



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.ศรณยา	พิระเกียรติขจร	ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ), วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ) วท.บ. (ชีววิทยา)
ดร.ธิดารัตน์	พ่วงไพโรจน์	ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ), วท.ม. (วิทยาการพืช), วท.บ. (ชีววิทยา)
น.สพ.ศิวะ	พิระเกียรติขจร	สพ.บ. (สัตวแพทยศาสตร์)

ผู้ตรวจ

ดร.นริยา	ฮุยเป่า	ปร.ด. (สรีรวิทยา), วท.ม. (สรีรวิทยา), วท.บ. (ชีววิทยา)
ดร.พรสวรรค์	สุทธิเนห์	ปร.ด. (ชีววิทยา), วท.ม. (พฤกษศาสตร์), วท.บ. (ชีววิทยา)
ดร.ชิตติพงษ์	ทิพวรรณจง	ปร.ด. (กายวิภาคศาสตร์และชีววิทยาโครงสร้าง), วท.บ. (ชีววิทยา)

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.พิศเวศ	คู่ยต์วัน	ปร.ด. (สรีรวิทยา), วท.บ. (ชีววิทยา)
---------------	-----------	-------------------------------------

ปีที่พิมพ์ ๒๕๖๓

พิมพ์ครั้งที่ ๑

จำนวน ๕,๐๐๐ เล่ม

ISBN : 978-616-07-2043-9

จัดพิมพ์โดย บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

๑ ฝ่ายการตลาด, ฝ่ายการเงินและบัญชี, ฝ่ายผลิตและจัดส่ง :

๖๙/๑๐๙ หมู่ ๑ ซ.พระแม่การุณย์ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ๑๑๑๒๐

โทร. ๐-๒๕๕๔-๕๕๕๔, ๐-๒๕๕๔-๕๕๕๓, ๐-๒๕๖๑-๕๕๕๐-๒ โทรสาร ๐-๒๕๖๑-๕๕๕๓

๒ ฝ่ายวิชาการ :

๘๙/๑๒๒ ถ.เทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

โทร. ๐-๒๕๕๔-๕๕๕๔-๒๐, ๐-๒๕๕๓-๘๑๖๔-๙ โทรสาร ๐-๒๕๕๐-๒๕๕๓

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ ลิขสิทธิ์เป็นของบริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

ชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

การศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต ความหมายของชีววิทยา ชีววิทยากับการดำเนินชีวิต ชีวิตจริยธรรม การศึกษาทางชีววิทยา การค้นพบเซลล์และทฤษฎีของเซลล์ การศึกษาเซลล์และองค์ประกอบของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ชนิดของเซลล์สิ่งมีชีวิต โครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ การลำเลียงสารผ่านเข้า-ออกเซลล์ การสื่อสารระหว่างเซลล์ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์และการตายของเซลล์ เคมีพื้นฐานในทางชีววิทยา สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ สารชีวโมเลกุลต่างๆ ปฏิกริยาในสิ่งมีชีวิต และการทำงานของเอนไซม์ การขนส่งสารเข้า-ออกเซลล์ (cell transportation) และการสลายอาหารระดับเซลล์ (cell respiration)

เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พร้อมทั้งคุณธรรมและจริยธรรม การแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ และตระหนักถึงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้


1. อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
2. อภิปราย และบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐานและวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน
3. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต
4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตระดับกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีนและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิดและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

7. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุนิคมของกรดนิวคลีอิก และความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
8. สืบค้นข้อมูล และอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต
9. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
10. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงวัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง
11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุนิคมและหน้าที่ของออร์แกเนลล์
13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส
14. อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิสการแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต
15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยการกระบวนการเอกไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยการกระบวนการเอนโดไซโทซิส
16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส
17. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ



คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชีววิทยา** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ ได้เรียบเรียงขึ้นตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น ๔ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย **บทนำเกี่ยวกับชีววิทยา เซลล์ของสิ่งมีชีวิต เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต และการขนส่งสารผ่านเซลล์และการหายใจระดับเซลล์** นอกจากนี้ ในหนังสือยังมี QR Code (Quick Response Code)  ที่เข้าผ่านระบบ **LINE** หรือแอปพลิเคชันสำหรับอ่าน QR Code เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้อื่นๆ อีกด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชีววิทยา** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ เล่มนี้ จะอำนวยประโยชน์ต่อผู้สอนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพและบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป



ฝ่ายวิชาการ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด



บทนำเกี่ยวกับชีววิทยา



1

สิ่งมีชีวิตคืออะไร	2
ชีววิทยาคืออะไร	11
ชีววิทยากับการดำรงชีวิต	12
ชีววิทยารวม	13
การศึกษาทางชีววิทยา	14
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	20



เซลล์ของสิ่งมีชีวิต



21

การค้นพบเซลล์และทฤษฎีของเซลล์	23
การศึกษาเซลล์และองค์ประกอบของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์	26
ชนิดของเซลล์	33
โครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์	37
การลำเลียงสารผ่านเข้า-ออกเยื่อหุ้ม	75
การสื่อสารระหว่างเซลล์	86
การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์และการตายของเซลล์	94
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	108



เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต



109

องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต	111
น้ำและความสำคัญของน้ำ	116
สารชีวโมเลกุล	119
ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต	139
เอนไซม์และการทำงานของเอนไซม์	141
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	148



