

# การคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection)

ผศ.ดร.สุมิตรา วิสุทธิธรรม

สิ่งมีชีวิตมีกำเนิดบนโลกนี้เมื่อประมาณ 3,500 ล้านปีมาแล้ว ในช่วงเวลาอันยาวนานนี้ สิ่งมีชีวิตเริ่มแรกได้มีวิวัฒนาการก่อให้เกิดสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด ทั้งที่ยังดำรงอยู่ในปัจจุบันและที่สูญพันธุ์ไปแล้ว สิ่งมีชีวิตหลากหลายในปัจจุบันจึงมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมไปตามกาลเวลา เป็นการเปลี่ยนแปลงหลาย ๆ ด้าน ทั้งรูปร่าง สรีระวิทยา และพฤติกรรม และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ทีละเล็กทีละน้อย ใช้ระยะเวลายาวนาน

ชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin, ค.ศ.1809 – 1882) นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษเสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยมีหลักฐานสนับสนุนว่าสิ่งมีชีวิตหลากหลายสปีชีส์ที่ดำรงอยู่ในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงมาจากสิ่งมีชีวิตดั้งเดิม โดยการสืบทอดลักษณะที่ปรับเปลี่ยนทีละเล็กทีละน้อยของบรรพบุรุษ (descent with modification) และอธิบายว่าวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นโดยการคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection) กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวได้ดีจะมีชีวิตอยู่รอดได้มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวได้ และถ่ายทอดลักษณะที่ปรับเปลี่ยนไปยังชั่วรุ่นถัดไป เมื่อเวลาผ่านไปลักษณะที่ปรับเปลี่ยนซึ่งเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมจึงเพิ่มมากขึ้นในแต่ละชั่วรุ่น ขณะที่ลักษณะที่ไม่เหมาะสมลดน้อยหรืออาจหายไป จนในที่สุดเกิดเป็นสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างจากเดิมกลายเป็นสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่

วิวัฒนาการโดยการคัดเลือกตามธรรมชาติตามแนวคิดของดาร์วิน มาจากข้อสังเกตที่เป็นสภาวะธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต 4 ข้อ คือ

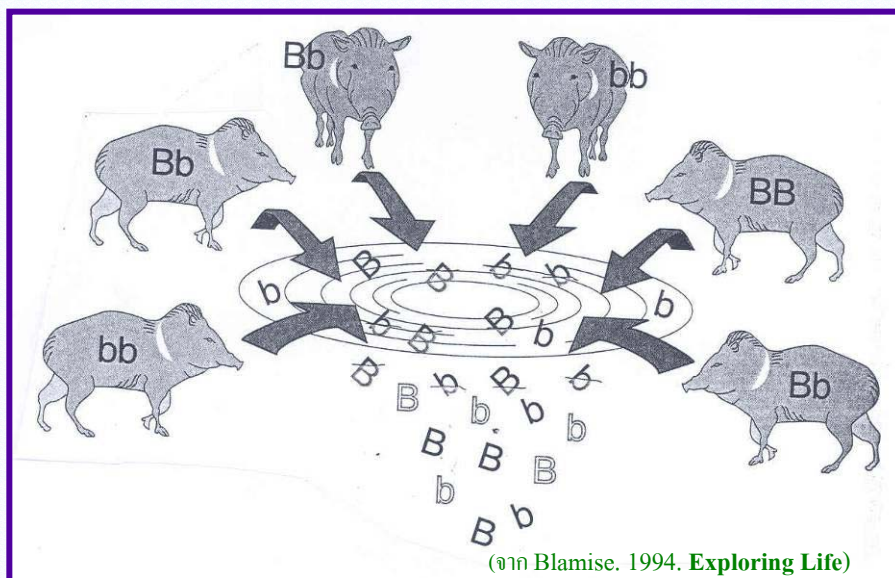
- การผลิที่มากเกินไป (overpopulation) หมายถึง การที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่างผลิตรุ่นลูกจำนวนมาก ส่งผลให้จำนวนบุคคลในประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแต่ละชั่วรุ่น
- ข้อจำกัดต่อการเติบโตของประชากร (limits on population growth) การที่จำนวนบุคคลในแต่ละชั่วรุ่นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการแย่งชิงทรัพยากรที่จำเป็นในการดำรงชีพ เช่น อาหาร น้ำ ที่อยู่อาศัย ที่หลบภัย และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอยู่จำกัด ในที่สุดจะมีบุคคลเพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้นที่เหลือรอด
- ความแปรผัน (variation) หมายถึง ความแปรผันของลักษณะระหว่างบุคคล ซึ่งเป็นชนิดเดียวกัน เช่น คนแต่ละคน หรือต้นไม้แต่ละต้น หรือสัตว์แต่ละตัว มีลักษณะที่ต่างกันอย่างที่สภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ ลักษณะบางลักษณะมีความได้เปรียบในการแข่งขัน ส่งผลให้บุคคลที่มีลักษณะนั้นสามารถอยู่รอดได้

