

BRANDS® ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 25



เอกสารประกอบการบรรยาย
วิชา PAT 2

ชีววิทยา

โดย อ.ศุภิกา จาตุรนต์พงศ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การรักษาคุณภาพของร่างกายของมนุษย์และสัตว์

การรักษาคุณภาพของร่างกาย (Homeostasis)

หมายถึง ความสามารถในการปรับระดับของสภาพแวดล้อมภายในร่างกายให้มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ การรักษาความดันโลหิต ระดับของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของสารละลาย

กลไกการรักษาคุณภาพ

1. การรักษาสมดุลของน้ำในสิ่งมีชีวิต
2. การรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย
3. การรักษาสมดุลของเกลือแร่ในร่างกาย
4. การรักษาสมดุลของกรด-เบสในร่างกาย
5. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต



1. การรักษาสมดุลของน้ำ

1.1 การรักษาสมดุลของน้ำในพืช พืชมีการปรับตัวให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำในแหล่งที่อยู่ โดยมี การปรับโครงสร้าง ดังนี้

Xerophyte เป็นพืชที่อยู่ในที่แห้งแล้ง ขาดแคลนน้ำ เช่น กระบองเพชร กุหลาบหิน

- รากหยั่งลึก
- ปากใบอยู่ต่ำกว่าระดับชั้นผิวใบ
- มีขนรากมาก
- เปิดปากใบในเวลากลางคืน

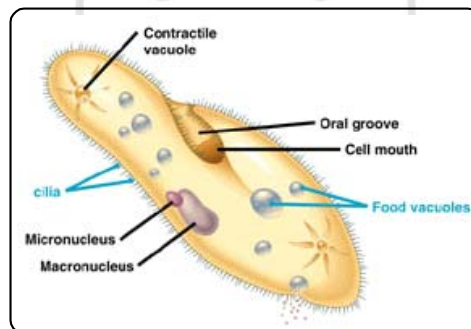
Hydrophyte เป็นพืชน้ำ หรือเจริญในที่ที่มีน้ำมาก เช่น บัว ผักตบชวา กก

- ลำต้นกลวงไม่มีเนื้อไม้
- ใบขนาดใหญ่
- รากไม่หยั่งลึก มีขนรากหรือไม่มีก็ได้
- ปากใบอยู่ระดับสูงกว่าชั้นผิวใบ

Mesophyte เป็นพืชที่เจริญอยู่ทั่วไปบนบก มีน้ำปานกลาง เช่น จามจุรี มะยม มะขาม

- รากหยั่งลึกมีขนรากมาก
- ใบมีขนาดปานกลาง มีสารคิวตินเคลือบด้านบนของใบมาก
- ลำต้นมีเนื้อไม้แข็ง
- ปากใบอยู่ระดับเดียวกับผิวใบ

1.2 การรักษาสมดุลของน้ำในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สิ่งมีชีวิตพวกโพรโทซัวที่อาศัยในน้ำจืด เช่น พารามีเซียม จะมี Contractile Vacuule ทำหน้าที่ขับน้ำที่เกินออกจากเซลล์ เพื่อรักษาแรงดันออสโมติกให้เหมาะสม



2. การรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย

อุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีภายในร่างกาย โดยมีผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม ดังนั้น หากอุณหภูมิของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงจากระดับปกติมากๆ ย่อมมีผลกระทบต่อกิจกรรมและพฤติกรรมของสัตว์

รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายสิ่งมีชีวิต

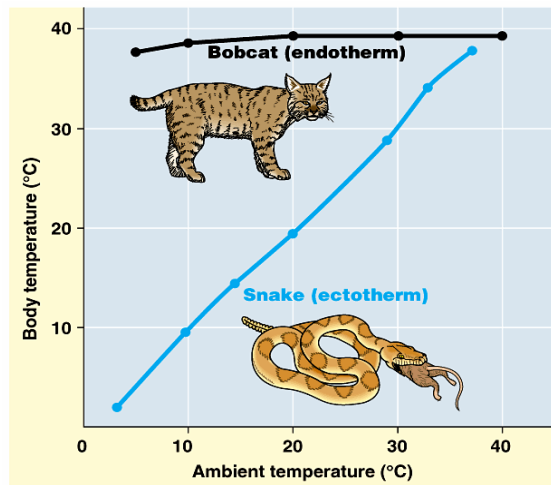
2.1 สัตว์เลือดเย็น (Poikilothermic Animals) อุณหภูมิร่างกายแปรผันได้

สัตว์เลือดเย็นจะแปรผันตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน จึงต้องมีการปรับตัว เช่น งูและจิ้งเหลนจะออกตากแดดตอนเช้าเมื่ออากาศหนาว กบ อึ่งอ่าง และคางคกจะซ่อนตัวอยู่ใต้น้ำไม่เคลื่อนไหวเมื่ออากาศร้อน

2.2 สัตว์เลือดอุ่น (Homoiothermic Animals) อุณหภูมิร่างกายค่อนข้างคงที่

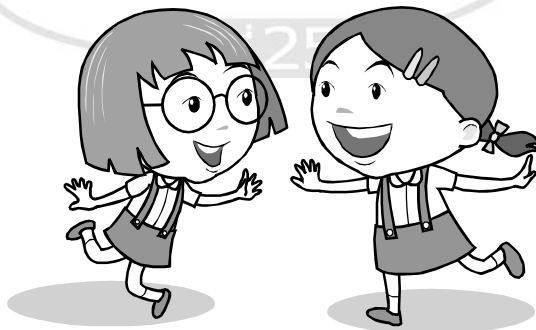
อัตราเมแทบอลิซึมจะแปรผกผันกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สัตว์ปีก และสัตว์เลื้อยคลานตัวเย็นสามารถรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ สัตว์ในเขตหนาว เช่น หมีขั้วโลก แมวน้ำ วาฬ มีชั้นไขมันใต้ผิวหนังหนาเพื่อเป็นฉนวนความร้อน ส่วนสัตว์ที่อาศัยในเขตร้อนจะมีผิวหนังที่เยียว่น หางยาวหุยาวย เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อน

กราฟยอดฮิต !!!



กราฟแสดงอุณหภูมิร่างกายของสัตว์เลือดเย็นและสัตว์เลือดอุ่น

- เอ๊ะ!**
- อัตราเมแทบอลิซึมต่อน้ำหนักตัว (กรัม) จะแปรผกผันกับขนาดร่างกาย
 - อัตราเมแทบอลิซึมต่อกรัม ของหนูจะมากกว่าช้างประมาณ 20 เท่า
 - อัตราเมแทบอลิซึมที่สูงขึ้น ทำให้ต้องการออกซิเจนมากขึ้น
 - สัตว์ขนาดเล็กมีอัตราการหายใจ ปริมาณเลือด (ต่อน้ำหนักตัว) และอัตราการเต้นของหัวใจ ตลอดจนความต้องการอาหารมากกว่าสัตว์ขนาดใหญ่



กลไกการควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายของสัตว์เลือดอุ่น

ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย คือ ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ซึ่งจะส่งสัญญาณไปตามระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ ดังนี้

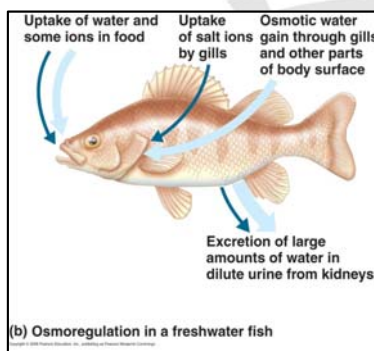


แผนภาพแสดงการควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายของคน

3. การรักษาสมดุลของเกลือแร่ในร่างกาย

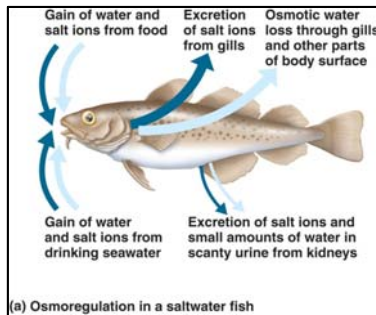
สัตว์น้ำ เช่น ปลาน้ำจืด มีเหงือก ผิวหนัง และเกล็ด รวมทั้งการขับถ่ายที่ช่วยในการรักษาสมดุลของเกลือแร่ในร่างกายที่แตกต่างจากปลาน้ำเค็ม ที่มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันเกลือแร่เข้าร่างกาย ขับเกลือแร่ออกทางเหงือก และปัสสาวะเข้มข้น นกทะเลมีต่อมขับน้ำเกลือ (Salt Gland) หรือต่อมไต้จมูก (Nasal Gland) ขับสารละลายเกลือ NaCl ออกได้

3.1 การควบคุมสมดุลน้ำและเกลือแร่ของปลาที่อาศัยในน้ำจืด



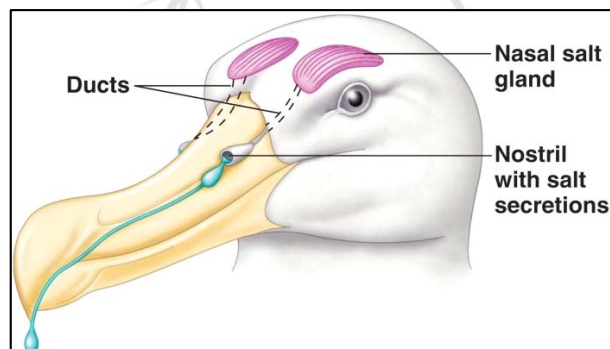
- น้ำจืดเป็น Hypoosmotic Environment
- น้ำ Osmosis เข้าตัวปลาตลอดเวลา
- ขับปัสสาวะที่เจือจาง ปริมาณมาก
- ขณะที่ปลากินอาหารเพื่อชดเชยเกลือแร่ที่ออกไปกับปัสสาวะจะได้รับน้ำเข้าไปด้วย
- อาศัย Chloride Cells ที่เหงือก ดึงเอาเกลือ (Na^+ , Cl^-) เข้าสู่ร่างกายโดยวิธี Active Transport

3.2 การควบคุมสมดุลน้ำและเกลือแร่ของปลาที่อาศัยในน้ำเค็ม



- น้ำทะเลเป็น Hyperosmotic Environment
- น้ำ Osmosis ออกจากตัวปลาตลอดเวลา
- ปลาจะดื่มน้ำทะเลและกินอาหาร เพื่อให้ได้น้ำและเกลือแร่มาชดเชย
- Chloride Cells ที่เหงือกขับเกลือ (Na^+ , Cl^-) ออกโดยวิธี Active Transport
- ขับเกลือแร่อื่นๆ ที่มากเกินไปออกมาทางปัสสาวะโดยขับปัสสาวะปริมาณน้อย ความเข้มข้นสูง

3.3 การควบคุมสมดุลเกลือแร่ของนกทะเล



บันทึก

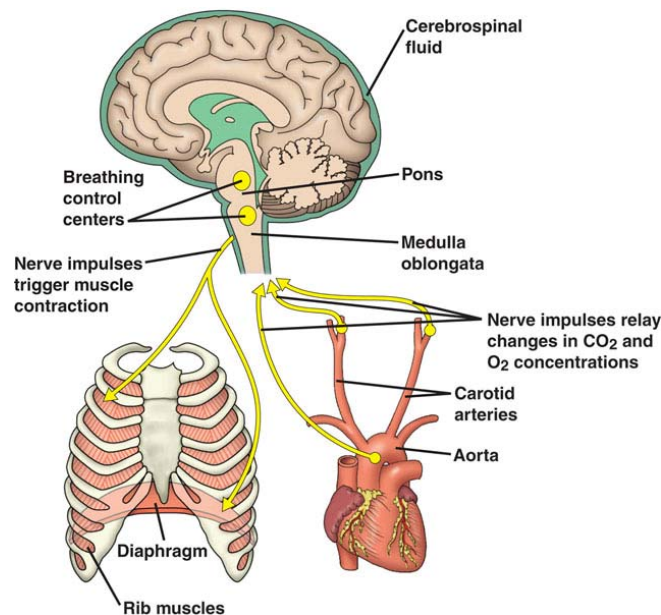


4. การรักษาสมดุลของกรด-เบสในร่างกาย

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเบสมากๆ มีผลทำให้เอนไซม์ทำงานไม่ได้ ร่างกายจึงต้องมีการรักษาสมดุลของกรดเบสในร่างกายให้คงที่

4.1 การเพิ่มหรือลดอัตราการหายใจ

ศูนย์ควบคุมการหายใจ คือ สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา (Medulla Oblongata) ในภาวะที่ร่างกายมีปริมาณ CO_2 มาก จะมีผลให้สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา ส่งกระแสประสาทไปสั่งการให้กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อซี่โครงทำงานมากขึ้น เพื่อจะได้หายใจถี่ขึ้น ปริมาณ CO_2 ในเลือดก็จะลดลง และเมื่อปริมาณ CO_2 น้อยจะไปยังเมดัลลาออบลองกาตาให้มีผลควบคุมกล้ามเนื้อดังกล่าวน้อยลง



4.2 ระบบบัฟเฟอร์ คือ ระบบที่ทำให้สารละลายใดๆ มีค่า pH เกือบคงที่ แม้ว่าจะเพิ่มสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบสลงไปก็ตาม

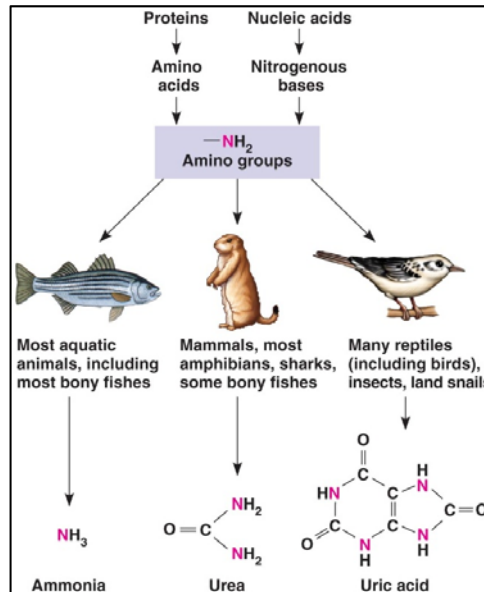
สารละลายบัฟเฟอร์ในร่างกาย ได้แก่

1. ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง
2. โปรตีนในพลาสมา เช่น อัลบูมิน โกลบูลิน H_2CO_3 และ HCO_3^-
3. สัดส่วนของ H_2CO_3 และ HCO_3^-

4.3 การควบคุมกรดเบสของไต ไตสามารถปรับระดับกรดหรือเบสออกทางน้ำปัสสาวะได้มาก ระบบนี้จึงทำงานแก้ไขสภาพ pH ที่เปลี่ยนไปได้มากให้กลับเข้าที่ได้ แต่ใช้เวลานาน

5. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต

ระบบขับถ่าย ทำหน้าที่กำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนที่มาจากกระบวนการเมแทบอลิซึม และรักษาระดับน้ำและเกลือแร่ของร่างกายถือเป็นระบบศูนย์กลางในการรักษาสภาวะสมดุลของร่างกาย



ของเสียไนโตรเจน (Nitrogenous Waste) มาจากการที่ร่างกายใช้กรดอะมิโนหรือกรดนิวคลีอิกในกระบวนการเมแทบอลิซึม ไนโตรเจนที่ได้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายมาก ดังนั้นสัตว์จึงต้องมีการกำจัดออก ซึ่งสัตว์แต่ละชนิดจะกำจัดแอมโมเนียออกในรูปที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่สัตว์นั้นอาศัยอยู่

การกำจัดของเสียพวกไนโตรเจน

1. แอมโมเนีย (Ammonia) เป็นสารที่ละลายน้ำดี ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่าย แต่เป็นพิษต่อสัตว์แม้มีในปริมาณน้อย พบในสัตว์น้ำเป็นส่วนใหญ่

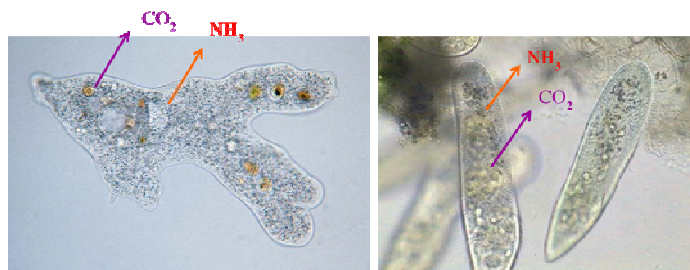
2. ยูเรีย (Urea) เป็นสารที่ละลายน้ำได้ มีพิษน้อยกว่าแอมโมเนีย พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์สะเทินบกและสัตว์น้ำส่วนใหญ่ ปลาทะเลบางชนิด

3. กรดยูริก (Uric Acid) เป็นสารที่ไม่ค่อยละลายน้ำ ขับออกจากร่างกายในรูป Semisolid เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ ส่วนใหญ่พบในสัตว์เลื้อยคลาน นก แมลง และหอยทากบก

เอ๊ะ! อุนจี้จ้จก!!



5.1 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

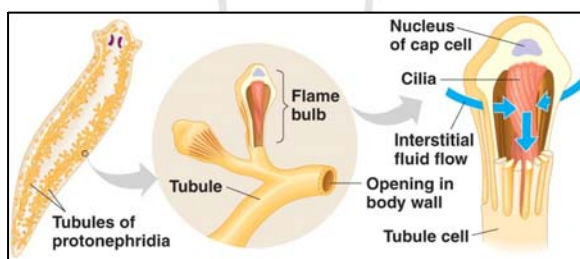


- โพรติสต์ - อาศัยหลักการแพร่ โดยของเสียจะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น CO_2 , NH_3
- โพรโทซัวน้ำจืด ใช้ Contractile Vacuole ในการรักษาสมดุลน้ำ ขับน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์

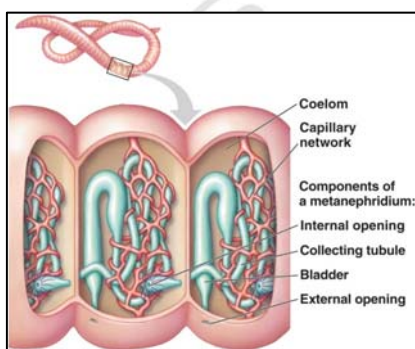
5.2 การขับถ่ายของสัตว์

- **เฟลมเซลล์ (Flame Cell)** พบในหนอนตัวแบน โรติเฟอร์ ตัวอ่อนของหอย แอนเนลิด (Annelid) บางชนิด

- รูปร่างคล้ายหลอดไฟฟ้า ภายในมีซีเลีย (Cilia) ช่วยโบกพัดของเหลวในร่างกาย และพัดให้ไปตามท่อ เพื่อออกสู่ภายนอกทางช่อง Nephridiopore ที่ด้านข้างตัว ในรูปของปัสสาวะ



- **เนฟรีเดีย (Nephridia)** พบในแอนเนลิดเกือบทุกชนิด รวมทั้งไส้เดือนดิน



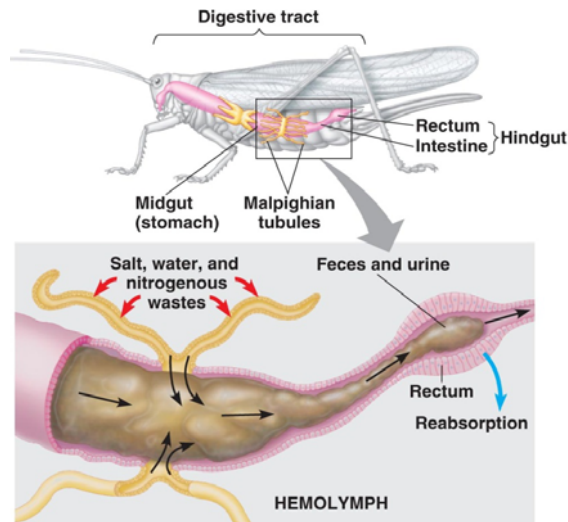
- รูปร่างท่อปลายเปิดขดไปขดมา และมีหลอดเลือดฝอยหุ้มอยู่ มีปลายเปิด 2 ปลาย คือ

 1. เปิดออกสู่ผิวหนัง
 2. เปิดเข้าสู่ช่องว่างในลำตัว มีลักษณะคล้ายปากแตรบุด้วยซีเลีย มีหน้าที่โบกพัดของเหลวภายในช่องลำตัวเข้าสู่ภายในท่อ ไปยังกระเพาะปัสสาวะ แล้วออกจากร่างกายทางช่อง Nephridiopore

เอ๊ะ! เนฟรีเดียมีการทำงานคล้ายกับหน่วยไตในไตมากที่สุด เพราะมีการดูดสารกลับคืนสู่หลอดเลือดที่มาพั่นอยู่รอบๆ เช่นกัน

● **ท่อมัลปิเกียน (Malpighian Tubule)** พบในอาร์โทรพอด (Arthropod) เช่น แมลง กิ้งกือ ตะขาบ

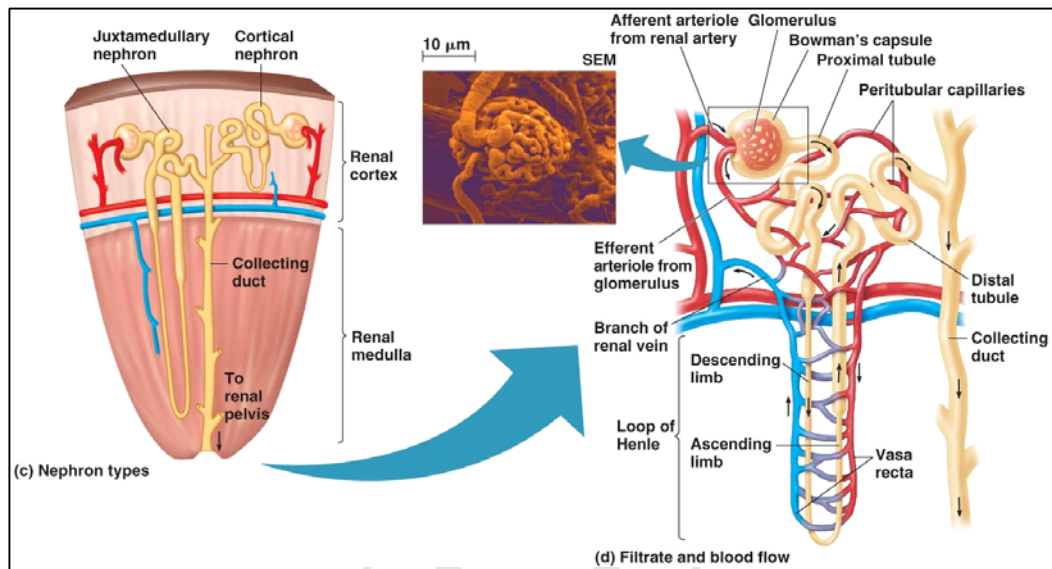
- รูปร่างเป็นถุงยาวๆ ยื่นออกจากทางเดินอาหารตรงรอยต่อระหว่างทางเดินอาหารส่วนกลางกับส่วนท้าย อีกด้านปลายตันแช่อยู่ในช่องเหลวในร่างกาย (Hemolymph) ของเสียและน้ำจะเข้าสู่ท่อแล้วเคลื่อนไปตามทางเดินอาหารจนถึงไส้ตรง (Rectum) ซึ่งเซลล์เยื่อบุบริเวณนี้จะบีบตัวละลายกลับสู่ช่องเหลวในร่างกายโดยมีน้ำกลับไปด้วย ทำให้ของเสียที่ขับออกมามีลักษณะแห้งออกไปพร้อมกับอุจจาระ



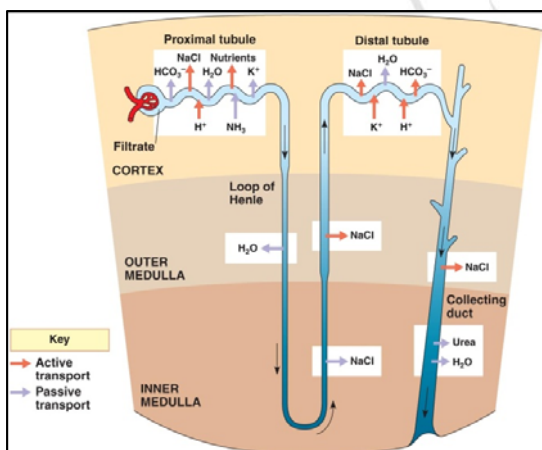
- **ไต (Kidney)** พบในสัตว์มีกระดูกสันหลัง
 - ไต ประกอบด้วยหน่วยไต (Nephron) จำนวนมาก มีหน้าที่ผลิตน้ำปัสสาวะ (Urine)

โครงสร้างของหน่วยไต ประกอบด้วย

1. โบริแมนแคปซูล (Bowman's Capsule)
2. ท่อของหน่วยไต (Convolved Tubule) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ
 - ท่อขดหน่วยไตส่วนต้น (Proximal Convolved Tubule) เป็นบริเวณที่มีการดูดสารกลับมากที่สุด จึงมีไมโทคอนเดรียมาก
 - ท่อของหน่วยไตตอนกลาง (Loop of Henle) มีลักษณะคล้ายตัวอักษรรูป "U"
 - ท่อขดหน่วยไตส่วนปลาย (Distal Convolved Tubule)
3. หลอดเลือดฝอย (Capillaries)
 - อยู่ในโบริแมนแคปซูล เรียกว่า โกลเมอรูลัส
 - พันอยู่ตามท่อของหน่วยไต



กลไกการผลิตน้ำปัสสาวะของหน่วยไต



1. การกรองสารที่โกลเมอรูลัส (Glomerulus Filtration) ผนังโกลเมอรูลัสมีคุณสมบัติยอมให้สารโมเลกุลเล็กในเลือด ได้แก่ น้ำ แร่ธาตุ วิตามิน ยูเรีย กรดยูริก เป็นสารโมเลกุลเล็กอื่นๆ ผ่านส่วนสารที่มีขนาดใหญ่ จะไม่สามารถกรองผ่านได้ เช่น เม็ดเลือดแดง โปรตีนขนาดใหญ่ และไขมัน
2. การดูดกลับสารที่ท่อหน่วยไต (Reabsorption) การดูดกลับเกิดที่ท่อของหน่วยไตเข้าสู่หลอดเลือดฝอยที่พันรอบท่อ โดยใช้วิธี Active Transport และ Passive Transport

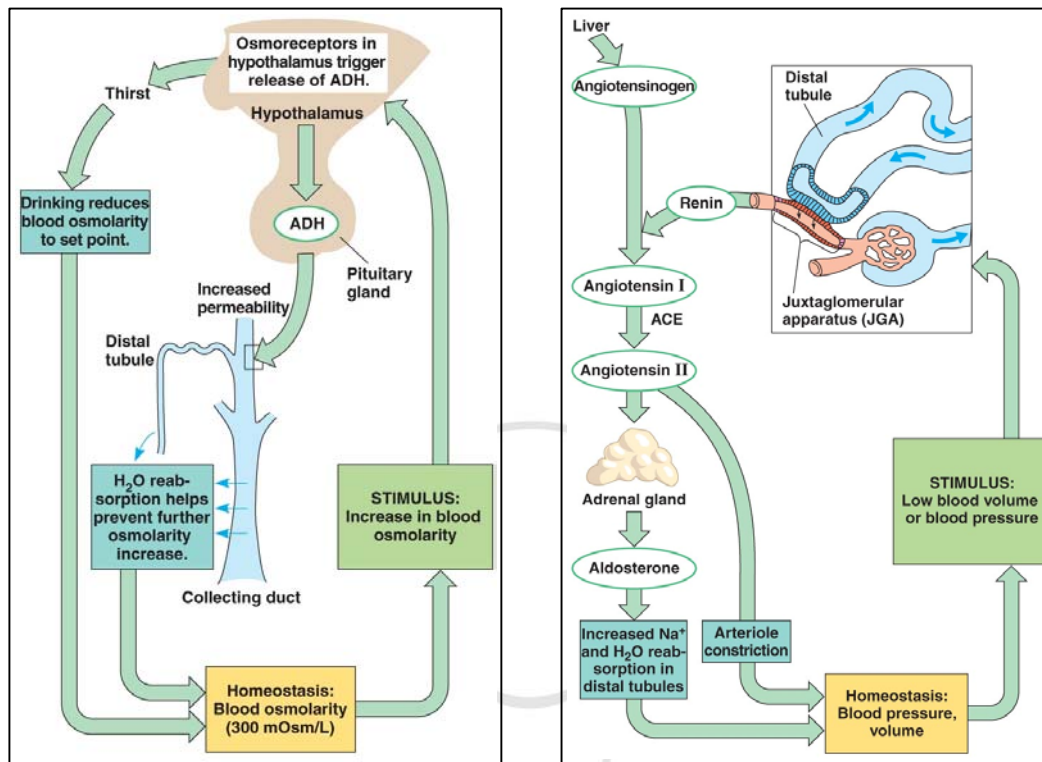
ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการดูดกลับสาร

1. Antidiuretic Hormone (ADH) หรือ Vasopressin

- สร้างจาก Neurosecretory Cell ในสมองส่วนไฮโปทาลามัส (Hypothalamus)
- หลังจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง
- หน้าที่ กระตุ้นการทำงานของท่อหน่วยไตส่วนปลายและท่อรวม (Collecting Duct) ดูดน้ำกลับคืนเข้าสู่หลอดเลือด ทำให้ปริมาณน้ำในเลือดสูงขึ้น (มีฮอร์โมนน้อยไป → เบาจืด)

2. Aldosterone

- สร้างจากต่อมหมวกไตชั้นนอก
- หน้าที่ ดูด Na^+ กลับคืนจากท่อหน่วยไต (มีฮอร์โมนน้อยไป → เบาเค็ม)



(a)

(b)

Antidiuretic Hormone (ADH)

The Renin-Angiotensin-Aldosterone System (RAAS)

แผนภาพแสดงการทำงานของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสมดุล



แบบฝึกหัด

1. ข้อใดกล่าวถึงการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุของปลาน้ำจืดได้ถูกต้อง
 - 1) ไตขับปัสสาวะที่มีความเข้มข้นสูงและปริมาณน้อย
 - 2) ไตขับปัสสาวะเจือจางและปริมาณน้อย
 - 3) ไตขับปัสสาวะที่มีความเข้มข้นสูงและปริมาณมาก
 - 4) ไตขับปัสสาวะเจือจางและปริมาณมาก
2. การที่คนเราสามารถกลืนหายใจได้ในขณะดำน้ำ เป็นผลมาจากการทำงานของสมองส่วนใด
 - 1) พอนส์
 - 2) ซีรีบรัลคอร์เท็กซ์
 - 3) เมดัลลาออบลองกาตา
 - 4) ถูกทุกข้อ
3. ฉลามและปลากะพงอาศัยอยู่ในทะเลเหมือนกัน ต่างก็มีปัญหา คือ ร่างกายได้รับเกลือมากเกินไป การปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของเกลือแร่ดัง ข้อใดของฉลามที่ไม่พบในปลากะพง (PAT 2 ต.ค. 53)
 - 1) มีการสะสมยูเรียในเลือดและในเนื้อเยื่อ
 - 2) มีต่อมเรคตัล (Rectal Gland) ช่วยขับเกลือส่วนเกิน
 - 3) มีต่อมนาลิก (Nasal Gland) ช่วยขับเกลือส่วนเกิน
 - 4) ข้อ 1) และ 2) ถูก
4. สัตว์ 3 ชนิด คือ A., B. และ C. มีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนี้
 - A. แอมโมเนีย > ยูเรีย
 - B. ยูเรีย > กรดยูริก
 - C. กรดยูริก > ยูเรีย
 A., B. และ C. คือสัตว์ชนิดใด ตามลำดับ
 - 1) ปลานิล สุนัข คน
 - 2) ปลานิล สุนัข นกแก้ว
 - 3) สุนัข กบ ฉลาม
 - 4) กบ สุนัข นกแก้ว
5. ข้อใดเป็นของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งนกและหนูขับออกจากร่างกาย

	นก	หนู
1)	Uric acid	Ammonia
2)	Ammonia	Uric acid
3)	Urea	Urea
4)	Uric acid	Urea

6. หน่วยไตของคนที่โครงสร้างและหน้าที่ใกล้เคียงกับสิ่งใดมากที่สุด
- 1) เฟลมเซลล์
 - 2) คอนแทกโทลแควคิวโอ
 - 3) เนฟริเดีย
 - 4) มัลปิเกียนทิวบูล
7. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการทำงานของหน่วยไตในคน
- 1) ภาวะที่ร่างกายขาดน้ำจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน ADH มากขึ้นเพื่อลดการดูดกลับน้ำที่ท่อหน่วยไตและท่อรวม
 - 2) ท่อหน่วยไตของคนเป็นเบาหวานจะดูดกลับน้ำตาลได้น้อยกว่าของคนปกติ จึงทำให้มีน้ำตาลออกมาในปัสสาวะ
 - 3) ปริมาณกลูโคส ยูเรีย และน้ำ ที่กรองผ่านโกลเมอรูลัสจะใกล้เคียงกับปริมาณในพลาสมา
 - 4) การดูดกลับสารต่างๆ รวมทั้งน้ำเพื่อเข้าสู่ปอด เกิดที่บริเวณท่อขดส่วนต้นของหน่วยไต
8. คนดื่มเบียร์มากจะปัสสาวะบ่อยและมีปริมาณมาก เป็นเพราะเหตุใด
- 1) สร้าง Aldosterone
 - 2) เพิ่มแรงดันเลือด
 - 3) ลดปริมาณ ADH
 - 4) Proximal Tubule ดูดน้ำกลับมากขึ้น
9. คนที่เป็นโรคเบาหวาน อาจเกิดได้เพราะเหตุใด
- 1) มีฮอร์โมนอินซูลินมากเกินไป
 - 2) ขาดฮอร์โมน ADH
 - 3) มีฮอร์โมน Aldosterone มากเกินไป
 - 4) มีฮอร์โมน Aldosterone น้อยเกินไป
10. การเปลี่ยนแปลงในข้อใดเกิดขึ้นเมื่อร่างกายขาดน้ำ
- ก. แรงดันออสโมติกของเลือดสูงขึ้น
 - ข. ต่อมใต้สมองส่วนหลังหลั่ง ADH
 - ค. ท่อของหน่วยไตดูดกลับน้ำมากขึ้น
- 1) ก. และ ข.
 - 2) ข. และ ค.
 - 3) ก. และ ค.
 - 4) ก., ข. และ ค.

เฉลย

1. 4) 2. 3) 3. 4) 4. 2) 5. 4) 6. 3) 7. 3) 8. 3) 9. 2) 10. 4)

พันธุศาสตร์

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

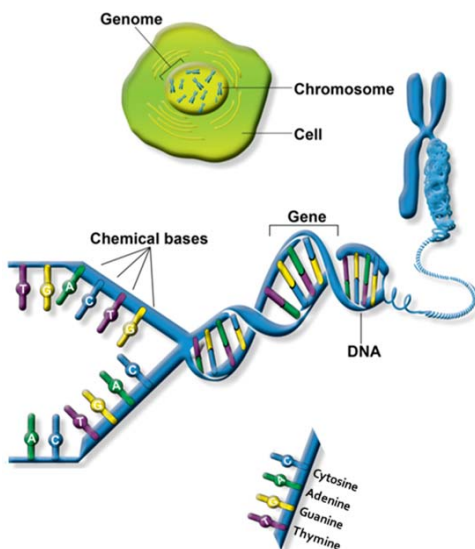
ลักษณะทางพันธุกรรม หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งได้ โดยมียีน (Gene) ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรมควบคุมอยู่ เช่น สีผิว ความสูง การห่อลิ้น การมียีน รูปร่างลักษณะของใบ ดอก และผลของพืช เป็นต้น

การศึกษาพันธุศาสตร์

1. ความแปรผันทางพันธุกรรม
2. การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล
3. การทดสอบจีโนไทป์
4. ลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล
5. โครโมโซม
6. การแสดงลักษณะพันธุกรรมในคน
7. ยีนในโครโมโซมเพศ
8. แผนผังพันธุประวัติ หรือพงศาวลี (Pedigree)
9. สารพันธุกรรม
10. โครงสร้างของ DNA
11. The Central Dogma



คำศัพท์ที่ควรรู้ !!!



1. **โครโมโซม (Chromosome)** หมายถึง โครงสร้างที่อยู่ในนิวเคลียส ประกอบด้วย DNA และโปรตีน ทำหน้าที่เป็นพาหะที่จะทำให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม
2. **ดีเอ็นเอ (DNA)** หมายถึง สารพันธุกรรมที่เป็นส่วนประกอบในโครโมโซม ภายในโมเลกุลของสารพันธุกรรม DNA ประกอบด้วยหน่วยที่เรียกว่า ยีนเรียงตัวต่อเนื่องกันไป
3. **ยีน (Gene)** หมายถึง ส่วนหนึ่งของ DNA ในโครโมโซม ทำหน้าที่ควบคุมหรือกำหนดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปยังลูกหลานโดยผ่านเซลล์สืบพันธุ์
4. **ยีนเด่น (Dominance Gene)** หมายถึง ยีนที่แสดงลักษณะออกมาให้เห็นไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะของพันธุ์แท้หรือพันธุ์ทาง ในการเขียนนิยมใช้พยัญชนะภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เป็นสัญลักษณ์แทนยีนเด่น เช่น T แทนต้นสูง

5. **ยีนด้อย (Recessive Gene)** หมายถึง ยีนที่แสดงลักษณะออกมาให้เห็นเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาวะพันธุ์แท้เท่านั้น ลักษณะที่ใช้เป็นพยัญชนะภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก เช่น t แทนต้นเตี้ย

6. **จีโนไทป์ (Genotype)** หมายถึง องค์ประกอบของยีน เป็นแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ จะอยู่เป็นคู่ โดยยีนหนึ่งมาจากพ่อ อีกยีนหนึ่งมาจากแม่ เช่น TT Tt tt

7. **ฟีโนไทป์ (Phenotype)** หมายถึง ลักษณะที่แสดงออกของยีน หรือลักษณะที่ปรากฏให้เห็น ซึ่งลักษณะดังกล่าวถูกกำหนดโดยองค์ประกอบของยีน เช่น ต้นสูง ต้นเตี้ย

8. **โลคัส (Locus)** หมายถึง ตำแหน่งบนโครโมโซมซึ่งเป็นที่ยีนอยู่

9. **แอลลีล (Allele)** หมายถึง ยีนที่อยู่ในโลคัสเดียวกันบนคู่ของโครโมโซมคู่เหมือน ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตจะมีแอลลีลเพียงหนึ่งคู่สำหรับยีนที่ควบคุมลักษณะใดลักษณะหนึ่ง และแอลลีลทั้งคู่นี้อาจเหมือนกันก็ได้ แต่ถ้าลักษณะใดถูกควบคุมโดยแอลลีลมากกว่าหนึ่งคู่ เรียกว่า Multiple Alleles

10. **โฮโมไซกัสยีน (Homozygous Gene)** หมายถึง คู่ของยีนที่เหมือนกันเข้าคู่กันเพื่อร่วมกันควบคุมการแสดงออกของสิ่งมีชีวิต เช่น AA, aa, TT (ทำให้เกิดลักษณะพันธุ์แท้)

11. **เฮเทอโรไซกัสยีน (Heterozygous Gene)** หมายถึง คู่ของยีนที่ไม่เหมือนกันเข้าคู่กันเพื่อร่วมกันควบคุมการแสดงออกของสิ่งมีชีวิต เช่น Aa, Tt (ทำให้เกิดลักษณะพันธุ์ทาง)

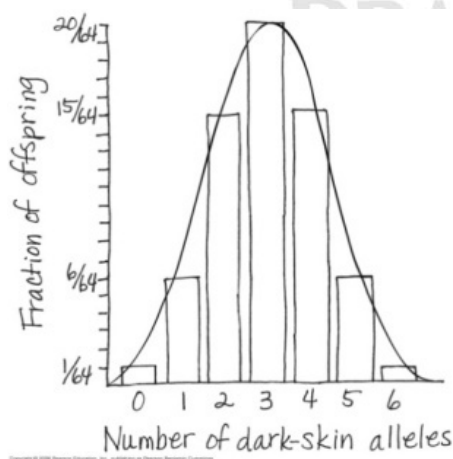
12. **พันธุ์แท้ (Homozygote)** หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีคู่ของแอลลีลเป็นยีนชนิดเดียวกัน เช่น เป็นยีนเด่นทั้งคู่ RR หรือยีนด้อยทั้งคู่ rr

13. **พันธุ์ทาง (Heterozygote)** หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีคู่ของแอลลีลเป็นยีนต่างชนิดกัน เช่น ยีนหนึ่งเป็นยีนเด่น ส่วนอีกยีนเป็นยีนด้อย Rr

1. ความแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic Variation)

หมายถึง ความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากความแตกต่างทางพันธุกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.1 ความแปรผันทางพันธุกรรมแบบต่อเนื่อง (Continuous Variation)



หมายถึง ลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน ส่วนใหญ่แปรผันไปตามอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม มีการกระจายตัวอย่างต่อเนื่อง สามารถเขียนเป็นกราฟโค้งปกติได้ ตัวอย่างเช่น สีผิว ความสูง น้ำหนัก เขียวปัญญา ปริมาณการให้น้ำนมในวัว ขนาด หรือน้ำหนักของผลไม้ การแสดงลักษณะสีของเมล็ด ข้าวสาลี ระดับน้ำตาลในเลือด เป็นต้น

1.2 ความแปรผันทางพันธุกรรมแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Variation)

หมายถึง ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะเหล่านี้น้อยมากหรือไม่มีเลย ตัวอย่างเช่น สีของดอกถั่วลันเตา ลักษณะของเมล็ดถั่วลันเตา สีตาของแมลงหวี่ สีขนของกระต่าย ความสามารถในการห่อลื่น จำนวนชั้นของตา ลักษณะมีติ่งหู/ไม่มีติ่งหู ลักษณะมีขนที่ข้อนิ้ว/ไม่มีขนที่ข้อนิ้ว มีโรคมะเร็งที่หน้าผากเป็นรูปหัวใจ/แนวตรง หมู่เลือด ABO เป็นต้น

2. การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล



Gregor Mendel นักบวชชาวออสเตรีย ได้เลือกถั่วลันเตา *Pisum sativum* เป็นพืชที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากปลูกง่าย อายุสั้น เมนเดลเป็นผู้ค้นพบและอธิบายหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากการทดลองของเขา จึงได้รับการยกย่องให้เป็น “บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์”

ตารางผลการทดลองของเมนเดล

| Table 14.1 The Results of Mendel's F ₁ Crosses for Seven Characters in Pea Plants | | | | | |
|--|----------------|---|-----------------|--|--------|
| Character | Dominant Trait | × | Recessive Trait | F ₂ Generation Dominant:Recessive | Ratio |
| Flower color | Purple | × | White | 705:224 | 3.15:1 |
| Flower position | Axial | × | Terminal | 651:207 | 3.14:1 |
| Seed color | Yellow | × | Green | 6022:2001 | 3.01:1 |
| Seed shape | Round | × | Wrinkled | 5474:1850 | 2.96:1 |
| Pod shape | Inflated | × | Constricted | 882:299 | 2.95:1 |
| Pod color | Green | × | Yellow | 428:152 | 2.82:1 |
| Stem length | Tall | × | Dwarf | 787:277 | 2.84:1 |

สรุปผลการทดลองของเมนเดล

ถ้าใช้พันธุ์แท้ผสมกับพันธุ์แท้ในรุ่นพ่อแม่ (Parent Generation) ลูกที่ออกมาในรุ่น F_1 จะมีเพียงลักษณะเดียวเหมือนกับต้นพ่อหรือต้นแม่

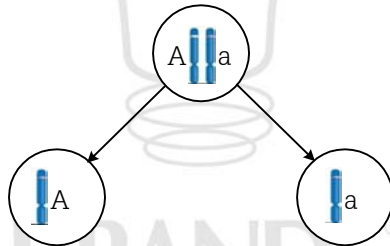
ลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่น F_1 ไม่ได้หายไปไหน แต่จะถูกบังไว้ไม่ให้เห็นออกมาและจะปรากฏอีกครั้งในรุ่น F_2 ลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อๆ ไปได้เสมอ เรียกว่า ลักษณะเด่น (Dominant) ลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นถัดไปได้น้อยกว่า เรียกว่า ลักษณะด้อย (Recessive) อัตราส่วนลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย ในรุ่น $F_1 = 1 : 0$ ในรุ่น $F_2 = 3 : 1$

ลักษณะต้นเดียวที่ไม่ปรากฏในรุ่น F_1 ไม่ได้สูญหายไป เพียงแต่ไม่แสดงออกเพราะถูกข่มไว้ แสดงว่าสิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเป็นหน่วยที่คงตัว สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ เรียกสิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมนี้ว่า ยีน (Gene)

กฎของเมนเดล (Mendel's Law)

กฎข้อที่ 1

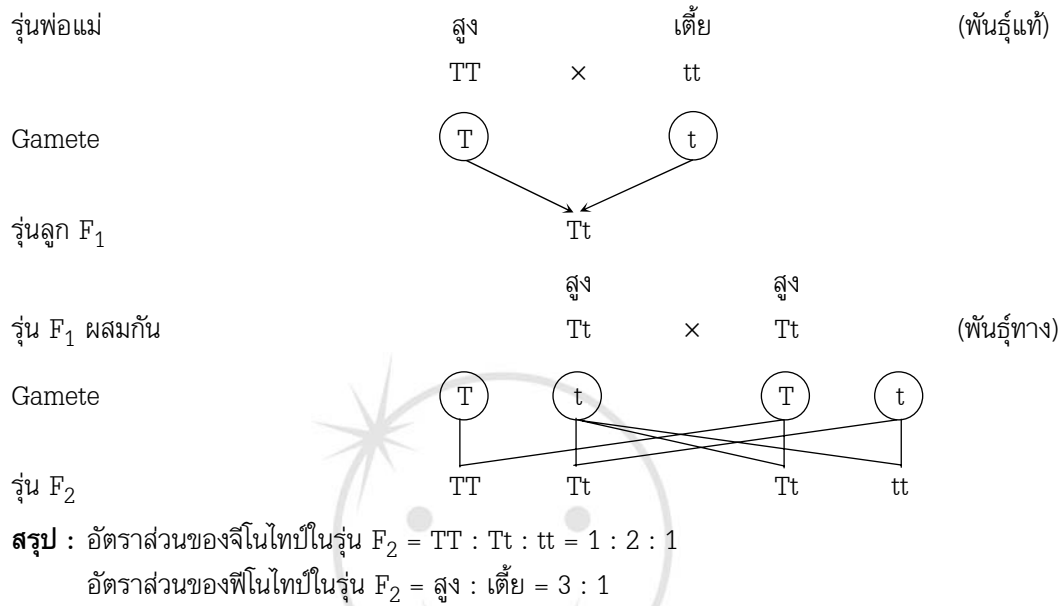
กฎแห่งการแยก (Law of Segregation) สรุปใจความว่า ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกัน ในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Gamete) ทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มีหน่วยควบคุมลักษณะนี้เพียง 1 หน่วย และจะกลับมาเข้าคู่กันอีกครั้งเมื่อเซลล์สืบพันธุ์ผสมกัน



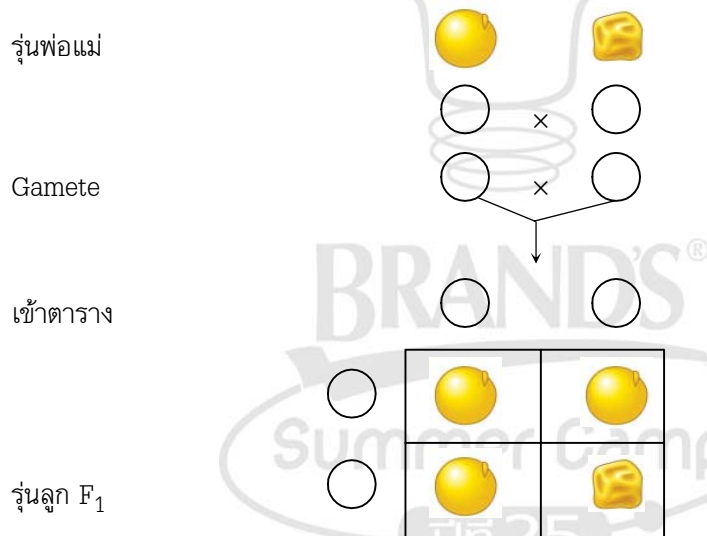
สัญลักษณ์ที่ใช้

1. ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แทนยีนที่ควบคุมลักษณะเด่น
2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแทนยีนที่ควบคุมลักษณะด้อย
3. P แทนรุ่นพ่อแม่
4. F_1 แทนรุ่นลูก
5. F_2 แทนรุ่นหลาน

ตัวอย่างที่ 1



ตัวอย่างที่ 2

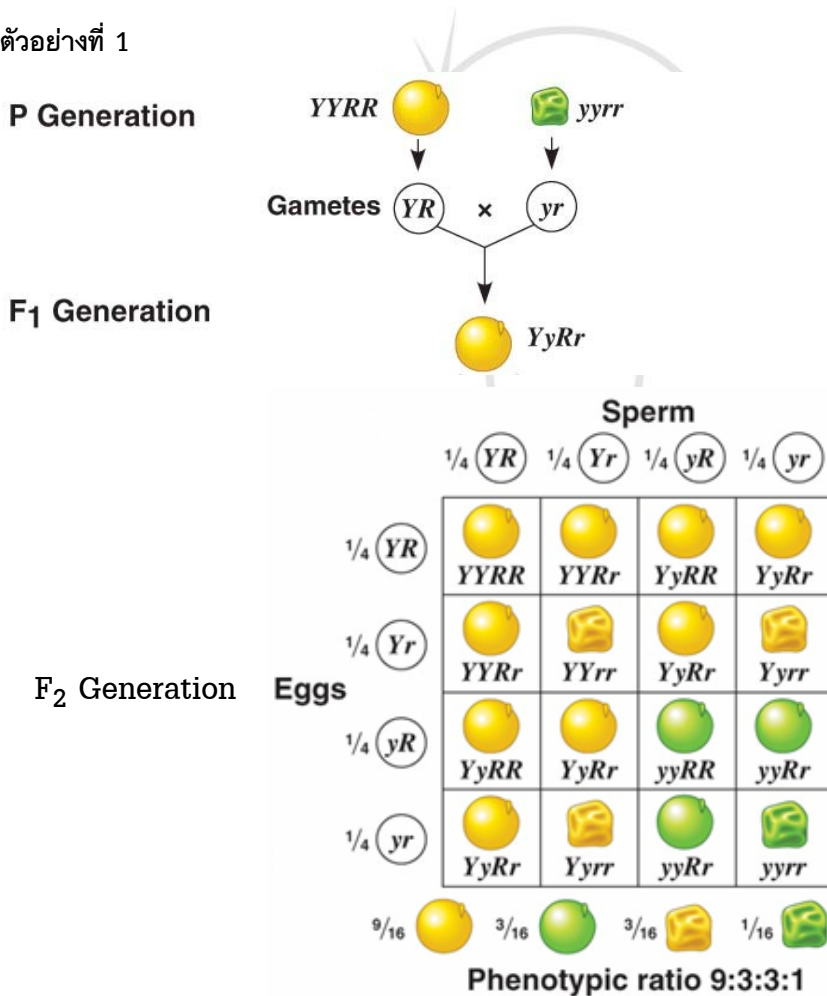


กฎข้อที่ 2

กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment) สรุปใจความว่า ในเซลล์สืบพันธุ์จะมีการรวมกลุ่มของหน่วยพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ การรวมกลุ่มเหล่านี้เป็นไปอย่างอิสระ จึงทำให้เราสามารถทำนายผลที่เกิดขึ้นในรุ่นลูก รุ่นหลานได้

เมนเดลได้ขยายการทดลองโดยศึกษา 2 ลักษณะไปพร้อมกัน โดยนำเอาเมล็ดถั่วสีเหลืองผสมกับเมล็ดขรุขระสีเขียว รุ่น F_1 ที่ได้มีลักษณะเมล็ดกลมสีเหลืองทั้งหมด แต่เมื่อนำ F_1 มาผสมกันเอง รุ่น F_2 ที่เกิดขึ้นแสดงลักษณะที่แตกต่างกัน ดังภาพ

ตัวอย่างที่ 1



RESULTS

315 (Yellow Round) 108 (Yellow Wrinkled) 101 (Green Round) 32 (Green Wrinkled) Phenotypic ratio approximately 9:3:3:1

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

3. การทดสอบจีโนไทป์

จากการทดลองของเมนเดล ถั่วลันเตาที่มีลักษณะเมล็ดย่นจะมีจีโนไทป์ ss แต่ถั่วลันเตาที่มีลักษณะเมล็ดเรียบจะมีจีโนไทป์ SS หรือ Ss ก็ได้ ดังนั้นถ้าต้องการทดสอบว่าถั่วลันเตาเมล็ดเรียบที่เราสงสัยมีจีโนไทป์ SS หรือ Ss สามารถทดสอบได้ 2 วิธี คือ

1. **ผสมตัวเอง** : นำต้นถั่วเมล็ดเรียบต้นที่สงสัยไปปลูกและปล่อยให้ผสมตัวเอง (Self Fertilization) ถ้าลูกที่ได้เป็นเมล็ดเรียบทั้งหมด แสดงว่าถั่วต้นนั้นมีจีโนไทป์เป็นแบบ SS แต่ถ้าลูกที่ได้เป็น เมล็ดเรียบ : เมล็ดย่น ในอัตราส่วน 3 : 1 แสดงว่าถั่วต้นนั้นมีจีโนไทป์เป็น Ss ดังแผนภาพต่อไปนี้

| | | | | |
|----------|-------------------|---------------|--|---------------|
| พ่อ-แม่ | เมล็ดเรียบ | | เมล็ดเรียบ | |
| จีโนไทป์ | SS | $\times$ ss | Ss | $\times$ Ss |
| Gamete | (S) | (s) | (S) (s) | (S) (s) |
| F_1 | SS | | $\frac{1}{4} SS$: $\frac{2}{4} Ss$: $\frac{1}{4} ss$ | |
| ฟีโนไทป์ | เมล็ดเรียบทั้งหมด | | $\frac{3}{4}$ เมล็ดเรียบ : $\frac{1}{4} ss$ | |

2. **การผสมทดสอบ (Testcross)** : นำต้นถั่วเมล็ดเรียบต้นที่สงสัยไปปลูกแล้วนำไปผสมกับต้นที่มีจีโนไทป์เป็นย่นด้อยทั้งหมด (ss) ถ้าลูกที่ได้มีลักษณะเรียบทั้งหมด แสดงว่าถั่วต้นนั้นมีจีโนไทป์ SS แต่ถ้าลูกที่ได้มีลักษณะเมล็ดเรียบ : เมล็ดย่น เท่ากับ 1 : 1 แสดงว่าต้นที่สงสัยนั้นเป็น Ss ดังแผนภาพต่อไปนี้

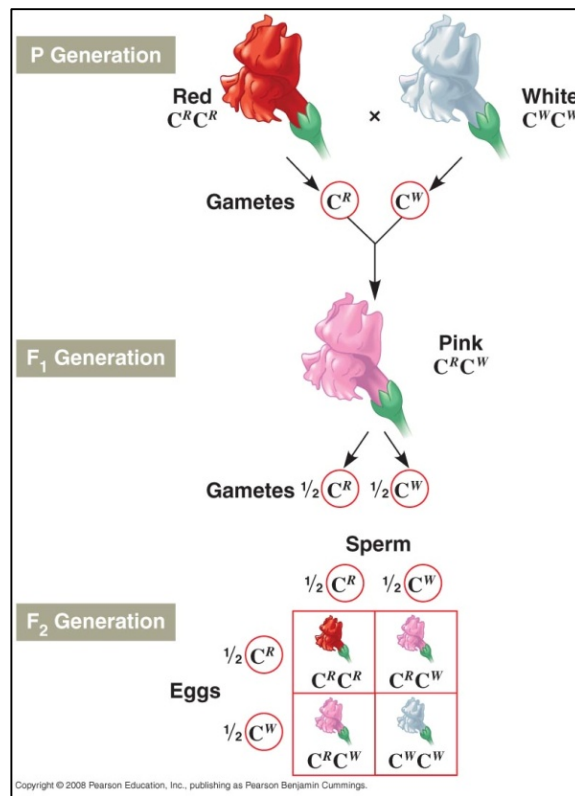
| | | | | |
|----------|-------------------|-------------------|---|-------------------|
| พ่อ-แม่ | เมล็ดเรียบ | เมล็ดย่น (Tester) | เมล็ดเรียบ | เมล็ดย่น (Tester) |
| จีโนไทป์ | SS | $\times$ ss | Ss | $\times$ Ss |
| Gamete | (S) | (s) | (S) (s) | (S) (s) |
| F_1 | SS | | $\frac{1}{2} Ss$: $\frac{1}{2} ss$ | |
| ฟีโนไทป์ | เมล็ดเรียบทั้งหมด | | $\frac{1}{2}$ เมล็ดเรียบ : $\frac{1}{2}$ เมล็ดย่น | |

4. ลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล

4.1 การข้ามแบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete Dominance)

หมายถึง ภาวะที่ Heterozygote แสดงลักษณะอยู่ระหว่างพวกที่เป็น Homozygote ของแต่ละ แอลลีลที่เกี่ยวข้อง แสดงว่ายีนที่เป็นแอลลีลกันไม่ได้ข่มยีนอีกแอลลีลหนึ่งได้สมบูรณ์

ตัวอย่าง สีของดอกลิ้นมังกร ควบคุมโดย 2 แอลลีล คือ C^R และ C^W จากการผสมพันธุ์ ดอกสีแดง ($C^R C^R$) กับดอกสีขาว ($C^W C^W$) จะได้ลูก F_1 ดอกสีชมพู เมื่อลูก F_1 ผสมกันเองได้ F_2 มีดอกสีแดง : ดอกสีชมพู : ดอกสีขาว ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 เท่ากับอัตราส่วนจีโนไทป์ 1 : 2 : 1



4.2 การข้ามร่วมกัน (Codominance)

หมายถึง ภาวะที่แอลลีลทั้งสองตัวของยีนคู่หนึ่งแสดงฟีโนไทป์ออกมาพร้อมกันใน Heterozygote ทำให้สามารถแยกฟีโนไทป์ออกจาก Homozygote ทั้ง 2 แบบได้ นั่นคือ ในบางกรณียีนที่ควบคุมลักษณะ บางลักษณะจะไม่แสดงการข่มกัน แต่จะแสดงลักษณะเด่นได้เท่าๆ กัน

ตัวอย่าง หมู่เลือด MN ในคน ควบคุมด้วยยีน 1 คู่ คือ L^M ควบคุมการสังเคราะห์แอนติเจน M เป็นยีนควบคุมการแสดงออกของคนหมู่เลือด M (จีโนไทป์ $L^M L^M$) ส่วน L^N ควบคุมการสังเคราะห์แอนติเจน N ควบคุมการแสดงออกของคนหมู่เลือด N (จีโนไทป์ $L^N L^N$) โดยยีนทั้งคู่แสดงลักษณะเด่นเท่ากันในคนที่เป็น Heterozygote $L^M L^N$ ซึ่งคนหมู่เลือด MN มียีนควบคุมการสังเคราะห์แอนติเจนทั้ง M และ N

4.3 มัลติเปิลแอลลีล (Multiple Alleles)

หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ตำแหน่งของยีนควบคุมลักษณะเหล่านี้ มีมากกว่าแอลลีล 2 แบบ ขึ้นไป

ตัวอย่าง หมู่เลือด ABO ของคนมียีนควบคุมอยู่ 3 แอลลีล คือ I^A , I^B และ i

| Allele | Carbohydrate |
|--------|---|
| I^A | A  |
| I^B | B  |
| i | none |

(a) The three alleles for the ABO blood groups and their associated carbohydrates

| Genotype | Red blood cell appearance | Phenotype (blood group) |
|----------------------|---|-------------------------|
| $I^A I^A$ or $I^A i$ |  | A |
| $I^B I^B$ or $I^B i$ |  | B |
| $I^A I^B$ |  | AB |
| ii |  | O |

(b) Blood group genotypes and phenotypes

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

ฟีโนไทป์ (หมู่เลือด)

A

B

AB

O

จีโนไทป์

$I^A I^A$ $I^A i$

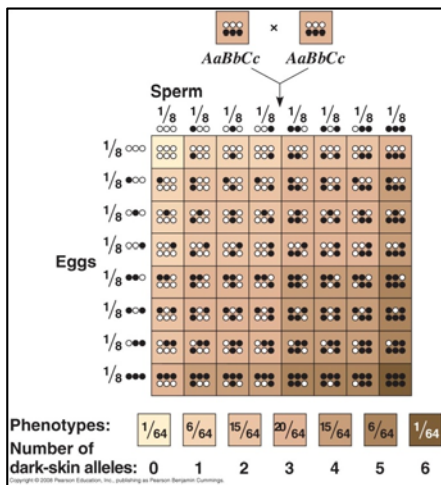
$I^B I^B$ $I^B i$

$I^A I^B$

ii

เอ๊ะ! รูปแบบการแสดงออกของยีนไม่จำเป็นต้องตรงตามกฎของเมนเดลเสมอไป บางแอลลีลอาจไม่สามารถข่มการแสดงออกของคู่แอลลีลกันเองได้ จึงทำให้เกิดการแสดงออกแบบร่วม หรืออาจแสดงออกมากกว่า 2 แบบ

4.4 พอลิยีน (Polygene)



หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่แต่ละคู่แสดงผลออกมาอย่างละเล็กน้อยต่อลักษณะที่ปรากฏ ลักษณะทางพันธุกรรมประเภทนี้ เรียกว่า ลักษณะทางปริมาณ (Quantitative Trait) เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง ยีนที่ควบคุมอาจมีตั้งแต่ 2-40 คู่ และอาจอยู่บนโครโมโซมเดียวกันหรือกระจายไปอยู่บนโครโมโซมหลายคู่ก็ได้

ตัวอย่าง ความสูงของคน สีผิวของคน เชื้อชาติของคน เป็นต้น

5. โครโมโซม

ความผิดปกติของโครโมโซม มีผลทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกายตั้งแต่แรกเกิด ความผิดปกติดังกล่าว อาจอยู่ในลักษณะที่เกินมาทั้งแท่ง หายไปทั้งแท่ง หรือหายไปบางส่วน แบ่งออกเป็น 1. ความผิดปกติของโครโมโซมร่างกาย และ 2. ความผิดปกติของโครโมโซมเพศ

5.1 ความผิดปกติของโครโมโซมร่างกาย

| ชื่อกลุ่มอาการ | โครโมโซมที่ผิดปกติ | ลักษณะที่ปรากฏ |
|---|-----------------------|--|
| Cri-Du-Chat Syndrome (Cat-Cry Syndrome) | คู่ที่ 5 หายไปบางส่วน | ศีรษะเล็ก ใบหน้าค่อนข้างกลม ใบหูอยู่ต่ำกว่าปกติ ปัญญาอ่อน เสียงร้องคล้ายแมว |
| Patau's Syndrome | คู่ที่ 13 เกินมา | ศีรษะเล็ก ตาเล็กหรือไม่มีตา ปากแหว่ง เพดานโหว่ ตาสองข้างห่างกันมาก คอสั้น จมูกโตแบน ใบหูอยู่ต่ำ นิ้วม้วนเกิน หัวใจและไตผิดปกติ หูหนวก ปัญญาอ่อน |
| Edward's Syndrome | คู่ที่ 18 เกินมา | ศีรษะยาว ท้ายทอยยื่น ใบหน้าใหญ่เป็นเหลี่ยม ตาห่างปากแคบ ใบหูอยู่ต่ำ ผิวหนังตรงหลังคอเป็นลอน และเป็นปึก บางครั้งมีปากแหว่งเพดานโหว่ มีการเกร็งของกล้ามเนื้อทำให้มือกำอยู่ในท่าเฉพาะ คือ นิ้วชี้และนิ้วก้อยเหยียดนิ้วกลางและนิ้วนาง แขนเกร็งอยู่ในท่าอเข้าขึ้น หัวใจและไตอาจพิการ อายุสั้น |
| Down's Syndrome | คู่ที่ 21 เกินมา | สมองเล็ก กะโหลกศีรษะกลม ท้ายทอยแบน จมูกเล็กและแป้น ช่องปากเล็กทำให้ลิ้นคับปาก ใบหูเล็กและผิดปกติ ตาห่าง ด้านหางตาชี้ขึ้นข้างบน นิ้วสั้น ปลายมือขาด หัวใจพิการ มักเป็นหมัน |

5.2 ความผิดปกติของโครโมโซมเพศ

| ชื่อกลุ่มอาการ | โครโมโซมที่ผิดปกติ | ลักษณะที่ปรากฏ |
|------------------------|-------------------------|---|
| Turner's Syndrome | โครโมโซม X หายไป 1 แห่ง | เพศหญิง เตี้ย ไม่มีประจำเดือน มดลูกและรังไข่เล็ก เป็นหมัน เต้านมเล็ก มักปัญญาอ่อน |
| Klinefelter's Syndrome | โครโมโซม X เกินมาในชาย | เพศชาย มีเต้านมคล้ายเพศหญิง อวัยวะเพศมีขนาดเล็ก อัณฑะไม่สร้างอสุจิ เป็นหมัน สูงและอ้วน มักปัญญาอ่อน |
| Triple X Syndrome | โครโมโซม X 3 แห่งในหญิง | เพศหญิง ไม่มีประจำเดือน เป็นหมัน รังไข่ฝ่อ ไม่มีไขปัญญาอ่อน |
| Double Y Syndrome | โครโมโซม Y เกินมาในชาย | เพศชาย รูปร่างสูงกว่าปกติ อวัยวะเพศมีขนาดใหญ่ ปัญญาอ่อน ใจร้อน ซี้โมโห |

6. การแสดงลักษณะทางพันธุกรรมในคน

6.1 ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดด้วยยีนเด่นบนออโตโซม (Autosome)

- **เนื้องอกเยื่อประสาทชนิด Type I และ Type II (Neurofibromatosis Type I, Type II)**
ชนิด Type I เป็นความผิดปกติของยีนบนโครโมโซมคู่ที่ 17 ชนิด Type II เป็นความผิดปกติของยีนบนโครโมโซมคู่ที่ 22 มีลักษณะเป็นตุ่มทั่วร่างกาย หรือมีปานสีกาแฟใส่น้อย 6 ตำแหน่ง

- **หมู่เลือด Rh** ยีนที่ควบคุมหมู่เลือดอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 1 ควบคุมการสร้างแอนติเจน D คนที่มีหมู่เลือด Rh⁺ มีแอนติเจน D ส่วนคนที่หมู่เลือด Rh⁻ ไม่มีแอนติเจน D

6.2 ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดด้วยยีนด้อยบนออโตโซม

- **กลุ่มอาการผิวเผือก (Albinism)** เป็นความผิดปกติของยีนในโครโมโซมคู่ที่ 15 แสดงอาการสูญเสียการสร้างเมลานินของเซลล์ที่ผิวหนัง ผม ม่านตา

- **มะเร็งจอประสาทตา (Retinoblastoma)** เป็นความผิดปกติของยีนในโครโมโซมคู่ที่ 13 ทำให้เกิดมะเร็งที่เรตินาในเด็กเล็ก พบในเด็กที่อายุน้อยกว่า 5 ปี



- **ธาลัสซีเมีย (Thalassemia)** เป็นโรคทางพันธุกรรมทางโลหิตอย่างหนึ่ง ผู้ป่วยมีอาการโลหิตจางมาแต่กำเนิดและมีดีซ่านร่วมด้วย เกิดจากยีนผิดปกติทำให้การสร้างพอลิเพปไทด์ในฮีโมโกลบินผิดปกติ

7. ยีนในโครโมโซมเพศ

7.1 การถ่ายทอดทางพันธุกรรมโดยยีนในโครโมโซม X

ตัวอย่างอาการผิดปกติที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X

- **ลักษณะตาบอดสี (Color Blindness)** เป็นอาการที่มองเห็นภาพแล้วแปรสภาพสีผิดไปจากปกติ เป็นลักษณะด้อยที่ควบคุมด้วยยีนด้อยในโครโมโซม X

| | ฟีโนไทป์ | จีโนไทป์ |
|---------|----------|------------------------|
| | ชาย | หญิง |
| ตาบอดสี | X^cY | X^cX^c |
| ตาปกติ | X^CY | X^CX^C หรือ X^CX^c |

- **โรคฮีโมฟีเลีย (Hemophilia)** เป็นความผิดปกติที่มีอาการเลือดแข็งตัวช้า เนื่องจากขาดโปรตีนชนิดที่ทำให้เลือดแข็งตัวบางชนิด

| | ฟีโนไทป์ | จีโนไทป์ |
|---------------|----------|------------------------|
| | ชาย | หญิง |
| โรคฮีโมฟีเลีย | X^hY | X^hX^h |
| ปกติ | X^HY | X^HX^H หรือ X^HX^c |

- **ภาวะบกพร่องเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD Deficiency)** เอนไซม์นี้มีบทบาทสำคัญในเซลล์เม็ดเลือดแดง ป้องกันไม่ให้เซลล์เม็ดเลือดแดงถูกทำลาย

| | ฟีโนไทป์ | จีโนไทป์ |
|---------------------------|----------|------------------------|
| | ชาย | หญิง |
| ภาวะบกพร่องเอนไซม์ G-6-PD | X^gY | X^gX^g |
| ปกติ | X^GY | X^GX^G หรือ X^GX^g |

ตัวอย่างอาการผิดปกติที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X

- โรคกระดูกอ่อนชนิดถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Hypophosphatemic Rickets)
- โรคขนนุษย์หมาป่า (Congenital Generalize Hypertrichosis)

เอ๊ะ! การถ่ายทอดทางพันธุกรรมโดยยีนในโครโมโซม X มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. พบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง
2. กรณีที่แม่เป็นพาหะของยีนด้อยบนโครโมโซม X แต่พ่อปกติ ลูกชายแต่ละคนมีโอกาสแสดงอาการผิดปกติ 1/2
3. ผู้ชายที่แสดงอาการผิดปกติถ้าแต่งงานกับผู้หญิงที่มียีนปกติทั้ง 2 โครโมโซม ลูกชายจะปกติ ส่วนลูกสาวทุกคนจะเป็นพาหะ
4. ผู้หญิงที่แสดงอาการผิดปกติ ส่วนใหญ่เกิดจากพ่อที่ผิดปกติ ส่วนแม่ปกติหรือเป็นพาหะก็ได้
5. กรณีที่พ่อผิดปกติ แม่เป็นพาหะ ลูกชายและลูกสาวมีโอกาสแสดงอาการผิดปกติ 1/2

7.2 การถ่ายทอดทางพันธุกรรมโดยยีนในโครโมโซม Y

ตัวอย่างอาการผิดปกติ

- ลักษณะใบหูมีขนยาว (Hairy Pinna)

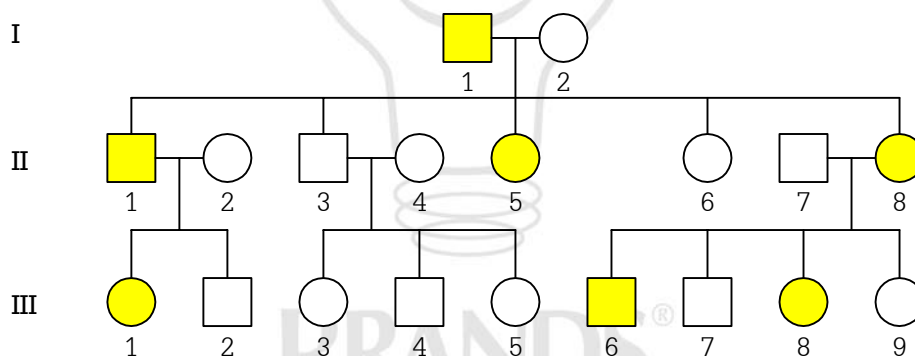


8. แผนผังพันธุประวัติ หรือพงศาวลี (Pedigree)

เป็นการเขียนประวัติครอบครัวอันประกอบด้วยบุคคลแต่ละรุ่น (Generation) เพื่อให้ได้มาว่าลักษณะทางพันธุกรรมที่สนใจนั้นมีญาติพี่น้องคนใดในครอบครัวแสดงลักษณะนั้นด้วยหรือไม่

ใช้สัญลักษณ์แทนตัวบุคคล เพศ และการแสดงออก

ตัวอย่างเพดิกิริการถ่ายทอดลักษณะยีนเด่นบนออโทโซม

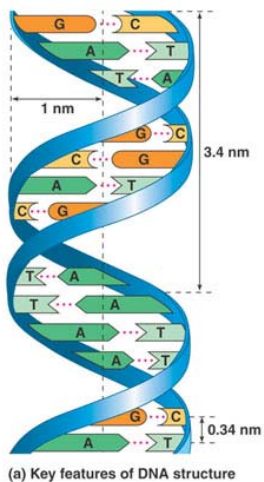


บันทึก

Summer Camp

ปีที่ 25

9. สารพันธุกรรม

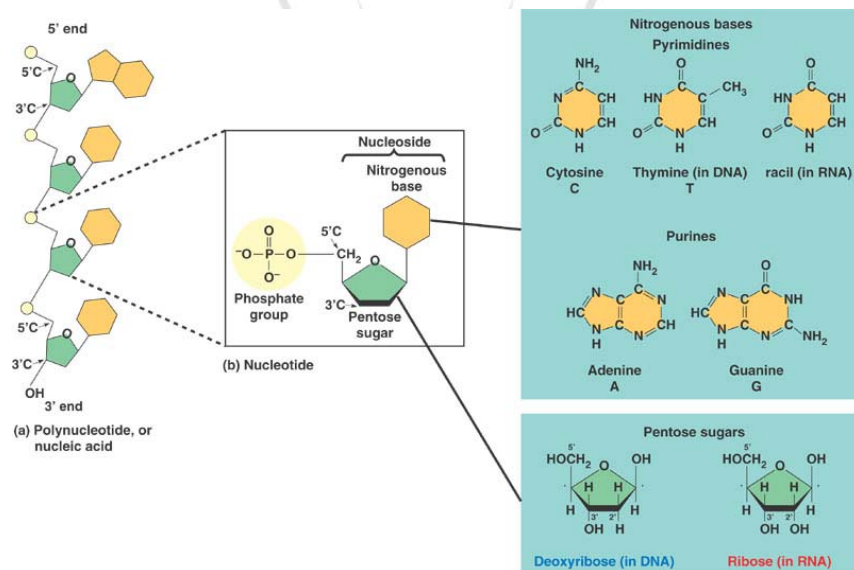


กรดนิวคลีอิกเป็นสารอินทรีย์ที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด พบในปี ค.ศ. 1870 โดย Friedrich Miesher จากนิวเคลียสของเซลล์หนอง และพบว่ามีคุณสมบัติเป็นกรดจึงตั้งชื่อว่า Nucleic Acid หมายถึง กรดในนิวเคลียส

กรดนิวคลีอิกเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อน ประกอบด้วยหน่วยย่อย เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ที่เรียกว่า Phosphodiester Bond ระหว่าง -OH ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ Phosphate Group ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง เป็นสายยาว เรียกว่า พอลินิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide)

ส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก

นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน ดังนี้



1. Nitrogenous Base แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- Purine โครงสร้างมี 2 วง ได้แก่ Adenine (A) และ Guanine (G)
- Pyrimidine โครงสร้างมี 1 วง ได้แก่ Cytosine (C), Thymine (T) และ Uracil (U)

2. Pentose Sugar ได้แก่

- Ribose Sugar มีสูตรเป็น $C_5H_{10}O_5$
- Deoxyribose Sugar มีสูตรเป็น $C_5H_{10}O_4$

3. Phosphate Group

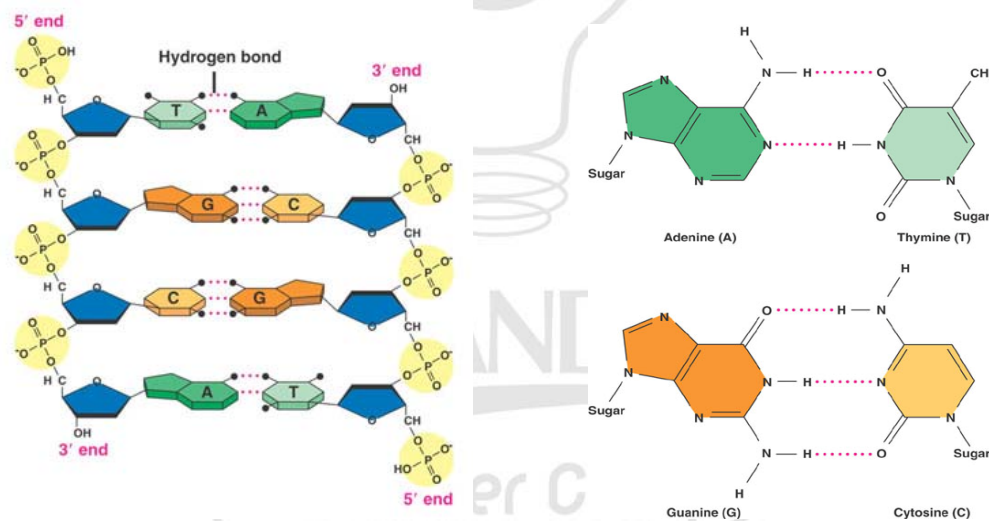
ชนิดของกรดนิวคลีอิก

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามชนิดของน้ำตาล

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง DNA และ RNA

| ส่วนประกอบ | DNA (Deoxyribonucleic Acid) | RNA (Ribonucleic Acid) |
|---------------------|---|---|
| 1. Nitrogenous Base | Adenine (A), Guanine (G), Cytosine (C) และ Thymine (T) | Adenine (A), Guanine (G), Cytosine (C) และ Uracil (U) |
| 2. Pentose Sugar | Deoxyribose Sugar | Ribose Sugar |
| 3. Phosphate Group | Phosphate | Phosphate |
| 4. Structure | 2 polynucleotides พันกันคล้ายบันไดเวียนขวา | 1 polynucleotide (สายเดี่ยว) |
| 5. Function | ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์โปรตีน | เป็นหน่วยปฏิบัติงานในการสังเคราะห์โปรตีน |

10. โครงสร้างของ DNA

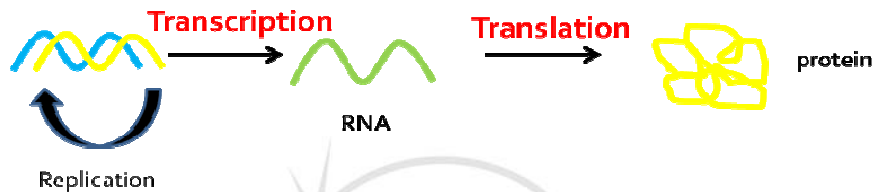


- เกลียวคู่ (Double Helix) เวียนขวา
- DNA ทั้ง 2 สายยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะ Hydrogen Bond ระหว่างคู่เบสที่อยู่บนสายตรงข้ามเป็นคู่ๆ กันไป การจับคู่เบส A กับ T และ C กับ G เรียกว่า คู่สม (Base Pair) โดยหันด้านที่มีเบสเข้าข้างใน (เปรียบเหมือนชั้นบันได) ส่วนโครงสร้างของน้ำตาลเพนโทส และฟอสเฟตอยู่ด้านนอก (เปรียบเหมือนราวบันได)
- Antiparallel สองสายมีทิศทางการไหลกลับทิศทาง
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 อังสตรอม แต่ละคู่เบสห่างกัน 3.4 อังสตรอม
- ทำมุม 36 องศา โดย 1 รอบ มี 10 คู่เบส

11. The Central Dogma

กลไกการทำงานของสารพันธุกรรม หมายถึง กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมออกมาเป็นโปรตีน เพื่อนำไปใช้ทำหน้าที่ต่างๆ ของเซลล์ ประกอบด้วย กระบวนการจำลอง DNA (DNA Replication) การถอดรหัส (Transcription) และการแปลรหัส (Translation)

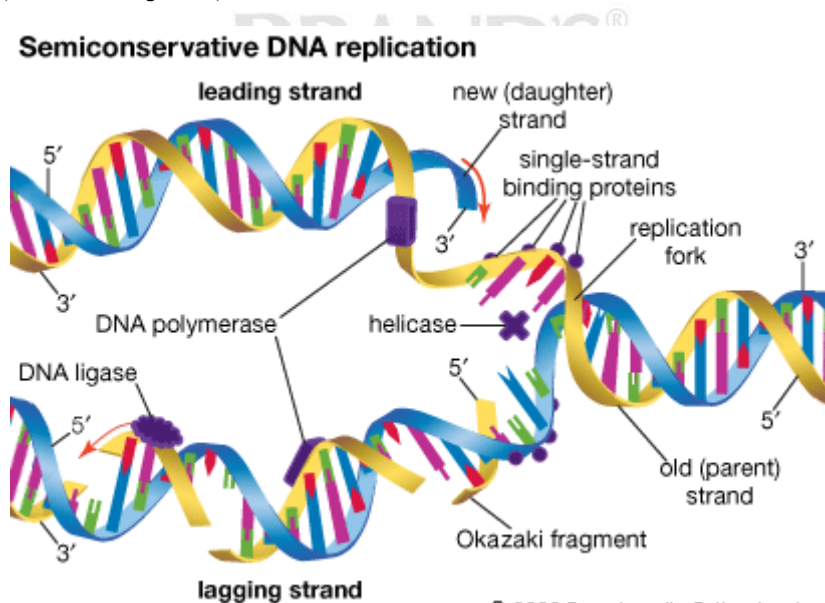
Central Dogma



11.1 กระบวนการจำลอง DNA (DNA Replication)

กระบวนการจำลอง DNA มีขั้นตอน ดังนี้

- เอนไซม์ Helicase ทำหน้าที่ ตัดพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสของสายพอลินิวคลีโอไทด์ได้สายแม่แบบ 2 สาย
- DNA แม่แบบสายหนึ่งมีปลาย 3' ส่วนอีกสายมีปลาย 5' DNA แม่แบบที่มีปลาย 3' จะสังเคราะห์สาย DNA ขึ้นใหม่ คือ สาย Leading Strad อย่างต่อเนื่อง ในทิศทาง 5' ไป 3' โดยเอนไซม์ DNA Polymerase
- DNA แม่แบบสายที่มีปลาย 5' ไม่สามารถสังเคราะห์สายใหม่จากปลาย 5' ได้ จึงเข้าไปสังเคราะห์จากภายในของสาย DNA แม่แบบทางด้าน 3' แทน โดยจะสังเคราะห์ได้เป็นสายสั้น ดังนั้น DNA สายใหม่ก็ยังคงสังเคราะห์จากปลาย 5' ไป 3' เหมือนเดิม ซึ่ง DNA สายใหม่สายสั้นที่สังเคราะห์ขึ้นมา เรียกว่า สายโอคาคาซาคิ (Okazaki Fragment)

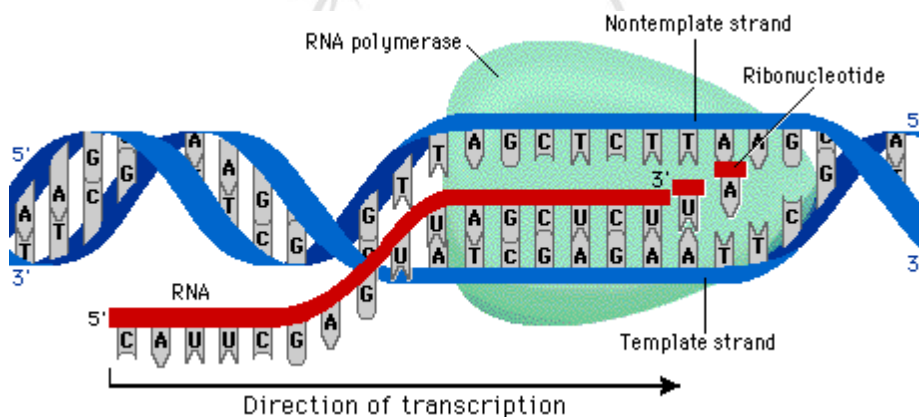


© 2008 Encyclopædia Britannica, Inc.

11.2 การถอดรหัส (Transcription)

การสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่แบบ หรือการถอดรหัสมีขั้นตอน ดังนี้

- เอนไซม์ RNA Polymerase จับกับสาย DNA ตำแหน่งที่จะสังเคราะห์ RNA ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบสสลาย พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย แยกออกจากกัน สายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ เรียกว่า Template ส่วนสายที่ไม่ใช่แม่พิมพ์ เรียกว่า Coding
- การสังเคราะห์ RNA เริ่มต้นจาก RNA ปลาย 5' ไป 3' ซึ่งกลับทิศกับสาย DNA แม่แบบ เบส A เข้าคู่กับเบส U และ C เข้าคู่กับ G โดยมีเอนไซม์ RNA Polymerase เชื่อมไรโบนิวคลีโอไทด์อิสระมาต่อกันเป็นสายยาว
- เมื่อถึงบริเวณควบคุมการหยุดถอดรหัส เอนไซม์ RNA Polymerase หยุดทำงานและแยกตัวออกจากสาย DNA สาย RNA แยกออกจาก DNA ไปยังไซโทพลาสซึม ส่วน DNA 2 สายจับคู่บิดเกลียวเหมือนเดิม



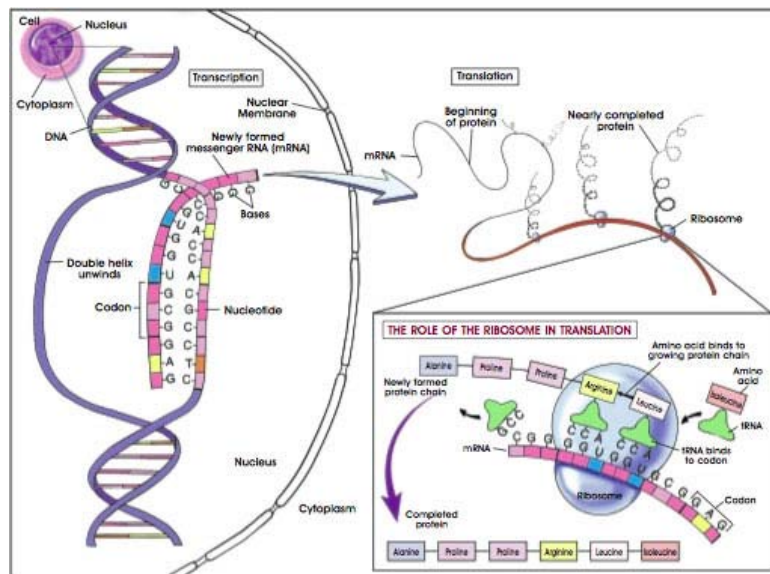
ชนิดของ RNA

1. mRNA (messenger RNA) หน้าที่ นำคำสั่งที่ปรากฏบน DNA ไปสร้างโปรตีนชนิดที่ต้องการตามการแสดงออกของยีน ประกอบด้วย รหัสทางพันธุกรรมที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล เรียกว่า Codon
2. tRNA (transfer RNA) หน้าที่ เป็นตัวนำกรดอะมิโนต่อเข้าด้วยกันบน Ribosome จนเป็นพอลิเปปไทด์สายยาว ตามลำดับของโคดอนบนสาย mRNA
3. rRNA (ribosomal RNA) หน้าที่ สังเคราะห์โปรตีนร่วมกับ mRNA และ tRNA โดยรวมกับโปรตีนประกอบขึ้นเป็นไรโบโซม ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย คือ หน่วยเล็ก 40S และหน่วยใหญ่ 60S (ในยูคาริโอต) หน่วยเล็ก 30S และหน่วยใหญ่ 50S (ในโพรคาริโอต)

11.3 การแปลรหัส (Translation)

เมื่อ mRNA อยู่ในไซโทพลาสซึม จะมีการทำงานร่วมกันระหว่าง mRNA ไรโบโซม และ tRNA เพื่อสังเคราะห์โปรตีน

- กระบวนการเริ่มต้น ไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดเล็กจับกับ mRNA ที่ปลายด้าน 5' จากนั้น tRNA นำ f-met มาจับกับ mRNA ที่ Start Codon คือ AUG จากนั้นไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดใหญ่ ประกอบกับไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดเล็ก และ tRNA โมเลกุลแรก



- กระบวนการต่อสาย tRNA โมเลกุลที่ 2 ที่มี Anticodon เข้าคู่กับ Codon ถัดไปของ mRNA นำกรด อะมิโนตัวที่ 2 มาเรียงต่อจากการดอะมิโนตัวแรก ทั้ง 2 จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ไรโบโซมเลื่อนไปตามความยาวของ mRNA จากปลาย 5' ไป 3' และ tRNA โมเลกุลต่อไปจะนำกรดอะมิโนตามรหัส Codon มาเชื่อมต่อเช่นนี้เรื่อยๆ จนได้สายพอลิเพปไทด์

- กระบวนการสิ้นสุดการสังเคราะห์ เมื่อไรโบโซมเคลื่อนไปถึงตำแหน่ง Stop Codon คือ UAA UAG UGA รหัสใดรหัสหนึ่ง จะหยุดการแปลรหัส ทำให้พอลิเพปไทด์หลุดจาก tRNA ตัวสุดท้าย ไรโบโซมทั้ง 2 หน่วยแยกจากกัน และหลุดจาก mRNA

ตารางแสดงรหัสพันธุกรรมบน mRNA

| | | Second Position | | | | | | | | | |
|----------------|---|-----------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|---|--|
| | | U | | C | | A | | G | | | |
| | | code | Amino Acid | code | Amino Acid | code | Amino Acid | code | Amino Acid | | |
| First Position | U | UUU | phe | UCU | ser | UAU | tyr | UGU | cys | U | |
| | | UUC | | UCC | | UAC | | UGC | | C | |
| | | UUA | leu | UCA | | UAA | STOP | UGA | STOP | A | |
| | | UUG | | UCG | | UAG | STOP | UGG | trp | G | |
| | C | CUU | leu | CCU | pro | CAU | his | CGU | arg | U | |
| | | CUC | | CCC | | CAC | CGC | C | | | |
| | | CUA | | CCA | | CAA | gln | CGA | | A | |
| | | CUG | | CCG | | CAG | CGG | G | | | |
| | A | AUU | ile | ACU | thr | AAU | asn | AGU | ser | U | |
| | | AUC | | ACC | | AAC | AGC | C | | | |
| | | AUA | | ACA | | AAA | lys | AGA | arg | A | |
| | | AUG | | met | | ACG | AAG | AGG | G | | |
| | G | GUU | val | GCU | ala | GAU | asp | GGU | gly | U | |
| | | GUC | | GCC | | GAC | GGC | C | | | |
| | | GUA | | GCA | | GAA | glu | GGA | | A | |
| | | GUG | | GCG | | GAG | GGG | G | | | |

แบบฝึกหัด

1. ลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต ลักษณะใดต่อไปนี้เป็นเกิดจากอิทธิพลของลักษณะทางพันธุกรรมเพียงอย่างเดียว
 - 1) หมูเลือด
 - 2) ความดันโลหิต
 - 3) สติปัญญา
 - 4) น้ำหนักและส่วนสูง
2. พืชสายพันธุ์หนึ่งมีฟีโนไทป์ของสีเมล็ดเป็นสีเขียวเข้ม (A) และสีเขียวอ่อน (a) เมื่อนำไปผสมข้ามสายพันธุ์กับพืชอีกสายพันธุ์หนึ่งที่มีฟีโนไทป์เป็นเมล็ดเรียบ (B) และเมล็ดย่น (b) อยากทราบว่า ลักษณะใดไม่น่าจะเกิดขึ้นในชั่วรุ่นลูก หากลักษณะฟีโนไทป์ของยีน B ถูกควบคุมด้วยลักษณะด้อยของยีน A (PAT2 มี.ค. 53)
 - 1) เมล็ดเรียบสีเขียวเข้ม
 - 2) เมล็ดเรียบสีเขียวอ่อน
 - 3) เมล็ดย่นสีเขียวเข้ม
 - 4) เมล็ดย่นสีเขียวอ่อน
3. ให้กระต่ายขนสีดำเป็นลักษณะเด่น ขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย ที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดล การทดลองที่สามารถทดสอบได้ว่ากระต่ายขนสีดำที่มีอยู่เป็นพันธุ์แท้คือข้อใด (PAT2 ต.ค. 52)
 - 1) ผสมกับกระต่ายขนสีดำที่แน่ใจว่าเป็นพันธุ์แท้ ถ้ากระต่ายที่มีอยู่เป็นพันธุ์แท้จะได้ลูกขนสีดำ : สีน้ำตาล = 1 : 1
 - 2) ผสมกับกระต่ายขนสีน้ำตาลที่แน่ใจว่าเป็นพันธุ์แท้ ถ้ากระต่ายที่มีอยู่เป็นพันธุ์แท้จะได้ลูกขนสีดำ : สีน้ำตาล = 1 : 1
 - 3) ผสมกับกระต่ายขนสีดำที่แน่ใจว่าเป็นเฮเทอโรไซกัส ถ้ากระต่ายที่มีอยู่เป็นพันธุ์แท้จะได้ลูกขนสีดำ : สีน้ำตาล = 1 : 1
 - 4) ผสมกับกระต่ายขนสีดำที่แน่ใจว่าเป็นเฮเทอโรไซกัส ถ้ากระต่ายที่มีอยู่เป็นพันธุ์แท้จะได้ลูกขนสีดำทั้งหมด
4. ยีนที่ควบคุมตาสีน้ำตาลเป็นลักษณะเด่นต่อตาสีฟ้า หากพ่อแม่ที่มีจีโนไทป์ของสีตาเป็นเฮเทอโรไซกัสแต่งงานกัน จะมีโอกาสได้ลูกตาสีฟ้า 2 คน และตาสีน้ำตาล 1 คน เป็นเท่าใด (PAT2 ต.ค. 52)
 - 1) 1/4
 - 2) 1/16
 - 3) 1/32
 - 4) 3/64
5. ในการทำ Monohybrid Cross ถ้าลูก F₂ ที่ได้มีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 1 : 2 : 1 แสดงว่าปฏิกิริยาระหว่างแอลลีลเป็นแบบใด
 - 1) Complete Dominance
 - 2) Incomplete Dominance
 - 3) Codominance
 - 4) Codominance หรือ Incomplete Dominance
6. การแต่งงานแบบใดที่มีโอกาสได้ลูกมีเลือดหมู่ M, N และ MN ทั้ง 3 แบบ
 - 1) $L^M L^M \times L^N L^N$
 - 2) $L^M L^M \times L^M L^N$
 - 3) $L^M L^N \times L^M L^N$
 - 4) $L^N L^N \times L^M L^N$

7. จากการตรวจสอบหมู่เลือดของนายสมร พบว่า เลือดตกตะกอนทั้งใน anti-A และ anti-B ข้อใดคือ หมู่เลือดที่เป็นไปได้ของพ่อและแม่ของนายสมร (PAT2 มี.ค. 53)

- ก. $A \times B$
- ข. $AB \times A$
- ค. $AB \times B$
- ง. $AB \times O$

1) ก. และ ง. 2) ก., ข. และ ค. 3) ข., ค. และ ง. 4) ก., ข., ค. และ ง.

8. ยีนที่ทำให้เกิดโรคฮีโมฟีเลียเป็นยีนด้อยบนโครโมโซม X หากครอบครัวหนึ่งแม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย และพ่อ มีลักษณะเป็นปกติ ข้อใดถูก (PAT2 ต.ค. 52)

- 1) พ่ออาจเป็นพาหะของโรคฮีโมฟีเลีย 2) ลูกชายทุกคนจะเป็นโรคฮีโมฟีเลีย
- 3) ลูกสาวทุกคนจะเป็นโรคฮีโมฟีเลีย 4) ลูกชายทุกคนจะเป็นพาหะของโรคฮีโมฟีเลีย

9. ตารางลักษณะต่างๆ ที่ควบคุมด้วยมัลติเปิลแอลลิล

| | | |
|-----------------------|---|--|
| จำนวนยีนที่ควบคุม | ก. 1 คู่ | ข. หลายคู่ |
| ลักษณะที่แสดงออก | ค. มีความแตกต่างอย่างชัดเจน | ง. มีความแตกต่างกันเล็กน้อย |
| การควบคุมลักษณะ | จ. ยีนหลายแอลลิลในตำแหน่ง เดียวกันบนฮอโมโลกัสโครโมโซม | ฉ. ยีนหลายแอลลิลในหลายตำแหน่ง ของฮอโมโลกัสโครโมโซม |
| ผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม | ช. มี | ซ. มีน้อยมาก |

ลักษณะที่ควบคุมด้วยมัลติเปิลแอลลิลมีลักษณะตรงกับข้อใด (PAT2 ต.ค. 52)

1) ก., ค., จ., ช. 2) ก., ง., จ., ซ. 3) ข., ค., ฉ., ซ. 4) ข., ง., ฉ., ช.

10. สามีภรรยาคนหนึ่ง สามีมีลักษณะมีขนที่โอบุ ภรรยาไม่มีลักษณะมีขนที่โอบุ ลูกของสามีภรรยานี้จะมีลักษณะ เช่นใด (PAT2 ก.ค. 53)

- 1) ทั้งลูกสาวและลูกชายมีขนที่โอบุ 2) ทั้งลูกสาวและลูกชายไม่มีขนที่โอบุ
- 3) ลูกสาวมีขนที่โอบุ ลูกชายไม่มีขนที่โอบุ 4) ลูกสาวไม่มีขนที่โอบุ ลูกชายมีขนที่โอบุ

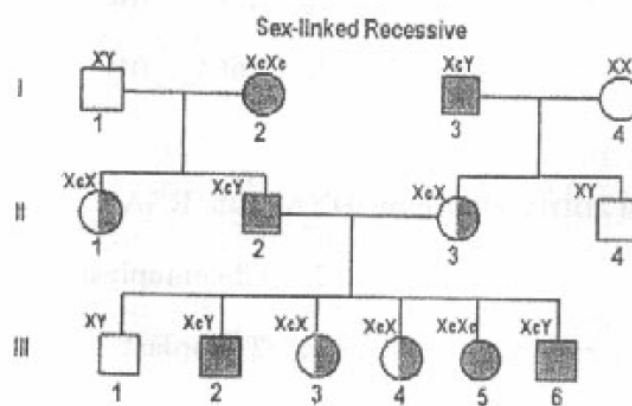
11. ลักษณะพันธุกรรมของคนในข้อใดที่มียีนควบคุมอยู่บนโครโมโซมเพศ

- 1) ลักษณะผิวเผือก 2) ตาบอดสี 3) ลักษณะนิ้วเกิน 4) โรคธาลัสซีเมีย

12. การเปลี่ยนแปลงใดมีผลทำให้ลักษณะฟีโนไทป์เปลี่ยนไป (PAT2 ก.ค. 53)

- 1) การเติมเบส 3 ตัวหน้าตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส
- 2) การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮิสทีดีนหน้าตำแหน่งไพรเมอร์
- 3) การเติมเบส 3 ตัวหลังตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส (Transcription)
- 4) การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮิสทีดีนหลังตำแหน่งสุดท้ายของการถอดรหัส

13. พงศาวลี (Pedigree) ของครอบครัวหนึ่งในสามชั่วอายุ (Generation) แสดงถึงการเป็นโรคพันธุกรรมอย่างหนึ่ง เป็นดังนี้



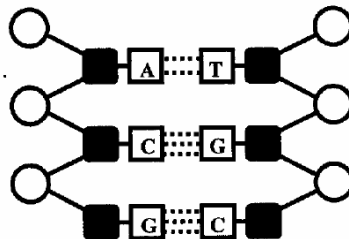
ความน่าจะเป็นของลูกในรุ่นที่สามที่เป็นเพศชายที่เป็นโรคเป็นเท่าใด (PAT2 ก.ค. 53)

- 1) 1.00 2) 0.75 3) 0.50 4) 0.25

14. ข้อใดเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก

- 1) คาร์โบไฮเดรต 2) ไนโตรจีนัสเบส 3) หมู่ฟอสเฟต 4) ถูกทุกข้อ

15. ภาพโครงสร้างส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ



สัญลักษณ์ ■ และ ○ คืออะไร ตามลำดับ (PAT2 ต.ค. 52)

- 1) ฟอสเฟต และ เบส 2) ฟอสเฟต และ นิวคลีโอไทด์
3) น้ำตาล และ เบส 4) น้ำตาล และ ฟอสเฟต

16. กรดอะมิโนตัวใดเป็นตัวเริ่มต้นในการแปลรหัสพันธุกรรม

- 1) Glycine 2) Glutamate 3) Valine 4) Methionine

17. จาก mRNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ 5' UACUCCAGUAUACCAGAG 3' mRNA ข้างต้นถูกสังเคราะห์มาจาก DNA ต้นแบบที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์อย่างไร (PAT2 มี.ค. 52)

- 1) 5' TACTCCAGTATACCAGAG 3' 2) 5' ATGAGGTCATATGGTCTC 3'
3) 5' GAGACCATATGACCTCAT 3' 4) 5' CTCTGGTATACTGGAGTA 3'

18. จากแผนภาพต่อไปนี้



A, B และ C คืออะไรตามลำดับ (PAT2 มี.ค. 52)

- 1) RNA พอลิเมอเรส, DNA ไลเกส, ไรโบโซม
- 2) RNA พอลิเมอเรส, DNA พอลิเมอเรส, อาร์เอ็นเอ
- 3) DNA พอลิเมอเรส, DNA ไลเกส, อาร์เอ็นเอ
- 4) DNA พอลิเมอเรส, RNA พอลิเมอเรส, ไรโบโซม

19. ช่วงหนึ่งของดีเอ็นเอสายคู่มีลำดับ ดังนี้

5'-A G T C A T G A-3'

3'-T C A G T A C T-5'

สายของนิวคลีโอไทด์ที่สามารถจับกับดีเอ็นเอนี้ได้คือข้อใด (PAT2 ต.ค. 52)

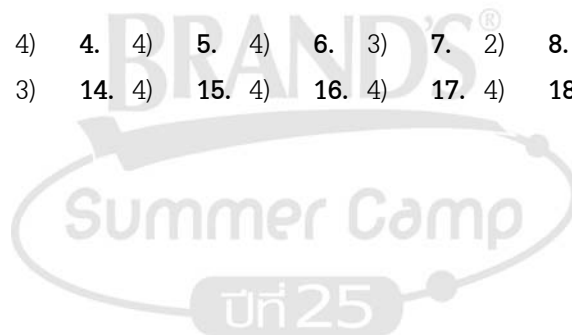
- 1) 5'-A G T C A T G A-3'
- 2) 5'-A G T C A T G A-3'
- 3) 5'-T C A G T A C T-3'
- 4) ข้อ 1) และ 3) ถูก

20. การเปลี่ยนแปลงระดับยีนแบบใดที่อาจไม่มีผลต่อการเปลี่ยนลักษณะฟีโนไทป์ (PAT2 มี.ค. 53)

- 1) การเติมเบส 1 ตัวลงในไปนสายดีเอ็นเอ
- 2) การเอาลำดับเบส 1 โคดอนออกจากยีน
- 3) การเปลี่ยนแปลงเบส 1 ตัวในสายดีเอ็นเอ
- 4) การเพิ่มลำดับเบส 1 โคดอนในยีน

เฉลย

1. 1) 2. 4) 3. 4) 4. 4) 5. 4) 6. 3) 7. 2) 8. 2) 9. 1) 10. 4)
11. 2) 12. 3) 13. 3) 14. 4) 15. 4) 16. 4) 17. 4) 18. 4) 19. 1), 2) 20. 3)



นิเวศวิทยา

นิเวศวิทยา (Ecology)

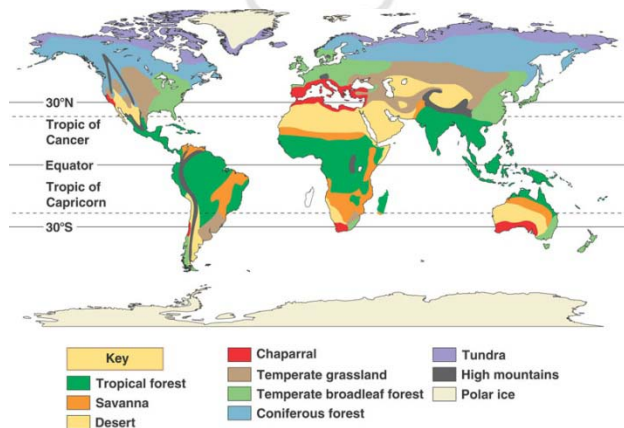
หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สิ่งมีชีวิตกับสภาวะแวดล้อม

1. ชีวนิเวศ และโครงสร้างของระบบนิเวศ
2. องค์ประกอบของระบบนิเวศ
3. รูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ
4. การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
5. ประชากร
6. การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ
7. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

1. ชีวนิเวศ (Biome) ถิ่นที่อยู่

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ชีวนิเวศแต่ละแบบแตกต่างกัน คือ ภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะของดินในบริเวณนั้น



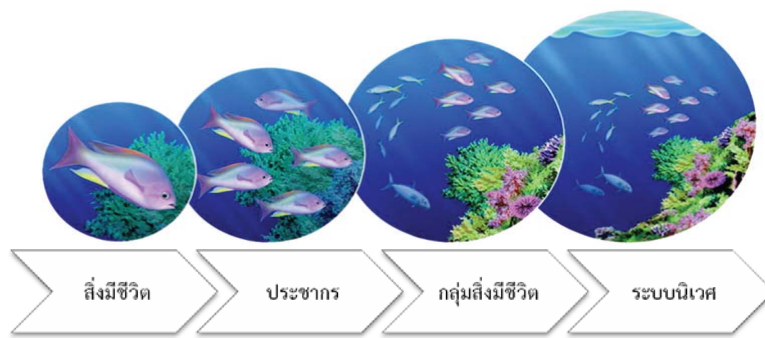
การแบ่งชีวนิเวศ

1. ป่าเขตร้อน (Tropical Forest) มีอุณหภูมิและความชื้นสูงตลอดปี
2. ทุ่งหญ้าเขตร้อน (Savanna) มีต้นไม้ขึ้นกระจัดกระจายและมีหญ้าขึ้นหนาแน่น
3. ทะเลทราย (Desert) มีปริมาณน้ำฝนต่ำมากในขณะที่มีการระเหยของน้ำสูง
4. บริเวณที่มีน้ำแข็งปกคลุมใกล้ขั้วโลกเหนือ หรือตามยอดเขาสูงๆ (Polar and High-Mountain Ice)
5. ป่าชาปาร์รัล (Chaparral) มีพุ่มไม้เป็นพืชเด่น ไม้พุ่มพวกนี้ขึ้นหนาแน่นมากและมีใบเขียวตลอดปี
6. ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (Temperate Grassland) มักมีชื่อแตกต่างออกไปตามบริเวณที่พบ

7. ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น (Temperate Deciduous Forest) มีฤดูกาลแตกต่างกันอย่างชัดเจน 4 ฤดูกาล
8. ป่าสน (Coniferous Forest) ต้นไม้ส่วนใหญ่มีใบแข็งแหลมเหมือนเข็ม
9. ทundra ไม่มีต้นไม้ใหญ่เลย พบได้บริเวณใกล้ขั้วโลกเหนือและตามยอดเขาสูงๆ

โครงสร้างของระบบนิเวศ

1. **ประชากร (Population)** หมายถึง สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมากกว่า 1 ตัว อาศัยอยู่ร่วมกันในบริเวณใดบริเวณหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง
2. **กลุ่มสิ่งมีชีวิต (Community)** หมายถึง ประชากรของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกันในบริเวณใดบริเวณหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง
3. **ระบบนิเวศ (Ecosystem)** หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ มีการหมุนเวียนสารอาหารและพลังงานเป็นวัฏจักร
4. **ชีวภาค (Biosphere)** หมายถึง บริเวณของโลกซึ่งประกอบไปด้วยระบบนิเวศหลายๆ ระบบรวมอยู่ด้วยกัน



2. องค์ประกอบของระบบนิเวศ

แบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1. องค์ประกอบทางกายภาพ (Physical Component) หรือองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต เช่น น้ำ อุณหภูมิ แสงอาทิตย์ ลม หินและดิน เป็นต้น
2. องค์ประกอบทางชีวภาพ (Biological Component) หรือองค์ประกอบที่มีชีวิต
 - ผู้ผลิต (Producer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Autotroph) โดยการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) ได้แก่ พืช สาหร่าย หรือการสังเคราะห์ทางเคมี (Chemosynthesis) ได้แก่ Purple Sulfur Bacteria
 - ผู้บริโภค (Consumer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Heterotroph) ต้องบริโภคผู้ผลิตหรือผู้บริโภคด้วยกันเองเป็นอาหาร แบ่งออกเป็น
 - ผู้บริโภคพืช (Herbivore) เช่น วัว ควาย กระต่าย
 - ผู้บริโภคสัตว์ (Carnivore) เช่น เสือ สิงโต เหยี่ยว
 - ผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ (Omnivore) เช่น มนุษย์ ไก่ สุนัข แมว
 - ผู้บริโภคซากอินทรีย์ (Detritivore) เช่น ไส้เดือน กิ้งกือ ปลวก
 - ผู้ย่อยสลาย (Decomposer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ แต่สามารถหลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยซากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว (สารอินทรีย์) ให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ได้ ได้แก่ แบคทีเรีย เห็ด รา จุลินทรีย์

3. รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

ตารางสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

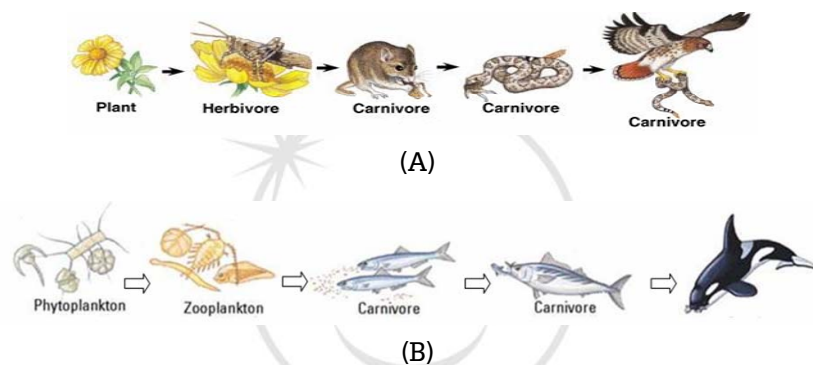
| รูปแบบความสัมพันธ์ | สัญลักษณ์ | ลักษณะความสัมพันธ์ | ตัวอย่างความสัมพันธ์ |
|--|-----------|---|--|
| 1. ภาวะการได้ประโยชน์ร่วมกัน
(Protocooperation) | (+, +) | ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้งสองฝ่าย ที่ต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน ถ้าแยกจากกันสามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ "ขาดกัน เราก็ออยู่ได้" | <ul style="list-style-type: none"> - นกเอี้ยงกับควาย - ดอกไม้กับแมลง - มดดำกับเพลี้ย - ปูเสฉวนกับดอกไม้ทะเล - ปลาการ์ตูนกับดอกไม้ทะเล |
| 2. ภาวะพึ่งพากัน
(Mutualism) | (+, +) | ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้งสองฝ่าย ที่ต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน แต่ถ้าแยกจากกันจะไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ "ขาดกัน เราตาย" | <ul style="list-style-type: none"> - ไโลเคน - ปลวกกับโปรโทซัว Trichonympha ในลำไส้ - แบคทีเรีย Rhizobium ในปมรากพืชตระกูลถั่ว - รา Mycorrhiza กับรากสน - แหนแดงกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Nostoc, Anabaena) |
| 3. ภาวะอิงอาศัย
(Commensalism) | (+, 0) | ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้งสองฝ่าย ที่ฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้ ไม่เสียประโยชน์ | <ul style="list-style-type: none"> - เหาฉลามกับฉลาม - กิ้งก่าบินบนต้นไม้ - ไโลเคนบนต้นไม้ - ฝอยลมบนต้นไม้ - กบบนใบบัว |
| 4. ภาวะล่าเหยื่อ
(Predation) | (+, -) | ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่า (Predator) ที่ได้รับประโยชน์กับเหยื่อ (Prey) ของมันซึ่งเป็นฝ่ายเสียประโยชน์ "ผู้เสียประโยชน์ถูกฆ่าทันที" | <ul style="list-style-type: none"> - เสือกับม้าลาย - สิงโตกับกวาง |
| 5. ภาวะปรสิต
(Parasitism) | (+, -) | ความสัมพันธ์ระหว่างปรสิต (Parasite) ซึ่งเป็นฝ่ายที่ได้รับประโยชน์กับผู้ให้อาศัย (Host) ซึ่งเป็นฝ่ายเสียประโยชน์ "ผู้เสียประโยชน์ไม่ถูกฆ่า" | <ul style="list-style-type: none"> - พยาธิตัวติดกับคน - เห็บบนตัวสุนัข - เหากับคน |
| 6. ภาวะแก่งแย่งแข่งขัน
(Competition) | (-, -) | ความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันแก่งแย่งแข่งขันเพื่อให้ได้ปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต | <ul style="list-style-type: none"> - การเจริญเติบโตของต้นไม้ในป่า |

4. การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

ผู้ผลิตนำพลังงานแสงมาเก็บไว้ในโมเลกุลของอาหาร 0.5-3.5% โดยพลังงานแสงบางส่วนจะสะท้อนสู่บรรยากาศ 10-15% ผู้บริโภคได้รับพลังงานจากการกินผู้ผลิต ซึ่งพลังงานจะถูกใช้ไปในการทำกิจกรรม บางส่วนกลายเป็นกากขับถ่ายทิ้งไป แต่ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ พลังงานที่ผู้บริโภคนำไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อเหลือเพียง 10% ของพลังงานศักย์ทั้งหมดในสิ่งมีชีวิต

รูปแบบการถ่ายทอดพลังงาน

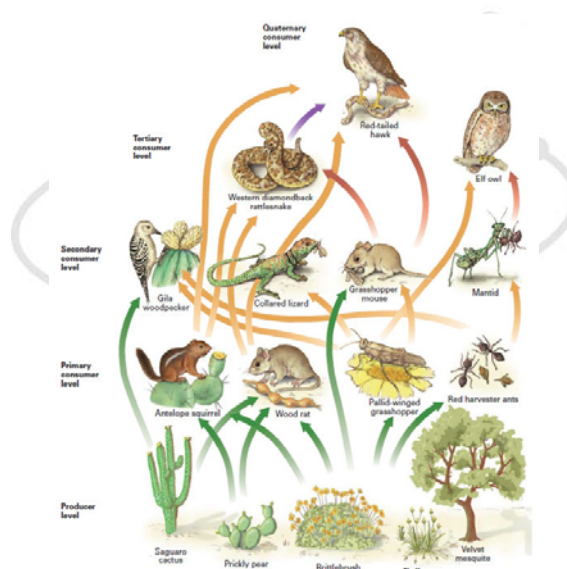
1. โซ่อาหาร (Food Chain) หมายถึง การถ่ายทอดพลังงานไปตามสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ โดยการกินกันเป็นทอดๆ



แผนภาพแสดงโซ่อาหาร (A) บนบก (B) ในทะเล

เอ๊ะ! การเขียนโซ่อาหารเหยื่อหรือผู้ถูกกินจะอยู่ทางซ้ายมือ และผู้ล่าหรือผู้กินอยู่ทางขวา โดยหัวลูกศรจะชี้ไปทางผู้ล่า

2. สายใยอาหาร (Food Web) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างโซ่อาหารหลายๆ ห่วงโซ่ที่มาโยงใยกัน มีการถ่ายทอดพลังงานที่ซับซ้อน



เอ๊ะ! สายใยอาหารยังมีความสลับซับซ้อนมาก ยิ่งแสดงให้เห็นถึงระบบนิเวศที่มีความสมดุลสูง

พีระมิดการถ่ายทอดพลังงาน แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. พีระมิดจำนวน (Pyramid of Number) **เป็นพีระมิดหัวกลับได้

แสดงจำนวนสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นของการกินในโซ่อาหาร ในหน่วย จำนวนต้นหรือตัวต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร



2. พีระมิดมวลชีวภาพ (Pyramid of Biomass) **เป็นพีระมิดหัวกลับได้

แสดงน้ำหนักแห้ง (มวลชีวภาพ) ของสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับขั้นของการกินในโซ่อาหารต่อหน่วยพื้นที่ ในหน่วย น้ำหนักแห้งหรือจำนวนแคลอรีต่อพื้นที่หรือปริมาตร



3. พีระมิดพลังงาน (Pyramid of Energy) **เป็นพีระมิดหัวตั้งเท่านั้น

แสดงอัตราการถ่ายทอดพลังงานของสิ่งมีชีวิต โดยเปรียบเทียบสัดส่วนพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับขั้นของการกินในโซ่อาหาร (กฎ 10%) ในหน่วยของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรต่อหน่วยเวลา



เอ๊ะ! Biomagnification หมายถึง การสะสมสารพิษในสิ่งมีชีวิตที่เพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นของการกินกันในโซ่อาหาร โดยผู้บริโภคลำดับสุดท้ายจะมีสารพิษมากที่สุด

5. ประชากร

ประชากร (Population) หมายถึง สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมากกว่า 1 ตัว อาศัยอยู่ร่วมกันในบริเวณใด บริเวณหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง

$$\text{ความหนาแน่นของประชากร} = \frac{\text{จำนวนหรือน้ำหนักของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน}}{\text{พื้นที่หรือปริมาตร}}$$

ปัจจัยที่กำหนดความหนาแน่นของประชากร

1. อัตราการเกิด (Birth Rate หรือ Natality)
2. อัตราการตาย (Death Rate หรือ Mortality)
3. อัตราการอพยพเข้า (Immigration)
4. อัตราการอพยพออก (Emigration)

6. การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

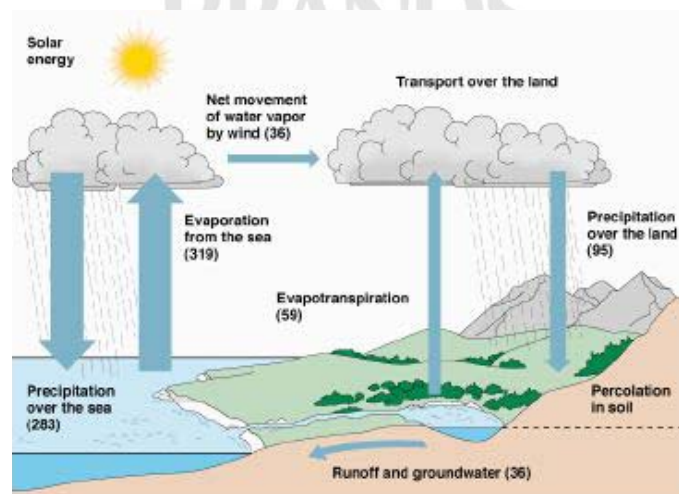
วัฏจักรสารอาหารแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

6.1 วัฏจักรแก๊ส (Gaseous Cycle) : หมุนเวียนผ่านบรรยากาศ

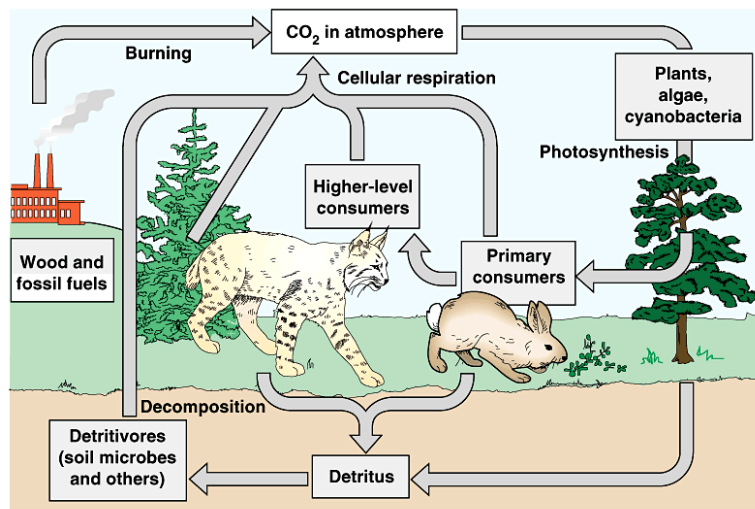
- วัฏจักรของน้ำ (Water Cycle)
- วัฏจักรของคาร์บอน (Carbon Cycle)
- วัฏจักรของไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

6.2 วัฏจักรการตกตะกอน (Sedimentary Cycle) : ไม่หมุนเวียนผ่านบรรยากาศ

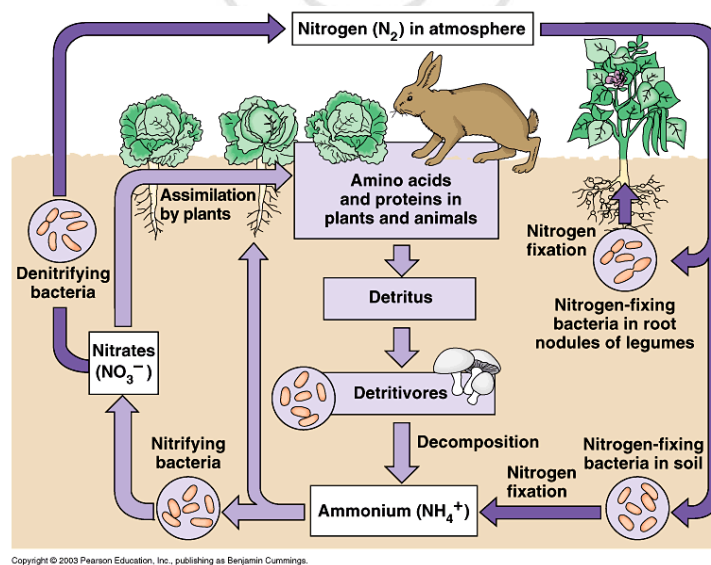
- วัฏจักรของฟอสฟอรัส (Phosphorus Cycle)
- วัฏจักรของน้ำ (Water Cycle)



- วัฏจักรของคาร์บอน (Carbon Cycle)



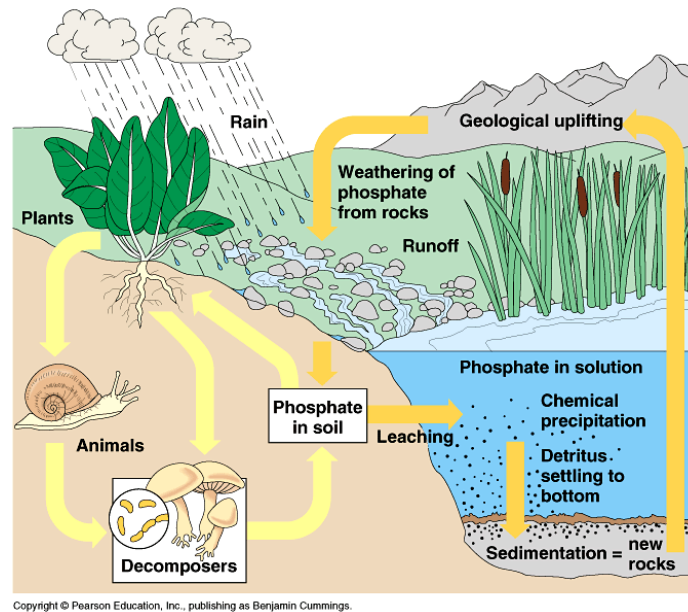
- วัฏจักรของไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)



ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **Nitrogen Fixation** ขั้นตอนการตรึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศ
2. **Ammonification** ขั้นตอนการสร้างแอมโมเนียม โดยอาศัย Ammonifying Bacteria
3. **Nitrification** ขั้นตอนการเปลี่ยนแอมโมเนียม (NH₄⁺) ให้เป็นไนเตรต (NO₃⁻) และไนเตรด (NO₂⁻) โดยอาศัย Nitrifying Bacteria เพื่อให้พืชสามารถดูดซึมสารประกอบไนเตรดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที
4. **Denitrification** ขั้นตอนการสร้างแก๊สไนโตรเจนกลับคืนสู่อากาศด้วยการเปลี่ยนไนเตรด (NO₃⁻) เป็นแก๊สไนโตรเจน (N₂) โดย Denitrifying Bacteria

- วัฏจักรของฟอสฟอรัส (Phosphorus Cycle)



7. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา (Ecological Succession) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงชนิดของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่มาอยู่ร่วมกันในกลุ่มสิ่งมีชีวิตอย่างช้าๆ ไปตามกาลเวลา อันเป็นสาเหตุให้กลุ่มสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงไปตามลำดับ

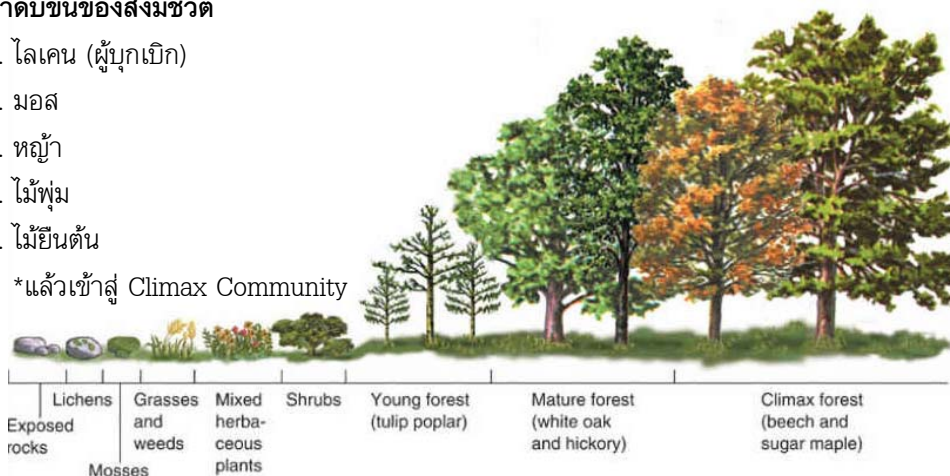
การเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยามี 2 แบบ ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงแทนที่ปฐมภูมิ (Primary Succession) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มต้นจากบริเวณที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มาก่อน เช่น บริเวณที่มีการระเบิดของภูเขาไฟ แหล่งน้ำใหม่ๆ กองทราย ก้อนหินที่ว่างเปล่า เกาะที่เกิดขึ้นใหม่

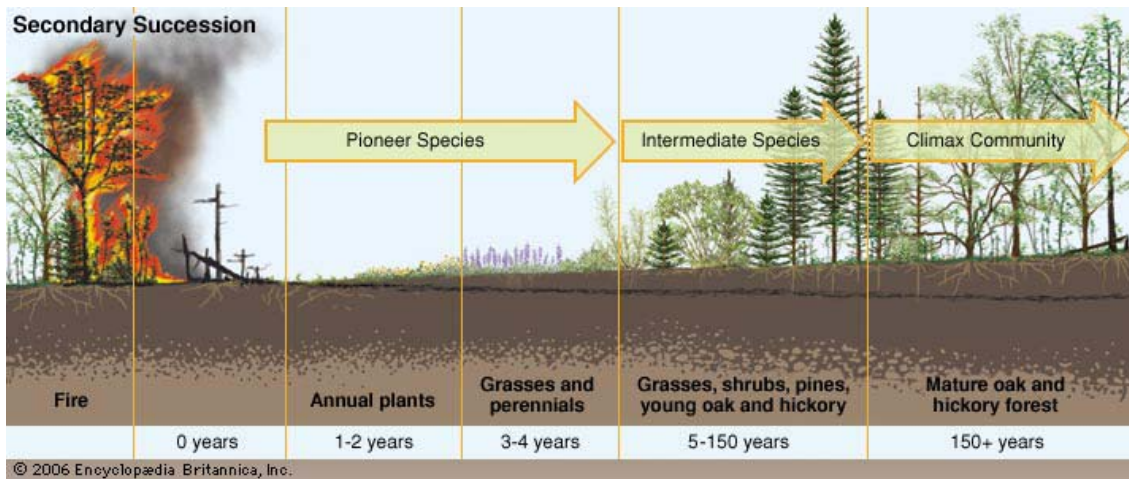
ลำดับขั้นของสิ่งมีชีวิต

1. ไลเคน (ผู้บุกเบิก)
2. มอส
3. หญ้า
4. ไม้พุ่ม
5. ไม้ยืนต้น

*แล้วเข้าสู่ Climax Community



- การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ (Secondary Succession) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นในบริเวณที่เคยมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตอยู่ก่อนแล้วแต่ถูกทำลายไปด้วยปัจจัยบางอย่าง จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตอีกครั้งหนึ่ง เช่น ไร่เลื่อนลอยที่ถูกละทิ้ง ป่าไม้ถูกไฟไหม้



เอ๊ะ! หญ้า เป็นสิ่งมีชีวิตบุกเบิก ในการเริ่มต้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ

บันทึก



แบบฝึกหัด

1. สิ่งมีชีวิตกลุ่มใดที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารเป็นวัฏจักรอยู่ในระบบนิเวศ (PAT2 ต.ค. 52)
 - 1) ผู้ผลิต
 - 2) ผู้ย่อยสลาย
 - 3) ผู้ผลิต และผู้ย่อยสลาย
 - 4) ผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์ และผู้ย่อยสลาย
2. พลังงานที่ส่งผ่านจากลำดับผู้บริโภค (Trophic Level) หนึ่งไปยังลำดับถัดไป พลังงานส่วนใหญ่ถูกใช้ไปสำหรับกระบวนการใดมากที่สุด (PAT2 ก.ค. 53)
 - 1) การเดินของหัวใจ
 - 2) การเคลื่อนไหว
 - 3) การเจริญเติบโต
 - 4) การหายใจระดับเซลล์
3. “สิ่งมีชีวิตชนิด ก. อยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิด ข. ขณะอยู่ร่วมกันทั้ง 2 ฝ่าย ต่างได้ประโยชน์ทั้งคู่ และเมื่อแยกจากกันก็สามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ” ความสัมพันธ์ข้างต้นตรงกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดใด
 - 1) ฉลามกับเหาฉลาม
 - 2) นกเหยี่ยวบนหลังควาย
 - 3) สิงโตกับกวาง
 - 4) แบคทีเรียไรโซเบียมกับต้นถั่ว
4. แบคทีเรียในลำไส้ปลวก *Microcerotermes* sp. อาศัยและเจริญอยู่ในลำไส้ปลวกโดยย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสในเยื่อไม้ที่ปลวกกินเข้าไป แบคทีเรียชนิดนี้และปลวกมีความสัมพันธ์แบบใด (PAT2 ก.ค. 53)
 - 1) ภาวะปรสิต
 - 2) ภาวะอิงอาศัย
 - 3) ภาวะพึ่งพากัน
 - 4) ภาวะการได้ประโยชน์ร่วมกัน
5. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในข้อใดที่แตกต่างจากข้ออื่นๆ ในเรื่องของการถ่ายทอดพลังงาน (PAT2 ต.ค. 52)
 - 1) นกเค้าแมวล่าเหยื่อ
 - 2) แมลงกับดอกไม้
 - 3) ชายผ้าสีดาขึ้นอยู่บนต้นไม้ใหญ่
 - 4) ทากดูดเลือดคน
6. ตารางต่อไปนี้ แสดงสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต กับสารที่สร้างและปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมของจุลินทรีย์ 3 ชนิด ที่อาศัยอยู่ใน Habitat เดียวกัน (PAT2 มี.ค. 53)

| ชนิด | สารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต | สารที่สร้างและปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม |
|------|-------------------------------|--|
| A | Nicotinic acid | Thiamine |
| B | Thiamine | - |
| C | Thiamine | Nicotinic acid |

ข้อใดคือความสัมพันธ์ที่ถูกต้องระหว่างจุลินทรีย์ชนิด A กับ B และชนิด A กับ C ตามลำดับ

- 1) Parasitism Mutualism
- 2) Commensalism Mutualism
- 3) Parasitism Commensalism
- 4) Neutralism Commensalism

7. การเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดหนึ่งต้องใช้ใช้น้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคสและกาแลกโทส และกรดอะมิโน 2 ชนิด ได้แก่ ทรีปโตเฟนและไกลซีน เมื่อนำแบคทีเรียดังกล่าวมาเลี้ยงด้วยแสง UV ทำให้ได้แบคทีเรียสายพันธุ์กลาย A ที่ไม่สามารถสร้างกลูโคสและไกลซีนได้ และแบคทีเรียสายพันธุ์กลาย B ที่ไม่สามารถสร้างกาแลกโทสและทรีปโตเฟนได้ อยากทราบว่า อาหารวันใดที่ทำให้สายพันธุ์กลาย A และสายพันธุ์ตั้งต้นเจริญเติบโตได้ แต่สายพันธุ์กลาย B เจริญเติบโตไม่ได้ (PAT2 มี.ค. 53) (เครื่องหมาย + หมายถึง เติบโตอาหารชนิดนั้นในอาหารวัน เครื่องหมาย - หมายถึง ไม่เติบโตอาหารชนิดนั้นในอาหารวัน)

| อาหารวันที่เดิม | | | | |
|-----------------|--------|----------|------------|--------|
| | กลูโคส | กาแลกโทส | ทรีโบโดเฟน | ไกลซีน |
| 1) | + | + | - | + |
| 2) | + | - | - | + |
| 3) | + | - | + | + |
| 4) | + | + | + | + |

8. ความสัมพันธ์ระหว่างแบบคทีเรีย A และ B ในตารางเหมือนกับความสัมพันธ์ในข้อใด (PAT2 ต.ค. 53)

| แบคทีเรีย | สารที่ต้องการในการเจริญเติบโต | สารที่สังเคราะห์ได้ |
|-----------|-------------------------------|---------------------|
| A | Lysine | Riboflavin |
| B | Riboflavin | Lysine |

- 1) Bacteria - Phage 2) ปลา - โพรโทซัว
3) ปลา - แพลงก์ตอน 4) หนอน - *Leptospira*
9. เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิในพื้นที่ที่เคยทำไร่ข้าวโพดมาก่อน พืชกลุ่มแรกที่จะขึ้นในพื้นที่นั้น น่าจะเป็นพวกใด (PAT2 มี.ค. 52)
1) มอสและไลเคน 2) หญ้า 3) ไม้ล้มลุก 4) ไม้พุ่ม
10. เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิบนพื้นลาวาจากภูเขาไฟ สิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่ในพื้นที่นั้น เป็นกลุ่มแรกคือข้อใด (PAT2 ก.ค. 52)
1) มอสและไลเคน 2) สาหร่ายและเห็ด รา 3) หญ้าและวัชพืช 4) ไม้ล้มลุก
11. วัฏจักรของสารใดต่อไปนี้ต่างจากข้ออื่น (PAT2 ต.ค. 53)
1) คาร์บอน 2) ไนโตรเจน 3) ฟอสฟอรัส 4) น้ำ
12. บริเวณหนึ่งมีพื้นที่ 800 ตารางเมตร มีประชากรนกปากห่าง 600 ตัว อาศัยรวมกันอยู่บนต้นไม้ 10 ต้น แต่ละต้นกินพื้นที่ 4 ตารางเมตร ค่าความหนาแน่นของประชากรเชิงนิเวศเป็นกี่ตัว/ตารางเมตร (PAT2 มี.ค. 53)
1) 0.75 2) 1.33 3) 15 4) 30

13. แหล่งน้ำใดที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไป และผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการประมงและการกีฬาได้ (PAT2 มี.ค. 53)

| | แหล่งน้ำ | DO (mg/l) | BOD (mg/l) |
|----|----------|-----------|------------|
| 1) | A | 6.0 | 1.5 |
| 2) | B | 4.0 | 2.0 |
| 3) | C | 2.0 | 4.0 |
| 4) | D | 2.0 | 4.0 |

14. ข้อใดเป็นป่าผลัดใบทั้งหมด (PAT2 มี.ค. 53)

- 1) ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าทุ่ง 2) ป่าดิบเขา ป่าทุ่ง ป่าสนเขา
3) ป่าสนเขา ป่าดิบแล้ง ป่าหญา 4) ป่าชายเลน ป่าพรุ ป่าชายหาด

15. ปานเทพและปานอัปสรเก็บตัวอย่างน้ำ และดินจากพื้นที่ป่าแห่งหนึ่งไปตรวจในห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมีความเป็นกรดสูงมาก และพบว่าดินมีปริมาณอินทรียสารสูงและมีสารประกอบ Pyrite อยู่มาก พื้นที่ป่าที่ปานเทพและปานอัปสรทำการสำรวจเป็นพื้นที่ป่าในข้อใด (PAT2 ก.ค. 53)

- 1) ป่าพรุ 2) ป่าชายเลน 3) ป่าดิบชื้น 4) ป่าดิบแล้ง

16. ข้อใดถูกต้อง (PAT2 ต.ค. 52)

- 1) คาร์บอนมอนนอกไซด์อาจทำให้เกิดอาการมึนงง สายตาพร่ามัว ปวดศีรษะ คลื่นไส้ แต่จะไม่เป็นอันตรายถึงชีวิต
2) เมื่อร่างกายได้รับคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าไป คาร์บอนมอนนอกไซด์จะเข้าไปรวมตัวกับออกซิเจนในเลือด ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน
3) ผู้ที่อาศัยอยู่บนตึกสูงมีโอกาสได้รับคาร์บอนมอนนอกไซด์จากไอเสียรถยนต์ในปริมาณใกล้เคียงกันกับผู้อาศัยในระดับเดียวกับถนน
4) คาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นมลสารที่เกิดจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ถ่านหิน และน้ำมันปิโตรเลียม เป็นต้น

17. ถ้าต้องการปรับปรุงให้ดินมีประสิทธิภาพสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชไว้ได้มากขึ้น ควรทำตามข้อใด (PAT2 ต.ค. 52)

- 1) ปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียนกับพืชชนิดอื่นๆ ในพื้นที่เดียวกัน
2) เติมปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอก เพื่อช่วยให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี
3) เติมปูนขาว หินปูนบด เปลือกหอยป่น หรือปูนมาร์ล ควบคุมไปกับอินทรีย์วัตถุ
4) ไถพรวนดินเพื่อให้ดินร่วนซุยขึ้น เกิดช่องว่างในดิน และลดความแน่นทึบของดิน

เฉลย

1. 3) 2. 4) 3. 2) 4. 3) 5. 3) 6. 2) 7. 2) 8. 2) 9. 2) 10. 1)
11. 3) 12. 1) 13. 1) 14. 1) 15. 1) 16. 3) 17. 2)

แนวข้อสอบ

1. ปฏิกริยาในข้อใดเกิดในหลอดเลือดฝอยบริเวณกล้ามเนื้อ
 - 1) $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HbO}_2$ และ $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - 2) $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HbO}_2$ และ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
 - 3) $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$ และ $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - 4) $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$ และ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
2. สภาวะของกล้ามเนื้อในข้อใดที่ช่วยทำให้เกิดการหายใจเข้า
 - 1) กล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัวทำให้กะบังลมโค้งขึ้น
 - 2) กล้ามเนื้อบริเวณซี่โครงแถบนอกหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงยกขึ้น
 - 3) กล้ามเนื้อบริเวณซี่โครงแถบในหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงยกขึ้น
 - 4) กล้ามเนื้อหน้าท้องหดตัวทำให้ปริมาตรในช่องท้องเพิ่มขึ้น
3. โครงสร้างคู่ใดที่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกัน
 - ก. ถุงลมของนก - ท่อลมของแมลง
 - ข. เยื่อหุ้มเซลล์ของไฮดรา - ผิวหนังของไส้เดือนดิน
 - ค. เพรมาเซลล์ของพลาณาเรีย - ท่อมัลพิเกียนของแมลงสาบ
 - 1) ก. และ ข. 2) ข. และ ค. 3) ก. และ ค. 4) ก., ข. และ ค.
4. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดจริง
 - ก. ปริมาณของเสียใน Renal Vein มีมากกว่า Renal Artery
 - ข. กลูโคสและกรดอะมิโนถูกดูดกลับที่ท่อขดส่วนต้นของเนฟรอน
 - ค. ของเหลวใน Bowman's Capsule มีองค์ประกอบเหมือนกับในพลาสมา
 - ง. คนที่ถูกตัดไตไปหนึ่งข้างจะผลิตน้ำปัสสาวะได้ในปริมาณใกล้เคียงกับขณะที่มีไตสองข้าง
 - 1) ก. และ ข. 2) ข. และ ง. 3) ก., ข. และ ค. 4) ข., ค. และ ง.
5. ผสมถั่วลันเตา 2 ชนิด คือ ลำต้นสูงเมล็ดเรียบกับลำต้นเตี้ยเมล็ดขรุขระ เมื่อนำเมล็ดไปเพาะปรากฏว่ารุ่นลูกมีลักษณะลำต้นสูงเมล็ดเรียบ ลำต้นสูงเมล็ดขรุขระ ลำต้นเตี้ยเมล็ดเรียบ และลำต้นเตี้ยเมล็ดขรุขระในสัดส่วนเท่ากัน ถ้ากำหนดให้ต้นสูงควบคุมโดยยีนเด่น A ต้นเตี้ยควบคุมโดยยีนด้อย a เมล็ดเรียบควบคุมโดยยีนเด่น B เมล็ดขรุขระควบคุมโดยยีนด้อย b Genotype ของรุ่นพ่อแม่จะเป็นอย่างไร
 - 1) $\text{aaBb} \times \text{aabb}$ 2) $\text{AABb} \times \text{aabb}$ 3) $\text{AaBB} \times \text{aabb}$ 4) $\text{AaBb} \times \text{aabb}$
6. บุตรที่มีเลือดหมู่ O จะไม่มีโอกาสได้เกิดจากพ่อแม่คูใด
 - 1) พ่อเลือดหมู่ O แม่เลือดหมู่ A
 - 2) พ่อเลือดหมู่ AB แม่เลือดหมู่ O
 - 3) พ่อเลือดหมู่ A แม่เลือดหมู่ O
 - 4) พ่อเลือดหมู่ O แม่เลือดหมู่ B
7. การผสมพันธุ์ในข้อใดเป็นการผสมพันธุ์ทดสอบ (Testcross)
 - 1) $\text{AABB} \times \text{AABB}$ 2) $\text{AaBb} \times \text{AaBb}$ 3) $\text{AABB} \times \text{aabb}$ 4) $\text{AaBb} \times \text{AABB}$

8. ข้อใดเรียงลำดับตามขนาดได้ถูกต้องจากใหญ่ที่สุดไปเล็กที่สุด
- 1) โครโมโซม - ยีน - นิวคลีโอไทด์ - ไนโตรจีนัสเบส
 - 2) ยีน - โครโมโซม - ไนโตรจีนัสเบส - โคดอน
 - 3) นิวเคลียส - ยีน - โครโมโซม - นิวคลีโอไทด์
 - 4) นิวคลีโอไทด์ - โครโมโซม - ยีน - โคดอน
9. ผีเสื้อกลางคืนลักษณะสีเทาควบคุมด้วยยีน b ลักษณะสีดำควบคุมด้วยยีน B ในการสำรวจผีเสื้อกลางคืนในบริเวณหนึ่งพบสีเทา 360 ตัว และสีดำ 640 ตัว ถ้าประชากรนี้อยู่ในสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก จำนวนผีเสื้อกลางคืนสีดำที่เป็น HETEROZYGOUS มีเท่าใด
- 1) 180 ตัว
 - 2) 320 ตัว
 - 3) 360 ตัว
 - 4) 480 ตัว
10. เด็กหญิงที่แสดงอาการดาวน์ซินโดรมจะมีโครโมโซมอย่างไร
- 1) 45 + XX
 - 2) 43 + XX
 - 3) 44 + XXX
 - 4) 44 + XO
11. การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตใดแตกต่างจากข้ออื่น
- 1) ฝอยลมที่เกาะอยู่บนต้นมะม่วง
 - 2) ฝอยทองที่เกาะอยู่บนต้นมะขาม
 - 3) เหาดลามที่เกาะอยู่บนฉลาม
 - 4) เพนกระเช้าสีดาที่เกาะอยู่บนต้นลัก
12. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตรูปแบบใดที่ทำให้tickแดงบางชนิดมีวิวัฒนาการจนมีรูปร่างคล้ายกิ่งหรือใบของต้นไม้ที่มันอาศัยอยู่
- 1) ภาวะปรสิต
 - 2) ภาวะล่าเหยื่อ
 - 3) ภาวะอิงอาศัย
 - 4) ภาวะพึ่งพากัน
13. ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรีย A กับ B ในตารางเหมือนกับความสัมพันธ์ในข้อใด

| แบคทีเรีย | สารที่ต้องการในการเจริญเติบโต | สารที่สังเคราะห์ได้ |
|-----------|-------------------------------|---------------------|
| A | Lysine | Riboflavin |
| B | Riboflavin | - |

- 1) ไลเคน - ต้นไม้
 - 2) แหนแดง - Cyanobacteria
 - 3) ปลา - แพลงก์ตอน
 - 4) หนู - *Leptospira*
14. ปัจจัยใดที่มีผลต่อการเพิ่มขนาดประชากร
- 1) Emigration และ Mortality
 - 2) Emigration และ Natality
 - 3) Immigration และ Mortality
 - 4) Immigration และ Natality
15. จากเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2555 ในพื้นที่สวนส้มโอ จังหวัดชัยนาท ทำให้พืชสวนเสียหาย ต้นไม้ยืนต้นตายทั้งสวน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ พืชกลุ่มแรกที่จะขึ้นในพื้นที่นี้น่าจะเป็นพวกใด
- 1) มอสและไลเคน
 - 2) หญ้า
 - 3) ไม้ยืนต้น
 - 4) ไม้พุ่ม

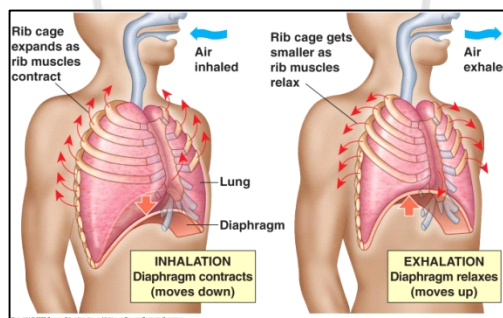
เฉลย

1. 4) 2. 2) 3. 2) 4. 2) 5. 4) 6. 2) 7. 3) 8. 4) 9. 4) 10. 1)
11. 2) 12. 2) 13. 1) 14. 4) 15. 2)

1. **เฉลย 4)** $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$ และ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับเซลล์ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin, Hb) ในเซลล์เม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ต่างๆ เพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส โดย CO_2 เมื่อออกจากเซลล์แล้วเข้าสู่พลาสมา จะเข้าสู่เม็ดเลือดแดงเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 90%) แล้ว ถูกจับโดย Hb บางส่วนที่เหลือนจะรวมกับน้ำในเม็ดเลือดแดงเป็นกรดคาร์บอนิก แล้วแตกตัวออกเป็น H^+ และ HCO_3^- ซึ่ง H^+ จะจับกับ Hb จึงทำให้ความเป็นกรดลดลง

2. **เฉลย 2)** กล้ามเนื้อบริเวณซี่โครงแบนนอกหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงยกขึ้น



| การหายใจเข้า (Inspiration) | การหายใจออก (Expiration) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - กล้ามเนื้อกะบังลมเคลื่อนตัวต่ำลง - กระดูกซี่โครงยกตัวสูงขึ้น กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงแบนนอกหดตัว แขนงในคลายตัว - ปริมาตรช่องอกเพิ่มขึ้น - ความดันลดลง - อากาศไหลเข้าสู่ปอด | <ul style="list-style-type: none"> - กล้ามเนื้อกะบังลมยกตัวสูงขึ้น - กระดูกซี่โครงลดต่ำลง กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงแบนนอกคลายตัว แขนงในหดตัว - ปริมาตรช่องอกลดลง - ความดันเพิ่มขึ้น - อากาศไหลออกจากปอด |

3. เฉลย 2) ข. และ ค.

ท่อลมของแมลง เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของแมลง แต่ถุงลมของนกไม่ได้มีหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส เป็นโครงสร้างที่มีหน้าที่สำรองอากาศขณะบินของนก
เยื่อหุ้มเซลล์ของไฮดรา และผิวหนังของไส้เดือนดิน เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
เฟรมเซลล์ของพลาณาเวีย และท่อมลพิเกียนของแมลงสาบ เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการขับถ่าย

4. เฉลย 2) ข. และ ง.

ปริมาณของเสียใน Renal Vein มีน้อยกว่า Renal Artery หลอดเลือดฝอยที่นำเลือดเข้าสู่ไต คือ Renal Artery รับของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ทั่วร่างกายปะปนมาด้วย เมื่อหลอดเลือดนี้เข้าหน่วยไตจะแตกแขนงเป็นหลอดเลือดฝอยขดไปขดมาภายใน เรียกว่า Glomerulus อยู่ใน Bowman's Capsule

ของเหลวใน Bowman's Capsule มีองค์ประกอบต่างกับในพลาสมา เนื่องจากผนังโกลเมอรูลัส มีคุณสมบัติยอมให้สารโมเลกุลเล็กในเลือดผ่าน ส่วนสารโมเลกุลใหญ่ เช่น เม็ดเลือดแดง โปรตีนขนาดใหญ่ และไขมัน ไม่สามารถผ่านการกรองเข้ามาได้

5. เฉลย 4) AaBb × aabb

จากการผสมพันธุ์ถั่วทั้งสองชนิด สังเกตได้ว่ารุ่นลูกมีลักษณะลำต้นสูงเมล็ดเรียบ ลำต้นสูงเมล็ดขรุขระ ลำต้นเตี้ยเมล็ดเรียบ และลำต้นเตี้ยเมล็ดขรุขระ แสดงว่าต้องเกิดจากพ่อหรือแม่ลำต้นสูงเมล็ดเรียบ ที่มีจีโนไทป์เป็น Heterozygous ส่วนอีกต้นที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยเมล็ดขรุขระจะมีจีโนไทป์เป็น aabb

6. เฉลย 2) พ่อเลือดหมู่ AB แม่เลือดหมู่ O

| | | | |
|----------------|-----------------|----------|-----|
| P | พ่อ | | แม่ |
| | $I^A I^B$ | $\times$ | ii |
| F ₁ | $I^A i$ $I^B i$ | | |

ถ้าพ่อเลือดหมู่ AB แม่เลือดหมู่ O จะมีลูกหมู่ A หรือ หมู่ B เท่านั้น ไม่มีโอกาสมีลูกหมู่ O

7. เฉลย 3) AABB × aabb

Testcross คือ การผสมทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งมีชีวิตที่สงสัยมีจีโนไทป์เป็น Homozygous หรือ Heterozygous โดยนำไปผสมกับสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนไทป์เป็นยีนด้อยทั้งหมด (Tester)

8. เฉลย 4) นิวคลีโอไทด์ - โครโมโซม - ยีน - โคดอน

9. เฉลย 4) 480 ตัว

สมดุลงของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

1. ประชากรมีขนาดใหญ่
2. ไม่มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างกลุ่มประชากร
3. ไม่เกิดมิวเทชัน ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอลลีลในประชากร
4. สมาชิกทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากัน
5. ไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยสิ่งมีชีวิตทุกตัวมีโอกาสอยู่รอด และประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ได้เท่าๆ กัน

$$\begin{aligned}
\text{จาก } p^2 + 2pq + q^2 &= 1 \\
q^2 &= bb = 360/1000 = 0.36 \\
q &= b = \sqrt{0.36} = 0.6 \\
\text{ความถี่ของยีน } b &= 0.6 \\
\text{ความถี่ของยีน } B &= 1 - 0.6 = 0.4 \\
q &= 0.4 \\
2pq &= 2(0.6)(0.4) = 0.48
\end{aligned}$$

0.48 คือ จำนวนฟีลีเอที่เป็น Heterozygous/1000 ตัว

0.48 (1000) คือ จำนวนฟีลีเอที่เป็น Heterozygous

ดังนั้น จำนวนฟีลีเอที่เป็น Heterozygous เท่ากับ 480 ตัว

10. เฉลย 1) 45 + XX

กลุ่มอาการ Down's syndrome เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมร่างกายคู่ที่ 21 เกิน

11. เฉลย 2) ฝอยทองที่เกาะอยู่บนต้นมะขาม

เป็นกระเช้าสีดาที่เกาะอยู่บนต้นลำหูกเห็บ เหาหนวดที่เกาะอยู่บนฉลาม และฝอยลมที่เกาะอยู่บนต้นมะม่วง เป็นรูปแบบความสัมพันธ์แบบภาวะอิงอาศัย (ฝอยลม คือ ไลเคนชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้าน) ฝอยทองที่เกาะอยู่บนต้นมะขาม เป็นรูปแบบความสัมพันธ์แบบภาวะปรสิต

12. เฉลย 2) ภาวะล่าเหยื่อ

เนื่องจากตึกแดนบางชนิดจะมีการพรางตัวจากศัตรู เพื่อไม่ให้ถูกผู้ล่าจับกินเป็นอาหาร

13. เฉลย 1) ไลเคน - ต้นไม้

จากตารางความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรีย A และ B เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ภาวะอิงอาศัย เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างไลเคนกับต้นไม้

14. เฉลย 4) Immigration และ Natality

ปัจจัยที่มีผลการเพิ่มขนาดประชากร คือ อัตราการเกิด (Natality) และอัตราการอพยพเข้า (Immigration)

15. เฉลย 2) หลุม

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทุติยภูมิ คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดในบริเวณที่เคยมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตอยู่ก่อนแล้วแต่ถูกทำลายไปด้วยปัจจัยบางอย่าง จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตอีกครั้งหนึ่ง หลุมจะเป็นสิ่งมีชีวิตบุกเบิกในการเริ่มต้นกระบวนการเปลี่ยนแปลง