การขนส่งสารผ่านเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

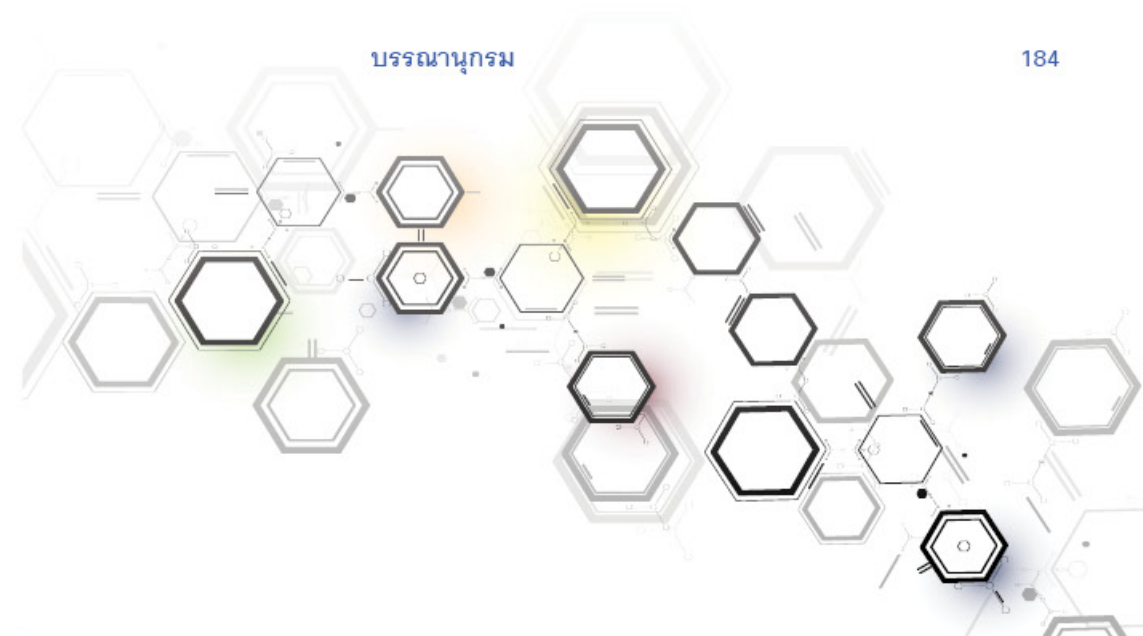


149

การขนส่งสารผ่านเซลล์	150
การลำเลียงสารแบบไม่ใช้พลังงาน	152
การขนส่งสารผ่านช่องทางหรือตัวขนส่ง	161
การลำเลียงสารแบบใช้พลังงาน	162
การหายใจระดับเซลล์	168
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	183

บรรณานุกรม

184





บทนำเกี่ยวกับชีววิทยา

แนวคิด

ชีววิทยาเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในด้านต่างๆ เช่น โครงสร้างของสิ่งมีชีวิต การทำงานของระบบต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการ อนุกรมวิธาน และด้านอื่นๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต ซึ่งในการศึกษาทางชีววิทยา เราต้องคำนึงถึงจริยธรรม เช่น การใช้สัตว์ทดลองหรือสัตว์ป่าเพื่อการศึกษาวิจัย ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง

สาระการเรียนรู้

1. สมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
2. การระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ผลการเรียนรู้

1. อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้
2. อภิปราย และบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้ง ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

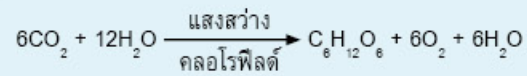
สิ่งมีชีวิตคืออะไร

สิ่งมีชีวิต (organism) หมายถึง เซลล์หรือกลุ่มเซลล์ที่ทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบและมีสมบัติพื้นฐานที่แตกต่างจากสิ่งไม่มีชีวิต

1 สิ่งมีชีวิตต้องการสารอาหารและพลังงาน

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดล้วนต้องการสารอาหารและพลังงาน สำหรับประกอบกิจกรรมต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิต โดยเกณฑ์นี้เราสามารถแบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้ (autotroph) หมายถึง ผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหาร (producer) เช่น พืช สาหร่ายที่มีรงควัตถุคลอโรฟิลล์ แบคทีเรียบางชนิดที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) โดยการสร้างอาหารเองได้เกิดจากการนำพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานสะสมของเซลล์ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ดังสมการ



ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้คือ น้ำตาลกลูโคส ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ซึ่งจะถูกนำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลังงาน (ATP) ให้แก่เซลล์ผ่านกระบวนการหายใจซึ่งเป็นอีกสมบัติหนึ่งของสิ่งมีชีวิต

1.2 สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (heterotroph) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเพื่อจะได้รับสารอาหารและสร้างพลังงาน เช่น สัตว์ โปรโตซัว รา และแบคทีเรียบางชนิด โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเป็นผู้บริโภคลำดับต่าง ๆ ในห่วงโซ่อาหาร และได้รับสารอาหารผ่านการกินพืชหรือสัตว์



รูปที่ 1-1 แมวเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ดังนั้นแมวจึงล่าสัตว์อื่นเพื่อจะได้รับสารอาหารและสร้างพลังงานสำหรับประกอบกิจกรรมต่าง ๆ



ถ้ามีความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตในดาวเคราะห์ดวงอื่น นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตนั้นต้องมีสมบัติอย่างไรบ้าง

พืชกินสัตว์

อย่างที่ทราบกันดีว่า พืชเป็นผู้ผลิต ดังนั้นพืชย่อมถูกบริโภคเป็นลำดับแรกเสมอในห่วงโซ่อาหาร อย่างไรก็ตาม พืชบางชนิดอาจเป็นผู้บริโภคด้วย หรือที่จะเรียกว่า **“พืชกินสัตว์” (carnivorous plant)** โดยจะมีวิวัฒนาการทางรูปร่างและองค์ประกอบที่เอื้อต่อการดักจับสัตว์ขนาดเล็ก เช่น มด แมงมุม แมลง ปัจจุบัน นักพฤกษศาสตร์ค้นพบพืชกินสัตว์กว่า 625 ชนิดที่สามารถสร้างกับดักรูปแบบต่าง ๆ เพื่อจับเหยื่อสำหรับในประเทศไทยพืชกินสัตว์ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ **ต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง**



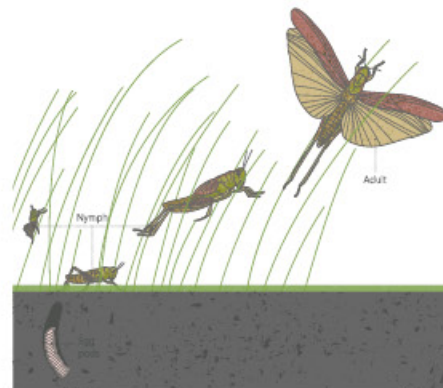
รูปที่ 1-2 ต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิงสามารถพบได้ไม่ยากตามภูเขาซึ่งมีอากาศร้อนในเวลากลางวัน และมีอากาศหนาวเย็นในเวลากลางคืน เช่น อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ.เลย

