



คำชี้แจง

คู่มือการใช้สื่อการสอนวิชาชีววิทยา จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการใช้สื่อประกอบการสอนวิชาชีววิทยา คู่มือนี้ได้รับจุดประสงค์ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหาในสื่อและแนวทางการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ครูเข้าใจเนื้อหาของเรื่องที่สอน สามารถใช้สื่อประกอบการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเตรียมตัวและเตรียมแผนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนในชั้น โดยที่สื่อการสอน ตอนนี้ได้นำเนื้อหาและภาพวิดีโอบางส่วนจากเว็บไซต์ Evolution ของสถานีโทรทัศน์ PBS ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเผยแพร่แก่สาธารณชนโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/>) มาเรียบเรียงใหม่เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายและชัดเจนขึ้น จึงเหมาะแก่การศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายขึ้นไป สำหรับคู่มือการใช้เล่มนี้ยังมีส่วนของภาคผนวกที่ประกอบด้วยคำอธิบายเพิ่มเติม พร้อมทั้งคำอธิบายศัพท์ และแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือนี้จะช่วยให้ครูสามารถสอนวิชาชีววิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพและเปิดโลกทัศน์ในการเรียนรู้มากขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร. ประคอง ตั้งประพจน์กุล

ผู้จัดทำคู่มือ
ผู้ตรวจคู่มือ



สารบัญ

	หน้า
จุดประสงค์	4
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4
สาระ	5
แนวทางในการจัดการเรียนรู้	16
ภาคผนวก	17
ก. คำอธิบายเพิ่มเติม	
ข. คำอธิบายศัพท์	
ค. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	
รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวนทั้งหมด 92 ตอน	24



เรื่อง

ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ล ดาร์วิน

“ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ล ดาร์วิน ” เป็นตอนหนึ่งของสื่อประกอบการสอน เรื่อง
วิวัฒนาการ ซึ่งมีสื่อทั้งหมด 9 ตอน คือ

1. ชาร์ล ดาร์วิน คือใคร
2. หลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ
3. วิวัฒนาการในชีวิตประจำวัน
4. ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน
5. วิวัฒนาการของเชื้อดื้อยา
6. วิวัฒนาการในระดับประชากร
7. กำเนิดของโลกและสิ่งมีชีวิต
8. วิวัฒนาการของมนุษย์
9. วิวัฒนาการของสัตว์



จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการแต่ละขั้นตอนที่สิ่งมีชีวิตมี
วิวัฒนาการไป จนเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่ที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมใหม่ รวมทั้งอธิบายกลไกการคัดเลือก
โดยธรรมชาติตามหลักของชาร์ล ดาร์วินที่นำไปสู่การเกิดสปีชีส์ใหม่ด้วย

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อผู้เรียนได้ดูสื่อประกอบการสอนตอนนี้แล้วสามารถ

1. สรุปปัจจัยด้านกายภาพต่างๆ ที่ทำให้สิ่งแวดล้อม 2 บริเวณมีความแตกต่างกัน
2. บอกความสำคัญของดอกไม้ที่มีผลต่อวิวัฒนาการของนกและ/หรือแมลงอื่นๆ
3. ระบุองค์ประกอบของกระบวนการเกิดวิวัฒนาการเป็นสปีชีส์ใหม่
4. บอกความหมายของคำว่า การดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด
5. อธิบายความหมายของการผันแปรทางพันธุกรรมว่าส่งผลอย่างไรต่อการคัดเลือกโดยธรรมชาติ
6. บอกบทบาทของนักอนุชีววิทยาที่มีต่อการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต



สาระ

การศึกษาวิวัฒนาการของสัตว์ในธรรมชาติ

หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของ ชาร์ล ดาร์วิน (Charles Darwin) บอกไว้ว่า โดยกลไกหลักแล้ว วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้ผ่านการกระทำของการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection) นั่นคือ ประชากรของสิ่งมีชีวิตได้เริ่มเปลี่ยนแปลงไปเพื่อตอบสนองต่อแรงกดดันของสิ่งแวดล้อม เริ่มปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่และเปลี่ยนแปลงตัวเองไปเป็นลำดับตามกาลเวลา

Chris Schneider (คริส ชไนเดอร์) นักชีววิทยาชาวอเมริกันและคณะได้เดินทางไปศึกษาวิจัยยังประเทศเอกวาดอร์ ตามอย่างที ชาร์ล ดาร์วิน ได้เคยทำไว้เมื่อเกือบ 200 ปีก่อน เพื่ออธิบายว่ากลไกการคัดเลือกโดยธรรมชาตินั้นจริงๆ แล้วทำงานอย่างไร ป่าฝนรูกีบนี้เป็นดั่งห้องทดลองในธรรมชาติสำหรับพวกเขาในการพิสูจน์ทฤษฎีวิวัฒนาการได้อย่างต่อเนื่อง ในครั้งนี้การคัดเลือกโดยธรรมชาติเป็นหัวข้อหลักของการทดลองที่พวกเขาจะทำการศึกษาจาก hummingbird (นกฮัมมิงเบิร์ด)

สำหรับนักชีววิทยาสัตว์นี้ ป่าฝนในบริเวณพื้นที่ราบและบนเทือกเขาแอนดิสใกล้ๆ กันนั้น (ดังภาพที่ 1) เป็นห้องทดลองที่ดีเยี่ยมสำหรับศึกษาแนวคิดของดาร์วิน คณะของ Schneider ได้ใช้เวลาหลายวันในการสำรวจติดตามสัตว์ต่างๆ ทั้งหนู กบ ค้างคาว นก และกิ้งก่า ตลอดทั้งวันทั้งคืน ทั้งในพื้นที่ป่าฝนและพื้นที่เทือกเขา พื้นที่เหล่านี้มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงมาก มีสัตว์มากมายหลายชนิดอยู่ที่นี่ มี primate (ไพรเมต) ถึง 12 สปีชีส์ มีนกถูกระบุชื่อถึง 550 สปีชีส์ มีกบอยู่ในพื้นที่แคบๆ นี้ถึง 200 สปีชีส์



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะป่าฝนในบริเวณพื้นที่ราบและบนเทือกเขา



การปรับตัวเป็นวิวัฒนาการเพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่

เมื่อนำสัตว์จากพื้นที่ป่าฝนด้านล่างและพื้นที่ที่เทือกเขาในด้านบนมาเปรียบเทียบกับกัน พวกเขาหวังที่จะเข้าใจได้ดีขึ้นว่าสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปนั้นจะไปมีผลกระทบตุนให้เกิดสปีชีส์ใหม่ได้อย่างไร นักปักษีวิทยา (ornithologist) ชาวอเมริกัน Tom Smith (ทอม สมิธ) อยากจะเปรียบเทียบความยาวของจงอยปากนกฮัมมิง เบิร์ด (ดังภาพที่ 2) จากบริเวณป่าฝนกับนกที่พบบนพื้นที่ที่เทือกเขา ความแตกต่างที่สังเกตด้วยสายตาได้เพียงเล็กน้อยนี้กลับอาจจะช่วยบอกให้นักวิทยาศาสตร์ทราบได้ว่า นกที่อยู่บนยอดเขาจะแตกต่างจากนกที่อยู่ในพื้นที่ราบจนนับได้ว่าเป็นสปีชีส์ใหม่ได้หรือไม่ แล้วสปีชีส์ใหม่นั้นเกิดขึ้นได้เพราะอะไร