- ง. ความแตกต่างในความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (differential reproductive success) การที่บุคคลที่มีลักษณะเหมาะสมในสภาวะแวดล้อมหนึ่งสามารถปรับตัวเหลือรอดและสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกได้จำนวนมาก ขณะที่พวกที่มีลักษณะไม่เหมาะสมผลิตรุ่นลูกได้จำนวนน้อย หรืออาจตายก่อนที่จะได้สืบพันธุ์ ลักษณะนั้น ๆ จึงไม่ถูกถ่ายทอดสู่รุ่นต่อไป

จากความจริงที่เป็นสภาวะตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตข้างต้น การคัดเลือกตามธรรมชาติจึงเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามในขณะนั้นคาร์วิน ไม่สามารถอธิบายว่าการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นสู่รุ่นเกิดขึ้นได้อย่างไร แม้ว่าในเวลาเดียวกัน เกรเกอร์ โยฮันส์ เมนเดล ได้เสนอกฎการถ่ายทอดลักษณะขึ้นแล้ว ต่อเมื่อมีการค้นพบงานของเมนเดล และความรู้ทางพันธุกรรมมีมากขึ้น จึงมีการนำความรู้ทางพันธุศาสตร์มาอธิบายการถ่ายทอดลักษณะจากชั่วรุ่นหนึ่งไปยังอีกชั่วรุ่นหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ความแปรผันของลักษณะระหว่างบุคคลในประชากร และนำมาศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยศึกษาโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากร ซึ่งการคัดเลือกตามธรรมชาติที่เกิดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรทีละน้อยตามระยะเวลาที่ผ่านไปจนกระทั่งประชากรใหม่มีพันธุกรรมแตกต่างจากประชากรเดิม

## พันธุศาสตร์ประชากร (Population genetics)

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นในระดับประชากร ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ประชากรจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญ **ประชากร (population)** หมายถึง สิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่ง ๆ ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ในช่วงเวลาหนึ่ง สมาชิกภายในประชากรสามารถผสมพันธุ์กันและสืบทอดลักษณะต่อ ๆ ไปได้ สิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์มีการกระจายตัวอาศัยอยู่ทั่วไปบนโลก โดยเป็นประชากรกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างทางพันธุกรรมแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น มนุษย์มีการกระจายตัวอยู่บนทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก เช่น ประชากรชาวไทย ประชากรชาวอเมริกัน และประชากรชาวแอฟริกัน เป็นต้น สมาชิกของประชากรหนึ่ง ๆ มียีนพูล (gene pool) แผลงเดียวกัน ยีนพูล หมายถึง ยีนทั้งหมดในประชากร ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ยีนพูลจึงประกอบด้วยแอลลีลของยีนทุกยีนที่อยู่ในสมาชิกของประชากร ขณะที่จีโนมไทป์ของสมาชิกแต่ละบุคคลมีแอลลีลของยีนแต่ละยีนอยู่เพียงสองแอลลีล (เพราะสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่เป็นดิพลอยด์) ดังนั้นในการเปรียบเทียบพันธุกรรมระหว่างประชากรจึงนิยมใช้ยีนพูล



รูปที่ 1 ยีนพูลของประชากรสัตว์ชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแอลลีลทุกแอลลีลของยีนแต่ละยีน ในภาพแสดงความถี่ของแอลลีล B และ แอลลีล b โดยแอลลีลเหล่านี้มาจากสมาชิกที่มีจีโนไทป์ต่างกัน 3 แบบ คือ BB Bb และ bb

ยีนพูลของประชากรศึกษาได้จากความถี่ของแอลลีล (allele frequency) หรือความถี่ของยีน (gene frequency) และความถี่ของจีโนไทป์ (genotypic frequency) ตัวอย่างเช่น ประชากรหนึ่งประกอบด้วยสมาชิกทั้งหมด 1,000 คน สมมติให้ยีนที่ควบคุมลักษณะหนึ่งในประชากรนี้ประกอบด้วย 2 แอลลีล คือ B และ b และสำรวจจีโนไทป์ของสมาชิกได้ผล ดังนี้

จีโนไทป์	จำนวน (ตัว)	ความถี่จีโนไทป์
BB	490	0.49
Bb	420	0.42
bb	90	0.09
รวม	1,000	1.00

จากจำนวนสมาชิกที่มีจีโนไทป์ต่าง ๆ กันนี้นำมาคำนวณความถี่ของจีโนไทป์และความถี่ของแอลลีล เพื่อแสดงยีนพูลของประชากรได้ ดังนี้

ความถี่ของจีโนไทป์หนึ่ง ๆ คือ สัดส่วนระหว่างบุคคลที่มีจีโนไทป์นั้นต่อจำนวนบุคคลทั้งหมดในประชากร ในตัวอย่างข้างต้น ความถี่ของจีโนไทป์ BB คือ  $1490/1000$  หรือ 0.49 และความถี่ของจีโนไทป์ Bb และ bb เท่ากับ 0.42 ( $42/1000$ ) และ 0.09 ( $90/1000$ ) ตามลำดับ เป็นต้น สำหรับความถี่ของแอลลีลหนึ่ง ๆ คือ จำนวนแอลลีลนั้นต่อจำนวนแอลลีลทั้งหมดของยีนหนึ่ง ๆ

ในประชากร เช่น ความถี่ของแอลลีล B เท่ากับจำนวนแอลลีล B ทั้งหมดหารด้วยผลรวมของจำนวนแอลลีล B และแอลลีล b ในประชากร โดยที่ในจีโนไทป์ของแต่ละบุคคลยีนหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยสองแอลลีล ดังนั้นประชากรตัวอย่างจึงมีจำนวนแอลลีลของยีนแต่ละยีนเท่ากับ 2,000 ( $2 \times 1,000$ ) แอลลีล เพราะฉะนั้นความถี่ของแอลลีล B จึงคำนวณจาก จำนวนบุคคลที่มีจีโนไทป์ BB 490 คน ซึ่งคิดเป็นจำนวนแอลลีล B ได้ 980 ( $490 \times 2$ ) แอลลีล รวมกับจำนวนแอลลีล B 420 แอลลีลจากบุคคลที่มีจีโนไทป์ Bb 420 คน จำนวนของแอลลีล B ในประชากรนี้จึงเท่ากับ 1400 ( $980 + 420$ ) แอลลีล คิดเป็นความถี่ของแอลลีล B ได้เท่ากับ 0.7 ( $1400/2000$ ) ในทำนองเดียวกันจำนวนแอลลีล b เท่ากับ 0.3 ( $600/2000$ ) ซึ่งเมื่อรวมความถี่ของแอลลีล B และแอลลีล b มีค่าเท่ากับ 1 ( $0.7 + 0.3$ )

เมื่อระยะเวลาผ่านไปมีการเปลี่ยนแปลงยีนพูลของประชากร โดยสำรวจพบว่าความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ต่างไปจากเดิม แสดงว่าประชากรมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในแต่ละชั่วรุ่น แสดงว่าประชากรนั้นไม่มีวิวัฒนาการนั่นเอง ประชากรที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในแต่ละชั่วรุ่น เป็นประชากรที่มีความสมดุลทางพันธุกรรม (genetic equilibrium) เรียกว่า ประชากรในภาวะสมดุล (equilibrium population)

ในปี ค.ศ. 1908 ก๊อดเฟร็ด ฮาร์ดี (Godfrey Hardy) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ และวิลเฮล์ม ไวน์เบิร์ก (Wilhelm Weinberg) อธิบายความสมดุลทางพันธุกรรมของประชากรโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันเรียกว่า หลักฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Hardy-Weinberg Principle) โดยอธิบายว่า “ในประชากรขนาดใหญ่ที่มีการผสมพันธุ์ระหว่างสมาชิกแบบสุ่ม (random mating) ถ้าไม่มีการกลาย การอพยพ และการคัดเลือกตามธรรมชาติเกิดขึ้น ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในรุ่นถัดไปจะไม่เปลี่ยนแปลง

จากหลักฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กำหนดให้ยีนพูลของประชากรหนึ่งมีความถี่ของแอลลีลที่ 1 (สมมติให้เป็นแอลลีลเด่น) = p และความถี่ของแอลลีลที่ 2 (สมมติให้เป็นแอลลีลด้อย) = q โดย  $p+q$  มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นความถี่ของจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ในประชากรจึงมีค่า ดังต่อไปนี้

$$\text{ความถี่ของจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัสโดมิแนนท์} = p^2$$

$$\text{ความถี่ของจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัสรีเซสซีฟ} = q^2$$

$$\text{และ ความถี่ของจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซกัส} = 2pq$$

เพราะฉะนั้นความถี่รวมของจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ในประชากร คือ  $p^2 + 2pq + q^2$  และเขียนเป็นสมการการกระจายความถี่ของจีโนไทป์ต่าง ๆ ในประชากรได้ ดังนี้

$$p^2 + 2pq + q^2 = (p + q)^2 \text{ เพราะว่า } p + q = 1 \text{ จึง}$$

$$\text{แปลงสมการเป็น } p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

สมการนี้เรียกว่า สมการฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก สามารถใช้สมการนี้ในการตรวจสอบความถี่ของ แอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรที่อยู่ในภาวะสมดุลได้

ประชากรตามหลักฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก เป็นประชากรในอุดมคติ ความสมดุลทางพันธุกรรมของประชากรเกิดขึ้นได้ภายใต้ข้อสมมติ (assumption) ต่อไปนี้

1. ประชากรขนาดใหญ่ (large population) จำนวนสมาชิกในประชากรมีมาก ดังนั้นเมื่อสูญเสียบุคคลที่มีจีโนไทป์ใดจีโนไทป์หนึ่งไปโดยบังเอิญจึงไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล เช่น ในประชากรตัวอย่างข้างต้น ถ้ามีการสูญเสียบุคคลที่มีจีโนไทป์ BB ไปบังโดยบังเอิญ ความถี่ของแอลลีล B ในยีนพูลไม่เปลี่ยนแปลง
2. การผสมแบบสุ่ม (random mating) หมายถึง การที่บุคคลที่มีจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ในประชากรไม่มีการเลือกจีโนไทป์ในการผสมพันธุ์ เช่น ประชากรที่มีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ BB, Bb และ bb บุคคลที่มีจีโนไทป์ BB มีโอกาสผสมพันธุ์กับบุคคลที่มีจีโนไทป์ BB หรือ Bb หรือ bb ได้เท่าเทียมกัน
3. ไม่มีการกลาย (no mutation) ในประชากรไม่มีการกลายของยีน เช่น การกลายของแอลลีล b เป็นแอลลีล B หรือ การกลายของแอลลีล B เป็นแอลลีล b เกิดขึ้น จึงไม่มีการเพิ่มหรือการสูญเสียแอลลีลใดจากประชากร
4. ไม่มีการอพยพ (no migration) สมาชิกของประชากรไม่มีการย้ายออกไป และไม่มีสมาชิกจากประชากรกลุ่มอื่นอพยพย้ายเข้ามา จึงไม่มีการนำแอลลีลออก หรือเข้าสู่ประชากร
5. ไม่มีการคัดเลือกตามธรรมชาติ (no natural selection) บุคคลที่มีจีโนไทป์ต่าง ๆ ในประชากรสามารถเติบโตจนถึงวัยเจริญพันธุ์ และสืบพันธุ์ถ่ายทอดยีนของแต่ละบุคคลไปยังชั่วรุ่นถัดไปได้เท่าเทียมกัน

ในธรรมชาติประชากรที่มีความสมดุลทางพันธุกรรมมีน้อยมาก ส่วนใหญ่แล้วประชากรมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล และความถี่ของจีโนไทป์อยู่ตลอดเวลา โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงทีละน้อยเพื่อตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปภายในช่วงเวลาสั้น ๆ จัดเป็นวิวัฒนาการในระดับจุลภาค (microevolution) ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร คือ ปัจจัยที่มีผลตรงกันข้ามกับข้อสมมติของหลักฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กที่กล่าวไว้ข้างต้น เช่น ประชากรขนาดเล็กมีจำนวนสมาชิกน้อย ประชากรขนาดใหญ่ที่ลดขนาดลงอย่างฉับพลัน มีการผสมพันธุ์ระหว่างสมาชิกในประชากรแบบเลือกลักษณะหรือเลือกจีโนไทป์ มีการอพยพของสมาชิกต่างประชากรเข้ามาอย่างต่อเนื่อง มีการกลายซึ่งก่อให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรม

ระหว่างบุคคลในประชากร และมีการคัดเลือกตามธรรมชาติเกิดขึ้น เป็นต้น ดังนั้นเมื่อมีปัจจัยเหล่านี้เกิดขึ้นกับสมาชิกของประชากร จะส่งผลให้ประชากรมีวิวัฒนาการ

## การคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection)

ตามทฤษฎีของดาร์วิน การคัดเลือกตามธรรมชาติเป็นกลไกการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยสมาชิกที่ประสบความสำเร็จในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมมีโอกาสอยู่รอดและสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นลูกได้มากกว่าสมาชิกที่ไม่สามารถปรับตัวได้ กล่าวคือ ในประชากรหนึ่งประกอบด้วยสมาชิกที่มีลักษณะทางฟีโนไทป์หลากหลายโดยส่วนใหญ่เป็นลักษณะที่กำหนดโดยพันธุกรรม ในสภาวะแวดล้อมบางสภาวะอาจมีลักษณะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ขณะที่บางลักษณะเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมสามารถอยู่รอดและดำรงชีวิตต่อไปได้ อย่างไรก็ตามการมีชีวิตรอดของสมาชิกที่มีลักษณะเหมาะสมไม่ได้เป็นสิ่งกำหนดว่าสมาชิกที่มีลักษณะนั้น ๆ จะสามารถถ่ายทอดยีนไปสู่รุ่นลูกได้มากกว่าพวกที่มีลักษณะไม่เหมาะสม เช่น กรณีที่สมาชิกที่เหลือรอดไม่ได้รับการผสมพันธุ์ หรือผสมพันธุ์แต่ไม่มีลูกหรือมีลูกจำนวนน้อย เป็นต้น ดังนั้นจำนวนลูกที่แต่ละลักษณะผลิตจึงมีความสำคัญต่อการที่ลักษณะต่าง ๆ จะประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ด้วย

การที่ลักษณะต่าง ๆ ในประชากรประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์แตกต่างกัน เรียกว่า ลักษณะแต่ละลักษณะมี Fitness ต่างกัน Fitness คือ โอกาสของการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมลักษณะนั้นไปสู่รุ่นลูก เป็นค่าเปรียบเทียบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ลักษณะซึ่งดำรงอยู่ในสภาพแวดล้อมได้ดีและผลิตลูกได้จำนวนมาก แสดงว่าลักษณะนั้นมี Fitness สูง มีโอกาสถ่ายทอดยีนไปยังรุ่นลูกได้มาก ประชากรในชั่วรุ่นถัดไปจะมีสัดส่วนของยีนที่ควบคุมลักษณะที่ถูกคัดเลือกไว้เพิ่มขึ้น การคัดเลือกลักษณะนั้น ๆ อย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้เกิดการวิวัฒนาการ

ตัวอย่างหนึ่งของการคัดเลือกตามธรรมชาติ คือ **ปรากฏการณ์ industrial melanism** ในผีเสื้อกลางคืนชนิดหนึ่ง (peppered moth, *Biston betularia* ประมาณ ปี ค.ศ. 1848 ในประเทศอังกฤษซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมมีการสำรวจประชากรของผีเสื้อกลางคืนชนิดนี้พบว่าส่วนใหญ่มีลำตัวและปีกสีเทาจาง โดยมีสมาชิกที่มีลำตัวและปีกสีดำเป็นส่วนน้อย (ประมาณ 1%) เมื่อสำรวจประชากรผีเสื้อกลางคืนชนิดนี้อีกครั้งหนึ่งใน 50 ปีต่อมา ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยสำรวจในพื้นที่เดิม พบว่าประชากรส่วนใหญ่มีลำตัวและปีกสีดำ แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะในประชากรอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลจากการคัดเลือกตามธรรมชาติเกิดขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์นี้ได้ดังต่อไปนี้

ลักษณะสีลำตัวและปีกของผีเสื้อกลางคืนชนิดนี้ เป็นลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งมีผลต่อการอยู่รอด เพราะช่วยปกป้องแมลงจากการถูกรบกวนซึ่งเป็นผู้ล่าจับกินเป็นอาหาร ปกติผีเสื้อชนิดนี้จะออกหากินเวลากลางคืน โดยช่วงกลางวันมักอาศัยเกาะที่ลำต้นของต้นไม้ ต้นไม้เหล่านี้มีไลเคนเจริญเติบโตอยู่ทั่วลำต้นทำให้ลำต้นมีสีเทาจาง ๆ ดังนั้นผีเสื้อที่มีลำตัวและปีกสีเทาจางจึงกลมกลืนกับสีของลำต้น สามารถรอดพ้นจากการเป็นเหยื่อของนก จึงมีโอกาสมผสมพันธุ์ถ่ายทอดยีนที่ควบคุมสีลำตัวและปีกสีเทาสู่รุ่นลูกต่อไป ขณะที่ผีเสื้อที่มีลำตัวและปีกสีดำถูกนกจับกินมากกว่า เพราะนกมองเห็นได้ดี ในประชากรจึงมีผีเสื้อที่มีลำตัวและปีกสีดำอยู่น้อย ในช่วงการปฏิบัติอุตสาหกรรมมีการสร้างโรงงานอุตสาหกรรมมากมายในพื้นที่ เขม่าควันจากโรงงานเหล่านี้ปกคลุมไลเคนที่เจริญเติบโตอยู่ตามลำต้น สีของลำต้นจึงเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปนี้ส่งผลให้ผีเสื้อที่มีลำตัวและปีกสีดำมีความได้เปรียบในการอยู่รอด เพราะสีกลมกลืนกับลำต้นของต้นไม้ ขณะที่พวกที่มีลำตัวและปีกสีเทาจางถูกจับกินได้ง่ายขึ้น ประชากรผีเสื้อกลางคืนชนิดนี้ภายหลังการปฏิบัติอุตสาหกรรมจึงมีสมาชิกที่มีลำตัวและปีกสีดำมากขึ้น เพราะผีเสื้อที่มีลำตัวและปีกสีดำสามารถอยู่รอดและสืบทอดลักษณะต่อ ๆ มา ประชากรมีสมาชิกที่มียีนควบคุมสีลำตัวและปีกสีดำเพิ่มขึ้นในแต่ละรุ่น

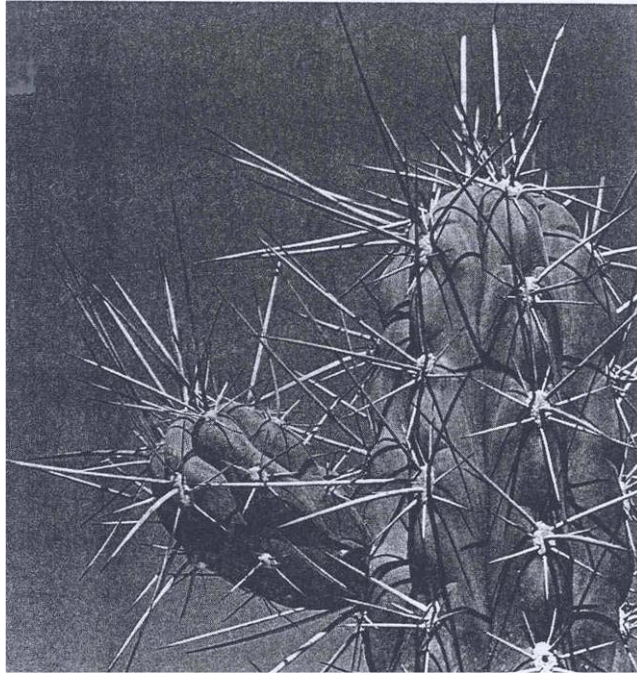
## การปรับตัว (adaptation)

สิ่งมีชีวิตหลากหลายที่ยังคงดำรงอยู่ในโลกนี้ได้ เนื่องจากมีการถ่ายทอดพันธุกรรมจากรุ่นสู่รุ่นสืบต่อกันมา โดยแต่ละชนิดต่างมีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมอันเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย เช่น ปลาที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำมีครีบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการว่ายน้ำ นกมีปีกที่มีโครงสร้างของกระดูกและขนเหมาะสมต่อการพยุงตัวขณะบินในอากาศ เป็นต้น ลักษณะเฉพาะเหล่านี้เป็นผลจากการปรับตัวให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมในช่วงที่มีวิวัฒนาการ

การปรับตัว หมายถึง ลักษณะและ/หรือพฤติกรรมซึ่งถูกควบคุมโดยพันธุกรรมที่ทำให้โอกาสในการสืบทอดยีนไปสู่รุ่นลูก (หรือ fitness) ของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เพิ่มขึ้น การปรับตัวอาจเกิดกับโครงสร้าง กระบวนการทำงานของโครงสร้าง และ/หรือ พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต ผลของการปรับตัวทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถเพิ่มจำนวนและดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติได้

การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตมีหลายรูปแบบเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ กัน ในที่นี้จะกล่าวถึงการปรับตัวบางรูปแบบซึ่งเป็นการปรับตัวเชิงโครงสร้างหรือรูปร่างของสิ่งมีชีวิต เช่น การปรับตัวเพื่อการป้องกัน (defensive adaptation) เป็นการปรับตัวเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันตัว และ/หรือ หลบหลีกผู้ล่า ส่วนใหญ่เป็นการปรับตัวให้มีโครงสร้างสำหรับการใช้ในการป้องกันตัว เช่น เหล็กในของผึ้ง หนามของต้นกระบองเพชร เป็นต้น สิ่งมีชีวิตบางชนิดสร้างสารเคมีที่เป็นพิษ หรือมีกลิ่นรุนแรง หรือทำให้เป็นเหยื่อที่มีรสชาติไม่ถูกลิ้นของผู้ล่า โดยจะหลั่งสารเคมีออกมาเมื่อถูกรบกวน เช่น แมลงปีกแข็งบางชนิดปล่อยสารที่มีกลิ่นรุนแรงจนผู้ล่าต้องเลี้ยวไป ตัวต่อปล่อยเหล็กในและ