2 สิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโต

เมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับสารอาหารและพลังงานระบบภายในของสิ่งมีชีวิตนั้นจะก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ หรือที่จะเรียกว่า การเจริญเติบโต (growth) ขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้รวมถึงการเพิ่มขนาดของเนื้อเยื่อ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอวัยวะ ความซับซ้อนขึ้นระบบอวัยวะในขั้น ๆ จากตัวอ่อนจนถึงตัวโตเต็มวัย หรือ เมตามอร์โฟซิส (metamorphosis) มี 3 รูปแบบ ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทีละน้อย (gradual metamorphosis) ตัวอ่อน (nymph) จะมีลักษณะคล้ายกับตัวเต็มวัย (adult) ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างเฉพาะสายพันธุ์ เช่น ปีก สี และอวัยวะสืบพันธุ์ รอเวลาที่จะเจริญเติบโต ในระยะต่อไป เช่น ตั๊กแตน แมลงสาบ และจิ้งหรีด

Life Cycle of a Locust



รูปที่ 1-3 วงจรชีวิตของตั๊กแตน เริ่มจากตั๊กแตนวางไข่ในพื้นที่ ตัวอ่อนจะค่อย ๆ คลานออกจากพื้นดินโดยตั๊กแตนจะมีการลอกคราบอีกหลายครั้งกว่าจะเป็นตัวเต็มวัย

2. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete metamorphosis) ตัวอ่อน (nymph) จะมีรูปร่างแตกต่างจากตัวเต็มวัย (adult) โดยทั่วไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลง 3 ระยะ ได้แก่ ไข่ (egg) ตัวอ่อน (nymph) และตัวเต็มวัย (adult) เช่น แมลงปอ ชีปะขาว และแมลงเกะดิน



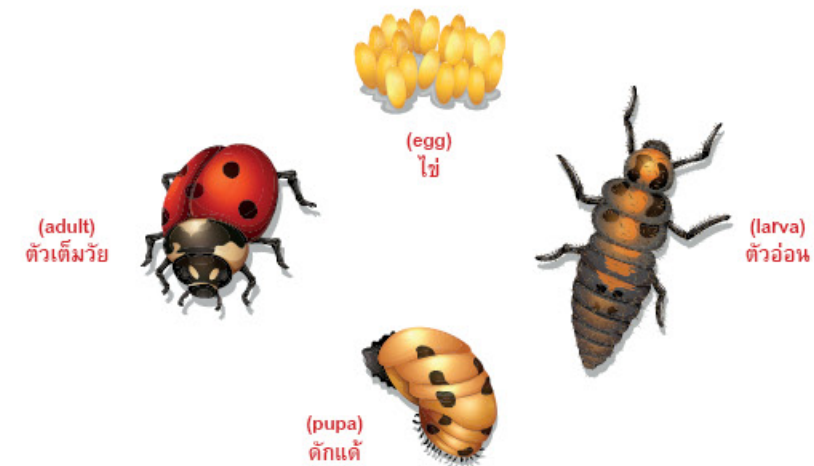
รูปที่ 1-4 วงจรชีวิตของแมลงปอ เริ่มจากแมลงปอวางไข่ในแหล่งน้ำสะอาด จากนั้นตัวอ่อนค่อย ๆ พัฒนาและขึ้นจากน้ำ ลอกคราบกลายเป็นแมลงปอตัวเต็มวัย

เกร็ดวิทย์น่ารู้

แมลงปอ (dragonfly) ได้รับการยอมรับเป็นเสมือนดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศและน้ำในบริเวณที่พบบนได้ เนื่องจาก แมลงปอจะวางไข่ในน้ำสะอาดปานกลางขึ้นไป และบริเวณดังกล่าวต้องมีมลพิษน้อย อากาศโปร่งนักเรียน จึงมักพบแมลงปอจำนวนมากตามบริเวณทุ่งหญ้าโล่งที่มีแหล่งน้ำสะอาดใกล้เคียง ไม่มีมนุษย์รบกวน



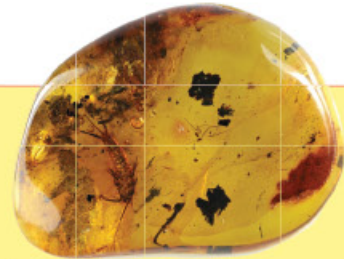
3. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) จะมีการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นขั้นๆ โดยมีการเปลี่ยนแปลงครบ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ไข่ (egg) ตัวอ่อน (larva) ตักดัก (pupa) และตัวเต็มวัย (adult) เช่น ผีเสื้อ ยุง มิ่ง เตาทอง เป็นต้น



รูปที่ 1-5 วงจรชีวิตของเตาทอง

เกร็ดวิทย์น่ารู้

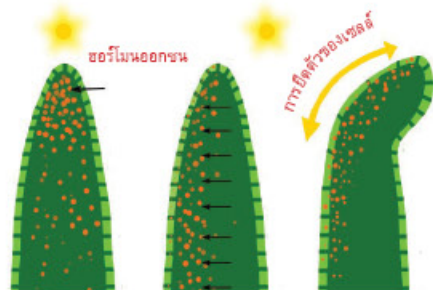
โลกที่มีความหลากหลายทางชีวภาพยังมีสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (ametamorphosis) ด้วยกล่าวคือ ตัวอ่อนมีรูปร่างเหมือนกับตัวเต็มวัย เพียงแต่มีวัยสืบพันธุ์จะยังไม่เต็มที่ยังเท่านั้น เช่น ตัวสองง่าม ตัวสามง่าม แมลงหางคืด เป็นต้น



รูปที่ 1-6 แมงสามง่าม (silverfish) เป็นแมลงปีกดำบรรพชนขนาดเล็กมาก ลำตัวมีความแวววาว เป็นเกล็ดมีหางเป็นเส้นยาว 3 เส้น แมงสามง่ามไม่มีปีกนักเรียนพบเห็นแมงสามง่ามได้ไม่ยากนักตามหนังสือเก่าหรือบริเวณที่มีผู้แบ่ง

3. สิ่งมีชีวิตสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะมีการตอบสนองต่อ **สิ่งเร้า (stimulus)** ด้วยเหตุผลต่างๆ กัน เช่น เพื่อหาอาหารหรือหลบหลีกจากศัตรูหรือปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมหรือปรับสมดุลของร่างกาย เป็นต้น โดยสิ่งเร้าเป็นได้ทั้งปัจจัยภายนอกและภายในของสิ่งมีชีวิต จะเรียกการแสดงออกต่อสิ่งเร้าว่า **การตอบสนอง (response)** พืชหลายชนิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อม เช่น ยอดอ่อนของพืชที่หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ เป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างหนึ่ง กล่าวคือ แสงจากดวงอาทิตย์ไปกระตุ้นฮอร์โมนออกซิน (auxin) ที่กระจายตัวอยู่ในเซลล์ด้านที่โดนแสงน้อยกว่า ทำให้เซลล์บริเวณนั้นมีการแบ่งเซลล์ (cell division) และมีการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) มากกว่าด้านที่โดนแสง ส่งผลให้ยอดอ่อนของพืชหันหน้าและโค้งเข้าหาแสง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกันกับพืชหลาย ๆ ชนิด (รูปที่ 1-7)