Schneider และ Smith เดินทางจากที่ราบลุ่มเบื้องล่างขึ้นไปยังยอดเขาแอนดิส เมื่อเขาแอนดิสยกตัวสูงขึ้น มันได้สร้างถิ่นที่อยู่อาศัยแบบใหม่ขึ้นมา สัตว์ที่เคยอยู่ในป่าฝนบนพื้นราบได้รับโอกาสอันยิ่งใหญ่ที่จะครอบครองถิ่นที่อยู่อาศัยใหม่นี้ คำถามสำคัญในการศึกษาของพวกเขาคือ การที่สัตว์ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่นั้นจะสามารถนำไปสู่การเกิดสปีชีส์ใหม่ได้หรือไม่



ภาพที่ 2 แสดงนกฮัมมิงเบิร์ดกำลังจะกินน้ำหวานจากดอกไม้



ผลของการสิ่งแวดล้อมต่อการเกิดสปีชีส์ใหม่

แนวคิดดั้งเดิมว่าสปีชีส์ใหม่เกิดขึ้นได้อย่างไรนั้น กล่าวว่า เกิดจากการที่ประชากรของสิ่งมีชีวิต ถูกแบ่งแยกด้วยสภาพทางภูมิศาสตร์ ทำให้สมาชิกในประชากรที่ถูกแบ่งแยกไม่สามารถติดต่อกันได้ ซึ่งจะทำให้แต่ละประชากรในแต่ละพื้นที่ มีแนวโน้มในการเกิดวิวัฒนาการแตกต่างกันตามแนวทางของแต่ละกลุ่ม จนในที่สุดเกิดเป็นสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กัน (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงผีเสื้อวิวัฒนาการแตกต่างกันระหว่างพวกที่อยู่บนพื้นราบ (สีแดง) กับบนเนินเขา (สีเหลือง)

อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาที่ Smith และ Schneider ค้นพบนั้นกลับต่างออกไปจากแนวคิดดั้งเดิม นั่นคือ การแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์นั้นอาจจะไม่ได้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากนัก เพราะประชากรสามารถที่จะปรับตัวเข้ากับแรงกดดันต่างๆ ในการคัดเลือกพันธุ์ได้ภายในบริเวณที่ห่างกันไม่มากหรืออาจจะไม่ถูกแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์เลย แต่ปัจจัยสำคัญในการเกิดสปีชีส์ใหม่ กลับกลายเป็นความสามารถในการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตแต่ละสายพันธุ์ให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมของแต่ละบริเวณได้ ทำให้ความสามารถในการปรับตัวภายในแต่ละบริเวณกลับกลายเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเกิดสปีชีส์ใหม่ (ดังภาพที่ 4)

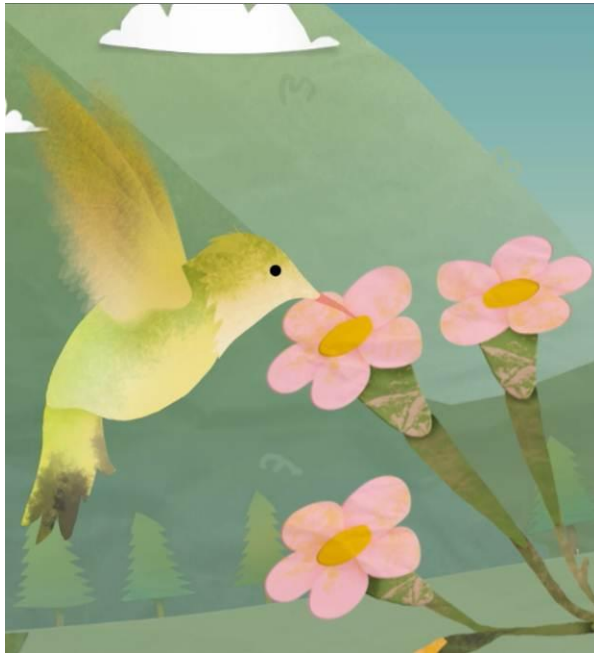


ภาพที่ 4 แสดงผีเสื้อมีวิวัฒนาการแตกต่างกันแม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่เดียวกัน
ตามความสามารถในการปรับตัว

ความอยู่รอดของนกฮัมมิงเบิร์ดอยู่ที่ความยาวปาก

คณะสำรวจพบว่า นกฮัมมิงเบิร์ดที่มีจงอยปากสั้น อาศัยอยู่ในป่าฝนด้านล่างซึ่งอยู่ห่างจากยอดเขาหลายพันเมตร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับดอกไม้ที่เป็นแหล่งน้ำหวานอาหารของนกฮัมมิงเบิร์ดในบริเวณด้านล่างนี้ ซึ่งมีลักษณะเป็นดอกกว้าง ปากสั้นๆของนกฮัมมิงเบิร์ดสามารถดูดน้ำหวานได้โดยง่าย (ดังภาพที่ 5 ก)

แต่หากนกในพื้นที่ป่าฝนด้านล่างนี้จะขยายพันธุ์ขึ้นมาถึงถิ่นที่อยู่บนยอดเขา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีดอกไม้ลักษณะเป็นกรวยยาวกว่าดอกไม้ในป่าฝนด้านล่าง พวกมันจะต้องมีจงอยปากค่อนข้างยาวสักหน่อยจึงจะช่วยให้อยู่รอดได้ (ดังภาพที่ 5 ข)



ก.



ข.

ภาพที่ 5 แสดง ก. นกฮัมมิงเบิร์ดที่ป่าฝนด้านล่าง ข. จะมีจอยปากสั้นกว่านกบนยอดเทือกเขา

จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงความยาวของจอยปากนกฮัมมิงเบิร์ดเพียงเล็กน้อย จะส่งผลกระทบอย่างมากต่อการที่นกจะกินน้ำหวานได้หรือไม่ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสิ่งมีชีวิตเมื่อมีการย้ายข้ามสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปสู่กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ได้

การศึกษานกฮัมมิงเบิร์ดของนักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ก็เพื่อจะค้นหาว่าสปีชีส์ใหม่เกิดขึ้นได้อย่างไร เหมือนกับที่ดาร์วินได้เคยตั้งคำถามไว้เกี่ยวกับเรื่องกำเนิดสปีชีส์ สิ่งที่พวกเขาได้ค้นพบนั้นช่วยยืนยันว่าการคัดเลือกโดยธรรมชาติดูเหมือนจะเป็นปัจจัยหลักในการสร้างสปีชีส์ใหม่

การเกิดวิวัฒนาการผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

การคัดเลือกโดยธรรมชาติ ซึ่งเป็นกลไกหลักทางวิวัฒนาการที่ดาร์วินได้เสนอไว้ นั้นประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ

1. ความผันแปรทางพันธุกรรมในประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์
2. การที่สิ่งมีชีวิตผลิตลูกหลานมากเกินไป
3. การดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด และ
4. วิธีการสืบพันธุ์และดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน



กระบวนการแรก "ความผันแปรทางพันธุกรรม" เมื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่งๆ จะพบว่า สมาชิกแต่ละตัวของสปีชีส์นั้นจะมีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างกันไป ซึ่งหากวิวัฒนาการเกิดขึ้นโดย กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติแล้ว ลักษณะจำเพาะของสิ่งมีชีวิตบางตัวบางสายพันธุ์จะทำให้มัน ได้เปรียบมากกว่าตัวอื่นๆ ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งลักษณะพันธุกรรมที่ได้เปรียบนี้อาจจะถูกส่งต่อ เป็นทอดๆ ไปยังรุ่นต่อไปได้

เมื่อพิจารณาความยาวที่แตกต่างกันของจงอยปากนกฮัมมิงเบิร์ดจากแต่ละพื้นที่นั้น ดู เหมือนว่าจะเกิดจากปัจจัยทางพันธุกรรมอย่างค่อนข้างชัดเจน นั่นคือ ถ้าพ่อแม่ผสมพันธุ์กันและพ่อแม่ นกมีปากยาวทั้งคู่ ลูกของพวกมันจะมีปากยาว (ดังภาพที่ 6) ถ้าทั้งพ่อและแม่มีปากสั้น ลูกของ มันจะมีปากสั้นไปด้วย



ภาพที่ 6 แสดงพ่อแม่ฮัมมิงเบิร์ดที่มีปากยาว จะมีลูกที่มีปากยาว

กลไกประการที่ 2 "การมีลูกมากเกินไป" ดาร์วินรู้ว่าการคัดเลือกโดยธรรมชาติจะเกิดขึ้นได้ เพราะว่ามีสิ่งมีชีวิตในประชากรธรรมชาติมีแนวโน้มที่จะมีลูกมากเกินไปกว่าจะอยู่รอดได้ทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ในชั่วชีวิตของนกฮัมมิงเบิร์ดแต่ละคู่หนึ่งมักจะมีลูกมากมายหลายโหล แต่จะมีลูกนกเพียง หนึ่ง หรือ สองตัวเท่านั้นที่น่าจะมีชีวิตอยู่รอดได้ เพื่อทดแทนจำนวนตัวของรุ่นพ่อแม่



ปัจจัยที่ 3 ของการคัดเลือกโดยธรรมชาตินั้นคือ "การดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด" ซึ่งนำไปสู่ปัจจัยที่ 4 คือ "วิธีการสืบพันธุ์และการดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน" ในประชากรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ หรือสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นๆ เมื่อสิ่งมีชีวิตนั้นมีจำนวนมากเกินไป มันจะทำให้เกิดสิ่งที่ดาร์วินเรียกว่า "การดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด" ซึ่งสิ่งที่อยู่ในใจเขานั้นยังรวมถึงการแย่งชิงอาหาร (ดังภาพที่ 7) แย่งที่อยู่อาศัย รวมทั้งแย่งคู่ผสมพันธุ์อีกด้วย



ภาพที่ 7 แสดงเสือแข่งขันกันในการล่านกกระจอกเทศเป็นอาหาร

การคัดเลือกโดยธรรมชาติส่งผลต่อความยาวของปากของนก

ในกรณีของนกฮัมมิงเบิร์ด มันจะแย่งน้ำหวานจากดอกไม้กันอย่างเต็มที่เพื่อให้ได้อาหารที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ การคัดเลือกโดยธรรมชาติจะคัดเอาตัวที่มีความสามารถมากกว่าในการหาน้ำหวาน รูปทรงของปากนกฮัมมิงเบิร์ดวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงไปให้มันสามารถบินได้ไกลขึ้น หรือลอยตัวกลางอากาศไปรอบๆ ดอกไม้และกินน้ำหวานได้ดีขึ้น และที่สำคัญที่สุดคือมีความยาวและรูปทรงของปากที่เปลี่ยนแปลงไป

ในกรณีของนกฮัมมิงเบิร์ดนั้น ถ้าความยาวปากเปลี่ยนไปแค่ 1-2 มิลลิเมตร อาจกลายเป็นความต่างอย่างเด่นชัดที่จะทำให้มันกินน้ำหวานได้ดีแค่ไหน และจะมีชีวิตรอดหรือไม่ นกตัวที่รอดแต่ละตัวจะมีโอกาสได้จับคู่ผสมพันธุ์มากกว่า และส่งต่อพันธุกรรมที่ได้เปรียบของมันรวมทั้งยีนอื่นๆ ไปสู่รุ่นลูกหลาน



ในสิ่งแวดล้อมที่มีดอกไม้ทรงยาว การที่นกมีปากยาวนั้นเป็นลักษณะที่ได้เปรียบ แต่ไม่จำเป็นที่จะเป็นลักษณะที่ได้เปรียบมากที่สุดเสมอไป แต่เป็นลักษณะที่ดีกว่าหรือได้เปรียบกว่าในสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดการคัดเลือกขึ้นได้แล้ว นกฮัมมิงเบิร์ดที่มีปากสั้นอาจ不会有โอกาสอยู่รอดได้เลยในพื้นที่ที่มีแต่ดอกไม้ทรงยาว ในที่สุดก็จะเหลือแต่นกที่มีจงอยปากยาวเท่านั้น และเมื่อเวลาผ่านไปนานเพียงพอ เราจะพบว่าประชากรทั้งหมดของนกฮัมมิงเบิร์ดจะมีลักษณะที่ถูกคัดเลือกให้เข้ากับรูปทรงและขนาดของดอกไม้ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมในแต่ละบริเวณนั้น (ดังภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แสดงในบริเวณที่มีแต่ดอกไม้ทรงยาว จะมีเฉพาะนกฮัมมิงเบิร์ดปากยาวเท่านั้นที่จะถูกคัดเลือกไว้

เปรียบเทียบง่าย ๆ ว่า ถ้า คนสองคนเดินอยู่ในป่าแล้วไปเจอเสือวิ่งไล่กัด จะเห็นว่าถ้าอยากจะรอดชีวิตก็ไม่จำเป็นที่จะต้องวิ่งเร็วกว่าเสือ แต่วิ่งให้เร็วกว่าอีกคนให้ได้ เพราะเสือก็จะกินคนที่วิ่งช้าแทน และเราก็จะวิ่งหนีทัน (ดังภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 แสดงลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างสิ่งมีชีวิต ส่งผลต่อความสามารถในการดิ้นรน
เพื่อความอยู่รอด

จะเห็นได้ว่า วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์นั้น ไม่ได้เป็นผลมาจากการที่มันพยายามจะพัฒนาปรับเปลี่ยนลักษณะของตัวเองตามต้องการ แต่เกิดจากกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ เหมือนกับที่หากเรามีแขนสั้น เราก็ไม่อาจจะยัดแขนของเราไปเด็ดผลไม้ที่อยู่บนกิ่งสูงๆ ได้ นกฮัมมิงเบิร์ดแต่ละตัวที่ปากสั้นเมื่อไปอยู่ในที่มีดอกไม้ทรงยาวก็ไม่อาจจะยัดปากของมันได้เช่นกัน เนื่องจากความยาวของปากถูกกำหนดจาก DNA (ดีเอ็นเอ) ที่ได้รับสืบทอดทางพันธุกรรมจากพ่อแม่ของมัน

การศึกษาวิวัฒนาการด้วยวิธีทางอนุชีววิทยา

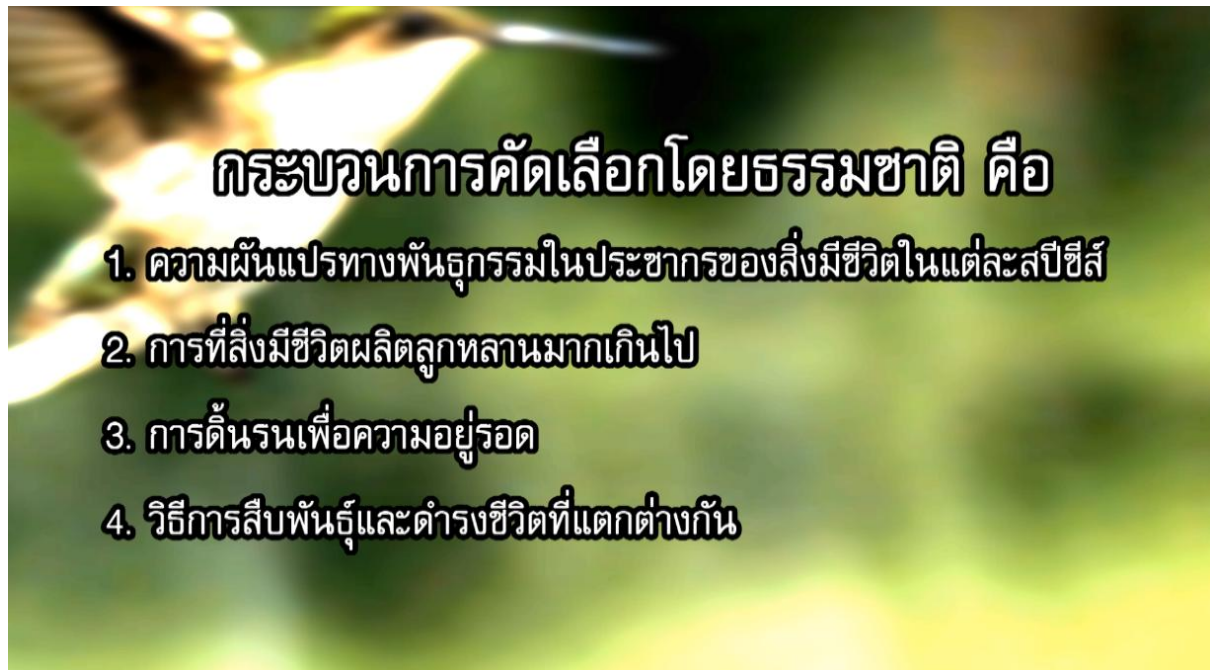
นักชีววิทยาสมัยใหม่อย่าง Schneider กำลังทำในสิ่งที่ดาร์วินเคยทำแต่ใช้เครื่องมือสมัยใหม่ ดังเช่น ใช้วิธีทางอนุชีววิทยาและการคำนวณสมัยใหม่ในการศึกษาธรรมชาติ (ดังภาพที่ 10) เขาใช้ลำดับ DNA ของนกฮัมมิงเบิร์ดในการจำลองสร้างประวัติทางวิวัฒนาการของพวกมันเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ จากความหลากหลายทางพันธุกรรม การมีลูกมากเกินไป การดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด และ วิธีการสืบพันธุ์และดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน สำหรับกรณีวิวัฒนาการของนกฮัมมิงเบิร์ด Schneider พบว่า มีหลายสปีชีส์ที่เพิ่งจะวิวัฒนาการเกิดขึ้นมาเมื่อ 2-3 ล้านปีที่ผ่านมานี้เอง ซึ่งนับว่าเกิดขึ้นเร็วมากในช่วงเวลาอันยาวนานทางวิวัฒนาการของนก



ภาพที่ 10 แสดงนักวิทยาศาสตร์ดูดเลือดของนกเพื่อไปสกัดเอา DNA มาศึกษา

สรุปกลไกการเกิดวิวัฒนาการ

สรุปได้ว่า กลไกการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติที่ชาร์ล ดาร์วิน ได้เสนอไว้ประกอบไปด้วยกระบวนการต่างๆ 4 ขั้นตอน นั่นคือ สิ่งมีชีวิตจะต้องมีพันธุกรรมที่หลากหลายผันแปรได้ ขณะที่สิ่งมีชีวิตนั้นก็มีการกลายพันธุ์มากเกินไปกว่าที่สิ่งแวดล้อมจะรองรับได้จึงทำให้มันต้องต่อสู้ดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด ส่งผลให้สายพันธุ์ที่มีวิธีการสืบพันธุ์และวิธีดำรงชีวิตที่เหมาะสมกว่าเท่านั้นที่จะอยู่รอดและถ่ายทอดพันธุ์ต่อไป (ดังภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 สรุปกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติทั้ง 4 ขั้นตอน

ดาร์วินได้เน้นครั้งแล้วครั้งเล่าในหนังสือกำเนิดสปีชีส์ว่า การเปลี่ยนแปลงที่ละเล็กทีละน้อยจะสะสมมากขึ้นในแต่ละรุ่นของสิ่งมีชีวิต ถ้าเราตระหนักว่าสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้ถือกำเนิดขึ้นมาบนโลกนี้เป็นเวลาที่ผ่านมาแสนนานหลายล้านปี การเปลี่ยนแปลงที่ละเล็กทีละน้อยเหล่านั้นก็จะสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ จนสุดท้ายเราจะเห็นรูปร่างลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างใหญ่หลวงเกิดขึ้นได้

อัจฉริยภาพของ ชาร์ล ดาร์วิน คือการที่เขาได้ค้นพบเมื่อกว่า 200 ปีก่อนว่า วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้โดยมีการคัดเลือกโดยธรรมชาติเป็นปัจจัยหลัก และสิ่งที่เขาค้นพบนี้ได้รับการพิสูจน์ยืนยันถึงความถูกต้องมาโดยตลอด และสอดคล้องกับผลการวิจัยสมัยใหม่ในช่วง 10-15 ปีมานี้ที่นักวิวัฒนาการส่วนใหญ่มีความเห็นพ้องกันว่า การคัดเลือกโดยธรรมชาตินั้นน่าจะเป็นกลไกที่สำคัญที่สุดในการเกิดวิวัฒนาการ



แนวทางในการจัดการเรียนรู้

สื่อประกอบการสอนเรื่อง “ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ล ดาร์วิน” เป็นสื่อที่เน้นให้เห็นว่า การนำทฤษฎีวิวัฒนาการด้วยการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วิน มาอธิบายตัวอย่างที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ ในกรณีที่แต่ละประชากรของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่งจะมีวิวัฒนาการแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมที่มันอยู่อาศัย ดังเช่น ความยาวของจงอยปากนกที่อยู่บนพื้นราบกลับแตกต่างจากนกที่อยู่บนยอดเขา

เมื่อครูสอนเรื่อง ทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ล ดาร์วิน แล้วกล่าวถึงองค์ประกอบของกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิตแล้วให้นักเรียนดูสื่อประกอบการสอนตอนนี้อย่างพร้อมๆ กับครู

จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปราย โดยใช้คำถามและมีแนวทางในการตอบดังนี้

คำถาม : ให้นักเรียนหาตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตที่อวัยวะบางส่วนลดรูปไป แล้วให้อภิปรายกันว่าวิวัฒนาการเช่นนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร ตามแนวคิดทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ล ดาร์วิน

ตอบ : มีคำตอบหลายคำตอบ เช่น ขาหลังของวาฬที่หายไป ขาของงูที่หายไป การลดรูปของใบกลายเป็นหนาม กีบของสัตว์กินพืช กระดูกหาง (ก้นกบ) ที่หดสั้นลงของคน ฯลฯ โดยที่ครูจะต้องคอยเตือนนักเรียนเวลาอภิปรายถึงสาเหตุของวิวัฒนาการดังกล่าว ไม่ให้ตอบง่ายๆ เพียงแค่ว่าอวัยวะนั้นมันไม่ถูกใช้ จึงลดรูปไป แต่ต้องให้นักเรียนนำแนวคิดเรื่องความผันแปรทางพันธุกรรม การคัดเลือกโดยธรรมชาติ และการถ่ายทอดพันธุกรรมให้ลูกหลาน ตลอดจนช่วงเวลายาวนานหลายล้านปีมาอภิปรายด้วย



ภาคผนวก

ก. คำอธิบายเพิ่มเติม

กลไกการเกิดวิวัฒนาการ

วิวัฒนาการ (Evolution) ของสิ่งมีชีวิต คือ การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในประชากรของสิ่งมีชีวิตแล้วถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นหนึ่งจนมีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างหน้าตาหรือความสามารถให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่นั้น วิวัฒนาการเกิดจากกลไกหลัก 2 กลไก ได้แก่ การแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation) และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection) โดยอาศัยยีนเป็นตัวกลางในการส่งผ่านลักษณะทางพันธุกรรมอันเป็นพื้นฐานของการเกิดวิวัฒนาการ

ประชากร ของสิ่งมีชีวิตมีความแปรผันทางพันธุกรรม เกิดขึ้นเมื่อสิ่งมีชีวิตให้กำเนิดลูกหลาน โดยเกิดเป็นลักษณะใหม่เปลี่ยนแปลงไปจากลักษณะเดิม โดยลักษณะใหม่ที่เกิดขึ้นนี้มีสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ เกิดจากกระบวนการกลายพันธุ์ของยีน และเกิดจากการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างประชากร ในสิ่งมีชีวิตที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ลักษณะใหม่ที่เกิดขึ้นจะผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนยีนอันก่อให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมที่หลากหลายขึ้นในประชากร จนเกิดความแตกต่างมากขึ้นเรื่อยๆ กลายเป็นลักษณะที่แตกต่างกันและส่งผลต่อวิวัฒนาการที่จะเกิดขึ้นตามมา

สำหรับ กลไก หลักในการเกิดวิวัฒนาการ ทั้ง 2 กลไก นั้น กลไกแรก คือ การคัดเลือกโดยธรรมชาติ ซึ่งเป็นกระบวนการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมที่จะอยู่รอดและสืบพันธุ์ ต่อไป จนได้ลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ขณะที่ลักษณะที่ไม่เหมาะสมจะเหลือน้อยลง กลไกนี้ จึงเกิดขึ้นเพื่อคัดเลือกลักษณะของประชากรที่มีความสามารถในการสืบพันธุ์สูงสุด เมื่อสิ่งมีชีวิตหลายรุ่นได้ผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ไป ก็จะทำให้เห็นผลของวิวัฒนาการในรูปแบบของ การปรับตัวของสิ่งมีชีวิต ทำให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้นได้อย่างเหมาะสม

กลไกที่สองในการขับเคลื่อนกระบวนการวิวัฒนาการ คือ การแปรผันทางพันธุกรรม อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลง ความถี่ของยีน ในประชากร ซึ่งเป็นผลมาจาก ความสามารถในการอยู่รอด และการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต เช่นกัน แม้ว่าการแปรผันทางพันธุกรรมในแต่ละรุ่นนั้นจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ลักษณะเหล่านี้จะสะสมจากรุ่นสู่รุ่น เกิดการเปลี่ยนแปลงทีละเล็กละน้อยในสิ่งมีชีวิต จนกระทั่งเวลาผ่านไปเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในลักษณะของสิ่งมีชีวิต กระบวนการดังกล่าวเมื่อถึงจุดสูงสุดจะทำให้กำเนิดสปีชีส์ชนิดใหม่

หลักฐานต่างๆ ทั้งทางชีววิทยาและทางธรณีวิทยาได้ชี้ให้เห็นว่า วิวัฒนาการเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจริง ไม่ว่าจากการศึกษาซากฟอสซิล ของสิ่งมีชีวิตในอดีต และการศึกษา ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันก็ตาม ได้ทำให้นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ตั้งแต่ช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 เชื่อว่า สปีชีส์มีการเปลี่ยนแปลงได้และมีการเปลี่ยนแปลงมาโดยตลอดในช่วงเวลาที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม



ก็ตาม กระบวนการที่ขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลง ของสิ่งมีชีวิต นี้เคยเป็นปริศนา อันยิ่งใหญ่ ต่อ นักวิทยาศาสตร์ทั่วไป จนกระทั่งปี พ.ศ. 2402 ชาร์ล ดาร์วิน ที่ตีพิมพ์หนังสือ “กำเนิดสปีชีส์” ซึ่งได้อธิบายทฤษฎีวิวัฒนาการโดยกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ เอาไว้ และหลังการตีพิมพ์หนังสือไม่นาน ทฤษฎีของดาร์วินก็เป็นที่ยอมรับโดยทั่วกันต่อสังคมนักวิทยาศาสตร์

ในคริสต์ทศวรรษที่ 1930 กลไกการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วินเริ่มมีความชัดเจนมากขึ้น หลังจากทีเกรเกอร์ เม็นเดล ได้ค้นพบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ก่อให้เกิดทฤษฎีวิวัฒนาการสมัยใหม่ โดยเม็นเดลได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่าง unit (ยูนิต) ซึ่งภายหลังเรียกว่า ยีน (gene) กับกระบวนการของการวิวัฒนาการผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ การศึกษาของเม็นเดลทำให้สามารถไขข้อข้องใจถึงวิธีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วินได้อย่างดี และ กลายเป็นหลักการสำคัญของชีววิทยาสมัยใหม่ ที่ใช้อธิบายกระบวนการก่อเกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมบนโลก

การเกิดวิวัฒนาการที่ระดับโมเลกุล

วิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นจากการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งปรากฏเป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างในมนุษย์ เช่น สีของม่านตาเป็นหนึ่งในลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถ่ายทอดได้ โดยแต่ละคนได้รับลักษณะดังกล่าวจากบิดามารดา การถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวควบคุมโดยยีน ยีนจะอยู่เป็นคู่บนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตและแสดงออกในรูปของ ลักษณะทางพันธุกรรมเรียกว่า genotype (จีโนไทป์) ส่วนลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เราสังเกตเห็นได้ทั้งหมดนั้น รวมกันเรียกว่า phenotype (ฟีโนไทป์) ซึ่งเกิดขึ้นทั้ง ลักษณะทางพันธุกรรม หรือ genotype และจากพฤติกรรมอันเกิดจากการหล่อหลอมของสิ่งแวดล้อม

ลักษณะที่สิ่งมีชีวิตแสดงออกจะมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่าง genotype และสิ่งแวดล้อม ผลลัพธ์ก็คือ ไม่ใช่ทุก ลักษณะ phenotype ของสิ่งมีชีวิต ที่จะสามารถถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวสู่ลูกหลานได้ ตัวอย่างเช่น ลักษณะสีผิวของคนที่แดดเผาจนดำ เป็นลักษณะที่เกิดร่วมกันระหว่างลักษณะ genotype แต่ละบุคคล ร่วมกับสิ่งแวดล้อม คือแสงแดด ดังนั้นลักษณะผิวสี ดำดังกล่าวจะไม่สามารถส่งผ่านไปยังรุ่นลูกได้

ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมถ่ายทอด ผ่าน DNA ของสิ่งมีชีวิตแต่ละรุ่น DNA เป็นโมเลกุลที่เก็บข้อมูลลักษณะและรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต DNA เป็นสารโพลิเมอร์ สายยาวประกอบด้วยเบส 4 ชนิด อันได้แก่ A , T , C และ G เรียงลำดับแตกต่างกันไปในสาย DNA ตามข้อมูลทางพันธุกรรมของ แต่ละหน่วยการทำงานได้ เรียกว่า ยีน (gene) ซึ่งภายในแต่ละเซลล์ของสิ่งมีชีวิตนั้น สาย DNA จะอยู่ร่วมกับโปรตีนกลายเป็นโครงสร้างรวมที่เรียกว่า โครโมโซม



(chromosome) และบริเวณจำเพาะที่มี ยีน อยู่บนโครโมโซม นั้น เรียกว่า locus (โลคัส) ในสิ่งมีชีวิตอยู่ละตัวของสปีชีส์หนึ่งๆ นั้น ลำดับของ DNA ณ ตำแหน่ง locus หนึ่งอาจมีความแตกต่างกันไป ทำให้เกิดรูปแบบที่แตกต่างกันใน locus ดังกล่าว เรียกว่าเป็น allele (อัลลีล)

ลำดับ DNA สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยผ่านกระบวนการกลายพันธุ์ทำให้เกิด allele ใหม่ ถ้ากระบวนการกลายพันธุ์เกิดขึ้นกับยีน ไดยีนหนึ่ง allele ใหม่ของยีนนั้นอาจส่งผลกระทบต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิตอันเนื่องมาจากการควบคุมของยีน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะ phenotype ของสิ่งมีชีวิตได้ allele และลักษณะทางพันธุกรรม นั้นอาจจะทำงานสอดคล้องร่วมกันในบางกรณี แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ลักษณะทางพันธุกรรมส่วนใหญ่ มัก จะซับซ้อนและ ถูกควบคุมโดยยีนมากกว่า 1 ยีน

การแปรผันใน phenotype ในประชากรเกิดจากการที่สมาชิกในประชากรมีลักษณะ genotype ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ทฤษฎีวิวัฒนาการสมัยใหม่จึงให้คำจำกัดความถึงวิวัฒนาการว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตเป็นระยะเวลานานในส่วนของความแปรผันทางพันธุกรรม โดยพิจารณาถึงความถี่ของแต่ละ allele ในประชากรว่าจะผันแปรสัมพันธ์กันอย่างไร มีความถี่มากขึ้นหรือน้อยลง ด้วยเหตุนี้ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ allele โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง แล้วการคัดเลือกโดยธรรมชาติได้ทำให้ความถี่ของ allele ไปถึงจุด fixation (ฟิกเซชัน) ที่ลักษณะ genotype ที่แปรผันไปได้มาแทนที่ด้วยลักษณะ genotype เดิมที่เคยมีอยู่ในรุ่นบรรพบุรุษ

ความแปรผันทางพันธุกรรมเกิดขึ้นจากการกลายพันธุ์ในองค์ประกอบของยีน ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เองการจับเรียงตัวกันโดยสุ่มของยีนใหม่ๆ ในกระบวนการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ หรืออาจเกิดจากการอพยพของประชากรก็ได้ ความแปรผันยังอาจเกิดขึ้นจากการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์ อาทิเช่น การแลกเปลี่ยนยีนระหว่างแบคทีเรีย และการเกิดลูกผสม (hybrid) ในพืช ความแปรผันทางพันธุกรรมเพียงเล็กน้อยของ genotype อาจสามารถสร้างความเปลี่ยนแปลงอย่างมากต่อ phenotype ได้ อาทิเช่น ลิ้นจี่และส้มแป้นซึ่งมีความแตกต่างของ genome (จีโนม) เพียง 2% เท่านั้น ขณะที่ถ้าพิจารณาถึงสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวในสปีชีส์หนึ่งๆ ลำดับ genome เกือบทั้งหมดของสมาชิกของสปีชีส์จะยังคงรักษาเอกลักษณ์จำเพาะของแต่ละสปีชีส์นั้นไว้



ทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เมื่อแรกเริ่ม โลกเป็น เหมือนกลุ่ม หมอกเพลิง ของสสารต่างๆ ที่เข้ามาอยู่ในวงโคจรของดาวเคราะห์บริวารตามแรงดึงดูดของ ดวงอาทิตย์ ต่อมาเปลือกโลกค่อย ๆ เย็นตัวลง พร้อมๆ กับการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีตลอดเวลา จากครั้งแรกที่ยังไม่มีสารอินทรีย์และมีแต่สารอนินทรีย์เท่านั้น ก็ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงเป็นสารอินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้นแต่ยังไม่ถือกำเนิดเป็นสิ่งมีชีวิต จนต่อมาเกิด วิวัฒนาการ ของเซลล์อย่างง่ายขึ้นมา นำไปสู่กระบวนการดำรงชีวิตต่างๆ เช่น การ สร้างพลังงานจากอาหารที่ได้เข้าไปด้วยการหายใจระดับเซลล์ การเจริญเติบโตมีขนาดใหญ่และซับซ้อนขึ้น และการเพิ่มจำนวนสืบพันธุ์มีลูกหลานต่อไปได้

ทฤษฎีวิวัฒนาการของนักชีววิทยาเริ่มมีความชัดเจนขึ้นจากผลงานของ Jean Baptiste de Lamarck (ฌอง แบพติส เดอ ลามาร์ก) (ปี ค.ศ. 1744 – 1829) วิศวกรชาวฝรั่งเศสซึ่งในบั้นปลายชีวิต ได้ศึกษาชีววิทยา และได้เป็นผู้วางรากฐานเกี่ยวกับวิวัฒนาการเป็นคนแรกได้เสนอกฎ 2 ข้อ คือ 1. กฎการใช้และไม่ใช้ (Law of use and disuse) และ 2. กฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่ได้รับมาใหม่ (Law of inheritance of acquired characteristics) จากกฎทั้ง 2 ข้อนี้นสรุปได้ว่า สิ่งแวดล้อมมีผลต่อรูปร่างของสัตว์ อวัยวะใดที่ใช้บ่อยก็จะเจริญเติบโตขยายใหญ่ขึ้น อวัยวะใดที่ไม่ได้ใช้ก็จะอ่อนแอลงและเสื่อมหายไปในที่สุด ลักษณะที่ได้มาหรือจะเสียไปโดยอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมจากการใช้และไม่ใช้อวัยวะนี้ จะคงอยู่และถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานโดยทางพันธุกรรม ยกตัวอย่างเช่น ยีราฟสมัยก่อนมีคอสั้น เมื่อยืดคอกินใบไม้สูงๆ ลักษณะของคอที่ยืดขึ้นแม้จะเพียงเล็กน้อยก็จะถูกส่งต่อไปให้รุ่นลูกหลาน เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้หลายร้อยหลายพันรุ่น นาน ๆ เข้าก็จะได้ยีราฟที่มีคอยืดยาวจนเป็นยีราฟปัจจุบัน หรือกรณีขาหลังของวาฬหายไป เนื่องจากวิวัฒนาการจากสัตว์บกสี่ขาลงไปอยู่ในน้ำและใช้หางในการว่ายน้ำแทนที่ขาหลัง

ถึงแม้ว่า ลามาร์ก จะได้รับการยกย่องว่า เป็นผู้วางรากฐานของ ทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเป็นคนแรก แต่จากการที่ลามาร์กเห็นว่าลักษณะที่รุ่นพ่อแม่ได้รับมานั้นสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ เนื่องจากยังขาดความรู้ด้านพันธุศาสตร์ ทำให้ ในเวลาต่อมา ไวสมันน์ (Weismann) นักชีววิทยาชาวเยอรมันสามารถทำการทดลองเพื่อคัดค้านลามาร์ก ได้ โดยเขาได้ตัดหางหนู 20 รุ่น พบว่าหนูที่ถูกตัดหางยังคงมีลูกที่มีหาง อยู่ดี ไวสมันน์ได้อธิบายว่า สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเซลล์สืบพันธุ์และเซลล์เนื้อเยื่อทั่วไป และเซลล์สืบพันธุ์เท่านั้นที่ถ่ายทอดให้ กับลูกหลานได้ การที่หนูถูกตัดหางเป็นเรื่องของเซลล์เนื้อเยื่อ ส่วนการสร้างหางของหนูรุ่นลูกหลานนั้นควบคุมโดย เซลล์สืบพันธุ์ หนูที่เกิดใหม่จึงยังคงมีหางต่อไป ไวสมันน์เรียกการสืบทอดลักษณะนี้ว่า การสืบทอดกันไปของเซลล์สืบพันธุ์ (The continuity of the germ plasm) ความคิดของเขานี้ตรงกับความรู้ทางพันธุกรรมในปัจจุบัน



ทฤษฎีวิวัฒนาการที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดมาจนถึงปัจจุบัน คือ ทฤษฎีวิวัฒนาการโดย การคัดเลือกโดยธรรมชาติของ ชาร์ล ดาร์วิน เมื่อดาร์วินจบการศึกษาแล้ว เขาได้เดินทางรอบโลกไปกับเรือ Beagle (บีเกิล) ของรัฐบาลอังกฤษ เขาได้นำประสบการณ์จากการศึกษาชนิดของพืชและสัตว์ต่าง ๆ ที่พบในหมู่เกาะกาลาปากอส ในมหาสมุทรแปซิฟิก ดาร์วินได้ เดินทางเป็นเวลา 5 ปี จนเมื่อ ค.ศ. 1859 ดาร์วินได้เสนอ ทฤษฎีการเกิด สปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิตอื่น เป็นจากการคัดเลือก โดยธรรมชาติ ทำให้สามารถอธิบายถึงสาเหตุที่ พืชและสัตว์มี การกระจายพันธุ์ อยู่ประจำแต่ละท้องถิ่นตามหลักภูมิศาสตร์ โดยอธิบายกระบวนการไว้ดังต่อไปนี้

1. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีความสามารถในการสืบพันธุ์สูง ทำให้ประชากรมีการเพิ่มแบบทวีคูณ
2. แต่ความเป็นจริงในธรรมชาติ ประชากรมี อาจเพิ่มขึ้นเป็นแบบทวีคูณ ได้เนื่องจากอาหารมีจำนวนจำกัด
3. สิ่งมีชีวิตจึงต้องมีการดิ้นรนต่อสู้เพื่อความอยู่รอด สายพันธุ์ที่บังเอิญมีลักษณะที่เหมาะสมมากกว่าก็จะมีชีวิตอยู่รอด สายพันธุ์ที่ไม่มีลักษณะที่เหมาะสมก็อาจจะตายไปหรือมีลูกหลานน้อย
4. พวกที่อยู่รอดจะมีโอกาสแพร่พันธุ์ต่อไปเรื่อย ๆ
5. การเกิดสปีชีส์ใหม่จึงเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทีละเล็กละน้อยในช่วงเวลาอันยาวนาน

ตามทัศนะของดาร์วิน สภาพแวดล้อมจึงเป็นกลไกหลักของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเพราะเป็น ตัวสำคัญที่ทำให้เกิดการคัดเลือกทางธรรมชาติขึ้น จนสามารถที่จะได้สายพันธุ์ที่มี ลักษณะที่เหมาะสม และมีโอกาสสืบพันธุ์ต่อไปในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ



ข. คำอธิบายศัพท์

การเกิดสปีชีส์ใหม่ (Speciation)

การที่สิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นญาติใกล้ชิดได้มีการเปลี่ยนแปลง แตกต่างจากกันไปมากถึงจุดหนึ่ง จนทำให้นับได้ว่าเป็นคนละสปีชีส์กัน กระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อประชากร ของสปีชีส์หนึ่งมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลง ไปจนเหมาะกับสภาพแวดล้อมใหม่ หรือปัจจัยอื่นๆ ที่เปลี่ยนไป (เช่น สรีรวิทยา ภูมิศาสตร์ หรือแม้แต่วฤตกรรม)

การเกิดสปีชีส์ใหม่แบบอยู่คนละพื้นที่กัน
(allopatric speciation)

การเกิดสปีชีส์ใหม่ที่เกิดขึ้นเมื่อ ประชากรสองกลุ่ม ขึ้นไปของสปีชีส์หนึ่งๆ ได้ถูกแบ่งแยกจากกัน ทางด้านภูมิศาสตร์ จนทำให้ไม่มีการผสมพันธุ์ ข้ามกลุ่มประชากรได้

การแบ่งแยกด้านการสืบพันธุ์
(reproductive isolation)

การที่ประชากรสองกลุ่มขึ้นไปของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่งๆ มีวิวัฒนาการไปจนไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ แม้จะอยู่ในพื้นที่เดียวกัน หรือถึงจะผสมพันธุ์ได้ก็จะได้ ลูกที่เป็นหมันและไม่อาจสืบทอดพันธุกรรมต่อไปได้ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การแบ่งแยกด้านการสืบพันธุ์ในระยะก่อนเป็นไซโกต (prezygotic isolation) และ การแบ่งแยกด้านการสืบพันธุ์ในระยะหลังเป็นไซโกต (postzygotic isolation)

การคัดเลือกโดยธรรมชาติ
(natural selection)

สิ่งมีชีวิตแต่ละตัวมีความสามารถในการอยู่รอด และการสืบพันธุ์ที่แตกต่างกันไปในเรื่องสิ่งแวดล้อมหนึ่งๆ โดย ความสามารถนี้เป็นสิ่งที่ถ่ายทอดให้กับลูกหลานได้ ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปหลายๆ รุ่น ด้วยกระบวนการดังกล่าว สายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในแต่ละประชากรที่มีลักษณะเข้ากันได้ กับสิ่งแวดล้อมนั้นมากที่สุด จะเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ที่ไม่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมนั้น



สปีชีส์ (Species)

ระดับหน่วยย่อยในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต มีหลาย
ความหมายขึ้นกับการพิจารณาแนวคิดต่างๆ เช่น
สปีชีส์ตามแนวคิดชีวภาพ (biological species
concept) สปีชีส์ตามแนวคิดคลาดีสติก (cladistic
species concept) สปีชีส์ตามแนวคิดนิเวศวิทยา
(ecological species concept) สปีชีส์ตามแนวคิด
ฟีเนติก (phenetic species concept) สปีชีส์
ตามแนวคิดชีวภาพเป็นแบบที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป
ในหมู่นักสัตววิทยาโดยกำหนดให้สปีชีส์เป็นชุดของ
สิ่งมีชีวิต ที่ผสมพันธุ์มีลูกหลานได้

สัณฐานวิทยา (morphology)

การศึกษารูปร่าง ลักษณะ และโครงสร้างภายนอก
ของสิ่งมีชีวิต

DNA (ดีเอ็นเอ)

สารโมเลกุลที่ควบคุมพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

Niche (นิช)

บทบาทหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์ในระบบนิเวศ
รวมถึงแหล่งอาหารและทรัพยากรต่างๆ ที่สปีชีส์
นั้นได้ใช้ ในแหล่งที่อยู่อาศัยของมัน

ค. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. Campbell, N.A. and Reece, J.B 2002. Biology. 6th edition. Benjamin Cumings, San Francisco.
2. Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. and Jackson, R.B. 2011. Campbell Biology, 9th edition. Pearson Education, San Francisco.
3. Stickberger, M.W. 2000. Evolution. 3rd edition. Jones & Barlett Publ. Int.
4. <http://th.wikipedia.org/wiki/วิวัฒนาการ>
5. <http://www.pbs.org/wgbh/evolution/educators/teachstuds/svideos.html>



รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวนทั้งหมด 92 ตอน

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
1	ชีววิทยาคืออะไร	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
2	ชีวจริยธรรม	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
3	การวางแผนการทดลอง และการตรวจสอบสมมติฐาน	ผศ.ดร.พงษ์ หาดยุดธนากร
4	ตัวอย่างการทดลองทางชีววิทยา	ผศ.ดร.พงษ์ หาดยุดธนากร
5	ส่วนประกอบและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารัช กิตนะ
6	การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาและประมาณขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารัช กิตนะ
7	ปฏิกิริยา polymerization และ hydrolysis	อ.ดร.จุฑาพันธ์ พิณสวัสดิ์
8	โปรตีน	ผศ.ดร.พงษ์ หาดยุดธนากร
9	กรดนิวคลีอิก	ผศ.ดร.พงษ์ หาดยุดธนากร
10	การดำรงชีวิตของเซลล์	ผศ.ดร.พงษ์ หาดยุดธนากร
11	การสื่อสารระหว่างเซลล์; บทนำ	ผศ.ดร.อรรณพ สัตยาลัย
12	การสื่อสารระหว่างเซลล์; การสื่อสารระยะไกลในพืชและสัตว์	ผศ.ดร.อรรณพ สัตยาลัย
13	การสื่อสารระยะไกลในสัตว์	ผศ.ดร.อรรณพ สัตยาลัย
14	องค์ประกอบของการสื่อสารระหว่างเซลล์	ผศ.ดร.อรรณพ สัตยาลัย
15	ทางเดินอาหารและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
16	การย่อยและการดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็ก	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
17	ภาพรวมของการสลายอาหารระดับเซลล์	อ.ดร.จุฑาพันธ์ พิณสวัสดิ์
18	ลูกโซ่หายใจ	อ.ดร.จุฑาพันธ์ พิณสวัสดิ์
19	oxidative phosphorylation	อ.ดร.จุฑาพันธ์ พิณสวัสดิ์
20	การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์น้ำและสัตว์บก	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
21	เรื่องกลไกการหายใจและศูนย์ควบคุมการหายใจในคน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
22	ไต: หน่วยไต และการสร้างปัสสาวะของไตคน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
23	ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) และแบบปิด (closed circulatory system)	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
24	องค์ประกอบของเลือด หมู่เลือด และ การแข็งตัวของเลือด	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
25	การป้องกันตนเองของร่างกาย และ ระบบภูมิคุ้มกัน	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
26	การเคลื่อนที่ของปลา	รศ.วีณา เมฆวิชัย
27	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
28	การทำงานของเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
29	การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
30	เซลล์รับความรู้สึก	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
31	หูและการได้ยิน	รศ.ดร.ประคอง ตั้งประพจน์กุล
32	ฮอร์โมนคืออะไร	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
33	ชนิดของฮอร์โมนและชนิดของเซลล์เป้าหมาย	รศ.ดร.สุจินดา มัลย์วิจิตรนนท์
34	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 วัฏจักรเซลล์ อินเทอร์เฟส และ division phase	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
35	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 2 วัฏจักรเซลล์ division phase mitosis	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
36	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 3 วัฏจักรเซลล์; division phase; meiosis	ผศ.ดร.อรรพรรณ สัตยาลัย
37	เซลล์พืช	ผศ.ดร.มานิต คิตอยู่
38	เนื้อเยื่อพืช	ผศ.ดร.มานิต คิตอยู่
39	ปากใบและการควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
40	การลำเลียงน้ำของพืช	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
41	พลังงานชีวิต	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
42	ปฏิกิริยาแสง (Light reaction)	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
43	ปฏิกิริยาคาร์บอน (carbon reaction) – Calvin cycle	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
44	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C ₄	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
45	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
46	ปัจจัยจำกัดในการสังเคราะห์ด้วยแสง	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
47	โครงสร้างของดอก (Structure of Flower)	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์
48	การปฏิสนธิในพืชดอก	ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี
49	การเกิดและโครงสร้างผล	อ.ดร.สร้อยนภา ญาณวัฒน์
50	การงอกของเมล็ด	รศ.นันทนา อังกินันท์
51	การวัดการเจริญเติบโตของพืช	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
52	ออกซิน	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
53	การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร	ผศ.พัชรา ลิ้มปะนะเวช
54	การเคลื่อนไหวของพืช	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
55	ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
56	กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
57	มัลติเปิลแอลลีล (Multiple alleles)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
58	พอลิยีน (Polygene)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
59	โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
60	โครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
61	การถอดรหัส (Transcription)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
62	การแปลรหัส (Translation)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
63	แนะนำพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
64	ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัตต์นียิจิต
65	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically modified organisms: GMOs)	อ.ดร.รัชนิกร ธรรมโชติ
66	ชาร์ล ดาร์วิน คือใคร	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
67	หลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
68	ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
69	วิวัฒนาการของเชื้อดื้อยา	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
70	วิวัฒนาการของมนุษย์	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
71	อาณาจักรมอเนอรา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
72	อาณาจักรโพรทิสตา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
73	อาณาจักรฟังไจ	ผศ.ดร.จิตรตรา เพ็ญภูเขียว
74	ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
75	ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	รศ.วีณา เมฆวิชัย
76	กลไกของพฤติกรรม	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
77	พฤติกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
78	การสื่อสารระหว่างสัตว์	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
79	แนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
80	ไบโอมบ่นบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
81	การสำรวจระบบนิเวศบ่นบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
82	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนเชื้อ
83	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในระบบนิเวศ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนเชื้อ
84	โซ่อาหารและใยอาหาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนเชื้อ
85	วัฏจักรสาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนเชื้อ
86	ความหมายของคำว่าประชากร(population) และประวัติการศึกษาประชากร	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
87	วิธีการหาค่าความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีการสุ่ม ตัวอย่างแบบวางแปลง (quadrat sampling method)	อ.ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์
88	การเพิ่มขนาดของประชากร (population growth)	อ.ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์
89	โครงสร้างอายุ (age structure) ของประชากร	อ.ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์
90	ประเภทของทรัพยากร	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
91	ปัญหาที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
92	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา