

## หน่วยที่ 6 วิวัฒนาการ

หน่วยการเรียนรู้ 0.25 หน่วยกิต

บทที่ 19 วิวัฒนาการ

10 ชั่วโมง

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้
1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานต่างๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	1. การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานต่างๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน	2. การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการอธิบายเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน
3. สำรวจตรวจสอบ สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับการหาความถี่ของแอลลีล และความถี่ของจีโนไทป์ในประชากร และปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล และความถี่ของจีโนไทป์ในประชากร	3. การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการอธิบายเกี่ยวกับการหาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากร และปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากร
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต และนำเสนอผลกระทบจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีต่อการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	4. การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต และนำเสนอผลกระทบจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีต่อการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

## สาระสำคัญ

วิวัฒนาการคือ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแตกต่างไปจากบรรพบุรุษ และถูกคัดเลือกให้มีชีวิตรอดในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันในช่วงเวลาที่ยาวนาน

ลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการที่น่าสนใจ โดยลามาร์กเสนอกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ ชาลส์ ดาร์วิน ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

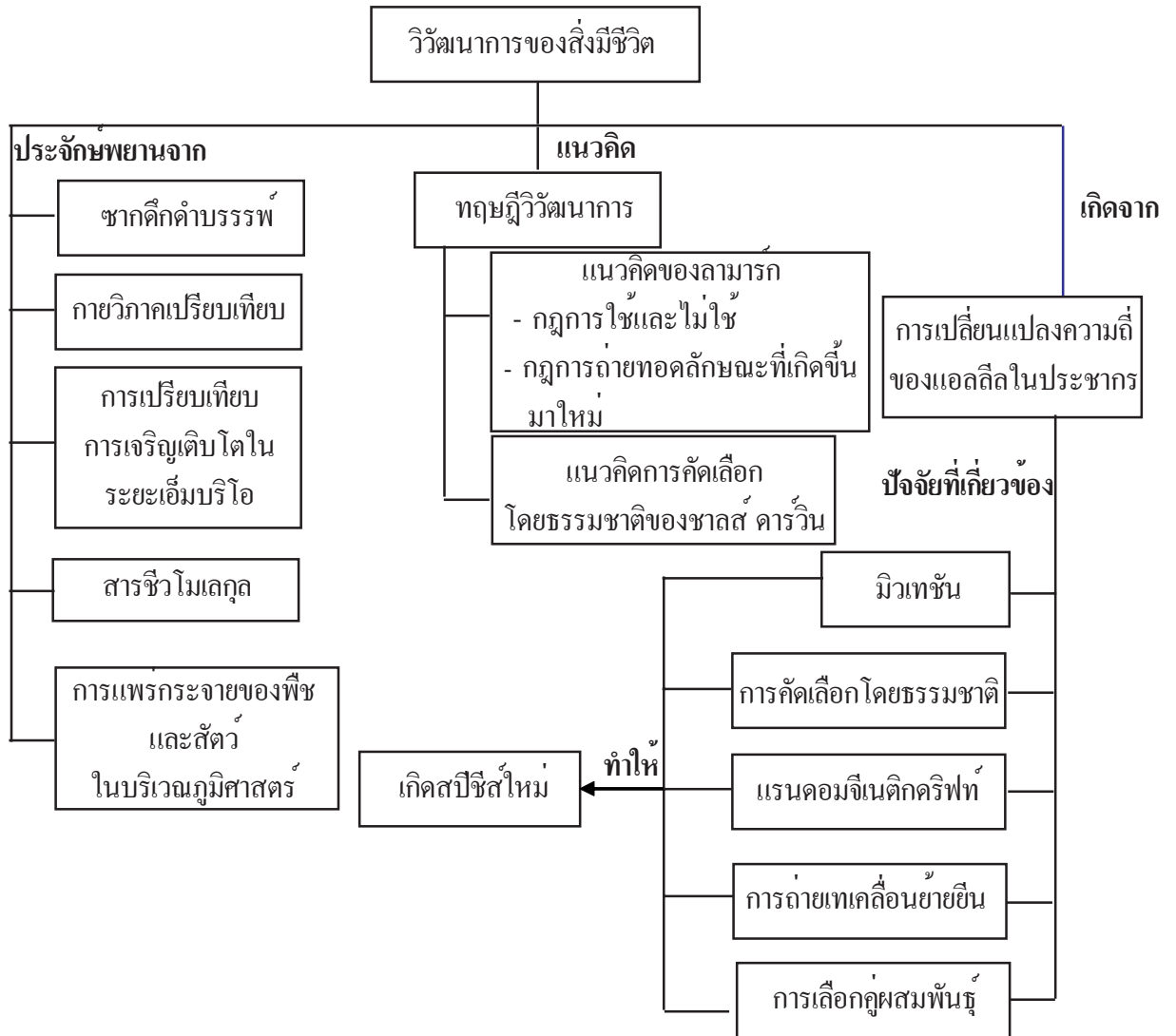
วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเกิดจากปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของยีนพูลในประชากร และทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่

การพัฒนาที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และก่อให้เกิดการสูญเสียมลพิษหลายทางชีวภาพ

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**

ผังมโนทัศน์

## หน่วยที่ 6 วิวัฒนาการ



## แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเขาสู่นายวิวัฒนาการโดยให้นักเรียนศึกษาภาพ และขอความนำหน่วยในหนังสือเรียน เพื่อเป็นประจักษ์พยานยืนยันว่า สิ่งมีชีวิตในอดีตมีการเปลี่ยนแปลงมาจนถึงปัจจุบัน

ครูตั้งคำถามนำไปสู่การอภิปรายเพื่อนำเข้าไปสู่บทเรียนต่อไปว่า มีประจักษ์พยานใดอีกบ้างที่แสดงว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตถ้าไม่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

**เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก  
ของการพัฒนา**

## วิวัฒนาการ

## เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

19.1 หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	2	ชั่วโมง
19.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	2	ชั่วโมง
19.3 พันธุศาสตร์ประชากร	2	ชั่วโมง
19.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล	2	ชั่วโมง
19.5 กำเนิดของสปีชีส์	2	ชั่วโมง
<b>รวม</b>	<b>10</b>	<b>ชั่วโมง</b>

## จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์หลักฐานต่างๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
2. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ
3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก และทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายการคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรที่อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากร
6. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต
7. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำเสนอผลกระทบจากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่อการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

## สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงมาจากสิ่งมีชีวิตในอดีตเรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่าวิวัฒนาการ มีหลักฐานและข้อมูลหลายอย่างที่สนับสนุนว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ เช่น หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ จากกายวิภาคเปรียบเทียบ จากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอ การเปรียบเทียบสารชีวโมเลกุลที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้น และการแพร่กระจายพันธุ์ของพืชและสัตว์ในบริเวณภูมิศาสตร์ต่างๆ บนพื้นโลก

นักวิทยาศาสตร์ในอดีตที่มีแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจ คือ แนวคิดของลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน

ลามาร์ก เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตโดยเสนอกฎแห่งการใช้และไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

วิวัฒนาการ

### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ชาลส์ ดาร์วิน เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตมีความแปรผันทางพันธุกรรมแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะถูกคัดเลือกให้มีโอกาสอยู่รอด และให้กำเนิดลูกหลานที่สืบทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไป ทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปทีละเล็กละน้อยจนเกิดเป็นวิวัฒนาการขึ้น

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ประชากรในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และปัจจัยที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการ ได้แก่ มิวเทชัน การคัดเลือกโดยธรรมชาติ แรนดอม-จีเนติกดริฟท์ การถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีน และการเลือกคู่ผสมพันธุ์ โดยปัจจัยดังกล่าวทำให้ยีนพูลในประชากรเปลี่ยนแปลงหรือเกิดวิวัฒนาการขึ้น และทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ขึ้น

สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันจะมีกลไกในการป้องกันการผสมพันธุ์ต่างสปีชีส์ สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่เป็นผลมาจากการแยกกันทางการสืบพันธุ์จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์ และการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตในเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน

การพัฒนาที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบันทำให้สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงและมีผลกระทบต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เช่น การสื่อสารผ่านแมลง การดื้อยาปฏิชีวนะ และก่อให้เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูภาพโครงกระดูกไดโนเสาร์ หรือข่าวเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ หรือซากดึกดำบรรพ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นหรือแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนหรืออาจนำนักเรียนไปยังแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ในท้องถิ่น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้สงสัยใคร่รู้ โดยอาจใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

สิ่งมีชีวิตในอดีตมีลักษณะอย่างไร และมีโครงสร้างใดคล้ายกับสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน

เป็นไปได้หรือไม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน จากการสังเกตภาพโครงกระดูกไดโนเสาร์หรือภาพของซากดึกดำบรรพ์ นักเรียนจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในอดีตที่แตกต่างจากสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันเรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่าวิวัฒนาการ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลายาวนานกว่าพันล้านปี ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตจำนวนมากในปัจจุบัน ครูให้นักเรียนตรวจสอบความคิดของนักเรียนจากกิจกรรมในหัวข้อต่อไป

## 19.1 หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายเพื่อวิเคราะห์หลักฐานต่างๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
2. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบทั้งในประเทศไทย และในต่างประเทศ

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า **ทราบได้อย่างไรว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ** ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระจากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบความคิดของนักเรียนจากการศึกษาหัวในข้อต่อไป

#### 19.1.1 หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต

ครูอาจนำบทความในหนังสือพิมพ์ให้นักเรียนศึกษา โดยตัวอย่างบทความอาจเป็นดังนี้

## พบซากไดโนเสาร์ที่ซ่อนแก่น ชนิดกินเนื้อเหมือนในอียิปต์

ดร.วราวุธ สุธีธร ผู้เชี่ยวชาญ ซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ เมืองไทย ผู้อำนวยการสำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(ทส.) เปิดเผยว่า ในการประชุมวิชาการครบรอบ 113 ปี แห่งการสถาปนากรมทรัพยากรธรณี เมื่อเร็วๆ นี้ ได้เสนอเรื่องการศึกษาวิจัยฟอสซิลไดโนเสาร์ในเมืองไทย ล่าสุดเพิ่งวิจัยชิ้นส่วนกระดูกไดโนเสาร์ที่ขุดค้นจากแหล่งศึกษาวิจัยใน จ.ขอนแก่น จำนวน 10 กว่าชิ้น ประกอบด้วยกระดูกสันหลังกระดูกคอที่ค่อนข้างสมบูรณ์มากและนับเป็นข่าวดีว่าชิ้นส่วนดังกล่าวเป็นไดโนเสาร์พันธุ์สยามโมซอร์สซึ่งเป็นไดโนเสาร์กินเนื้อสกุลใหม่ของไทยที่เคยเจอชิ้นส่วนฟันเมื่อหลายปีก่อนที่ภูเวียง จ.ขอนแก่น โดยการค้นพบกระดูกส่วนสันหลังครั้งนี้มีความสำคัญและน่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นกระดูกที่มีความยาว 60-80 เซนติเมตร ลักษณะเดียวกับที่เคยมีรายงานการค้นพบในอียิปต์และอเมริกา ทำให้ยืนยันว่าเป็นไดโนเสาร์พันธุ์สยามโมซอร์สอย่างแน่นอน

ดร.วราวุธกล่าวอีกว่า นอกจากนั้นเมื่อปีที่ผ่านมามีนักวิจัยนำโดย ดร.เขียวลักษณ์ ชัยมณี ได้สำรวจแหล่งเหมืองลิกไนต์แม่เมาะ จ.ลำปาง และได้เจอฟอสซิลขาข้างโบราณ อายุ 13 ล้านปี พันธุ์กอมโฟเทอเรียม (Gomphotherium) หรือช้าง 4 ขา โดยประกอบด้วย ขาบน 2 ข้าง ยาว 70 เซนติเมตร และขาล่าง 1 ข้าง ซึ่งฟอสซิลอยู่ในสภาพค่อนข้างสมบูรณ์

“อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมามีการขุดพบฟอสซิลช้างในเมืองไทยในพื้นที่ภาคเหนือกระจุกกระจายตั้งแต่ลำพูน ลำปาง พะเยา เชียงใหม่ มีหลายพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นช้างงาจบ ข้างในกลุ่มสโตตอน ซึ่งส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 12-17 ล้านปี ทั้งยังพบในเขตพื้นที่ จ.นครราชสีมา อีกหลายชนิด แต่มีอายุราว 7-9 ล้านปี ซึ่งส่วนใหญ่ฟอสซิลช้างที่พบน่าจะเป็นชนิดใหม่ๆ แต่เนื่องจากการวิจัยยังมีข้อมูลกระจุกกระจาย และข้อมูลฟอสซิลช้างชนิดใหม่ในโลกก็ยังมีมาก ดังนั้น จึงต้องมีการเปรียบเทียบความแตกต่างให้ชัดเจนก่อน” ดร.วราวุธกล่าว

ที่มา : จากหนังสือพิมพ์มติชนรายวัน วันจันทร์ที่ 17 มกราคม 2548 หน้า 8  
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

## ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

### ซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบบออะไรแก่นักเรียนได้บ้าง

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า ซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบเป็นหลักฐานที่สนับสนุนว่าในอดีตเคยมีสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ แต่ในปัจจุบันอาจสูญพันธุ์ไปหรืออาจมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป

จากนั้นให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดซากดึกดำบรรพ์ และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

### ซากดึกดำบรรพ์เกิดขึ้นได้อย่างไร

### ซากดึกดำบรรพ์มีรูปแบบอะไรบ้าง

จากการสืบค้นและอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่าซากดึกดำบรรพ์คือ ซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่ตายไปแล้วอาจจมอยู่ในน้ำและมีโคลนหรือตะกอนทับถมอย่างรวดเร็วทำให้แร่ธาตุในน้ำซึมเข้าสู่กระดูกและฟัน หรือเนื้อเยื่อพืชจนเกิดเป็นซากดึกดำบรรพ์ซากดึกดำบรรพ์อาจปรากฏอยู่ได้หลายลักษณะโดยยกตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ที่พบในประเทศไทย เช่น โครงกระดูกไดโนเสาร์ที่ขุดพบในจังหวัดกาฬสินธุ์ รอยเท้าไดโนเสาร์ที่ภูหลวง จังหวัดเลย ไม่กลายเป็นหินที่จังหวัดนครราชสีมา สุสานหอย 75 ล้านปีที่จังหวัดกระบี่ แมลงในอำพัน ภาพรอยพิมพ์ของโครงกระดูกปลา หรือภาพรอยพิมพ์ใบไม้ เป็นต้น และซากดึกดำบรรพ์เป็นร่องรอยที่แสดงประวัติศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตเป็นประจักษ์พยานว่า สิ่งมีชีวิตนี้เคยมีมาตั้งแต่ในอดีตจนกระทั่งกลายเป็นสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนได้ว่า ซากดึกดำบรรพ์เกิดได้เฉพาะบางบริเวณเท่านั้น เช่น บริเวณที่เป็นหินตะกอน หรือบริเวณแหล่งน้ำมัน หรือบริเวณน้ำแข็งแถบขั้วโลก เป็นต้น การเกิดซากดึกดำบรรพ์เกิดจากแร่ธาตุบางอย่างแทรกเข้าไปในซากสิ่งมีชีวิต หรือเป็นรอยพิมพ์ของซากสิ่งมีชีวิตโดยซากนั้นเป็นเพียงแม่แบบ หรือเบ้าหลอมเท่านั้นขณะที่ตัวของซากสิ่งมีชีวิตเองจะสลายไปในที่สุด

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพซากดึกดำบรรพ์ในหินชั้นต่างๆ จากภาพที่ 19-2 และตอบคำถามจากภาพ และคำถามเพิ่มเติมซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

■ ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในชั้นหินใดที่มีอายุมากที่สุด เพราะเหตุใด

✎ หินชั้นที่ 1 เนื่องจากเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงจะถูกตะกอนทับถมเกิดเป็นชั้นของหินตะกอน ดังนั้นซากสิ่งมีชีวิตที่ตายลงก่อนจึงถูกทับถมในหินตะกอนชั้นล่างสุด

■ เมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนของโครงสร้างซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินชั้นล่างกับชั้นบนมีโครงสร้างซับซ้อนแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

✎ จากภาพโครงสร้างซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินชั้นล่างจะมีความซับซ้อนน้อยกว่า โครงสร้างซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินชั้นบน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในระยะแรกๆ เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างซับซ้อนน้อยกว่า และสิ่งมีชีวิตที่พบในหินชั้นบนจะมีลักษณะใกล้เคียงกับสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันมากกว่า

■ นักเรียนคิดว่าระหว่างสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีโอกาสเกิดซากดึกดำบรรพ์แตกต่างกันอย่างไร

✎ สัตว์มีกระดูกสันหลังมีโอกาสเกิดซากดึกดำบรรพ์ได้มากกว่าเนื่องจากมีโครงกระดูกที่ถุกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ยากกว่า

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

วัดพัฒนาการ



ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

■ หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์บอกอะไรแก่เราบ้าง

- ✎ หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์บ่งบอกได้ว่าสิ่งมีชีวิตนี้เคยมีมาในอดีต แสดงลำดับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและบ่งชี้ให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

ถ้าเจอซากดึกดำบรรพ์ในชั้นหิน นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่า ซากดึกดำบรรพ์นั้นมีอายุกี่ปี

- ✎ สามารถประมาณอายุของซากดึกดำบรรพ์จากอายุของชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์นั้น โดยการเปรียบเทียบปริมาณสารกัมมันตรังสีกับปริมาณของธาตุที่เกิดจากการสลายของสารกัมมันตรังสีนั้น

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนด้วยการที่ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินชั้นบน ซึ่งมีอายุน้อย มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินชั้นล่างซึ่งเป็นชั้นที่มีอายุน้อยกว่า แสดงให้เห็นถึงการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อให้ทำหน้าที่ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยโครงสร้างนั้นอาจซับซ้อนมากขึ้น หรือลดความซับซ้อนลงก็ได้

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพแสดงลำดับวิวัฒนาการของม้าจากอดีตจนถึงปัจจุบันโดยใช้หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของม้าที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ และตอบคำถามโดยอาจมีแนวการตอบดังนี้

■ จากภาพแสดงวิวัฒนาการของม้า มีลักษณะใดบ้างที่เปลี่ยนแปลงไปและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใช้เวลานานเท่าใด

- ✎ ขาของม้าในยุคแรก ๆ มีนิ้วเท้า ต่อมานิ้วเท้าลดจำนวนลง แต่มีนิ้วกลางที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ปลายนิ้วพัฒนาเป็นกีบและมีขายาวขึ้น แสดงว่ามีขนาดโตขึ้นซึ่งสามารถคาดคะเนความสูงของม้าในยุคต่างๆ ได้ดังแสดงในภาพที่ 19-3 และการเปลี่ยนแปลงแต่ละขั้นที่เกิดขึ้นใช้เวลานานดังนี้

ชนิดของม้า	ยุค	เวลาที่ผ่านมา
Eohippus	อีโอซิน	16 ล้านปี
Mesohippus	โอลิโกซีน	13 ล้านปี
Merychippus	ไมโอซีน	18 ล้านปี
Pliohippus	พลีโอซีน	4.5 ล้านปี
Equus	พาสโตซีน-ปัจจุบัน	2.5 ล้านปี - 0.01 ล้านปี

ครูควรให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนด้วยการในการคาดคะเนลักษณะของสิ่งมีชีวิตในอดีตนั้น นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ร่องรอย สภาพแวดล้อมของโลกในยุคนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับหน้าที่ ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต เป็นต้น มาประกอบกับข้อมูลของซากดึกดำบรรพ์จึงสามารถคาดคะเนลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นได้

จากนั้นควรให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะเพื่อสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตที่ค้นพบทั้งในประเทศไทยหรือในต่างประเทศ

ในสาระการเรียนรู้การดำรงชีวิตและการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก



## กิจกรรมเสนอแนะ ชาคดิกคำบรรพของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับชาคดิกคำบรรพที่ค้นพบทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศ
2. อภิปรายสรุปความสำคัญเกี่ยวกับชาคดิกคำบรรพที่นำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
3. นำเสนอข้อมูลในชั้นเรียนหรือจัดทำเป็นป้ายนิเทศ

ครูควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับชาคดิกคำบรรพที่ค้นพบทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยชาคดิกคำบรรพนั้น ควรมีความหลากหลายและมาจากแหล่งค้นพบต่างๆ ตามความสนใจของนักเรียนแต่ไม่ควรซ้ำกัน และให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ชาคดิกคำบรรพที่นักเรียนศึกษามีลักษณะใกล้เคียงกับสิ่งมีชีวิตกลุ่มใด เพราะเหตุใดจึงจัดอยู่ในกลุ่มของสิ่งมีชีวิตดังกล่าว
2. ชาคดิกคำบรรพที่นักเรียนศึกษามีลักษณะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตในกลุ่มที่กล่าวข้างต้นอย่างไร
3. ชาคดิกคำบรรพนี้สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการได้อย่างไร

ครูอาจแนะนำแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถไปสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับชาคดิกคำบรรพ ดังนี้ พิพิธภัณฑ์ภูมูชาว พิพิธภัณฑ์ไดโนเสาร์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ และ พิพิธภัณฑ์ทรัพยากรธรณี ถนนพระราม 6 จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นต้น หรืออาจสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ต่อไปนี้ เช่น

<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/educators/index.html>


<http://www.talkorigins.org/origins/faqs-evolution.html>

<http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072385790/>

หลังจากการอภิปรายควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมมานำเสนอในชั้นเรียนเพื่ออภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กัน หรือจัดทำเป็นป้ายนิเทศ

ครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

การศึกษาชาคดิกคำบรรพเพียงอย่างเดียว สามารถสนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการได้หรือไม่อย่างไร

 หลักฐานจากชาคดิกคำบรรพเพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการ เพราะชาคดิกคำบรรพที่ค้นพบมักไม่ครบสมบูรณ์ หรืออาจถูกทำลายจากปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากฝีมือของมนุษย์

ครูอาจชี้แจงเพิ่มเติมว่า ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงต้องมีหลักฐานจากประจักษ์พยานอื่น ๆ อีกที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

### 19.1.2 หลักฐานจากกายวิภาคเปรียบเทียบ

ครูอาจให้นักเรียนพิจารณาหลักฐานจากกายวิภาคเปรียบเทียบจากภาพที่ 19-4 โดยแนะนำให้ นักเรียนเปรียบเทียบกระดูกแต่ละช่วงของรยางค์หน้าให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถาม ในหนังสือเรียนและคำถามเพิ่มเติมดังนี้

รยางค์หน้าของสัตว์ต่าง ๆ นี้มีหน้าที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

- ✎ มีหน้าที่แตกต่างกัน ถ้าอาศัยอยู่ในน้ำจะใช้ในการว่ายน้ำ เช่น รยางค์หน้าของวาฬ หรือใช้ในการบินเมื่ออยู่ในอากาศ เช่น ปีกนก ปีกค้างคาว หรือใช้พาดตัวเดินบน พื้นดิน เช่น ขาหน้าของชาลามานเดอร์ และจระเข้ หรือใช้ขุดดิน เช่น ขาหน้าตุ่น หรือใช้หยิบจับสิ่งของ เช่น แขนคน เป็นต้น
- โครงสร้างของรยางค์หน้าของสัตว์เหล่านี้มีความคล้ายคลึงกันอย่างไร
- ✎ โครงสร้างของรยางค์หน้าของสัตว์เหล่านี้มีลักษณะรูปร่างของกระดูกและจำนวน กระดูกที่คล้ายคลึงกัน
- นักเรียนคิดว่าความคล้ายคลึงกันเช่นนี้จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการหรือไม่ อย่างไร
- ✎ ความคล้ายคลึงกันของรยางค์หน้านี้สนับสนุนความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทาง วิวัฒนาการได้ถึงแม้ว่ารยางค์นั้นจะมีหน้าที่ที่แตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากต้องใช้โครงสร้าง นี้ในการดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาและอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรจะสรุปได้ว่าโครงสร้างของรยางค์หน้าของ สัตว์ต่าง ๆ นี้มีองค์ประกอบของโครงกระดูกแต่ละช่วงคล้ายคลึงกัน แต่อาจเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด เพื่อให้สัมพันธ์กับการทำหน้าที่ที่แตกต่างกันในการดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจึงเป็น หลักฐานสนับสนุนว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังเหล่านี้มีวิวัฒนาการมาจาก บรรพบุรุษเดียวกัน และสิ่งมีชีวิต ที่มีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการควรมีโครงสร้างของรยางค์แบบฮอมอโลกัส

### 19.1.3 หลักฐานจากคัพภะวิทยาเปรียบเทียบ

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาภาพแสดงการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสัน หลังในภาพที่ 19-5 โดยแนะนำให้ นักเรียนพิจารณาเปรียบเทียบช่องเหงือก และหางของเอ็มบริโอ ของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ ในระยะต้น ระยะกลาง และระยะปลาย จากนั้นให้นักเรียนร่วมกัน อภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามในหนังสือเรียน และคำถามเพิ่มเติมดังนี้

สัตว์ต่าง ๆ เหล่านี้มีระยะการพัฒนาของเอ็มบริโอที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

- ✎ มีระยะเอ็มบริโอที่เหมือนกันในระยะต้น ขณะที่ระยะกลางและระยะปลายเริ่มมีความ แตกต่างกัน

ถ้าพิจารณาเฉพาะรูปร่างลักษณะในระยะเอ็มบริโอ นักเรียนคิดว่าสัตว์ต่าง ๆ เหล่านี้น่าจะมี ความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการหรือไม่อย่างไร

- ✎ สัตว์ที่มีระยะเอ็มบริโอที่เหมือนกันมาก น่าจะมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการ มากกว่าสัตว์ที่มีระยะเอ็มบริโอที่แตกต่างกัน

ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

- การเจริญเติบโตในระยะใดที่มีความคล้ายคลึงกันมาก เพราะเหตุใด
- ✎ การเจริญเติบโตในระยะต้นเนื่องจากมีช่องเหงือกและหางที่เหมือนกัน
- การเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของคนคล้ายคลึงกับสิ่งมีชีวิตใดมากที่สุด
- ✎ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
- จากภาพนี้บอกอะไรแก่เราได้บ้าง
- ✎ การเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น โดยการเจริญเติบโตในระยะต้นของสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีช่องเหงือกและหางเหมือนกันแต่เมื่อเจริญเติบโตในระยะกลางและระยะปลายจะเห็นได้ว่าช่องเหงือกจะยังมีอยู่ในปลาและซาลาแมนเดอร์ แต่ในสัตว์อื่นจะปรับเปลี่ยนไปในระหว่างการเจริญเติบโต ขณะที่หางยังคงปรากฏอยู่ในสัตว์หลายชนิดยกเว้นคน

จากการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่าความคล้ายคลึงกันของการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอนี้อาจเป็นไปได้ว่า สัตว์มีกระดูกสันหลังเหล่านี้ต่างมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน แต่การปรับเปลี่ยนรูปร่างที่เกิดขึ้นในระยะตัวเต็มวัยนั้นเป็นผลมาจากการเกิดวิวัฒนาการ เพื่อให้เหมาะสมในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั่นเอง

#### 19.1.4 หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

ครูอาจทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

สารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตคือสารใด

✎ DNA

DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดหรือไม่ อย่างไร

✎ DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ ยกเว้นไวรัสบางชนิดมี RNA

สิ่งมีชีวิตมีกลไกการสังเคราะห์ DNA RNA และโปรตีนเหมือนกันหรือไม่อย่างไร

✎ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีกลไกการสังเคราะห์ DNA RNA และโปรตีนแบบเดียวกัน โดยใช้รหัสพันธุกรรมในการสังเคราะห์โปรตีนแบบเดียวกัน

จากนั้นให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายหลักฐานทางชีววิทยาระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสนับสนุนความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการจากตัวอย่างการเปรียบเทียบลำดับของกรดอะมิโน 146 โมเลกุลในฮีโมโกลบินระหว่างคน กับลิงริชส์ หนู ไก่ กบและปลาปากกลม ในตารางที่ 19.1 จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามในหนังสือเรียนและคำถามเพิ่มเติม โดยมีแนวการตอบดังนี้

- จากตารางนักเรียนจะอธิบายความใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ กับคนได้อย่างไร
- ✎ คนมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการกับลิงริชส์มากกว่าหนู ไก่ กบ และปลาปากกลมเนื่องจากมีจำนวนกรดอะมิโนในฮีโมโกลบินแตกต่างจากลิงริชส์น้อยกว่าสิ่งมีชีวิตอื่น

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

นักเรียนคิดว่าการศึกษาวิวัฒนาการจากหลักฐานชีววิทยาระดับโมเลกุลมีข้อได้เปรียบกว่าการศึกษาจากหลักฐานอื่น ๆ อย่างไร

- ✎ สามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการระหว่างสิ่งมีชีวิตได้จากความแตกต่างของจำนวนกรดอะมิโน หรือลำดับเบส นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างกลุ่มกัน เช่น ระหว่างสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งไม่สามารถศึกษาความสัมพันธ์จากกายวิภาคเปรียบเทียบได้

จากการอภิปรายและตอบคำถามนักเรียนควรสรุปได้ว่า หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุลเป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้มากที่สุดของวิวัฒนาการ เป็นหลักฐานสำคัญที่ใช้สนับสนุนหลักฐานทางด้านอื่น ๆ และสามารถศึกษาข้ามกลุ่มของสิ่งมีชีวิตได้

#### 19.1.5 หลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาภาพการแพร่กระจายของนกฟินช์ในหมู่เกาะกาลาปากอส ในภาพที่ 19-6 แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างคำถามและมีแนวคำตอบดังนี้

นกฟินช์ในหมู่เกาะกาลาปากอสมีความคล้ายคลึงกับนกฟินช์ในหมู่เกาะอื่นที่อยู่ห่างไกลหรือคล้ายคลึงกับนกฟินช์ในแผ่นดินใหญ่ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน

- ✎ นกฟินช์ในหมู่เกาะกาลาปากอสมีความคล้ายคลึงกับนกฟินช์ในแผ่นดินใหญ่ในบริเวณใกล้เคียงกันมากกว่า เนื่องจากนกฟินช์ได้แพร่กระจายไปจากแผ่นดินใหญ่นั้นเอง

ทำไมนกฟินช์ในหมู่เกาะกาลาปากอสจึงมีความแตกต่างกัน

- ✎ เนื่องจากนกฟินช์ดำรงชีวิตอยู่ตามเกาะต่าง ๆ ที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทำให้ลักษณะที่สอดคล้องเหมาะสมกับการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมนั้นมีโอกาสอยู่รอดและสืบทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไป ทำให้นกฟินช์มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากการอภิปรายและตอบคำถาม นักเรียนควรสรุปได้ว่า หลักฐานจากการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในบริเวณต่าง ๆ บนพื้นโลกนี้เป็นหลักฐานที่สนับสนุนว่าสิ่งมีชีวิตที่มีบรรพบุรุษร่วมกันอาจมีการอพยพแพร่กระจายไปอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน และต่างมีวิวัฒนาการปรับเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ นั่นคือสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการเกิดขึ้นนั่นเอง

เมื่อนักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายจนจบหัวข้อแล้ว ควรมีการสรุปความสำคัญที่ได้จากเนื้อหาเพื่อรวบรวมความคิดของนักเรียนให้ยอมรับประจักษ์พยานต่าง ๆ ที่สนับสนุนว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาซากดึกดำบรรพ์จะช่วยให้ทราบถึงช่วงเวลาโดยประมาณที่สิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ปรากฏขึ้นในโลกได้เห็นรูปร่างลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ในอดีต ซึ่งอาจสืบสาวว่ามีการเปลี่ยนแปลงมาอย่างไรจนถึงปัจจุบัน แต่ช่วงเวลาและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจตรงหรือไม่ตรงตามความเป็นจริงก็ได้ ทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัดในแง่ของความสมบูรณ์ของซากดึกดำบรรพ์ที่ปรากฏ หรือสิ่งมีชีวิตนั้นอาจเกิดมาก่อนช่วงเวลาในอดีต แต่ไม่พบซากดึกดำบรรพ์หรือไม่เกิดซากดึกดำบรรพ์

2. การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของโครงสร้างของสัตว์บางกลุ่มทำให้มองเห็นความสัมพันธ์

ไขเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
ของบรรพบุรุษในอดีตได้

3. การเจริญในระยต่าง ๆ ของเอ็มบริโอและการปรากฏของอวัยวะบางอย่างในระยะเอ็มบริโอที่คล้ายกับอวัยวะในตัวเต็มวัยของสัตว์บางพวก หรือการมีอวัยวะบางอย่างหลงเหลืออยู่แต่ไม่ได้ทำหน้าที่แล้วนั้น ช่วยแนะว่า สิ่งมีชีวิตนั้น ๆ อาจมีบรรพบุรุษร่วมกันในอดีต

4. การศึกษาทางชีวโมเลกุลทำให้ทราบว่าสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มี DNA เป็นสารพันธุกรรมและมีกลไกการสังเคราะห์ DNA RNA และโปรตีนแบบเดียวกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบลำดับของกรดอะมิโน หรือลำดับของนิวคลีโอไทด์จะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการ

สรุปได้ว่าหลักฐานต่าง ๆ ที่นำมากล่าวอ้างนี้มีเหตุผลพอที่จะสนับสนุนว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ ซึ่งความคิดในเรื่องที่ว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต เมื่อมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม

จากหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น ครูควรถามนำเข้าสู่หัวข้อต่อไปว่า นักวิทยาศาสตร์ในอดีตมีแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการอย่างไร และในปัจจุบันมีแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการอย่างไร

## 19.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

**จุดประสงค์การเรียนรู้** เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายและยกตัวอย่างกฎการใช่และไม่ใช่ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่ของลามาร์ก
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายและยกตัวอย่างทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน
3. อภิปรายเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน

**แนวการจัดการเรียนรู้**

ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยพูดคุยกับนักเรียนว่าประจักษ์พยานจากหลักฐานต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้ทราบว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลง หรือเกิดวิวัฒนาการ ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบเกี่ยวกับวิวัฒนาการ ซึ่งคำถามอาจเป็นดังนี้

**สิ่งมีชีวิตในอดีตมีการเปลี่ยนแปลงมาจนเป็นสิ่งมีชีวิตปัจจุบันหรือเกิดวิวัฒนาการได้อย่างไร**

ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่าคำถามของนักเรียนได้นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจมานานแล้ว แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการที่น่าสนใจ และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการนั้นเป็นอย่างไร นักเรียนจะได้ศึกษาในหัวข้อต่อไป

## 19.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก

ครูอาจให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประวัติและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน วิเคราะห์แนวคิดของลามาร์กและดาร์วินว่า มีความน่าเชื่อถือมากน้อยแค่ไหน อย่างไร แล้วอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน สำหรับตัวอย่างคำถามในหนังสือเรียน และคำถามเพิ่มเติมมีแนวการตอบดังนี้

ลามาร์กเชื่อว่าอะไรเป็นแรงผลักดันที่ทำให้สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลง

✎ สภาพแวดล้อมเป็นแรงผลักดันทำให้สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลง

นักเรียนยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตเพื่ออธิบายกฎการใช้และไม่ใช้ได้อย่างไร

✎ ตัวอย่างเช่น นักกีฬาวีลแชร์ใช้กล้ามเนื้อแขนในการผลักดันวีลแชร์ในการเคลื่อนที่ที่ทำให้แขนมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนกรณีคนไขที่ได้รับอุบัติเหตุขาหักต้องเข้าเฝือกขานานหลายเดือนหรือคนที่เป็นอัมพาตไม่สามารถขยับขาเคลื่อนไหวได้เหมือนปกติ ขาจะลีบเล็กลง

นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจากกฎการใช้และไม่ใช้สามารถถ่ายทอด

ลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

✎ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงจากกฎการใช้และไม่ใช้ ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกาย ไม่ได้เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์

■ นักเรียนจะไขแนวคิดของลามาร์กในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยีราฟที่มีลักษณะคอและขาวยาวขึ้นได้อย่างไร

✎ จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์พบว่ายีราฟในอดีตมีลักษณะคอและขาสั้น เมื่ออาหารบริเวณพื้นดินมีไม่เพียงพอทำให้ยีราฟต้องยืดคอและเขย่งขาเพื่อกินใบไม้บนต้นไม้สูงๆ อยู่เสมอ ทำให้มีคอและขาวยาวขึ้น และลักษณะดังกล่าวนี้มีการถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปทำให้ยีราฟในปัจจุบันมีลักษณะคอและขาวยาว

■ นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไรเพื่อพิสูจน์แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก

✎ ทดลองโดยตัดอวัยวะของสัตว์ที่มีช่วงอายุสั้น เช่น ตัดหางหนูแล้วปล่อยให้หนูที่ถูกตัดหางมีการผสมพันธุ์กันแล้ววัดความยาวของหางรุ่นลูกที่เกิดขึ้น แล้วตัดหางหนูในรุ่นต่อไป และปล่อยให้ผสมพันธุ์กันพร้อมทั้งวัดความยาวหางของรุ่นลูกที่เกิดขึ้นในทุกๆ รุ่น

จากการอภิปรายและตอบคำถาม นักเรียนควรสรุปได้ว่าแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์กไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการใช้และไม่ใช้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ แต่ลามาร์กเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ยอมรับว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดวิวัฒนาการขึ้น โดยสภาพแวดล้อมเป็นแรงผลักดันทำให้สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น

## 19.2.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน

ครูอาจให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลการศึกษาکنควาของชาลส์ ดาร์วินในการเดินทางไปกับเรือบีเกิลว่าดาร์วินมีแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการ โดยการคัดเลือกโดยธรรมชาติได้อย่างไร

ไขเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก



### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ซึ่งนักเรียนควรสรุปแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการใดว่าประชากรที่อาศัยอยู่ร่วมกันจะมีความแปรผันทางพันธุกรรมแตกต่างกันไป ลักษณะใดที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะถูกคัดเลือกไว้ แล้วให้กำเนิดลูกหลานต่อมาหลายชั่วรุ่น ทำให้ประชากรรุ่นหลังๆ มีลักษณะแตกต่างจากประชากรในรุ่นแรกๆ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามโดยใช้ตัวอย่างคำถามในหนังสือเรียน และคำถามเพิ่มเติมซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

**ขณะเดินทางไปกับเรือปีกลี ดาร์วินได้แนวคิดจากชาลส์ ไลแอลอย่างไร**

- ✎ โลกเกิดขึ้นมานานและมีการเปลี่ยนแปลงของชั้นหิน และเปลือกโลกอย่างค่อยเป็นค่อยไป ดังนั้นสิ่งมีชีวิตบนโลกย่อมมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดวิวัฒนาการขึ้น

**สภาพภูมิศาสตร์ของเกาะกาลาปากอสมีลักษณะอย่างไร**

- ✎ หมู่เกาะกาลาปากอสเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ทำให้เกิดเกาะใหญ่เกาะเล็กจำนวนหลายเกาะซึ่งมีสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน

**นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตบนหมู่เกาะกาลาปากอสมาจากไหน**

- ✎ อพยพมาจากแผ่นดินใหญ่ในประเทศอเมริกา

**ถ้ามีการอพยพมาจากแผ่นดินใหญ่จะสามารถอพยพมาได้อย่างไร**

- ✎ อาจอพยพมาด้วยสิ่งที่ลอยน้ำได้ เช่น ขอนไม้ หรือถูกพายุพัดพามา
- ถ้านกบินข้ามจากบรรพบุรุษเดียวกัน และสิ่งมีชีวิตไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะอพยพของนกบินจะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ✎ นกบินที่มาจากบรรพบุรุษเดียวกัน และสิ่งมีชีวิตไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะอพยพของนกบินในหมู่เกาะต่างๆ ย่อมมีจะอพยพที่เหมือนกัน
- นักเรียนจะอธิบายการเกิดนกฟินช์หลายสปีชีส์บนหมู่เกาะกาลาปากอสโดยใช้ทฤษฎีของดาร์วินได้อย่างไร
- ✎ นกฟินช์ที่อพยพมาจากแผ่นดินใหญ่ ได้ไปอาศัยอยู่ตามเกาะต่างๆ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จึงมีการปรับเปลี่ยนไปใช้ทรัพยากรในการดำรงชีวิตที่ต่างกันทำให้นกฟินช์ที่มีจะอพยพเหมาะสมกับทรัพยากรในการดำรงชีวิตในเกาะนั้นๆ มีโอกาสอยู่รอดได้ดีกว่า และมีโอกาสถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไป ทำให้นกฟินช์ในแต่ละเกาะมีลักษณะที่แตกต่างกันมากขึ้นจนกระทั่งเกิดเป็นนกฟินช์หลายๆ สปีชีส์ในปัจจุบัน
- นักเรียนคิดว่าแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วินเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
- ✎ แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วินเหมือนกันคือ เป็นวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตเพื่อให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม แต่แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์กนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากการใช้หรือไม่ใช่วัสดุหรือโครงสร้างนั้นที่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ ขณะที่แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาร์วิน ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้นั้นเป็นลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ดำรงชีวิตอยู่

**ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น**

**เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก**

วิวัฒนาการ



### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

จากการสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกัน นักเรียนควรสรุปได้ว่า นอกจากชาลส์ ดาร์วินแล้ว อัลเฟรด รัสเซล วอลเลซ ยังเป็นนักธรรมชาติวิทยาที่ได้มีแนวคิดตรงกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน โดยนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านได้มีแนวคิดแบบเดียวกันแม้ว่าจะศึกษาจากบริเวณที่แตกต่างกันก็ตาม

ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน เป็นทฤษฎีที่มีลักษณะเช่นเดียวกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป คือ มีข้อเท็จจริงที่เพียงพอจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งจากประสบการณ์ของดาร์วินเอง โดยดาร์วินได้รวบรวมหลักฐานข้อเท็จจริงจากการสังเกตสิ่งต่าง ๆ มากมาย ได้อ่านและรวบรวมความคิดของบุคคลสำคัญ ๆ ได้ตรวจสอบความคิดและประจักษ์พยานเป็นเวลานานถึง 20 ปี ดาร์วินจึงมีประสบการณ์ที่ลึกซึ้งก่อนที่จะเผยแพร่ความคิดของเขา ดังนั้นความรอบคอบและความระมัดระวังของดาร์วินเช่นนี้ทำให้ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วินเป็นที่ยอมรับอยู่จนถึงปัจจุบัน ถึงแม้ว่าจะมีการวิจารณ์อย่างมากของคนในยุคนั้น นักเรียนจะเห็นได้ว่านักวิทยาศาสตร์ นอกจากจะมีผลงานที่ดีและเป็นที่ยอมรับของบุคคลทั่วไปแล้ว วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เช่น ความอดทน ความรอบคอบ ความมีเหตุผล เหล่านี้เป็นส่วนประกอบที่สมบูรณ์ของนักวิทยาศาสตร์อีกด้วย

จากการศึกษาของชาลส์ ดาร์วิน วิวัฒนาการเป็นการคัดเลือกที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ซึ่งเป็นลักษณะค่อยเป็นค่อยไปตามสภาพแวดล้อม ซึ่งใช้ระยะเวลาหลายชั่วรุ่น แต่มนุษย์ได้มีการคัดเลือกสิ่งมีชีวิต ให้มีลักษณะตามความต้องการของมนุษย์ เช่น การปรับปรุงพันธุ์ของกะหล่ำปาในภาพที่ 19-13 จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกันโดยใช้ตัวอย่างคำถามเพิ่มเติม และอาจมีแนวการตอบดังนี้

**กะหล่ำพันธุ์ใหม่ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากกะหล่ำปาหรือไม่อย่างไร**

✎ มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของขนาดลำต้น ใบ และดอก จากกะหล่ำปาเป็นกะหล่ำพันธุ์ใหม่ ๆ เช่น กะหล่ำดอก กะหล่ำ น้ำ กะหล่ำปลี บรอกคอลลี กะหล่ำปม เป็นต้น

**การคัดเลือกพันธุ์โดยมนุษย์เหมือนหรือแตกต่างจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติอย่างไร**

✎ การคัดเลือกพันธุ์โดยมนุษย์และการคัดเลือกโดยธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงแต่การคัดเลือกพันธุ์โดยมนุษย์เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสิ่งมีชีวิตตามความต้องการของมนุษย์ และทำให้สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงในเวลาไม่ก็รุ่น แต่การคัดเลือกโดยธรรมชาติเป็นการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงเวลาหลายชั่วรุ่น

ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างเกี่ยวกับการคัดเลือกพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตอื่นในท้องถิ่นของนักเรียนเพิ่มเติม เช่น การคัดเลือกพันธุ์ข้าว ข้าวโพด การคัดเลือกพันธุ์ไก่ และการคัดเลือกพันธุ์ปลาตะเพียน เป็นต้น ดังตัวอย่าง

**การคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเทียนพันธุ์สุโขทัย 1**

ข้าวโพดเทียนเป็นข้าวโพดฝักสดที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากชนิดหนึ่ง พันธุ์ที่เกษตรกรปลูกเป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เกษตรกรเก็บเมล็ดพันธุ์เอง และใช้ปลูกต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน ทำให้ลักษณะต่าง ๆ มีความแปรปรวนสูง ผลผลิตที่ได้ไม่มีคุณภาพ จึงได้มีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเทียนให้มีลักษณะทางการเกษตรดี ผลผลิตสูง และคุณภาพดี

ข้าวโพดเทียนพันธุ์สุโขทัย 1 ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเทียนพันธุ์ T-033 ซึ่งรวบรวมจากจังหวัดเชียงใหม่ ในปี 2526 เริ่มดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ในฤดูฝน ปี 2531 ที่สถานีทดลองพืชไร่

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
ศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย โดยปลูกและคัดเลือกคนที่มีลักษณะดี ทำการผสมตัวเอง 1 ครั้ง นำฝักที่ได้มา  
ปลูกผสมข้ามกันอย่างอิสระ และทำการคัดเลือกหมู่ประยุกต์ เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของ ลักษณะต่าง  
ๆ เช่น ความสูงต้น ความสูงของตำแหน่ง ฝัก ขนาดฝัก และฝักที่มีเมล็ดสีขาว

ลักษณะเด่นของชาวโพดเทียนพันธุ์สุโขทัย 1 คือให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง น้ำหนักฝักทั้ง  
เปลือกของฝักทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง มีคุณภาพในการบริโภคดีกว่าพันธุ์พื้นเมือง คือ  
มีรสชาติหวาน เล็กนอย ความนุ่มเหนียวดี ไม่ติดฟัน และมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน  
สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ มีการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และให้ผลผลิตสูง  
มีรสชาติดีกว่าพันธุ์พื้นเมือง

ที่มา : <http://www.doa.go.th/germplasm/rai2.htm>

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการสังเคราะห์ในการอธิบายกลไก  
การเกิดวิวัฒนาการโดยให้นักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างคำถามเพิ่มเติมดังนี้

เพราะเหตุใดแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาร์วินจึงไม่สามารถอธิบายกลไกการเกิด  
วิวัฒนาการได้

✎ ดาร์วินไม่สามารถอธิบายได้ว่าความแปรผันทางพันธุกรรมของประชากรเกิดขึ้นได้อย่างไร

ทฤษฎีวิวัฒนาการสังเคราะห์อธิบายกลไกการเกิดวิวัฒนาการได้อย่างไร

✎ ทฤษฎีวิวัฒนาการสังเคราะห์เน้นความสำคัญของประชากรซึ่งเป็นหน่วยของวิวัฒนาการ  
โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวในประชากรเดียวกันมีความแปรผันแตกต่างกัน ลักษณะทาง  
พันธุกรรมใดที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ และ  
ถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไป ทำให้เกิดวิวัฒนาการขึ้น

จากนั้นให้นักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ประชากรว่าเกี่ยวข้องกับกลไกการเกิด  
วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

### 19.3 พันธุศาสตร์ประชากร

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
2. คำนวณหาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรที่อยู่ในภาวะสมดุล  
ของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
3. คำนวณและประยุกต์ใช้ทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

#### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความหมายของ  
ประชากรที่เคยได้เรียนมาแล้ว ให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความหมายของประชากรในแง่  
วิวัฒนาการ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาทางพันธุศาสตร์ประชากรโดยให้นักเรียน  
ไขเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

อภิปรายสรุปร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างคำถามเพิ่มเติมและมีแนวการตอบดังนี้

**พันธุศาสตร์ประชากรเป็นการศึกษาเกี่ยวกับอะไรและเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการอย่างไร**

✎ พันธุศาสตร์ประชากรเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนหรือแอลลีล และการเปลี่ยนแปลงความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากร และปัจจัยที่ทำให้ความถี่ของแอลลีลเปลี่ยนแปลง นั่นคือเกิดวิวัฒนาการนั่นเอง

**ยีนพูลของประชากรหมายถึงอะไร**

✎ ยีนพูลของประชากร คือยีนทั้งหมดที่มีอยู่ในประชากรซึ่งประกอบด้วยแอลลีลทุกแอลลีลของสมาชิกทุกตัวในประชากร

จากการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนควรสรุปได้ว่าวิวัฒนาการเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับกลุ่มประชากรไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสมาชิกแต่ละตัวในประชากรนั้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะใหม่ที่เกิดขึ้นในประชากรจะทำให้เกิดวิวัฒนาการได้นั้นต้องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร

จากนั้นครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่าเราจะศึกษาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรได้อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนได้สืบค้นต่อไปในหัวข้อที่ 19.3.1

### 19.3.1 การหาความถี่ของแอลลีลในประชากร

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาการหาความถี่ของจีโนไทป์และความถี่ของแอลลีลในประชากรจากตัวอย่างของประชากรไม้ดอกในภาพที่ 19-15

ความถี่ของจีโนไทป์ คือ ปริมาณจีโนไทป์ชนิดต่าง ๆ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนหรือร้อยละต่อปริมาณจีโนไทป์ทั้งหมดของยีนในตำแหน่งเดียวกันในประชากร

เช่น ในการศึกษาลักษณะสีดอกของประชากรไม้ดอกที่ถูกควบคุมโดยยีน 2 แอลลีล คือ R ควบคุมลักษณะดอกสีแดง และ r ควบคุมลักษณะดอกสีขาว ในประชากรไม้ดอก 1,000 ต้น มีจีโนไทป์ดังนี้

$$\begin{array}{lll} RR = 640 & Rr = 320 \text{ ต้น} & rr = 40 \text{ ต้น} \\ \text{ความถี่ของจีโนไทป์} & \text{สามารถคำนวณได้ดังนี้} & \\ \text{ความถี่ของจีโนไทป์ } RR & = \frac{\text{จำนวนจีโนไทป์ } RR}{\text{จำนวนจีโนไทป์ทั้งหมด}} = \frac{640}{1,000} = 0.64 \\ \text{ความถี่ของจีโนไทป์ } Rr & = \frac{\text{จำนวนจีโนไทป์ } Rr}{\text{จำนวนจีโนไทป์ทั้งหมด}} = \frac{320}{1,000} = 0.32 \\ \text{ความถี่ของจีโนไทป์ } rr & = \frac{\text{จำนวนจีโนไทป์ } rr}{\text{จำนวนจีโนไทป์ทั้งหมด}} = \frac{40}{1,000} = 0.04 \end{array}$$

ความถี่ของแอลลีล คือ ปริมาณของแอลลีลชนิดต่าง ๆ เมื่อคิดเป็นสัดส่วน หรือร้อยละต่อจำนวนแอลลีลทั้งหมดของยีนตำแหน่งเดียวกันในประชากร ในกรณีที่ทราบปริมาณจีโนไทป์ชนิดต่าง ๆ ในประชากรสามารถคำนวณหาความถี่ของแอลลีลแต่ละชนิดได้ จากตัวอย่างของประชากร

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
ไม้ดอกที่กล่าวข้างต้น สามารถคำนวณหาความถี่ของแอลลีล R และ r ได้ดังนี้

จำนวนแอลลีลทั้งหมด =  $1,000 \times 2 = 2,000$  แอลลีล

จำนวนจีโนไทป์ RR 640 ต้น จะมีแอลลีล R =  $640 \times 2 = 1,280$  แอลลีล

จำนวนจีโนไทป์ Rr 320 ต้น จะมีแอลลีล R = 320 แอลลีล และแอลลีล r = 320 แอลลีล

จำนวนจีโนไทป์ rr 40 ต้น จะมีแอลลีล r =  $40 \times 2 = 80$  แอลลีล

ความถี่ของแอลลีลสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ความถี่ของแอลลีล R} = \frac{\text{จำนวนแอลลีล R}}{\text{จำนวนแอลลีลทั้งหมด}} = \frac{1,280 + 320}{2,000} = 0.8$$

$$\text{ความถี่ของแอลลีล r} = \frac{\text{จำนวนแอลลีล r}}{\text{จำนวนแอลลีลทั้งหมด}} = \frac{320 + 80}{2,000} = 0.2$$

ครูอาจให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ต่อไปว่า ถ้าประชากรของไม้ดอกกลุ่มนี้มีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่า ๆ กัน ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรรุ่นต่อไปควรเป็นอย่างไร จากนั้นครูอาจให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ในหัวข้อ 19.3.2

### 19.3.2 ทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กจากตัวอย่างของประชากรไม้ดอกในภาพที่ 19-16 จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า ถาสมาชิกทุกต้นในประชากรไม้ดอกมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่า ๆ กัน ดังนั้นเมื่อมีการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรือเพศเมียที่มีความถี่ของแอลลีล R หรือ r ซึ่งมีความถี่ของแอลลีลเหมือนประชากรในรุ่นพ่อแม่ ดังนั้นประชากรไม้ดอกในรุ่นลูกจะมีความถี่ของจีโนไทป์และความถี่ของแอลลีลเหมือนประชากรไม้ดอกในรุ่นพ่อแม่ นั่นคือ เมื่อประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะถ่ายทอดพันธุกรรมไปกี่รุ่นก็ตามหรืออีกนัยหนึ่งคือไม่เกิดวิวัฒนาการ

จากนั้นควรให้นักเรียนได้ศึกษาสมการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์กจากตัวอย่างในหนังสือเรียน และนักเรียนควรสรุปได้ว่าสมการนี้สามารถนำไปใช้หาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรได้

จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างคำถามในหนังสือเรียนดังนี้

- ถ้ายีนพูลในประชากรหนึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก นักเรียนคิดว่าองค์ประกอบทางพันธุกรรมของประชากรมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ถ้ายีนพูลในประชากรเป็นไปตามทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก องค์ประกอบทางพันธุกรรมของประชากรจะคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

- นักเรียนคิดว่าในธรรมชาติความถี่ของแอลลีลในประชากรของสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ✎ ในธรรมชาติความถี่ของแอลลีลในประชากรของสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากประชากรของสิ่งมีชีวิตอาจมีการอพยพไปมาระหว่างกลุ่มประชากร มีการเลือกจับคู่ผสม

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
พันธุ์กัน มีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ หรืออาจกล่าวได้ว่าประชากรไม่อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

- ประชากรของสัตว์ชนิดหนึ่งที่อยู่อาศัยอยู่ในป่าบนเกาะขนาดเล็กกับที่อยู่อาศัยอยู่ในป่าบนเกาะขนาดใหญ่ ประชากรของสัตว์บริเวณใดที่โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรมีแนวโน้มที่จะเป็นไปตามภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
- ✎ ประชากรของสัตว์ที่อยู่อาศัยอยู่ในป่าขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรจะเป็นไปตามภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
- นักเรียนคิดว่าในธรรมชาติประชากรจะเกิดภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ไม่ได้เนื่องจากประชากรในธรรมชาติอาจไม่ได้อยู่ในเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กล่าวคือ ประชากรอาจมีขนาดเล็ก มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างกลุ่มประชากร อาจเกิดมิวเทชัน สมาชิกมีการเลือกคู่ผสมพันธุ์กัน และเกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

จากการตอบคำถามและการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนควรสรุปได้ว่าประชากรจะอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กหรือไม่เกิดวิวัฒนาการจะต้องมีเงื่อนไขคือ มีประชากรขนาดใหญ่ ไม่มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างกลุ่มประชากร ไม่เกิดมิวเทชัน สมาชิกทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่าๆ กัน และไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

### 19.3.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

ครูอาจให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลและให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัญหาของโรคทางพันธุกรรมและให้นักเรียนได้ศึกษาการนำทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กมาประยุกต์ใช้ในการหาจำนวนประชากรที่เป็นพาหะของโรคทางพันธุกรรมจากตัวอย่างของประชากรทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดหนึ่งที่มีคนเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ นักเรียนสามารถหาความถี่ของแอลลีลที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ได้จากสมการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ดังตัวอย่างในหนังสือเรียน

จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างคำถามในหนังสือเรียนดังนี้

- จากตัวอย่างความถี่ของแอลลีล A ในประชากรนี้คิดเป็นร้อยละเท่าไร
- ✎ ถ้าความถี่แอลลีล a ในประชากรมีค่าเท่ากับ 0.03 ดังนั้นความถี่ของแอลลีล A สามารถหาได้จากสมการ  $p + q = 1$  เมื่อ  $q = 0.03$  ดังนั้น  $p = 1 - 0.03$  นั่นคือความถี่แอลลีล A ในประชากรมีค่าเท่ากับ 0.97
- จากตัวอย่างประชากรในรุ่นพ่อแม่ที่เป็นพาหะของโรคมีจำนวนกี่คน
- ✎ สามารถหาความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรที่เป็นพาหะของโรคได้จาก  $2pq$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2 \times 0.97 \times 0.03 = 0.0582$  คิดเป็นจำนวนประชากรที่เป็นพาหะเท่ากับ  $0.0582 \times 10,000$  มีค่าเท่ากับ 582 คน
- ถ้าประชากรนี้อยู่ในสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก นักเรียนคิดว่าความถี่ของแอลลีลด้อยใน

**ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น**

**เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก**

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
ประชากรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างไรต่อไปอีกใน 50 รุน  
✎ มีแนวโน้มคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากนั้นให้นักเรียนฝึกคำนวณการใช้ทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กได้จากกิจกรรมที่ 19.1

### กิจกรรมที่ 19.1 การใช้ทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

**จุดประสงค์ของกิจกรรม** เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กในการคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรได้

แนวในการตอบคำถามของโจทย์ในกิจกรรมมีดังนี้

1. ในประชากรกลุ่มหนึ่งพบว่ามีการพบว่ามีประชากรหมู่เลือด Rh<sup>-</sup> อยู่ 16 % เมื่อประชากรนี้อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก จงคำนวณหาความถี่ของแอลลีลในประชากร

✎ หมู่เลือด Rh<sup>-</sup> เป็นลักษณะด้อยจึงมีความถี่ของจีโนไทป์  $q^2 = 16/100 = 0.16$

ดังนั้นความถี่ของแอลลีล q ในประชากรเท่ากับ 0.4

ขณะที่ความถี่ของแอลลีล p เท่ากับ  $1 - 0.4 = 0.6$

2. ประชากรของหนู ณ หุ่นยนต์แห่งหนึ่งอยู่ในสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก พบว่า 36% ของประชากรหนูมีสีเทาซึ่งเป็นลักษณะด้อย (aa) นอกนั้นเป็นหนูสีดำซึ่งเป็นลักษณะเด่น

2.1 จำนวนประชากรของหนูที่มีจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซกัสเป็นเท่าใด

✎ ประชากรหนูสีเทาที่มีลักษณะด้อยมีความถี่ของจีโนไทป์เท่ากับ

$$q^2 = 36/100 = 0.36 \quad \text{ดังนั้นความถี่ของแอลลีล } q \text{ ในประชากรเท่ากับ } 0.6$$

ขณะที่ความถี่ของแอลลีล p เท่ากับ  $1 - 0.6 = 0.4$

ดังนั้นสามารถหาความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรที่มีจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซกัสได้จากค่า  $2pq$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $2 \times 0.4 \times 0.6 = 0.48$  หรือคิดเป็น 48 % ของประชากรหนูทั้งหมด

2.2 ความถี่ของแอลลีล a ในยีนพูลของประชากรเป็นเท่าใด

✎ ความถี่ของแอลลีล a ในยีนพูลของประชากรเท่ากับ 0.6

2.3 ถ้าประชากรหนูมีจำนวน 500 ตัว จะมีหนูที่มีลักษณะขนสีดำที่มีจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัสกี่ตัว

✎ ประชากรหนูที่มีลักษณะขนสีดำที่มีจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัสสามารถหาได้จาก

ค่า  $p^2$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.4 \times 0.4 = 0.16$  ถ้าประชากรหนูมีจำนวน 500 ตัว จะมีหนูที่มีลักษณะขนสีดำที่มีจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัสเท่ากับ  $(16/100) \times 500 = 80$  ตัว

## 19.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล

**จุดประสงค์การเรียนรู้** เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของวิวัฒนาการระดับจุลภาค  
ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก  
วิวัฒนาการ



## 2. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ว่าทฤษฎีนี้เป็นจริงได้ต้องมีเงื่อนไขใดบ้าง ซึ่งนักเรียนควรจะนำความเข้าใจในหัวข้อ 19.3 มาตอบได้

จากนั้นครูนำไปสู่การอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

**ในธรรมชาติเงื่อนไขดังกล่าวควบคุมได้หรือไม่ เพราะเหตุใด**

**ถ้าควบคุมไม่ได้จะเกิดผลต่อความถี่ของแอลลีลในประชากรหรือไม่**

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า ในธรรมชาติไม่สามารถควบคุมเงื่อนไขดังกล่าวได้ เนื่องจากประชากรมีขนาดเล็กมีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีน อาจเกิดมิวเทชัน มีการเลือกคู่ผสมพันธุ์และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ดังนั้นความถี่ของแอลลีลของประชากรสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่า การเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากรทำให้โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรเปลี่ยนแปลงนั่นก็คือการเกิดวิวัฒนาการ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของประชากรที่ละเล็กละน้อยเรียกว่า วิวัฒนาการระดับจุลภาคที่เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่นำไปสู่การเกิดสปีชีส์ใหม่ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นก่อให้เกิดวิวัฒนาการ เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่หลากหลายสปีชีส์นำไปสู่การเกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า วิวัฒนาการระดับมหภาค

จากนั้นครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า

**มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร**

ครูอาจให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากในหนังสือเรียน ซึ่งจากการสืบค้นนักเรียนควรจะสามารถบอกได้ว่าปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้ประชากรเกิดวิวัฒนาการได้ คือ

1. แรนดอมจินตริกดิฟฟั
2. การถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีน
3. การเลือกคู่ผสมพันธุ์
4. มิวเทชัน
5. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า

**ปัจจัยดังกล่าวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากรได้อย่างไร จงยกตัวอย่าง** จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า

**1. แรนดอมจินตริกดิฟฟั** เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร จากชั่วรุ่นหนึ่งไปยังอีกชั่วรุ่นหนึ่งในประชากร เนื่องจากโอกาสของแอลลีลที่จะถูกถ่ายทอดไม่เท่ากัน ถ้าในกลุ่มประชากร แอลลีลใดมีโอกาสถ่ายทอดมากกว่าแอลลีลอื่นๆ หรือแอลลีลใดไม่มีโอกาสถ่ายทอดหรือถูกคัดทิ้งแบบบังเอิญ ทำให้ความถี่ของแอลลีลในรุ่นต่อไปเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น ในประชากรเริ่มต้นมีความถี่ของแอลลีล A และ a เท่ากับ 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ

เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก



### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ความถี่ของแอลลีล A ในประชากรรุ่นถัดไป อาจมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่มากหรือน้อยกว่าความถี่ของแอลลีล A และ a ในประชากรเริ่มต้น แรนดอมจีเนติกดริฟท์เกิดขึ้นได้กับประชากรทุกขนาด แต่เห็นชัดเจน และรวดเร็วกับประชากรขนาดเล็ก

**2. การถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีน** เป็นการเคลื่อนย้ายแอลลีลจากประชากรหนึ่งไปยังอีกประชากรหนึ่งของสปีชีส์เดียวกัน และเกิดการผสมพันธุ์ระหว่างกันขึ้น มีทั้งการเคลื่อนย้ายยีนเข้าสู่ประชากรใหม่หรือเคลื่อนย้ายออกจากประชากรเดิม การเคลื่อนย้ายยีนดังกล่าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล ถ้ามีการพายีนบางชนิดออกไปจากประชากรเดิมมากหรือมีการนำยีนบางชนิดเข้ามาสู่ประชากรเดิมมากขึ้น

ครูอาจจะยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนของแมลงที่มียีนต้านทานต่อสารฆ่าแมลง สมาชิกที่มีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เมื่อย้ายออกไปสู่ประชากรกลุ่มใหม่และผสมพันธุ์กับสมาชิกในประชากรกลุ่มใหม่ก็จะแพร่แอลลีลต้านทานสารฆ่าแมลงสู่สมาชิกในประชากรกลุ่มใหม่ที่อาศัยในภูมิประเทศอื่น ๆ

**3. การเลือกคู่ผสมพันธุ์** ในภาวะสมดุลตามทฤษฎีของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก เน้นถึงปัจจัยการผสมพันธุ์ในรูปแบบสุ่ม ซึ่งหมายถึงเพศผู้ทุกตัวและเพศเมียทุกตัวมีโอกาสเท่าๆกัน ในการจะเลือกคู่ผสมพันธุ์จึงเป็นการผสมที่ทุก ๆ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีโอกาสเท่า ๆ กันที่จะผสมกับทุก ๆ เซลล์สืบพันธุ์ของเพศเมีย ซึ่งทำให้ความถี่ของแอลลีลในรุ่นต่อไปไม่เปลี่ยนแปลง แต่การเลือกคู่ผสมพันธุ์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่แอลลีลในประชากรที่มีขนาดเล็กและไม่มี การอพยพเข้าหรือออก

**4. มิวเทชัน** เป็นการสร้างแอลลีลใหม่ที่สะสมในยีนพูลของประชากร ทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชันบางลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับธรรมชาติจะถูกคัดทิ้ง ทำให้แอลลีลบางแอลลีลไม่มีโอกาสถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไป ส่วนมิวเทชันที่มีลักษณะที่สอดคล้องกับธรรมชาติจะถูกคัดเลือกไว้และทำให้แอลลีลบางแอลลีลได้ถูกถ่ายทอดจึงมีผลต่อความถี่ของแอลลีลในประชากร

**5. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ** เป็นผลมาจากที่สิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการอยู่รอดและให้กำเนิดลูกหลานได้แตกต่างกัน อันเป็นผลเนื่องจากสิ่งมีชีวิตมีความแปรผันทางพันธุกรรม ทำให้มีลักษณะแตกต่างกันลักษณะที่แปรผันนี้ลักษณะใดที่เหมาะสมหรือสอดคล้องกับธรรมชาติก็จะอยู่รอดและเกิดลูกหลานได้ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลใน ประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้น

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนเกี่ยวกับแรนดอมจีเนติกดริฟท์มีแนวคำตอบดังนี้

- นักเรียนคิดว่าความถี่ของแอลลีล R และ r ในประชากรรุ่นที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากรุ่นที่ 1 หรือไม่อย่างไร
- ✎ ความถี่ของแอลลีล R และ r ในประชากรรุ่นที่ 1 เท่ากับ 0.7 และ 0.3  
ความถี่ของแอลลีล R และ r ในประชากรรุ่นที่ 3 เท่ากับ 1 และ 0
- จากภาพที่ 19-17 นักเรียนจะสรุปได้อย่างไร
- ✎ แอลลีล R ถูกคัดเลือกให้ถ่ายทอดไปยังรุ่นที่ 2 และที่ 3 มีมากกว่าแอลลีล r
- นักเรียนคิดว่าประชากรของไม้ดอกที่มีจำนวน 1,000 ต้น จะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับภาพที่ 19-17 หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน แต่มีโอกาสน้อยกว่าเนื่องจากมีประชากรมากกว่า
- นักเรียนคิดว่ากรณีที่แอลลีลบางแอลลีลที่หายไปจากยีนพูลจะมีผลต่อประชากรนั้นอย่างไร

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก  
วัดนาการ

### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

- ✎ ทำให้ลักษณะที่ถูกควบคุมโดยแอลลีลนั้นในประชากรหายไป ทำให้ประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้นมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ในภาพที่ 19-17 ในประชากรรุ่นที่ 3 จะไม่มีแอลลีล  $r$  ทำให้ประชากรไม้ดอกมีแต่ลักษณะดอกสีแดง
  - คำถามในหนังสือเรียนเกี่ยวกับการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนมีแนวในการตอบดังนี้
    - จากตัวอย่างประชากรไม้ดอกทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรอย่างไร
    - ✎ ประชากรมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล  $r$  ทั้งทางฝั่งด้าน A และ B
    - ปัจจุบันมนุษย์มีการอพยพเคลื่อนย้ายและการแต่งงานข้ามเชื้อชาติมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้โครงสร้างทางพันธุกรรมของมนุษย์มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
    - ✎ ทำให้มีการแพร่กระจายของแอลลีลใหม่ในยีนพูลของประชากรท้องถิ่นมีความแปรผันทางพันธุกรรมในหมู่ประชากรท้องถิ่นเพิ่มมากขึ้น
- หลังจากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 19.2

## กิจกรรมที่ 19.2 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

**จุดประสงค์ของกิจกรรม** เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปถึงการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล เนื่องจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

### กิจกรรมนี้ครูควรให้นักเรียน

1. วิเคราะห์ผลการทดลองว่าเนื่องมาจากสาเหตุใด
2. ความถี่ของแอลลีลในประชากรของผีเสื้อกลางคืน ในเมือง A และ เมือง B จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร
3. ให้นักเรียนยกตัวอย่างที่เกี่ยวกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติเพิ่มเติม

### ส่วนคำถามท้ายกิจกรรมมีแนวการตอบดังนี้

- นักเรียนจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากรผีเสื้อในเมือง A และเมือง B อย่างไร
- ✎ ในเมือง A ความถี่ของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะของสีเทาของผีเสื้อ จะเพิ่มมากขึ้น แต่ในเมือง B ความถี่ของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะสีดำของผีเสื้อจะเพิ่มมากขึ้น
- สถานการณ์นี้ธรรมชาติมีส่วนเกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลที่ทำให้เกิดการคัดเลือกชนิดพันธุ์ของผีเสื้ออย่างไร
- ✎ ในธรรมชาติผีเสื้อจะเป็นเหยื่อของนก นกจึงเกี่ยวข้องในการจับผีเสื้อเป็นอาหาร ถ้าผีเสื้อมีสีแตกต่างจากสิ่งแวดล้อมคือสีของตนไม่ ก็จะถูกล่าจับกินได้มากกว่า

### ส่วนคำถามในหนังสือเรียนจากภาพที่ 19-19 มีแนวในการตอบคำถาม ดังนี้

- เพราะเหตุใดด้กักแตนใบไม้จึงประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมนี้ และอะไรเป็นตัวคัดเลือกที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ
- ✎ ลักษณะรูปร่างและสีของด้กักแตนใบไม้กลมกลืนกับแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัย ตัวคัดเลือก

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ คือ ผู้ล่า

- นักเรียนคิดว่าถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงเป็นทุ่งหญ้า ความถี่ของแอลลิในประชากรตั๊กแตนจะยังคงเหมือนเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ความถี่ของแอลลิในประชากรของตั๊กแตนน่าจะเปลี่ยนแปลง เนื่องจากประชากรของตั๊กแตนบางส่วนจะถูกผู้ล่าจับกิน เนื่องจากลักษณะรูปร่างและสีตัวของตั๊กแตนจะเห็นได้ง่ายกว่าสภาพแวดล้อมใหม่ เมื่อประชากรถูกจับกินทำให้บางแอลลิในประชากรอาจจะถูกคัดทิ้ง

## 19.5 กำเนิดของสปีชีส์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายความหมายของสปีชีส์
2. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายกลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์
3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายการเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์และการเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน
4. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและนำเสนอผลกระทบจากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่อการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลิ ที่นำไปสู่การเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากร การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมที่ทำให้เกิดสปีชีส์ใหม่ เรียกว่า วิวัฒนาการในระดับจุลภาค

#### 19.5.1 ความหมายของสปีชีส์

ให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 19-20 แล้วตั้งคำถามว่านกในภาพมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่จัดว่าเป็นคนละสปีชีส์เพราะเหตุใด

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายโดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งนักเรียนอาจจะตอบได้ว่าคนละสปีชีส์ เพราะไม่สามารถผสมพันธุ์ให้ลูกที่มีชีวิตและไม่เป็นหมันได้ จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าแนวคิดเกี่ยวกับความหมายทางสปีชีส์ มี 2 แนวทาง คือ

1. สปีชีส์ทางด้านสัตววิทยา
2. สปีชีส์ทางด้านชีววิทยา

จากนั้นครูตั้งคำถามเพิ่มเติมให้นักเรียนอภิปรายว่า ไดโนเสาร์ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สูญพันธุ์ไปแล้ว มีผู้ศึกษาแล้วว่ามีหลายสปีชีส์ ผู้ศึกษาใช้หลักฐานใดในการจัดไดโนเสาร์ออกเป็นสปีชีส์ต่างๆ เพราะเหตุใด

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า การจัดไดโนเสาร์ออกเป็นสปีชีส์ต่าง ๆ น่าจะใช้หลักฐานทางด้านสัณฐานและโครงสร้างทางกายภาพ

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายว่า

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

วิวัฒนาการ

### ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ในธรรมชาติมีสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์อยู่รวมกันในระบบนิเวศเดียวกันเป็นจำนวนมาก เพราะเหตุใดสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จึงไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อตรวจสอบกลไกการป้องกันการผสมพันธุ์ข้ามสปีชีส์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นเพิ่มเติมเพื่อประกอบการอภิปราย

จากการสืบค้นข้อมูลและอภิปรายร่วมกัน นักเรียนควรสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันมีกลไกการป้องกันการผสมพันธุ์ข้ามสปีชีส์ได้ 2 ระดับ คือ กลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์ก่อนระยะไซโกต และกลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์หลังระยะไซโกต

กลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์ก่อนระยะไซโกต ได้แก่ สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันมีถิ่นที่อยู่อาศัยต่างกัน มีพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ต่างกัน มีช่วงเวลาในการผสมพันธุ์ต่างกัน อาจมีโครงสร้างของอวัยวะสืบพันธุ์ หรือสรีรวิทยาของเซลล์สืบพันธุ์แตกต่างกัน ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้

กลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์หลังระยะไซโกต ทำให้ลูกผสมที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยหรือสืบพันธุ์ต่อไปได้ ได้แก่ ลูกผสมตายก่อนถึงวัยเจริญพันธุ์ ลูกผสมเป็นหมัน และลูกผสมล้มเหลว เป็นต้น

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนในหัวข้อ 19.5.1 มีแนวในการตอบดังนี้

- การศึกษาเพื่อจำแนกสปีชีส์ของซากดึกดำบรรพ์ควรใช้ความหมายของสปีชีส์ตามแนวคิดใด เพราะเหตุใด
- ✎ ควรใช้ความหมายของสปีชีส์ทางด้านสัตววิทยา เนื่องจากไม่มีโอกาสที่ซากดึกดำบรรพ์จะมาผสมพันธุ์ในธรรมชาติได้
- ม้ามีโครโมโซมจำนวน 64 โครโมโซม ส่วนลามีจำนวนโครโมโซม 62 โครโมโซม นักเรียนคิดว่าล่อควรมีจำนวนโครโมโซมเท่าใด และเพราะเหตุใดล่อจึงเป็นหมัน
- ✎ ล่อเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ของม้าที่มีจำนวน 32 โครโมโซม และเซลล์สืบพันธุ์ของลาที่มีจำนวน 31 โครโมโซม ดังนั้นล่อจะมีโครโมโซม 63 โครโมโซม ล่อเป็นหมันเพราะในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โครโมโซมของม้ากับลาจะไม่มาเข้าคู่กัน ทำให้ได้เซลล์สืบพันธุ์ที่ผิดปกติ
- นอกจากล่อแล้วมีลูกผสมที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์ชนิดใดอีกบ้าง
- ✎ เช่น ไทกอน เกิดจากเสือเพศผู้ผสมกับสิงโตเพศเมีย และไลเกอร์เกิดจากสิงโตเพศผู้ผสมกับเสือเพศเมีย

### 19.5.2 การเกิดสปีชีส์ใหม่

ครูทบทวนว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของอินพุตในประชากร ทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดวิวัฒนาการเป็นสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การค้นคว้าและการอภิปรายว่า

สปีชีส์ใหม่เกิดได้อย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนได้ศึกษาภาพที่ 19-25 การเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์

เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
และภาพที่ 19-27 การเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน โดยให้นักเรียนอภิปรายสรุปร่วมกันโดย  
ใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

**เพราะเหตุใดการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์จึงทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่**

- ✎ เนื่องจากอุปสรรคที่มาขวางกั้นทำให้ประชากรที่เคยอาศัยอยู่ในพื้นที่เดียวกันไม่สามารถ  
ถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างประชากรได้ จนกระทั่งมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทาง  
พันธุกรรมไปตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่จนกระทั่งเกิดวิวัฒนาการเป็นสิ่งมีชีวิตต่าง  
สปีชีส์กัน

**การเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกันเกิดขึ้นได้อย่างไร**

- ✎ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของประชากรดั้งเดิม ทำให้ไม่สามารถถ่ายเทเคลื่อน  
ย้ายยีนกับประชากรดั้งเดิมได้ จึงเกิดวิวัฒนาการเป็นสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่

**จงยกตัวอย่างการเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์และการเกิดสปีชีส์ใหม่ใน  
เขตภูมิศาสตร์เดียวกัน**

- ✎ การเกิดสปีชีส์ใหม่จากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์ เช่น กระรอก 2 สปีชีส์ที่พบบริเวณ  
แกรนด์แคนยอน สำหรับตัวอย่างของการเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกัน เช่น  
การเกิดพอลิพลอยดีของพืช หรือการเปลี่ยนแปลงยีนของตัวต่อ

**ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวการตอบดังนี้**

- เพราะเหตุใดประชากรของสิ่งมีชีวิตที่แยกจากกันในลักษณะนี้ เมื่อกลับมาอยู่รวมกัน  
อีกครั้งจึงไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้  
✎ เนื่องจากยีนพูลของประชากรทั้งสองแตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้
- นักเรียนคิดว่ากลไกใดที่ทำให้สมาชิกของประชากรเดียวกันและอาศัยอยู่ในพื้นที่เดียวกัน  
ไม่สามารถเกิดการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างกันได้  
✎ การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมของประชากร ทำให้ประชากรที่มีจำนวนโครโมโซม  
เปลี่ยนแปลงไปไม่สามารถผสมพันธุ์กับประชากรดั้งเดิมได้
- ปัจจัยใดที่ทำให้ตัวต่อสปีชีส์ใหม่เกิดขึ้นในบริเวณเดียวกัน  
✎ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงยีนในตัวต่อ ทำให้โครงสร้างทางพันธุกรรมเปลี่ยนแปลง  
และเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่

**กิจกรรมเสนอแนะ การปรับปรุงพันธุ์พืชแบบพอลิพลอยดี**

**จุดประสงค์ของกิจกรรม** เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายสรุปการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรในการปรับปรุงพันธุ์พืช  
แบบพอลิพลอยดี
2. นำเสนอข้อมูลในชั้นเรียนหรือจัดทำเป็นป้ายนิเทศ

ครูอาจให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มในการสืบค้นข้อมูล อภิปรายและนำเสนอการปรับปรุง  
พันธุ์พืชแบบพอลิพลอยดีในประเด็นต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการทำ
2. ตัวอย่างพืช

**ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น**

**เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก**  
วิวัฒนาการ

### 3. ประโยชน์

#### การพัฒนากับวิวัฒนาการ






ครูควรให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม อาจจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้เช่น การใช้สารฆ่าแมลง มีผลทำให้แมลงคือสารฆ่าแมลงมากขึ้น หรือการดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรีย เป็นต้น

#### ส่วนคำถามในหนังสือเรียนนี้มีแนวการตอบดังนี้

- นักเรียนคิดว่าสารฆ่าแมลงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากรอย่างไร และสิ่งที่ทำให้เกิดการคัดเลือกในประชากรแมลงคืออะไร
- ✎ แมลงที่ไม่มียีนต้านทานสารฆ่าแมลงจะตายไป ส่วนแมลงที่มียีนต้านทานสารฆ่าแมลงก็ยังคงมีชีวิตอยู่ และสืบทอดยีนนี้ให้แก่ลูกหลานต่อไป ฉะนั้นยีนบางยีนถูกคัดทิ้ง ส่วนยีนที่เหลืออยู่จะมีมากขึ้นในประชากรแมลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร
- ถ้านักเรียนเป็นเกษตรกรจะมีวิธีหลีกเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลงอย่างไร
- ✎ ใช้สิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ล่าหรือศัตรูของแมลงนั้นกำจัดแมลง จะทำให้จำนวนของแมลงลดลง เรียกว่า ชีววิธี
- นักเรียนคิดว่าควรปฏิบัติตนอย่างไร เพื่อป้องกันการดื้อยาของแบคทีเรีย
- ✎ ทานยาปฏิชีวนะให้ครบตามที่แพทย์สั่งเพื่อป้องกันการดื้อยาของแบคทีเรีย
- นักเรียนคิดว่าการดื้อยาของแบคทีเรียเป็นกลไกการเกิดวิวัฒนาการหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ เป็นเนื่องจากแบคทีเรียที่ไม่มียีนต้านทานต่อยาปฏิชีวนะจะตายไป ขณะที่แบคทีเรียที่มียีนต้านทานยาปฏิชีวนะจะยังคงมีชีวิตอยู่และสืบทอดลักษณะดังกล่าวนี้ไปยังรุ่นต่อไป ทำให้แบคทีเรียมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป หรือเกิดวิวัฒนาการ

จะเห็นได้ว่ากระบวนการเกิดวิวัฒนาการเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตทีละน้อยเป็นเวลาหลายชั่วรุ่น โดยผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ในการคัดเลือกลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จนกระทั่งเกิดเป็นความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ  
แนวการทำกิจกรรมรายบทที่ 19**

1. จากคำกล่าวที่ว่า "แมลงที่ได้รับสารฆ่าแมลงทำให้มีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงมากยิ่งขึ้น" นักเรียนเห็นด้วยกับคำกล่าวนี้หรือไม่ ให้เหตุผลประกอบ  
 ไม่เห็นด้วย เนื่องจากสารฆ่าแมลงไม่ได้ทำให้แมลงมีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงมากขึ้น แต่แมลงที่มียีนต้านทานสารฆ่าแมลงจะถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ ให้มีโอกาสรอดอยู่รอด และให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นต่อไป ทำให้ลูกหลานมีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง
2. จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิวัฒนาการระดับจุลภาคกับวิวัฒนาการระดับมหภาค  
 วิวัฒนาการระดับจุลภาคเป็นวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของอินทรีย์ภายในประชากรเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป แต่วิวัฒนาการระดับมหภาคเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ ซึ่งนำไปสู่การเกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
3. การคัดเลือกโดยธรรมชาติและการคัดเลือกของมนุษย์แตกต่างกันอย่างไร  
 การคัดเลือกโดยธรรมชาติเป็นการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมที่สุดในสภาพแวดล้อมขณะนั้นให้ดำรงชีวิตอยู่ต่อไปเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงเวลาหลายชั่วรุ่น แต่การคัดเลือกของมนุษย์เป็นการคัดเลือกลักษณะของสิ่งมีชีวิตตามความต้องการของมนุษย์ เช่นการคัดเลือกพันธุ์ของสุนัขเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาไม่กี่รุ่น
4. การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชันและการคัดเลือกโดยธรรมชาติทำให้เกิดวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิตได้อย่างไร  
 มิวเทชัน เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดแอลลีลใหม่ ๆ ที่สะสมไว้ในยีนพูลของประชากรทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมของประชากร สิ่งมีชีวิตในประชากรที่มีความแปรผันทางพันธุกรรมสิ่งมีชีวิตใดที่มีลักษณะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในขณะนั้น ก็จะถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ ทำให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
5. ในพื้นที่แห่งหนึ่งมีประชากรจำนวน 400 คน ถ้าประชากรนี้มีความถี่ของยีน  $A = 0.6$  และยีน  $a = 0.4$  จงหาจำนวนประชากรที่อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ประกอบด้วยคนที่มียีนโนไทป์ใดบ้าง และมีจำนวนคนเท่าใด  
 ประชากรที่มียีนโนไทป์ AA หรือ  $p^2 = 0.6 \times 0.6 = 0.36$   
ดังนั้นมีจำนวนประชากร  $= 0.36 \times 400 = 144$  คน  
ประชากรที่มียีนโนไทป์ Aa หรือ  $2pq = 2 \times 0.6 \times 0.4 = 0.48$   
ดังนั้นมีจำนวนประชากร  $= 0.48 \times 400 = 192$  คน  
ประชากรที่มียีนโนไทป์ aa หรือ  $q^2 = 0.4 \times 0.4 = 0.24$   
ดังนั้นมีจำนวนประชากร  $= 0.24 \times 400 = 96$  คน

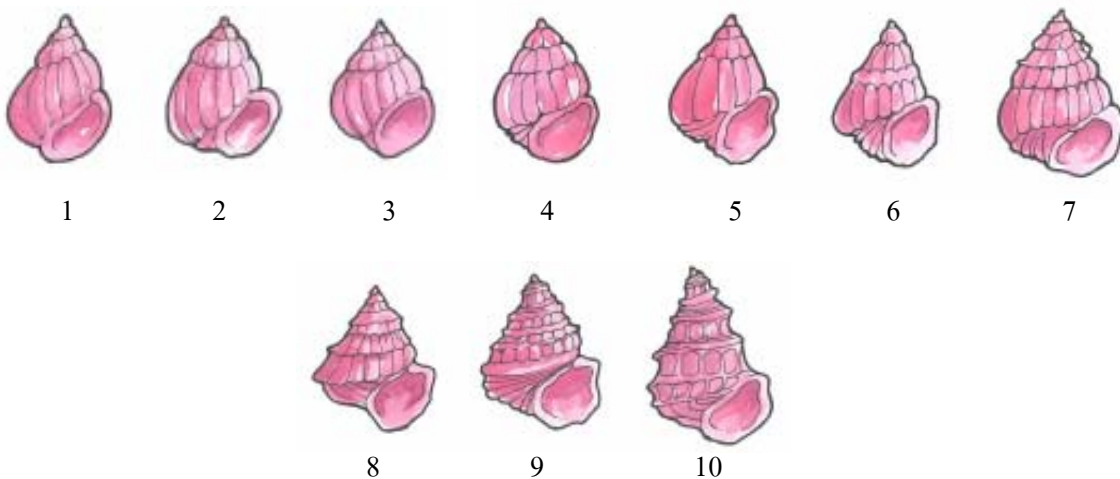
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก  
วิวัฒนาการ



**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**

6. เพราะเหตุใดการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสิ่งมีชีวิตจึงมีความสำคัญต่อการคัดเลือกโดยธรรมชาติ
- ✎ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เกิดจากการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จะมีกระบวนการโครโซมโอเวอร์ที่ทำให้เกิดการรวมกันใหม่ของยีนในรูปแบบที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมซึ่งธรรมชาติจะเป็นตัวคัดเลือกลักษณะทางพันธุกรรมที่เหมาะสมไว้ในประชากร
7. ในปัจจุบันยีราฟมีคอยาวขึ้นกว่ายีราฟในอดีต ของ ลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน อธิบายปรากฏการณ์นี้ได้อย่างไร
- ✎ ลามาร์กอธิบายว่ายีราฟในอดีตมีลักษณะคอสั้น เมื่อพืชที่เป็นอาหารบนพื้นดินมีไม่เพียงพอ ทำให้ยีราฟต้องยืดคอเพื่อกินใบไม้บนต้นไม้สูงๆ อยู่เสมอยีราฟในปัจจุบันจึงมีคอยาวกว่ายีราฟในอดีต แต่ดาร์วินอธิบายว่ายีราฟในอดีตมีทั้งยีราฟพันธุ์คอสั้นและพันธุ์คอยาว เมื่อพืชที่เป็นอาหารบนพื้นดินมีไม่เพียงพอยีราฟพันธุ์คอยาวสามารถกินใบไม้ในที่สูงได้จึงมีชีวิตรอด และสืบทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไป ทำให้ยีราฟในปัจจุบัน มีลักษณะคอยาวกว่ายีราฟในอดีต
8. จงอธิบายว่าเหตุใดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก จึงไม่สามารถผสมพันธุ์กัน และให้กำเนิดลูกได้
- ✎ สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่ไม่สามารถผสมพันธุ์กันและให้กำเนิดลูกได้ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตดังกล่าวเป็นสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กัน มียีนพูลต่างกัน จึงไม่สามารถถ่ายทอดเคลื่อนย้ายยีนระหว่างประชากรได้
10. จงศึกษาภาพและข้อความข้างล่างนี้ แล้วตอบคำถาม
- ภาพข้างล่างนี้เป็นฟอสซิลของหอยโข่ง พบว่า ฟอสซิลหอยหมายเลข 1 มีอายุมากที่สุด คือ 10 ล้านปีมาแล้ว และฟอสซิลหอยที่มีอายุน้อยที่สุด คือ หอยหมายเลข 10 ซึ่งมีอายุประมาณ 3 ล้านปีมาแล้ว



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ**  
 ถ้านักเรียนเป็นนักชีววิทยา จงเขียนบทความเพื่อจะตอบคำถามเหล่านี้

10.1 หอยเหล่านี้มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

✎ คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลายแบบลักษณะที่เหมือนกันคือ เปลือกหอยมีลักษณะขดเป็นวงซ้อนกันในรูปแบบบันไดเวียนขวา โดยปลายสุดของเปลือกจะยกสูงขึ้นผิวของเปลือกมีลักษณะนูนเป็นซี่ๆ และมีช่องเปิดของเปลือกเหมือนกัน ลักษณะที่แตกต่างกันคือ จำนวนเกลียวที่ขดซ้อนกันเป็นวงจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง 10 เกลียวล่างสุดของเปลือกหมายเลข 1, 2 และ 3 มีลักษณะเรียบในเปลือกหอยหมายเลข 4 และ 5 เริ่มพบลักษณะคล้ายสายสร้อยไข่มุกเรียงซ้อนกันตามขวาง และมีขนาดใหญ่มากขึ้นในเปลือกหอยหมายเลข 6 และยาวขึ้นในเปลือกหอยหมายเลข 7 และ 8 และกว้างขึ้นในเปลือกหอยหมายเลข 9 และ 10 ขณะที่รูปทรงของเปลือกหอยเปลี่ยนจากรูปทรงทรงกลมมาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม

10.2 จากข้อมูลภาพข้างบนนี้แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการอย่างไร

✎ จากข้อมูลภาพข้างบนนี้แสดงให้เห็นลำดับการเกิดวิวัฒนาการของหอยอย่างค่อยเป็นค่อยไปจากเปลือกหอยหมายเลข 1 จนกระทั่งปรากฏเป็นเปลือกหอยหมายเลข 10 ซึ่งเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ

10.3 ถ้าฟอสซิลในตัวอย่างหมายเลข 3, 4, 5, และ 6 ขาดหายไปจากฟอสซิลที่เหลือ นักเรียนจะสรุปว่าอย่างไร

✎ ถ้าฟอสซิลหมายเลข 3, 4, 5, และ 6 ขาดหายไป ฟอสซิลของหอยหมายเลข 1 และ 2 อาจมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันทางวิวัฒนาการ ขณะที่ฟอสซิลหอยหมายเลข 7, 8, 9 และ 10 อาจมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษที่แตกต่างจากฟอสซิลหมายเลข 1 และ 2

11. จงศึกษาข้อมูลจำนวนของฟอสซิลไทรโลไบต์ที่มีความยาวต่างๆ กัน ในชั้นของหินตะกอนที่มีความลึกต่างกันดังในตารางข้างล่างนี้

ความยาวของฟอสซิล (cm)	จำนวนฟอสซิลที่พบในชั้นหินที่ลึกไม่มาก (ชั้นหินตื้น)	จำนวนฟอสซิลที่พบในชั้นหินที่ลึกมาก (ชั้นหินลึก)
3.0	0	0
3.5	0	4
4.0	2	12
4.5	5	18
5.0	12	23
5.5	18	24
6.0	22	23
6.5	24	19
7.0	22	11
7.5	19	6
8.0	13	2
8.5	4	0
9.0	0	0

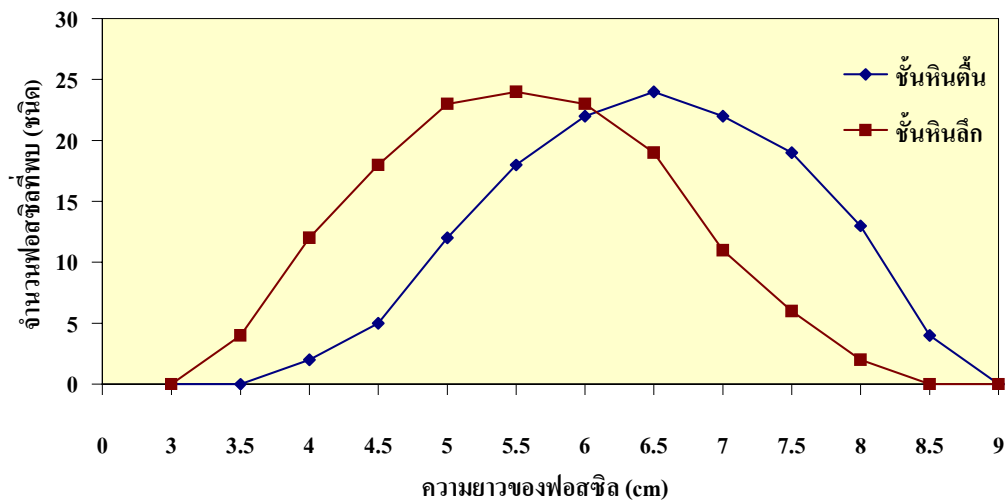
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

วิวัฒนาการ

### 11.1 จงนำข้อมูลด้านบนมาเขียนเป็นกราฟ

✎ สามารถเขียนกราฟได้ดังนี้



### 11.2 ไทรโลไบต์ที่มีความยาวเท่าใดที่พบมากทั้งในชั้นหินตื้น และชั้นหินลึก

✎ ไทรโลไบต์ที่พบมากทั้งในชั้นหินตื้นและชั้นหินลึก มีความยาวประมาณ 6 เซนติเมตร

### 12. ในทะเลทรายเหตุใดจึงพบหนูสีน้ำตาลมากกว่าหนูสีดำ และลักษณะสีของขนนี้สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้หรือไม่เพราะเหตุใด

✎ หนูสีน้ำตาลมีลักษณะกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมในทะเลทรายได้ดีกว่าหนูสีดำ ทำให้มีโอกาสอยู่รอดจากการล่าของศัตรู เช่น นกเหยี่ยว ได้ดีกว่าทำให้มีโอกาสถ่ายทอดลักษณะขนสีน้ำตาลไปยังลูกหลานได้ดีกว่าลักษณะขนสีดำ

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ  
แหล่งเรียนรู้**

**หนังสือประกอบการค้นคว้า**

พัฒน์ จันทโรทัย. วิทยาการความเป็นมาและกระบวนการกำเนิดสิ่งมีชีวิต. พิมพ์ครั้งที่ 1,

กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

Albert K., Paul J. H. and Lucy D. Biology and everyday experience. Glencoe McGraw-Hill. 1999.

Biggs K. L. **Biology the dynamics of life**. Glencoe McGraw-Hill. 1998.

Eldra P. S., Linda R. B. and Diana W.M. **Biology**. 6<sup>th</sup> ed. Thomson Learning, Inc. 2002.

John H. P. and Janet L. H. **The nature of life**. 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill, Inc. 1995.

Kenneth R. M. and Joseph L. Biology. 3<sup>rd</sup> ed. Prentice-Hall, Inc. 1995.

Scott, F. and Jon C. H. **Evolutionary Analysis**. Published by Prentice-Hall, Inc. Simon&Schuster/

A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey. 1998.

Sylvia, S. M. **Biology Part 3 Biology of Evolution and Diversity**. 4<sup>th</sup> ed. Wm. C. Brown

Communications, Inc. 1993.

**อินเทอร์เน็ต**

<http://www.pbs.org/wgbh/evolution/educators/index.html> มีเนื้อหาด้านวิวัฒนาการโดยเฉพาะ  
มีบทเรียนออนไลน์ และวิดีโอสำหรับครูและนักเรียน รวมทั้งคู่มือครูในการสอนเรื่องวิวัฒนาการ

<http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072385790/> เป็นศูนย์ทดสอบ ออนไลน์พร้อมเฉลยสำหรับ  
นักเรียน และมีเนื้อหาเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับวิวัฒนาการนำเสนอในรูปแบบ powerpoint สำหรับครูผู้สอน

<http://www.becominghuman.org/> เนื้อหาวิวัฒนาการของมนุษย์ กิจกรรมเรียงลำดับการกำเนิด  
สิ่งมีชีวิตตั้งแต่อดีตจนถึงมนุษย์

<http://www.talkorigins.org/origins/faqs-evolution.html> มีเนื้อหาครอบคลุมเรื่องวิวัฒนาการ เช่น กำเนิด  
ของสปีชีส์ มิวเทชันมีอันตรายหรือไม่ ทฤษฎีชาลส์ ดาร์วิน แรนดอมจีเนติกดริฟท์ หลักฐานเกี่ยวกับ  
วิวัฒนาการ