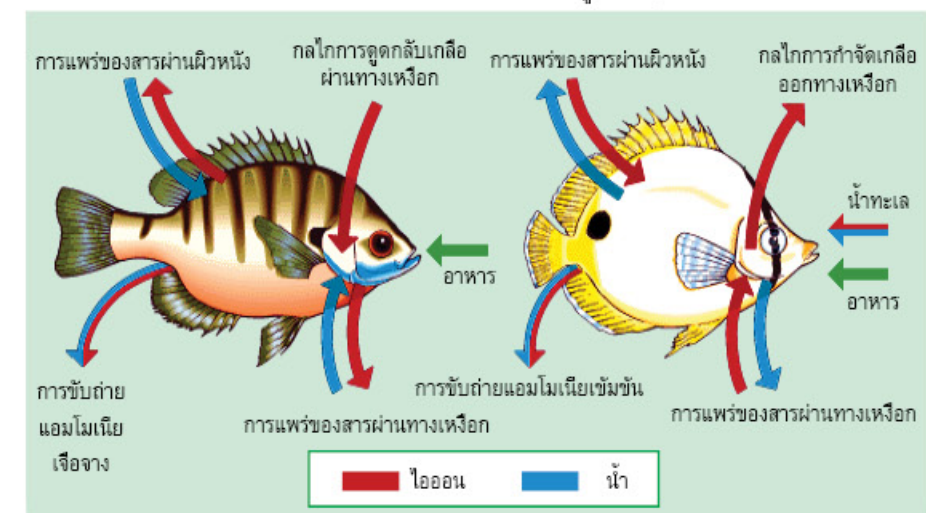
รูปที่ 1-7 ผลของฮอร์โมนออกซินต่อการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของลำต้นพืช ทำให้พืชเกิดการโน้มเข้าหาแสง

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิดที่อาศัยอยู่ในเขตหนาว เช่น หมีจะมีการจำศีล (hibernation) โดยการลดการทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้หายใจช้าลง อัตราการเต้นของหัวใจลดลง และเมแทบอลิซึมลดลง นอกจากนี้ในสัตว์น้ำบางชนิด เช่น ไรน้ำ จะสร้างไข่ระยะพัก (resting egg) ในช่วงที่สภาวะไม่เหมาะสมโดยสร้างเมมเบรนห่อหุ้มไข่ เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ และป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับไข่ในช่วงที่สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมอีกด้วย



4. สิ่งมีชีวิตมีการรักษาดุลยภาพของร่างกาย (homeostatis)

สิ่งมีชีวิตต้องรักษาดุลยภาพของร่างกาย เพื่อให้ระบบภายในร่างกายทำงานได้อย่างปกติ เช่น ปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด จะมีการขับถ่ายปัสสาวะออกมาในรูปของแอมโมเนียและค่อนข้างเจือจาง เนื่องจากปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดจะมีความเข้มข้นของไอออนภายในเลือด เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} มากกว่าความเข้มข้นของน้ำ ดังนั้น น้ำออสโมซิส (osmosis) เข้าสู่ร่างกายของปลาได้ นอกจากนี้ ปลายังได้รับน้ำจากการกินอาหารอีกทางหนึ่งทำให้ปลาต้องมีการรักษาดุลยภาพของน้ำและความเข้มข้นของของเหลวในร่างกาย โดยการรับไอออนของเกลือผ่านทางเหงือก และขับถ่ายปัสสาวะออกมาเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินในทางกลับกัน ปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม ซึ่งความเข้มข้นของไอออนภายในเลือดต่ำกว่าความเข้มข้นของน้ำทะเล ดังนั้น น้ำจะออสโมซิสออกจากตัวปลาแทน ปลาทำให้สูญเสียน้ำผ่านทางผิวหนังและเหงือก การขับถ่ายปัสสาวะที่มีความเข้มข้นของไอออนสูงและมีน้ำปริมาณน้อย จึงเป็นการรักษาดุลยภาพของปลาน้ำเค็มและยังเป็นการเพิ่มการขับเกลือออกจากเหงือกอีกด้วย (รูปที่ 1-8)



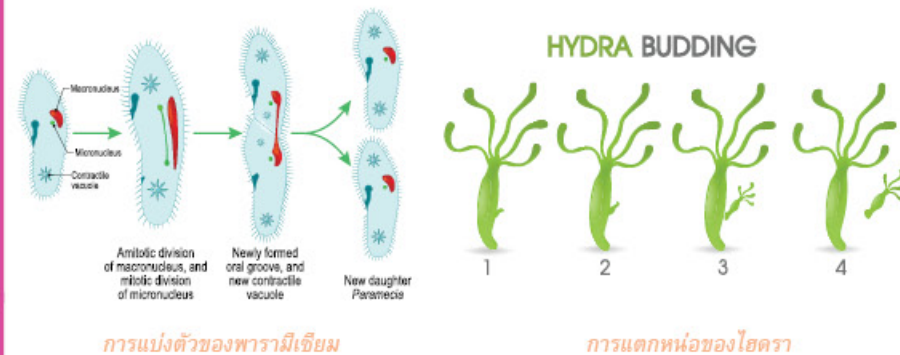
รูปที่ 1-4 การรักษาสมดุลของน้ำในปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม

ไม่เพียงแต่สิ่งมีชีวิตที่มีรูปร่างซับซ้อนในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวก็มีการรักษาคุณภาพด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น อะมีบา พารามีเซียม หากเรานำสัตว์เซลล์เดียวเหล่านี้ไปใส่ไว้ในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าในเซลล์ จะทำให้ คอนแทร็กไทล์ แวกิวโอล (contractile vacuole) มีขนาดใหญ่ขึ้นและบีบตัวเพื่อขับน้ำของเหลวส่วนเกินออกจากเซลล์

5- สิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีการสืบพันธุ์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนและดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้ โดยเป็นการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง เบื้องต้นจะแบ่งการสืบพันธุ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