สารพิษออกมาเมื่อถูกรบกวน นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถนำสารพิษจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นมาใช้ในการป้องกันตัว เช่น แมลงนำสารพิษจากพืชมาใช้ป้องกันตัว โดยตัวอ่อนแมลงกัดกินใบไม้จากต้นที่สร้างสารพิษและเก็บสะสมสารพิษไว้จนเจริญเป็นตัวเต็มวัย ผู้ล่าที่จับแมลงกินจะได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย จึงหลีกเลี่ยงการจับแมลงนั้นเป็นอาหาร

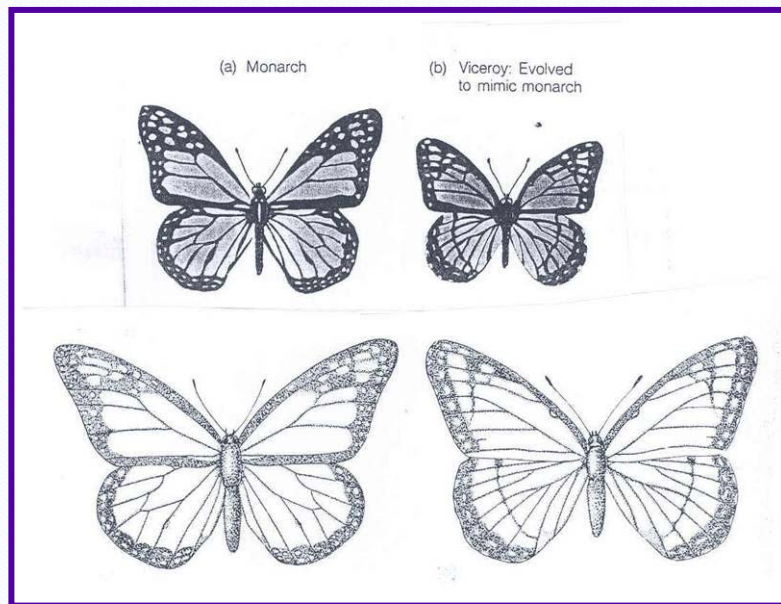


(จาก Blamisse, 1994. *Exploring Life*)

## รูปที่ 2 หนามของต้นตะบองเพชร เป็นการปรับตัวเพื่อการป้องกันการกัดกินของผู้ล่า

การปรับตัวเพื่อเป็นสัญญาณเตือน (warning signal) เป็นการปรับตัวให้มีรูปร่างลักษณะหรือสีอันสะดุดตา ทำให้ผู้ล่า/ผู้รุกรานเกรงกลัวไม่เข้าไปรบกวน สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวแบบนี้มักมีลักษณะโดดเด่นจึงมองเห็นได้ชัดเจน ในบางชนิดอาจสร้างสารเคมีร่วมด้วย โดยสารเคมีนั้น ๆ เป็นพิษต่อผู้ล่า ผู้ล่าที่เคยรับรสจึงจดจำและไม่ล่าสิ่งมีชีวิตนั้นเป็นเหยื่อในครั้งต่อไป การปรับตัวเพื่อเป็นสัญญาณเตือนแบบหนึ่ง คือ **mimicry** ซึ่งเป็นการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตที่มีพันธุกรรมต่างกันมาก (อาจเป็นต่างปีชีส์หรือต่างสกุล) ที่ปรับตัวให้มีลักษณะหรือพฤติกรรมคล้ายกัน โดยสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งเป็นแม่แบบ (model) และสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งเป็นตัวเลียนแบบ (mimic) จุดประสงค์ของการเลียนแบบเพื่อให้ผู้ล่าหรือศัตรูไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสองชนิดได้ แบ่งย่อยเป็น 2 แบบ คือ (i) Batesian mimicry ซึ่งตัวแม่แบบมักมีสีอันฉูดฉาด และสามารถสร้างสารพิษหรือสารที่ทำให้เหยื่อมีรสไม่ถูกลิ้นผู้ล่า ขณะที่ตัวเลียนแบบไม่มีลักษณะและไม่สามารถสร้างสารพิษได้





รูปที่ 3 การปรับตัวเพื่อเป็นสัญญาณเตือน แบบ *Batesian mimicry* ในผีเสื้อ 2 ชนิด คือ *Danaus plexippus* (ซ่าย) ซึ่งเป็นตัวแม่แบบ สามารถสร้างสารที่ทำให้ผีเสื้อชนิดนี้มีรสไม่ถูกลิ้นผู้ล่า และ *Limenitis archippus* (ขวา) ซึ่งเป็นตัวเลียนแบบ โดยวิวัฒนาการให้ปีกมีลวดลายและสีสันคล้ายคลึงกับ *D. plexippus*

ดังนั้นเมื่อมีการเลียนแบบเกิดขึ้น ผู้ล่าจึงไม่สามารถแยกแยะตัวเลียนแบบและแม่แบบออกจากกันได้ ตัวเลียนแบบจึงไม่ถูกจับกินและมีชีวิตรอดสืบทอดพืชพันธุ์ต่อไป ตัวอย่างเช่น ผีเสื้อชนิด *Limenitis archippus* ปรับตัวโดยเลียนแบบรูปร่าง สีสันและลวดลายบนปีกให้คล้ายกับผีเสื้อชนิด *Danaus plexippus* ที่สามารถผลิตสารที่มีกลิ่นและรสที่ผู้ล่าไม่ชอบจึงมักหลีกเลี่ยงไม่จับกิน เมื่อผีเสื้อทั้งสองชนิดอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ความพ้องกันระหว่างผีเสื้อทั้งสองชนิดทำให้ *L. archippus* สามารถหลบหลีกผู้ล่าได้ (ii) Mullerian mimicry เป็นการเลียนแบบที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดเป็นทั้งแม่แบบและตัวเลียนแบบ โดยการเลียนแบบลักษณะของกันและกัน ดังนั้นสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจึงมีลักษณะของต่างชนิดอยู่ในตัว ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบเพราะมีลักษณะหรือกลไกในการป้องกันตัวมากกว่าหนึ่งรูปแบบ การเลียนแบบลักษณะนี้พบมากในพวกแมลง เช่น ผีเสื้อหลายชนิดปรับตัวให้มีรูปร่าง สีสันและลวดลายบนปีกคล้ายคลึงกัน และแต่ละชนิดสร้างสารที่ทำให้เป็นเหยื่อที่รสไม่ถูกลิ้นผู้ล่า นักซึ่งเป็นผู้ล่าจะเรียนรู้และหลีกเลี่ยงไม่จับผีเสื้อชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นอาหาร ส่งผลให้ผีเสื้อแต่ละชนิดสามารถอยู่รอดและสืบทอดลักษณะต่อไปได้

การพรางตัว (Camouflage) เป็นการปรับตัวที่ทำให้สิ่งมีชีวิตมีรูปร่าง สีสัน กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เพื่อพรางตัวจากศัตรู/ผู้ล่า ศัตรู/ผู้ล่าจะไม่สามารถแยกแยะสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ จากสิ่งแวดล้อม ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีโอกาสในการอยู่รอดเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ตั๊กแตนบางชนิดมีปีก

รูปร่างคล้ายใบไม้ บางชนิดมีรูปร่างคล้ายกลีบดอกไม้ บางชนิดมีลำตัวคล้ายกิ่งไม้ เป็นต้น การพรางตัวทำให้แมลงเหล่านี้สามารถหาอาหารและดำรงชีวิตอยู่บนต้นไม้ได้ การพรางตัวของสิ่งมีชีวิตบางชนิดเป็นการพรางตัวเพื่อหลอกล่อเหยื่อ หรือทำให้เหยื่อเข้าใจผิด เช่น แมงมุมบางชนิดคอยดักจับแมลงอยู่บนดอกไม้ โดยพรางตัวให้สีกลมกลืนกับกลีบดอกไม้ เมื่อแมลงมาตอมดอกไม้จึงถูกจับกินเป็นอาหาร เป็นต้น



ตั๊กแตนใบไม้



ตั๊กแตนใบไม้ชมพูพิศวาส

**รูปที่ 4** ตัวอย่างการพรางตัวในแมลง 2 ชนิด คือ ตั๊กแตนใบไม้ (ซ้าย) และ ตั๊กแตนใบไม้ชมพูพิศวาส (ขวา) ซึ่งแต่ละชนิดปรับตัวให้มีรูปร่างและสีสันทกลมกลืนกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยดำรงชีพ

---