน	taxon
อ	อนุกรมวิธาน	taxonomy
	อสมมาตรหรือไม่มีสมมาตร	asymmetry
	ออร์เดอร์หรืออันดับ	order

อ	อับสปอร์	sporangium
	อาร์เคีย	archaea
	แอสคัส	ascus
	แอสโคสปอร์	ascospore
ย	ไฮฟา	hypha
บทที่ 24		
ก	กลุ่มสิ่งมีชีวิต	community
	การกระจายตัว	dispersion
	การกระจายตัวแบบรวมกลุ่ม	clumped dispersion
	การกระจายตัวแบบสม่ำเสมอ	uniform dispersion
	การกระจายตัวแบบสุ่ม	random dispersion
	การกระจายพันธุ์	species distribution
	การเติบโตของประชากรแบบลอจิสติก	logistic population growth
	การเติบโตของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล	exponential population growth
	การทำเครื่องหมายและจับซ้ำ	mark-recapture method
	การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา	ecological succession
	การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ	secondary succession
	การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ	primary succession
	การสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง	quadrat sampling method
	การอพยพ	migration
	การอพยพเข้า	immigration
การอพยพออก	emigration	
ข	ขนาดของประชากร	population size

ค	ความหนาแน่นของประชากร	population density
	แครี่อิงคาพาซิตี	carrying capacity
ช	ชาปาร์รัล	chaparral
ซ	โซ่อาหาร	food chain
ท	ทะเลทราย	desert
	ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น	temperate grassland
	ทุนดรา	tundra
	ไทกา	taiga
น	แนวปะการัง	coral reef
บ	ไบโอม	biome
	ไบโอแมกนิฟิเคชัน	biomagnification หรือ biological magnification
	ไบโอสเฟียร์	biosphere
ป	ประชากร	population
	ปัจจัยจำกัด	limiting factor
	ป่าเขตร้อน	tropical forest
	ป่าชายเลน	mangrove forest
	ป่าดิบเขา	hill evergreen forest หรือ montane forest
	ป่าดิบชื้น	tropical rain forest
	ป่าเต็งรัง	dry dipterocarp forest
	ป่าบอเรียล	boreal forest
	ป่าเบญจพรรณ	mixed deciduous forest
	ป่าผลัดใบ	deciduous forest
	ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น	temperate deciduous forest

ป	ป่าพรุ	peat swamp forest
	ป่าไม่ผลัดใบ	evergreen forest
	ป่าสน	coniferous forest
พ	พีระมิดจำนวน	pyramid of numbers
	พีระมิดทางนิเวศวิทยา	ecological pyramid
	พีระมิดพลังงาน	pyramid of energy
	พีระมิดมวลชีวภาพ	pyramid of biomass
	พีระมิดอายุ	age pyramid
ร	ระบบนิเวศ	ecosystem
	ระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม	marine ecosystem
	ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด	fresh water ecosystem
ว	วัฏจักรกำมะถัน	sulfur cycle
	วัฏจักรไนโตรเจน	nitrogen cycle
	วัฏจักรฟอสฟอรัส	phosphorus cycle
	วัฏจักรสาร	nutrient cycle
ส	สะวันนา	savanna
	สังคมสมบูรณ์	climax community
	สายใยอาหาร	food web
	สิ่งมีชีวิต	organism
ท	แหล่งที่อยู่	habitat
อ	อัตราการเกิด	natality rate หรือ birth rate
	อัตราการตาย	mortality rate หรือ death rate

บทที่ 25		มลพิษทางน้ำ	น้ำ
ก	การเก็บกัก	storage	
	การใช้แบบยั่งยืน	sustainable utilization	
	การนำมาใช้ซ้ำ	reuse	
	การป้องกัน	prevention	
	การพังทลายของดิน	soil erosion	
	การฟื้นฟู	rehabilitation	
	การรักษาซ่อมแซม	repair	
	การลดปริมาณการใช้	reduce	
ข	ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น	alien species	
ด	ดีไอ	dissolved oxygen (DO)	
ท	ทรัพยากรธรรมชาติ	natural resource	
	ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น	non-exhausting natural resource	
	ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้	renewable natural resource	
	ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป	exhausting natural resource	
น	น้ำใต้ดิน	ground water	
	น้ำทิ้ง	effluent	
	น้ำผิวดิน	surface water	
	น้ำเสีย	waste water	
บ	บีโอดี	biochemical oxygen demand (BOD)	
ป	ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน	eutrophication	
	ปรากฏการณ์เรือนกระจก	greenhouse effect	

ม	มลพิษทางดิน	soil pollution
	มลพิษทางน้ำ	water pollution
	มลพิษทางอากาศ	air pollution
ร	รีไซเคิล	recycle
ส	สารมลพิษ	pollutant
ห	หยาดน้ำฟ้า	precipitation
อ	อนุภาคดินทราย	sand
	อนุภาคดินทรายแป้ง	silt
	อนุภาคดินเหนียว	clay

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 สุดทองคง. (2560). **ปลาหมอคางดำ**. 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.
- 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 สิทธิกรกุล และศิวาพร ลงยันต์. (2557). กายวิภาคของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง *Anatomy of the invertebrates* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัท ชัคเซสฟัพพลิเคชั่น.

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

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). หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่วนส่งเสริมและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). คู่มือความรู้เรื่องป่าชายเลน (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: บริษัทพลอยมีเดีย จำกัด

ส่วนสารสนเทศด้านอนุรักษ์สัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. (2562). เขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตพื้นที่ห้ามล่าสัตว์ป่า. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2562, จาก http://www.dnp.go.th/wildlife_it/n_web/lacgant/conservation_areas_search.php

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2532). โปริติสต์บางชนิดที่พบในประเทศไทย เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). พจนานุกรมศัพท์พฤษศาสตร์ 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>

- สุภาภรณ์ รัตนเลิศนุสรณ์. (2550). **หลักการอนุรักษ์และการจัดการชีวภาพ** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ขยะอิเล็กทรอนิกส์ แก้มไม่ได้ ถ้าวินิจฉัยใจ จัดการจริงจัง**. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/283522>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ข่าวดี พรุควนครึ่ง ผุ่น PM2.5 ลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/282848>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ข้างป่า แอบชุ่มลอยคอในน้ำ เตรียมบุกสวนผลไม้**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/282787>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **ตะลึงเอเลียนสปีชีส์ หนอนตัวแบนนิวกินี โผล่ไทย-ติด 100 ชนิดรุกรานที่สุดของโลก**. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/267494>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **พบพันธุ์ไม้ชนิดใหม่ของโลก พรหมจุฬารักษ์ รอดย่อยอดยาด้านมะเร็ง**. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/283064>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **มองโกเลีย เล็งใช้ ถูงเพาะชำชีวภาพ จากไทยพลิกฟื้นทะเลทราย**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/282960>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). **รวบพรานป่า อ.เชียงใหม่ พร้อมซากเลี้ยงผา-แก้ง**. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/279030>

- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). ล่อซื้อ ลูกหมึกควาย รอดเหยื่อ
ค้าสัตว์ป่าออนไลน์. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2562, จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/280155>
- องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2562). เศร้า มาเรียนลูกพะยูนขวัญใจ
ตาย ซ็อก-เจอถุงพลาสติก. 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, ขวัญภรณ์ ศรีวิไล และวรางคณา จันดา. สถานการณ์ป่าไม้ไทย
พุทธศักราช 2560-2561 มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. สืบค้นเมื่อ 03 มิถุนายน 2562, จาก <https://www.seub.or.th/document/สถานการณ์ป่าไม้ไทย/รายงานสถานการณ์ป่าไม้ไทย -6/>
- อัจฉริยา รังษิรุจิ. (2555). วัฒนนาการ: จากทฤษฎีสู่การประยุกต์ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัท
เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลส์ พับลิเคชัน 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)
เอื้อเพื่อสถานที่ถ่ายภาพโดย พิพิธภัณฑทร์พระรามเก้า องค์การพิพิธภัณฑทร์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ	- ห้องแสดงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต (1)
เอื้อเพื่อโดย นายรัตนไชย อินทรีย์ นักพฤกษศาสตร์ โรงเรียนราชวินิต	- 23.2 พลับพลึงธาร (8)
เอื้อเพื่อโดย นายอรรถพล รุกขพันธ์ นักวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง	- 23.14 รูปถ่ายลักษณะปมรากถั่วที่มีไรโซเบียม เจริญอยู่ (20)
เอื้อเพื่อโดย นายธนิศ เอื้อคนารักษ์	- 23.18 (22)
เอื้อเพื่อโดย ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	- 23.21 รูปถ่ายอะมีบาแสดงนิวเคลียสและ เท้าเทียม (27) - 23.40 พยาธิไส้เดือน (47) - 23.52 พยาธิไส้เดือน (55)
เอื้อเพื่อโดย ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี นักวิชาการอิสระ	- 23.24 เซอราเนียมและสาหร่ายทุ่น (29) - 23.26 มอสและฮอร์นเวิร์ท (32) - 23.27 ไลโคฟิลล์ (33) - 23.29 โคนเพศผู้และโคนเพศเมียของมะเมีย (35)
เอื้อเพื่อโดย ดร.จิโรจน์ แสงรัตนประเสริฐ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์	- 23.26 ลิเวอร์เวิร์ท (32)
เอื้อเพื่อโดย รศ.ดร.มานิต คิออยู่ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	- สปอโรไฟต์ของลิเวอร์เวิร์ท (32)

ที่มา	รูป (หน้า)
เอื้อเฟื้อโดย ผศ.ดร.ทัศนัย จารุวัฒนพันธ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	- 23.27 ไอโซเทส (33)
เอื้อเฟื้อโดย ดร.สุเมตต์ ปุจฉาการ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา	- 23.40 ฟองน้ำ (47) - 23.41 (48) - 23.59 ข. (61)
เอื้อเฟื้อโดย คุณศิริวัฒนา ศิริมณฑา	- 23.40 แมงกะพรุน (47) - 23.43 แมงกะพรุน (49)
เอื้อเฟื้อโดย ดร.ปิติ โรจนวัชรณสินธุ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา	- 23.43 ปะการังและกัลปังหา (49)
Spiroview Inc/shutterstock_138483449	- 23.43 ดอกไม้ทะเล (49)
NatureDiver/shutterstock_1278571717	- 23.43 ปากกาทะเล (49)
เอื้อเฟื้อโดย ดร.ธำปนา ชลธนานารถ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	- 23.46 พยาธิใบไม้ (51)
Rattiya Thongdumhyu/ shutterstock_1235338786	- 23.46 พยาธิตัวตืด (51)
เอื้อเฟื้อโดย รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล นักวิชาการอิสระ	- 23.47 หมึกกระดอง (52)
เอื้อเฟื้อโดย ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	- 23.47 ลิ่นทะเล (52) - 23.52 พยาธิแส้ม้าและพยาธิปากขอ (55) - 23.57 (59) - 23.59 ก. (61)
Richard Whitcombe / shutterstock_1214515453	- 23.50 ทากดูดเลือด (54)

ที่มา	รูป (หน้า)
เอื้อเฟื้อโดย คุณทัฬหฬสาร ภูริสัมพันธ์	- 23.53 แมงมุม (56)
Peter Yeeles/shutterstock_1454548097	- 23.53 มดหัวโต (56) - 25.20 มดหัวโต (220)
เอื้อเฟื้อโดย ครูธนัดดา คงมีทรัพย์ โรงเรียนอ่าทองปทุมโรจน์	- 23.55 (58)
Maria Dryfhout/ shutterstock_1318377578	- 23.60 ส่วนปากของปลาแลมเพร์ย์ (62)
chonlasub woravichan/ shutterstock_1396115798	- 23.63 (63)
เอื้อเฟื้อโดย ดร.ปรวีร์ พรหมโชติ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	- 23.64 เขียดงู (64)
Gaschwald/shutterstock_548965408	- 23.65 อิกัวนา (64)
เอื้อเฟื้อโดย นายสมิธ สุตินบุตร	- 23.67 นกแอ่น (65)
ravelMediaProductions/ shutterstock_27821335	- 23.67 นกเพนกวิน (65)
John Carnemolla/ shutterstock_615165578	- 23.68 ตุ่นปากเป็ด (66)
เอื้อเฟื้อโดย นายศิริชัย อรุณรักษ์ติชัย	- พะยูนมาเรียม (68)
vkilikov/shutterstock_383621125	- 23.69 โลมาปากขวดอินโดแปซิฟิก (69)
Warren Metcalf/shutterstock_688787932	- 23.69 ปลาฉลามแฮลมอน (69)

ที่มา	รูป (หน้า)
เอื้อเฟื้อโดย Peter Prokosch http://grida.no/resources/3527	- 24.2 ค. (100)
http://www.grida.no/resources/2663	- 24.26 ค. (122)
http://www.grida.no/resources/2765	- 24.27 ข. (123)
http://www.grida.no/resources/2496	- 24.32 ค. (128)
http://www.grida.no/resources/3799	- 24.33 ข. (129)
เอื้อเฟื้อโดย Peter Prokosch	- 24.2 ง. (100) - 24.26 ข. (122) - 24.27 ค. (123)
เอื้อเฟื้อโดย นายเจริญศักดิ์ แซ่ไฉ่	- 24.3 (101)
เอื้อเฟื้อโดย อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์	- 24.4 (101)
เอื้อเฟื้อโดย นายนุรฮิชาม บินมามู	- 24.5 (101)
เอื้อเฟื้อโดย สถานีวิจัยสัตว์ป่าป่าพรุ ป่า ฮาลา-บาลา	- 24.6 (102) - 24.7 (102)
Piya Kitpirom/shutterstock_655373071	- 24.12 ค. (105)
Robert Haasmann/ shutterstock_367482740	- 24.26 ง. (122)
David Drake/shutterstock_1189333855	- 24.27 ง. (123)
Alexander Demyanov/ shutterstock_456398317	- 24.28 ข. (124)
Traveller70/shutterstock_1195256890	- 24.28 ค. (124)
WendyNuttall/shutterstock_647353768	- 24.28 ง. (124)
Tim Gray/shutterstock_1398757754	- 24.29 ข. (125)
SeraphP/shutterstock_1245202936	- 24.29 ค. (125)

ที่มา	รูป (หน้า)
Sundry Photography/ shutterstock_1015292908	- 24.29 ง. (125)
kimson/shutterstock_1227542407	- 24.30 ค. (126)
Orhan Cam/shutterstock_192796523	- 24.30 ง. (126)
Jon Manjeot/shutterstock_357935444	- 24.31 ข. (127)
Cat Downie/shutterstock_126695726	- 24.31 ง. (127)
E. O./shutterstock_123809101	- 24.32 ข. (128)
Ercan Uc/shutterstock_1450173218	- 24.32 ง. (128)
เอื้อเพื่อโดย คุณนิธินันท์ มานะภาคย์	- 24.33 ค. (129)
เอื้อเพื่อโดย นางสาวพรสุข ศุภรานนท์รัตน์	- 24.33 ง. (129)
เอื้อเพื่อโดย ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร	- ความหลากหลายของพืชในป่าดิบชื้น ประเทศไทย (130)
sripfoto/shutterstock_274942142	- 24.34 ก. (132)
เอื้อเพื่อโดย คุณฐิติพงศ์ สุขโพบูลย์วัฒน์	- 24.34 ข. (132)
เอื้อเพื่อโดย คุณจิระวัฒน์ ผลเพิ่มพูน	- แหล่งน้ำจืด (167)
เอื้อเพื่อโดย คุณโกสินทร์ สุขุม	- ครอบครัวยางป่า (167)
เอื้อเพื่อโดย คุณณัฐวัฒน์ รติสุข	- 25.1 ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น (171)
เอื้อเพื่อโดย คุณบุญชนก ฉายชูวงษ์	- 25.3 รถน้ำแปลงผักการเกษตร (173)
เอื้อเพื่อโดย การประปานครหลวง กระทรวงมหาดไทย	- 25.3 ผลิตน้ำประปา (173)
เอื้อเพื่อโดย กรมควบคุมมลพิษ	- 25.4 (174)
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	- 25.11 ข. (192)

ที่มา	รูป (หน้า)
เอื้อเฟื้อโดย รศ.ดร.ชาลี นาวานุกเคราะห์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม	- 25.6 ชั้นของดิน แสดงภาพตัดขวางของดิน (182)
เอื้อเฟื้อโดย กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	- 25.9 ข. (189)
24Novembers/shutterstock_1155561202	- 25.11 ก. (192)
เอื้อเฟื้อโดย กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	- 25.12 (201) - 25.13 (201)
เอื้อเฟื้อโดย ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากร ทางทะเลและชายฝั่งอันดามัน	- 25.16 (216)
เอื้อเฟื้อโดย คุณรชตะ มณีอินทร์	- 25.19 กบบุลฟร็อก (219)
Maciei Olszewski/ shutterstock_1409510885	- 25.21 ต่อยุโรป (220)
Helissa Grundemann/ shutterstock_1087945478	- 25.21 คางคกยักษ์ (220)
เอื้อเฟื้อโดย กรมประมง กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์	- ปลาหมอคางดำ (225)

คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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 |

คณะผู้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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 | ผู้ชำนาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นายณรงค์ พ่วงศรี | ผู้ชำนาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. ดร.อรสา ชูสกุล | ผู้ชำนาญสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|--------------------------------|--|
| 9. ดร.ขวัญชนก ศรีธาตาสุน | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10. ดร.ภรณ์ทิลา อุดร | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11. นางสาวปุณยาพร บริเวธานันท์ | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 12. ดร.ธเนศ เกิดแก้ว | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้ร่วมพิจารณาหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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 ศรีเอม | โรงเรียนปากช่อง จ.นครราชสีมา |
| 5. นายไกรสิทธิ์ภรณ์ พงษ์วิทย์ภานุ | โรงเรียนวิสุทธิรังษี จ.กาญจนบุรี |
| 6. นางสาวจันทร์สม สัตตรัตน์ขจร | โรงเรียนเสริมงามวิทยาคม จ.ลำปาง |
| 7. นางสาวจันทิมา มีลา | โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จ.นครพนม |
| 8. นางสาวชยาภา พุ่มสมบัติ | โรงเรียนขานุกูลวิทยา จ.กำแพงเพชร |
| 9. นางชนิดดา คงมีทรัพย์ | โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จ.อ่างทอง |
| 10. นางนันทน์ลิน เพชรรักษ์ | โรงเรียนเทศบาล ๑ (เอ็งเสียงสามัคคี) จ.สงขลา |
| 11. นายปรัชญา ละงู | โรงเรียนเมืองกลาง จ.ภูเก็ต |
| 12. นางสาวปาจรีย์ แก้วเจริญ | โรงเรียนศรียานุสรณ์ จ.จันทบุรี |
| 13. นางสาวปาริชาติ กิตติมาสกุล | โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพฯ |
| 14. นางสาวพิมพ์พิสุทธิ์ แสนพงษ์ | โรงเรียนพิบูลมังสาหาร จ.อุบลราชธานี |
| 15. นายมนโชนย์ จงรักวิทย์ | โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ กรุงเทพฯ |
| 16. นายรัฐราษฎร์ เกื้อสกุล | โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพฯ |
| 17. นางวิจิตต์ สุทธิ | โรงเรียนวังจันทร์วิทยา จ.ระยอง |
| 18. นายวิวัฒน์ บุญธรรม | โรงเรียนโยธินบูรณะ ๒ (สุวรรณสุทธาราม) |

19. นางสาวศศิธร บัวลา

20. ดร.สุนัดดา โยมญาติ

21. นางสาววิลาส รัตนานุกูล

22. ดร.นันทยา อัครอารีย์

23. นางสาวปานิก เวียงชัย

โรงเรียนพระหฤทัย จ.เชียงใหม่

ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการอาวุโสสาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการ

1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบุชา

2. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจซื่อกุล

3. ผศ.ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร

4. ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี

5. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

6. ศ.ดร.ไพศาล สติธิกรกุล

7. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นักวิชาการอิสระ

ผู้ช่วยผู้อำนวยการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา เล่ม ๖

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐)

เวลา ๖๐ ชั่วโมง จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดเซลล์เริ่มแรก ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรแคริโอต ได้แก่ แบคทีเรีย อาร์เคีย และกลุ่มยูแคริโอต ได้แก่ โพรทิสต์ พืช ฟังไจ สัตว์ ศึกษาการจำแนกสิ่งมีชีวิต การตั้งชื่อ และการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ ศึกษาเกี่ยวกับไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ความหลากหลายของระบบนิเวศ และกระบวนการที่สำคัญในระบบนิเวศ เช่น วัฏจักรสาร และการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากร การเติบโตของประชากร และประชากรมนุษย์ในแง่ของโครงสร้างอายุของประชากรและอัตราส่วนระหว่างเพศ ศึกษาเกี่ยวกับประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งทรัพยากรน้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ และสัตว์ป่า รวมทั้งปัญหาและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปรายและสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และมีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

๑. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ
๒. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
๓. อธิบายลักษณะสำคัญ และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์
๔. อธิบาย และยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์
๕. สร้างโคโคโหมสต์คีย์เพื่อใช้ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนด
๖. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
๗. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอมกนิฟิเคชัน และบอกแนวทางการลดการเกิดไบโอมกนิฟิเคชัน
๘. สืบค้นข้อมูล และเขียนแผนภาพ เพื่ออธิบายวัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส
๙. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก
๑๐. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ และการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ
๑๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด
๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลและการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก
๑๓. อธิบาย และยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร
๑๔. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบต่อที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหา
๑๕. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบต่อที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
๑๖. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบต่อที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
๑๗. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา ผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้
๑๘. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา ผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางการอนุรักษ์สัตว์ป่า

รวมทั้งหมด ๑๘ ผลการเรียนรู้





สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ISBN 978-616-362-912-8



9 786163 629128

ราคา 90.00 บาท



www.suksapun.com

ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์
พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว
นายดิศกุล เกษมสวัสดิ์ ผู้พิมพ์และผู้โฆษณา
๖๓๐๐๑๕๐



www.suksapun.or.th