

สรุปสาระเนื้อหา วิชาชีววิทยา

เนื้อหาที่ใช้ในการสอบ วิชา ชีววิทยา

1. สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

- 1.1 พื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
- 1.2 โครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน
- 1.3 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิต และดูแลสิ่งมีชีวิต
- 1.4 กระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

2. ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

- 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต
- 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ
- 2.3 การสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- 2.4 การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

เซลล์ (Cell)

ในทางชีววิทยาเซลล์ (cell) เป็นโครงสร้างและหน่วยทำงานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิด ในบางครั้งอาจเรียกว่า หน่วยที่เป็นองค์ประกอบของชีวิต ("building blocks of life") สิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น แบคทีเรีย ประกอบด้วยเซลล์เพียง 3 เซลล์ (unicellular) แต่สัตว์หลายชนิด เช่น มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ (multicellular) (มนุษย์มีเซลล์อยู่ประมาณ 100 ล้านล้าน หรือ 10¹⁴ เซลล์)

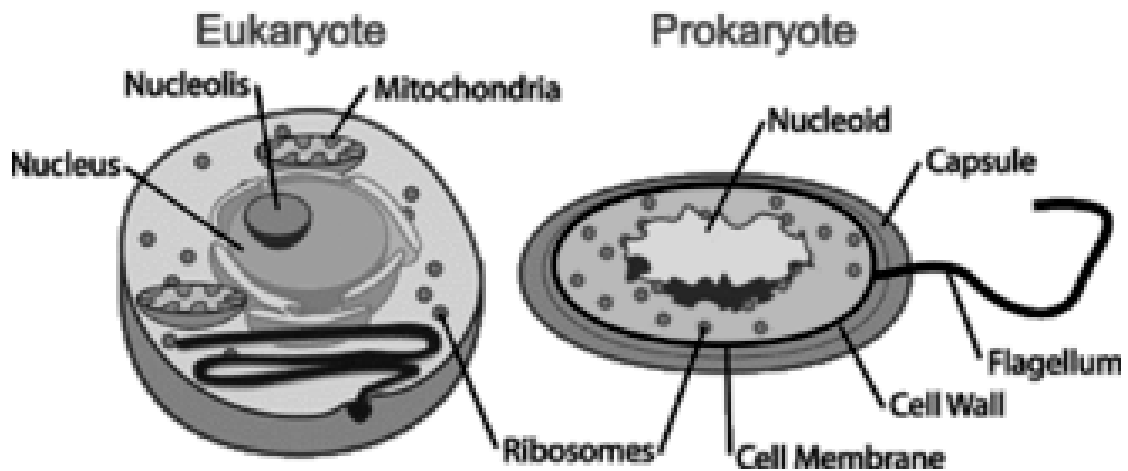
ทฤษฎีเซลล์ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปีพ.ศ. 2382 (ค.ศ. 1839) โดยแมตเทียส จาคอบ ชไลเดน (Matthias Jakob Schleiden) และ ทีโอดอร์ ชวานน์ (Theodor Schwann) ได้อธิบายว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหมด ประกอบด้วย เซลล์หนึ่งเซลล์หรือมากกว่าเซลล์ทั้งหมด มีกำเนิดมาจากเซลล์ที่มีมาก่อน (preexisting cells) ระบบการทำงานเพื่อความอยู่รอดของสิ่งที่มีชีวิต ทั้งหมดเกิดขึ้นภายในเซลล์และภายในเซลล์ยังประกอบด้วย ข้อมูลทางพันธุกรรม (hereditary information) ซึ่งจำเป็นสำหรับการควบคุมการทำงานของเซลล์และการส่งต่อข้อมูลทางพันธุกรรมไปยังเซลล์รุ่นต่อไป

คุณสมบัติของเซลล์

แต่ละเซลล์มีองค์ประกอบและดำรงชีวิตได้ด้วยตัวเองโดยการนำสารอาหารเข้าไปในเซลล์ และเปลี่ยนสารอาหารให้กลายเป็นพลังงานเพื่อการดำรงชีวิตและการสืบพันธุ์ เซลล์มีความสามารถหลายอย่างดังนี้:

- * เพิ่มจำนวนโดยการแบ่งเซลล์
- * เมแทบอลิซึมของ เซลล์ (cell metabolism) ประกอบด้วย การลำเลียงวัตถุดิบเข้าเซลล์, การสร้างส่วนประกอบของเซลล์, การสร้างพลังงานและโมเลกุล และ ปล่อยผลิตภัณฑ์ออก มาการทำงานของเซลล์ขึ้นกับความสามารถในการสกัดและใช้พลังงานเคมีที่สะสมในโมเลกุลของสารอินทรีย์ พลังงานเหล่านี้จะได้จากวิถีเมแทบอลิซึม (metabolic pathway)
 - * การสังเคราะห์โปรตีนเพื่อใช้ในระบบการทำงานของเซลล์ เช่น เอนไซม์ โดยเฉพาะเซลล์ของสัตว์ เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีโปรตีนต่างๆ ถึง 10,000 ชนิด
 - * ตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทั้งภายนอกและภายใน เช่น อุณหภูมิ , pH , อาหาร
 - * การขนส่งของเวสิเคิล (vesicle)

ประเภทของเซลล์



ภาพเปรียบเทียบเซลล์ยูแคริโอต (eukaryotes) และเซลล์โพรแคริโอต (prokaryotes)

รูปนี้แสดงเซลล์มนุษย์ (ยูแคริโอต) และ เซลล์แบคทีเรีย (โพรแคริโอต) ด้านซ้ายแสดงโครงสร้างภายในของเซลล์ยูแคริโอตซึ่งประกอบด้วย นิวเคลียส , นิวคลีโอลัส, ไมโทคอนเดรีย) , และไรโบโซม รูปทางขวาแสดงเซลล์แบคทีเรีย ที่อยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า นิวคลีโอยด์ และโครงสร้างอื่นๆ ที่พบในเซลล์โพรแคริโอต ซึ่งประกอบด้วย เยื่อหุ้มเซลล์, ผนังเซลล์, แคปซูล, ไรโบโซม , แฟลกเจลลัมวิธีการจัดกลุ่มเซลล์ไม่ว่าเซลล์นั้นจะอยู่ตามลำพังหรืออยู่เป็นกลุ่ม ได้แก่ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (unicellular) ซึ่งดำรงชีวิตเพื่อความอยู่รอด จนไปถึงการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่า โคลินี (colonial forms) หรือ สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ (multicellular) ซึ่งเซลล์เหล่านี้จะกลายเป็นเซลล์เฉพาะทางที่แตกต่างกันหลายรูปแบบ เช่น เซลล์ต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ โดยสรุป เซลล์สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ

* โพรแคริโอต (prokaryote) เป็นเซลล์ที่มีโครงสร้างอย่างง่าย อาจอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรือรวมกลุ่มเป็นโคลินี (Colony) ในการจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์แบบระบบสามโดเมน (three-domain system) ได้จัดโพรแคริโอตอยู่ในโดเมนอาร์เคีย (Archaea) และแบคทีเรีย (Eubacteria)

* ยูแคริโอต (eukaryote) เป็นเซลล์ที่มีออร์แกเนลล์ (organelle) และผนังของออร์แกเนลล์ มีตั้งแต่เซลล์เดี่ยวเช่น อะมีบา (amoeba) และเห็ดรา (fungi) หรือเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เช่น พืชและสัตว์ รวมทั้งสาหร่ายสีน้ำตาล

ส่วนประกอบย่อยของเซลล์

เซลล์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นโปรแคริโอตหรือยูแคริโอตจะต้องมีเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ทำหน้าที่ ห่อหุ้มเซลล์เสมอเพื่อแยกส่วนประกอบภายในเซลล์ออกจากสิ่งแวดล้อมเป็นการควบคุมการขนส่งสารเข้าออกเซลล์ และเพื่อรักษาความต่างศักย์ทางไฟฟ้าของเซลล์ (cell potential) ภายในเยื่อหุ้มเซลล์จะประกอบไปด้วยไลโปพลาซึมที่มีสภาพเป็นเกลียว และเป็น เนื้อที่ส่วนใหญ่ของเซลล์ ภายในเซลล์จะมี DNA หน่วยพันธุกรรมของเซลล์หรือยีน และ RNA ซึ่งจะมีข้อมูลที่จำเป็นในการถ่ายทอดพันธุกรรม รวมทั้งโปรตีนต่างๆ เช่น เอนไซม์นอกจากนี้ภายในเซลล์ก็ยังมีสารชีวโมเลกุล (biomolecule) ชนิดต่างๆ

เยื่อหุ้มเซลล์ - ส่วนหุ้มและปกป้องเซลล์

ไลโปพลาซึมของเซลล์ประเภทยูแคริโอตจะถูกห่อหุ้มล้อมด้วยส่วนที่เรียกว่าเยื่อหุ้มเซลล์ หรือ พลาสมา เมมเบรน (cell membrane หรือ plasma membrane) พลาสมาเมมเบรนจะพบในเซลล์ประเภทโปรแคริโอตด้วยเยื่อนี้จะทำหน้าที่แยกและปกป้องเซลล์จากสิ่งแวดล้อมรอบข้างส่วนใหญ่แล้วถูกสร้างขึ้นจากชั้นของลิพิดสองชั้น หรือ ลิพิด ไบเลเยอร์ (lipid bilayer) และโปรตีนภายในเยื่อจะมีโมเลกุลหลากหลายชนิดที่ทำหน้าที่เป็นทั้งช่องทางผ่านของสารและ ปั๊ม (channels and pumps) เพื่อทำหน้าที่เฉพาะในการขนส่งโมเลกุลเข้าหรือออกจากเซลล์

ไซโทสเกเลตอน (cytoskeleton) - ส่วนที่เป็นโครงสร้างของเซลล์

ไซโทสเกเลตอนเป็นโครงสร้างที่สำคัญ ชับซ้อน และเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มีบทบาทในการจัดรูปแบบและจัดเรียงตำแหน่งของออร์แกเนลล์ให้อยู่ในที่ที่เหมาะสม, ช่วยให้เกิดกระบวนการเอนโดไซโทซิส (endocytosis) หรือการนำสารจากภายนอกเซลล์เข้ามาในเซลล์เพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตและการเคลื่อนไหว, บทบาทในการทำงานของกล้ามเนื้อ, และมีโปรตีนจำนวนมากภายในไซโทสเกเลตอนที่ควบคุมโครงสร้างของเซลล์ไซโทสเกเลตอนแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้แก่ ไมโครทิวบูล (Microtubule) , อินเทอร์มีเดียท ฟิลาเมนต์ (Intermediate Filament) และ ไมโครฟิลาเมนต์ (Microfilament)

สารพันธุกรรม (Genetic Material)

สารพันธุกรรมแตกต่างกันสองชนิด คือ :

- * DNA (deoxyribonucleic acid)

- * RNA (ribonucleic acid)

รหัสพันธุกรรม (Genetic code) ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นข้อมูลทางพันธุกรรมของเซลล์ซึ่งเก็บอยู่ในรูป DNA หรือ RNA สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ใช้ DNA สำหรับเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมแต่ไวรัสบางชนิด เช่น รีโทรไวรัส (retrovirus) มี RNA เป็นสารพันธุกรรม RNA นอกจากจะเป็นสารพันธุกรรมแล้วยังทำหน้าที่

เป็นสารที่ขนถ่ายข้อมูล ด้วยได้แก่ เมสเซนเจอร์ อาร์เอ็นเอ หรือ (mRNA) และอาจทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ได้ โดยเฉพาะในเซลล์ที่มี RNA เป็นสารพันธุกรรม ได้แก่ ไรโบโซมัล อาร์เอ็นเอ หรือ (rRNA) สารพันธุกรรมของพวกโพรคาริโอตจะถูกจัดอยู่ในโมเลกุลของ DNA รูปวงกลมง่ายๆ เช่น DNA ของแบคทีเรียซึ่งอยู่ในบริเวณนิวคลอยด์ (nucleoid region) ของไซโทพลาสซึม ส่วนสารพันธุกรรมของยูคาริโอตจะถูกจัดแบ่งให้อยู่ในโมเลกุลที่เป็นเส้นตรงที่เรียกว่าโครโมโซม (chromosome) ภายในนิวเคลียส และยังพบว่ามีการพันธุกรรมอื่นๆ นอกจากในโครโมโซมในออร์แกเนลล์บางชนิด เช่น ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์

* ในนิวเคลียส เรียกว่านิวเคลียร์ จีโนม (nuclear genome) แบ่งเป็น โมเลกุลเส้นตรง DNA 46 เส้น หรือ 23 คู่ เรียกว่า โครโมโซม

* ในไมโทคอนเดรีย เรียกว่า ไมโทคอนเดรียลจีโนม (mitochondrial genome) เป็น โมเลกุล DNA รูปวงกลมที่แยกจาก DNA ในนิวเคลียสถึงแม้ไมโทคอนเดรียลจีโนมจะเล็กมากแต่ก็มีรหัสสำหรับการสร้างโปรตีนที่สำคัญ สารพันธุกรรมจากภายนอกที่สังเคราะห์ขึ้นได้เอง สามารถนำไปใส่ในเซลล์ได้ เราเรียกกระบวนการนี้ว่า **ทรานสเฟกชัน (transfection)**

การลำเลียงสารผ่านเซลล์

ในสภาวะปกติเซลล์จะสัมผัสกับสารต่างๆ หลายชนิด ทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งได้แก่ สารละลายที่มีองค์ประกอบของแร่ธาตุต่างๆ หรือเซลล์ที่อยู่ข้างเคียง โดยโครงสร้างที่สำคัญของเซลล์ที่จะเป็นด่านแรกที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ และเป็นด่านสำคัญในการรับสารเข้าและขับสารหรือของเสียออกจากเซลล์ คือ **เยื่อหุ้มเซลล์** โดยเยื่อหุ้มเซลล์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมแรงดันและปริมาณสารต่างๆ ภายในเซลล์เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน จึงทำให้สามารถจะควบคุมสารต่างๆ ที่ผ่านเข้าและออกนอกเซลล์ให้อยู่ในสภาวะที่สมดุลไม่รับสารเข้ามากเกินไปจนทำให้เซลล์แตกและไม่สามารถขับสารออกมากเกินไปจนทำให้เซลล์เหี่ยวเฉาเสียสภาพ

กระบวนการนำเข้าและส่งออกของสารผ่านเซลล์นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และลำเลียงสารโดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนี้

1. การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่เกิดขึ้นโดยมีเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวกลางกั้นระหว่างบริเวณที่มีการแพร่ของสารหรือน้ำกับการลำเลียงสารจะส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านที่อยู่ตรงข้ามเยื่อหุ้มเซลล์โดยการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้พลังงานในการลำเลียง ดังนี้

1. **การลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน** เป็นการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยอาศัยความแตกต่างของน้ำและสาร ระหว่างภายในเซลล์กับภายนอกเซลล์โดยสารจะเคลื่อนที่ผ่านเซลล์ได้ด้วยการแพร่หรือโดยอาศัยตัวพา* (**carrier**) เพื่อให้เกิดดุลยภาพของเซลล์เพื่อให้เกิดดุลยภาพของเซลล์ซึ่งวิธีการลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงานนี้ ได้แก่ วิธีการแพร่ วิธีการออสโมซิส และวิธีการแพร่แบบฟาซิลิตेट

***ตัวพา (carrier)** เป็นสารจำพวกโปรตีนที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่คล้ายกับประตูลำเลียงพาเอาสารชนิดอื่นๆ เข้าหรือออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการแพร่ เช่นการแพร่แบบฟาซิลิเทต โดยเมื่อมีการนำส่งสารตัวพาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปและจะคืนสู่สภาพเดิมเมื่อการส่งสารเสร็จสิ้น

1) **การแพร่ (diffusion)** เป็นกระบวนการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารหรือมีอนุภาคสารน้อยกว่าโดยอนุภาคสารจะเคลื่อนที่ไปในทุกทิศทางแบบไม่มีทิศทางแน่นอนจนกระทั่งความเข้มข้นของสารในทั้งสองบริเวณมีความสมดุลกัน เรียกว่า **ภาวะสมดุลของการแพร่ (diffusion equilibrium)**

2) **ออสโมซิส (osmosis)** เป็นกระบวนการแพร่ของโมเลกุลน้ำโดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากบริเวณที่มีปริมาณน้ำมากกว่าจะเกิดการออสโมซิสผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์รากเข้าสู่ภายในเซลล์รากซึ่งมีน้ำน้อยและมีความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่าสารละลายในดิน

3) **การแพร่แบบฟาซิลิเทต (facilitated diffusion)** เป็นกระบวนการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารมากไปบริเวณที่ความเข้มข้นของสารน้อยกว่าโดยอาศัยการเกาะติดไปกับโปรตีนที่เป็นตัวพาซึ่งอยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ โดยในขณะที่ตัวพาทำหน้าที่ส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจนเมื่อสามารถส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แล้วตัวพาจึงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างกลับสู่สภาพเดิม และพร้อมที่จะลำเลียงสารใหม่ได้ตัวอย่างการแพร่ของสารแบบฟาซิลิเทตนี้ ได้แก่ การลำเลียงน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง เป็นต้นซึ่งการแพร่แบบฟาซิลิเทตนี้จะเกิดขึ้นได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารภายในและภายนอกเซลล์

2. **การลำเลียงแบบใช้พลังงาน** เป็นกระบวนการลำเลียงที่เซลล์ต้องอาศัยพลังงานจากการสลายสารอาหารซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะในเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่การลำเลียงสารลักษณะนี้จะมีทิศทางการลำเลียงจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารน้อยไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารมาก

การลำเลียงแบบใช้พลังงานจะอาศัยโปรตีนที่แทรกอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นตัวลำเลียง โดยต้องเผาผลาญสารพลังงานสูงบางชนิด เช่น ATP** เพื่อใช้เป็นแรงผลักดันสำหรับลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารน้อยไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นมากตัวอย่างการลำเลียงสารแบบใช้พลังงาน ได้แก่ การดูดซึมสารอาหารของรากพืชการลำเลียงโซเดียม-โพแทสเซียมของเซลล์ การดูดซึมกลับของสารที่หลุดไต่ เป็นต้น

****ATP (adenosine triphosphate)** เป็นสารชีวเคมีที่เป็นแหล่งพลังงานสำคัญของเซลล์ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้โดยอาศัยน้ำตาลกรดไขมัน กรดอะมิโน และสารอื่นๆ อีกมาก

2. การลำเลียงสารโดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

ในการลำเลียงสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่สารเหล่านี้จะไม่สามารถแทรกตัวผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยกลไกการลำเลียงสารที่มีลักษณะจำเพาะด้วยการสร้างถุงที่เรียกว่า เวสิเคิล (vesicle) ซึ่งเกิดขึ้นจากการหดตัวเป็นแอ่งของเยื่อหุ้มเซลล์หรือการเปิดออกของออร์แกเนลล์ต่างๆ ภายในเซลล์ การรวมตัวของเยื่อหุ้มเซลล์สามารถล้อมรอบสาร โมเลกุลใหญ่ได้ การลำเลียงสารโดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบเอกไซโทซิสและแบบเอนโดไซโทซิส

1. **เอกไซโทซิส (exocytosis)** เป็นกระบวนการลำเลียงสาร โมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากเซลล์ โดยสารที่ถูกลำเลียงออกนอกเซลล์จะถูกบรรจุในถุงเวสิเคิลและถุงนี้จะเคลื่อนที่ไปรวมตัวต่อเชื่อมกับเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์จะแยกตัวเปิดเป็นช่องสู่ภายนอกปลดปล่อยสารที่ต้องการลำเลียงออกสู่ภายนอกเซลล์ ตัวอย่างเช่นการลำเลียงของเสียที่ย่อยไม่ได้ออกจากเซลล์ เป็นต้น

2. **เอนโดไซโทซิส (endocytosis)** เป็นการลำเลียงโมเลกุลของสารในทิศทางตรงข้ามกับเอกไซโทซิส โดยนำสารเข้าสู่เซลล์ด้วยการเกิดแอ่งรับสารที่เยื่อหุ้มเซลล์และเว้าเข้าสู่ภายในเซลล์ จากนั้นจึงเกิดการเชื่อมต่อของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดเป็นถุงล้อมรอบสารที่จะนำเข้าสู่เซลล์ทำให้สามารถนำเข้าสู่ภายในเซลล์ได้โดยลักษณะการเกิดเอนโดไซโทซิสเพื่อนำสารเข้าสู่เซลล์จะสามารถแบ่งได้ 3 วิธี ได้แก่ ฟาโกไซโทซิส พิโนไซโทซิส และวิธีนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับดังนี้

1) **ฟาโกไซโทซิส (phagocytosis)** เป็นการลำเลียงสารที่เป็นของแข็งเข้าสู่เซลล์ พบได้ในเซลล์จำพวกอะมีบาและกลุ้มเซลล์เม็ดเลือดขาว โดยเซลล์จะยื่นไซโทพลาซึม***ออกไปล้อมรอบอนุภาคของสารและเกิดการสร้างถุงล้อมรอบสารจากนั้นจึงนำสารเข้าสู่เซลล์และเกิดการย่อยสลายภายในเซลล์ การลำเลียงสารแบบฟาโกไซโทซิสนี้สามารถเรียกอีกอย่างว่า การกินของเซลล์ (cell eating)

2) **พิโนไซโทซิส (pinocytosis)** เป็นกระบวนการนำสารในรูปสารละลายเข้าสู่เซลล์เว้าเป็นแอ่งเข้าสู่ภายในเซลล์อย่างช้า ๆ จนกลายเป็นถุงขนาดเล็กและเยื่อหุ้มเซลล์จะสร้างเป็นถุงปิดล้อมสารละลายจากนั้นจึงหลุดเข้าไปภายในเซลล์กลายเป็นถุงสารละลายอยู่ในไซโทพลาซึมซึ่งสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า การดื่มของเซลล์ (cell drinking)

3) **การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (receptor-mediated endocytosis)** เป็นกระบวนการนำสารเข้าสู่เซลล์ โดยอาศัยโปรตีนตัวรับ (receptor) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งมีความจำเพาะในการจับตัวกับสารที่จะลำเลียงเข้าสู่เซลล์โดยเมื่อโปรตีนตัวรับจับตัวกับสารที่จะนำเซลล์แล้วจากนั้นเยื่อหุ้มเซลล์จะเว้าตัวเป็นถุงและหลุดเข้าสู่ภายในเซลล์

การรักษาคุณภาพของอุณหภูมิในสิ่งมีชีวิต

อุณหภูมิในร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระบบการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งมีชีวิตนั้นซึ่งถ้าหากจำแนกลักษณะของ

สิ่งมีชีวิตโดยอาศัยระบบการควบคุมอุณหภูมิในร่างกายเป็นเกณฑ์จะสามารถจำแนกกลุ่มสิ่งมีชีวิตได้เป็น 2 ประเภท คือ สัตว์เลือดเย็น และสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งแตกต่างกัน ดังนี้

1. สัตว์เลือดเย็น

สัตว์เลือดเย็น ได้แก่ ปลาและสัตว์เลื้อยคลานชนิดต่าง ๆ เป็นสัตว์ที่ไม่สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ได้เมื่ออากาศหรือสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศด้วยเช่น เมื่อสภาพอากาศหนาวเย็น ร่างกายสัตว์เลือดเย็นก็จะมีอุณหภูมิต่ำไปด้วยเป็นต้น

อุณหภูมิของร่างกายที่ลดต่ำลงจะมีผลทำให้กระบวนการทำงานต่างๆ ภายในร่างกายผิดปกติไปได้ สัตว์เลือดเย็นจึงต้องมีการปรับตัวด้วยการใช้สภาพแวดล้อมเข้าช่วย เช่นการหนีความร้อนโดยวิธีหลบในรูหรือในโพรงไม้การฝังแดดเพื่อให้อุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้นการอพยพจากสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมหรือการจำศีลให้พ้นจากฤดูหนาวหรือฤดูร้อน เป็นต้น

2. สัตว์เลือดอุ่น

สัตว์เลือดอุ่น เช่น นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมต่างๆ และมนุษย์เป็นสัตว์ที่สามารถปรับอุณหภูมิภายในร่างกายให้มีดุลยภาพอยู่ได้โดยวิธีการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายของสัตว์เลือดอุ่นอาจเกิดขึ้นจากลักษณะโครงสร้างทางร่างกาย หรือการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ดังนี้

1) การรักษาอุณหภูมิโดยอาศัยโครงสร้างของร่างกาย โดยสัตว์เลือดอุ่นจะมีการพัฒนาโครงสร้างของผิวหนังเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนของร่างกายจากสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำเช่น การมีชั้นไขมันหนาอยู่ใต้ชั้นผิวหนัง การมีขนปกคลุมร่างกายหรือการมีโครงสร้างเพื่อลดความร้อนของร่างกายจากสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง เช่นมีต่อมเหงื่อและรูขุมขนตามร่างกาย สำหรับระบายความร้อน เป็นต้น

2) การรักษาอุณหภูมิโดยอาศัยการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกาย เป็นการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบต่างๆ ภายในร่างกายโดยมีศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่สมองส่วนไฮโปทาลามัสซึ่งกระบวนการทำงานภายในร่างกาย เพื่อตอบสนองต่ออุณหภูมิจะมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. การรับรู้ความรู้สึกหนาวหรือร้อนจะเกิดขึ้นที่ตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (thermoreceptor) ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ตัวรับรู้ความรู้สึกร้อน (heat receptor) ซึ่งสามารถพบได้ในผิวหนังทุกส่วน โดยจะพบมากที่บริเวณฝ่ามือและฝ่าเท้า ส่วนตัวรับรู้ความรู้สึกหนาว (cold receptor) จะพบได้มากที่บริเวณเปลือกตา คอ และบริเวณเยื่อในช่องปาก

2. การทำงานร่วมกันของศูนย์ควบคุมในสมอง (central integrator) โดยสมองส่วนไฮโปทาลามัสจะรับสัญญาณความรู้สึกจากตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั่วร่างกายแล้วจัดการแปลงข้อมูลจากนั้นจึงส่งกระแสประสาทไปสู่อวัยวะหรือตัวแสดงการตอบสนองที่ทำหน้าที่ปรับระดับอุณหภูมิในร่างกาย

เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จะช่วยปรับอุณหภูมิในร่างกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมคือไม่ร้อนและไม่เย็นจนเกินไป

3. การแสดงการตอบสนอง (effectors) เมื่อได้รับสัญญาณจากสมองแล้ว ตัวแสดงการตอบสนองต่างๆในร่างกายจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อช่วยให้ระดับอุณหภูมิในร่างกายกลับเข้าสู่สมดุลโดยลักษณะการตอบสนองเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายอาจมีได้หลายลักษณะดังนี้

- กระบวนการเมแทบอลิซึมเป็นการเผาผลาญสารอาหารให้เกิดพลังงานความร้อน โดยเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิลดต่ำลงสมองส่วนไฮโปทาลามัสจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นอวัยวะที่ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมในร่างกายเพื่อเพิ่มกระบวนการเมแทบอลิซึมให้มากขึ้นทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นแต่หากร่างกายมีอุณหภูมิสูงสมองส่วนไฮโปทาลามัสก็จะส่งสัญญาณไปกระตุ้นอวัยวะต่างๆ เพื่อลดกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายให้ลดลงทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงด้วย

- เส้นเลือดเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูง เส้นเลือดจะขยายตัว ทำให้มีการลำเลียงเลือดจากอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายไปยังผิวหนังดีขึ้น ความร้อนในร่างกายจึงถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้ดีขึ้นทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลง แต่ถ้าร่างกายมีอุณหภูมิต่ำ เส้นเลือดจะหดตัวทำให้มีการลำเลียงเลือดไปยังผิวหนังน้อยลงความร้อนในร่างกายจึงถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้น้อยลงร่างกายจึงเก็บรักษาความร้อนไว้ได้

- การหลั่งของเหงื่อเป็นการระบายความร้อนไปพร้อมกับน้ำเหงื่อทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลง

- การหดตัวของรูขุมขนการหดตัวของกล้ามเนื้อโคนขน มีผลทำให้รูขุมขนหดเล็กลงจึงช่วยลดการสูญเสียความร้อนทางรูขุมขนทำให้เกิดการอาการขนลุก

- การหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้เกิดอาการสั่นจึงได้พลังงานความร้อนมาชดเชยความร้อนที่สูญเสียไป

3) การรักษาอุณหภูมิโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงการรักษาอุณหภูมิโดยโครงสร้างของร่างกายและการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายไม่เพียงพอต่อการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย สัตว์ต่าง ๆ จึงมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบางอย่างเพื่อให้สามารถใช้สภาพแวดล้อมเข้ามาช่วยในการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย เช่น การนอนแช่น้ำ การอพยพไปสู่พื้นที่ที่มีอุณหภูมิเหมาะสมกว่าการใส่เสื้อกันหนาวของมนุษย์ เป็นต้น

การรักษาอุณหภูมิและแร่ธาตุในมนุษย์

ในร่างกายของมนุษย์จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 3 ใน 4 หรือประมาณ 75% ของน้ำหนักตัวโดยน้ำที่อยู่ในร่างกายสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือน้ำที่ประกอบอยู่ภายในเซลล์ประมาณ 60% น้ำที่อยู่นอกเซลล์ประมาณ 30% น้ำที่อยู่ในเนื้อเยื่อและน้ำเลือดอีกไม่เกิน 10% ซึ่งน้ำในแต่ละส่วนจะถูกควบคุมให้มีคุณภาพอยู่ได้ปกติมนุษย์ต้องการน้ำประมาณวันละ 2-3 ลิตร ซึ่งได้จากการดื่มน้ำ การบริโภคอาหารและจากกระบวนการออกซิเดชันจากสารอาหารอีกประมาณ 200 ml โดยร่างกายจะมีการขับน้ำออกจากร่างกายในลักษณะของปัสสาวะ อุจจาระ ลมหายใจ และเหงื่อซึ่งวิธีการหลักที่ร่างกาย

ใช้ในการขับน้ำออกจากร่างกาย คือ ทางปัสสาวะ โดยในแต่ละวันมนุษย์จะมีการขับน้ำออกทางปัสสาวะประมาณ 500 - 2,300 ml หรือเฉลี่ยวันละประมาณ 1,500 ml

อวัยวะสำคัญที่ทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกายมนุษย์ ได้แก่ ไต ปอด และผิวหนัง ซึ่งแต่ละอวัยวะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ไต (kidney) เป็นอวัยวะที่มีความสำคัญในการรักษาคุณภาพน้ำและแร่ธาตุภายในร่างกายของมนุษย์มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วแดง เนื้อเยื่อภายในไตจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ เนื้อเยื่อชั้นนอกซึ่งมีสีแดงเข้ม เรียกว่า **คอร์เท็กซ์ (cortex)** และเนื้อเยื่อชั้นในที่มีสีอ่อนกว่า เรียกว่า **เมดัลลา (medulla)** มีลักษณะเว้าเข้าเป็นตำแหน่งที่อยู่ของหน่วยไต (**nephron**) และเป็นบริเวณที่มีการเชื่อมต่อกับส่วนที่เป็น **โพรงกรวยไต (pelvis)** ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมของเสียจากกระบวนการกรองของหน่วยไต

ในสภาวะที่ร่างกายสูญเสียน้ำมากเกินไปหรือขาดน้ำจะมีผลทำให้ น้ำในเลือดมีปริมาณน้อยลงเลือดจึงมีความเข้มข้นสูงขึ้นและมีความดันเลือดลดลงจะทำให้สมองส่วน **ไฮโปทาลามัส** ส่งสัญญาณประสาทไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนท้ายให้หลั่ง **ฮอร์โมนแอนติไดยูเรติก (antidiuretic hormone; ADH)** หรือ **วาโซเพรสซิน (vasopressin)** เข้าสู่กระแสเลือดซึ่งฮอร์โมนนี้จะไปกระตุ้นท่อของหน่วยไตให้ดูดน้ำกลับเข้าสู่กระแสเลือดทำให้มีปริมาณน้ำในเลือดสูงขึ้นแต่ร่างกายจะขับถ่ายน้ำปัสสาวะลดลงและปัสสาวะมีความเข้มข้นมากขึ้น สมองส่วนไฮโปทาลามัสนอกจากจะกระตุ้นให้หน่วยไตดูดน้ำกลับเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้นแล้วยังกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกกระหายน้ำขึ้นด้วยซึ่งความรู้สึกกระหายจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งร่างกายยังสูญเสียน้ำและยังไม่ได้รับการชดเชย

ในกรณีที่ร่างกายได้รับน้ำมาก จะมีผลทำให้ น้ำในเลือดมีปริมาณมากเลือดจึงมีความเข้มข้นลดน้อยลงและมีความดันเลือดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายเช่นนี้จะทำให้สมองส่วนไฮโปทาลามัสยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ADH ของต่อมใต้สมองส่วนท้ายทำให้ท่อของหน่วยไตดูดน้ำกลับคืนในปริมาณน้อยลงจึงมีการขับน้ำออกเป็นปัสสาวะมากขึ้นและเป็นปัสสาวะที่เจือจาง

นอกจากการควบคุมปริมาณน้ำในร่างกายและในเลือดแล้วไตยังเป็นอวัยวะที่มีหน้าที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนี้

1. ขับถ่ายสารแปลกปลอมต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกายรวมถึงของเสียซึ่งเกิดจากกระบวนการทำงานภายในเซลล์ เช่น ยูเรีย (urea) กรดยูริก (uric acid) เป็นต้น
2. ดูดสารอาหารที่มีประโยชน์บางชนิดกลับคืนสู่ร่างกาย เช่น กลูโคส กรดอะมิโน เป็นต้น
3. สังเคราะห์กลูโคสจากกรดอะมิโนหรือจากสารชนิดอื่น ๆ โดยไตสามารถช่วยสร้างน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดได้ถึงร้อยละ 20 ของน้ำตาลที่สร้างจากตับ
4. ขับถ่าย **ไอออน****ส่วนเกินของแร่ธาตุบางชนิด เช่น โซเดียมไอออน (Na^+), โพแทสเซียมไอออน (K^+) เป็นต้น
5. ควบคุมระดับความเป็นกรด-เบสของของเหลวในร่างกาย

2. ปอด (lung) เป็นอวัยวะที่มีบทบาทในระบบหายใจโดยใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สด้วยการรับเอาแก๊สออกซิเจนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายแล้วส่งผ่านเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อขนส่งไปให้เซลล์ต่างๆในร่างกายใช้เผาผลาญสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานขณะที่เซลล์จะส่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปกำจัดออกที่ปอดด้วยการหายใจออก โดยสิ่งที่ถูกกำจัดออกไปพร้อมกับการหายใจออกของมนุษย์ไม่ใช่มีเพียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงแก๊สอื่นๆ และไอน้ำอีกด้วย

3. ผิวหนัง เป็นส่วนที่ปกคลุมอยู่ชั้นนอกสุดของร่างกาย ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ ชั้นหนังกำพร้า (epidermis) และชั้นหนังแท้ (dermis) โดยหนังกำพร้าเป็นผิวหนังที่อยู่ชั้นนอกสุด มีความหนาประมาณ 0.07-0.12 mm ส่วนผิวหนังชั้นที่ถัดเข้ามาจะเป็นชั้นหนังแท้ ซึ่งเป็นชั้นที่ประกอบด้วยรูขุมขนต่อมไขมัน เส้นเลือด เส้นประสาท และต่อมเหงื่อ (sweat gland) ซึ่งต่อมเหงื่อเป็นอวัยวะที่สำคัญของผิวหนังมีหน้าที่รักษาอุณหภูมิร่างกายด้วยการขับน้ำส่วนเกินออกในรูปเหงื่อและช่วยปรับสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกาย

การรักษาอุณหภูมิร่างกายและแร่ธาตุของสิ่งมีชีวิต

โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์และมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากมาวมหาศาลมาอยู่ร่วมกันเป็นระบบเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ซึ่งการทำงานของเซลล์ต่างๆ ก็ต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมต่อเซลล์ด้วยดังนั้นในโครงสร้างร่างกายของสิ่งมีชีวิตจึงจำเป็นต้องมีระบบการรักษาอุณหภูมิของสารต่างๆ เพื่อช่วยควบคุมปริมาณสารต่างๆ ให้มีความเหมาะสมต่อการทำงานของเซลล์อยู่เสมอโดยระบบการรักษาอุณหภูมิของน้ำและแร่ธาตุของพืช สัตว์ต่างๆ รวมถึงมนุษย์จะมีความแตกต่างกันดังนี้

1. การรักษาอุณหภูมิร่างกายและแร่ธาตุในพืช

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยแร่ธาตุและน้ำจากสิ่งแวดล้อมเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์อาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียง 1-2% เท่านั้น ส่วนน้ำที่เหลือประมาณ 98-99% จะถูกขับออกจากต้นพืชด้วยการคายน้ำทางใบเพื่อให้เกิดแรงดึงจากการคายน้ำทำให้สามารถลำเลียงน้ำจากรากพืชไปสู่ส่วนยอดได้และยังใช้สำหรับรักษาความสมดุลของระบบต่างๆ ในต้นพืช

น้ำส่วนใหญ่ในต้นพืชจะถูกกำจัดออกทางปากใบในรูปของไอน้ำที่ระเหยออกจากปากใบ (stomata) นอกจากนี้บางส่วนอาจสูญเสียออกไปทางผิวใบส่วนของลำต้นที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนๆ และตามรอยแตกหรือรูเล็ก ๆ ตามลำต้นในช่วงที่ต้นพืชขาดน้ำ ต้นพืชจะปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำแต่ยังคงมีการระเหยออกทางผิวใบและรอยแตกตามลำต้นจึงช่วยทำให้ใบและลำต้นพืชไม่ร้อนจัดเกินไป

2. การรักษาอุณหภูมิร่างกายและแร่ธาตุในสัตว์

สัตว์แต่ละชนิดจะมีกลไกการรักษาอุณหภูมิของน้ำในร่างกายเพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุลและเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตโดยในสัตว์บางชนิดอาจจะมีระบบการรักษาอุณหภูมิของน้ำและแร่ธาตุในร่างกายที่แตกต่างกันได้ดังนี้

1) สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือโพรทิสต์ที่อาศัยในน้ำจืด ได้แก่ อะมีบา พารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างภายในเซลล์ที่ไม่ซับซ้อนจะใช้วิธีการรักษาสมดุลของน้ำและของเสียที่เกิดขึ้นในเซลล์ เช่น แอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง นอกจากนี้ภายในเซลล์ยังมีโครงสร้างที่เรียกว่าคอนแทรกไทล์ แวกิวโอล (contractile vacuole) ซึ่งมีหน้าที่กำจัดสารละลายของเสียและน้ำออกสู่ภายนอกเซลล์ด้วยวิธีการลำเลียงแบบเอกโซไซโทซิส ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของน้ำไว้ได้และยังเป็นการช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์เต่งหรือบวมมากเกินไป

2) สัตว์ปีก นกหลายชนิดจะมีขนปกคลุมเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากความร้อนและยังมีระบบการรักษาคุณภาพของน้ำด้วยการขับออกในรูปปัสสาวะนอกจากนี้ยังพบว่านกทะเลที่กินพืชหรือสัตว์ทะเลเป็นอาหารจะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่กำจัดแร่ธาตุหรือเกลือส่วนเกินออกไปจากร่างกาย เรียกว่าต่อมเกลือ (salt gland) ซึ่งอยู่บริเวณหัวและถูกควบคุมโดยแร่ธาตุและเกลือจะถูกกำจัดออกในรูปของน้ำเกลือ วิธีการรักษาสมดุลเช่นนี้จึงทำให้นกทะเลต่างๆ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้แม้จะบริโภคอาหารที่มีแร่ธาตุและเกลือสูงเป็นประจำ

3) สัตว์บก สัตว์บกจะได้รับน้ำจากการดื่มน้ำและจากน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร เช่น ในพืชผัก ผลไม้ตลอดจนน้ำที่อยู่ในเนื้อสัตว์ต่างๆ นอกจากนี้ยังได้รับน้ำจากระบวนการย่อยสลายสารอาหาร ตลอดจนการเผาผลาญสารอาหารหาร่างกายได้รับปริมาณมากเกินไป ร่างกายจะกำจัดน้ำส่วนเกินออกในรูปของเหงื่อไอน้ำในลมหายใจ ปัสสาวะ และอุจจาระโดยมีไตเป็นอวัยวะหลักที่ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย

4) สัตว์น้ำเค็ม จะมีวิธีการควบคุมสมดุลน้ำและแร่ธาตุในร่างกายที่แตกต่างไปจากสัตว์บก เนื่องจากสัตว์น้ำเค็มจะต้องมีการปรับความเข้มข้นของเกลือแร่ในร่างกายให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อม เรียกระดับความเข้มข้นเกลือแร่ในร่างกายให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมว่า ไอโซโทนิก (isotonic) ซึ่งจะช่วยให้ร่างกายกับสภาพแวดล้อมมีความสมดุลกันจึงไม่มีการสูญเสียน้ำหรือรับน้ำเข้าสู่ร่างกาย โดยสัตว์น้ำเค็มแต่ละชนิดจะมีกลไกในการรักษาคุณภาพที่แตกต่างกันดังนี้

ในปลากระดูกอ่อน เช่น ปลาลามจะมีระบบการรักษาสมดุลโดยการพัฒนาให้มียูเรียสะสมในกระแสเลือดในปริมาณสูงจนมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับน้ำทะเลจึงไม่มีการรับน้ำเพิ่มหรือสูญเสียน้ำไปโดยไม่จำเป็น

ส่วนในปลากระดูกแข็งจะมีเกลือตามลำตัวเพื่อใช้ป้องกันการสูญเสียน้ำภายในร่างกายออกสู่สภาพแวดล้อมเนื่องจากสภาพแวดล้อมมีความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าในร่างกายและมีการขับเกลือแร่ผ่านทางทวารหนักและในลักษณะปัสสาวะที่มีความเข้มข้นสูงและมีกลุ่มเซลล์ที่เหวี่ยงทำหน้าที่ลำเลียงแร่ธาตุออกจากร่างกายด้วยวิธีการลำเลียงแบบใช้พลังงาน

5) **สัตว์น้ำจืด** ระบบการรักษาคูลสภาพของสัตว์น้ำจืดมีความแตกต่างจากสัตว์น้ำเค็มเนื่องจาก สัตว์น้ำจืดอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำกว่าภายในร่างกายทำให้น้ำจากภายนอกร่างกายสามารถออสโมซิสเข้าสู่ภายในร่างกายได้มากปลาที่น้ำจืดจึงต้องมีผิวหนังและเกล็ดป้องกันการซึมเข้าของน้ำ มีการขับปัสสาวะบ่อยและเจือจางและมีอวัยวะพิเศษที่เหงือกคอยดูดเกลือแร่ที่จำเป็นคืนสู่ร่างกาย

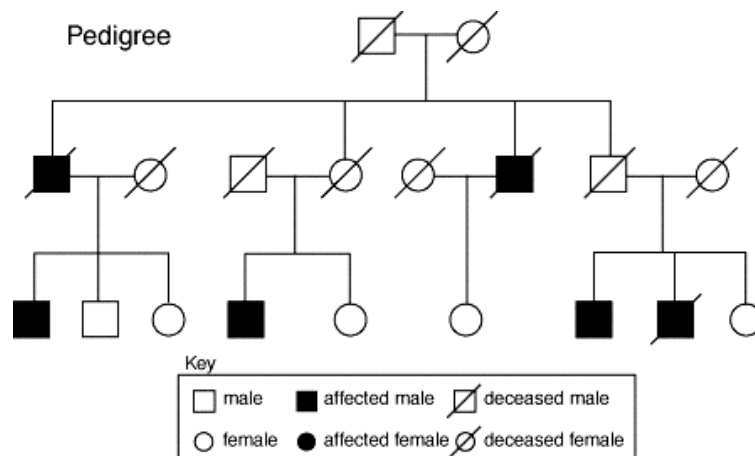
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม คือ การส่งต่อข้อมูลลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในยีนหรือ สารพันธุกรรมไปกับเซลล์สืบพันธุ์และเมื่อเซลล์สืบพันธุ์ปฏิสนธิกันเกิดเป็นรุ่นลูกแล้วลูกที่เกิดมาจะมี ลักษณะเหมือนรุ่นพ่อแม่ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตจะถูกควบคุมโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสกันจะควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตเดียวกัน เช่น ลักษณะใบหน้าจะถูก ควบคุมโดยยีน A บนโครโมโซมแท่งที่ 1 และโดยยีน a บนโฮโมโลกัสโครโมโซมของแท่งที่ 1 เป็นต้น

ในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์โครโมโซมที่ควบคุมลักษณะ เดียวกันแต่จะถูกระบายออกจากกันไปอยู่ในเซลล์ใหม่ที่จะเจริญไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์ คือ เป็นตัวสุจิ ในเพศชายและเป็นไข่ในเพศหญิงจึงทำให้เหลือยีนอยู่บนโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์เพียง 1 ชุดเท่านั้น เมื่อเซลล์ไข่และเซลล์สุจิมาปฏิสนธิรวมกันเป็นเซลล์ลูกจะทำให้ยีนมีการเข้าคู่กันอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งยีนคู่ใหม่ ที่ได้นี้ครึ่งหนึ่งจะมาจากเซลล์สุจิของพ่อ ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจะมาจากเซลล์ไข่ของแม่อ ดังนั้นในเซลล์ของลูก จึงมียีนของพ่อและแม่วรรวมกันจึงได้รับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากทั้งพ่อและแม่

ลักษณะทางพันธุกรรมที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่นี้ ได้แก่ลักษณะโครงสร้างของ อวัยวะต่างๆ ที่ใช้ในการดำรงชีวิต การหายใจและการย่อยอาหารลักษณะที่แสดงออกให้เห็นจากภายนอก เช่น สีขน สีตาและยังรวมถึงลักษณะความผิดปกติบางชนิดด้วย เช่น ตาบอดสี ผิวเผือก ธาลัสซีเมีย เป็นต้น

การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์ทำได้โดยการเก็บข้อมูลลักษณะทางพันธุกรรม ของคนในครอบครัวหลายชั่วรุ่นแล้ว จึงนำข้อมูลนั้นมาเขียนเป็นแผนผังแสดงการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมของคนในครอบครัวเรียกแผนผังนี้ว่า **พงสาวลี (family tree หรือ dendrogram หรือ pedigree)**



ความผิดปกติที่เกิดจากการแปรผันทางพันธุกรรมและโรคทางพันธุกรรม

การแปรผันทางพันธุกรรมที่ทำให้เกิดความผิดปกติในร่างกายของสิ่งมีชีวิตโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการแปรผันทางพันธุกรรมที่เกิดกับยีนหรือสารพันธุกรรมในส่วนที่เป็นตัวกำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตซึ่งการแปรผันเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดความผิดปกติของการถอดรหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนต่างๆ โดยความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้อาจเป็นลักษณะที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจากภายนอกหรืออาจเป็นความผิดปกติที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้จากภายนอกก็ได้

ลักษณะความผิดปกติที่เป็นลักษณะภายนอกหรือฟีโนไทป์ที่มีการแสดงออกให้เห็นอย่างชัดเจนจะพบได้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นในกรณีของคู่ยีนที่เป็นโฮโมโลกัสโครโมโซมหรือคู่ของยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันโดยส่วนใหญ่ลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้นจะเป็นลักษณะบนยีนด้อยซึ่งมีโอกาสแสดงออกน้อยลักษณะความผิดปกติทางพันธุกรรมหรือโรคทางพันธุกรรมที่สามารถพบเห็นได้แก่ ผิวเผือกกลุ่มอาการดาวน์ และธาลัสซีเมีย เป็นต้น

ส่วนลักษณะความผิดปกติที่เป็นลักษณะภายในร่างกายที่ไม่สามารถเห็นได้จากภายนอกมักจะมีความผิดปกติที่เกิดกับยีนควบคุมการสร้างสารชีวโมเลกุลที่เป็นตัวกลางหรือเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ในร่างกายทั้งที่เป็นกระบวนการเมแทบอลิซึมและกระบวนการแคทาบอลิซึม เช่น ความผิดปกติในยีนควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์อินซูลินจะทำให้เกิดโรคเบาหวาน (Diabetes) ได้ เป็นต้น

ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในยีนจะสามารถถูกถ่ายทอดผ่านทางเซลล์สืบพันธุ์ไปสู่รุ่นลูกหลานได้ โดยสามารถจำแนกลักษณะการถ่ายทอดยีนที่ผิดปกติได้เป็น 2 กลุ่มตามประเภทของโครโมโซมที่นำพา ยีนนั้นได้ ดังนี้

1) การถ่ายทอดลักษณะบนออโตโซมหรือโครโมโซมร่างกาย คือ การที่ยีนที่ผิดปกติเป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซมร่างกาย เป็นยีนด้อยหรือลักษณะด้อยในกรณีเช่นนี้การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นลักษณะด้อยและมีความผิดปกติจะมาจากทั้งพ่อและแม่โดยมีโอกาสเกิดความผิดปกติในเพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกันลักษณะความผิดปกติเหล่านี้ ได้แก่ โรคธาลัสซีเมีย ลักษณะผิวเผือกและเซลล์เม็ดเลือดแดงเป็นรูปเกลียว เป็นต้น

2) การถ่ายทอดลักษณะบนโครโมโซมเพศ คือ การที่ยีนที่ผิดปกติเป็นยีนบนโครโมโซมเพศซึ่งหากอยู่บนโครโมโซมเพศหญิงหรือโครโมโซม X จะเรียกว่า x-linked gene ลักษณะความผิดปกติเหล่านี้ ได้แก่ ดาบอดสีและอาการเลือดไหลไม่หยุด (haemophilia) แต่ถ้ายีนที่ผิดปกติเป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศชายหรือโครโมโซม Y จะเรียกว่า y-linked gene ลักษณะความผิดปกติเหล่านี้ ได้แก่ การมีขนยาวที่ใบหูนิ้วเท้ามีพังพืด และผิวหนังมีสะเก็ดดำทั้งตัว เป็นต้น ดังนั้นยีนผิดปกติที่อยู่บนโครโมโซมเพศนี้จึงมีโอกาสแสดงลักษณะผิดปกติได้แตกต่างกันไปในแต่ละเพศนอกจากนี้ยังมีลักษณะที่อยู่บนโครโมโซมร่างกายบางลักษณะที่เพศมีอิทธิพลต่อการแสดงออกได้ เช่น ลักษณะหัวล้าน เป็นต้น

ปัจจุบันจะใช้วิธีการป้องกันเป็นแนวทางหลักเพื่อควบคุมความผิดปกติทางพันธุกรรมซึ่งวิธีหนึ่งคือ การตรวจสอบพันธุกรรมที่มีความผิดปกติของคู่สมรสเพื่อหลีกเลี่ยงการแต่งงานของผู้มีพันธุกรรมผิดปกตินอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงวิธีการรักษาความผิดปกติทางพันธุกรรมด้วยการแก้ไขเปลี่ยนแปลงยีนผิดปกติหรือตัดต่อยีนผิดปกติให้แสดงออกเฉพาะลักษณะที่ต้องการวิธีนี้เรียกว่า ยีนบำบัด (gene therapy) ซึ่งจะมีการนำไปใช้รักษาโรคต่างๆ เช่น เบาหวาน (diabetes) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาวิธีการใช้สาย RNA สายสั้นๆ (short interference RNA; siRNA) เพื่อไปขัดขวางการแสดงออกของยีนที่ไม่ต้องการ

การแปรผันทางพันธุกรรม การกลายพันธุ์ หรือความผิดปกติทางพันธุกรรมต่างๆ นอกจากจะมีสาเหตุมาจากความผิดปกติมาตั้งแต่เกิดหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นในขณะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แล้วยังอาจมีสาเหตุจากการได้รับหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรมได้โดยสารเหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามลักษณะการก่ออันตรายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. สารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) จัดเป็นกลุ่มของสารที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีผลทำให้พันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมีการแปรผันไปได้ เช่น สารจำพวกพอลิไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) ซึ่งพบได้ในอาหารปิ้งย่างที่เป็นไขมัน หรือเฮเทอโรไซคลิก เอมีน (Heterocyclic Amines) ที่เกิดจากการเสียดสีของโปรตีน เป็นต้น

2. สารก่อมะเร็ง (carcinogen) จัดเป็นกลุ่มของสารที่ก่อให้เกิดเซลล์หรือร่างกายเกิดเนื้องอกและมะเร็งในที่สุด ได้แก่ ไดออกซิน สารพิษแอฟลาทอกซิน (aflatoxin) สีผสมอาหารเป็นประเภทอโซดาย (Azodye) และอะโรมาติก เอมีน (Aromatic amine) เป็นต้น

3. สารก่อลูกวิรูป (teratogen) จัดเป็นกลุ่มของสารที่ก่อให้เกิดความผิดปกติต่อตัวอ่อนหรือทารกในครรภ์ซึ่งสารเหล่านี้ได้แก่ สารกำจัดแมลงชนิดต่างๆ เช่น คลอเดรน (chlordane) มาลาไทออน (malathion) และคาร์บาไมว (carbaryl) เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงและการแปรผันทางพันธุกรรม

สิ่งมีชีวิตต้องมีการสัมผัสกับสิ่งต่างๆ อย่างมากมายทั้งที่เป็นสารเคมี รังสีอาหาร หรือสิ่งแวดล้อม ซึ่งการสัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสิ่งมีชีวิตได้โดยหากการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้นกับยีนหรือเกิดขึ้นกับสารพันธุกรรมที่อยู่ในช่วงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ก็จะส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้และการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในวงจำกัดเฉพาะกลุ่มสิ่งมีชีวิตเท่านั้น จะเรียกว่าการแปรผัน (variation)

1. การแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation)

เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสิ่งที่มีชีวิตแบบเฉพาะตัวของสิ่งมีชีวิตเป็นลักษณะเอกลักษณ์เฉพาะที่ไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น สีขนของสุนัข การห่อลิ้น เป็นต้น ส่วนอีกลักษณะคือ การแปรผันแบบต่อเนื่อง เช่น สีผิวที่แตกต่างกัน เป็นต้น

2. การกลายพันธุ์ (mutation)

การกลายพันธุ์เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งกับลักษณะที่สามารถสังเกตเห็นได้จากภายนอกและลักษณะการเปลี่ยนแปลงในยีนที่ไม่มีการแสดงออกมาให้เห็น โดยการกลายพันธุ์เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับดีเอ็นเอซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในระดับยีน และการเปลี่ยนแปลงในระดับโครโมโซมดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงระดับยีน (gene mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับลำดับโมเลกุลนิวคลีโอไทด์ที่เป็นองค์ประกอบของรหัสพันธุกรรม โดยสามารถจำแนกการกลายพันธุ์ระดับยีนได้เป็นลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.1 การกลายพันธุ์บนสายพันธุกรรมที่แสดงออก (coding mutation) จะเป็นการเปลี่ยนแปลงของ DNA ส่วนที่อยู่บนยีนหรือส่วนที่มีการถอดรหัสไปเป็นโปรตีนที่แสดงออกได้ การเปลี่ยนแปลงบนยีนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายลักษณะ คือมีตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงเฉพาะจุดหรือในตำแหน่งนิวคลีโอไทด์ที่ไม่มีผลต่อยีน การเปลี่ยนแปลงที่อาจทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปหรือการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ยีนเสียสภาพจนทำให้ลักษณะพันธุกรรมนั้นเสียไป

1.2 การกลายพันธุ์บนสายพันธุกรรมที่ไม่แสดงออก (non-coding mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของ DNA ที่เกิดขึ้นกับส่วนที่ไม่มีการถอดรหัสพันธุกรรม

1.3 การกลายพันธุ์ที่รอยต่อเชื่อมของสารพันธุกรรม (splicing mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงของส่วนต่อเชื่อม DNA ที่มีการเชื่อมเป็นยีนที่แสดงออกซึ่งมีผลให้เกิดความผิดปกติของโปรตีนที่เกิดจากการถอดรหัสพันธุกรรม

2) การเปลี่ยนแปลงในระดับโครโมโซม (chromosomal mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโครโมโซม ซึ่งเป็นสายที่บรรจุด้วยรหัสพันธุกรรมหรือชุดของยีน โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้างภายในโครโมโซมและการเปลี่ยนแปลงจำนวนของโครโมโซมซึ่งการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 ลักษณะมีรายละเอียดดังนี้

2.1. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้างภายในโครโมโซมเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสายโครโมโซมแต่ละเส้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะการสับเปลี่ยนตำแหน่งของยีน หรือเกิดการเสียสภาพของยีนจนทำให้ยีนที่อยู่บนโครโมโซมไม่สามารถแสดงออกได้ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

- การขาดหายไป (deletion หรือ deficiency) เกิดจากการขาดหายไปของส่วนหนึ่งส่วนใดของโครโมโซมและส่งผลให้ยีนที่อยู่บนโครโมโซมขาดหายไปด้วย จึงก่อให้เกิดความผิดปกติในร่างกาย เช่น โรคของกลุ่มอาการครีดูชาต์ ซึ่งเกิดจากการที่โครโมโซมคู่ที่ 5 มีบางส่วนขาดหายไป เป็นต้น

- การเพิ่มขึ้นมา (duplication) เกิดจากการที่มีชิ้นส่วนของโครโมโซมบางส่วนเพิ่มขึ้นมามากกว่าปกติซึ่งอาจเกิดขึ้นในช่วงการปฏิสนธิหรือในช่วงกระบวนการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์

- การเปลี่ยนตำแหน่งทิศทาง (inversion) เกิดจากการสับเปลี่ยนตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซมเดียวกันเนื่องจากเกิดรอยขาดบนโครโมโซม และส่วนที่ขาดไม่หลุดหายออกไปแต่กลับเข้ามาต่อใหม่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิมบนโครโมโซมเดิมทำให้ลำดับของยีนเกิดความผิดปกติได้

- การเปลี่ยนสลับที่ (translocation) เกิดจากการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมอื่นๆ ที่ไม่เป็นโฮโมโลกัสกัน

2.2. การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลงไปจากจำนวนปกติอาจเกิดได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

- แอนยูพลอยดี (aneuploidy) เป็นการเพิ่มหรือลดจำนวนของโครโมโซมเป็นจำนวนแท่ง เช่น $2n+1$ คือ การมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นมา 1 แท่ง หรือ $2n+2$ คือ การมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นมา 2 แท่ง โดยทั่วไปความผิดปกติเช่นนี้เกิดจากการที่คู่โครโมโซมที่ไม่ยอมแยกตัวกัน ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสลักษณะความผิดปกติเช่นนี้ ได้แก่ กลุ่มอาการดาวน์ ซึ่งเกิดจากการมีโครโมโซมคู่ที่ 21 เพิ่มขึ้นมาอีก 1 แท่ง หรือกลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ซึ่งเกิดจากการที่เพศชายมีโครโมโซมเพศหญิง (โครโมโซม X) เพิ่มขึ้นมาอีก 1 แท่ง เป็นต้น

- ยูพลอยดี (euploidy) เป็นการเพิ่มหรือลดจำนวนชุดของโครโมโซม เช่น ถ้าโครโมโซมปกติ ($2n$) เป็น 46 แท่งเมื่อเกิดความผิดปกติอาจมีโครโมโซมเป็น 69 แท่ง ($2n+n$) หรืออาจมีโครโมโซมเป็น 92 แท่ง ($2n+2n$) เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้ส่วนใหญ่จะพบในพืชทำให้มีลักษณะที่เปลี่ยนไป เช่น มีขนาดผลใหญ่ ขึ้นมีดอกใหญ่ขึ้น เป็นต้นจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรในแง่ของการเพิ่มผลผลิตและมีประโยชน์ในการพัฒนาสายพันธุ์พืชแต่สำหรับสัตว์เมื่อมีความผิดปกติเช่นนี้แล้วมักจะทำให้เป็นหมันไม่สามารถผลิตเซลล์สืบพันธุ์ได้ตามปกติ

ความผิดปกติที่เกิดกับออโตโซม

- คู่ที่ 21 เกินมา 1 โครโมโซม = กลุ่มอาการดาวน์ Down's syndrome
- คู่ที่ 18 เกินมา 1 โครโมโซม = กลุ่มอาการเอ็ดเวิร์ด Edeard's syndrome
- คู่ที่ 13 เกินมา 1 โครโมโซม = กลุ่มอาการพาเทา Patau's syndrome

ความผิดปกติที่เกิดกับโครโมโซมเพศ

- โครโมโซม X ขาดหายไป 1 โครโมโซม แบบ $44 + XO$ = กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ Turner's syndrome
- โครโมโซม X เกินมาจากปกติ
- เพศชาย แบบ $44 + XXY / 44 + XXXY$ = กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ Kine felter's syndrome
- เพศหญิง แบบ $44 + XXX / 44 + XXXX$ = กลุ่มอาการซูเปอร์ฟีเมล Super female
- โครโมโซม Y เกินมา แบบ $44 + XXY$ = กลุ่มอาการซูเปอร์เมน Super men (เป็นได้เฉพาะเพศชาย)

ประเภทของสารพันธุกรรม

สารพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตมีลักษณะเป็นกรดนิวคลีอิกที่มีขนาดใหญ่ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก หรือดีเอ็นเอ (deoxyribonucleic acid ; DNA)

DNA มีลักษณะเป็นกรดนิวคลีอิกขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์สองสายคู่ และพันม้วนกันเป็นเกลียว โดยสายพอลินิวคลีโอไทด์ทั้งสองจะยึดเหนี่ยวกันได้ด้วยพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ในโตรเจนเบสที่มีความจำเพาะต่อกัน คือ อะดีนีน (A) จะเกิดพันธะกับไทมีน (T) และกวานีน (G) จะเกิดพันธะกับไซโทซีน (C) และเรียกในโตรเจนเบสที่มีความจำเพาะต่อกันเป็นคู่ว่า **เบสคู่สม (complementary base)**

DNA เป็นสารพันธุกรรมที่สามารถพบได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์โดยมีนิวเคลียสเป็นแหล่งดีเอ็นเอหลักของเซลล์ เรียกว่า **ยีนอมิกดีเอ็นเอ (genomic DNA)** หน้าที่หลักของ DNA คือ การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตพัฒนาการและการทำงานของเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ รวมถึงการส่งผ่านข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับลักษณะของรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูก ซึ่งการเก็บข้อมูลของ DNA เกิดขึ้นได้โดยอาศัยการจัดเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่มีในโตรเจนเบสแตกต่างกันทำให้เกิดเป็นรหัสข้อมูลลักษณะสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน 64 แบบ

2. กรดไรโบนิวคลีอิก หรืออาร์เอ็นเอ (ribonucleic acid ; RNA)

กรดไรโบนิวคลีอิกหรืออาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid - RNA) เป็น พอลิเมอร์ ของ กรดนิวคลีอิก ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) เชื่อมต่อกันด้วย พันธะโคเวเลนต์อาร์เอ็นเอนิวคลีโอไทด์ ประกอบด้วยวงแหวน ไรโบส (ribose) ซึ่งแตกต่างจาก DNA ที่ประกอบด้วยวงแหวน ดีออกซีไรโบส (deoxyribose) RNA เกิดจากการคัดสำเนาข้อมูลจาก DNA โดย เอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสแล้วเข้ากระบวนการต่อเนื่องโดยเอนไซม์อื่นๆ อีก RNA จะทำหน้าที่เหมือนแม่แบบสำหรับแปลข้อมูลจากยีน ไปเป็นข้อมูลในโปรตีนแล้วขนย้าย กรดอะมิโน เข้าไปในไรโบโซม (ribosome) เพื่อผลิต โปรตีน และแปลข้อความไปเป็นสำเนาข้อมูล (transcript) ในโปรตีน

RNA มีลักษณะเป็นกรดนิวคลีอิกขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว โดยในโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์จะประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ในโตรเจนเบส น้ำตาลเพนโทส และหมู่ฟอสเฟต เหมือนกับ DNA แต่จะมีลักษณะที่แตกต่างจาก DNA คือ

- 1) น้ำตาลเพนโทสใน RNA จะเป็นน้ำตาลไรโบสใน DNA จะเป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส
 - 2) ใน RNA จะมีในโตรเจนเบสเป็น ยูราซิล (U) แทนในโตรเจนเบส ไทมีน (T) ใน DNA
- ภายในเซลล์มี RNA 3 ชนิด ดังนี้

1. เมสเซนเจอร์อาร์เอ็นเอ หรือ เอ็มอาร์เอ็นเอ (messenger RNA : mRNA) เป็น RNA ที่ได้จากกระบวนการถอดรหัส (transcription) ของสายใดสายหนึ่งของ DNA ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นรหัสพันธุกรรมที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน

2. ทรานสเฟอร์อาร์เอ็นเอ หรือ ทีอาร์เอ็นเอ (transferRNA : tRNA) RNA ชนิดนี้ผลิตจาก DNA เช่นเดียวกัน ทำหน้าที่ในการนำกรดอะมิโนต่างๆ ไปยังไรโบโซม ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีน ในไซโทพลาซึม

3. ไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ หรือ อาร์อาร์เอ็นเอ (ribosomalRNA : rRNA) RNA ชนิดนี้ผลิตจาก DNA โดยกระบวนการถอดรหัสเช่นเดียวกัน แต่ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของไรโบโซม โดย RNA รวมกับโปรตีนกลายเป็นหน่วยของไรโบโซม

ภูมิคุ้มกันของร่างกาย

เมื่อมนุษย์ดำรงชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อม มนุษย์ก็ต้องเผชิญกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ มากมาย ทั้งสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมและสิ่งแวดล้อมบางอย่างก็อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ เช่น จุลินทรีย์ สารเคมีไวรัส สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและฝุ่นละอองต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นร่างกายมนุษย์จึงจำเป็นต้องมีระบบภูมิคุ้มกันเพื่อช่วยต่อต้านและกำจัดสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกายเพื่อให้นมนุษย์สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้อย่างปกติสุขและมีสุขภาพกายที่สมบูรณ์แข็งแรง เราเรียกสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ว่า แอนติเจน (antigen) ซึ่งเป็นสารหรือสิ่งมีชีวิตที่เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะส่งผลทำให้เกิดการตอบสนองของร่างกายหรือก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ได้ ดังนั้นร่างกายมนุษย์จึงจำเป็นต้องมีกลไกตอบสนองในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้ เพื่อให้การทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกายสามารถดำเนินไปได้อย่างปกติ โดยเราเรียกระบบภายในร่างกายที่มีหน้าที่ต่อต้านสิ่งแปลกปลอมและความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับร่างกายว่า ระบบภูมิคุ้มกัน (immune system)

ลักษณะการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

สามารถจำแนกลักษณะการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันตามความจำเพาะเจาะจงในการป้องกันสิ่งแปลกปลอมได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง (nondpecific defense mechanism)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงเป็นกลไกการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกายแบบไม่จำเพาะเจาะจงมีความสามารถในการป้องกันหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งแปลกปลอมไม่สูงนักอาจกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น ระบบภูมิคุ้มกันนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ ฮอโมนพันธุกรรม และภาวะโภชนาการของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

1) การป้องกันทางกายวิภาค (anatomical barrier) คือ กลไกการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งเกิดจากการกีดขวางตามธรรมชาติ ได้แก่ ผิวหนัง (skin) เยื่อเมือก (mucous) ที่บุตามผิวของอวัยวะต่างๆ และขนอ่อน (cilia) ตามอวัยวะต่างๆ รวมถึงกลไกการบีบตัวของกล้ามเนื้อกระเพาะปัสสาวะ

1.1 ผิวหนัง เป็นด่านป้องกันที่อยู่ด้านนอกของร่างกายมีบทบาทในการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ ฝุ่นละอองรวมทั้งสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ไม่ให้เข้าสู่ร่างกาย โดยที่ผิวหนังจะมีความชุ่มชื้นต่ำ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ที่มาเกาะตามผิวหนังขาดความชุ่มชื้นและตายได้ในที่สุด นอกจากนี้ที่ผิวหนังยังมีสารกลุ่มเคราติน (keratin) ซึ่งช่วยป้องกันการติดเชื้อและผิวหนังยังสามารถขจัดเชื้อจุลินทรีย์ออกไปได้ด้วยการหลุดลอกของผิวหนังชั้นนอก

1.2 เยื่อบุผิว เป็นส่วนที่มีเยื่อเมือกช่วยดักจับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการหุ้มเคลือบ โดยประกอบกับการทำงานของขนที่มีขนาดเล็ก (cilia) ซึ่งสามารถพบได้ตามระบบทางเดินหายใจ เช่น โพรงจมูกช่วยกวาดสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อจุลินทรีย์ให้เคลื่อนที่ไปทางหลอดลมหรือโพรงจมูกและขับออกจากร่างกายโดยการไอ จาม หรือขับออกในรูปเสมหะที่อาจคายออกหรือกลืนลงสู่กระเพาะอาหารแล้วถูกขับออกทางอุจจาระได้นอกจากโพรงจมูกแล้ว กลไกการป้องกันสิ่งแปลกปลอมเช่นนี้อาจพบได้ตามช่องเปิดของร่างกายส่วนต่างๆ อีกด้วย

1.3 การปัสสาวะ ในท่อปัสสาวะจะมีสภาพที่เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งสามารถป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่บุกรุกเข้าสู่ร่างกายบางชนิดได้ โดยเมื่อมีการปนเปื้อนของเชื้อในระบบเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งแปลกปลอมจะถูกกล้ามเนื้อของกระเพาะปัสสาวะบีบตัวและผลักดันออกจากร่างกายด้วยแรงดันของการปัสสาวะ การอื่นปัสสาวะเป็นประจำจะก่อให้เกิดการสะสมและการอักเสบเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะปัสสาวะได้

2) การป้องกันโดยสารเคมีในร่างกาย (chemical factor) คือ กลไกการป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายที่เกิดขึ้นจากสารเคมีต่างๆ ที่ร่างกายหลั่งออกมา ทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เอนไซม์บางชนิดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ สารคัดหลั่งบางชนิดที่ทำให้ร่างกายมีสภาพความเป็นกรด-เบสสูงจนไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น การป้องกันโดยสารเคมีในร่างกาย ได้แก่ อวัยวะต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ต่อมเหงื่อ เป็นต่อมที่สามารถขับน้ำเหงื่อ ซึ่งเป็นสารคัดหลั่งที่มี pH ระหว่าง 3-5 ประกอบด้วยกรดต่างๆ เช่น กรดไขมัน (fatty acid) กรดแลคติก (lactic acid) กรดคาร์โปอิก (carproic acid) และกรดคาร์ไพลิก (caprylic acid) เป็นต้น เหงื่อจึงเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดถูกทำลายและขับออกจากรูขุมขนได้

2.2 ต่อม้ำตา สามารถหลั่งน้ำตาซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ไลโซไซม์ (lysozyme) ที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้น้ำตา จึงเป็นสารละลายที่ช่วยป้องกันการติดเชื้อจุลินทรีย์ในดวงตา นอกจากนี้หากมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ดวงตา ต่อม้ำตาจะมีการหลั่งน้ำตาออกมามากเพื่อช่วยชะล้างสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ออกจากดวงตาได้

2.3 ช่องปาก ในช่องปากประกอบด้วย ต่อม้ำลาย ซึ่งสามารถหลั่งน้ำลายที่มีความเป็นด่างจึงช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ นอกจากนี้ในน้ำลายยังประกอบด้วยเอนไซม์ไลโซไซม์ซึ่งช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ด้วย

2.4 อวัยวะเพศ ภายในช่องคลอดของเพศหญิงจะมีสภาพเป็นกรดซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคหลายชนิดส่วนในอวัยวะเพศชายจะมีสารประกอบโพลีเอมีน (polyamine) อยู่ในน้ำอสุจิ เรียกว่า สเปิร์มไมน์ (spermine) สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียแกรมบวกจึงช่วยลดการติดเชื้อในอวัยวะเพศชายได้

2.5 ระบบย่อยอาหาร ในระบบย่อยอาหารจะมีกรดเกลือ (hydrochloric acid; HCl) ซึ่งเป็นน้ำย่อยที่หลั่งออกมาจากกระเพาะอาหาร มีสมบัติความเป็นกรดสูงสามารถทำลายแบคทีเรียต่างๆ ได้หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคอุจจาระร่วงและไวรัสที่ไม่มีผนังหุ้มต่างๆ และยังสามารถย่อยสลายสารกลุ่มไลโปโปรตีน (lipoprotein) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเชื้อจุลินทรีย์

3) การสะกดยกลืนกิน (phagocytosis) เป็นกลไกการป้องกันสิ่งแปลกปลอมในร่างกายที่มีความสำคัญมากเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเม็ดเลือดขาวต่างๆ ในร่างกาย โดยเมื่อเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นเกิดการอักเสบขึ้น (inflammatory) จากนั้นเซลล์เม็ดเลือดขาวต่างๆ จะเข้าจับกินเชื้อจุลินทรีย์และทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เซลล์ แล้วจึงเกิดการย่อยสลายตัวเองพร้อมกับเชื้อจุลินทรีย์ให้ตายพร้อมกันกลายเป็นหนอง

4) อินเตอร์เฟอรอน (interferon; IFN) เป็นกลุ่มของโปรตีนที่มีความสำคัญในการขัดขวางการแบ่งตัวของไวรัส จึงช่วยป้องกันการติดเชื้อไวรัสได้อินเตอร์เฟอรอนจะถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นในร่างกายจากการรับเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียบางชนิด ในปัจจุบันอินเตอร์เฟอรอนจัดเป็นสารที่มีศักยภาพสูง ดังนั้นมีการศึกษาเพื่อพัฒนาให้สามารถใช้งานทางการแพทย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สำหรับรักษาโรคติดเชื้อไวรัสชนิดต่างๆ และโรคมะเร็งที่ยังเป็นปัญหาในการรักษาโรคในปัจจุบัน

5) เซลล์เอ็นเค (natural killer cell; NK cell) เป็นเซลล์กลุ่มลิมโฟไซต์ สร้างขึ้นจากเซลล์ต้นกำเนิดซึ่งอยู่ในไขกระดูกโดยเซลล์นี้เจริญเต็มที่ได้ในกระแสเลือดไขกระดูก และม้ามเซลล์ชนิดนี้จะมีหน้าที่ทำลายเซลล์เนื้องอก (tumor cell) และเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส

6) ระบบคอมพลีเมนต์ (complement system) เป็นระบบที่ประกอบด้วยกลุ่มของโปรตีนมากกว่า 20 ชนิดในซีรัมหรือน้ำเลือด ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะถูกกระตุ้นจากการรวมตัวของแอนติเจนและแอนติบอดี (antigen antibody complex) เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงอย่างต่อเนื่องและมีกระบวนการที่ซับซ้อนได้ผลผลิตจากปฏิกิริยาที่สามารถเข้าจับตัวกับผิวของเชื้อโรคหรือแอนติเจนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหน้าที่และรูปร่างจนทำให้เซลล์เสียหายและตายในที่สุด การเกิดระบบคอมพลีเมนต์นี้ ได้แก่ การอักเสบ (inflammation) และสภาวะช็อก (anaphylaxis) เป็นต้น

2. ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง (specific defense mechanism)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจงหรือการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน (immune response) เป็นกลไกการกำจัดสิ่งแปลกปลอมหรือแอนติเจนต่างๆ ในร่างกายที่มีความจำเพาะต่อแอนติเจนแต่ละชนิด การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทั้งแบบไม่จำเพาะเจาะจงและแบบจำเพาะเจาะจงล้วนจำเป็นต้องมีเซลล์ ลิมโฟไซต์เพื่อให้เกิดการตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจงจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

1) ระบบภูมิคุ้มกันจากกระแสเลือดและสารคัดหลั่ง (Humoral Immune Response; HIR)

คือ ระบบภูมิคุ้มกันที่เกิดจากเซลล์ลิมโฟไซต์ชนิดบีตอบสนองต่อแอนติเจนแต่ละชนิดอย่างจำเพาะเจาะจง ทำให้มีการสร้างแอนติบอดีขึ้น เพื่อกำจัดแอนติเจนต่างๆ ที่เข้ามาในร่างกายเรียกว่าแอนติบอดีที่สร้างขึ้นอย่างจำเพาะนี้ว่า อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin)

เมื่อร่างกายเราได้รับแอนติเจนร่างกายของเราจะสามารถสร้างแอนติบอดีได้ภายใน 14 วัน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของแอนติเจนปริมาณของแอนติเจนที่ได้รับ และวิธีการเข้าสู่ร่างกายโดยระบบภูมิคุ้มกันจากกระแสเลือดและสารคัดหลั่งเป็นระบบที่สามารถถ่ายทอดจากผู้ที่มีภูมิคุ้มกัน (immunized donor) ไปยังผู้ที่ยังไม่มีภูมิคุ้มกัน (native host) ได้ด้วยการส่งผ่านทางกระแสเลือด

2) ระบบภูมิคุ้มกันจากเซลล์ (cell-mediated immune response; CMIR หรือ cell-mediated immunity; CMI)

คือ ระบบภูมิคุ้มกันที่เกิดจากการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของเซลล์ซึ่งเซลล์ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบ คือ เซลล์ลิมโฟไซต์ที่มีการตอบสนองต่อสารจำเพาะ (specifically sensitized lymphocyte; SSL) หรือ ลิมโฟไซต์ชนิดที (T lymphocyte) ซึ่งมีการพัฒนาผ่านทางต่อมไทมัส จนได้เป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ 3 ชนิด คือ เซลล์ที่ทำลายสิ่งแปลกปลอม เซลล์ที่ช่วย และเซลล์ที่กดระบบ ซึ่งเซลล์ที่ต่างๆ เหล่านี้จะไปสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆ ได้แก่ ต่อมน้ำเหลือง ต่อมน้ำนมและม้ามรวมถึงกระแสเลือดทั่วร่างกาย

1. เซลล์ที่ทำลายสิ่งแปลกปลอม หรือเซลล์พิษท็อกซิก (cytotoxic T cell; T_c)

ทำหน้าที่ทำลายแอนติเจนที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งได้แก่เซลล์จุลินทรีย์ เซลล์ร่างกายที่ติดเชื้อ หรือเซลล์มะเร็งด้วยการหลั่งโปรตีนออกมาทำลายเซลล์ติดเชื้อให้แตกสลายและตายในที่สุด

2. เซลล์ที่ช่วยหรือเซลล์ที่เฮลเปอร์ (helper T cell; T_H) ทำหน้าที่กระตุ้นลิมโฟไซต์ชนิดบี ให้สร้างแอนติบอดีที่จำเพาะต่อชนิดแอนติเจนทั้งยังทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเซลล์ที่ชนิดอื่นๆ ด้วย

3. เซลล์ที่กดหรือเซลล์ที่ซัพเพรสเซอร์ (suppressor T cell; T_S) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของลิมโฟไซต์ชนิดบี และชนิดทีที่เป็นเซลล์ที่ช่วยหรือเซลล์ที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมให้อยู่ในสถานะสมดุล

การเสริมสร้างและรักษากัมมิตันของร่างกาย

จากกลไกการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันตามที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าร่างกายของมนุษย์จะประกอบด้วยระบบภูมิคุ้มกันที่เป็นด่านป้องกันทางกายภาพ เช่น ผิวหนัง ขน เยื่อเมือกต่างๆ และระบบภูมิคุ้มกันที่สามารถทำลายสิ่งแปลกปลอมต่างๆ หรือแอนติเจนที่เข้าสู่ร่างกายได้แก่ เม็ดเลือดขาว อินเตอร์เฟอรอน ระบบคอมพลีเมนต์และแอนติบอดี เป็นต้น

มนุษย์ได้มีการคิดค้นสารชีวภาพชนิดอื่นๆ ซึ่งใช้สำหรับเสริมสร้างหรือปรับปรุงภูมิคุ้มกันของร่างกายได้โดยสารชีวภาพเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

1. วัคซีน (vaccine)

เป็นการนำแอนติเจนซึ่งเป็นเชื้อโรคที่ไม่ก่ออันตรายต่อร่างกายแล้วเข้าสู่ร่างกายเพื่อให้แอนติเจนเหล่านั้นไปกระตุ้นการสร้างแอนติบอดีที่จำเพาะขึ้น โดยแอนติเจนที่นำเข้าสู่ร่างกายนี้จะสามารถผลิตได้ในหลายลักษณะดังนี้

1) วัคซีนจากเชื้อโรคที่มีชีวิตแต่ถูกทำให้อยู่ในสภาพที่อ่อนแรงลงแล้ว ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายแต่จะช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายได้ เช่น วัคซีนป้องกันวัณโรค (Bacillus Calmette Guerin; BCG) วัคซีนป้องกันโรคหัด และวัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมัน เป็นต้น

2) วัคซีนจากเชื้อโรคที่ตายแล้ว เป็นวัคซีนซึ่งผลิตขึ้นจากเชื้อโรคที่ถูกทำให้ตายแล้ว แต่ยังมีสมบัติที่สามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีได้ เช่น วัคซีนป้องกันโรคคอตีบ วัคซีนป้องกันโรคไอกรน และวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า เป็นต้น

3) วัคซีนจากสารพิษหรือสารพิษที่หมดฤทธิ์แล้วซึ่งเรียกว่า ทอกซอยด์ (toxoid) เช่น วัคซีนป้องกันโรคคอตีบและวัคซีนป้องกันโรคบาดทะยัก เป็นต้น

2. เซรุ่ม (serum)

คือ น้ำเลือดที่ประกอบด้วยแอนติบอดีซึ่งสามารถต้านทานพิษจากเชื้อโรคที่มีความจำเพาะต่อโรคได้ เซรุ่มที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้จากการฉีดเชื้อที่อ่อนแรงเข้าไปในม้าหรือกระต่ายจากนั้นก็รอจนมีการสร้างแอนติบอดีขึ้นในกระแสเลือดของม้าและกระต่ายจึงนำเลือดของม้าและกระต่ายมาสกัดแยกเอาแอนติบอดีเพื่อนำมาใช้ฉีดเข้าร่างกายมนุษย์ในกรณีที่เป็นเช่น เมื่อถูกพิษกัด เป็นต้น

3. ฮอร์โมนจากต่อมไทมัส

ต่อมไทมัสเป็นต่อมขนาดเล็กมีลักษณะเป็นพูของเนื้อเยื่อที่คล้ายกับต่อมน้ำเหลือง มี 2 พู อยู่บริเวณหัวใจมีความสำคัญมากในช่วงวัยเด็ก แต่เมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ต่อมไทมัสจะฝ่อสลายไปจึงเป็นต่อมไร้ท่อที่มีเฉพาะวัยเด็กเท่านั้น มีหน้าที่สร้างฮอร์โมนสำคัญ คือไทโมซิน (thymosin) ซึ่งช่วยกระตุ้นการสร้างแอนติบอดีจากเซลล์พลาสมา เซลล์เม็ดเลือดขาวและต่อมน้ำเหลือง นอกจากนี้ยังสร้างฮอร์โมนไทโมวิดิน (thymovitin) ซึ่งมีหน้าที่ยับยั้งการเจริญของอวัยวะสืบพันธุ์

4. สารสังเคราะห์ขึ้น (synthetic substances)

ตัวอย่างเช่นเรตินอยด์ (retinoids) และไอโซพริโนซิน (isoprinosin) เป็นต้นเป็นสารที่ได้จากการสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมีมีคุณสมบัติในการปรับระบบภูมิคุ้มกันและต่อต้านเชื้อไวรัสบางชนิด ใช้รักษามะเร็งและยาบางชนิดใช้ฟื้นฟูการตอบสนองของภูมิคุ้มกันที่มีต่อการรักษาหรือจัดการกับการติดเชื้อไวรัสในขั้นทุติยภูมิ

5. อินเตอร์เฟอรอนและสารกระตุ้น อินเตอร์เฟอรอน (interferon inducers)

อินเตอร์เฟอรอนเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กำจัดเชื้อก่อโรคโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อไวรัสร่างกายมนุษย์สร้างอินเตอร์เฟอรอนขึ้นสำหรับเอาไว้ต่อสู้กับการติดเชื้อที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย การใช้อินเตอร์เฟอรอนรักษาโรคติดเชื้อจะเป็นการเพิ่มปริมาณของสารในร่างกายให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นและมากพอที่จะต่อสู้กับเชื้อไวรัส เนื่องจากอินเตอร์เฟอรอนเป็นโปรตีนจึงจำเป็นต้องใช้สำหรับฉีดเข้าร่างกายเท่านั้นยังไม่มีรูปแบบของยาสำหรับรับประทาน

ประเภทของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกันต่างๆ ในร่างกาย สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ระบบภูมิคุ้มกันปฐมภูมิ

เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่เป็นด่านชั้นนอกสุด เป็นการป้องกันด้านกายวิภาคอวัยวะที่เป็นระบบภูมิคุ้มกันปฐมภูมินี้ ได้แก่ ผิวหนัง ขนตา ขนตามอวัยวะต่างๆ ตลอดจนเยื่อเมือกต่างๆ ที่บุอยู่ตามผิวของอวัยวะ จัดเป็นระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง

2. ระบบภูมิคุ้มกันทุติยภูมิ

เป็นระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายที่ถูกกระตุ้นให้แสดงออกเมื่อมีเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งแปลกปลอมบุกรุกเข้ามาในร่างกายโดยสามารถจำแนกประเภทตามแหล่งที่มาของภูมิคุ้มกันได้เป็น 2 ประเภท คือภูมิคุ้มกันที่รับมาแต่กำเนิด และภูมิคุ้มกันที่รับมาภายหลัง

1) ภูมิคุ้มกันที่รับมาแต่กำเนิด (innate immunity) เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่ได้รับมาจากแม่หรือติดตัวมาตั้งแต่เกิดเป็นระบบภูมิคุ้มกันที่พร้อมทำงานได้ทันทีเมื่อมีการบุกรุกของเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายภูมิคุ้มกันระบบนี้จะไม่มีความจำเพาะเจาะจงและไม่มีการจดจำชนิดของแอนติเจนที่เข้าสู่ร่างกายสามารถป้องกันการบุกรุกของเชื้อจุลินทรีย์และสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ด้วยการจับกิน

และย่อยทำลาย โดยอาศัยการทำงานของเม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์ เช่น นิวโทรฟิล แมคโครฟลาสต์ โมโนไซต์ เป็นต้น

2) ภูมิคุ้มกันที่รับมาภายหลัง (adaptive immunity หรือ acquired immunity) เป็นระบบการทำงานต่อเนื่องจากระบบภูมิคุ้มกันที่รับมาแต่กำเนิดเกิดขึ้นจากการที่ร่างกายได้รับสิ่งแปลกปลอมหรือการกระตุ้นจากวัคซีนระบบนี้เป็นระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจงและมีการจดจำลักษณะของสิ่งกระตุ้นทำให้เมื่อร่างกายได้รับสิ่งแปลกปลอมหรือแอนติเจนชนิดเดิมอีกครั้งร่างกายจะสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ระบบภูมิคุ้มกันชนิดนี้สามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดภูมิคุ้มกันได้เป็น 2 แบบดังนี้

1. ระบบภูมิคุ้มกันที่สร้างขึ้นเอง (active immunity) เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่ถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นโดยแอนติเจนหรือวัคซีนทำให้ร่างกายสร้างภูมิต้านทานต่อสิ่งเหล่านี้เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่มีความจำเพาะเจาะจงสูงและพร้อมที่จะตอบสนองอย่างรวดเร็วและรุนแรง เมื่อร่างกายได้รับแอนติเจนในครั้งที่ 2 ตัวอย่างของวัคซีนที่นิยมให้แก่เด็กเพื่อกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันได้แก่ วัคซีนป้องกันโรคคอตีบ โปлио ไอกรน และบาดทะยัก เป็นต้น

2. ระบบภูมิคุ้มกันที่ได้รับ (passive immunity) เป็นระบบการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันที่ได้จากแม่ เรียกว่า ภูมิคุ้มกันรับมาตามธรรมชาติ (natural passive immunity) หรือได้รับมาด้วยการฉีดให้จากสารสังเคราะห์ที่สร้างขึ้น (artificial passive immunity) ได้แก่ เซรุ่มซึ่งเป็นภูมิคุ้มกันหรือแอนติบอดีที่สร้างขึ้นจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เช่น ม้า วัว เป็นต้น

โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน

1. โรคภูมิแพ้ (allergy, atopy)

โรคภูมิแพ้ คือ โรคที่เกิดจากปฏิกิริยาตอบสนองที่มีปฏิกิริยาภูมิไวเกินกว่าปกติของร่างกายต่อสิ่งแปลกปลอมที่จำเพาะ เช่น ผู้เป็นโรคภูมิแพ้ที่มีปฏิกิริยาภูมิไวต่อฝุ่น ไรฝุ่น เชื้อราในอากาศ อาหาร ขนสัตว์ และเกสรดอกไม้ เป็นต้น เราเรียกสารต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาภูมิไวเกินกว่าปกตินี้ว่า สารก่อภูมิแพ้

2. โรคภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือโรคเอดส์ (acquired immunodeficiency syndrome; AIDS)

โรคภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง หรือโรคเอดส์ เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี (Human immunodeficiency virus; HIV) ไวรัสเอชไอวีจะมีเป้าหมายเข้าโจมตีเซลล์ที่มีตัวรับเป็น ซีดี 4 (CD4) เช่น แมคโครฟลาสต์และเซลล์ทีซึ่งเมื่อเซลล์ที่ถูกบุกรุกจะทำให้ไม่สามารถไปกระตุ้นเซลล์บีให้สร้างแอนติบอดีได้จึงทำให้ร่างกายไม่มีความต้านทานต่อเชื้อโรค จึงเกิดการติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่ายและทำให้ตายได้ในที่สุด

3. โรคแพ้ภูมิตัวเองหรือโรค红斑性狼瘡 (systemic lupus erythematosus; SLE)

โรคแพ้ภูมิตัวเอง หรือโรค红斑性狼瘡เป็นโรคในกลุ่มออโตอิมมูน (autoimmune disease) ที่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิคุ้มกันจากการทำหน้าที่ต่อต้านสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายไปเป็นการต่อต้านและทำลายเซลล์และอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย จึงก่อให้เกิดการอักเสบตามอวัยวะต่างๆ โรคนี้จะแสดงอาการในระบบและอวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้ทุกระบบ เช่น ผิวหนัง ข้อต่อไต ระบบเลือด และระบบประสาท เป็นต้นการอักเสบที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบเรื้อรังต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจนอาจทำให้ถึงแก่การเสียชีวิตได้โรคภูมิแพ้ภูมิตัวเองมีสาเหตุจากความผิดปกติหลายประการ เช่น สาเหตุจากพันธุกรรมที่มียีนผิดปกติการรับยาหรือสารเคมีที่กระตุ้นให้เกิดความผิดปกติของเอนไซม์ เป็นต้นโดยสาเหตุเหล่านี้จะมีผลทำให้เอนไซม์ต่างๆ ในเซลล์เปลี่ยนแปลงไปจึงทำให้เซลล์เกิดการ ทำงานที่ผิดปกติได้



ระบบนิเวศ (ecosystem)

ระบบนิเวศ หมายถึง ระบบการพึ่งพาของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ร่วมกันกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ณ สถานที่ใดที่หนึ่งที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระบบนั้น

องค์ประกอบของระบบนิเวศ

1) องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (abiotic components) คือ องค์ประกอบภายในระบบนิเวศที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ สสารต่างๆ ที่หมุนเวียนอยู่ภายในระบบ ซึ่งจะสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ สสารกายภาพและ สสารชีวภาพ

2) องค์ประกอบที่มีชีวิต (biotic components) คือ องค์ประกอบภายในระบบนิเวศ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีพและทำกิจกรรมอยู่ในระบบนิเวศนั้นๆ สามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม

1. ผู้ผลิต (producer) คือ สิ่งมีชีวิตที่จะเป็นจุดเริ่มของห่วงโซ่อาหารมีความสามารถในการนำเอาสารอนินทรีย์ต่างๆ ในธรรมชาติมาผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอินทรีย์หรือสารอาหารต่างๆ ที่ใช้ในการเจริญเติบโต โดยสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทเป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศ ได้แก่ พืชสาหร่าย และแบคทีเรียที่มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบ

2. ผู้บริโภค (consumer) เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้จึงจำเป็นต้องได้รับโดยการบริโภคสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหารสามารถแบ่งผู้บริโภคเป็นลำดับต่างๆ ดังนี้

- ผู้บริโภคปฐมภูมิหรือลำดับที่หนึ่ง (primary consumers) เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินพืช (herbivores) ซึ่งเป็นผู้ผลิตเป็นอาหาร เช่น กระต่าย ม้ากวาง และปลาที่กินสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืช เป็นต้น

- ผู้บริโภคทุติยภูมิหรือลำดับที่สอง (secondary consumers) เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินสัตว์เป็นอาหาร (carnivores) เช่น เสือ สิงโตและปลากินเนื้อทุกชนิด เป็นต้น

- ผู้บริโภคตติยภูมิหรือลำดับที่สาม (tertiary consumers) เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร (omnivores) ได้แก่ มนุษย์ นกและปลาฉลาม เป็นต้น

ในลำดับขั้นของผู้บริโภคอาจจะมีลำดับขั้นอื่นๆ ที่ต่อเนื่องไปได้ โดยพิจารณาจากลำดับการบริโภคหรือลำดับการกินต่อเนื่องกันไป เช่น หากมีผู้บริโภคอื่นมากินผู้บริโภคลำดับที่สามก็จะเรียกเป็นผู้บริโภคลำดับที่สี่ เป็นต้น และหากผู้บริโภคลำดับใดก็ตามที่ไม่มีผู้บริโภคอื่นใดมากินต่อไปอีกก็จะจัดลำดับสิ่งมีชีวิตนั้นในระบบนิเวศว่า ผู้บริโภคลำดับสุดท้ายหรือผู้บริโภคสูงสุด (top consumers)

นอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ผู้บริโภคซากสัตว์ (scavenger) ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ไม่ได้ล่าสัตว์กินเองแต่จะกินซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร เช่น นกแร้ง หนอน มด เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีพโดยอาศัยในสิ่งมีชีวิตอื่นซึ่งหากสิ่งมีชีวิตนั้นเป็นพืชจะเรียกว่า กาฝาก แต่ถ้าเป็นสัตว์แมลงหรือสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กจะเรียกว่า ปรสิต (parasite) เช่น พยาธิ เป็นต้น

3. ผู้ย่อยสลาย (decomposer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในขั้นตอนสุดท้ายและระบบนิเวศเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ได้แก่ จุลินทรีย์ และราต่างๆ เป็นต้น มีหน้าที่ย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ต่างๆ ให้กลับกลายเป็นสารอินทรีย์สำหรับสิ่งมีชีวิตกลุ่มผู้ผลิตได้ใช้สารเหล่านี้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไปบางครั้งจึงอาจเรียกสิ่งมีชีวิตในกลุ่มนี้ว่า ผู้แปรสภาพสาร (transformer)

ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

ในระบบนิเวศหนึ่งประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายแตกต่างกันมากมายโดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างซับซ้อนและอาจก่อให้เกิดผลกระทบระหว่างกันได้ซึ่งสามารถจำแนกผลกระทบที่เกิดจากความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตได้เป็นรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1. ภาวะเป็นกลาง (neutralism; 0/0)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ไม่เกี่ยวข้องกันแต่อาศัยในระบบนิเวศเดียวกันจึงไม่มีสิ่งมีชีวิตฝ่ายใดที่ได้รับหรือเสียประโยชน์ ตัวอย่างเช่น ไล้เดือนกับเสียดีเสื้อกับลิง มดกับผึ้ง เป็นต้น

2. ภาวะการล่าเหยื่อ (predation; +/-)

เป็นความสัมพันธ์ที่มีฝ่ายหนึ่งเป็นผู้ได้รับประโยชน์เพียงฝ่ายเดียวเรียกสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ได้รับประโยชน์ว่า ผู้ล่า (predator) และเรียกสิ่งมีชีวิตอีกชนิดที่เป็นผู้เสียประโยชน์ว่า ผู้ถูกล่า หรือ เหยื่อ (prey) โดยความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตแบบล่าเหยื่อนี้ส่วนใหญ่ผู้ล่าจะกินผู้ถูกล่าเป็นอาหารเพื่อการดำรงชีวิต ตัวอย่างเช่น นกกินแมลงปลาฉลามกินแมวน้ำ และเสือกินกวาง เป็นต้น

3. ภาวะการแข่งขัน (coompetition; -/-)

เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในพื้นที่เดียวกันอาจเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยสิ่งมีชีวิตทั้งสองมีความต้องการใช้ปัจจัยในการดำรงชีวิตที่เหมือนกัน ดังนั้นหากระบบนิเวศอยู่ในสถานะที่ขาดแคลนปัจจัยในการดำรงชีวิตนั้นสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดก็ต้องแก่งแย่งหรือแข่งขันกันตัวอย่างเช่น การแย่งตำแหน่งจำฝูงของหมาป่าการแย่งกันล่าเหยื่อของสุนัขจิ้งจอกกับเสือ เป็นต้น

4. ภาวะการได้รับประโยชน์ร่วมกัน (protocooperation; +/+)

เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันโดยสิ่งมีชีวิตทั้งสองฝ่ายจะได้รับประโยชน์ทั้งคู่อาจเป็นการอยู่ร่วมกันตลอดเวลาหรืออยู่ร่วมกันเพียงชั่วขณะหนึ่งก็ได้และเมื่อสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดแยกจากกัน ก็จะสามารถดำรงชีพได้ตามปกติตัวอย่างเช่น นกเอี้ยงบนหลังควายหรือความสัมพันธ์ระหว่างปลาการ์ตูนจะอาศัยอยู่ตามดอกไม้ทะเลเพื่อเป็นที่หลบภัยจากผู้ล่าขณะที่ปลาการ์ตูนก็จะคอยปกป้องดอกไม้ทะเลจากปลาบางชนิดที่กินดอกไม้ทะเลเป็นอาหาร

5. ภาวะพึ่งพาอาศัย (mutualism; +/+)

เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันโดยที่สิ่งมีชีวิตทั้งสองฝ่ายจะได้รับประโยชน์ทั้งคู่การอยู่ร่วมกันลักษณะนี้สิ่งมีชีวิตทั้งคู่ต้องอยู่ร่วมกันตลอดไปไม่สามารถแยกจากกันได้ ตัวอย่างเช่น ไลเคน (lichen) ซึ่งเป็นภาวะการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยระหว่างรากับสาหร่ายพบได้ตามบริเวณก้อนหินหรือเปลือกไม้ที่มีความชื้น โดยสาหร่ายจะอาศัยเส้นใยของราช่วยยึดเกาะ พรางแสง และอุ้มน้ำให้เกิดความชื้นในขณะที่ราจะอาศัยอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายเพื่อการดำรงชีวิต

6. ภาวะอิงอาศัย (commensalism; +/-)

เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันโดยมีฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์เพียงฝ่ายเดียวส่วนอีกฝ่ายจะไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ตัวอย่างเช่น ปลาฉลามกับเหาฉลามโดยเหาฉลามเป็นปลาที่มีอวัยวะยึดเกาะกับตัวปลาฉลาม แต่ไม่ทำอันตรายแก่ปลาฉลามและเหาฉลามจะได้รับประโยชน์ด้วยการกินเศษอาหารที่หลงเหลือจากปลาฉลาม

7. ภาวะปรสิต (paratism; +/-)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตสองชนิดที่มีขนาดแตกต่างกันโดยสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่กว่าเรียกว่า ผู้ถูกอาศัยหรือเจ้าบ้าน (host) จะเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดที่ขนาดเล็กกว่า เรียกว่า ผู้อาศัย หรือปรสิต (parasite) โดยฝ่ายเจ้าบ้านจะเป็นฝ่ายเสียประโยชน์จากการถูกแย่งอาหารหรือถูกใช้ส่วนหนึ่งของร่างกายเป็นอาหารของปรสิตซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอาการเจ็บป่วยในเจ้าบ้านได้

ภาวะปรสิตสามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะ คือ ภาวะปรสิตภายใน (endo-parasite) และ ภาวะปรสิตภายนอก (ecto-parasite) ปรสิตทั้งสองลักษณะจะมีความแตกต่างกันที่ลักษณะการอยู่อาศัยบนตัวเจ้าบ้านโดยปรสิตภายในจะอาศัยอยู่ในอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายของเจ้าบ้าน ได้แก่ พยาธิชนิดต่างๆ ในร่างกายของสัตว์ เป็นต้น ส่วนปรสิตภายนอกจะอาศัยอยู่ตามผิวหนังของเจ้าบ้าน เช่น เห็บ เหา หมัด เป็นต้น

ดุลยภาพของระบบนิเวศ

1. สมดุลด้านปริมาณสิ่งมีชีวิตกลไกการควบคุมปริมาณสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนี้เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์การบริโภคหรือการล่าเหยื่อระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ ตัวอย่างเช่น ในฤดูกาลหนึ่งกวางสามารถขยายพันธุ์ได้เป็นจำนวนมากจะทำให้หมาป่าซึ่งกินกวางเป็นอาหารมีอาหารมากเพียงพอจึงสามารถขยายพันธุ์เพิ่มมากขึ้นได้ด้วยและเมื่อหมาป่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้มีการล่ากวางเพิ่มมากขึ้นด้วยจึงทำให้กวางมีจำนวนลดน้อยลง และเมื่อกวางมีจำนวนลดลงมากหมาป่าก็จะขาดแคลนอาหารจึงต้องตายลง หรืออพยพไปสู่ระบบนิเวศอื่นทำให้มีจำนวนลดน้อยลงไปด้วย

ในระบบนิเวศหนึ่งๆ ไม่ได้เพียงสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ล่าเท่านั้นที่มีบทบาทในการควบคุมปริมาณสิ่งมีชีวิตที่ถูกล่าแต่ในขณะเดียวกันสิ่งมีชีวิตที่ถูกล่าก็จะควบคุมปริมาณสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ล่าด้วยเช่นกัน ลักษณะการควบคุมซึ่งกันและกันของสิ่งมีชีวิตนี้จะช่วยทำให้สัดส่วนของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศมีความสมดุล

2. สมดุลด้านพลังงานสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศจะสามารถถ่ายทอดพลังงานให้แก่กันโดยอาศัยการกินต่อกันเป็นทอดๆ ผ่านห่วงโซ่อาหารซึ่งจุดเริ่มต้นของพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้กลายเป็นพลังงานเคมีโดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยพลังงานเคมีเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในรูปของอาหารที่สะสมอยู่ภายในต้นพืชและเมื่อสัตว์มากินต้นพืชก็จะได้รับพลังงานเคมีจากสารอาหารต่างๆ ในต้นพืช ดังนั้นการบริโภคต่อกันเป็นทอด ๆ จึงทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสิ่งมีชีวิตได้โดยพลังงานเคมีที่สัตว์ได้รับนี้จะถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตจนกระทั่งสัตว์นั้นตายลงจึงถูกแบคทีเรียต่างๆ ย่อยสลาย เพื่อนำพลังงานเคมีที่เหลือไปใช้ในการดำรงชีวิตต่อไป

3. สมดุลด้านสารต่างๆ สารหลายชนิดในระบบนิเวศมีการหมุนเวียน แลกเปลี่ยนและถ่ายทอดกันระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ อยู่ตลอดเวลาโดยมีจุดเริ่มต้นจากพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศอาศัยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนแร่ธาตุจากดินและแก๊สต่างๆ ให้กลายเป็นสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชจากนั้นเมื่อพืชถูกกินโดยสัตว์กินพืช จากนั้นเมื่อพืชถูกกินโดยสัตว์กินพืช สารอาหารในต้นพืชก็จะถูกถ่ายทอดต่อมายังสัตว์กินพืชและเมื่อสัตว์กินพืชถูกสัตว์ชนิดอื่นมากินต่อ สารอาหารต่างๆ ก็จะถูกถ่ายทอดต่อไปตามลำดับการกินกันในห่วงโซ่อาหาร

เมื่อสัตว์ตายลงก็จะถูกผู้บริโภคร่างสัตว์กินซากและรับเอาสารอาหารต่างๆ ที่หลงเหลืออยู่ในซากไปใช้ในการดำรงชีวิตต่อไปจากนั้นเศษซากที่เหลือจากผู้กินซากก็จะถูกย่อยสลายโดยผู้ย่อยสลายซากทำให้สารอาหารต่างๆ ที่ยังเหลืออยู่ในซากกลับกลายเป็นอินทรีย์สารและแร่ธาตุคืนสู่ดินที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไปได้ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารอาหารและแร่ธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศจะมีการหมุนเวียนเป็นวงจรหรือวัฏจักร (cycle) เช่นนี้ตลอดไป

4. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ (succession) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ คือกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือองค์ประกอบที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศซึ่งการเปลี่ยนแปลงแทนที่นี้จะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่ระบบนิเวศสูญเสียสมดุลไปเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า ไฟป่า ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้น การเปลี่ยนแปลงจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนไปถึงจุดที่ระบบนิเวศมีความสมดุลไม่สามารถเปลี่ยนแปลงต่อไปได้อีกเรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตต่างๆ สิ่งมีชีวิตกลุ่มขั้นสุด หรือชุมชนขั้นสุด (climax community) โดยการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ (primary succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เริ่มจากบริเวณที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตดำรงอยู่มาก่อนเช่น การเปลี่ยนแปลงแทนที่บนก้อนหินหรือกองทราย การแทนที่ในบริเวณที่เพิ่งเกิดภูเขาไฟระเบิดใหม่ๆ เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงแบบนี้จะเริ่มจากการที่สิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งเข้าไปอาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวเรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตนี้ว่า **สิ่งมีชีวิตบุกเบิกพวกแรก (pioneer community)** ซึ่งกลุ่มสิ่งมีชีวิตนี้จะช่วยให้สภาพพื้นที่บริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งสิ่งมีชีวิตนี้จะช่วยให้สภาพพื้นที่บริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นๆ สามารถเข้ามาอาศัยอยู่ได้จากนั้นสภาพพื้นที่บริเวณนี้ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ่งมีชีวิตที่เข้ามาอาศัยในพื้นที่นี้เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มขั้นสุด โดยการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมินี้จะต้องใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงที่ยาวนานมากอย่างน้อยที่สุดต้องกินระยะเวลานานหลายสิบปีขึ้นไป

2) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นทุติยภูมิ (secondary succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ที่เคยมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตดำรงอยู่มาก่อนแต่ได้ถูกทำลายไปโดยสาเหตุต่างๆ เช่น การบุกรุกโดยมนุษย์ไฟไหม้ป่า พายุรุนแรงแผ่นดินไหว เป็นต้น โดยเมื่อสภาพพื้นที่หนึ่งว่างลงก็จะมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตใหม่อาศัยอยู่ทดแทนจากนั้นก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่จนการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมินี้ใช้เวลาน้อยกว่าแบบปฐมภูมิมากเนื่องจากพื้นที่บริเวณนั้นมีแร่ธาตุและอินทรีย์สารต่างๆ ที่เป็นปัจจัยจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชผู้ผลิตอยู่อย่างครบถ้วนแล้วการเปลี่ยนแปลงแทนที่จึงสามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องเริ่มต้นจากสิ่งมีชีวิตกลุ่มบุกเบิก

ทรัพยากรธรรมชาติ (natural resources)

ทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิตได้ โดยอาศัยการดัดแปลง แปรรูปหรือการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมตามความต้องการของมนุษย์เช่น พืช ดิน น้ำ แร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น ทรัพยากรธรรมชาติแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไปและทรัพยากรที่ใช้ไม่หมดหรือมีตลอดไป ดังนี้

1. **ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป (exhausting natural resources)** เป็นทรัพยากรที่นำไปใช้แล้วจะสิ้นเปลืองและหมดไปในที่สุดทรัพยากรประเภทนี้มีอยู่อย่างจำกัด การเกิดขึ้นทดแทนได้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน ดังนั้น จึงพบว่าทรัพยากรประเภทนี้บางชนิดอาจหมดไปจากโลกในช่วงเวลาอีกไม่นานนัก ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปนี้ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1) **ทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ทดแทนหรือรักษาให้คงอยู่ได้ (renewable natural resources หรือ replaceable natural resources)** เป็นทรัพยากรที่นำไปใช้ประโยชน์แล้ว สามารถรักษาเกิดขึ้นทดแทนได้หากมีการจัดการแนวทาง การใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมจะทำให้ทรัพยากรมีเพียงพอใช้ได้ตลอดไป เช่น ดิน ป่าไม้ และสัตว์ป่าชนิดต่างๆ เป็นต้น

2) **ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถสร้างเสริมหรือทดแทนได้ (irreplaceable natural resources)** เป็นทรัพยากรที่นำไปใช้ประโยชน์แล้วหมดสิ้นไปโดยไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ทดแทนให้เหมือนเดิมได้ เช่น แร่ธาตุต่างๆ ปิโตรเลียม เป็นต้น

2. **ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดหรือมีใช้ตลอดไป (non-exhausting natural resources)** เป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดขึ้นมาใหม่ทดแทนได้โดยไม่หมดสิ้นไปสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตลอด ทรัพยากรเหล่านี้มีอยู่อย่างมากมายทั่วทุกหนแห่งในโลกและมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต เช่น น้ำ อากาศ แสงแดด เป็นต้น แต่ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดในกลุ่มนี้หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้เกิดความเป็นพิษ ซึ่งก่อให้เกิดโทษหรือส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตได้ เช่น การปนเปื้อนสารพิษในแหล่งน้ำ การเกิดแก๊สและฝุ่นละอองในอากาศต่างๆ เป็นต้น

สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

1. สาเหตุจากธรรมชาติ

การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของสภาพทางธรรมชาติพื้นผิวโลกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติอาจมีผลต่อเนื่องถึงการเกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติได้ดังนี้

1) **ไฟป่า (wildfire)** เป็นตัวการในการทำลายทรัพยากรธรรมชาติอย่างมหาศาล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทรัพยากรป่าไม้ทั้งที่เป็นต้นไม้เล็กและใหญ่ สิ่งมีชีวิตรวมทั้ง จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ดำรงชีวิตอยู่ในป่า รวมถึงทรัพยากรที่ไม่มีชีวิต ซึ่งได้แก่ อินทรีย์วัตถุและปุ๋ย เป็นต้น ไฟป่าไม่เพียงก่อให้เกิดการสูญเสีย ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าเท่านั้นแต่ยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจากเถ้าถ่าน ฝุ่นละออง และแก๊สพิษ

ทำให้เกิดภาวะมลพิษทางอากาศ (air pollution) จนอาจส่งผลให้เกิดภาวะโรคต่างๆ ในมนุษย์ เช่น ตาแดง โรคในระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

2) **น้ำท่วม (flood)** เป็นภัยที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น ฝนตกหนัก น้ำในแม่น้ำลำคลองถูกหนุนสูงขึ้นโดยเมื่อน้ำขึ้นสูงพื้นเหนียวแฉะของลำน้ำจนปกคลุมพื้นแผ่นดินและหากการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำมีความเชี่ยวกรากก็อาจทำให้เกิดแผ่นดินถล่มได้นอกจากนี้การไหลของน้ำบริเวณฝั้วดินยังทำให้เกิดการพัดพาเอาฝั้วหน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ไหลลงสู่ที่ต่ำทำให้ฝั้วหน้าดินขาดปุ๋ยธรรมชาติและทำให้แหล่งน้ำในที่ต่ำกว่าเกิดการตื้นเขินได้

พื้นที่ถูกน้ำท่วมเป็นระยะเวลานานจะมีสภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชจึงทำให้พื้นที่นั้นเสียสมดุลธรรมชาติได้โดยในบางพื้นที่อาจเกิดหรือทำการเกษตรกรรมได้ซึ่งดินที่เสียสภาพนี้จะอยู่ในสถานะที่เรียกว่า มลพิษทางดิน (soil pollution) ส่วนปุ๋ยและสารฝั้วดินที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ซึ่งไหลลงสู่แม่น้ำที่ต่ำกว่าและเมื่อน้ำในแหล่งน้ำลดลงสารต่างๆ เหล่านี้จะถูกขังอยู่ในแหล่งน้ำนั้นและก่อให้เกิดสภาพน้ำที่มีสารต่างๆ ปนอยู่สูงเป็นมลพิษทางน้ำ (water pollution) ได้

3) **แผ่นดินไหว (earthquake)** เป็นภัยธรรมชาติที่เป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ โดยหากเกิดแผ่นดินไหวที่เกินกว่า 5 ริกเตอร์ขึ้นไปจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ตั้งแต่สิ่งก่อสร้างการพังทลายของแผ่นดิน ทำให้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของพืชและสัตว์เปลี่ยนแปลงไปซึ่งจะส่งผลให้เกิดความสูญเสียของพืชพันธุ์ สัตว์ป่าตลอดจนจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กชนิดต่างๆ ที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติได้

4) **ภูเขาไฟระเบิด (volcano)** เป็นภัยธรรมชาติที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างมากเนื่องจากเมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟจะทำให้หินเหลวที่มีความร้อนสูงที่อยู่ใต้ผิวโลกพุ่งออกมาสู่ผิวโลกหินหลอมเหลวที่มีความร้อนสูงเหล่านี้จะไหลเข้าทำลายสิ่งแวดล้อมต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปและต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะเกิดการแทนที่กลับมาเป็นระบบนิเวศที่สมดุลเช่นเดิมได้อีกครั้ง

นอกจากนี้ไอระเหยหรือควันที่เกิดจากภูเขาไฟ จะมีกำมะถันปนอยู่มากซึ่งจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตอีกด้วยซึ่งจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตอีกด้วยหากเกิดการระเบิดของภูเขาไฟได้น้ำจะก่อให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ในมหาสมุทรน้ำท่วมตามเกาะและเมืองชายฝั่งทะเลได้ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นบ่อยครั้งตามหมู่เกาะฮาวาย คลื่นขนาดใหญ่นี้มีชื่อเรียกว่า สึนามิ (tsunami) เกิดจากแผ่นดินไหว แผ่นดินถล่มหรือภูเขาไฟระเบิดใต้พื้นมหาสมุทร

2. สาเหตุจากมนุษย์

ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่จะมีมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่ถูกวิธีไม่เหมาะสม หรือไม่มีการควบคุม จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเสียหายตามมาโดยหากพิจารณาถึงสาเหตุการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของมนุษย์จะสามารถแบ่งเป็นสาเหตุต่างๆ ได้ดังนี้

1) **การเพิ่มของประชากร** เนื่องจากประชากรทั่วโลกจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้นในแต่ละปี ซึ่งการเพิ่มมากขึ้นของประชากรโลกก็จะนำมาซึ่งความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการดำรงชีวิต จึงทำให้เกิดผลต่างๆ ตามมาอย่างมากมาย เช่น การเพิ่มพื้นที่ทำกินทางการเกษตรการบุกรุกทำลายป่าการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตสินค้าต่างๆ เป็นต้น

2) **การขยายตัวของชุมชนเมือง** เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติต่างๆ เนื่องจากการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วโดยขาดการวางแผนผังการใช้พื้นที่ล่วงหน้าหรือไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้จะทำให้เกิดปัญหาขึ้นมากมาย เช่น ปัญหาการใช้ทรัพยากรประจำท้องถิ่นปัญหาการควบคุมดูแลทรัพยากร และปัญหาการกำจัดของเสีย เป็นต้น

3) **เทคโนโลยีสมัยใหม่** ที่นำมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรการใช้สารเคมีต่างๆ เช่น ยาฆ่าแมลงและปุ๋ยจะส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเหล่านี้ในดินและอาจกระจายไปสู่แหล่งน้ำหรือระบบนิเวศต่างๆ นอกจากนี้สารเคมีเหล่านี้ยังสามารถสะสมและตกค้างในสัตว์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสายใยอาหาร

4) **การสร้างสิ่งก่อสร้าง** การสร้างถนน อ่างเก็บน้ำ เขื่อนนับว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ เช่น ป่าไม้ ดินและน้ำถูกใช้ไป นอกจากนี้ยังอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์ป่าในพื้นที่นั้นเนื่องจากการทำลายถิ่นที่อยู่ของสัตว์ป่าได้เมื่อนมนุษย์สร้างสิ่งก่อสร้างในพื้นที่ป่าเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้มีการทำลายป่าอย่างต่อเนื่อง ป่าจะเสื่อมโทรมลงและอาจหมดไปได้สัตว์ป่าต่างๆ จะไร้ที่อยู่อาศัย และอาจสูญพันธุ์ไปในที่สุด

5) **การกีฬา** ในด้านการกีฬาส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรสัตว์ป่า เช่น การยิงนก การตกปลา และการล่าสัตว์ เป็นต้นซึ่งถ้าหากเป็นไปเพื่อการกีฬาอย่างแท้จริง มีการกำหนดกฎเกณฑ์หรือมาตรฐานต่างๆ ที่ชัดเจน ก็จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการทำลายทรัพยากรธรรมชาติมากนักแต่หากเป็น การแข่งขันเพื่อทำลายสถิติด้านจำนวนก็จะมีเมื่อนำอาวุธที่ร้ายแรงและทันสมัยมาใช่มากยิ่งขึ้น

6) **การสงคราม** จะก่อให้เกิดการกระตุ้นให้นำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มาใช้มากขึ้นตั้งแต่การใช้ทรัพยากรแร่ธาตุเพื่อการผลิตอาวุธและเครื่องมือต่างๆ บางครั้งมีการเร่งขุดเจาะน้ำมันดิบเพื่อขายและแลกเปลี่ยนเป็นเงินตราเพื่อนำไปซื้ออาวุธที่ทันสมัยมีประสิทธิภาพการทำลายล้างสูงมาต่อสู้กันซึ่งผลของสงครามก็คือการสูญเสียทั้งสองฝ่าย ทั้งด้านทรัพยากรมนุษย์และทรัพยากรอื่นๆ เช่น การทิ้งระเบิดทำลายบ่อน้ำมันของอิรักในปี พ.ศ. 2536 ทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพยากรธรรมชาติซึ่งปริมาณน้ำมันที่สูญเสียไปจากการทิ้งระเบิดเพียงครั้งเดียวนี้อาจจะต้องอาศัยระยะเวลาเป็นหลายล้านปีจึงจะเกิดขึ้นได้

7) **ความรู้หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์** หลายๆ ครั้งที่คนเราทำลายสิ่งแวดล้อมเพราะความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ไม่รู้ถึงสาเหตุและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นขาดข้อมูลความเข้าใจที่ถูกต้องทำให้เราเกิดมุมมองและเกิดความสัมพันธ์ต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันโดยขณะที่นักอนุรักษ์ของป่าไม้และสัตว์ป่า แต่ภาคอุตสาหกรรมกลับนึกถึงวัตถุดิบที่เป็นปัจจัยในการผลิตเป็นต้นทุนนักเศรษฐศาสตร์จะนึกถึงทรัพยากรที่ต้องใช้ให้คุ้มค่าชวอนจะนึกถึงฝนเกษตรบางกลุ่มยังมุ่งเน้นการทำการเกษตรที่ต้องใช้สารเคมีในปริมาณมาก ฯลฯ

สังคมยังขาดความเข้าใจถึงสิ่งแวดล้อมในลักษณะของภาพรวมที่เป็นความสัมพันธ์ร่วมกันของสิ่งต่างๆ ที่เมื่อเกิดความเสียหายขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งก็จะมีผลกระทบต่อเนื่องไปถึงระบบนิเวศที่เป็นภาพรวมด้วย ดังนั้นในการกระทำสิ่งใด เราควรพิจารณาให้ดีกว่าการกระทำนั้นจะเป็นการทำลายหรือก่อให้เกิดผลกระทบในด้านลบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระยะยาวได้หรือไม่

ความหลากหลายทางชีวภาพ

เป็นคุณสมบัติของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สิ่งมีชีวิตต่างๆ จะมีความแตกต่างระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ นี้เป็นผลมาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงและการวิวัฒนาการด้านต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้มีความเหมาะสมต่อสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ แหล่งที่อยู่อาศัย (habitat) แหล่งอาหารและลักษณะของอาหาร โดยการเปลี่ยนแปลงและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ต้องอาศัยระยะเวลาที่ยาวนาน จึงจะสามารถเห็นผลของการเปลี่ยนแปลงและวิวัฒนาการที่ชัดเจนได้ ความหลากหลายทางชีวภาพนี้จะมีทั้งความแตกต่างในระดับพันธุกรรมหรือยีน (gene) ระดับชนิดหรือสปีชีส์ (species) ไปจนถึงความแตกต่างในระดับของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในเชิงนิเวศ (ecological community) ดังนี้

ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) หน่วยพันธุกรรมหรือยีนของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีบทบาทต่อการกำหนดลักษณะความจำเพาะและความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดซึ่งสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์กันของจุดกำเนิดและการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตัวอย่างเช่น ม้ากับลาเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีจุดกำเนิดและการวิวัฒนาการที่คล้ายคลึงกันจึงย่อมจะมีพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกันมากกว่าสิ่งมีชีวิตอื่นซึ่งจะมีต้นกำเนิดและการวิวัฒนาการที่ต่างออกไป เช่น ลิงกับช้าง เป็นต้น

การเกิดสิ่งมีชีวิตที่มีพันธุกรรมแตกต่างกันอาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากภายในสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ซึ่งได้แก่ยีนหรือหน่วยพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยภายนอกได้ เช่น สารเคมี อาหาร รังสี และสภาพแวดล้อม เป็นต้น เรียกการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้ว่า การกลายพันธุ์ (mutation) และเรียกสารที่เป็นต้นเหตุของการกลายพันธุ์หรือ การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมนี้ว่าสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen)

ความหลากหลายในชนิดของสิ่งมีชีวิต (species diversity) ชนิดของสิ่งมีชีวิต หรือสปีชีส์ (species) หมายถึง กลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะโครโมโซมใกล้เคียงกันสามารถผสมพันธุ์กันแล้วให้กำเนิดลูกได้แต่สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันจะไม่สามารถผสมพันธุ์กัน และให้กำเนิดลูกได้หรือถ้าให้กำเนิดลูกได้ก็จะเป็นหมัน ตัวอย่างเช่น ม้าและลาเป็นสิ่งมีชีวิตคนละสปีชีส์กัน จึงไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ เป็นต้น

ระบบนิเวศในธรรมชาติแต่ละแห่งจะประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ มากมายอยู่ร่วมกันและมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยเราสามารถพิจารณาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศได้ 2 ลักษณะดังนี้

1) จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่หรือในชุมชนสิ่งมีชีวิต (species richness) หมายถึง จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ต่อหน่วยพื้นที่โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอาจมีจำนวนหรือมีชีวมวล (biomass) ที่ต่างกันก็ได้

2) ความสม่ำเสมอของสิ่งมีชีวิต (species evenness) หมายถึง สัดส่วนของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่พบและเป็นตัวแทนในระบบนิเวศนั้น เช่นความหลากหลายของพืชในป่าดิบชื้น ความหลากหลายของสัตว์ในป่าชายเลน เป็นต้น

ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิตสามารถตรวจวัดจากจำนวนชนิดและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตที่พบในระบบนิเวศทั้งยังรวมถึงโครงสร้างที่แสดงลักษณะจำเพาะการกระจายของประชากรในชุมชนหรือระบบนิเวศนั้น เช่น อายุและเพศ เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความหลากหลายในชนิดของสิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันจึงส่งผลให้การดำรงอยู่หรือการใช้ชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในชุมชนนั้นแตกต่างกันด้วยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนสิ่งมีชีวิตและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับการแก่งแย่งแข่งขันกันในการใช้ทรัพยากรชนิดเดียวกันเช่น การแย่งอาหาร การแย่งที่อาศัย เป็นต้น ซึ่งผลของการแก่งแย่งที่อยู่อาศัยเป็นต้นซึ่งผลของการแก่งแย่งกันก็จะทำให้สิ่งมีชีวิตที่อ่อนแอกว่าต้องตายหรือต้องอพยพย้ายถิ่นออกไปจากระบบนิเวศนั้นได้

ความหลากหลายทางนิเวศวิทยา (ecological diversity หรือ ecosystem diversity) ในโลกของเรานี้ประกอบด้วยระบบนิเวศแบบต่างๆ มากมายซึ่งในระบบนิเวศแบบต่างๆ นี้จะประกอบไปด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิตรวมถึงองค์ประกอบแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบแวดล้อมและกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศจะเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อกัน จึงทำให้สิ่งมีชีวิตต้องมีการปรับตัวทั้งทางกายภาพและทางชีวภาพเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในระบบนิเวศนั้นได้อย่างเหมาะสม

ลักษณะความหลากหลายทางนิเวศวิทยา จะสามารถจำแนกออก ได้ดังนี้

1) ความหลากหลายของถิ่นกำเนิด (habitat diversity) คือ ความแตกต่างของถิ่นกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่นในพื้นที่ป่าทางภาคเหนือของประเทศไทยมีทั้งที่ราบสูงและลำน้ำทำให้เกิดถิ่นกำเนิดลักษณะต่างๆ ก็จะมีสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่แตกต่างกัน เช่น ปลาและสัตว์เลื้อยคลานในลำธาร ช้าง และควายป่าตามชายป่า เลี้ยว และนกเหยี่ยวบนหน้าผาหรือค้ำควาในถ้ำ เป็นต้น

2) ความหลากหลายของการแทนที่ (succession diversity) คือ การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายที่เกิดจากระบบนิเวศเดิมถูกทำลายลงด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ไฟป่า น้ำท่วม แผ่นดินไหวหรือการบุกรุกโดยมนุษย์เพื่อตัดไม้ทำลายป่า เผ้วถางป่า เป็นต้น เมื่อระบบนิเวศหนึ่งถูกทำลายลงจะทำให้เกิดเป็นพื้นที่ว่างขึ้นและหากปล่อยพื้นที่ว่างนี้ทิ้งไว้ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่โดยสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ทำให้เกิดเป็นระบบนิเวศใหม่ ซึ่งสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่เข้ามาอาศัยอยู่ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจนกลายเป็นระบบนิเวศที่สมดุลเช่นเดิมได้

3) ความหลากหลายของภูมิประเทศ (landscape diversity) คือ ความหลากหลายที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากความแตกต่างของภูมิประเทศโดยพื้นที่ใดมีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและอาหารมากก็ย่อมจะเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งมีชีวิตหลากหลายประเภทมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งน้ำและอาหาร ดังตัวอย่างเช่น ป่าดิบชื้น และป่าดงดิบ ซึ่งเป็นป่าในเขตร้อนมีพืชขึ้นอยู่หลายชนิดและความชุ่มชื้นสูงก็จะพบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากกว่าป่าสนซึ่งเป็นป่าในเขตหนาวมีความชุ่มชื้นต่ำและมีพืชหลักคือต้นสนเท่านั้น

ผลของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์

มนุษย์รู้จักวิธีการนำความหลากหลายทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์อย่างมากมายกเว้นโดยสรุปได้เป็นด้านๆ ดังนี้

1. ด้านการเกษตร

มนุษย์มีการใช้พืชประมาณ 200 ชนิด ในการเพาะปลูกเป็นอาหาร โดยส่วนใหญ่จะเป็นพืชที่สามารถผลิตสารอาหารจำพวกแป้งได้ เช่น ข้าวโพด มันฝรั่ง ข้าว เป็นต้น พืชที่มนุษย์นำมาใช้เพาะปลูกเหล่านี้มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยพืชหนึ่งชนิดอาจมีสายพันธุ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันมากมาย เช่น ข้าวบางสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงแต่มีความทนทานสูง เป็นต้น

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากสายพันธุ์ต่างๆ ของพืชโดยนำพืชแต่ละสายพันธุ์ที่มีข้อดีแตกต่างกันมาผสมพันธุ์กันและคัดเลือกให้ได้ต้นพืชสายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะดีตามต้องการ ตัวอย่างพืชที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข6 ข้าวเจ้าพันธุ์พิษณุโลก 2 เป็นต้น

2. ด้านการแพทย์

ตั้งแต่สมัยโบราณมา มนุษย์มีความรู้เกี่ยวกับการใช้พืชสมุนไพรต่างๆ ในการบำบัดรักษาโรคร้ายไข้เจ็บ ซึ่งความรู้เหล่านี้ได้ถูกถ่ายทอดมาในลักษณะของยาแผนโบราณ ทำให้พืชสมุนไพรต่างๆ ถูกเก็บจากป่านำมาใช้กันอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้พืชสมุนไพรเหล่านี้มีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วแต่ในความเป็นจริงแล้วพืชพันธุ์ที่มีความใกล้เคียงก็อาจมีสารสำคัญที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ ดังนั้นหากมีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสูงจะทำให้สามารถใช้ทดแทนกันได้ ดังนั้นหากมีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสูงจะทำให้สามารถเลือกใช้พืชหลายชนิดเพื่อรักษาโรคได้มากขึ้น

นอกจากการใช้ประโยชน์ในลักษณะพืชสมุนไพรแล้วปัจจุบันยังมีการนำพืชมาสกัดเอาสารสำคัญภายในต้นพืชเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ด้วย เช่น เปล้าน้อยมีสารเปลาโนทอล (Planotol) ซึ่งสามารถนำมาใช้รักษาโรคกระเพาะและลำไส้ดองคิงมีสารโคลชิซิน (Colchicine) ซึ่งสามารถใช้รักษาโรคไขข้ออักเสบ และมะเร็ง เป็นต้น

3. ด้านการอุตสาหกรรม

พืชและสัตว์หลายชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมหลายประการ เช่น การใช้ น้ำมันจากพืชพวกปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ และละหุ่งมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง การใช้เส้นใยพืชและสัตว์ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น ฝ้ายปอ ไหม ขนสัตว์ต่างๆ เป็นต้น นอกจากการใช้ประโยชน์จากพืชและ สัตว์แล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพสูงเพื่อเป็นแหล่ง ผลิตสารสำคัญต่างๆ ในเชิงอุตสาหกรรม เช่น การใช้ยีสต์ในการผลิตแอลกอฮอล์ การใช้แบคทีเรีย ในการผลิตนมเปรี้ยว