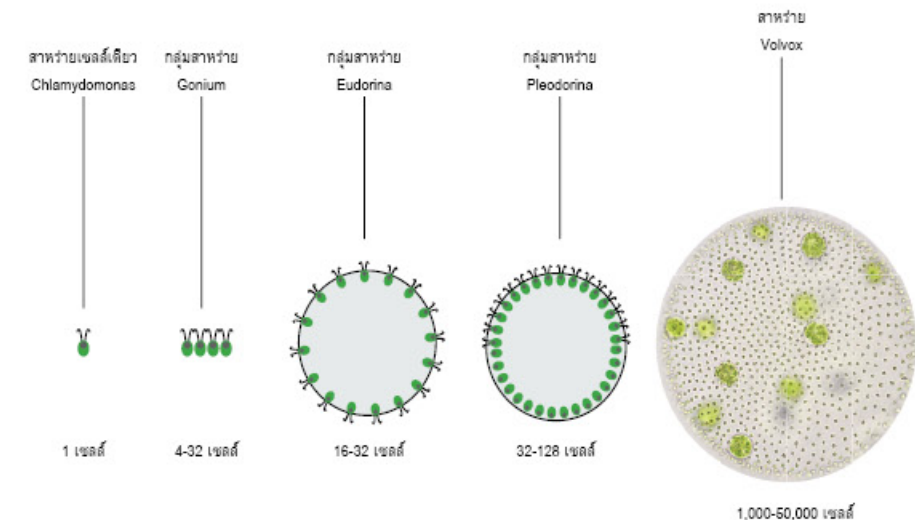
1. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) หมายถึง การสืบพันธุ์ที่มีการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์จากเพศผู้และเพศเมีย เกิดการปฏิสนธิได้เป็นไซโกต (zygote) แล้วเจริญเป็นเอ็มบริโอ (embryo) และตัวเต็มวัย (adult)
2. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) หมายถึง การดำรงเผ่าพันธุ์โดยไม่ต้องอาศัยเซลล์สืบพันธุ์ เช่น การแตกหน่อ (budding) การแบ่งตัว (fission) พาร์ธีโนเจเนซิส (parthenogenesis) การสร้างสปอร์ เป็นต้น (รูปที่ 1-9)



รูปที่ 1-9 ตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

6- สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวทางวิวัฒนาการ

สิ่งมีชีวิตที่เราเห็นในปัจจุบันล้วนเป็นผลที่เกิดมาจากวิวัฒนาการ หากเรามองย้อนกลับไปในช่วงแรกที่มีสิ่งมีชีวิตบนโลกจะพบว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (unicellular organism) ที่สามารถสร้างอาหารโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังสร้างออกซิเจนให้แก่ระบบนิเวศบนผิวโลกทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดสิ่งมีชีวิตอื่น อย่างไรก็ตามสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการอย่างค่อยเป็นค่อยไป เช่น ทฤษฎีการเกิดสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ (multicellular organism) มีบางสมมติฐานกล่าวว่าสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเข้าไปอาศัยอยู่ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวอีกชนิดหนึ่ง หรือบางสมมติฐานก็กล่าวว่าสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์เกิดจากการรวมกลุ่มกันของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวชนิดเดียวกัน จากนั้นจึงเกิดการแบ่งหน้าที่ของแต่ละกลุ่มเซลล์และทำงานประสานกันกลายเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่



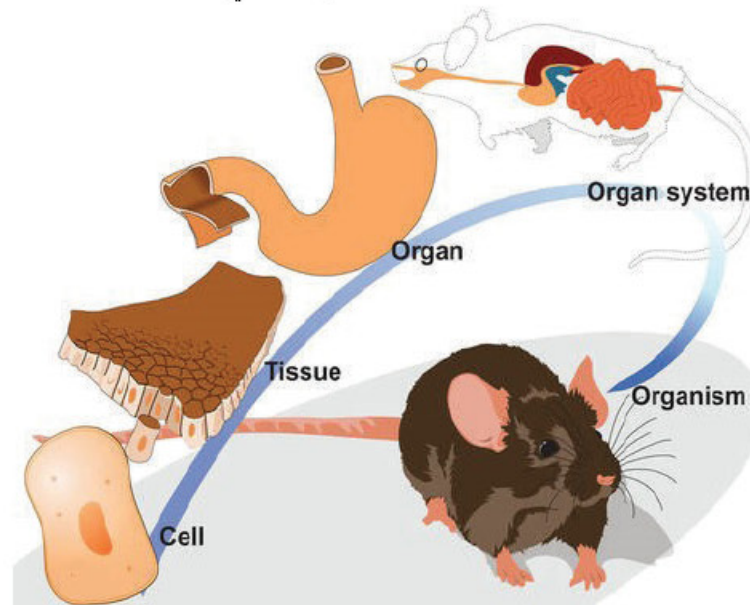
รูป 1-10 การเกิดสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่จากราววิวัฒนาการของสาหร่ายอันดับ Volvocales

จากรูปเป็นการเสนอแนวคิดตามทฤษฎีการเกิดสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ของสาหร่ายเซลล์เดียว (unicellular) ที่ค่อย ๆ วิวัฒนาการไปสู่การรวมตัวกลุ่มกันหาอาหารเป็นกลุ่ม (หรือที่จะเรียกว่า โคโลนี) และค่อย ๆ เชื่อมโยงกันระหว่างเซลล์โดยหลังเยื่อหรือสารเคลือบเซลล์ (extracellular matrix; ECM) ทำให้เกิดรูปร่างของกลุ่มชัดเจนขึ้น จากนั้น เมื่อกลุ่มมีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น Pleodorina จะเริ่มแบ่งหน้าที่กันภายใน

กลุ่ม โดยพบเซลล์ต่างขนาดกันทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ (anisogamy) และเมื่อเซลล์มีการรวมกลุ่มที่ใหญ่ขึ้นไปอีกเช่นสาหร่าย Volvox จะวิวัฒนาการสามารถพบเซลล์ไข่ (egg) และเซลล์สเปิร์ม (sperm) ที่ชัดเจน แต่ละเซลล์มีขนาดและหน้าที่ต่างกัน

สิ่งมีชีวิตมีการจัดระบบและมีการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่าง ๆ

การจัดระบบในสิ่งมีชีวิตเริ่มจากหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่ (organization) ได้แก่ เซลล์ (cell) เนื้อเยื่อ (tissue) อวัยวะ (organ) ระบบอวัยวะ (organ system) และสิ่งมีชีวิต (organism) ตามลำดับ โดยเซลล์หลายเซลล์ทำงานประสานกันเป็นเนื้อเยื่อและเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ รวมกันกลายเป็นอวัยวะ หลายอวัยวะทำหน้าที่ประสานกันเป็นระบบจะเรียกว่า ระบบอวัยวะ และแต่ละระบบอวัยวะซึ่งทำงานร่วมกันรวมตัวกันเป็นสิ่งมีชีวิต (รูปที่ 1-11)



รูปที่ 1-11 การจัดระบบของสิ่งมีชีวิต

ชีววิทยาคืออะไร

ชีววิทยา (Biology) คือ ศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับชีวิตและสิ่งมีชีวิต แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เพราะคำว่าชีววิทยามาจากคำว่า ชีวะ (bios ในภาษากรีก หมายถึง ชีวิต) และ วิทยา (logos ในภาษากรีก หมายถึง วิชาหรือการศึกษาอย่างมีเหตุผล) ชีววิทยาสามารถแบ่งออกเป็นสาขาย่อยๆ มากมาย เช่น 1. สัตววิทยา (Zoology) 2. พืชศาสตร์ (Botany) 3. จุลชีววิทยา (Microbiology) 4. สรีรวิทยา (Physiology) 5. กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy) 6. นิเวศวิทยา (Ecology) 7. พันธุศาสตร์ (Genetics) 8. แบคทีเรียวิทยา (Bacteriology) 9. ชีวเคมี (Biochemistry) เป็นต้น ซึ่งสาขาวิชาเหล่านี้เป็นผลจากการศึกษาค้นคว้าและประมวลความรู้ของนักชีววิทยาในอดีตจนถึงปัจจุบัน บางทฤษฎีอาจถูกหักล้างด้วยทฤษฎีที่ค้นคว้าขึ้นมาใหม่ ดังนั้นความรู้ทางชีววิทยาจึงมีความทันสมัยและไม่หยุดนิ่ง



รูปที่ 1-7 ตัวอย่างสาขาย่อยของชีววิทยา

ชีววิทยากับการดำรงชีวิต

ชีววิทยามีความเกี่ยวข้องกับ การดำรงชีวิตของมนุษย์ทุกคน เพราะเป็น องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับระบบการทำงานของ สิ่งมีชีวิตที่ส่งผลต่อกิจวัตรในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ การดูแลสุขภาพ การเรียนรู้และอนุรักษ์ สิ่งแวดล้อม เช่น เกษตรกรต้องการเพิ่มปริมาณผลผลิตของข้าว ที่ปลูก นักวิชาการเกษตรต้องใช้องค์ความรู้ด้านชีววิทยาค้นหา วิธีการเพิ่มผลผลิตโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนได้วิธีการ ที่เหมาะสม แล้วจึงนำไปเผยแพร่ความรู้ให้แก่เกษตรกร ทำให้เกิดการ ผลิตข้าวได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

นอกจากนี้การศึกษาโครงสร้าง วงจรชีวิต พฤติกรรม ระบบการทำงานของ สิ่งมีชีวิตยังมีประโยชน์ต่อการศึกษาด้านชีววิทยาในด้านอื่นๆ เช่น การพัฒนาวิธีการผลิตยา โดยใช้ เทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมแบคทีเรียหรือยีสต์ การผลิตยาสมุนไพร หรือการใช้ความรู้เกี่ยวกับฮอร์โมน เพื่อรักษาโรค เช่น อินซูลิน (insulin) ใช้ในการรักษาโรคเบาหวาน โกรทฮอร์โมน (growth hormone) ใช้ในการรักษาเด็กที่เตี้ยกว่าปกติ ทั้งนี้รวมถึงการดัดแปลงพันธุกรรมพืช เพื่อต้านทานต่อศัตรูพืช เช่น ข้าวโพดบีที (Bt corn) และฝ้ายบีที (Bt cotton) ทำให้สามารถต้านทานหนอนและแมลงได้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีทางชีววิทยายังเป็นประเด็นถกเถียงร่วมสมัยที่มีอยู่ตลอด

การพัฒนาายากำจัดศัตรูพืชเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่เป็นประเด็นร่วมสมัย เช่น ยาฆ่าแมลงต้องมีการศึกษาก่อนใช้งานจริงว่าปริมาณเท่าใดที่สามารถกำจัดแมลงได้ กลไกการทำงาน ความจำเพาะต่อ ศัตรูพืช รวมถึงระยะเวลาที่เก็บเกี่ยวหลังฉีดสาร โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในการขยายพันธุ์และอนุรักษ์พันธุ์ พืชที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณต้นกล้าอ่อนของพืชที่มีความสำคัญทาง เศรษฐกิจได้ปริมาณมาก ทั้งยังสามารถรักษาพันธุกรรมที่เหมาะสมไว้ได้ ส่วนในสัตว์มีการวิจัยเกี่ยวกับการโคลนนิ่ง (cloning) ซึ่งทำได้สำเร็จในกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น แกะ วัว เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน ก็ยังคงมีประเด็นที่วิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับการโคลนนิ่งมนุษย์ เพื่อนำอวัยวะมาปลูกถ่ายให้แก่ผู้ป่วย เพราะการศึกษานี้ก็ควรต้องคำนึงถึงจริยธรรม (bioethics) ด้วยเช่นเดียวกัน เนื่องจากการโคลนนิ่งมนุษย์ ถึงแม้ว่าเป็นระดับเอ็มบริโอ (embryo) แต่ก็ถือว่าเป็นเอ็มบริโอของมนุษย์ ซึ่งอาจจะขัดต่อหลักการ ทางศาสนา ทางกฎหมาย และทั้งยังต้องคำนึงถึงความเสี่ยงของยีนที่มีความผิดปกติและกระบวนการ ทดลองต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ หรือที่เรียกว่ามิวเตชัน (mutation) อีกด้วย

ชีวจริยธรรม (bioethics)

การศึกษาทางชีววิทยา เป็นการศึกษาเกี่ยวกับ สิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่ง มีชีวิตโดยตรง ดังนั้น นักชีววิทยาจะต้องคำนึงถึง จริยธรรมและจรรยาบรรณในการใช้สัตว์ทดลอง ในปัจจุบันมีการออกกฎหมายพระราชบัญญัติสัตว์ เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558 ได้กล่าวถึง นิยามของสัตว์ ซึ่งหมายความรวมถึงตัวอ่อน และเซลล์ของสัตว์ด้วย นอกจากนี้นักชีววิทยาต้อง ยึดหลักจรรยาบรรณการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องาน ทางวิทยาศาสตร์ โดยต้องตระหนักถึงคุณค่าของ ชีวิตสัตว์ เนื่องจากสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกับ มนุษย์ ดังนั้นจึงต้องใช้สัตว์จำนวนน้อยที่สุด ส่วนการใช้สัตว์ป่าต้องไม่ขัดกับกฎหมายและ นโยบายการอนุรักษ์สัตว์ป่า อีกทั้งในการใช้สัตว์ เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เราจะต้องบันทึกข้อมูล การปฏิบัติต่อสัตว์ไว้เป็นหลักฐานอย่างครบถ้วน หากสามารถใช้วิธีอื่นในการศึกษาได้ เช่น การใช้ คอมพิวเตอร์ในการคาดการณ์ผลการทดลอง ก็ควรเลือกใช้วิธีดังกล่าว เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดการใช้ สัตว์ทดลอง

เกร็ดวิทย์น่าคิด

พระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558 ได้แบ่งสัตว์ออกเป็น 3 ประเภท ตามการเลี้ยง สุขภาพ และพันธุกรรมได้แก่

1. สัตว์จากธรรมชาติ (wildlife) คือ สัตว์ที่ เจริญเติบโต สืบสายพันธุ์และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ พันธุกรรมไม่คงที่ และสุขภาพไม่แน่นอน

2. สัตว์เลี้ยง (domestic animal) คือ สัตว์ที่ ถูกเลี้ยงให้เจริญเติบโต สืบสายพันธุ์และเพาะขยายพันธุ์ ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์และ เป้าหมายของผู้เลี้ยง พันธุกรรมไม่คงที่ และสุขภาพ ไม่แน่นอน

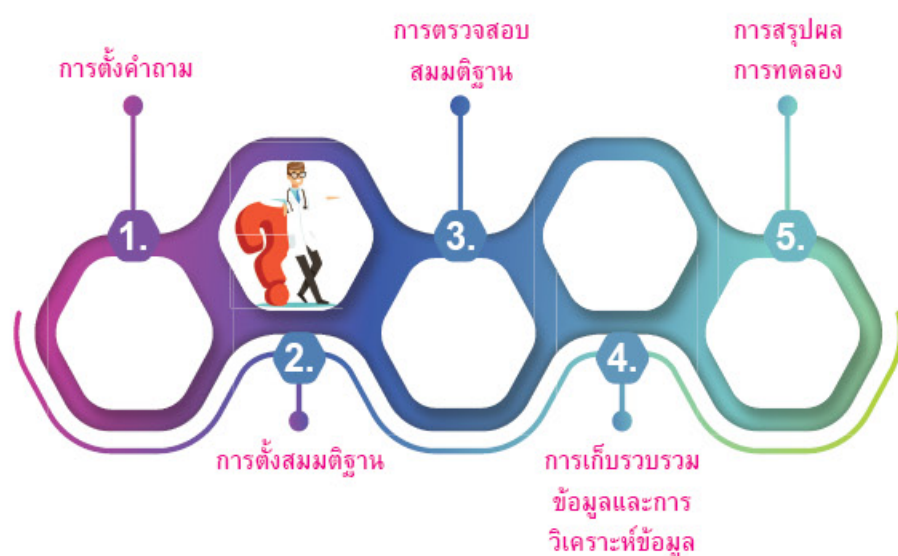
3. สัตว์ทดลอง (laboratory animal) คือ สัตว์ที่ ถูกเลี้ยงให้เจริญเติบโต สืบสายพันธุ์และเพาะ ขยายพันธุ์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ในพื้นที่ที่จำกัด ด้วยวิธีการที่นำไปสู่ความคงที่ทางพันธุกรรมและความ มีสุขภาพที่ดีของสัตว์



การศึกษาทางชีววิทยา

จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า การศึกษาทางชีววิทยาจะต้องยึดหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ดังนั้น ทักษะสำคัญที่นักชีววิทยาคงจะมีเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ คือ การช่างสังเกตและการรู้จักตั้งคำถาม ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของคำถามทางชีววิทยา เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ และอธิบายสาเหตุของปัญหาดังกล่าว

ขั้นตอนในการศึกษาทางชีววิทยาแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่



1. การตั้งคำถาม

การสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ และการตั้งคำถามจากข้อสังเกตที่เกิดขึ้น เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการศึกษาทางชีววิทยา เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษา การตั้งคำถามที่ดีต้องอาศัยความรู้และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อที่ว่าเมื่อทำการทดลองแล้วจะได้ข้อสรุปที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ หรือแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ



ตัวอย่างคำถามทางชีววิทยา

1. อุดหนุมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงหรือไม่
2. สารพรีไบโอติกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในลำไส้ของหนูถีบจักรหรือไม่
3. ความเข้มแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลหรือไม่
4. ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อความหนาแน่นของประชากรพารามีเซียมหรือไม่

2. การตั้งสมมติฐาน

เมื่อเราตั้งคำถามแล้ว เราต้องใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ พยายามคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ หรือสมมติฐาน (hypothesis) ซึ่งสมมติฐานที่ตั้งอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ นอกจากนี้ในแต่ละการทดลองอาจมีสมมติฐานที่มากกว่า 1 สมมติฐานได้ ขึ้นอยู่กับมุมมองของแต่ละคน โดยทั่วไปสมมติฐานมักใช้คำว่า “ถ้า..... ดังนั้น.....”



ตัวอย่างการตั้งสมมติฐาน

1. ถ้าอุดหนุมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง ดังนั้น ปลาหางนกยูงที่เลี้ยงในอุดหนุมิสูงจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าการเลี้ยงในอุดหนุมิต่ำ
2. ถ้าสารพรีไบโอติกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในลำไส้ของหนูถีบจักร ดังนั้น หนูถีบจักรที่ได้รับสารพรีไบโอติกจะมีปริมาณของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าหนูถีบจักรที่ไม่ได้รับสารพรีไบโอติก
3. ถ้าความเข้มแสงมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในหญ้าทะเล ดังนั้น คลอโรฟิลล์ในหญ้าทะเลที่อยู่บริเวณที่มีความเข้มแสงสูงกว่าจะมีความยาวมากกว่าบริเวณที่มีความเข้มแสงต่ำกว่า
4. ถ้าความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อความหนาแน่นของพารามีเซียม ดังนั้น พารามีเซียมจะมีความหนาแน่นต่ำลง เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้น

3. การตรวจสอบสมมติฐาน

ในการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ เราสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสังเกต การทดลอง การสำรวจ เป็นต้น โดยการเลือกใช้วิธีตรวจสอบสมมติฐานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสมมติฐาน ซึ่งการสังเกตและการสำรวจ มักเป็นการศึกษาตัวอย่างในธรรมชาติที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่วนการทดลองมีทั้งที่เป็นการศึกษาตัวอย่างในธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการทดลองในห้องปฏิบัติการมีข้อดีที่สามารถควบคุมตัวแปรต่างๆ ได้ จึงทำให้ได้ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ

ตัวอย่าง

เราตั้งสมมติฐานว่า "ถ้าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง ดังนั้น ปลาหางนกยูงที่เลี้ยงในอุณหภูมิสูงจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าการเลี้ยงในอุณหภูมิต่ำ" ก่อนการทดลองเราจะต้องไปค้นคว้าหาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่ส่งผลต่อปลา เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาวางแผนการทดลองก่อนเริ่มการทดลอง โดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ 1. **ตัวแปรต้น** คือ ปัจจัยที่เราต้องการศึกษา 2. **ตัวแปรตาม** คือ ปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนแปลงไป และ 3. **ตัวแปรควบคุม** คือ ปัจจัยที่ต้องควบคุมให้เท่ากันในทุกชุดการทดลอง



นอกจากนี้อีกสิ่งหนึ่งที่เราต้องหลีกเลี่ยงในการทดลองคือ **การทำซ้ำเทียม** หรือ pseudoreplication เช่น ในการทดลองเกี่ยวกับพืชกำหนดให้เพาะต้นกล้า 10 ต้น ดังนั้น เพื่อให้ผลทดลองเป็นอิสระต่อกัน นักเรียนต้องใช้กระถาง 10 กระถาง เพราะถ้าหากนักเรียนเพาะต้นกล้า 10 ต้นรวมอยู่ในกระถางเดียวจะถือว่าไม่สามารถวัดหรือควบคุมปัจจัยของแต่ละต้นให้แตกต่างกันได้



4. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อวางแผนการทดลองและดำเนินการทดลองไปตามแผนการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูลถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้อย่างน่าเชื่อถือ การเก็บรวบรวมอาจทำได้โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า หรือการใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้วิธีทางสถิติ นอกจากนี้เราจะต้องค้นคว้าหาหลักฐานจากงานวิจัยก่อนหน้านั้นเพื่อมาสนับสนุนและอธิบายผลการทดลองที่ได้ หรืออาจเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลการทดลองของเรากับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้ก็ได้

ตัวอย่างการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ชื่อการทดลอง : การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง
ตารางแสดงความยาวของลำตัวปลาหางนกยูงในวันที่ 14 เมื่อเลี้ยงในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ตัวที่	ความยาวลำตัวของปลาหางนกยูง (เซนติเมตร)			
	อุณหภูมิ 23°C	อุณหภูมิ 28°C	อุณหภูมิ 33°C	
1	1.5	2.0	1.3	
2	1.6	1.8	1.4	
3	1.8	1.9	1.2	
4	1.7	1.9	1.3	
5	1.6	2.1	1.4	
ค่าเฉลี่ย	1.6	1.9	1.3	

5. การสรุปผลการทดลอง

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ เมื่อนำไปผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบทางสถิติแล้ว เราก็จะสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าสอดคล้องกับสมมติฐานของเราหรือไม่





กิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการ

การทดลองเรื่อง ผลของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อการงอกของรากหอม

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง

วัสดุและสารเคมี

1. เกลือแกง หรือ โซเดียมคลอไรด์
2. น้ำกลั่น
3. หอมแดง

วิธีการ

1. เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 กรัมต่อลิตร โดยชั่งเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.3 กรัม ตามลำดับ แล้วนำมาละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. วางหัวหอมในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำกลั่น และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยทำการทดลองกลุ่มละ 3 ขั้ว
3. ออกแบบตารางผลการทดลอง เพื่อบันทึกจำนวนและความยาวรากหอม
4. นับจำนวนและวัดความยาวรากหอมทุกวัน เป็นเวลา 7 วัน
5. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนและความยาวรากหอมในแต่ละกลุ่มจากนั้นวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง



คำถามท้ายกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการ

1. จากการทดลองนี้ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม คืออะไร
2. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดลองนี้ได้อย่างไร
3. ค่าเฉลี่ยของจำนวนและความยาวรากหอมในแต่ละกลุ่ม เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
4. นักเรียนสรุปผลการทดลองนี้ได้อย่างไร



สร้างสรรค์ผลงาน

ให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติในสิ่งมีชีวิต และเขียนแผนผังความคิดเกี่ยวกับขั้นตอนการศึกษาทางชีววิทยา เพื่อหาคำตอบของคำถามดังกล่าว



สรุปสาระสำคัญท้ายหน่วยการเรียนรู้

1. คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต ได้แก่
 - 1.1. สิ่งมีชีวิตต้องการสารอาหารและพลังงาน
 - 1.2. สิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโต
 - 1.3. สิ่งมีชีวิตสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้
 - 1.4. สิ่งมีชีวิตมีการรักษาคุณภาพของร่างกาย
 - 1.5. สิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์
 - 1.6. สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวทางวิวัฒนาการ
 - 1.7. สิ่งมีชีวิตมีการจัดระบบและมีการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่างๆ

2. ชีววิทยา คือ ศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- 2.1. การตั้งคำถาม
- 2.2. การตั้งสมมติฐาน
- 2.3. การตรวจสอบสมมติฐาน
- 2.4. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
- 2.5. การสรุปผลการทดลอง

3. ชีววิทยาเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาและเทคโนโลยีทางการแพทย์ การเพิ่มผลผลิตของอาหาร รวมถึงความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับร่างกายของตนเองและการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติ ในการศึกษาทางชีววิทยานั้นเราต้องคำนึงถึงจริยธรรม และตระหนักถึงคุณค่าของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด



กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้

1. จากการทดลองนี้ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม คืออะไร
2. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดลองนี้ว่าอย่างไร
3. ค่าเฉลี่ยของจำนวนและความยาวรากหอมในแต่ละกลุ่ม เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด
4. นักเรียนสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร