วิวัฒนาการ

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทีละน้อยจากสิ่งมีชีวิตแบบดั้งเดิมสืบต่อกันมาเป็นเวลานานจนกลายเป็นสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันไปจากเดิมทั้งด้านรูปร่าง ส่วนประกอบ พฤติกรรม การดำรงชีพและลักษณะอื่น ๆ อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกรรมพันธุ์และสิ่งแวดล้อม

สิ่งมีชีวิตแต่ละหน่วยไม่ก่อให้เกิดวิวัฒนาการ การวิวัฒนาการจะเกิดขึ้นได้ในระดับประชากรเท่านั้น เพราะในระดับประชากรหมายถึงสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน สามารถผสมพันธุ์กันได้ ให้กำเนิดลูกหลานที่เหมือนบรรพบุรุษได้ ดังนั้นประชากรจึงถือได้ว่า เป็นหน่วยสำคัญของการวิวัฒนาการ

ทำไมจึงต้องศึกษาวิวัฒนาการ

การศึกษาวิวัฒนาการถือเป็นแกนหลักสำหรับวิทยาศาสตร์ชีวภาพทุกสาขาวิชา เช่น วิชาพฤติกรรม นิเวศวิทยา ประชากร อนุกรมวิธาน พันธุศาสตร์ สรีรวิทยา สัณฐานวิทยา และชีววิทยาเชิงโมเลกุล ทำให้เข้าใจพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับวิชาพันธุ์ศาสตร์ (Genetic) มาก การศึกษาเกี่ยวกับการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตจะทำให้เข้าใจถึงต้นกำเนิดความคล้ายคลึง ความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด รวมทั้งเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมหรืออาจกล่าวได้ว่าการศึกษาวิวัฒนาการเป็นกุญแจสำคัญในการเข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

1. **หลักฐานเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต**
   - หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต
   - หลักฐานจากความคล้ายคลึงของโครงสร้าง
   - หลักฐานจากการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ
   - หลักฐานการปรับปรุงพันธุ์พืช และสัตว์
   - หลักฐานการแพร่กระจายของพืช และสัตว์
   - หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

1.1 หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต (หลักฐานทางธรณีวิทยา)

ในการทับถมกันของเปลือกโลกเกิดเป็นชั้นหินต่าง ๆ ชั้นที่อยู่ล่างสุด จะเป็นชั้นที่เก่าแก่ที่สุด นักวิชาการสามารถคำนวณหาอายุของชั้นหินได้ว่า แต่ละชั้นเกิดขึ้นนานเท่าใดแล้ว ซากดึกดำบรรพ์ (fossil) ที่พบในชั้นหินใดก็ย่อมมีอายุเท่ากับอายุของหินในชั้นนั้น

ซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตจะมีสาร C ค้างอยู่ และส่วนหนึ่งคือ ^{14}C ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตภาพรังสี และจะสลายตัวไปช้า ๆ เหลือครึ่งหนึ่งจากเดิมทุก ๆ 5,568 ปี เราจึงสามารถคำนวณหาอายุของซากดึกดำบรรพ์ได้โดยการวิเคราะห์หาปริมาณ ^{14}C ที่เหลืออยู่ในซากดึกดำบรรพ์นั้น

"วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์เรียกว่า Palaeontology"

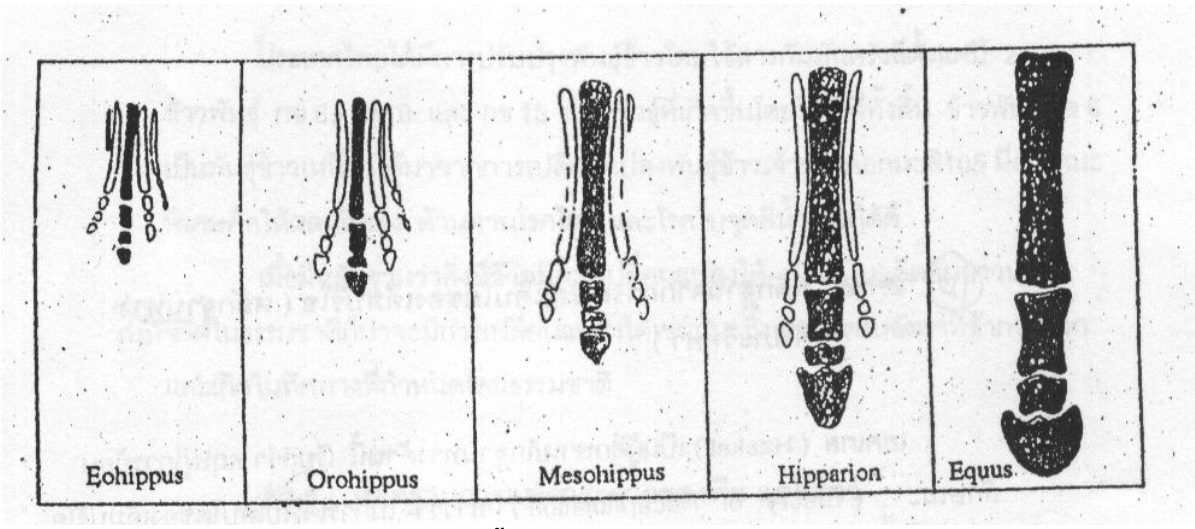
ตารางทางธรณีวิทยา (ศึกษาจากซากดึกดำบรรพ์) ในยุคต่าง ๆ ที่สำคัญ

	มหายุค	**ยุค**	**พบซากดึกดำบรรพ์** (fossil)
1	ซีโนโซอิก	ควอเตอร์นารี (3 ล้านปี)	- มนุษย์ - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมปัจจุบัน
2	มีโซโซอิก	ครีเตเชียส (135 ล้านปี) ยูแรสสิก (185 ล้านปี) ไตรแอสสิก (230 ล้านปี)	- พืชมีดอกแรกเริ่ม - ไดโนเสาร์, นกแรกเริ่ม - สน, ปรง - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมแรกเริ่ม
3	พาเลโอโซอิก	คอร์บอนิเฟอรัส (355 ล้านปี)	- พืชมีท่อลำเลียงชั้นต่ำ - สัตว์เลื้อยคลาน - สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ
4	ก่อนแคมเบรียน	5 พันล้านปี	- สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

สรุป

- ซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตที่โบราณที่สุดคือ....สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบมาก่อนยุคแคมเบรียน (อายุประมาณ 5 พันล้านปี)
- ซากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สาหร่ายสีเขียวและพืชสีเขียวบนบกเริ่มพบในยุคแคมเบรียน (6 ร้อยล้านปี) มหายุคพาเลโอโซอิก

หมายเหตุ การศึกษาเกี่ยวกับ Fossil (ซากดึกดำบรรพ์) คือ...การตรวจหา ^{14}C ในซากโบราณนั้น ๆ ซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตที่นับว่าสมบูรณ์ที่สุดคือ...ม้าโบราณ (ม้าโบราณ สูง 11 นิ้ว มีนิ้ว 3 นิ้ว ส่วนม้าปัจจุบันมีขนาดใหญ่กว่า คือสูง 60 นิ้ว มีนิ้วเหลือเพียง 1 นิ้วเท่านั้น)

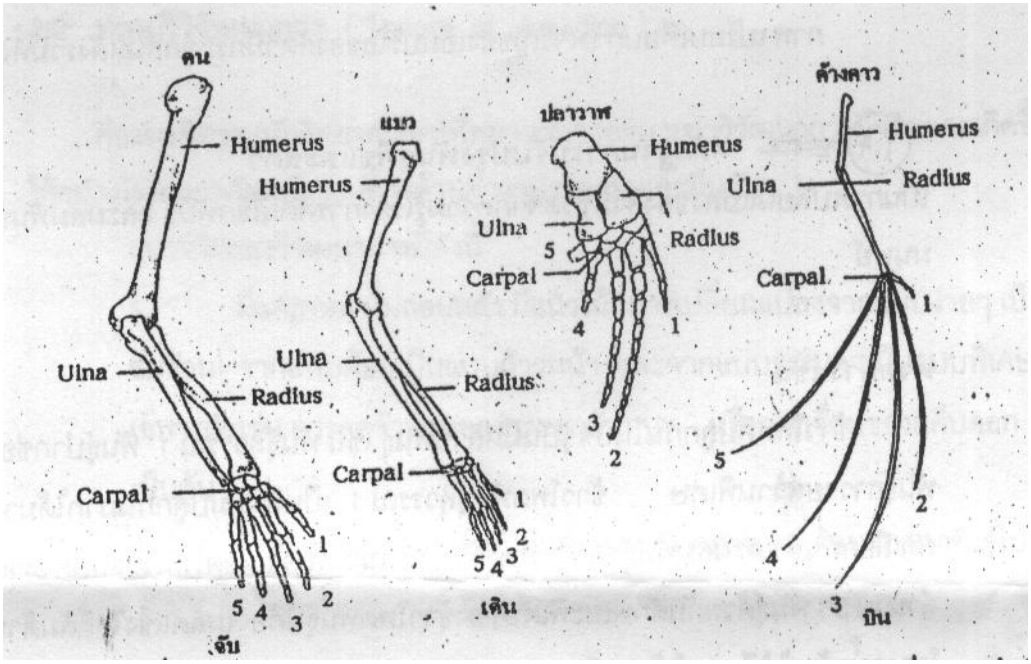


ภาพแสดงวิวัฒนาการของนิ้วเท้าของม้า จากม้ายุคโบราณเป็นม้าปัจจุบัน

1.2 หลักฐานความคล้ายคลึงของโครงสร้าง

จากการศึกษาโครงสร้างเปรียบเทียบ ได้พบว่าสัตว์หลาย ๆ ชนิดมีโครงสร้างของอวัยวะบางอย่างคล้ายคลึงกันมากแม้ว่าจะทำหน้าที่ต่างกันก็ตาม เช่น แขนมนุษย์ ครีบปลาวาฬ และปีกค้างคาว เราเรียกโครงสร้างที่คล้ายคลึงกันแต่ทำหน้าที่ต่างกันนี้ว่า Homologous structure แต่ในกรณีของปีกแมลงและปีกค้างคาวซึ่งทำหน้าที่ในการบินเหมือนกันแต่มีโครงสร้างต่างกันเราเรียกว่าเป็น Analogous structure

ความคล้ายคลึงกันในลักษณะใดน่าจะเป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษที่ใกล้ชิดกัน....



แผนภาพเปรียบเทียบ Homologous structure ของระยางคู่หน้าในสัตว์มีกระดูกสันหลัง ซึ่งจะแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง และหน้าที่ แต่มีแบบแผนของโครงสร้างคล้ายคลึงกัน

1.3 หลักฐานจากการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (หลักฐานทางคัพภะวิทยา)

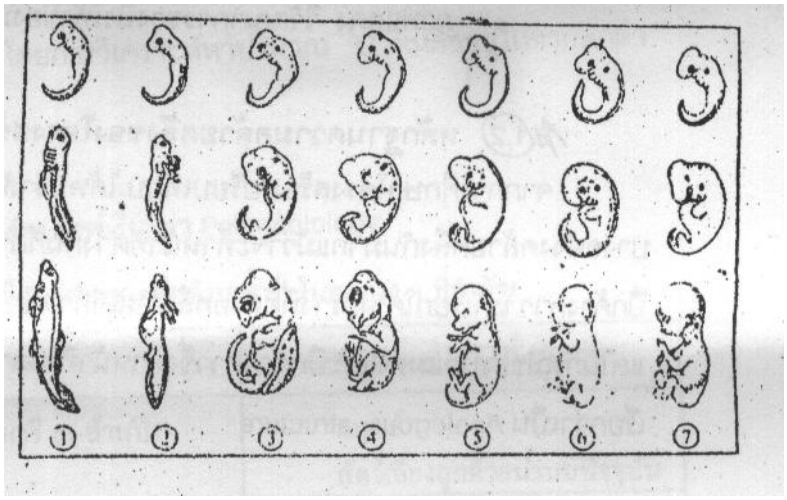
เฮคเกล (Haekel) เป็นผู้ศึกษาหลักฐานทางด้านนี้ เรียกว่า ทฤษฎีการย้อนลักษณะ (Theory of Recapitulation) กล่าวว่า ในการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอลักษณะของเอ็มบริโอในขั้นต่าง ๆ จะเป็นการย้อนรอยหรือทบทวนสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของบรรพบุรุษ

(1) = ปลา (2) = ซาลามานเดอร์

(3) = เต่า (4) = ไก่

(5) = วัว (6) = กระต่าย

(7) = คน



ภาพ ให้เห็นแบบแผนการเจริญของเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลังพบว่าคล้ายกัน คือ ขณะเป็นตัวอ่อนจะมีช่องเหงือก (gill slits) น่าจะวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

ภาพ เปรียบเทียบการเจริญของเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลังรวมทั้งคน

1.4 หลักฐานการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์

เป็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตจากความรู้เรื่องการคัดเลือกพันธุ์ และผสมพันธุ์โดยมนุษย์

ตัวอย่างเช่น

ข้าวโพดที่ปลูกกันในปัจจุบันมีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์สุวรรณ 1 พันธุ์ปากช่อง 1602 พันธุ์ฮาวายหวานพิเศษ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 เป็นที่นิยมปลูกกันมากได้มาจากการคัดเลือกพันธุ์ และผสมพันธุ์ของข้าวโพดที่มีลักษณะเด่นจากเขตร้อนในแถบต่าง ๆ ของโลก จำนวน 36 พันธุ์ด้วยกัน ลักษณะพิเศษของข้าวโพดพันธุ์นี้คือ เมล็ดแข็งใสสีส้มต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี และให้ผลผลิตสูง

ประเทศไทยได้มีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยใช้สารกัมมันตรังสีตั้งแต่ปี 2498 ข้าวพันธุ์ กข 6 กข 10 และ กข 15 เป็นพันธุ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้รังสีทั้งสิ้น ข้าวพันธุ์ กข 6 เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวได้มาจากการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 มีลักษณะพิเศษคือให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคไหม้ และโรคใบจุดสีน้ำตาลได้ดี

เมื่อมีหลักฐานว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นในอดีตอันยาวนาน สิ่งมีชีวิตในธรรมชาติก็น่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ซึ่งอาจเกิดในอัตราที่ช้ากว่ามาก และเกิดในทิศทางที่กำหนดโดยธรรมชาติ

1.5 หลักฐานการแพร่กระจายของพืชและสัตว์

ภูมิอากาศและภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดที่ทำให้มีการกระจายของพืช และสัตว์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ สิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น ภูเขา ทะเล ทราย ทะเลมหาสมุทร จะทำให้มีการแบ่งแยก และเกิดสปีชีส์ในที่สุด

1.6 หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

เนื่องจาก DNA เป็นตัวกำหนดโครงสร้างของโปรตีน เพราะลำดับเบสใน DNA มีความสัมพันธ์กับระดับของกรดอะมิโนในสายของโปรตีน ถ้าลำดับเบสเปลี่ยนไปก็มีผลต่อลำดับของกรดอะมิโนด้วย เกิดสิ่งมีชีวิตที่ลักษณะแปรผันไปจากเดิม ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของโปรตีนในสิ่งมีชีวิตจึงเท่ากับเป็นการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของยีนในสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น และทำให้ทราบวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิตได้ เพราะโมเลกุลของสารเคมีดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

2. ทฤษฎีวิวัฒนาการ (Theory of evolution)

คือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่พยายามจะอธิบายว่าวิวัฒนาการมีจริง และเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยอาศัยหลักฐานทางด้านต่าง ๆ ประกอบ และยืนยัน

แนวโน้มของวิวัฒนาการมีดังนี้

1. มีแต่รุดหน้าไม่ถอยหลัง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากแบบง่าย ๆ เป็นซับซ้อน จากแบบด้อยเป็นแบบก้าวหน้า และจากแบบธรรมดาเป็นแบบพิเศษเฉพาะตัว เช่น การลดจำนวนของกระดูกก้นกบ หรือการเชื่อมของกลีบดอก เป็นต้น

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะสูญพันธุ์ไป

วิวัฒนาการในแนวคิดของ ชอง ลามาร์ก (Jean Lamarch)

ลามาร์ค ได้เสนอความคิดในเรื่องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตไว้เป็น 2 ประเด็น คือ

1. กฎแห่งการใช้และไม่ใช้ (Law of use and Disuse) มีใจความสำคัญว่า "ลักษณะของสิ่งมีชีวิตผันแปรได้ตามสภาพแวดล้อมอวัยวะใดที่ใช้อยู่บ่อย ๆ ย่อมขยายใหญ่ขึ้น ส่วนอวัยวะใดที่ไม่ได้ใช้จะค่อย ๆ ลดขนาดอ่อนแอลง และเสื่อมไปในที่สุด"

2. กฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ (Law of inheritance acquired characters) มีใจความว่า "ลักษณะที่ได้มาใหม่หรือเสียไปโดยอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมโดยการใช้และไม่ใช้จะคงอยู่และสามารถถ่ายทอดลักษณะที่เกิดใหม่นี้ไปสู่รุ่นลูกรุ่นหลานต่อไปได้"

- ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ลามาร์ค ยกมาอ้างอิง ได้แก่ พวกนกน้ำ โดยกล่าวว่านกที่หากินบนบกจะไม่มีแผ่นหนังต่อระหว่างนิ้วเท้า ส่วนนกที่หากินในน้ำมีความต้องการใช้เท้าโบกพัดน้ำสำหรับการเคลื่อนที่ ผิวหนังระหว่างนิ้วเท้าจึงขยายออกต่อกันเป็นแผ่นและลักษณะนี้ถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้

- ยีราฟในปัจจุบันมีคอยาวยืด ลามาร์คได้อธิบายว่า ยีราฟในอดีตคอสั้นกว่าปัจจุบัน (มีหลักฐานจากฟอสซิล) แต่ได้มีการฝึกฝนยืดคอเพื่อพยายามกินใบไม้จากที่สูง ๆ ทำให้คอยาวขึ้น การที่ต้องเขย่งเท้ายืดคอทำให้ยีราฟมีขายาวขึ้นด้วย ลักษณะคอยาวขึ้นและขายาวขึ้นนี้ถ่ายทอดมาสู่ยีราฟรุ่นต่อมา

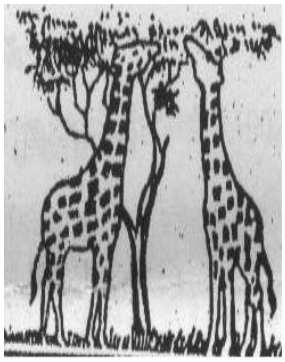
- สัตว์พวกงู ไม่มีขาปรากฏให้เห็น แต่จากโครงกระดูกยังมีซากขาเหลือติดอยู่ ซึ่งลามาร์คอธิบายว่า งูอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นพงหญ้ารกทึบ การเลื้อยไปทำให้ลำตัวยาว ขาไม่ใช้จึงค่อย ๆ ลดเล็กลงและเสื่อมสูญไป ลักษณะนี้ถ่ายทอดไปได้ งูรุ่นต่อ ๆ มาจึงไม่มีขา

ในการทดลองพิสูจน์ความคิดของลามาร์คนั้น กฎแห่งการใช้และไม่ใช้พอจะมีผู้พิสูจน์ได้ เช่น การฝึกฝนกล้ามเนื้อจะทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่โตขึ้นมาได้ เช่น นักกล้าม นักเพาะกาย นักกีฬาประเภทต่าง ๆ แต่สำหรับกฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ ยังไม่สามารถทดลองได้

ออกัส ไวส์มาน (August Weisman ; 2377 – 2457) ได้เสนอความคิดค้านลามาร์ค โดยกล่าวว่า ลักษณะที่ถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้นั้น จะต้องเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ มิใช่จากเซลล์ร่างกาย เขาได้ทดลองตัดหางหนูตัวผู้ตัวเมีย แล้วให้ผสมพันธุ์กัน ปรากฏว่าลูกหลานออกมามีหาง การทดลองนี้

ทำติดต่อกันถึง 20 รุ่น หนูในรุ่นที่ 21 ก็ยังคงมีหางอยู่ ไวส์มาน อธิบายว่า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะที่ตัดหางหนูออกนั้นกระทำต่อเซลล์ร่างกายแต่เซลล์สืบพันธุ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะหางยาวยังคงอยู่ไม่ว่าจะทำกี่รุ่น ลูกหนูก็จะยังคงหางยาวอยู่

ปัจจุบันนี้กลไกของวิวัฒนาการตามทัศนะของลามาร์คหมดความหมายทางวิชาการเพราะลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมิได้มาจากการฝึกฝน



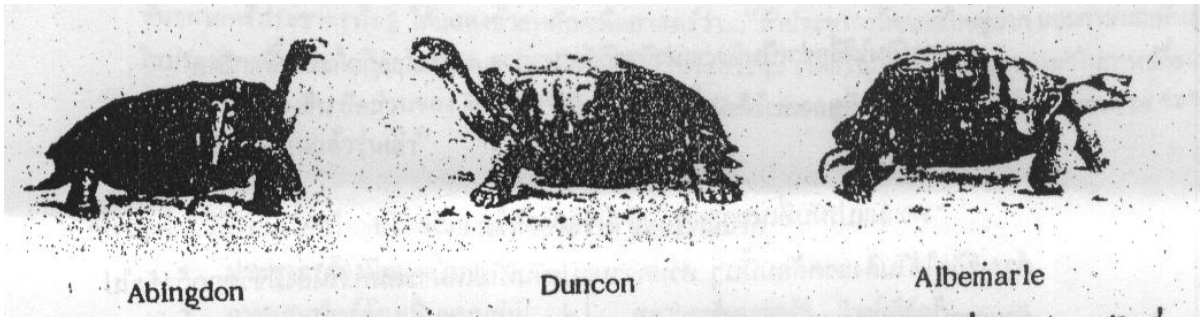
ต้นตระกูลของยีราฟอาจมีคอสั้น จึงต้องยืดคออยู่เสมอเพื่อให้สามารถกินใบไม้ได้

ในที่สุดการยืดคออยู่เสมอของยีราฟทำให้ยีราฟในปัจจุบันมีคอยาวมาก ในปัจจุบันยังไม่มีการทดลองและข้อมูลใดสนับสนุนทฤษฎีนี้

วิวัฒนาการในแนวคิดของ ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin)

ดาร์วิน นักธรรมชาติวิทยาประจำเรือสำรวจบีเกิล ของรัฐบาลอังกฤษ ซึ่งเดินทางไปสำรวจและทำแผนที่ของฝั่งของทะเลทวีปอเมริกาใต้

ดาร์วิน ได้ประสบการณ์จากการศึกษาพืช และสัตว์ที่มีอยู่เฉพาะที่หมู่เกาะกาลาปากอส (Galapagos) แห่งเดียวในโลก หมู่เกาะกาลาปากอสเกิดจากภูเขาไประเบิดในมหาสมุทรแปซิฟิก ห่างจากประเทศอิกัวดอร์ไปทางทิศตะวันตก ประมาณ 580 ไมล์ จากหลักฐานทางธรณีวิทยาแสดงว่า เกาะนี้แยกตัวมาจากทวีปอเมริกา ดาร์วินได้สังเกตนกกระจอกที่อยู่เกาะกาลาปากอสและนกฟินช์ (finch) หลายชนิด พบว่าแต่ละชนิดมีขนาดและรูปร่างของจงอยปากแตกต่างกันตามความเหมาะสมแก่การที่จะใช้กินอาหารแต่ละประเภท นกฟินช์มีลักษณะคล้ายนกกระจอกมากแตกต่างกันเฉพาะลักษณะของจงอยปากเท่านั้น ดาร์วินเชื่อว่าบรรพบุรุษของนกฟินช์บนเกาะกาลาปากอสน่าจะสืบเชื้อสายมาจากนกฟินช์บนแผ่นดินใหญ่ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนทางธรณีวิทยา ทำให้หมู่เกาะนี้แยกจากแผ่นดินใหญ่และเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมของบรรพบุรุษนกฟินช์มาเป็นเวลานานจนเกิดวิวัฒนาการเป็นสปีชีส์ใหม่ขึ้น



แสดงลักษณะของเต่ายักษ์ 3 สปีชีส์ที่อาศัยอยู่บนหมู่เกาะกาลาปากอสต่างเกาะกัน สปีชีส์ที่มีคอยาวจะอยู่ในที่แห้งแล้งและอาศัยพืชตระกูลกระบองเพชรเป็นอาหาร ส่วนสปีชีส์ที่มีคอสั้นจะอาศัยอยู่ในที่ชุ่มชื้นและกินพืชผักที่ขึ้นอยู่กับพื้นดินเป็นอาหาร

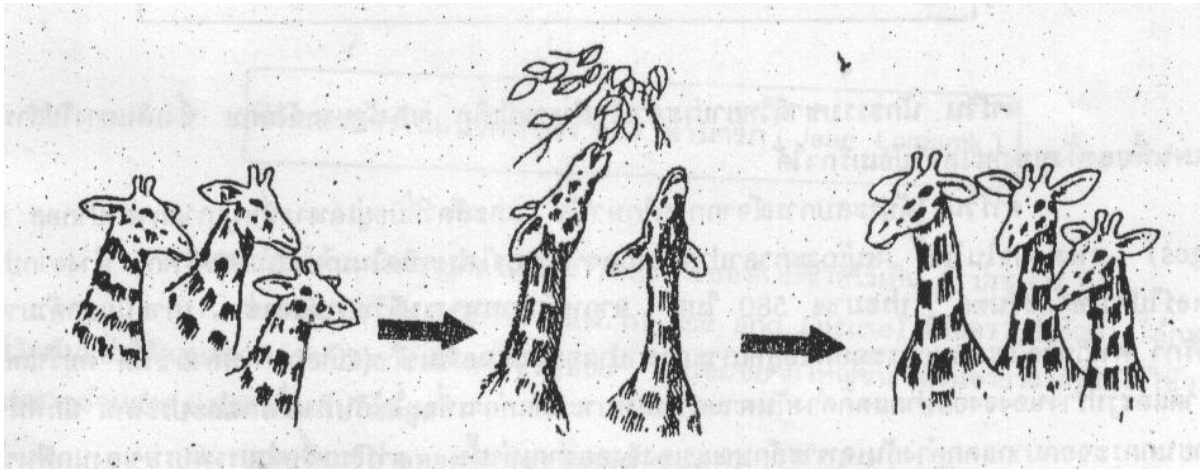
ในปี ค.ศ.1859 ดาร์วิ และวอลเลช (Alfred Russel Wallace) ได้เสนอทฤษฎีการเกิดสปีชีส์ใหม่อันเนื่องมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Theory of Natural Selection) ซึ่งลำดับแนวความคิดได้ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันย่อมแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย เรียกว่า variation
2. สิ่งมีชีวิตมีลูกหลานจำนวนมากตามลำดับเรขาคณิต แต่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดก็มีจำนวนเกือบคงที่เพราะมีจำนวนหนึ่งตายไป

3. สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องมีการต่อสู้เพื่อความอยู่รอด (struggle of existance) ลักษณะที่แปรผันบางลักษณะที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม ย่อมดำรงชีวิตอยู่ได้และสืบพันธุ์ถ่ายทอดไปยังลูกหลาน

4. สิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมที่สุดนั้นที่อยู่รอด และดำรงเผ่าพันธุ์ของตนไว้ และทำให้เกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติ เกิดความแตกต่างไปจากสปีชีส์เดิมมากขึ้นจนเกิดสปีชีส์ใหม่

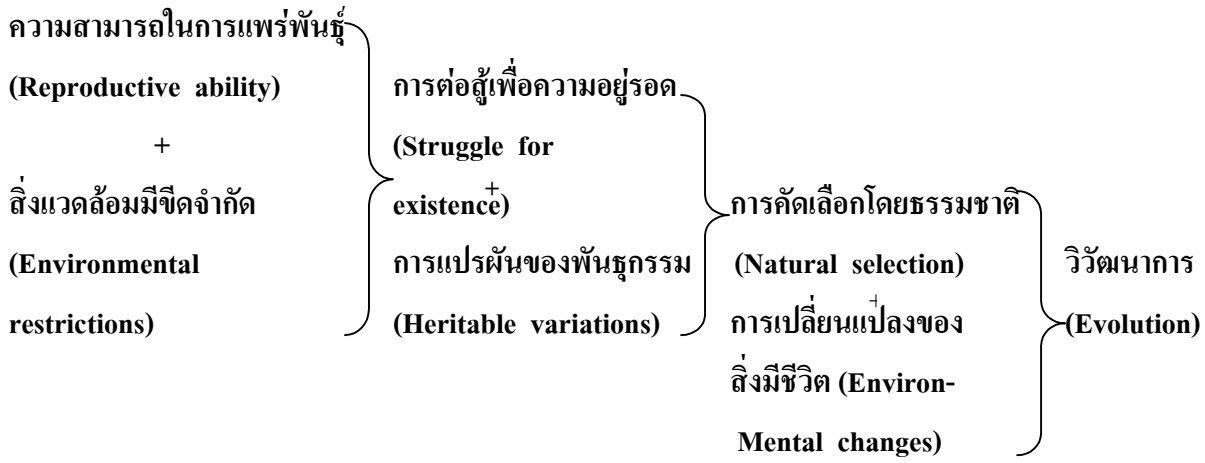
ในกรณียีราฟคอยาวนั้น ตามทฤษฎีของ Darwin ว่า ยีราฟมีบรรพบุรุษที่คอสั้น แต่เกิดมี variation ที่มีคอยาวขึ้น และหาอาหารพวกใบไม้ได้ดีกว่าตัวคอสั้น ซึ่งทำให้แย่งอาหารได้ดีกว่าพวกคอสั้น และแพร่ลูกหลานได้ ส่วนพวกคอสั้นหาอาหารได้ไม่ดี ในที่สุดก็จะตายไป จึงทำให้มียีราฟคอยาวเท่านั้นในปัจจุบัน



แสดงทฤษฎีการวิวัฒนาการของยีราฟของ Charles Darwin ด้วยวิธีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ดาร์วินได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งวิชาวิวัฒนาการ สรุปทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของเขาได้ดังนี้

“ความแปรผันที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตใด ๆ ก็ตามย่อมมีส่วนช่วยให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตได้ในสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ส่วนความแปรผันที่ไม่เหมาะสมทำให้สิ่งมีชีวิตถูกกำจัดไป ด้วยเหตุนี้เวลาล่วงเลยไปนานขึ้น ลักษณะที่เหมาะสมก็จะสะสมไปนานขึ้น เกิดสิ่งมีชีวิตแตกต่างจากเดิมมากมาย จนในที่สุดก็เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่”



แผนภูมิแสดงแนวความคิดหลักตามทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วินและวอลเลช

3. กลไกของวิวัฒนาการ

3.1 ความถี่ของยีนกับวิวัฒนาการ

วิวัฒนาการจะเกิดขึ้นได้ในระดับประชากรเท่านั้น ซึ่งประชากรก็หมายถึง กลุ่มที่สิ่งมีชีวิตที่เป็นชนิดเดียวกันสามารถผสมพันธุ์กันได้ตามธรรมชาติ การผสมพันธุ์กันได้ในกลุ่มเดียวกันทำให้มีการถ่ายทอด หรือแลกเปลี่ยนยีนกันได้อย่างอิสระ ถ้าพิจารณายีนทั้งหมดที่มีอยู่ในประชากรหนึ่งจะเรียกว่า กลุ่มของยีน หรือยีนพูล (gene pol)

พันธุศาสตร์เชิงประชากร (Population genetics)

ฮาร์ดี (G.H.Hardy) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ และไวน์เบอร์ก (W.Weinberg) นายแพทย์ชาวอเมริกัน นักพันธุศาสตร์ประชากรทั้ง 2 ได้แสดงด้วยหลักคณิตศาสตร์ว่า..."ถ้าประชากรมีขนาดใหญ่มาก และการผสมพันธุ์ในประชากรนั้นเป็นไปโดยไม่มีการเจาะจงคู่ หรือเป็นไปโดยวิธีสุ่ม (โดยไม่มีปัจจัยสำคัญภายนอกในการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน สัดส่วนของ alleles จะเป็นตัวกำหนดสัดส่วนของ Genotype และสัดส่วน genotype จะคงที่ในรุ่นต่อ ๆ ไปรุ่นแล้วรุ่นเล่า"

ข้อจำกัด (เงื่อนไข) ตามหลักเกณฑ์ของฮาร์ดี และไวน์เบิร์ก

1. ประชากรต้องมีขนาดใหญ่
2. การผสมพันธุ์ต้องเป็นแบบสุ่ม
3. ไม่มีการอพยพเข้าและอพยพออก
4. ไม่มีการคัดเลือกตามธรรมชาติ

สภาวะสมดุลฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก
(Hardy – Weinbery Equilibrium หรือ HWE)

ประชากรที่มีอัตราส่วนของยีนและจีโนไทป์คงที่นี้เรียกว่า เป็นประชากรที่สมดุล (Equilibrium population)

สมมติว่ามียีน 1 คู่ ซึ่งมี 2 alleles คือ A และ a อันมีอัตราส่วน p และ q ตามลำดับ

ดังนั้น ประชากรซึ่งมียีนนี้จะสร้างหน่วยสืบพันธุ์ 2 ชนิด คือ A และ a ในอัตราส่วน p และ q ตามลำดับ (เนื่องจากยีนมีเพียง 2 alleles คือ A และ a)

ดังนั้น $p + q = 1$

ดังนั้น อัตราส่วนของ genotype ในชั่วลูก จะได้จากการคูณกันระหว่างอัตราส่วนของหน่วยสืบพันธุ์ของพ่อและแม่ คือจะได้ว่า

$$\left[p(A) + q(a)\right]^2 = p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa)$$

หมายความว่า

genotype AA	จะมีอัตราส่วน =	p^2
genotype Aa	จะมีอัตราส่วน =	2 pq
genotype aa	จะมีอัตราส่วน =	q^2

ตัวอย่างที่ 1 ในประชากรของแมลงหวี่ชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกควบคุมโดย alleles A และ a ซึ่งมีสัดส่วนเป็น 70% กับ 30% ตามลำดับ จงหาสัดส่วนของ F_1 ซึ่งมี Genotype AA, Aa และ aa (ตามหลักเกณฑ์ของฮาร์ดีและไวน์เบิร์ก)

เนื่องจากความถี่ของยีน A และ a จะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะผ่านไปกี่ชั่วอายุก็ตาม

Alleles	**A = 70%**	**a = 30%**
A = 70%	AA = $\frac{70 \times 70}{10000}$ = 49%	Aa = $\frac{70 \times 30}{10000}$ = 21%
a = 30%	Aa = $\frac{70 \times 30}{10000}$ = 21%	aa = $\frac{30 \times 30}{10000}$ = 9%

ตอบ F_1 มี Gonotype AA = 49% หรือ = 49

Gonotype Aa = 42% หรือ = 42

Gonotype aa = 9% หรือ = 09

ตัวอย่างที่ 2 ในประชากรกลุ่มหนึ่งมีสมาชิกที่แสดงลักษณะเด่น (AA และ Aa) อยู่เท่ากับ 51% และแสดงลักษณะด้อยเท่ากับ 49% ถ้าประชากรนี้อยู่ในสภาพสมดุล จงหาอัตราส่วนของยีน (หน่วยสืบพันธุ์ที่นำ alleles A และ a)

วิธีทำ

q^2 = อัตราส่วนของ a a

ดังนั้น $q(a) = \sqrt{q^2} = \sqrt{0.49} = 0.7$

$P(A) = 1 - q = 1 - 0.7 = 0.3$

ตัวอย่างที่ 3 ในประชากรกลุ่มหนึ่งของหนูตะเภา พบว่ามีลักษณะขนสีดำ 51%1 ขนสีน้ำตาล 49% ถ้าประชากรนี้อยู่ในสภาพสมดุล ตามหลักของฮาร์ดีและไวน์เบิร์ก จงคำนวณหาสัดส่วนของยีน (ความถี่ของยีน) และส่วนของ genotype ของหนูในรุ่นต่อ ๆ ไป

จาก $[p(A) + q(a)]^2 = p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa)$

$q^2 = aa = 0.49$

$\therefore a = \sqrt{0.49} = 0.7$

นั่นคือ สัดส่วนของยีน $a = 0.7$

สัดส่วนของยีน $A = 1 - 0.7 = 0.3$

คำนวณหาสัดส่วนของ genotype ของหนูรุ่นต่อ ๆ ไป

$p^2 = AA = (0.3)^2 = 0.09$

$2pq = 2\ Aa = 2 \times 0.3 \times 0.7 = 0.42$

ตอบ หนูตะเภาขนสีดำ 51% (เป็นหนูขนสีดำพันธุ์แท้ 9% พันทาง 42% หนูตะเภาขนสีน้ำตาล 49%

3.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ยีน

3.2.1 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

3.2.2 มิวเทชั่น และการแปรผันทางพันธุกรรม

3.2.3 การอพยพ และการเคลื่อนย้ายประชากร

3.2.4 ขนาดของประชากร

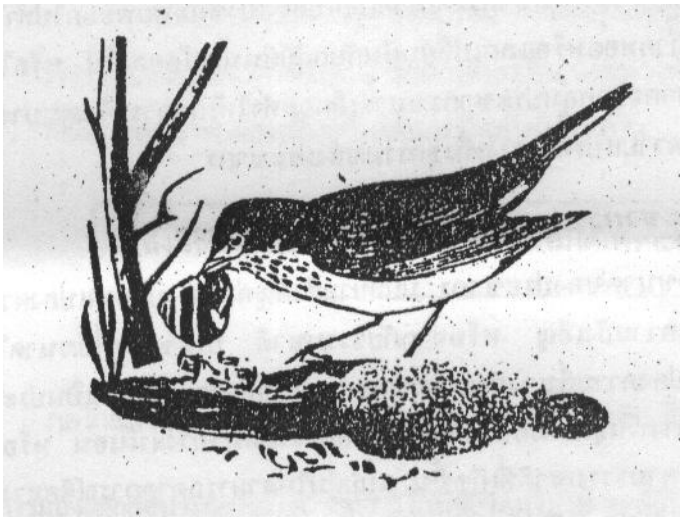
3.2.5 รูปแบบของการผสมพันธุ์

3.2.1 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีความสามารถในการสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนได้สูงมาก หากไม่มีปัจจัยจำกัดการเพิ่มจำนวนแล้ว สิ่งมีชีวิตทั้งหลายคงจะล้นโลกเป็นแน่ แต่ตามที่เป็นจริงจำนวนของสิ่งมีชีวิตค่อนข้างจะคงที่ เนื่องจากกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection)

กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ อาศัยหลักเกณฑ์พื้นฐานว่า จะไม่มีลักษณะทางกรรมพันธุ์ชุดเดียวที่เหมาะสมต่อสภาพการเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัย ฉะนั้น การคัดเลือกโดยธรรมชาติจึงต้องมีปัจจัยสำคัญ คือ ความสามารถในการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อการถ่ายทอดลักษณะแตกต่างที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และสิ่งมีชีวิตนั้นต้องอยู่ใต้อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ผลของการคัดเลือกโดยธรรมชาติ จะได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะสปีชีส์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดทางกรรมพันธุ์ ซึ่งเรียกว่า โพลี่มอร์ฟิซึม (polymorphism) อันเป็นผลมาจากขบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ดังนี้

สีและลวดลายบนเปลือกหอย หอยชนิด Cepaea nemoralis เปลือกมีสีเหลือง น้ำตาล ชมพู ส้มแดง และยังมีชนิดที่มีลวดลายเป็นเส้นพาดไปตามเปลือก จากการศึกษาพบว่า ในแหล่งที่อยู่ที่มีลักษณะเรียบ ๆ เช่น บริเวณโคลนตมหรือทราย จะพบหอยที่มีลักษณะเปลือกเป็นสีเรียบ ๆ มากกว่าลักษณะอื่น ๆ ส่วนในป่าหญ้าจะพบว่ามีหอยที่เปลือกลายมากกว่าลักษณะอื่น แต่ในที่บางแห่งก็พบหอยทั้งเปลือกมีลายและหอยเปลือกสีเรียบอยู่ในที่เดียวกัน ซึ่งพบว่าหอยเปลือกสีเรียบมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดีกว่าหอยเปลือกลาย ดังนั้น นอกจากความสัมพันธ์ของเหยื่อและผู้ล่าแล้ว ยังน่าจะเกี่ยวข้องกับการปรับตัวทางสรีระอีกด้วย



นกเป็นศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของหอย

สีของผีเสื้อกลางคืน ผีเสื้อกลางคืนชนิด Bristom betularia ซึ่งมีอยู่มากในประเทศอังกฤษ อาศัยอยู่ตามต้นไม้ที่มีไลเคนส์เกาะอยู่เต็ม สีตัวของมันจึงเป็นสีอ่อนจาง ซึ่งช่วยให้มันอำพรางตัวได้ดี จนกระทั่งประมาณปี 1845 เริ่มมีผู้พบผีเสื้อกลางคืนสปีชีส์เดียวกันนี้ แต่มีสีดำเข้มขึ้นกว่าเดิมปรากฏขึ้นในเขตเมืองแมนเชสเตอร์ ซึ่งเป็นเขตที่มีการอุตสาหกรรมใหญ่ และมีกลุ่มควันจากโรงงานอุตสาหกรรมทำลายพวกไลเคนส์ตามเปลือกไม้ และทำให้ไม้มีสีดำเต็มไปหมด และต่อมาในช่วงเวลาไม่ถึงร้อยปีพบผีเสื้อกลางคืนที่มีสีดำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกือบทั้งหมดเป็นผีเสื้อสีดำ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ เอช.บี.ดี.เคทเทิลเวลล์ (H.B.D. kettlewell) สันนิษฐานว่า การที่พวกผีเสื้อกลางคืนเปลี่ยนจากสีเทาอ่อนไปเป็นสีดำนี้ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของยีนและเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นประโยชน์ช่วยป้องกันผีเสื้อสีดำจากนกที่มาจับผีเสื้อกินในพื้นที่ซึ่งมีเขม่าควันดำเกาะตามเปลือกไม้ เคทเทิลเวลล์ได้ทดลองปล่อยผีเสื้อกลางคืนสีเทาอ่อนและสีดำไปในแถบเมืองที่เป็นแหล่งอุตสาหกรรม ผลปรากฏว่าหลังจากนั้น เขากลับมาจับผีเสื้อกลางคืน นับใหม่ปรากฏว่าได้ผีเสื้อสีดำกลับคืนมา 40% และสีเทาอ่อน 19% ในทางตรงข้ามเมื่อปล่อยผีเสื้อสีเทาอ่อนและสีดำไปในแถบชนบทปรากฏว่าจับผีเสื้อสีดำกลับคืนมาได้เพียง 6% ในขณะที่จับผีเสื้อสีเทาอ่อนกลับมาได้ 12.5% แสดงว่าเกิดการคัดเลือกทางธรรมชาติในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วโดยการกระทำของมนุษย์

นักชีววิทยาเรียกความแปรผันทางพันธุกรรม ซึ่งเป็นผลให้สิ่งแวดล้อมอยู่รอดเพื่อสืบทอดลูกหลานได้ดีว่า **การปรับพันธุกรรม (genetic adaption)** ดังนั้น ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่ในทุกวันนี้เป็นผลจากการปรับพันธุกรรม โดยกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ

3.2.2 มิวเทชันและความแปรผันทางพันธุกรรม

จากบทเรียนที่ผ่านมา นักเรียนคงจำได้ว่ามิวเทชันเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต มิวเทชันมีทั้งที่เกิดกับเซลล์ร่างกาย ซึ่งเรียกว่า โซมาติคมิวเทชัน และที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ เรียกว่า แกมีติคมิวเทชัน (Gametic mutation) มิวเทชันที่มีผลต่อขบวนการวิวัฒนาการมาก คือ มิวเทชันที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ เนื่องจากสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นต่อ ๆ ไปได้ มิวเทชันทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรม นอกจากนั้นในกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะมีการแบ่งเซลล์ด้วยวิธีไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในกระบวนการไมโอซิสจะมีครอสซิงโอเวอร์โดยมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโฮโมโลกัสโครโมโซม ซึ่งมีผลทำให้**อัลลีลของยีนเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งได้** รวมทั้งการรวมกลุ่มกันอย่างอิสระของโครโมโซมที่แยกตัวจากคู่ของมันแล้วเป็นผลให้ยีนต่าง ๆ ได้รวมกลุ่มกันใหม่ในแต่ละรุ่น ดังนั้น การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจึงช่วยให้ยีนต่าง ๆ ทั้งเก่าและใหม่ได้มีโอกาสรวมกลุ่มกัน (gene recombination) ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งขบวนการมิวเทชัน และขบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นสาเหตุที่ทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดความแปรผันทางพันธุกรรมมากมาย

3.2.3 การอพยพของสมาชิกในประชากร

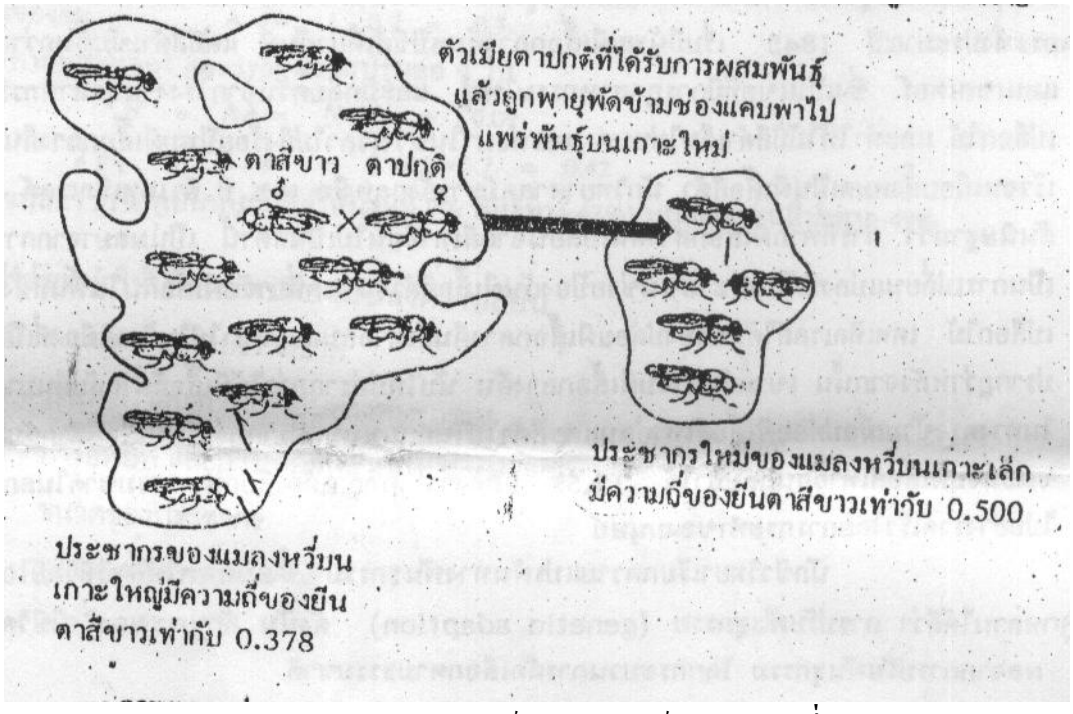
สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีการอพยพเข้าหรือออกของสมาชิก ส่งผลให้มีการหมุนเวียนพันธุกรรม หรือที่เรียกว่า **ยีนโฟลว์ (gene flow)** เกิดขึ้นระหว่างประชากรย่อย ๆ ซึ่งการอพยพจะทำให้

สัดส่วนของอัลลีลเปลี่ยนแปลงไป ในประชากรที่มีขนาดใหญ่ ๆ มาก ๆ การอพยพเข้าหรืออพยพออกของสมาชิกอาจจะเกือบไม่มีผลต่อสัดส่วนของยีนในกลุ่มประชากรเลย แต่ถ้าประชากรมีขนาดเล็กเมื่อมีสมาชิกอพยพออกไปทำให้กลุ่มประชากรสูญเสียยีนบางส่วน ทำให้มีโอกาสในการถ่ายทอดหรือแลกเปลี่ยนยีนกับกลุ่มยีนนั้นน้อยลงไป หรือไม่มีโอกาสเลย ในทางกลับกัน การอพยพเข้าของประชากรในกลุ่มประชากรขนาดเล็กจะทำให้เกิดการเพิ่มพูนบางส่วน หรือบางยีนใหม่เข้ามาในประชากร มีผลทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมของประชากร

3.2.4 ขนาดของประชากร

การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ยีน และโครงสร้างของยีนพูล ซึ่งเกิดจากโอกาสหรือความบังเอิญ หรือจากภัยธรรมชาติ ประชากรที่มีขนาดใหญ่และมีการผสมพันธุ์แบบสุ่ม จะไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนมากมายอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าเป็นประชากรขนาดเล็กจะมีผลอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงผกผันทางพันธุกรรมอย่างฉับพลันอย่างไม่มีทิศทางแน่นอน หรือการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนอย่างฉับพลันโดยเหตุบังเอิญตามธรรมชาติที่เกิดขึ้น แบบสุ่มไม่สามารถคาดการณ์ทิศทางการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนได้แน่นอนเช่นนี้ เรียกว่า **เจเนติก ดริฟต์ (genetic drift)**

เจเนติก ดริฟต์ เป็นกลไกที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการของสัตว์ชนิดที่เกิดขึ้นใหม่ตามหมู่เกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก ดังตัวอย่างแมลงหวี่ชนิดต่าง ๆ ที่เกิดบนหมู่เกาะฮาวาย



ภาพแสดงปรากฏการณ์เจเนติกดริฟต์ของแมลงหวี่

3.2.5 รูปแบบของการผสมพันธุ์

สิ่งมีชีวิตส่วนมากจะมีรูปแบบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอย่างเด่นชัด โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1. การผสมพันธุ์แบบสุ่ม เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นเป็นส่วนมากในประชากร ซึ่งการผสมพันธุ์แบบสุ่มนี้จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ยีนในแต่ละชั่วอายุมากนัก

2. การผสมไม่เป็นแบบสุ่ม เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นเป็นบางครั้ง โดยมีการเลือกคู่ผสมภายในกลุ่ม ซึ่งมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดการผสมพันธุ์ภายในสายพันธุ์เดียวกัน หรือที่เรียกว่า อินบรีดดิง (inbreeding) อันจะยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนในประชากรนั้นได้ เพราะถ้าเป็นการผสมภายในสายพันธุ์เดียวกัน และประชากรมีขนาดเล็ก ย่อมจะมีโอกาสที่ยีนบางยีนเพิ่มความถี่สูงขึ้นในรุ่นต่อมา และในที่สุดจะไม่มีการแปรผันของยีนเกิดขึ้น โดยส่วนใหญ่อาจเป็นสภาพโฮโมไซกัสและเป็นสาเหตุให้ยีนบางยีนมีความคงที่ (fix) และบางยีนสูญหายไป

4. การเกิดสปีชีส์ใหม่

สปีชีส์ หมายถึง กลุ่มหรือประชากรของสิ่งมีชีวิตที่มียีนพูลร่วมกันโดยที่สมาชิกของประชากรนั้นสามารถถ่ายทอดยีน หรือทำให้เกิดยีนโฟล์วระหว่างกันและกันได้ (สามารถผสมพันธุ์กันได้และมีลูกไม่เป็นหมัน)

สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันผสมพันธุ์กันไม่ได้เพราะกลไกแบ่งแยกทางการสืบพันธุ์

กลไกแบ่งแยกทางการสืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. กลไกการแบ่งแยกก่อนระยะไซโกต เป็นกลไกที่ป้องกันไม่ให้เซลล์สืบพันธุ์จากทั้ง 2 สปีชีส์ได้มาสัมผัสกัน เนื่องจาก

- เวลาในการผสมพันธุ์แตกต่างกัน (temporal isolation)
- สภาพนิเวศวิทยาที่ต่างกัน (ecological isolation) เช่นกบที่อาศัยในสระน้ำลึก ๆ กับพวกที่อาศัยและเพาะพันธุ์ในหนองบึงใหญ่ ๆ
- พฤติกรรมการเกี้ยวพาราสีที่ต่างกัน (behavioral isolation) เช่น มีสัญญาณ หรือฟีโรโมนที่ต่างกัน
- โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์แตกต่างกัน (mechanical isolation) ทำให้ผสมพันธุ์กันไม่ได้ระหว่าง 2 สปีชีส์
- สรีรวิทยาของเซลล์สืบพันธุ์ที่แตกต่างกัน (garnetic isolation) เช่น ละอองเรณูของมะม่วง ไปตกบนยอดเกสรตัวเมียของมะนาวจะไม่สามารถผสมกันได้

2. กลไกการแบ่งแยกระยะหลังไซโกต เมื่อกลไกการแบ่งแยกในระดับแรกล้มเหลว เกิดการผสมระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 สปีชีส์ (hybridization) เกิดลูกผสม (hybrid) ที่เป็นตัวเต็มวัย แต่ยีนโฟล์วระหว่างสปีชีส์ทั้ง 2 จะไม่เกิดเพราะไซโกต หรือลูกผสมมีองค์ประกอบของยีน (genome = จีโนม) ไม่สอดคล้องกันเกิดความผิดปกติขึ้นกับลูกผสมคือ

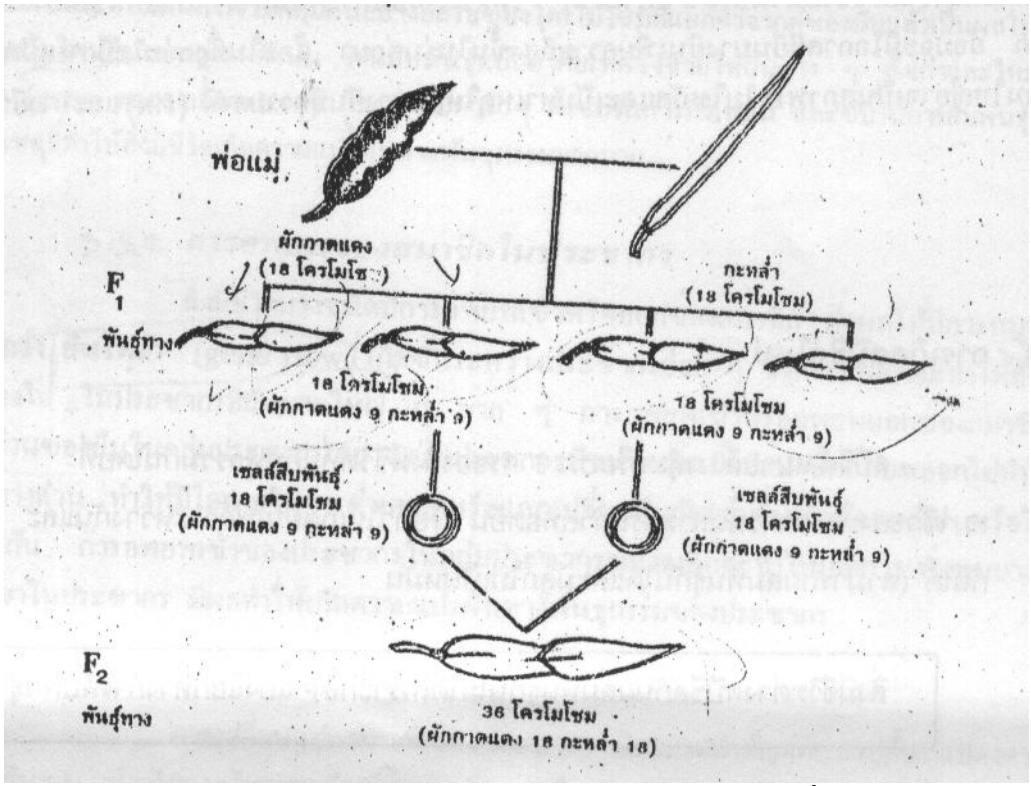
- ลูกผสมตาย (hybrid inviability) ก่อนที่จะถึงวัยเจริญพันธุ์
- ลูกผสมเป็นหมัน (hybrid sterility) ส่วนมากมักเกิดกับเพศผู้
- ลูกผสมล้มเหลว (hybrid breakdouwn) ลูกผสม F_1 มีความอ่อนแอ ให้กำเนิดลูกผสมรุ่น F_2 ได้แต่มักตายในระยะแรกของการเจริญ หรือเป็นหมัน

หมายเหตุ **จีโนม (Genome)** คือชุดของยีน หรือโครโมโซมที่สมบูรณ์ 1 ชุด (ของพวกที่มีโครโมโซมเป็น haploid)

กระบวนการสำคัญที่นำไปสู่การวิวัฒนาการ และการเกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ ๆ เรียกว่า... สปีชีส์เอชัน (Speciation) ซึ่งเกิดจากกลไกสำคัญ 2 ประการ คือ

1. การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมตามกาลเวลา (การแยกกันตามสภาพภูมิศาสตร์) - ทำให้ขาดการแลกเปลี่ยนยีนซึ่งกันและกัน จนทำให้เกิดความแตกต่างทางด้านพันธุกรรมขึ้นจนไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้

2. การเปลี่ยนแปลงของยีนและโครโมโซม (การแยกกันในเชิงการสืบพันธุ์) - ทำให้การถ่ายทอดยีนหรือการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างกลุ่มย่อยต้องหยุดชะงักลง



แสดงลักษณะและการผสมระหว่างผักกาดแดงกับกะหล่ำ

โพลีพลอยดี (Polyploidy) หมายถึง.....การเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซม (Chromosome) จาก 2n $\rightarrow$ 3n $\rightarrow$ 4n ฯลฯ ซึ่งนับว่ามีผลในการวิวัฒนาการ คือทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตใหม่ ๆ (Species ใหม่ ๆ) และถือว่า.....มีผลดีในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

วิวัฒนาการในโลกที่กำลังพัฒนา

- **วิวัฒนาการกับมลภาวะ** ปัจจุบันปัญหามลภาวะทำให้สิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวให้อยู่รอดมิฉะนั้นจะถูกคัดเลือก หรือกำจัดออกไป เช่น แบคทีเรียบางชนิดสามารถอาศัยอยู่ในบ่อน้ำร้อนบางชนิดอยู่ในน้ำเสีย แหล่งทิ้งเศษเหล็ก หรือสังกะสี นักวิทยาศาสตร์สามารถสกัดเอาเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ DNA ซึ่งเป็นเทคโนโลยียุคใหม่สามารถใช้จุลินทรีย์มาทำลายโลหะในน้ำ หรือกำจัดอินทรียสารในน้ำได้

- **การคัดเลือกตามธรรมชาติในคน** การวิวัฒนาการโดยการคัดเลือกตามธรรมชาติเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตทุก ๆ ชนิด รวมทั้งคน เช่น การระบาดของ**โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ (sickle cell anemia)** ถูกควบคุมโดยยีนด้อยในออโตโซม

  - คนที่มีจีโนไทป์ ($Hb^{\wedge}/Hb^{\wedge}$ = โฮโมไซโกต) ซึ่งเป็นยีนด้อยจะแสดงอาการโลหิตจางรุนแรงถึงตายตั้งแต่วัยเยาว์

  - คนที่มีจีโนไทป์ ($Hb^{\wedge}/Hb^{\wedge}$ = โฮโมไซโกต) สำหรับยีนเด่น มีเลือดปกติ (แต่คนปกติมักเสียชีวิตด้วยไข้มาเลเรีย หากได้รับเชื้อชนิดรุนแรง)

  - คนที่มีจีโนไทป์ ($Hb^{\wedge}/Hb^{\wedge}$ = เฮเตอโรไซโกต) จะมีเลือดปกติ และทนทานต่อเชื้อมาเลเรียได้ดีกว่าพวก ($Hb^{\wedge}/Hb^{\wedge}$ ดังนั้นประชากรที่อยู่ในถิ่นที่มีไข้มาเลเรียชุกชุม จะพบยีนฮีโมโกลบิน Hb^{S} ในสัดส่วนที่สูงตามไปด้วย เพราะมีเชื้อมาเลเรียเป็นปัจจัยสำคัญของพลังการคัดเลือกที่สำคัญ

  - โรคทาลัสซีเมียทั้งแบบ α และแบบ β

  จะพบในอัตราสูงในประชากรคนไทยบางท้องที่ เชื่อว่ามีความสัมพันธ์กับการระบาดของเชื้อไข้มาเลเรีย โดยกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติเช่นเดียวกัน

- **วิวัฒนาการร่วมกัน (coevolution)** หมายถึง การวิวัฒนาการร่วมกันของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดจนสามารถอยู่ร่วมกันได้ในสภาวะสมดุล เช่น การคัดเลือกตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นกับพันธุ์กระต่ายที่ต้านทานเชื้อไวรัสและที่เกิดขึ้นกับพันธุ์ไวรัสชนิดที่ไม่รุนแรงที่จะทำให้กระต่ายตาย ส่งผลให้ทั้งกระต่ายและไวรัสสามารถปรับตัวร่วมกันและวิวัฒนาการร่วมกันมาได้จนถึงสภาวะสมดุล

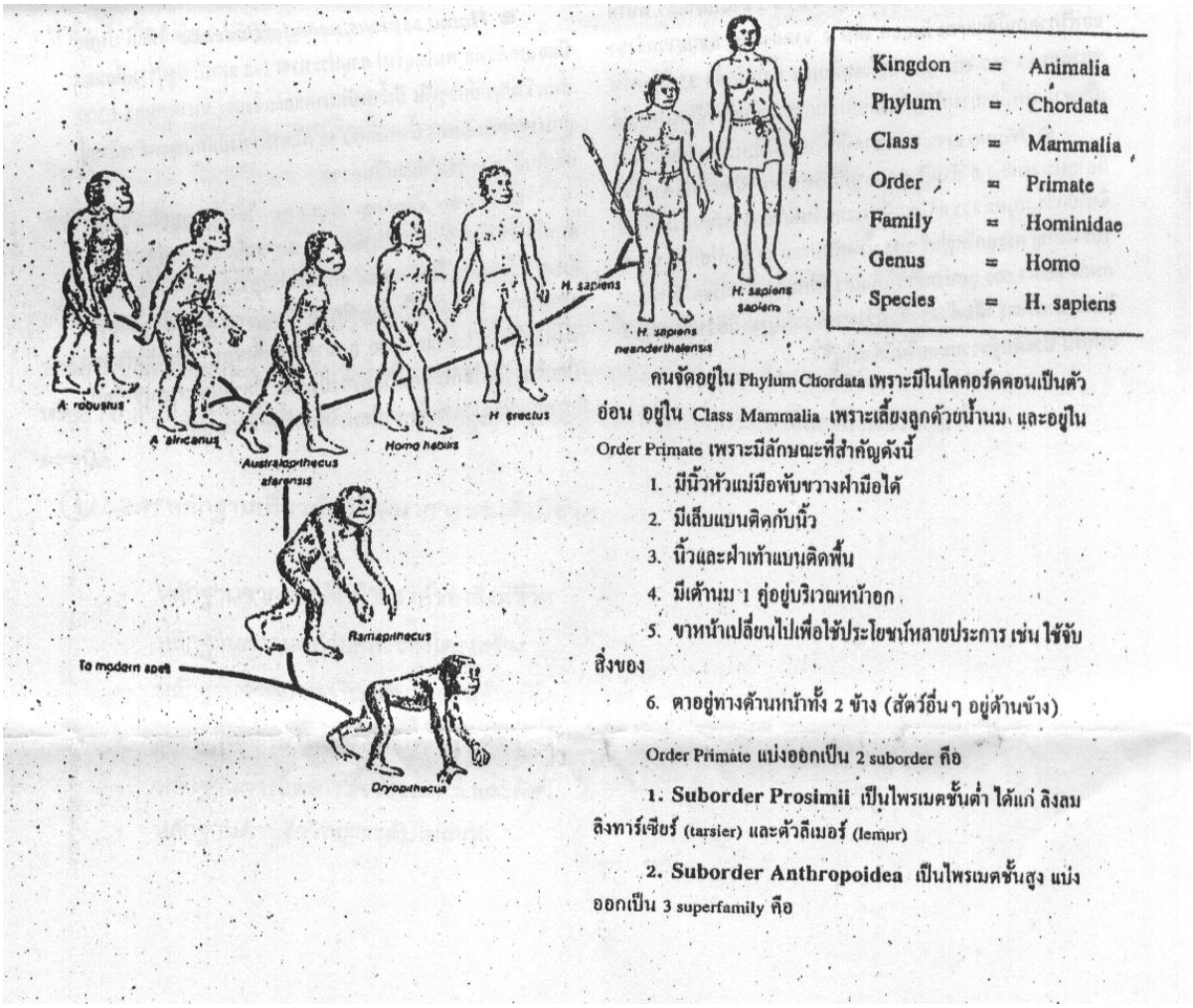
หมายเหตุ

การวิวัฒนาการร่วมกันมักพบอยู่เสมอ ๆ ระหว่าง **พืช** กับ **เชื้อแบคทีเรีย** หรือ **พืช** กับ **เชื้อไวรัส** หรือ **สัตว์** กับ **จุลินทรีย์ต่าง ๆ** แม้กระทั่ง**ไวรัสโรคเอดส์ (HIV)** ก็อยู่ระหว่างกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติและการปรับตัวพร้อม ๆ กับการปรับตัวของมนุษย์ในเชิงการพัฒนาภูมิคุ้มกันเพื่อต่อต้านกับภัยจากเชื้อโรคดังกล่าว

- **เชื้อโรคดื้อยา** ยารักษาโรค และยาปฏิชีวนะที่นำมาใช้รักษาโรคที่ติดเชื้อแบคทีเรียอย่างได้ผลในอดีต ปัจจุบันพบว่าแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะดังกล่าว จึงรักษาโรคไม่หาย (เพราะเกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติโดยกลไกทางพันธุกรรมของเชื้อแบคทีเรีย) ยกเว้น เพนนิซิลิน เป็นยาปฏิชีวนะชนิดแรกที่ยังมีประสิทธิภาพดีอยู่จนถึงปัจจุบัน

- **การดื้อสารฆ่าแมลง** เช่น การใช้ดีดีที มาฆ่าแมลงศัตรูพืช ครั้งแรกได้ผลเกือบ 100% ต่อมามีแมลง สามารถดื้อยาเพิ่มขึ้น เกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติขึ้น บทเรียนดังกล่าวช่วยสอนให้มนุษย์ต้องใช้ความระวังอย่างมากในการนำสารเคมีชนิดใหม่ ๆ มาใช้ฆ่าแมลงศัตรู และแมลงพาหะในปัจจุบัน (สิ่งที่ดีที่สุดสำหรับธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม คือ **การนำสารเคมี** หรือ **ยาธรรมชาติที่สกัดจากพืชสมุนไพร** มาใช้ในทางการเกษตรและทางการแพทย์ตามแบบของเทคโนโลยีที่ได้จากภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น ชาวไทยและชาวเอเชียทั้งหลาย

5. วิวัฒนาการของมนุษย์



คนจัดอยู่ใน Phylum Chordata เพราะมีโนโตคอร์ดตอนเป็นตัวอ่อน อยู่ใน Calss Mammalia เพราะเลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และอยู่ใน Order Primate เพราะมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. มีนิ้วหัวแม่มือพับขวางฝ่ามือได้
2. มีเล็บแบนติดกับนิ้ว
3. นิ้วและฝ่าเท้าแบนติดพื้น
4. มีเต้านม 1 คู่อยู่บริเวณหน้าอก
5. ขาหน้าเปลี่ยนไปเพื่อใช้ประโยชน์หลายประการ เช่น ใช้จับสิ่งของ
6. ตาอยู่ทางด้านหน้าทั้ง 2 ข้าง (สัตว์อื่น ๆ อยู่ด้านข้าง)

Order Primate แบ่งออกเป็น 2 suborder คือ

1. Suborder Prosimil เป็นไพรเมตชั้นต่ำ ได้แก่ ลิงลม ลิงทาร์เซียร์ (tarsier) และตัวลีเมอร์ (lemur)

2. Suborder Anthropoidea เป็นไพรเมตชั้นสูง แบ่งออกเป็น 3 superfamily คือ

2.1 Superfamily Ceboidea ได้แก่ ลิงมีหางโลกใหม่ (new world monkey) เช่น ลิงมาโมเซต (marmoset) ลิงโฮวเลอร์ (howler) ลิงคาปูชิน (capuchin)

2.2 Superfamily Cercopithecoidea ได้แก่ ลิงมีหางโลกเก่า (old world monkey) เช่น ค่า ลิงแสม ลิงกัง ลิงบาบูน ลิงวอก เป็นต้น

2.3 Superfamily Hominoidea แบ่งออกเป็น 2 Family คือ

1) Family Pongidae จัดเป็นพวกลิงไม่มีหาง (ape) ได้แก่ ชะนี อุรังอุตัง กอริลลา และชิมแพนซี

2) Family Horninidae ได้แก่ มนุษย์

วิวัฒนาการของมนุษย์แยกจากลิงโลกเก่าเป็นลิงไม่มีหาง (ape) และมีขนาดใหญ่ โดยมีลำดับของวิวัฒนาการ ดังนี้

- **Ramapithecus** ยังเป็นลักษณะคล้ายลิงมาก จึงเรียกว่า **มนุษย์วานร (ape man)** มีเขี้ยวยาวไม่เกินระดับฟันอื่น ๆ ในแถวเดียวกัน เดิน 2 ขา มีชีวิตอยู่ประมาณ 10 - 14 ล้านปี ขนาดสมอง 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม
- **Homo habilis** มีอายุประมาณ 2 ล้านปีมาแล้ว พบในแอฟริกาตอนใต้และตะวันออก เดิน 2 ขาคล้ายคน แขนยาวกว่าขา ขนาดสอง 650 – 800 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนักตัว 35 กิโลกรัม เป็นพวกแรกที่สามารถใช้เครื่องมือหินในการแล่เนื้อสัตว์เป็นอาหารได้
- **Homo erectus** ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในทวีปแอฟริกา มีอายุประมาณ 1.6 ล้านปี นอกจากนี้ยังพบในทวีปเอเชียที่เกาะชวา จึงเรียกว่า **มนุษย์ชวา** และพบที่ประเทศจีนที่เรียกว่า **มนุษย์ปักกิ่ง** มีรูปร่างใหญ่ กระดูกแข็งแรง น้ำหนักประมาณ 55 กิโลกรัม ขนาดสมอง 800 – 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นพวกแรกที่รู้จักใช้ไฟช่วยในการทำอาหาร เดินตัวตรงขึ้นกว่าพวกบรรพบุรุษ ถือว่าเป็นมนุษย์แรกเริ่มประดิษฐ์ขวานแบบไม่มีด้ามได้
- **Australopithecus** มีชีวิตอยู่เมื่อ 3 – 5 ล้านปี ยังไม่รู้จักประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ แต่สามารถนำวัสดุต่าง ๆ ในธรรมชาติมาใช้เป็นเครื่องมือได้ สายที่วิวัฒนาการไปเป็นมนุษย์มาจาก Australopithecus afarensis ซึ่งเดินอยู่บนพื้นราบ กินทั้งผลไม้และเมล็ดพืชเป็นอาหาร มีขนาดสมองใกล้เคียงลิงอุรังอุตัง คือประมาณ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงประมาณ 4 ฟุต น้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม เดินเกือบตรง มีลักษณะคล้ายลิงคือ ขากรรไกรใหญ่ ฟันใหญ่ กะโหลกเล็ก และไม่มีคาง

- **Homo sapiens neanderthalensis** ได้แก่ มนุษย์นีแอนเดอร์ทัล พบในยุโรป อายุประมาณ 1- 2 แสนปี มีรูปร่างเตี้ยและสั้นกว่ามนุษย์ปัจจุบัน มีน้ำหนักมากและแข็งแรง ขนาดสมอง 1,300 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนักตัว 55 กิโลกรัม ยังมีลักษณะคล้ายลิงอยู่ แต่เดินตัวตรง รู้จักใช้หินเป็นอาวุธ
- **Homo sapiens sapiens** ได้แก่ มนุษย์โครมายอง พบเมื่อ 25,000 – 50,000 ปีมาแล้ว ความสูงเฉลี่ยชาย 6 ฟุต หญิง 5 ฟุต 5 นิ้ว ขายาว ใช้เท้าคล่อง ลักษณะเหมือนมนุษย์ปัจจุบัน หน้าผากตั้งตรง หักคิ้วไม่เป็นสัน มีคาง ฟันและขากรรไกรไม่ยื่นงองุ้ม กะโหลกใหญ่ประมาณ 1,400 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม รู้จักใช้กระดูกเป็นเครื่องประดับ มีความสามารถเชิงศิลป์ มีการแกะสลักไว้ตามถ้ำ พบในประเทศฝรั่งเศสและสเปน