



CORE

ชีววิทยา ม.ปลาย



เหมาะสำหรับ

- เตรียมสอบ O-NET เพื่อยื่นแอดมิสชันส์
- ทบทวนเนื้อหาและโจทย์ ชุดข้อสอบเวอร์ชันที่ต่อมรู้ก่อนสอบ



ปรากฏการณ์ใหม่ เมื่อตัวเตอร้อยู่ในรูปแบบฉบับพกพา



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษรีไซเคิล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



ประพันธ์ พนธรา

Core O-NET

ชีววิทยา ม.ปลาย



ประพันธ์ พนธรา

Core O-NET ชีววิทยา ม.ปลาย

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ประพันธ์ พนธรา.

Core O-NET ชีววิทยา ม.ปลาย.--กรุงเทพฯ : แม็ค, 2554.
212 หน้า.

1. ชีววิทยา --การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา). I. ชื่อเรื่อง.

570

ISBN 978-974-412-929-1

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

MAC PRESS CO., LTD.

ผู้เขียน

: ประพันธ์ พนธรา

สงวนลิขสิทธิ์

: กรกฎาคม 2554

ราคาจำหน่าย

: 95 บาท

การสั่งซื้อ

: ส่งณาคัดส่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว 10310 ในนาม บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028

E-mail : macpress@MACeducation.com

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่

: บริษัท ซี.วี.แอล.การพิมพ์ จำกัด

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาต)



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดีบีบี เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



คำนำ

หนังสือคู่มือ CORE O-NET ชีววิทยา ม.ปลาย เล่มนี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงขึ้นโดยยึดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ดังนั้น จึงเหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทุกแผนการเรียน เนื่องจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทุกคนต้องมีการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน หรือ O-NET เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้เขียนได้สรุปเนื้อหาที่เป็นสาระสำคัญในแต่ละเรื่อง และแบบทดสอบในแต่ละเรื่อง พร้อมเฉลยละเอียด เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและเตรียมความพร้อมในการสอบต่างๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ยังเหมาะกับครูอาจารย์และผู้ปกครองที่ต้องการเสริมความรู้เพิ่มเติมต่างๆ ที่นอกเหนือจากบทเรียนให้แก่ศิษย์และบุตรหลานของท่านอีกด้วย

ความดีของหนังสือเล่มนี้หากมี ก็ขอมอบให้แด่บุพการี ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนและเรียบเรียงตำรา ซึ่งไม่สามารถที่จะเอ่ยนามได้ และอย่างไรก็ดีในการเขียนเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ก็อาจมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ผู้เขียนยินดีน้อมรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ จากผู้รู้ทุกท่านเพื่อประโยชน์ในการสร้างผลงานในลำดับต่อไป

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือคู่มือ CORE O-NET ชีววิทยา ม.ปลาย เล่มนี้จะอำนวยประโยชน์ให้แก่ นักเรียน ครูอาจารย์ และผู้ปกครอง ตลอดจนผู้ที่สนใจ พร้อมกันนี้ ผู้เขียนขอเป็นแรงใจให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนและการสอบทุกคน

ด้วยความปรารถนาดีจากใจจริง

ประพันธ์ พนธรา

สาระที่ 1
สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1

เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

- ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, 3, 4

มาตรฐาน ว 1.2

เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบท่อมมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

- ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, 3, 4

สาระที่ 2
ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1

เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

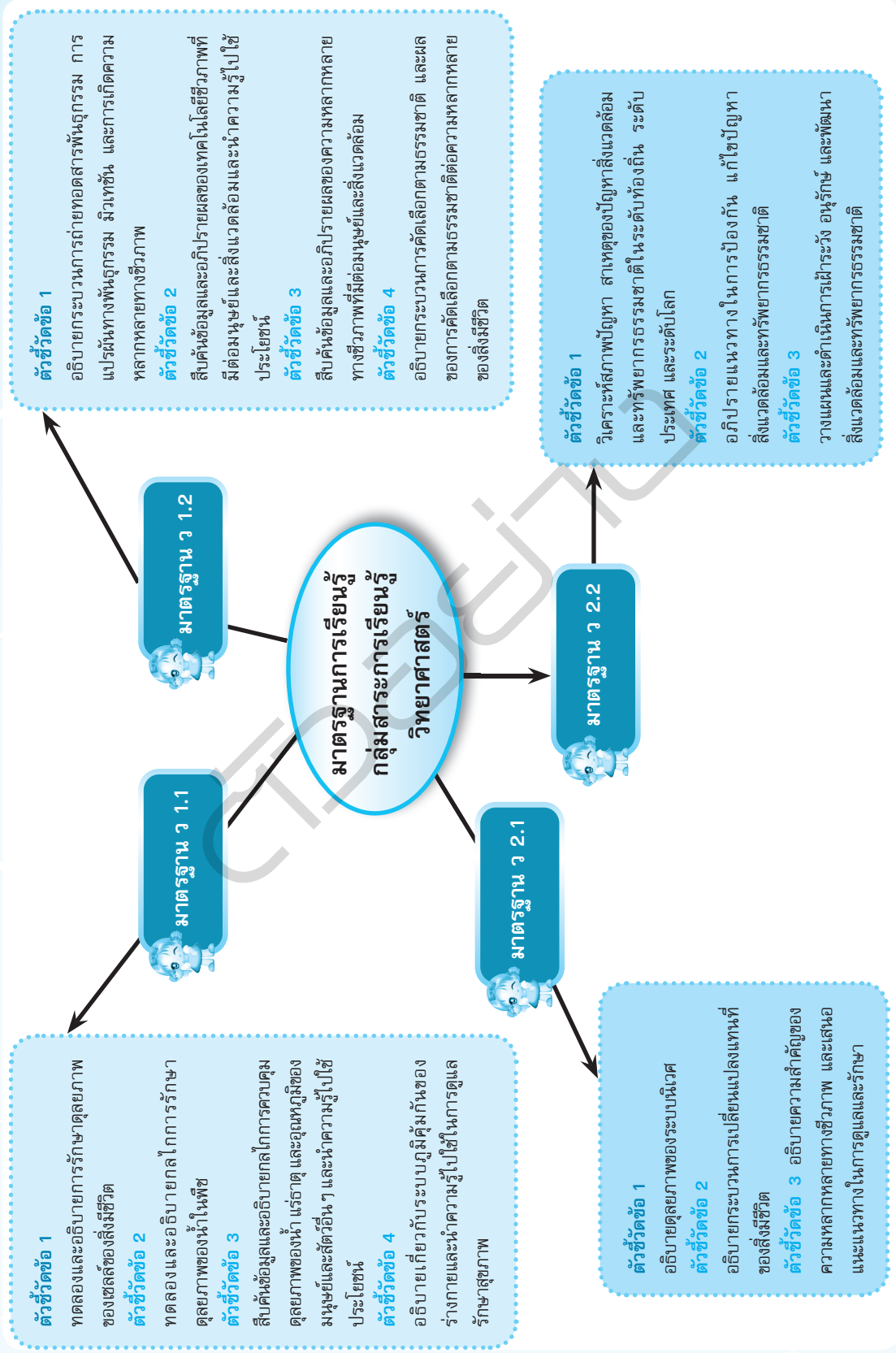
- ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, 3

มาตรฐาน ว 2.2

เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

- ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, 3

**กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์**



สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม 1

(มฐ. ว 2.1 ตัวชี้วัดข้อ 1, 2 และ 3 และ ว 2.2 ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, และ 3)

- สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม 1
- ระบบนิเวศ 1
- ประชากรสิ่งมีชีวิต 19
- กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ 21
- คนกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 22
- การพัฒนาที่ยั่งยืน 33
- แบบทดสอบ 34

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต 76

(มฐ. ว 1.1 ตัวชี้วัดข้อ 1, 2 และ 3)

- องค์ประกอบของเซลล์ 76
- การลำเลียงสารผ่านเซลล์ 79
- กลไกการรักษาคุณภาพ 84
- แบบทดสอบ 93

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ภูมิคุ้มกันของร่างกาย 103

(มฐ. ว 1.1 ตัวชี้วัดข้อ 4)

- การป้องกันและการทำลายเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม 103
- การสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย 106
- การให้และรับเลือด 108
- ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน 108
- แบบทดสอบ 110

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธกรรมและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

122

(มฐ. ว 1.2 ตัวชี้วัดข้อ 1 และ 2)

- ลักษณะทางพันธุกรรม 122
- โครโมโซมและสารพันธุกรรม 123
- การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 132
- การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม 138
- เทคโนโลยีชีวภาพ 142
- ความก้าวหน้าทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ 148
- แบบทดสอบ 149

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ความหลากหลายทางชีวภาพ

183

(มฐ. ว 1.2 ตัวชี้วัดข้อ 3 และ 4)

- การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ 183
- สปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต 184
- ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต 187
- แบบทดสอบ 192



สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม



สิ่งมีชีวิต (organism) จะดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างสมดุลก็ต่อเมื่อองค์ประกอบของร่างกายที่ประกอบด้วยอวัยวะ (organ) ต่างๆ ทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ (system) และต่างก็ทำงานประสานสอดคล้องกัน นอกจากนี้สมบัติอย่างหนึ่งที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิตก็คือ ความสามารถในการแพร่พันธุ์และขยายพันธุ์ให้ลูกหลานในรุ่นต่อไปได้

สิ่งแวดล้อม (environment) เป็นสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. **สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (physical environment)** คือ สิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต เช่น ดิน น้ำ อากาศ แสงสว่าง

2. **สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ (biological environment)** คือ สิ่งแวดล้อมที่มีชีวิต ได้แก่ สิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น พืช สัตว์ จุลินทรีย์

สิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน เรียกว่า **กลุ่มสิ่งมีชีวิต (community)** ในบริเวณสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันจะพบกลุ่มสิ่งมีชีวิตต่างกัน ซึ่งบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่กลุ่มสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ เรียกว่า **แหล่งที่อยู่ (habitat)** โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตจะได้รับประโยชน์จากแหล่งที่อยู่แตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่นั้น เช่น อาจได้รับประโยชน์ในด้านแหล่งอาหาร ที่หลบภัย แหล่งผสมพันธุ์หรือวางไข่และเลี้ยงลูกอ่อน แหล่งที่อยู่นี้อาจเป็นสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์ ต้นไม้ หรือเป็นสิ่งไม่มีชีวิตก็ได้ เช่น ดิน น้ำ อากาศ

ระบบนิเวศ



ระบบนิเวศ (ecosystem) คือ ระบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่แหล่งใดแห่งหนึ่ง ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้มี 2 ลักษณะ คือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในแหล่งที่อยู่นั้น
2. ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่ ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

ความสัมพันธ์ทั้ง 2 ลักษณะนี้จะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน และเกิดขึ้นในระบบนิเวศทุกระบบ ซึ่งแสดงว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายไม่อาจอยู่อย่างโดดเดี่ยวโดยปราศจากการเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับองค์ประกอบอื่นๆ ได้ ดังนั้นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันในระบบนิเวศจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่รอดได้



การศึกษาระบบนิเวศ



วิชาที่ว่าด้วยการศึกษาระบบนิเวศ เรียกว่า **นิเวศวิทยา (ecology)**

การศึกษานิเวศวิทยาสามารถศึกษาได้ตั้งแต่ในระดับสิ่งมีชีวิต (organism) ระดับประชากร (population) ระดับกลุ่มสิ่งมีชีวิต (community) ระดับระบบนิเวศ (ecosystem) ระดับชีวนิเวศ (biomes) จนกระทั่งถึงระดับโลกของสิ่งมีชีวิตหรือชีวภาค (biosphere)

แต่ในปัจจุบันนี้การศึกษานิเวศวิทยาอาจเน้นการศึกษานิเวศวิทยาของมนุษย์มากกว่าสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป วิชาดังกล่าวเรียกว่า **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (environmental science)**

ประเภทของระบบนิเวศ



ระบบนิเวศจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. **ระบบนิเวศตามธรรมชาติ** ได้แก่ ระบบนิเวศบนบก เช่น ป่าไม้ หุบเขา ทะเลทราย และระบบนิเวศในน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ทะเล มหาสมุทร
2. **ระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้น** ได้แก่ ระบบนิเวศจำลอง เช่น ตู้เลี้ยงปลา ระบบนิเวศสวนสาธารณะ และระบบนิเวศชุมชนเมือง

ระบบนิเวศแบบต่าง ๆ



ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด (fresh water ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มาก เพราะเป็นแหล่งทรัพยากรที่หาได้ง่าย และสะดวกต่อการที่มนุษย์จะนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อการเกษตร และอุตสาหกรรม มีสภาพธรรมชาติที่เกิดขึ้นเองหรือมนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง คู บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ สระน้ำจืด ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำจืดต่างๆ เช่น แผลงก่อดอนสัตว์ ปลา กบ กุ้ง แมลงน้ำต่างๆ หรือพืชน้ำ ซึ่งมีทั้งพืชที่โผล่พ้นน้ำเป็นพืชที่มีรากอยู่ในดินใต้น้ำ เช่น กก อ้อ ฤๅษี พืชลอยน้ำ เช่น จอก แหน ผักตบชวา พืชจมน้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก นอกจากนี้ยังอาจพบสาหร่ายบางชนิด เช่น สาหร่ายสีเขียว



ระบบนิเวศทางทะเล

ระบบนิเวศทางทะเล (marine ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากระบบนิเวศอื่นๆ ประกอบด้วย หาดทราย หาดหิน และแนวปะการัง

● **หาดทราย (sandy beach)** เป็นระบบนิเวศชายฝั่งตั้งแต่ระดับน้ำลงต่ำสุดจนถึงระดับน้ำขึ้นที่ละอองน้ำเค็มซัดไปถึง โดยพื้นผิวมีเม็ดทรายที่มีขนาดต่างๆ กัน และพื้นที่แต่ละแห่งมีความลาดชันไม่เหมือนกัน กระแสน้ำขึ้นน้ำลงเป็นปัจจัยที่ทำให้ความชื้นและอุณหภูมิของหาดทรายแตกต่างกัน ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณหาดทรายมีการปรับตัวในเรื่องต่างๆ ได้แก่



- การมีผิวหนัง ลำตัวแบน เพื่อสะดวกในการแทรกตัวลงไปทราย เช่น หอยเสียบ หอยทับทิม อีแปะทะเล

- การลดขนาดของร่างกายเพื่อลดแรงเสียดทานจากคลื่น เช่น จักจั่นทะเล
- การมีเหงือกใหญ่อยู่ในกระดองเพื่อช่วยกักเก็บน้ำให้เหงือกชุ่มชื้นอยู่เสมอ เช่น ปูลม
- การสร้างปลอกหุ้มลำตัว เช่น ไข่เดือนทะเล หนอนหลอด

● **หาดหิน (rocky beach)** เป็นบริเวณที่ประกอบด้วยโขดหิน ไม่ราบเรียบ มีซอกและแอ่งน้ำเป็นที่กำบังคลื่นลมและหลบซ่อนศัตรูของสิ่งมีชีวิต โดยแสงและความชื้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดน้ำขึ้นน้ำลง สิ่งมีชีวิตบริเวณหาดหินจึงต้องมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น โดยมีการปรับตัวในเรื่องต่างๆ ได้แก่

- การมีสารพวกซีตึ้นหรือคิวทิน (cutin) เคลือบเพื่อช่วยรักษาความชื้นและป้องกันการระเหยของน้ำ

- การปรับตัวเพื่อเก็บน้ำไว้ในร่างกาย โดยสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่ได้จะหลบในซอกหิน เช่น ปู ปลิงทะเล ส่วนในสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่ไม่ได้จะมีเปลือกหุ้ม ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำไว้ใน เช่น ลิ้นทะเล หอยนางรม เพรียงหิน

● **แนวปะการัง (coral reefs)** เป็นระบบนิเวศทางธรรมชาติใต้น้ำซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุด อยู่ใกล้บริเวณชายฝั่งทะเล และยังเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลบริเวณนั้นๆ เนื่องจากปะการังจะมีชีวิตอยู่ได้ในบริเวณที่มีน้ำสะอาด มีออกซิเจนเพียงพอ และมีแสงแดดส่องถึง ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นที่หลบภัย เป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตต่างๆ หลายชนิดทั้งพืชและสัตว์ เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ ช่วยเพิ่มผลผลิตของสัตว์น้ำ และรักษาสมดุลของโซ่อาหารในทะเล นอกจากนี้แนวปะการังยังมีความสวยงามและเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญอีกด้วย จึงเปรียบได้กับเป็นป่าใต้ท้องทะเล



ระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อย

ระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อย (estuaries ecosystem) แหล่งน้ำกร่อยเป็นบริเวณที่มีน้ำจืดมาบรรจบกับน้ำเค็ม ซึ่งพบตามบริเวณปากแม่น้ำ ปากอ่าว และช่องแคบ เป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง เนื่องจากแม่น้ำพัดพาเอาธาตุหลัก ซิลิกา ฟอสเฟต และสารอินทรีย์มายังบริเวณปากแม่น้ำ นอกจากนี้บริเวณทะเลยังมีกระแสน้ำที่แรง และมีอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น เมื่อน้ำจืดและน้ำเค็มมาบรรจบกันจะทำให้เกิดการพัดพาของธาตุอาหารขึ้นมาสู่บริเวณผิวน้ำและมีการหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา ทำให้พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำกร่อย เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา สามารถนำธาตุอาหารต่างๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโตได้



ระบบนิเวศป่าไม้

ระบบนิเวศป่าไม้ (forest ecosystem) เป็นระบบนิเวศบนบกที่มีขนาดใหญ่และเป็นแหล่งรวมของความหลากหลายทางชีวภาพบนพื้นดินที่ใหญ่ที่สุด เนื่องจากมีพืชพรรณและสัตว์หลากหลายชนิด เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ทำให้เกิดฝน ลดความรุนแรงของน้ำป่าและการพังทลายของหน้าดินในขณะที่น้ำป่าไหลบ่า



ทำให้ผิวดินและอากาศชุ่มชื้นเย็นสบาย เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของอากาศ และนอกจากนี้ยังช่วยเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นออกซิเจนปล่อยสู่อากาศอีกด้วย

ป่าไม้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

● **ป่าไม้ผลัดใบ (evergreen forest)** เป็นป่าที่มีต้นไม้เขียวชอุ่มตลอดปี มีการผลัดใบทดแทนกันเสมอ โดยเมื่อใบเก่าร่วงไปก็จะผลิใบใหม่ออกมาแทนที่ พบในพื้นที่ราบจนถึงยอดเขาที่มีอากาศเย็นชื้นและมีดินอุดมสมบูรณ์ ป่าไม้ผลัดใบที่สำคัญ เช่น

- **ป่าดิบชื้น (tropical rain forest หรือ tropical evergreen forest)** เป็นป่าที่เขียวชอุ่มอยู่ในเขตร้อนชื้นตลอดปี มีอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก มีความชื้นสูง พืชที่พบแบ่งออกได้เป็นหลายระดับตามความสูงที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ไม้ยืนต้นชั้นบน เช่น ไม้ยาง ไม้ตะเคียน ไม้สะยา
- ไม้ชั้นกลาง เช่น ตีนเป็ดแดง จิกเขา
- ไม้พื้นล่าง เช่น ไม้พุ่ม ปาล์ม หวาย ไม้เถาวัลย์
- ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) เป็นป่าที่มีลักษณะโปร่งขึ้น แต่ความชื้นน้อยกว่าป่าดิบชื้น

ขนาดไม้เล็กกว่า พื้นที่ป่าสูงกว่าระดับน้ำทะเล 500 เมตร พืชที่พบ เช่น ยางแดง มะค่าโมง เคี่ยม หลุมพอ ตะเคียนหิน พลอง กระเบาเล็ก กระบาก

- **ป่าดิบเขา (hill evergreen forest หรือ mountain forest)** เป็นป่าที่พบบริเวณเทือกเขาสูง พื้นที่ป่าสูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร เป็นป่าต้นน้ำลำธาร โปร่งกว่าป่าดิบชื้น พืชที่พบ เช่น ไม้วงศ์ก่อ มะขามป้อมแดง ยมหอม พญาเสือโคร่ง สนแผง สนเขา ก้ายาน อบเชย จำปีป่า มณฑาป่า หว่า กุหลาบป่า ผักกูด กล้วยไม้ดิน ผักกระสัง มอสส์ชนิดต่างๆ

- **ป่าสนเขา (coniferous forest หรือ pine forest)** เป็นป่าสนที่อยู่ตามภูเขาสูง สูงกว่าระดับน้ำทะเล 750 เมตร พืชที่พบมีไม้สนเป็นหลัก เช่น สนสองใบ สนสามใบ

- **ป่าชายเลน (mangrove forest)** เป็นป่าที่ขึ้นตามแนวชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำซึ่งเป็นน้ำกร่อย เป็นที่อยู่ของตัวอ่อนของสัตว์ทะเลพวกกุ้ง ปู ปลา พืชที่พบ เช่น แสม โกงกาง ลำพู ตะบูน โปร่ง ประสัก ลำแพน

- **ป่าพรุ (peat swamp forest)** เป็นป่าที่มีน้ำจืดท่วมขังและขึ้นตลอดปี สภาพดินเป็นดินพรุที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ พืชที่พบ เช่น หวาย หมากรูด หลุมพี เสม็ด สำโรง ระกำ จิก อ้อ หวายแดง หวายโป่ง

- **ป่าชายหาด (beach forest)** เป็นป่าโปร่งขึ้นอยู่ตามหาดทรายริมทะเลที่น้ำท่วมไม่ถึง ลักษณะเป็นป่าแนวแคบหรือเป็นหย่อม พืชที่พบ เช่น สนทะเล สนประดิพัทธ์ หูกวาง กระติง โพทะเล ตีนเป็ดทะเล

● **ป่าผลัดใบ (deciduous forest)** เป็นป่าที่ผลัดใบในฤดูแล้ง และจะผลิใบใหม่ในฤดูฝน พบได้ทั่วไปทั้งที่ราบและภูเขาสูง ป่าผลัดใบที่สำคัญ เช่น

- **ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest)** เป็นป่าโปร่งมีต้นไม้หลายชนิดและหลายขนาดปะปนกัน พื้นดินมักเป็นดินร่วนปนทราย พืชที่พบเป็นพรรณไม้หลักที่สำคัญ เช่น สัก มะค่า แดง ประดู่ ชิงชัน ขึ้นปะปนกับไม้เลื้อยและพืชวงศ์หญาชนิดอื่นๆ เช่น ไม้ป่า ไม้รวก ไม้ไผ่

- **ป่าเต็งรัง หรือป่าแดง หรือป่าพะ หรือป่าโคก (dry dipterocarp forest)** เป็นป่าโปร่งที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่ พบในเขตที่แห้งแล้งทั่วไปทั้งที่ราบและภูเขา พืชที่พบ เช่น เต็ง รัง มะค่า พลวง เหียง ยางกราด ประดู่แดง มะขามป้อม กรวด แด้ว พะยอม สมอไทย แสลงใจ ตะแบกเลือด รกฟ้า มะพร้าวเต่า ปุ่มเบ้ง ตั้ว



● **ป่าทุ่งหรือป่าหญ้า (savanna forest)** เป็นป่าที่เปลี่ยนแปลงมาจากป่าที่อุดมสมบูรณ์ซึ่งถูกเผาหรือแผ้วถางจนต้นไม้เดิมตายไปเกือบหมด พื้นดินจึงขาดความอุดมสมบูรณ์และถูกทอดทิ้ง แล้วยังมีต้นหญ้าชนิดต่างๆ ขึ้นมาทดแทนป่าที่ถูกทำลาย พืชที่พบ เช่น หญ้าคา หญ้าแฝก หญ้าปุ่มเป้ง หญ้าขจรจบ หญ้าไข่มง สาบเสือ มะสัง

องค์ประกอบของระบบนิเวศ



จากการสำรวจระบบนิเวศธรรมชาติจะพบว่าไม่ว่าจะเป็นระบบใดก็ตามจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ องค์ประกอบทางกายภาพ และองค์ประกอบทางชีวภาพ



องค์ประกอบทางกายภาพ

องค์ประกอบทางกายภาพ (physical components) เป็นองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิตที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ซึ่งได้แก่

● **อุณหภูมิ** สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะดำรงชีวิตอยู่ได้ในอุณหภูมิที่เหมาะสม เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตหลายประการ ดังนี้

- มีผลต่อการกระจายของพืชและสัตว์ เช่น มะม่วง ทุเรียน จะขึ้นได้ดีในเขตร้อน ส่วนแอปเปิล เจริญได้ดีในเขตอบอุ่น หรือนกเพนกวินและแมวน้ำอาศัยในที่อากาศหนาวเย็น ส่วนอุรูอาศัยอยู่ในที่อากาศร้อน
- มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น นกนางแอ่นจะอพยพจากประเทศจีนมายังประเทศไทยในช่วงฤดูหนาว
- มีผลต่อพฤติกรรมการออกหากินของสัตว์บางชนิด เช่น สัตว์ที่อาศัยในทะเลทรายจะหลบอยู่ในพื้นทรายตอนกลางวัน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมาก และจะออกหากินเวลากลางคืนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า
- มีผลต่อการคายน้ำ การงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของพืช
- มีผลต่อปริมาณการละลายของแก๊สออกซิเจนในน้ำ ถ้าอุณหภูมิสูงการละลายของแก๊สออกซิเจนในน้ำจะลดลง อาจทำให้สิ่งมีชีวิตขาดออกซิเจนสำหรับใช้ในกระบวนการหายใจ

● **แสงสว่าง** สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต้องการปริมาณแสงแตกต่างกัน โดยแสงสว่างมีผลต่อสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและสาหร่าย
- มีผลต่อพฤติกรรมการออกหากินของสัตว์ เช่น นกฮูก นกเค้าแมว จะออกหากินเวลากลางคืน
- มีผลต่อพฤติกรรมของพืช เช่น การหุบบานของดอกไม้ การเอนของปลายยอดพืชเข้าหาแสง
- มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีลำตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมของสัตว์ เช่น จิ้งจก ตั๊กแตน

● **ความชื้น** มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นโลก โดยมีผลต่อสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- มีผลต่อการแพร่กระจายของพืช โดยพืชบางชนิดขึ้นในที่แห้งแล้ง เช่น กระบองเพชร บางชนิดขึ้นในที่น้ำมาก เช่น จอก แหน บัว
- มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์
- มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืช
- มีผลต่อการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต เช่น พืชที่ขึ้นในทะเลทรายจะมีลำต้นและใบอวบน้ำหรือลดรูปของใบเป็นหนาม เพื่อลดการระเหยของน้ำ



● **แก๊ส** แก๊สชนิดต่างๆ มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

- แก๊สออกซิเจนมีผลต่อกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย
- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สที่มีมากที่สุดในบรรยากาศ แต่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้แก๊ส

ไนโตรเจนจากอากาศได้โดยตรง แต่เมื่ออยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรต สิ่งมีชีวิตจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

● **ดิน** มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ
- มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีสมบัติต่างกัน
- เป็นแหล่งให้แร่ธาตุแก่พืชและสัตว์

● **ความเป็นกรด-เบสของดินและน้ำ** มีผลโดยตรงต่อพืช เพราะพืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเป็นกรด-เบสต่างกัน เช่น ข้าวเจริญเติบโตได้ดีในดินที่เป็นกรด หรือฝ้ายเจริญเติบโตได้ดีในดินที่เป็นเบส

● **แร่ธาตุ** มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทั้งบนบกและในน้ำ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตมีการดูดซึมแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อต่างๆ

● **กระแสลมและน้ำ** มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่ไหลแรงจะมีการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นในบริเวณที่ลมแรงอาจมีสิ่งมีชีวิตอาศัยน้อยกว่าบริเวณที่ลมสงบ

● **ความเค็ม** เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตบางชนิด โดยสิ่งมีชีวิตที่ทนต่อความเค็มได้ มักจะมีโครงสร้างพิเศษสำหรับควบคุมสมดุลของเกลือในเซลล์ เช่น นกทะเลมีต่อมขับเกลือ (salt gland) ออกทางจมูก เพื่อรักษาสมดุลของสารละลายภายในเซลล์



องค์ประกอบทางชีวภาพ

องค์ประกอบทางชีวภาพ (biological components) เป็นองค์ประกอบที่มีชีวิตซึ่งได้แก่ สิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะมีบทบาทและหน้าที่ในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ดังนี้

● **ผู้ผลิต (producer)** ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เอง (autotroph) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการผลิตอาหารขั้นต้นให้แก่สิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นๆ ได้แก่ พืช สาหร่าย และแบคทีเรียบางชนิด โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะนำพลังงานแสงมาใช้สังเคราะห์สารอินทรีย์จากสารอนินทรีย์ โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

● **ผู้บริโภค (consumer)** ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง (heterotroph) จึงต้องกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร แบ่งออกได้เป็น

- ผู้บริโภคพืช (herbivore) ได้แก่ สัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย กระต่าย กวาง
- ผู้บริโภคสัตว์ (carnivore) ได้แก่ สัตว์ที่กินผู้บริโภคพืชเป็นอาหาร เช่น งู เหี้ย ยว เสือ หมาป่า

สิงโต

- ผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ (omnivore) ได้แก่ สัตว์ที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร เช่น คน ไก่ หมู นก แมว



- ผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์ (scavenger หรือ detritivore) ได้แก่ สัตว์กินซากพืชหรือสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร เช่น แร้ง ไส้เดือนดิน ปลวก มอด กิ้งกือ

● **ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร (decomposer)** ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์กลับคืนสู่สภาพแวดล้อม เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์อีกต่อไปได้ โดยมีการหลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น แบคทีเรีย เห็ด รา ยีสต์

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ



ในระบบนิเวศแต่ละแห่งประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด ซึ่งมีการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันจึงทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันที่อยู่ในระบบนิเวศเดียวกัน (interspecific relationship) ได้หลายรูปแบบ

เมื่อกำหนดให้ เครื่องหมาย + แทนการได้ประโยชน์

เครื่องหมาย - แทนการเสียประโยชน์

เครื่องหมาย 0 แทนการไม่ได้และไม่เสียประโยชน์

รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต มีดังนี้

● **ภาวะพึ่งพากัน (mutualism)** สัญลักษณ์ +, + เป็นความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดอยู่ร่วมกัน โดยได้ประโยชน์ทั้ง 2 ฝ่าย และทั้งคู่แยกจากกันไม่ได้ ถ้าแยกจากกันแล้วฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดหรือทั้ง 2 ฝ่ายจะดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้หรืออาจตายได้ เช่น

- ไลเคน (lichen) เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างรากับสาหร่าย โดยสาหร่ายได้รับความชื้นจากราและรากับอาหารจากสาหร่ายซึ่งสร้างอาหารได้

- แบคทีเรียไรโซเบียม (Rhizobium) ที่ปมรากถั่ว โดยแบคทีเรียทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนในอากาศแล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนเตรตที่พืชนำไปใช้ได้ ส่วนแบคทีเรียก็ได้สารอาหารจากถั่ว

- ปลวกกับโปรโทซัวไตรโคนิมฟา (Trichonympha) โดยโปรโทซัวได้ที่อยู่อาศัยและสารอาหารที่ปลวกกินเข้าไป ส่วนปลวกก็ได้รับสารอาหารซึ่งโปรโทซัวย่อยสลายไม้ที่ปลวกกินเข้าไป

- ต้นไทรกับต่อไทร โดยต้นไทรอาศัยต่อไทรช่วยผสมเกสรและขยายพันธุ์ ส่วนต่อไทรอาศัยลูกไทรในการวางไข่และเลี้ยงตัวอ่อนเพื่อการดำรงชีวิต

- แบคทีเรีย *E.coli* ในลำไส้ใหญ่ของคน โดยแบคทีเรียได้ที่อยู่อาศัยและได้รับสารอาหาร ส่วนคนได้รับวิตามินเคและมี 12 จากการสังเคราะห์ของแบคทีเรียและได้ประโยชน์จากการย่อยสลายกากอาหารโดยแบคทีเรียอีกด้วย

ดังนั้น เมื่อสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น -, -

● **การได้รับประโยชน์ร่วมกัน (protocooperation)** สัญลักษณ์ +, + เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน โดยได้ประโยชน์ทั้ง 2 ฝ่าย และเมื่อแยกจากกันก็ยังดำรงชีวิตอยู่ได้ตามปกติ เช่น

- ดอกไม้กับแมลง แมลงได้น้ำหวานจากดอกไม้ ส่วนดอกไม้อาศัยแมลงช่วยผสมเกสร

- นกเอี้ยงบนหลังควาย โดยนกเอี้ยงจะจิกกินเห็บที่เกาะบนตัวควาย ส่วนควายคอยส่งเกตอันตรายให้แก่ก เมื่อมีศัตรูมาใกล้กันจะบินหนี

- เพลี้ยกับมดดำ มดดำได้น้ำตาลจากเพลี้ย ส่วนเพลี้ยได้รับการคุ้มครองจากมด



- ดอกไม้ทะเล (sea anemone) กับปูเสฉวน ดอกไม้ทะเลได้อาหารจากปูเสฉวน ส่วนปูเสฉวนได้แหล่งหลบภัยจากดอกไม้ทะเล

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น 0, 0

● **ภาวะเกื้อกูลหรืออิงอาศัย (commensalism)** สัญลักษณ์ +, 0 เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกัน โดยฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ อีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ เช่น

- กัลปังหาและพลูด่างบนต้นไม้ใหญ่ โดยกัลปังหาและพลูด่างจะใช้ต้นไม้ใหญ่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย โดยไม่เบียดเบียนอาหารจากต้นไม้ใหญ่

- เหาฉลามกับปลาฉลาม โดยเหาฉลามจะอาศัยปลาฉลามพาไปยังที่ต่างๆ และกินเศษอาหารที่เหลือจากปลาฉลาม โดยไม่ทำอันตรายใดๆ ต่อตัวปลาฉลาม

- เพรียงบนหลังวาฬ เพรียงได้อาหารและที่อยู่อาศัยจากวาฬ โดยที่วาฬไม่ได้และไม่เสียประโยชน์แต่อย่างใด

- นกทำรังบนต้นไม้ นกได้ที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารโดยต้นไม้ใหญ่ไม่ได้และไม่เสียประโยชน์แต่อย่างใด

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น -, 0

● **การล่าเหยื่อ (predation)** สัญลักษณ์ +, - เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกัน โดยฝ่ายที่ได้ประโยชน์จะเป็นผู้ล่า (predator) ส่วนฝ่ายที่เสียประโยชน์จะเป็นเหยื่อ (prey) เช่น

- | | | |
|---------------|-----------------|----------------|
| - งูกินกบ | งูเป็นผู้ล่า | กบเป็นเหยื่อ |
| - กบกินแมลง | กบเป็นผู้ล่า | แมลงเป็นเหยื่อ |
| - เสือกินกวาง | เสือกเป็นผู้ล่า | กวางเป็นเหยื่อ |
| - แมวกินหนู | แมวเป็นผู้ล่า | หนูเป็นเหยื่อ |

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น -, 0

● **ภาวะปรสิต (parasitism)** สัญลักษณ์ +, - เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกัน โดยฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ซึ่งเรียกว่า ปรสิต (parasite) และอีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ ซึ่งเรียกว่า ผู้ถูกอาศัย (host) โดยที่ปรสิตจะอาศัยอยู่ในหรือนอกร่างกายของผู้ถูกอาศัย เพื่อแย่งอาหารหรือกินบางส่วนของผู้ถูกอาศัย เช่น

- กาฝากบนต้นไม้ กาฝากเป็นปรสิต ได้รับอาหารจากต้นไม้ที่อาศัยอยู่ ส่วนต้นไม้เสียประโยชน์เพราะถูกกาฝากแย่งอาหาร

- พยาธิในคน สัตว์ พืช
- เหาบนศีรษะคน
- เห็บบนตัวสุนัข

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น -, 0

● **ภาวะแก่งแย่งแข่งขัน (competition)** สัญลักษณ์ -, - เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันที่มีความต้องการอย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกัน แต่สิ่งนั้นมีจำกัดจนทำให้เสียประโยชน์ต่อกันทั้ง 2 ฝ่าย เช่น

- ต้นไม้และสัตว์แย่งออกซิเจนกันในเวลากลางคืน
- ต้นไม้ที่ปลูกใกล้กันแย่งกันรับแสง



- ผูกปลาน้ำจืดกินกันเหยื่อ
- การแย่งกันเป็นจำพวกในสัตว์บางชนิด เช่น สิงโต เสือ

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น 0, 0

● **ภาวะมีการหลั่งสารยับยั้ง (antibiosis)** สัญลักษณ์ -, 0 เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน โดยฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ และอีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ โดยมีการปล่อยสารเคมี ออกมายับยั้งการเจริญของอีกฝ่ายหนึ่งเรียกว่า สารปฏิชีวนะ (antibiotic) เช่น

- ราเพนิซิลเลียม (*Penicillium*) สร้างสารปฏิชีวนะออกมายับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยไม่ได้ออกให้เกิดผลดีหรือผลเสียต่อราแต่อย่างใด

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น 0, 0

● **ภาวะกระแทกกระเทือน (amensalism)** สัญลักษณ์ -, 0 เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน โดยฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ โดยที่ไม่มีการสร้างสารปฏิชีวนะออกมายับยั้งการเจริญเติบโตของอีกฝ่ายหนึ่งเลย เช่น

- ต้นไม้ใหญ่เมื่อมีการเจริญเติบโตจะบังแสงทำให้ต้นไม้เล็กๆ ไม่ได้รับแสงที่พอเพียงทำให้อาจถึงตายได้

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น 0, 0

● **ภาวะเป็นกลางต่อกัน (neutralism)** สัญลักษณ์ 0, 0 เป็นการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันแต่อย่างใด เช่น

- แมงมุมกับกระต่ายในทุ่งหญ้า โดยแมงมุมกินแมลงเป็นอาหาร ส่วนกระต่ายก็กินพืชเป็นอาหาร

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น 0, 0

● **ภาวะมีการย่อยสลาย (saprophytism)** สัญลักษณ์ +, 0 เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดจากการอยู่ร่วมระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ยังมีชีวิตอยู่กับสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว ผู้ย่อยสลายจะได้รับประโยชน์จากการย่อยสลายซาก โดยการหลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยภายนอกเซลล์แล้วดูดซึมสารที่ได้จากการย่อยนี้เข้าสู่เซลล์ เช่น

- เห็ดราบนขอนไม้
- ราที่ขึ้นบนขนมปัง
- แบคทีเรียที่ขึ้นในอาหารบูดเน่า

ดังนั้น ถ้าสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดแยกจากกัน สัญลักษณ์เป็น 0,0

การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ



สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศจะมีความสัมพันธ์กันในลักษณะของการกินต่อกันเป็นทอดๆ ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของโซ่อาหาร (food chain) หรือสายใยอาหาร (food web)



โซ่อาหาร

โซ่อาหาร (food chain) คือการกินต่อกันเป็นทอดๆ ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีการกินอาหารเพียงชนิดเดียวเท่านั้น โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีหน้าที่ซึ่งอาหารตามลำดับ เช่น

ผักกาดขาว → แมลง → กบ → งู → เหยี่ยว

จากโซ่อาหารดังกล่าวพบว่ามี 5 ลำดับขั้นของการกิน (trophic level) โดยเริ่มจากผักกาดขาว ซึ่งเป็นผู้ผลิต (producer) ไปสู่แมลงซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับ 1 (primary consumer) จากแมลงไปสู่กบ ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับ 2 (secondary consumer) จากกบไปสู่งูซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับ 3 (tertiary consumer) และจากงูไปสู่เหยี่ยวซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายหรือผู้บริโภคขั้นสูงสุด (top consumer)

โซ่อาหารแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ ดังนี้

- **โซ่อาหารแบบผู้ล่า (predator food chain หรือ grazing food chain)** มีการถ่ายทอดพลังงานโดยเริ่มจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคลำดับต่างๆ เช่น

หญ้า → วัว → เสือ

ผัก → หนอน → นก → แมว

- **โซ่อาหารแบบปรสิต (parasitic food chain)** มีการถ่ายทอดพลังงานโดยเริ่มจากผู้ถูกอาศัยไปยังปรสิตลำดับต่างๆ เช่น

หนู → หมัด → แบคทีเรีย → ไวรัส

คน → พยาธิไส้เดือน → แบคทีเรีย

- **โซ่อาหารแบบซากอินทรีย์ (detritus food chain หรือ saprophytic food chain)** มีการถ่ายทอดพลังงานโดยเริ่มจากซากอินทรีย์ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ ไปยังผู้บริโภคลำดับต่างๆ เช่น

ซากสุนัข → แร้ง → เสือ

ซากพืชซากสัตว์ → แบคทีเรีย → แมลง → แมงมุม

- **โซ่อาหารแบบผสม (mixed chain)** ประกอบด้วยโซ่อาหารหลายๆ แบบผสมกันอยู่ภายในโซ่อาหารเดียวกัน เช่น

ต้นไทร → นก → ไรนก → โปรโตซัว → แบคทีเรีย → ไวรัส

หญ้า → ควาย → เหลือบ → นกเอี้ยง



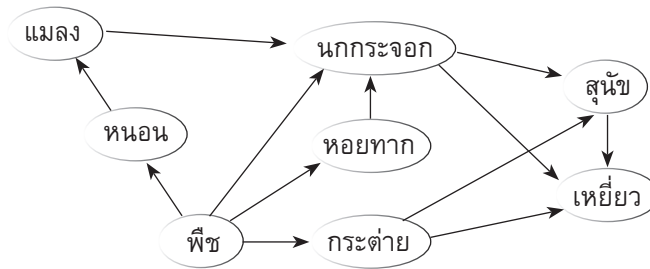
สายใยอาหาร

สายใยอาหาร (food web) เป็นความสัมพันธ์ที่ประกอบด้วยโซ่อาหารมากกว่า 1 โซ่ ซึ่งเกิดขึ้นจริงในธรรมชาติและมีความซับซ้อน เนื่องจากในธรรมชาติสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งได้เป็นอาหารของผู้บริโภคชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ ผู้บริโภคแต่ละชนิดก็กินอาหารได้หลายชนิดอีกด้วย ทำให้การถ่ายทอดพลังงานอาหารมีความซับซ้อนยิ่งขึ้น

ดังนั้น การที่สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีการกินกันเป็นทอดๆ ในรูปสายใยอาหารมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ คือ ถ้าเกิดการขาดแคลนอาหารอย่างใดอย่างหนึ่ง สิ่งมีชีวิตก็สามารถหาอาหารอย่างอื่นทดแทนได้ ต่างกับโซ่อาหารที่เมื่อเกิดการขาดแคลนสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารชนิดใดแล้ว สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นจะไม่มีอาหารทดแทนจึงจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหมด



ตัวอย่างสายใยอาหาร



จากสายใยอาหารดังกล่าว สามารถแยกออกได้เป็นหลายโซ่อาหาร ดังนี้

- พืช → กระต่าย → เหยี่ยว
- พืช → นกกระจอก → สุนัข → เหยี่ยว
- พืช → หอยทาก → นกกระจอก → สุนัข → เหยี่ยว
- พืช → หนอน → แมลง - นกกระจอก → สุนัข → เหยี่ยว

จะเห็นได้ว่าการกินกันเป็นทอดๆ ในรูปสายใยอาหารนี้เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้ระบบนิเวศสามารถรักษาสสมดุลหรือคงอยู่ได้



การถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหารและสายใยอาหาร

แหล่งพลังงานที่สำคัญของระบบนิเวศทุกระบบ คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์ แต่ว่าพลังงานที่เข้าสู่ระบบนิเวศจริงๆ มีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากผู้ผลิตสามารถนำพลังงานนี้มาใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 5 เมื่อนำมาสร้างเป็นเนื้อเยื่อของผู้ผลิตแล้วจึงเริ่มต้นถ่ายทอดพลังงานสู่ผู้บริโภคตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ในการถ่ายทอดพลังงานนั้นมักจะจำกัดเหลือเพียง 4-5 ขั้นเท่านั้น ดังนั้นถ้าโซ่อาหารยิ่งสั้น พลังงานที่สิ่งมีชีวิตในแต่ละขั้นได้รับก็จะมากขึ้น

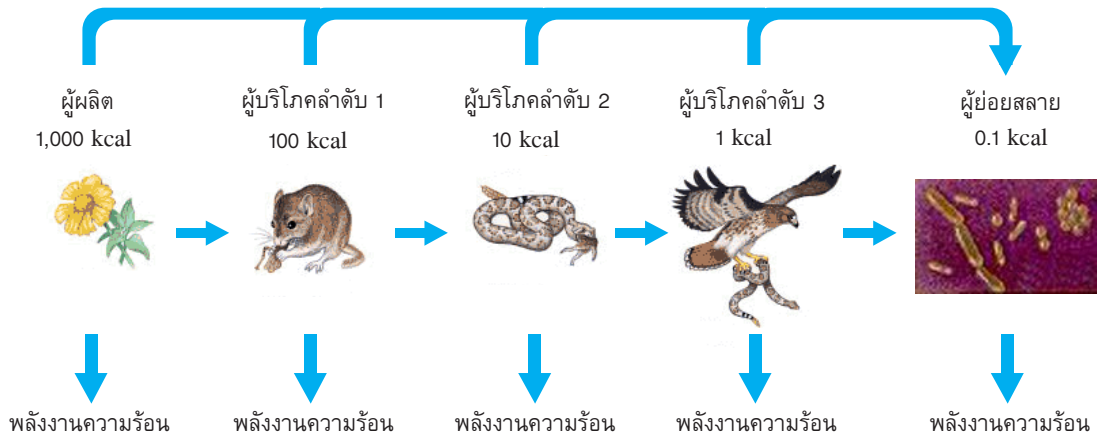
แต่ในระหว่างที่มีการถ่ายทอดพลังงานในแต่ละลำดับนั้น พบว่ามีการสูญเสียพลังงานส่วนใหญ่ออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่อยู่ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้เป็นแหล่งให้พลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ต่อไป การสูญเสียพลังงานมีสาเหตุดังนี้

1. ผู้บริโภคไม่สามารถกินเนื้อเยื่อทุกส่วนของผู้ผลิตหรือผู้บริโภคลำดับต่ำกว่าได้ทั้งหมด จึงมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งซึ่งแฝงอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนที่ไม่ถูกกิน

2. ผู้บริโภคไม่สามารถย่อยและดูดซึมอาหารที่กินเข้าไปได้ทั้งหมด จึงมีบางส่วนที่ขับถ่ายออกมาในรูปของกากอาหาร

3. ผู้บริโภคนำพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ จึงทำให้พลังงานบางส่วนสูญเสียไปก่อนที่จะถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคลำดับถัดไป เช่น ในรูปของพลังงานความร้อน

ดังนั้น พลังงานที่สิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับขั้นในระบบนิเวศได้รับนั้นจะไม่เท่ากัน โดยพลังงานที่ผู้บริโภคลำดับสูงได้รับนั้นจะลดลงตามลำดับตามกฎสิบเปอร์เซ็นต์ (law of ten percent) ของลินด์แมน (Lindeman) กล่าวว่า “พลังงานที่ได้รับจากผู้ผลิตทุกๆ 100 ส่วน จะมีเพียง 10 ส่วนเท่านั้น ที่ผู้บริโภคนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต และพลังงานในผู้บริโภคแต่ละลำดับทุกๆ 100 ส่วน ก็จะถูกนำไปใช้ได้แค่ 10 ส่วนเช่นกัน” ดังรูป



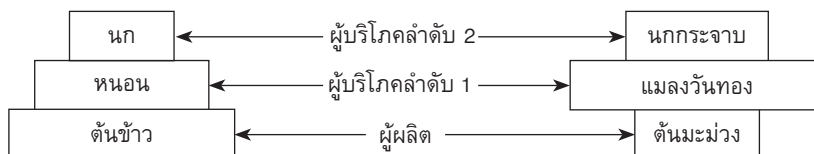
รูปแสดงการถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหารตามกฎสิบเปอร์เซ็นต์

ข้อควรทราบ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งให้พลังงานกับระบบนิเวศในรูปแบบการแผ่รังสี แต่รังสีทั้งหมดจากดวงอาทิตย์จะผ่านชั้นบรรยากาศของโลกลงมาประมาณ 1% เท่านั้น

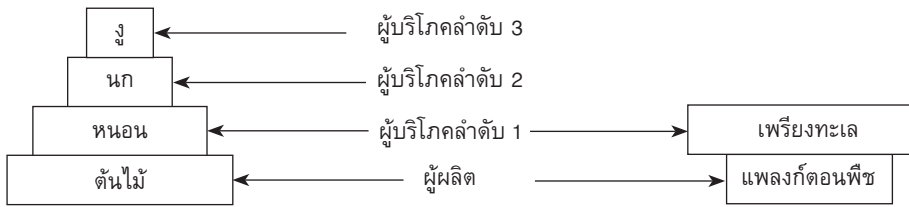
จากการศึกษาการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ จะเห็นได้ว่าโซ่อาหารแต่ละสายมีชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับขั้นการกินกันมากน้อยต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถเขียนความสัมพันธ์แต่ละลำดับขั้นได้ในรูปของพีระมิด เรียกว่า **พีระมิดทางนิเวศวิทยา (ecological pyramid)** จำแนกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

- **พีระมิดจำนวน (pyramid of numbers)** เป็นพีระมิดที่บอกจำนวนของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นการกิน แทนด้วยจำนวนต้นหรือตัวหรือเซลล์ต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร อาจมีลักษณะฐานกว้างหรือแคบก็ได้ โดยถ้าผู้ผลิตมีขนาดเล็กและมีจำนวนมากกว่าผู้บริโภคนั้นจะมีฐานกว้าง แต่ถ้าผู้ผลิตมีขนาดใหญ่และมีจำนวนน้อยกว่าผู้บริโภคจะมีฐานแคบ ดังรูป



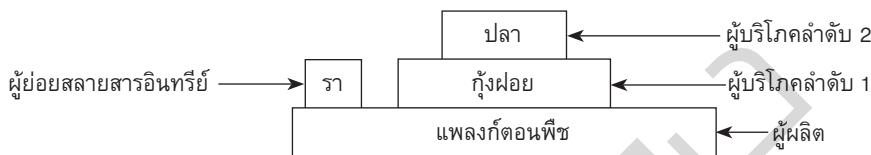
รูปแสดงพีระมิดจำนวน

- **พีระมิดมวลชีวภาพ (pyramid of biomass)** เป็นพีระมิดที่แสดงมวลชีวภาพหรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในรูปของน้ำหนักแห้งหรือน้ำหนักทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร โดยปกติมักจะมีฐานกว้างเนื่องจากมวลชีวภาพของผู้ผลิตจะมากกว่าผู้บริโภคที่อยู่ถัดไปในแต่ละลำดับ แต่บางกรณีที่มีผู้ผลิตมีมวลชีวภาพน้อยกว่าผู้บริโภคลำดับถัดไปก็จะมีฐานแคบ ดังรูป



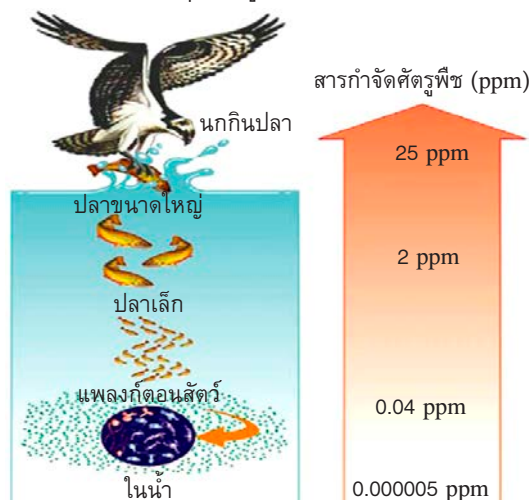
รูปแสดงพีระมิดมวลชีวภาพ

● **พีระมิดพลังงาน (pyramid of energy)** เป็นพีระมิดที่แสดงค่าพลังงานในสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับ โดยวัดเป็นปริมาณพลังงานต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรต่อเวลา พีระมิดแบบนี้ไม่มีหัวกลับและฐานกว้างกว่ายอดเสมอ เพราะการถ่ายทอดพลังงานจะลดลงตามลำดับขั้น ดังรูป



รูปแสดงพีระมิดพลังงาน

ในระบบนิเวศนอกจากจะมีการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารแล้ว ยังพบว่าสารปนเปื้อน เช่น ยาฆ่าแมลง โลหะหนัก ถูกถ่ายทอดไปกับโซ่อาหารและสายใยอาหารได้เช่นกัน ปริมาณสารปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับจะมีปริมาณแตกต่างกัน พบว่าโดยทั่วไปสารปนเปื้อนที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดไม่ได้ถูกนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ หรือถูกกำจัดออกจากร่างกายได้ไม่หมด ดังนั้นเมื่อสิ่งมีชีวิตมีการกินต่อกันเป็นทอดๆ ผู้ล่าย่อมได้รับสารปนเปื้อนที่สะสมอยู่ในร่างกายของเหยื่อเข้าสู่ร่างกาย เมื่อผู้ล่าบริโภคเหยื่อกลุ่มเดียวซ้ำๆ เป็นจำนวนมาก โดยที่เหยื่อเหล่านี้มีสารปนเปื้อนสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ สารปนเปื้อนในเนื้อเยื่อของผู้ล่าจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อผู้ล่าตกเป็นอาหารของผู้บริโภคลำดับถัดไป สารปนเปื้อนทั้งหมดที่สะสมในร่างกายก็จะถูกถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคลำดับถัดไป เพราะฉะนั้นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายจึงได้รับและเกิดการสะสมสารปนเปื้อนในเนื้อเยื่อของร่างกายมากที่สุด ดังรูป



รูปแสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่พบในผู้ผลิตและผู้บริโภคลำดับต่างๆ ในระบบนิเวศแห่งหนึ่ง



จากรูปจะเห็นว่าผู้บริโภคลำดับสุดท้ายจะได้รับและเกิดการสะสมสารปนเปื้อนในเนื้อเยื่อของร่างกายมากที่สุด ดังนั้นจึงควรมีวิธีการลดสารปนเปื้อนที่ตกค้างในสิ่งมีชีวิตไม่ให้ถ่ายทอดมาสู่ผู้บริโภคลำดับต่างๆ จนถึงคน ซึ่งทำได้โดยการลดการใช้สารปนเปื้อน เช่น สารกำจัดศัตรูพืช เปลี่ยนมาใช้ในการควบคุมปริมาณศัตรูพืชโดยชีววิธี (biological control) หรือลดการปลูกพืชที่นำเข้ามาจากต่างถิ่นที่ต้องมีการควบคุมศัตรูพืชมากกว่าพืชท้องถิ่น

การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ



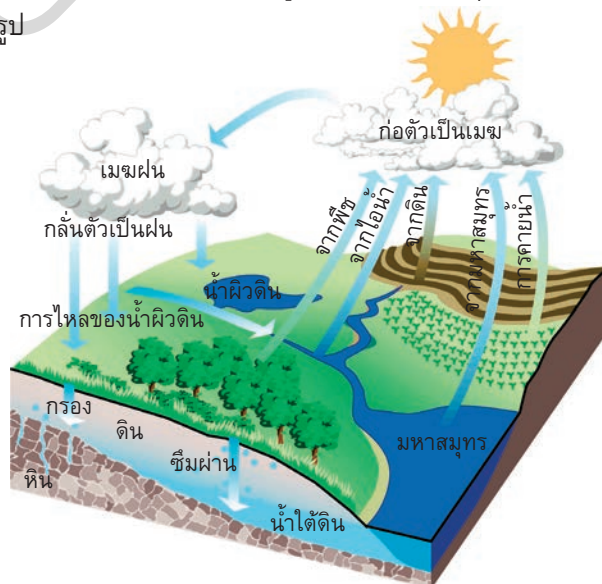
แร่ธาตุและสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบทางกายภาพในระบบนิเวศ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตโดยปกติแล้วสารเหล่านี้จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่และสมดุล เนื่องจากการหมุนเวียนสารดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ โดยอาศัยกระบวนการต่างๆ ในการดำรงชีวิตแล้วมีการปลดปล่อยสารบางอย่างกลับคืนสู่ธรรมชาติอย่างเป็นวัฏจักร การหมุนเวียนของสารเหล่านี้ถ้าใช้บรรยากาศเป็นเกณฑ์จะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

- **การหมุนเวียนสารผ่านบรรยากาศ** เป็นการหมุนเวียนสารที่สะดวกและสารสามารถเคลื่อนที่ไปมาอย่างรวดเร็ว เช่น การหมุนเวียนของน้ำ คาร์บอน ไนโตรเจน
- **การหมุนเวียนสารโดยไม่ผ่านบรรยากาศ** เป็นการหมุนเวียนสารที่มีพื้นผิวโลกเป็นแหล่งรองรับการเคลื่อนย้ายของสาร สารจึงมีการหมุนเวียนได้ไม่คล่อง มีการบวกรวมและขาดแคลนได้ง่าย เช่น การหมุนเวียนของฟอสฟอรัส



การหมุนเวียนของน้ำในระบบนิเวศ

น้ำมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในระบบนิเวศเพราะน้ำเป็นองค์ประกอบของเซลล์ เป็นตัวกลางสำคัญในกระบวนการต่างๆ และยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด การหมุนเวียนของน้ำ (water cycle) ในระบบนิเวศมี 2 รูปแบบ คือ การหมุนเวียนโดยไม่ผ่านสิ่งมีชีวิตกับการหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิต ดังรูป



รูปแสดงการหมุนเวียนของน้ำในระบบนิเวศ



จากรูปการหมุนเวียนของน้ำโดยไม่ผ่านสิ่งมีชีวิต เริ่มจากน้ำระเหยจากแหล่งต่างๆ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ทะเล มหาสมุทร กลายเป็นไอน้ำลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศ แล้วจับกลุ่มเป็นก้อนเมฆ จากนั้นจะควบแน่นตกลงมาเป็นฝน ไหลกลับสู่พื้นดินและแหล่งน้ำอีกเช่นนี้เรื่อยไป ส่วนการหมุนเวียนของน้ำโดยผ่านสิ่งมีชีวิต เริ่มจากน้ำที่สิ่งมีชีวิตใช้ในกระบวนการต่างๆ เช่น การหายใจ การย่อยอาหาร การขับถ่าย การคายน้ำ การสังเคราะห์ด้วยแสง มีการระเหยขึ้นไปและรวมกับไอน้ำในบรรยากาศกลายเป็นเมฆและตกลงมาเป็นฝนให้สิ่งมีชีวิตนำกลับไปใช้ประโยชน์ต่อไป



การหมุนเวียนของคาร์บอนในระบบนิเวศ

คาร์บอนเป็นธาตุที่พบเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์สารในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และยังเป็นองค์ประกอบของอนินทรีย์สารอื่นๆ ที่มีอยู่ในระบบนิเวศ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การหมุนเวียนของคาร์บอน (carbon cycle) เริ่มจากผู้ผลิตในระบบนิเวศใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศในการสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้มีการหมุนเวียนของคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ตามโซ่อาหารหรือสายใยอาหาร จากนั้นคาร์บอนก็จะกลับสู่บรรยากาศอีกครั้ง โดยกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตตายก็จะถูกย่อยสลายโดยผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำให้คาร์บอนบางส่วนกลับสู่บรรยากาศในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนซากสิ่งมีชีวิตที่ทับถมกันเป็นเวลานานก็จะกลายเป็นอย่างน้ำมันปิโตรเลียมและถ่านหิน เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ก็ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศอีกครั้ง หมุนเวียนกันเป็นวัฏจักรเช่นนี้ ดังรูป

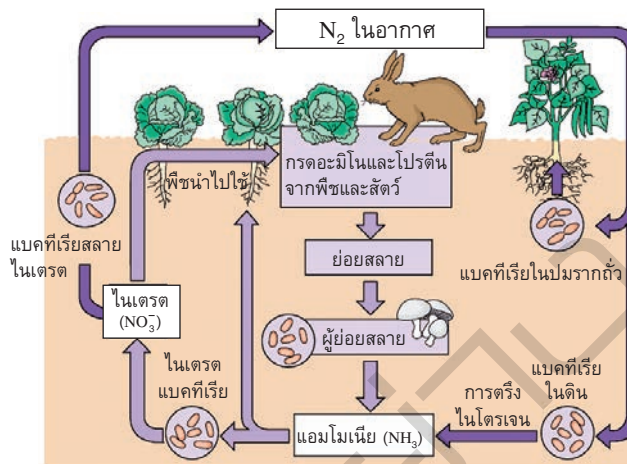


รูปแสดงหมุนเวียนของคาร์บอนในระบบนิเวศ



การหมุนเวียนของไนโตรเจนในระบบนิเวศ

ไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญที่สิ่งมีชีวิตใช้เพื่อการสังเคราะห์อินทรีย์สารจำพวกโปรตีน นอกจากนั้นเป็นองค์ประกอบหลักของอากาศที่ห่อหุ้มโลกและแร่ธาตุที่อยู่ในดินและน้ำในรูปของสารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นการหมุนเวียนของไนโตรเจน (nitrogen cycle) จำเป็นต้องผ่านสิ่งมีชีวิตเสมอ ดังรูป



รูปแสดงการหมุนเวียนของไนโตรเจนในระบบนิเวศ

จากรูป การหมุนเวียนไนโตรเจนเริ่มจากพืชดูดไนโตรเจนจากดินในรูปของสารประกอบเกลือไนไตรต์ (NO_2^-) เกลือไนเตรต (NO_3^-) หรือเกลือแอมโมเนีย (NH_3) แล้วนำไปสร้างสารประกอบอื่นๆ ในเซลล์ เช่น โปรตีน เมื่อสัตว์กินพืช สัตว์จะได้สารประกอบไนโตรเจนจากพืชนำไปสร้างโปรตีนในสัตว์ เมื่อพืชและสัตว์ตายลงจะถูกผู้ย่อยสลายอินทรีย์สารเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนในดินอีกครั้ง นอกจากนี้ในดินยังมีแบคทีเรียสลายไนเตรตที่สามารถเปลี่ยนเกลือเหล่านี้ให้เป็นแก๊สไนโตรเจนได้อีกด้วย และไนโตรเจนในบรรยากาศยังอาจถูกเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนในดินได้โดยแบคทีเรียในปมรากถั่ว

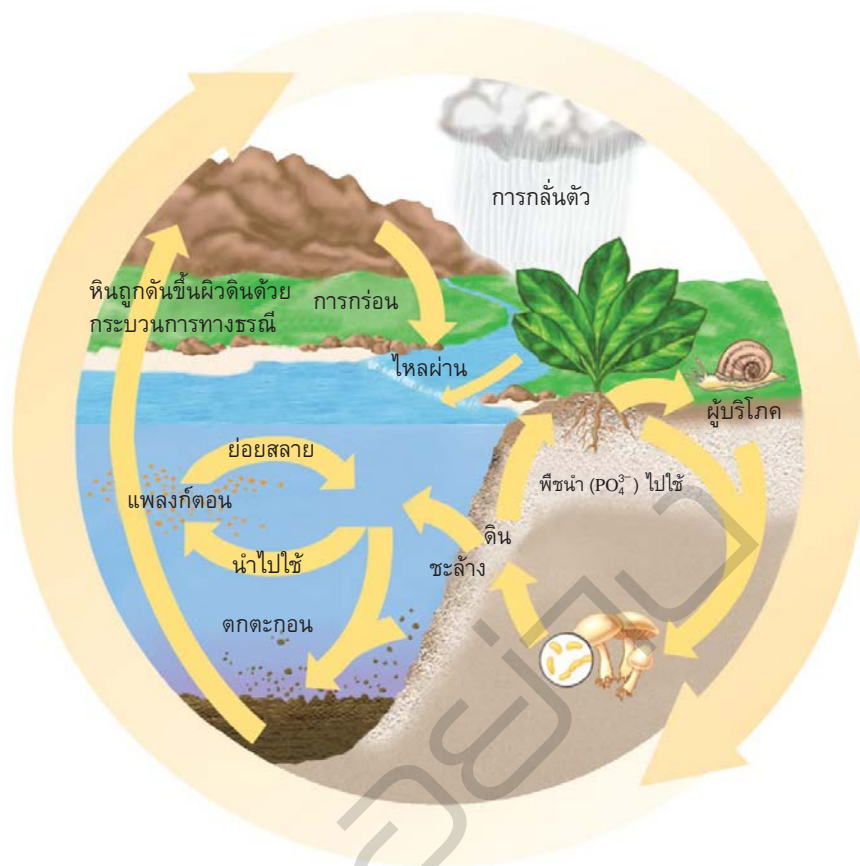


การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นมากสำหรับเซลล์ทุกชนิด เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของสารพันธุกรรมและสารที่ให้พลังงานสูงแก่เซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟันในสัตว์มีกระดูกสันหลังอีกด้วย

แหล่งของฟอสฟอรัสได้มาจากสารประกอบฟอสเฟตที่อยู่ในดิน หินฟอสเฟต ตะกอนที่ทับถมในทะเล ฟอสเฟตจากการทำเหมืองแร่และปุ๋ย รวมทั้งฟอสเฟตจากการใช้ผงซักฟอกที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

การหมุนเวียนของฟอสฟอรัส (phosphorus cycle) เริ่มจากพืชจะดูดซึมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้เป็นฟอสเฟตอินทรีย์ แล้วสัตว์จะได้รับฟอสเฟตอินทรีย์นี้จากอาหารตามลำดับในโซ่อาหาร เมื่อพืชและสัตว์ตายจะมีแบคทีเรียบางประเภทที่ย่อยสลายซากให้กลายเป็นกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ซึ่งทำปฏิกิริยากับสารในดินกลับคืนไปทับถมเป็นกองหินฟอสเฟตกลับคืนในดินและน้ำต่อไป หมุนเวียนเช่นนี้ตลอด ดังรูป



รูปแสดงการหมุนเวียนของฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ

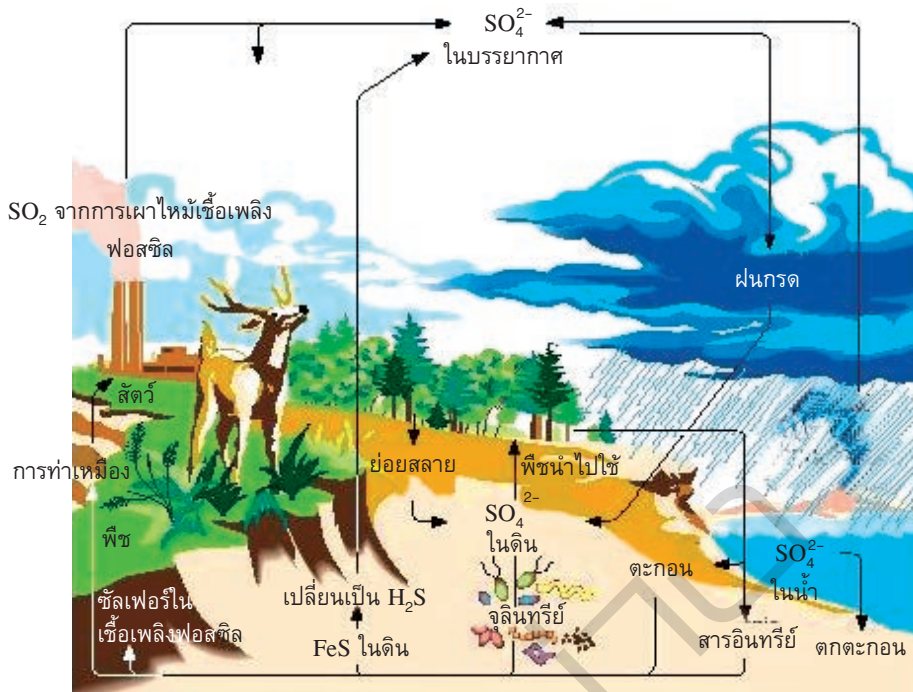


การหมุนเวียนของกำมะถันในระบบนิเวศ

กำมะถันเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนในพืชและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด

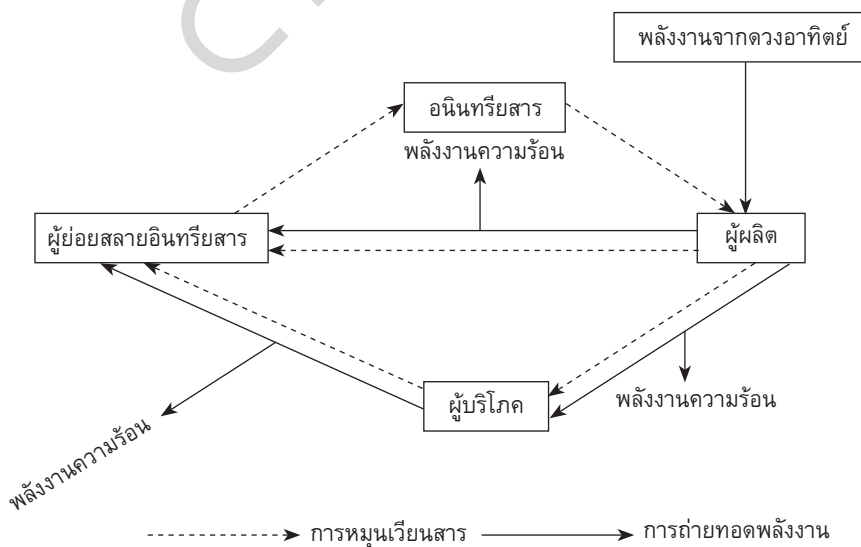
กำมะถันอาจพบในธรรมชาติในรูปของแร่ธาตุในดิน ในซากพืชซากสัตว์ ในถ่านหินและน้ำมันปิโตรเลียม ในบ่อน้ำพุร้อน รวมทั้งในบรรยากาศในรูปของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

การหมุนเวียนของกำมะถัน (sulfur cycle) เริ่มจากพืชสามารถดูดกำมะถันไปใช้ในรูปของสารละลายซัลเฟต เพื่อนำไปสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน เมื่อสัตว์กินพืชจะได้กำมะถันในรูปของโปรตีนจากพืช เมื่อพืชและสัตว์ตายจุลินทรีย์จะย่อยสลายซากพืชและสัตว์ให้เป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือแก๊สไข่เน่า (H_2S) ซึ่งเป็นซัลเฟตที่พืชนำไปใช้ป็นธาตุอาหารได้อีก ส่วนสารประกอบของกำมะถันในดินและแหล่งน้ำต่างๆ จะถูกแบคทีเรียบางชนิดเปลี่ยนให้เป็นแก๊สขึ้นสู่บรรยากาศ เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สนี้จะรวมตัวกับน้ำฝนกลายเป็นกรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถัน (H_2SO_4) และสารประกอบกำมะถันกลับสู่ดินและน้ำอีก ดังรูป จะเห็นว่าการหมุนเวียนของกำมะถันมีการหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต



รูปแสดงการหมุนเวียนของกำมะถันในระบบนิเวศ

กล่าวโดยสรุปทั้งการหมุนเวียนสารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศมีสิ่งที่เหมือนกัน คือ มีการถ่ายทอดจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคลำดับต่างๆ จนถึงผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร สิ่งที่ต่างกัน คือ การหมุนเวียนสารสารจะกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้ผลิตสามารถนำกลับไปใช้ได้อีกหมุนเวียนเป็นวัฏจักร (cycle) ส่วนการถ่ายทอดพลังงานไม่เป็นวัฏจักร และยังมีสูญเสียพลังงานความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูป



รูปแสดงการหมุนเวียนสารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ



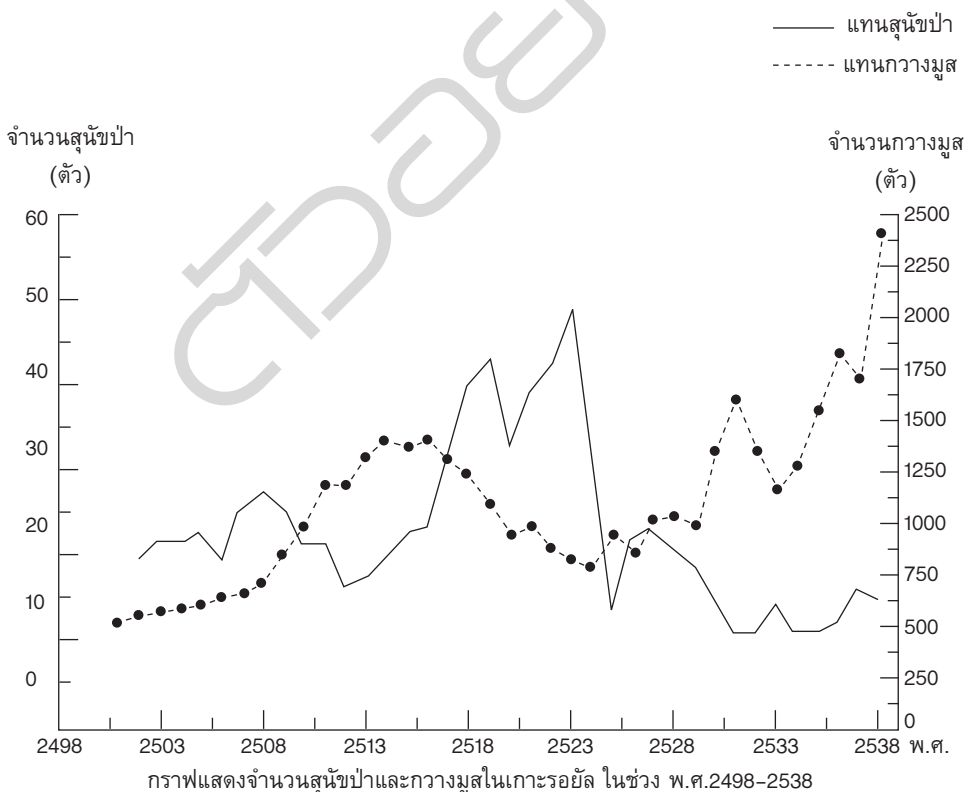
ประชากรสิ่งมีชีวิต



ประชากร (population) หมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่เป็นชนิดเดียวกันอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ประชากรคนในจังหวัดนครสวรรค์ เมื่อ พ.ศ. 2553 ประชากรผักตบชวาในแม่น้ำเจ้าพระยา เมื่อ พ.ศ. 2550

ประชากรมีขนาดหรือความหนาแน่นซึ่งหมายถึงสัดส่วนของจำนวนประชากรต่อหน่วยพื้นที่ เมื่อประชากรเติบโตขึ้นขนาดหรือความหนาแน่นของประชากรจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันประชากรอาจลดขนาดหรือความหนาแน่นลงได้ซึ่งขึ้นกับแต่ละช่วงเวลาและถ้าการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของสารที่มีอยู่ในแต่ละระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ปริมาณของสิ่งมีชีวิตหรือปริมาณของประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดและชนิดของประชากรในแต่ละระบบนิเวศก็จะมีเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาด้วย

โรล์ฟ โอ ปีเตอร์สัน (Rolf O. Peterson) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสุนัขป่าที่เป็นผู้ล่ากับกวางมูสที่เป็นเหยื่อ ซึ่งอาศัยอยู่ที่เกาะรอยัล (Isle Royale) รัฐมิชิแกน สหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ พ.ศ. 2498-2538 พบการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิด แสดงดังกราฟ



จากกราฟพบว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2498-2538 จำนวนสุนัขป่าและกวางมูสมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา คือ ในช่วงที่สุนัขป่าเพิ่มจำนวนขึ้นกวางมูสจะลดจำนวนลง ในทางกลับกันช่วงที่สุนัขป่าลดจำนวนลง กวางมูสจะเพิ่มจำนวนขึ้น โดยในช่วง พ.ศ. 2523-2525 ประชากรกวางมูสมีจำนวนลดลง เนื่องจากสภาพอากาศที่หนาวจัด

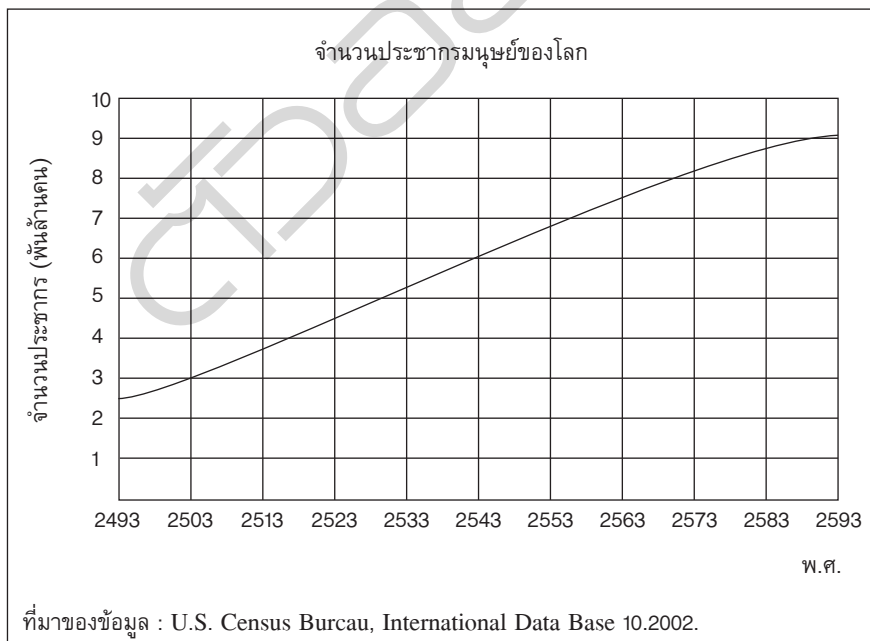


พืชที่เป็นอาหารมีจำนวนจำกัดและกวางมูสมีภูมิคุ้มกันต้านทานโรคต่ำ อัตราการตายจึงสูงขึ้น ส่วนประชากรสุนัขป่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก คือ ใน พ.ศ. 2523 มีการลดจำนวนอย่างรวดเร็วจาก 50 ตัว เหลือเพียง 14 ตัว ภายในเวลา 2 ปี เนื่องจากการระบาดของไวรัส ดังนั้น การลดลงของสุนัขป่าซึ่งเป็นผู้ล่าส่งผลให้ประชากรกวางมูสเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งผู้ล่าและเหยื่อมีความสัมพันธ์กัน คือ เมื่อเหยื่อมีจำนวนมากหรืออาหารของผู้ล่ามีความอุดมสมบูรณ์มาก จำนวนผู้ล่าจะมีมากตามไปด้วย เมื่อผู้ล่ามาก ทำให้เหยื่อลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ล่าขาดอาหารและจำนวนลดลง ทำให้เหยื่อมีโอกาสรอดชีวิตมากขึ้น มีโอกาสสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนขึ้นอีกครั้ง จึงทำให้ประชากรผู้ล่าและเหยื่ออยู่ในภาวะสมดุล

ดังนั้นประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อันเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ การเกิด (birth หรือ natality) การตาย (death หรือ mortality) การอพยพเข้า (immigration) และการอพยพออก (emigration)

จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของประชากรสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในระบบนิเวศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่มีชีวิตซึ่งเป็นผู้ล่า หรือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพซึ่งเป็นทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต เช่น น้ำ ออกซิเจน ตลอดจนสภาพภูมิอากาศ

สำหรับประชากรมนุษย์ก็มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นเดียวกับประชากรสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ซึ่งแนวโน้มของจำนวนประชากรมนุษย์ของโลก แสดงดังกราฟ



กราฟแสดงตัวอย่างการคาดคะเนแนวโน้มจำนวนประชากรมนุษย์ของโลกในช่วง พ.ศ. 2493-2593

จากกราฟพบว่า จำนวนประชากรมนุษย์ของโลกมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิตของประชากรมนุษย์ เนื่องจากทรัพยากรมีปริมาณจำกัด ทำให้เกิดการขาดแคลนปัจจัยในการดำรงชีวิต เช่น พื้นที่อาศัย ปริมาณอาหาร มนุษย์จะดิ้นรนแย่งชิงกันมากขึ้น เกิดการเอาเปรียบใน



สังคมจนชีวิตความเป็นอยู่ขาดความสงบสุข แต่อย่างไรก็ตามการแข่งขันก็อาจส่งผลในทางบวกได้ เช่น ก่อให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว

นอกจากนี้ จากการศึกษาแนวโน้มการเพิ่มประชากรมนุษย์ในประเทศไทย พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเพิ่มประชากรมนุษย์ของโลก คือ มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

เมื่อประชากรเพิ่มขึ้นในขณะที่ยังมีพื้นที่อยู่อาศัยเท่าเดิม จึงทำให้อัตราส่วนระหว่างจำนวนประชากรกับพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นจนเกิดการแออัดในบางพื้นที่ ความต้องการพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นจึงต้องขยายชุมชนเมืองออกไปสู่พื้นที่ที่เคยเป็นแหล่งเกษตรกรรม แหล่งป่าไม้ แหล่งน้ำ ทำให้ระบบนิเวศธรรมชาติที่เคยอุดมสมบูรณ์เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ก็เป็นสาเหตุให้เกิดการบุกรุกและเปลี่ยนแปลงสภาพของระบบนิเวศอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการพัฒนาประชากรมนุษย์ นอกจากจัดหาแหล่งอาหารพื้นที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นปัจจัยจำเป็นพื้นฐานให้เพียงพอแล้ว ยังต้องพัฒนาด้านคุณภาพชีวิตของประชากร เช่น การจัดการด้านการศึกษา สาธารณูปโภค และสาธารณสุข

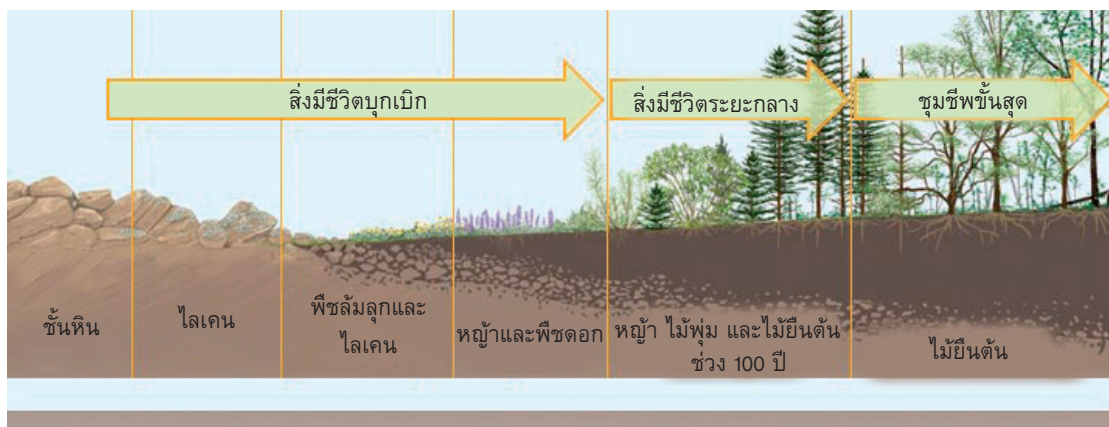
กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่



โดยปกติระบบนิเวศในธรรมชาติจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยที่ระบบนิเวศจะสามารถรักษาสภาพเดิมเอาไว้ได้ถ้าการเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อระบบนิเวศ แต่ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจจะมีผลต่อขนาดของกลุ่มสิ่งมีชีวิตและชนิดของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่นั้นๆ โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในลักษณะนี้ เรียกว่า **กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ (ecological succession)** ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซ้ำๆ เป็นลำดับขั้น โดยมีปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพเป็นตัวควบคุม จนในที่สุดถึงขั้นสุดท้ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป ซึ่งมีความสมดุลที่สุด เรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบในสภาวะสมดุลนี้ว่า **กลุ่มสิ่งมีชีวิตขั้นสุดหรือชุมชนขั้นสุด (climax community)**

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

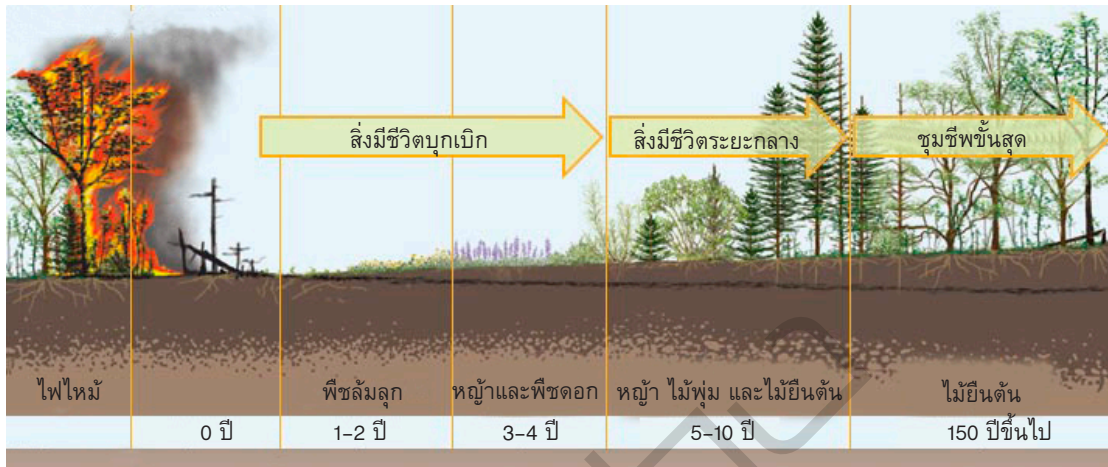
- **การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ (primary succession)** เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เริ่มจากบริเวณที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตมาก่อน เช่น การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นบนก้อนหิน หรือบริเวณที่เคยเกิดภูเขาไฟระเบิดมาก่อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบนี้ใช้เวลานานมากกว่าจะถึงสภาวะสมดุล



รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ



- **การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ (secondary succession)** เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เริ่มจากบริเวณที่เคยมีสิ่งมีชีวิตมาก่อน แต่อาจถูกทำลายหรือถูกทำให้ชะงักลงไปชั่วคราวโดยมนุษย์ สัตว์ หรือภัยธรรมชาติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบนี้ใช้เวลาน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ



การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศที่พบมีหลายรูปแบบ เช่น

- **การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในสภาพที่แห้งแล้ง** พบในบริเวณที่แห้งแล้ง ไม่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ เช่น บริเวณก้อนหิน ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามลำดับ ดังนี้

ไลเคน → มอสส์ → เฟิน → ไม้ล้มลุก → ไม้พุ่ม → ไม้ยืนต้น → ป่า (climax community)

- **การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของแหล่งน้ำ** พบในบริเวณแหล่งน้ำที่ตื้นเขินจนในที่สุดกลายเป็นระบบนิเวศบึง ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามลำดับ ดังนี้

สาหร่าย → จอก เหิน → บัว บอน → ไม้ล้มลุก เช่น ไม้พุ่ม → ไม้ยืนต้น → ป่า
ผักตบชวา กก หญ้า (climax community)

นอกจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศที่เกิดขึ้นอยู่แล้วโดยธรรมชาติ กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ก็ยังมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้นอกจากจะเป็นการรบกวนสมดุลของระบบนิเวศแล้ว ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดของสิ่งมีชีวิตที่เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตเด่นของระบบนิเวศนั้น อาจมีผลทำให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตลดลง

คนกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



มนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศและอาศัยปัจจัยในการดำรงชีวิตจากทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์อาจมีผลทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบันบางชนิดลดปริมาณลงอย่างเห็นได้ชัด บางชนิดเสื่อมสภาพลงจนยากที่จะฟื้นฟูแก้ไขให้มีสภาพเดิม และบางชนิดสูญหายหรือหมดไปจากโลก



ทรัพยากรธรรมชาติ (natural resources) หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิต สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- **ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น (non-exhausting natural resources)** เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีปริมาณมากเกินความต้องการ แต่ถ้านำมาใช้ผิดวิธีหรือไม่มีการบำรุงรักษาอาจทำให้ทรัพยากรเหล่านี้เสื่อมสภาพและไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เช่น อากาศ น้ำ แสงอาทิตย์

- **ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ (renewable natural resources)** เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เมื่อนำมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังสามารถเกิดขึ้นทดแทนในธรรมชาติได้ เช่น พืช สัตว์ ป่าไม้ ดิน

- **ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป (exhausting natural resources)** เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เมื่อใช้แล้วก็จะหมดไป ไม่สามารถเกิดขึ้นทดแทนในธรรมชาติหรือหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น น้ำมันปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน แร่ธาตุ

การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหา และการจัดการ



ทรัพยากรน้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยสิ่งมีชีวิตใช้ประโยชน์จากน้ำในการดำรงชีวิต เช่น เป็นที่อยู่อาศัยและแพร่พันธุ์

น้ำที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มาจากแหล่งใหญ่ๆ 3 แหล่ง ดังนี้

- **หยาดน้ำฟ้า (precipitation)** เป็นน้ำที่ได้จากบรรยากาศ เช่น น้ำฝน น้ำค้าง หิมะ ลูกเห็บ หมอกไอน้ำ

- **น้ำผิวดิน (surface water)** เป็นน้ำที่ได้จากแม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ ทะเล มหาสมุทร

- **น้ำใต้ดิน (ground water)** เป็นน้ำที่อยู่ใต้ระดับผิวดิน ซึ่งต้องขุดและสูบน้ำขึ้นมาใช้ เช่น น้ำบ่อน้ำบาดาล

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำผิวดินมากที่สุด บางครั้งการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำไม่ถูกต้องอาจทำให้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำไม่เหมาะที่จะนำมาใช้อุปโภคบริโภค ทำให้เกิดน้ำเสีย (waste water) หรือเกิดมลพิษทางน้ำ (water pollution)

- **แหล่งที่มาของน้ำเสีย**

- **จากธรรมชาติ** เกิดจากการสลายตัวของพืช สิ่งปฏิภณของสัตว์ในรูปของสารอินทรีย์ เมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำลงเนื่องจากจุลินทรีย์จะนำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลาย นอกจากสารอินทรีย์แล้วยังมีอนุภาคดินและแร่ธาตุที่ทำให้ให้น้ำขุ่นข้นและดินเหนียว

- **จากแหล่งชุมชน** ได้แก่ น้ำเสียจากที่พักอาศัยและสถานประกอบการต่างๆ ซึ่งมีสารอินทรีย์ เชื้อโรค และสารเคมีต่างๆ

- **จากโรงงานอุตสาหกรรม** ได้แก่ น้ำทิ้งจากกระบวนการต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการผลิต กระบวนการชะล้าง

- **จากการเกษตรกรรม** ได้แก่ น้ำทิ้งจากบริเวณที่มีการเกษตรกรรมซึ่งจะมีสารประกอบทางเคมีที่ถูกชะล้างมาจากผิวดิน เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี สารฆ่าแมลง และสารกำจัดวัชพืช สารเหล่านี้จะปะปนมาและไหลลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีมูลสัตว์ พืชผลที่เน่าเสียอีกด้วย



- จากการทำเหมืองแร่ เช่น การทำเหมืองแร่ดีบุก เหมืองพลอย ซึ่งต้องขุดเจาะดินขึ้นมา ทำให้เกิดตะกอนดินและทำให้น้ำในแหล่งน้ำขุ่น นอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น พรอท ตะกั่ว แคดเมียม ลงสู่แหล่งน้ำ และยังเป็นสาเหตุทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินได้อีกด้วย

● **การตรวจสอบมลพิษทางน้ำ** เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบมลพิษทางน้ำ อาจพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งได้แก่

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen หรือค่า DO) โดยปกติออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มาจากบรรยากาศ และการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำ น้ำในธรรมชาติที่มีคุณภาพดี จะมีค่า DO ประมาณ 5-7 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าค่า DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร จัดว่าแหล่งน้ำนั้นเน่าเสีย

- ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (biochemical oxygen demand หรือค่า BOD) ถ้าแหล่งน้ำใดมีค่า BOD สูง แสดงว่า ในน้ำนั้นมีสารอินทรีย์อยู่มาก จุลินทรีย์จึงต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายมาก ถ้ามีค่า BOD สูงกว่า 12 มิลลิกรัม/ลิตร จัดว่าแหล่งน้ำนั้นเน่าเสีย

- ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยวิธีการทางเคมี (chemical oxygen demand หรือค่า COD) โดยปกติค่า COD จะสูงกว่า BOD เสมอ ในแหล่งน้ำใดๆ ถ้าค่า COD สูงกว่า 44 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าแหล่งน้ำนั้นเป็นน้ำเสีย

- โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) เป็นแบคทีเรียที่พบในอุจจาระคนและสัตว์ รวมทั้งแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนน้ำทั้งจากบ้านเรือน สามารถใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียวัดความสกปรกของน้ำได้ ถ้าแหล่งน้ำใดมีแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเกิน 20,000 MPN (most probable number) ต่อ 100 มิลลิลิตร ไม่ควรใช้อาบน้ำหรือนำน้ำไปใช้ในการอุปโภคบริโภค

● **การจัดการทรัพยากรน้ำ** เป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับน้ำและการนำน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งมีวิธีการต่างๆ ได้แก่

- การปลูกจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างประหยัดและมีคุณค่า
- การวางแผนการใช้น้ำเพื่อให้มีน้ำใช้ตลอดฤดูกาล เช่น การทำที่เก็บน้ำรูปแบบต่างๆ
- การนำน้ำที่ใช้แล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่
- การแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำด้วยการบำบัดน้ำเสีย (waste water treatment) ให้อยู่ในเกณฑ์

มาตรฐานที่กำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกในรูปของแข็งหรือสารแขวนลอยที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ การกรอง การตกตะกอน และการปั่นเหวี่ยง

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี โดยการเติมสารเคมีให้เกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ หรือทำให้ตกตะกอน รวมทั้งการฆ่าเชื้อโรคโดยการเติมคลอรีน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการชีววิทยา เป็นการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในน้ำเสีย เช่น ผักตบชวา ผักกระเฉด กกสามเหลี่ยม รูปฤๅษี หนุ่ยผาแผก บัว ดูดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

**ทรัพยากรดิน**

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นแหล่งกำเนิดทรัพยากรอื่นๆ หลายชนิด เป็นแหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัย แหล่งกำเนิด เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค ซึ่งเป็นปัจจัยที่จำเป็นของมนุษย์ ดินเกิดจากการสลายตัวของ ซากพืชซากสัตว์กลายเป็นอินทรีย์สารคลุกเคล้ากับวัตถุต้นกำเนิดดินที่สลายตัวมาจากหินและแร่เป็นเวลานาน ดินที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญ คือ ร้อยละ 45 มาจากอินทรีย์สารที่สลายตัวมาจาก หินและแร่ ร้อยละ 5 มาจากอินทรีย์สาร และร้อยละ 25 มาจากน้ำและอากาศอย่างละเท่าๆ กัน

- **มลพิษทางดิน (soil pollution)** เกิดจากสาเหตุต่างๆ เช่น

- การทิ้งสิ่งของต่างๆ ลงในดิน ทำให้เกิดการสะสมของสารเคมีและสารพิษในดิน ทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนไปซึ่งส่วนมากเกิดจากการทิ้งสิ่งของเหลือใช้ต่างๆ ซึ่งบางชนิดสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดิน บางชนิดก็ย่อยสลายไม่ได้ ถ้าสะสมในดินเป็นเวลานานจะทำให้สารพิษจำพวกปรอท ตะกั่ว และโลหะหนักอื่นๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในขยะซึมลงไปในดิน ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้

- การใช้สารเคมีทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมีต่างๆ และสารเคมีที่ใช้ในการปราบศัตรูพืช สารเหล่านี้เมื่อนำมาใช้จะตกค้างในดิน บางชนิดสลายตัวได้เองโดยธรรมชาติในเวลาอันสั้น แต่บางชนิดสลายตัวได้ช้าหรืออาจไม่สลายตัว จึงเกิดการสะสมในดินและถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้

- สารกัมมันตรังสี ที่ใช้ในการแพทย์ การเกษตร การอุตสาหกรรม และการทดลองระเบิดปรมาณู สารกัมมันตรังสีนี้เมื่อรั่วไหลอาจจะกระจายลงสู่ดิน และถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

- **ปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน**

- การพังทลายของดิน ซึ่งอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น การตกกระทบของฝน การกัดเซาะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน การกัดเซาะของคลื่น การพัดพาของลม การเกิดภัยธรรมชาติ หรือเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเพาะปลูกพืชไม่ถูกวิธี การขุดดินเพื่อปรับระดับพื้นที่

- ดินขาดความอุดมสมบูรณ์อาจเกิดจากสาเหตุ เช่น ปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานานและขาดการบำรุงดิน การพังทลายของดิน ดินชั้นบนที่มีธาตุอาหารพืชสูงถูกพัดพาออกจากพื้นที่ โดยการกระทำของน้ำหรือลม ดินถูกน้ำชะพาเอาธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ ปลูกพืชที่โตเร็วและใช้ธาตุอาหารสูง

- สมบัติของดินไม่เหมาะต่อการเพาะปลูกพืช เช่น ดินกรดหรือดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มซึ่งเกิดจากหินเกลือที่อยู่ใต้ดินหรือดินที่มีน้ำทะเลท่วมขัง ดินพรุหรือดินอินทรีย์ซึ่งเกิดจากการทับถมของซากพืชตามพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง ดินที่มีลูกรังปนอยู่ในชั้นดินมาก รวมทั้งดินในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก

- **การจัดการและการแก้ปัญหามลพิษทางดินและความเสื่อมโทรมของดิน**

- การอนุรักษ์ดิน เป็นการใช้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อแก้ปัญหามลพิษและความเสื่อมโทรมของดิน

- การป้องกันการพังทลายของหน้าดิน โดยการปลูกต้นไม้เพื่อให้มีสิ่งปกคลุมดินและชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำและลมที่มาปะทะผิวดิน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

การปลูกพืชบนขั้นบันไดตามบริเวณไหล่เขา เพื่อลดอัตราความเร็วและปริมาณการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งสามารถป้องกันและลดปริมาณการชะหน้าดินให้เกิดการพังทลายของดินลดลงไป

การปลูกพืชคลุมดิน เช่น หญ้าแฝก และพืชที่ช่วยปรับปรุงดิน เช่น พืชตระกูลถั่ว สามารถช่วยเพิ่มธาตุอาหารและปริมาณความชื้นในดิน



- **การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน** โดยการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อลดปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน หรือการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มสารอินทรีย์ให้แก่ดิน ทำให้ดินอุ้มน้ำได้ ดินมีช่องว่างให้อากาศแทรกระหว่างอนุภาคดินและช่วยลดการสูญเสียหน้าดิน

- **การปรับปรุงสมบัติของดิน** ซึ่งทำได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เพื่อให้ดินร่วนซุย ดูดซึมน้ำและอากาศให้มากขึ้น โดยการปรับปรุงโครงสร้างให้ยึดเกาะกันดีขึ้น เกิดช่องว่างในดิน ลดความแน่นทึบของดินโดยการใช้อินทรีย์วัตถุ หรือการไถพรวนดิน

การปรับปรุงสมบัติทางเคมี เพื่อให้ดินมีสภาพเป็นกลาง มีธาตุอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้นโดยใส่สารที่มีสมบัติเป็นเบสหรือปูนในดินกรด เช่น หินปูนบด ปูนขาว ปูนมาร์ล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารพืชไว้ในดิน

- **การปรับปรุงบำรุงดินที่มีปัญหาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์** โดยควบคุมการทำเกลือสินเธาว์ไม่ให้น้ำเกลือไหลลงสู่ไร่นา หรือปลูกพืชทนเค็มต่างๆ เช่น หน่อไม้ฝรั่ง มะขาม ขี้เหล็ก หรือแก้ปัญหาดินเปรี้ยวโดยเติมปูนขาว ปูนมาร์ล เพื่อลดความเป็นกรดของดิน

- **การเลือกใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน** เช่น การจัดแบ่งพื้นที่ในการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ การสร้างที่อยู่อาศัยและเขตโรงงานอุตสาหกรรมให้ได้สัดส่วนสมดุลกัน การกำหนดผังเมืองให้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อรักษาระบบนิเวศและควบคุมคุณภาพของสิ่งแวดล้อม



ทรัพยากรป่าไม้

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ให้อาหาร นอกจากนี่ยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า แหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งของอินทรีย์สารและแร่ธาตุที่สำคัญ รวมทั้งช่วยในการรักษาสมดุลในสิ่งแวดล้อม จึงถือได้ว่าป่าไม้เป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ

● **ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้** ปัจจุบันพบว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับในอดีต เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น

- การลักลอบตัดไม้ทำลายป่า เพื่อนำไม้มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ
- การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อการครอบครองที่ดินในการอยู่อาศัย
- การเกิดไฟไหม้ป่าทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์เป็นผู้กระทำ
- การส่งเสริมให้ขยายพื้นที่การเกษตร ทั้งด้านการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ ทำให้เกิดการทำลายพื้นที่ป่ามากขึ้น

พื้นที่ป่ามากขึ้น

- การสร้างสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และเส้นทางคมนาคม ทำให้เกิดการทำลายพื้นที่ป่าและระบบนิเวศป่าไม้มากมาย

● **ผลกระทบจากการทำลายป่า** นอกจากจะทำให้พื้นที่ป่าลดลงแล้วยังมีผลกระทบอื่นๆ ตามมา ได้แก่

- **สภาพภูมิอากาศ** ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เพราะขาดพืชที่จะนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์สะสมในบรรยากาศมาก ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และอุณหภูมิผิวโลกสูงขึ้น

- **การเกิดอุทกภัย** เพราะไม่มีต้นไม้ช่วยดูดซับน้ำไว้ และส่งผลกระทบทำให้ดินเกิดการพังทลายอีกด้วย



- สัตว์ป่าและพืชพรรณธรรมชาติลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์ สัตว์ป่าไม่มีที่อยู่อาศัย แหล่งอาหารและแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ป่าถูกทำลาย และยังทำให้การหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบนิเวศหยุดชะงัก
- **การจัดการทรัพยากรป่าไม้** อยู่ในรูปของการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งมีแนวทางดังนี้
 - การปฏิบัติตามนโยบายแห่งชาติ โดยกำหนดให้ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศอย่างน้อย 40% ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการจัดการและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้ในระยะยาว
 - การให้ความรู้แก่ประชาชน ให้ทราบถึงประโยชน์และความสำคัญของป่าไม้
 - การส่งเสริมการปลูกป่าและป้องกันการบุกรุกป่า โดยปลูกป่าทดแทนส่วนที่ตัดไป หรือเพิ่มเนื้อที่ป่าโดยปลูกต้นไม้ในบริเวณที่ไม่เคยเป็นป่า หรือยกเลิกสัมปทานป่าไม้ไม่ให้มีการตัดถนนผ่านป่า
 - การใช้ไม้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาถึงความสำคัญและจำเป็นในการนำไม้มาใช้ประโยชน์ซึ่งควรใช้ให้เกิดประโยชน์ทุกๆ ส่วน
 - การกำหนดพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการคุ้มครองที่ถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์และการศึกษาวิจัย



ทรัพยากรสัตว์ป่า

สัตว์ป่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้ และมีประโยชน์หลายด้านทั้งในด้านวิทยาศาสตร์และเกษตร การแพทย์ และอาหาร สัตว์ป่าอาศัยอยู่ในระบบนิเวศเดียวกับต้นไม้ป่า ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับโซ่อาหาร สายใยอาหาร และการหมุนเวียนสารต่างๆ ภายในระบบนิเวศ ทำให้ระบบนิเวศป่าไม้อยู่ในภาวะสมดุล

สัตว์ป่าในความหมายตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 หมายถึง สัตว์ทุกชนิดทั้งสัตว์บก สัตว์น้ำ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์ปีก และแมลงหรือแมง รวมทั้งไข่ของสัตว์ทุกชนิดที่เกิดและดำรงชีวิตอยู่ในป่าหรือแหล่งน้ำตามธรรมชาติแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. **สัตว์ป่าสงวน** หมายถึง สัตว์ป่าหายากหรือกำลังจะสูญพันธุ์ จึงห้ามล่าหรือมีไว้ในครอบครองทั้งสัตว์ที่ยังมีชีวิตหรือซากสัตว์ เว้นเพื่อการศึกษาวิจัยทางวิชาการหรือกิจการสวนสาธารณะโดยได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมป่าไม้เป็นกรณีพิเศษ มี 15 ชนิด ได้แก่ นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร สมัน แรด กระซู่ กูปรีหรือโคไพร ควายป่า เลียงผา กวางผา ละองหรือละมั่ง นกกระเรียน นกแต้วแร้วท้องดำ แมวลายหินอ่อน สมเสร็จ เก้งหม้อ พะยูงหรือหมูนํ้า

2. **สัตว์ป่าคุ้มครอง** หมายถึง สัตว์ป่าที่ได้รับความคุ้มครองตามกฎหมายห้ามล่าหรือมีไว้ในครอบครอง ยกเว้นกระทำการเพื่อประโยชน์ทางวิชาการตามที่ได้รับอนุญาต มีทั้งหมด 7 จำพวก คือ สัตว์ป่าจำพวกเลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ป่าจำพวกนก สัตว์ป่าจำพวกเลื้อยคลาน สัตว์ป่าจำพวกสะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์ป่าจำพวกปลา สัตว์ป่าจำพวกแมลง และสัตว์ป่าจำพวกไม่มีกระดูกสันหลัง

● ปัญหาและสาเหตุการลดลงของสัตว์ป่า

- การทำลายแหล่งที่อยู่อาศัย ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำแหล่งที่อยู่อาศัยหรือเพื่อกิจการต่างๆ การสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ



- การล่าสัตว์ เพื่อเป็นอาหาร เกมกีฬา และการค้า
- การลักลอบล่าสัตว์ป่า โดยนำเนื้อสัตว์ป่าไปประกอบอาหาร นำอวัยวะต่างๆ ของสัตว์ป่าไปเป็นยาบำรุงกำลัง หรือทำเครื่องประดับ
- ภัยธรรมชาติ ได้แก่ การเกิดไฟป่า น้ำท่วมหรือภัยแล้ง และภูเขาไฟระเบิด
- **การจัดการและแนวทางการอนุรักษ์สัตว์ป่า**
 - การกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า อุทยานแห่งชาติ พื้นที่มรดกโลก เพื่อรักษาแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า
 - การจัดตั้งศูนย์เพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่า โดยให้มีการผสมพันธุ์และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ เพื่อเพิ่มจำนวนสัตว์ป่าก่อนที่จะปล่อยกลับคืนสู่ธรรมชาติ
 - การจัดตั้งศูนย์การศึกษาธรรมชาติและสัตว์ป่า โดยนำสัตว์ไปเลี้ยงไว้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีสภาพเป็นธรรมชาติหรือใกล้เคียงธรรมชาติที่สุด เพื่อเป็นแหล่งศึกษาและพักผ่อนหย่อนใจของประชาชน
 - การจัดตั้งสถานีวิจัยสัตว์ป่า เพื่อศึกษาค้นคว้าวิจัยพฤติกรรมและนิเวศวิทยาของสัตว์ป่า เพื่อนำผลการวิจัยมาใช้ในการจัดการสัตว์ป่าที่เหมาะสม



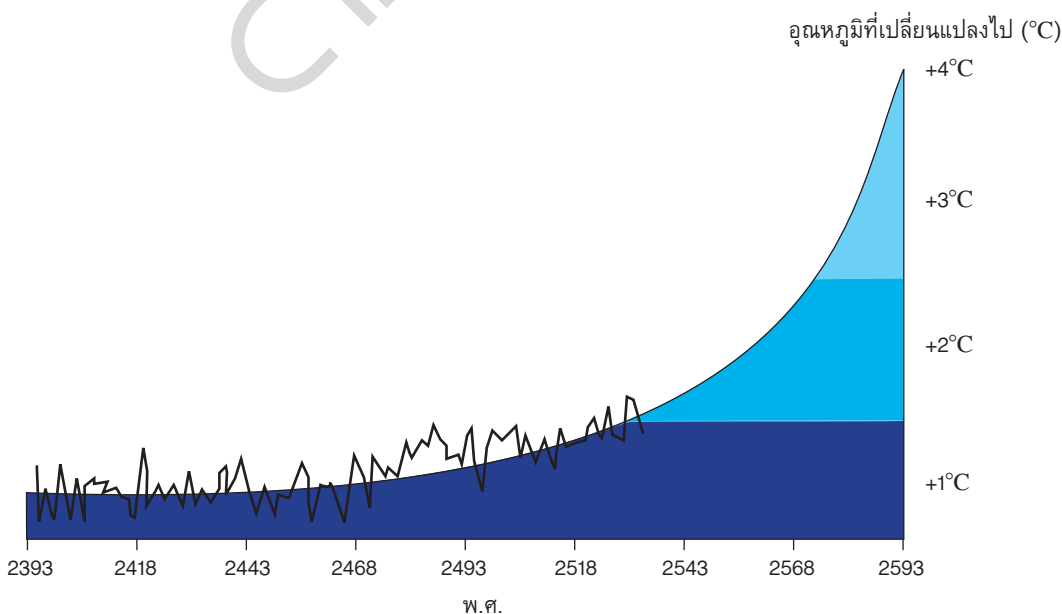
ทรัพยากรอากาศ

อากาศเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เนื่องจากใช้ในกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น การหายใจ การสังเคราะห์ด้วยแสง และยังช่วยป้องกันอันตรายจากรังสีและอนุภาคต่างๆ ที่มาจากนอกโลกด้วย อากาศประกอบด้วยสารหลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในสถานะแก๊ส โดยมีแก๊สไนโตรเจน 78% แก๊สออกซิเจน 21% และอีก 1% เป็นแก๊สอาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่นๆ เช่น นีออน ฮีเลียม มีเทน คริปทอน ไฮโดรเจน

- **มลพิษทางอากาศ (air pollution)** มีสาเหตุที่สำคัญ ดังนี้
 - เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น การสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อย การระเบิดของภูเขาไฟ การเกิดไฟไหม้ป่า การเกิดพายุ
 - เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การทิ้งขยะ การเผาขยะ การก่อสร้าง การใช้สารเคมีทางการเกษตร การอุตสาหกรรม
- **สารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ** ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ที่สำคัญ ได้แก่
 - อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ มีทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว ควัน ฝุ่น เหมือง มักเกิดจากการฉีดพ่นไปในอากาศ การคมนาคม การก่อสร้างอาคารสถานที่ต่างๆ อนุภาคสารเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ โรคปอด โรคทางเดินหายใจ
 - แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของธาตุคาร์บอนหรือสารอินทรีย์ ร่วมกับการหายใจของพืชและสัตว์ที่ปล่อยออกมา เมื่อสูดดมเข้าไปจะทำให้เกิดอาการมึนงง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ตาลาย



- **แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)** เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ มีพิษต่อร่างกายมนุษย์ เนื่องจากจับตัวกับเฮโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนได้ หากได้รับแก๊สนี้เป็นเวลานานและจำนวนมาก อาจทำให้ถึงตายได้
 - **แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)** เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันผสมอยู่ เช่น ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม เป็นแก๊สที่ทำให้เกิดฝนกรด และยังมีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนังและนัยน์ตา
 - **สารประกอบไฮโดรคาร์บอน** เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง การเผาไหม้ถ่านหิน การระเหยของน้ำมัน สารเหล่านี้เมื่อสูดดมเข้าไปจะทำให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และเป็นมะเร็งปอด
 - **ตะกั่ว (Pb)** ใช้ผสมในน้ำมันเบนซิน เป็นสารพิษที่ไม่สลายตัว เมื่อสูดดมเข้าไปจะสะสมอยู่ในปอดและกระแสเลือด ทำลายระบบประสาท ระบบย่อยอาหาร ทำลายการทำงานของไขกระดูกทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และยังทำให้เกิดโรคมะเร็งปอด
 - **ปรอท (Hg)** ซึ่งมาจากโรงงานผลิตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โรงงานผลิตเครื่องสำอาง โรงงานกระดาษ ยาปราบศัตรูพืช เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เป็นโรคมินามาตะ (minamata) ซึ่งมีอาการปวดท้อง อาเจียน ปวดกล้ามเนื้อ และมีผลต่อระบบประสาท โดยทำลายสมองและตา
 - **แคดเมียม (Cd)** พบในอากาศในรูปฝุ่นหรือไอเสียจากยานพาหนะ หรือจากการหลอม ฟันฉาบโลหะ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เป็นโรคอิไตอิไต (itai itai) ซึ่งทำลายเซลล์ของหน่วยไตและทำให้กระดูกผุ
- **ผลกระทบจากการเกิดมลพิษทางอากาศ** อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ในเรื่องการดำรงชีวิต ซึ่งบางปัญหามีความรุนแรงจนเป็นปัญหาระดับโลกที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากประชากรทั่วโลกในการป้องกันแก้ไข เช่น
- **ภาวะโลกร้อน (global warming)** จากการรวบรวมข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงดังรูป

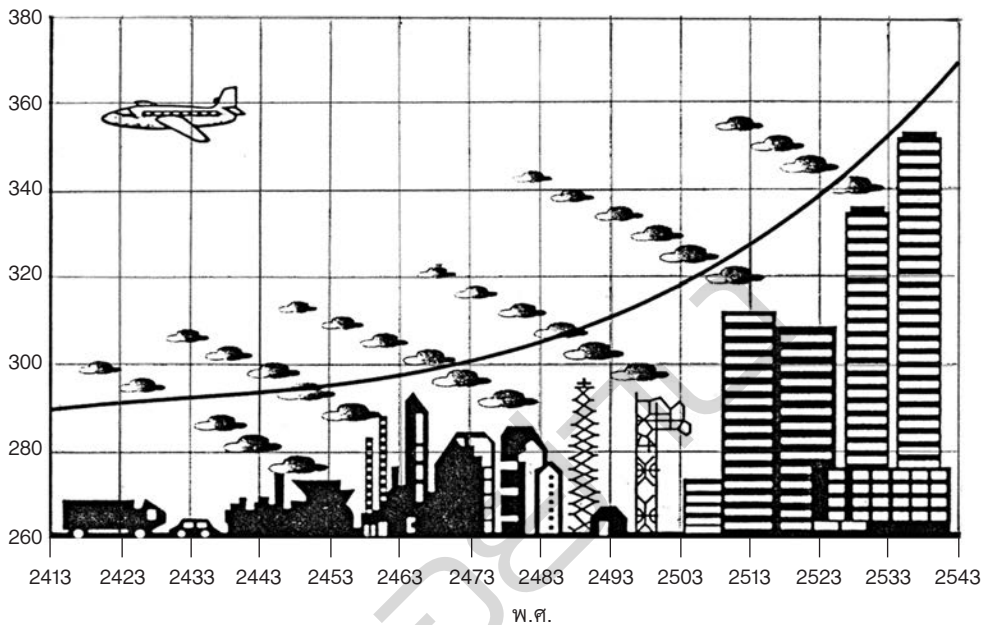


รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลก จาก พ.ศ. 2393-2538 และการคาดการณ์ถึง พ.ศ. 2593



และจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ในช่วงเวลาใกล้เคียงกันในแต่ละปี พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงดังรูป

ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (ppm)



รูปแสดงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี พ.ศ. 2413–2543

จากรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กันโดยตรง กล่าวคืออุณหภูมิและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ในช่วงที่ค่าใดค่าหนึ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณอีกค่าหนึ่งก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน

โดยปกติอากาศในบรรยากาศที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้นั้น ประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนเป็นส่วนมาก นอกนั้นเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และแก๊สอื่นๆ เล็กน้อย เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านมายังโลก รังสีบางส่วนจะสะท้อนกลับออกนอกชั้นบรรยากาศก่อนที่จะตกกระทบพื้นผิวโลก บางส่วนจะถูกบรรยากาศของโลกดูดกลืนไว้ มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ส่งลงมายังผิวโลก ซึ่งโลกก็จะดูดกลืนไว้ได้บางส่วน และอีกส่วนหนึ่งจะกลับออกสู่อากาศ โดยการแผ่รังสี ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำในอากาศจะมีสมบัติในการเก็บกักความร้อนได้ จึงทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย แต่อุณหภูมิของบรรยากาศในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนยังไม่แตกต่างกันมากจนเกินไป จึงยังพอเหมาะสมที่สิ่งมีชีวิตจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นปกติของโลกซึ่งคล้ายกับการเก็บกักความร้อนในเรือนกระจกที่ใช้ปลูกต้นไม้ในประเทศที่มีอากาศหนาว จึงเรียกว่า **ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect)**

แนะนำหนังสือดี



CORE O-NET ชีววิทยา ม.ปลาย



1500102100



สัญลักษณ์แห่งคุณภาพทางวิชาการ



9 789744 129291

ราคา 95 บาท