ระบบนิเวศและประชากร
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ชีววิทยา ม.6 เล่ม 6

# ให้นักเรียนอ่านข้อความและบอกว่า ถูก หรือ ผิด

1. ระบบนิเวศที่แตกต่างกันมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่แตกต่างกัน

2. สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่อยู่ร่วมกัน

3. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระบบนิเวศต้องการสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตแตกต่างกัน

4. ปริมาณพลังงานที่ถ่ายทอดผ่านโซ่อาหารในระบบนิเวศจะเพิ่มขึ้นจากผู้ผลิตไปยัง ผู้บริโภคตามลำ ดับขั้นการกินอาหาร

# ให้นักเรียนอ่านข้อความและบอกว่า ถูก หรือ ผิด

5. สารพิษที่สะสมในผู้ผลิตสามารถส่งต่อไปยังผู้บริโภคโดยผ่านทางโซ่อาหาร

6. การถ่ายทอดพลังงานเป็นกระบวนการที่เหมือนกับการหมุนเวียนสารและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ

7. ประชากร หมายถึงสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในที่เดียวกันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

8. องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพส่งผลต่อการกระจายพันธุ์ของ สิ่งมีชีวิต

# ให้นักเรียนอ่านข้อความและบอกว่า ถูก หรือ ผิด

1. ระบบนิเวศที่แตกต่างกันมีองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพที่แตกต่างกัน

2. สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่อยู่ร่วมกัน

3. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระบบนิเวศต้องการสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตแตกต่างกัน

4. ปริมาณพลังงานที่ถ่ายทอดผ่านโซ่อาหารในระบบนิเวศจะเพิ่มขึ้นจากผู้ผลิตไปยัง ผู้บริโภคตามลำ ดับขั้นการกินอาหาร

# ให้นักเรียนอ่านข้อความและบอกว่า ถูก หรือ ผิด

5. สารพิษที่สะสมในผู้ผลิตสามารถส่งต่อไปยังผู้บริโภคโดยผ่านทางโซ่อาหาร

6. การถ่ายทอดพลังงานเป็นกระบวนการที่เหมือนกับการหมุนเวียนสารและมีความสำคัญ
ต่อระบบนิเวศ

7. ประชากร หมายถึงสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในที่เดียวกันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

8. องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางชีวภาพส่งผลต่อการกระจายพันธุ์บอง สิ่งมีชีวิต

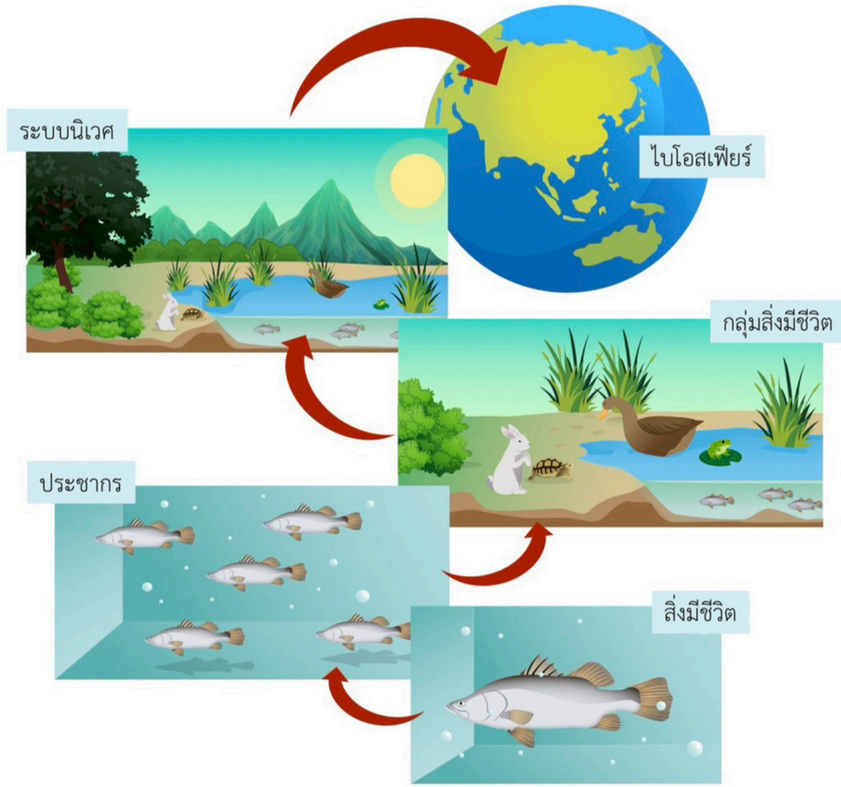
# ระบบนิเวศและประชากร

ต้นไทรย้อยใบใหญ่ (Ficus microcarpa) เป็นพืชประจำถิ่นที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย สามารถสูงได้ถึง 30 เมตร มีเรือนยอดขนาดใหญ่ และเป็นพืชในกลุ่มไทรที่มีลักษณะหลายประการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำรงชีวิตในระบบนิเวศ เช่น

- เมล็ด: มีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก สามารถงอกและเจริญเติบโตได้แม้บริเวณเรือนยอดของต้นอื่น ทำให้สามารถรับแสงได้เต็มที่
- การออกผล: ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี โดยออกผลได้มากกว่าครั้งละ 10,000 ผล
- แหล่งอาหาร: ผลของไทรย้อยใบใหญ่เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับนกและสัตว์หลายชนิด โดยพบว่ามีการจัดตัวอย่างน้อยประมาณ 240 ชนิดที่กินผลไทรชนิดนี้เป็นอาหาร

# การจัดระดับสิ่งมีชีวิตทางชีวภาพ

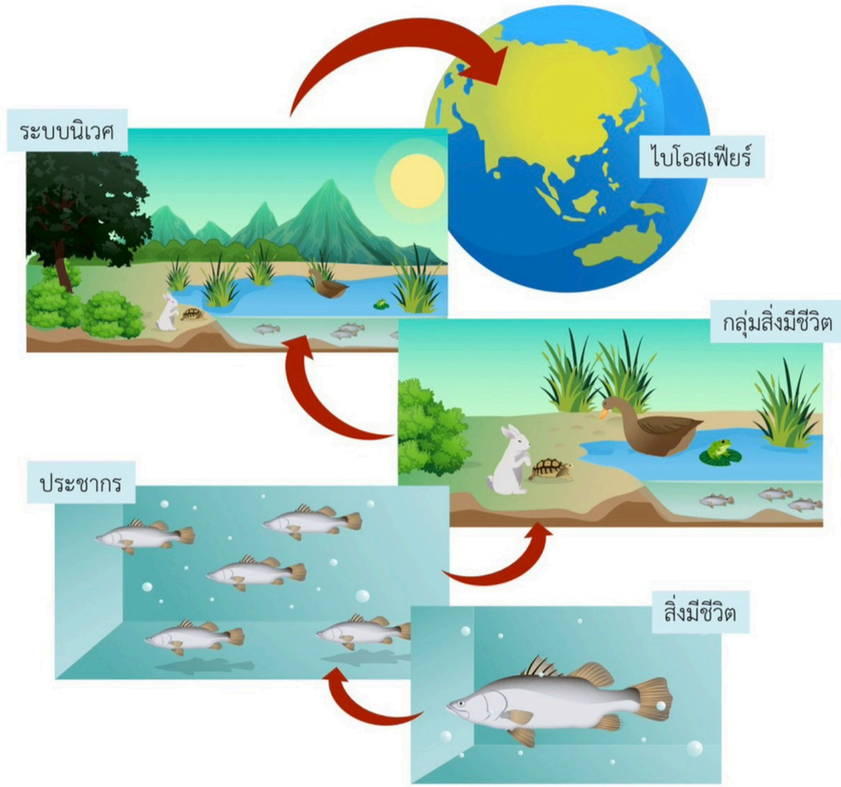
สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายและแตกต่างกันในรูปร่างและแหล่งที่อยู่ โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยร่วมกัน เรียกว่า ประชากร (population) และเมื่อหลายชนิดอยู่ร่วมกัน เรียกว่า กลุ่มสิ่งมีชีวิต (community) การดำรงชีวิตขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่เหมาะสม สิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กันในกลุ่มและกับกลุ่มอื่น ๆ การรวมกลุ่มสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมสร้าง ระบบนิเวศ (ecosystem) ซึ่งรวมถึงระบบนิเวศต่าง ๆ เป็น ไบโอสเฟียร์ (biosphere) ของโลก



# การจัดระดับสิ่งมีชีวิตทางชีวภาพ

ลำดับการจัดระดับของระบบทางนิเวศวิทยา:

1. สิ่งมีชีวิต (organism): หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
2. ประชากร (population): สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อยู่ร่วมกัน
3. กลุ่มสิ่งมีชีวิต (community): สิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่อยู่ร่วมกัน
4. ระบบนิเวศ (ecosystem): กลุ่มสิ่งมีชีวิตรวมกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่สัมพันธ์กัน
5. ไบโอสเฟียร์ (biosphere): ระบบนิเวศทั้งหมดบนโลก



# การศึกษาระบบนิเวศ

## ระบบนิเวศคืออะไร

ระบบนิเวศ คือ ระบบที่ประกอบด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน มีการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบ ระบบนิเวศจึงหมายถึงสิ่งที่เป็น โครงสร้างและส่วนที่เป็นกระบวนการ

- โครงสร้าง: ประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพ เช่น แสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และองค์ประกอบทางชีวภาพ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้น
- กระบวนการ: องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ เช่น การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสาร มีความสำคัญที่จะทำให้ระบบนิเวศดำรงอยู่ได้อย่างมีเสถียรภาพ (stability)

# ความหลากหลายของระบบนิเวศ

สภาพแวดล้อมบนโลกมีความแตกต่าง ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในแต่ละระบบนิเวศมีความหลากหลาย โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 กลุ่ม: ระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำ
สิ่งมีชีวิตอาศัยในแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต เช่น ไร้กากในป่าชายเลน หวีในน้ำเค็ม และหมีขั้วโลกในแถบขั้วโลกเหนือน้ำแข็ง

# ระบบนิเวศบนบก

ระบบนิเวศบนบกเป็นระบบนิเวศพื้นดิน มีหลายชนิด เช่น

- ระบบนิเวศทุ่งหญ้า
- ระบบนิเวศทะเลทราย
- ระบบนิเวศป่าไม้ประเภทต่าง ๆ

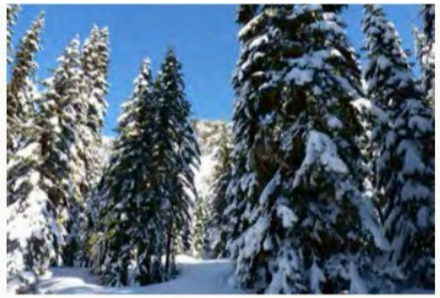
ระบบนิเวศบนบกอาจมีขนาดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ เช่น ระบบนิเวศของใยแมงมุม หรือระบบนิเวศป่าไม้

## ตัวอย่างระบบนิเวศบนบกของประเทศไทย

ป่าไม้จัดเป็นระบบนิเวศบนบกขนาดใหญ่ เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต และกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง

ป่าไม้กระจายอยู่ตามสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปป่าไม้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest): ป่าไม้แบ่งออกได้ตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชนิดของพืชที่เติบโต
2. ป่าผลัดใบ (deciduous forest): ป่าไม้แบ่งออกได้ตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชนิดของพืชที่เติบโต



**ความรู้เพิ่มเติม:**

คุณสามารถศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับป่าไม้ประเภทต่าง ๆ ได้จากเว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

# ป่าไม่ผลัดใบ

ป่าไม่ผลัดใบ แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1. ป่าดิบชื้น (tropical rain forest):
   - พบทั่วไปในบริเวณที่มีฝนตกชุก มีความชื้นสูง อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมาก
   - เช่น ภาคใต้ ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
   - พืชเด่นเป็นไม้ต้นใบกว้างที่ไม่ผลัดใบขึ้นปกคลุมหนาแน่น เช่น ยาง กลอง ตะเคียน ทำให้สภาพป่าโดยทั่วไปเขียวชอุ่มตลอดปี
2. ป่าดิบเขา (hill evergreen forest หรือ montane forest):
   - พบอยู่ในพื้นที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไป
   - พบมากในเทือกเขาสูงทางภาคเหนือ
   - จัดเป็นป่าต้นน้ำลำธาร พืชเด่นที่พบ เช่น หางพญาเสือโคร่ง ก่อ

รูป 24.3 ป่าดิบชื้น อุทยานแห่งชาติบางลาง จังหวัดยะลา

รูป 24.4 ป่าดิบเขา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

# ป่าไม่ผลัดใบ

3. ป่าพรุ (peat swamp forest):

- พบตามที่ลุ่ม เป็นป่าที่มีน้ำขังอยู่ตลอดปี
- สภาพดินเป็นดินอินทรีย์หรือดินพรุซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยการสะสมของอินทรียวัตถุชั้นต่อเนื่องกันในสภาวะน้ำท่วมขัง
- พืชที่พบมักมีขนาดใหญ่ขึ้นปะปนกับไม้ขนาดเล็ก เช่น ช้างให้หวาย หมากแดง
- พบกระจายอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำใกล้ชายฝั่งทะเล
- ป่าพรุที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดพบที่ภาคใต้ของประเทศไทย คือ ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส

รูป 24.5 ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส

# ป่าผลัดใบ

ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest) แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้:

1. ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest):
   - พบทั่วไปในพื้นที่แห้งแล้ง โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
   - มีการผลัดใบในช่วงแล้ง
   - พืชกลุ่มเด่นที่พบ เช่น เต็ง รัง ไม้เก็ก ยางกราด เหียง พลวง
2. ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest):
   - เป็นป่าโปร่ง พบได้ทุกภาคยกเว้นภาคใต้
   - พืชพื้นดินเป็นดินร่วนปนทราย
   - ไม้ต้นที่สำคัญได้แก่ สัก มะค่า แดง ประดู่ และชิงชัน

รูป 24.6 ป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

รูป 24.7 ป่าเบญจพรรณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

# ระบบนิเวศแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำมีหลากหลาย เช่น บึง แม่น้ำ ทะเลสาบ ทะเล สามารถแบ่งได้โดยใช้ค่าความเค็มหรือใช้ความเข้มข้นของเกลือที่ละลายในน้ำเป็นตัวกำหนด

- แหล่งน้ำจืดจะมีค่าความเข้มข้นของเกลือประมาณร้อยละ 3 และแหล่งน้ำจืดจะมีค่าความเข้มข้นของเกลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ดังนั้นจึงจัดจำแนกเป็น ระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม (marine ecosystem) และ ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด (fresh water ecosystem)

# ระบบนิเวศแหล่งน้ำ

## ระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม

- แหล่งน้ำเค็มมีพื้นที่ประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของผิวโลก ได้แก่ ทะเลและมหาสมุทร
- สามารถแบ่งออกเป็นบริเวณต่าง ๆ เช่น บริเวณน้ำขึ้นน้ำลง แนวปะการัง และพื้นท้องทะเล
- การแบ่งโดยใช้ลักษณะทางกายภาพ เช่น ลักษณะของชายหาด ความลึกของน้ำ ปริมาณแสง ความลาดชันของพื้นที่

# ระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม

## 1. หาดหิน

- เป็นหาดที่เต็มไปด้วยหินไม่ราบเรียบ มีซอกและแอ่งน้ำเป็นที่กำบังคลื่นลม
- เป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด
- น้ำขึ้นน้ำลงบริเวณหาดหินจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แสง และความเค็มค่อนข้างมาก
- เมื่อน้ำลงอุณหภูมิจะสูงขึ้นและมีแสงมากขึ้นทำให้สัตว์และพืชต้องเผชิญกับภาวะขาดน้ำชั่วขณะ
- สิ่งมีชีวิตบริเวณหาดหินจะมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

รูป 24.10 หาดหิน เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี

## 2. แนวปะการัง (coral reef)

- อยู่ใกล้บริเวณชายฝั่ง เป็นระบบนิเวศใต้น้ำที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง
- ปะการังสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในบริเวณที่น้ำทะเลมีออกซิเจนเพียงพอ มีแสงส่องถึง และมีอุณหภูมิเหมาะสม
- สามารถใช้ปะการังเป็นดัชนีในการบ่งบอกสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลบริเวณนั้นได้

รูป 24.11 แนวปะการัง เกาะทะลุ จังหวัดชุมพร

# ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของแหล่งน้ำ:

1.แหล่งน้ำนิ่ง: เช่น หนอง บึง ทะเลสาบ

ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณใหญ่ ๆ คือ บริเวณชายฝั่ง บริเวณผิวน้ำ และ บริเวณก้นล่าง

2.แหล่งน้ำไหล: เช่น แม่น้ำ ลำธาร

ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่เป็นแหล่งน้ำไหลอาจแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณที่เป็นแก่งหรือบริเวณที่น้ำไหลเชี่ยว และบริเวณที่เป็นแอ่งน้ำ

# ระบบนิเวศน้ำกร่อย

รบริเวณรอยต่อระหว่างแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำเค็มจะเกิดเป็น แหล่งน้ำกร่อย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความแปรผันของค่าความเข้มข้นของเกลือในรอบวันตามปัจจัยของน้ำขึ้นน้ำลง รวมทั้งปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ฝน)

- พบระบบนิเวศแหล่งน้ำกร่อยได้บริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง และมีสิ่งมีชีวิตได้หลากหลายชนิดในบริเวณนี้

ป่าชายเลน (Mangrove Forest)

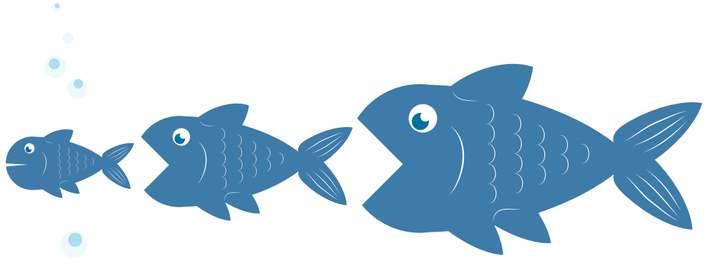
- อยู่ในบริเวณแหล่งน้ำกร่อยตามแนวชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำ เช่น ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย และชายฝั่งทะเลอันดามัน
- เป็นป่าที่อยู่รอยต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำเค็ม
- เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ
- พืชเด่นที่พบ เช่น โกงกาง แสม ลำพู

# กระบวนการที่สำคัญในระบบนิเวศ

## การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแบ่งตามหน้าที่ได้เป็น 3 กลุ่มคือ ผู้ผลิต (producer) ผู้บริโภค (consumer) และ ผู้สลายสารอินทรีย์ (decomposer)

- การถ่ายทอดพลังงาน: เริ่มจากแสงอาทิตย์ที่ผู้ผลิตนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้พลังงานแสงถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ผู้บริโภคสามารถใช้ประโยชน์ได้ พลังงานจากผู้ผลิตจะถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ผ่านการกินกันเป็นทอด ๆ
- สายใยอาหาร (food web): การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพโซ่อาหาร (food chain) และสายใยอาหาร

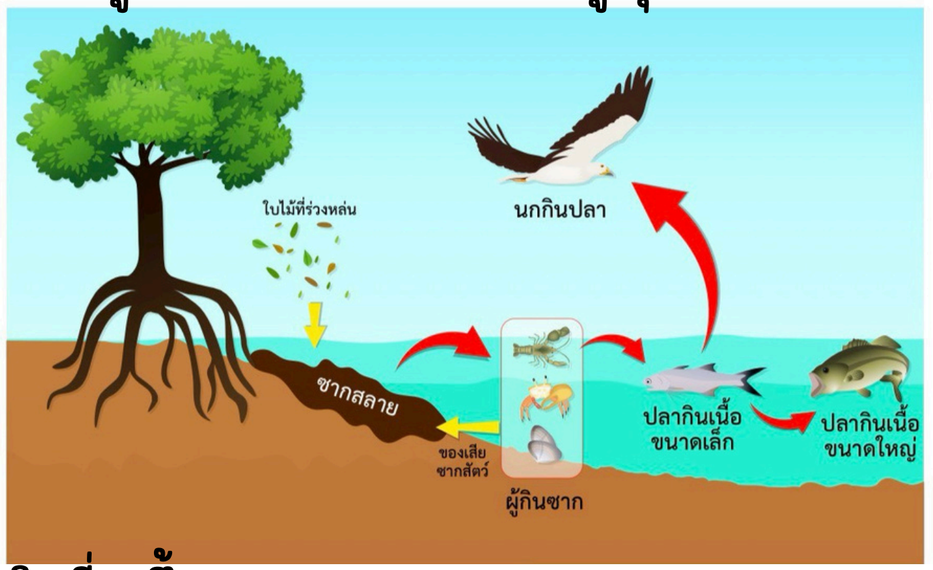


# โซ่อาหารและสายใยอาหาร

- โซ่อาหาร: ในธรรมชาติการกินกันเป็นทอด ๆ ของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์ซับซ้อนกว่าแค่โซ่อาหารเดียว แต่เรียกว่า สายใยอาหาร
- ลำดับขั้นการกิน (trophic level): ในโซ่อาหาร สิ่งมีชีวิตจะจัดเป็นลำดับขั้นของการกิน
  ลำดับที่ 1: ผู้ผลิต
  ลำดับที่ 2: ผู้บริโภคลำดับที่ 1 (กินผู้ผลิต หรือผู้บริโภคพืช)
  ลำดับที่ 3: ผู้บริโภคลำดับที่ 2 (กินผู้บริโภคพืช)
  ไปจนถึงผู้บริโภคลำดับสุดท้าย
- การถ่ายทอดพลังงาน เริ่มจากผู้ผลิตผ่านไปยังผู้บริโภคพืช แล้วต่อไปยังผู้บริโภคสัตว์
- โซ่อาหารแบบผู้ล่า (predator food chain หรือ grazing food chain): เป็นการถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตสู่ผู้บริโภคพืชและสัตว์ตามลำดับ
- โซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์ (detritus food chain): เป็นการถ่ายทอดพลังงานจากสิ่งมีชีวิตที่กินเศษซากหรืออินทรียวัตถุ (detritivore) ก่อน แล้วจึงผ่านไปยังผู้บริโภคลำดับถัดไป

# สายใยอาหารแบบเศษอินทรีย์

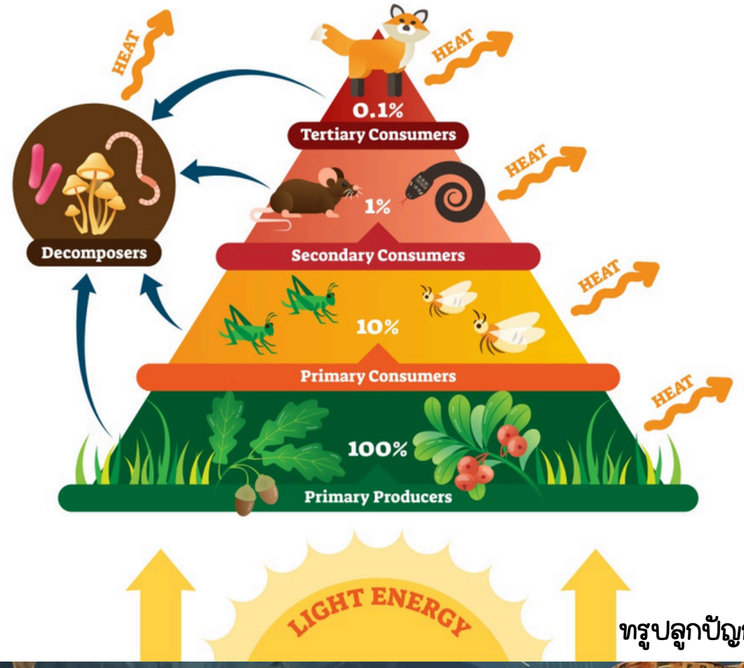
ตัวอย่างของสายใยอาหารแบบเศษอินทรีย์พบได้ในป่าชายเลน เมื่อใบไม้ร่วงหล่นลงสู่พื้นหรือผิวน้ำ จะกลายเป็น ซากสลาย (detritus) ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายโดย จุลินทรีย์ เช่น ฟังไจ แบคทีเรีย และโพรโทซัว ได้เป็นเศษซากสลายที่มีขนาดเล็กลง เศษซากสลายเหล่านี้จะถูก ผู้กินซาก ในป่าชายเลนกิน ซึ่งเป็นพวกผู้กินซากหลายชนิด เช่น ปู กุ้ง ตัวอ่อนของแมลงน้ำ หอยสองฝา หนอนตัวกลม




- การถ่ายทอดพลังงานต่อ: ปลาขนาดเล็กกินผู้กินซาก ซึ่งซากสลายที่ถูกกินโดยผู้กินซากเหล่านี้จะถูกขับถ่ายออกมาสู่สิ่งแวดล้อมไปรวมกับซากสลายอื่น ๆ และจะถูกกินและขับถ่ายหมุนเวียนไป
- การถ่ายทอดพลังงานสูงสุด: ผู้กินซากเหล่านี้จะถูกปลาผู้บริโภคลำดับถัดไปกิน โดยปลาเล็กเป็นเหยื่อของปลากินเนื้อขนาดเล็ก ซึ่งจะถูกปลากินเนื้อขนาดใหญ่กินเป็นอาหารตามลำดับขั้นการกินที่สูงขึ้น

# พีระมิดทางนิเวศวิทยา

พีระมิดทางนิเวศวิทยาแบ่งได้ 3 แบบ คือ พีระมิดจำนวน พีระมิดมวลชีวภาพ และ พีระมิดพลังงาน ซึ่งจะแสดงจำนวน มวลชีวภาพ และพลังงานในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหาร โดยการเขียนพีระมิดจะให้ผู้ผลิตอยู่บริเวณฐานพีระมิดเสมอ ส่วนผู้บริโภคลำดับต่าง ๆ จะเรียงลำดับต่อกันขึ้นไป



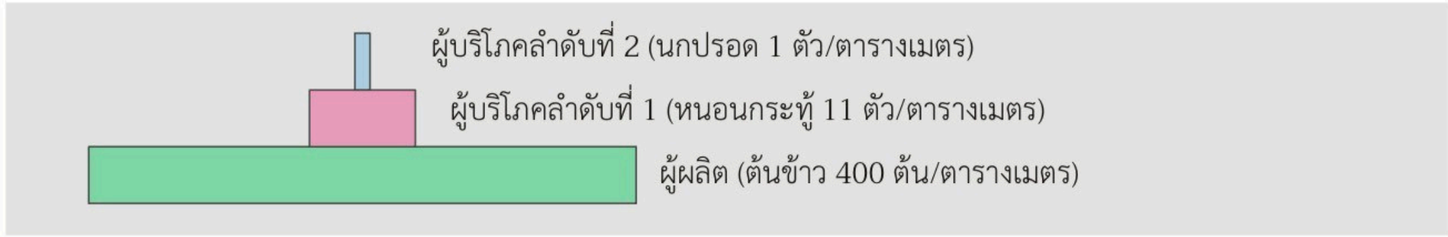

ทรูปลูกปัญญา

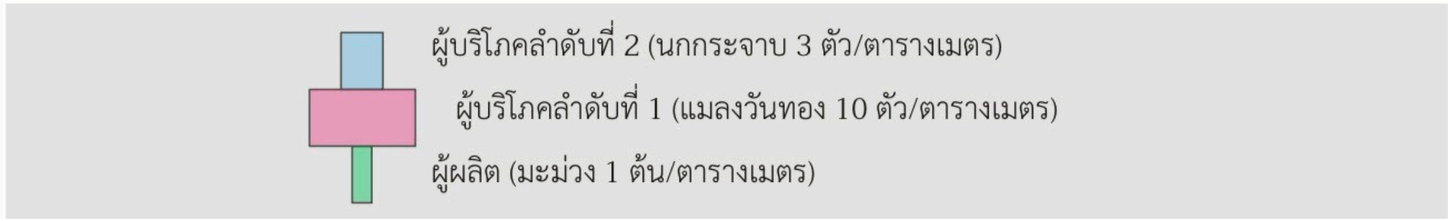
# พีระมิดทางนิเวศวิทยา

1. พีระมิดจำนวน (pyramid of numbers)

- ใช้จำนวนของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้น ๆ มาเขียนเรียงลำดับ มีหน่วยเป็นจำนวนต่อพื้นที่

(รูปภาพแสดงตัวอย่างพีระมิดจำนวน เช่น ผู้ผลิต (ต้นข้าว 400 ต้น/ตารางเมตร) ถูกผู้บริโภคลำดับที่ 1 (หนอนกระทู้ 11 ตัว/ตารางเมตร) กิน, และผู้บริโภคลำดับที่ 2 (นกกระจอก 1 ตัว/ตารางเมตร) กินหนอนกระทู้)

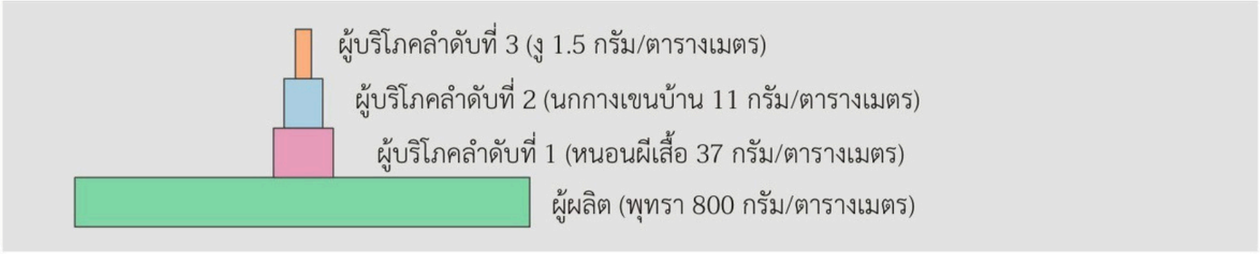


# พีระมิดทางนิเวศวิทยา

2. พีระมิดมวลชีวภาพ (pyramid of biomass)

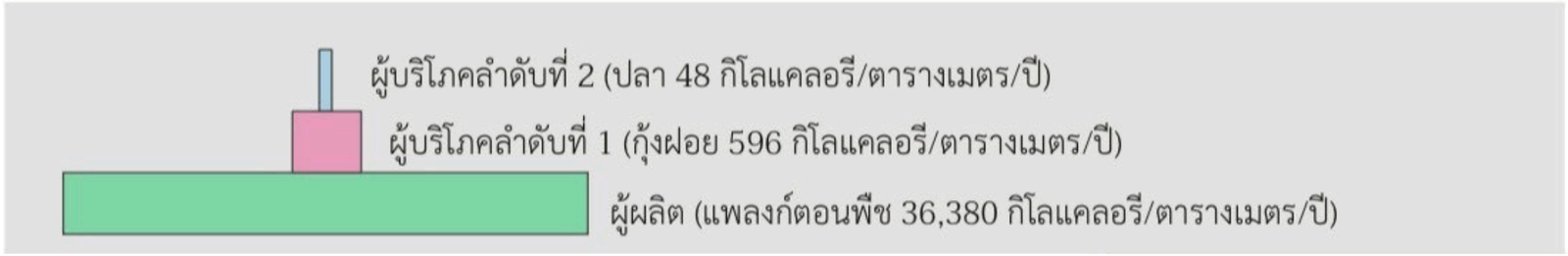
- ใช้มวลชีวภาพหรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารในรูปของน้ำหนักแห้งในการเขียนพีระมิด
- มีหน่วยเป็นกรัมต่อพื้นที่
- ในบางครั้งพีระมิดมวลชีวภาพของแหล่งน้ำอาจมีหัวกลับ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตมีมวลน้อยกว่าผู้บริโภคลำดับถัดไป แต่แพลงก์ตอนพืชในบริเวณนั้นสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว จึงเพียงพอสำหรับเป็นอาหารให้กับผู้บริโภคในระบบนิเวศนั้น



# พีระมิดทางนิเวศวิทยา

3. พีระมิดพลังงาน (pyramid of energy)

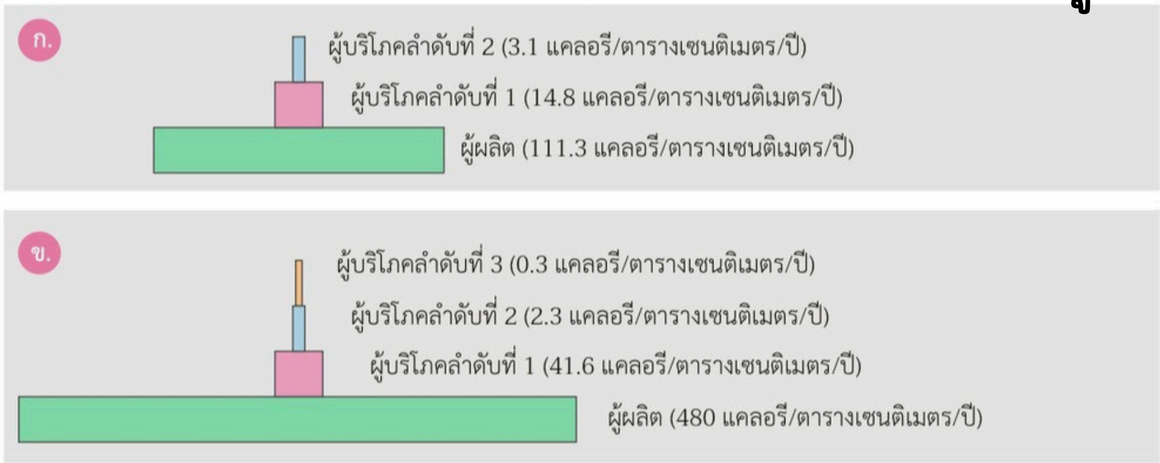
- ใช้ค่าพลังงานในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในการเขียนพีระมิด
- มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา



# การสะสมพลังงานตามลำดับขั้นการกิน

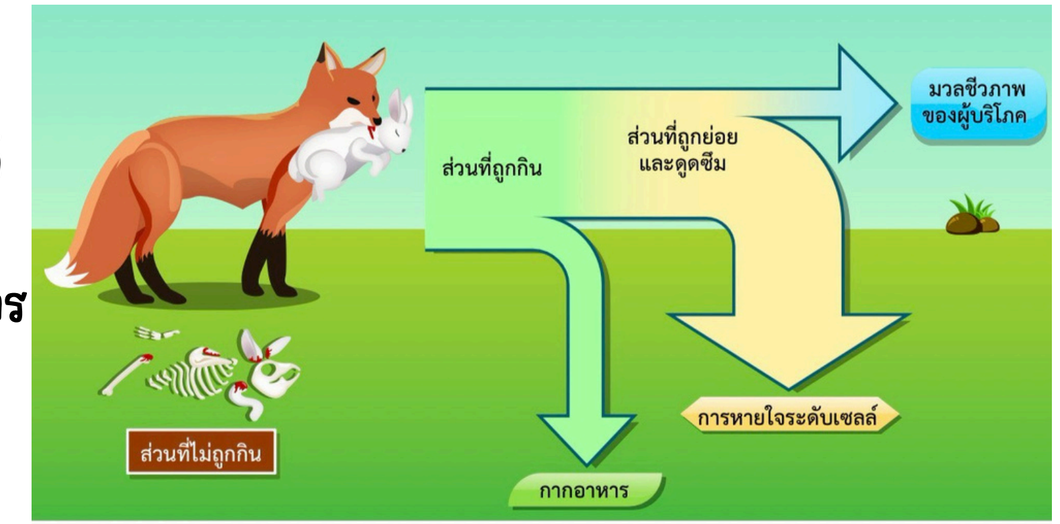
ในการถ่ายทอดพลังงานไปถึงสิ่งมีชีวิตตามลำดับขั้นการกินในโซ่อาหาร พบว่าสิ่งมีชีวิตในแต่ละขั้นจะได้รับพลังงานที่ไม่เท่ากัน

- การศึกษา: เรย์มอนด์ ลินด์แมน (Raymond Lindeman) ได้ศึกษาโซ่อาหาร หนึ่งในทะเลสาบซีดาร์บ็อก (Cedar Bog Lake) และในทะเลสาบเมนโดตา (Mendota Lake) รัฐวิสคอนซิน ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2485
- ผลการศึกษา: พบว่าพลังงานที่สะสมในสิ่งมีชีวิตจะลดลงตามลำดับขั้นที่สูงขึ้น



# ระบบนิเวศและประชากร

## การลดลงของพลังงานในการถ่ายทอด




- **พลังงานที่ลดลง:** โดยทั่วไปพลังงานที่ถูกถ่ายทอดไปยังแต่ละลำดับขั้นการกินจะไม่สามารถถ่ายทอดไปได้ทั้งหมด เนื่องจากมีส่วนที่ไม่ถูกกิน ส่วนที่ถูกกินก็ถูกนำไปใช้และไม่ได้ถูกย่อยจะถูกขับออกมาเป็นกากอาหาร ส่วนพลังงานที่ได้จากมวลชีวภาพที่ถูกย่อยนั้น ส่วนหนึ่งจะใช้ไปในกระบวนการหายใจระดับเซลล์
- **ส่วนที่เหลือ:** มีพลังงานเพียงเล็กน้อยที่จะถูกนำไปใช้สร้างมวลชีวภาพของผู้บริโภค เช่น พลังงานจากพืชที่ถ่ายทอดไปยังกวาง ซึ่งถูกจิ้งจอกแดงกิน พลังงานเริ่มต้นที่ผู้ผลิตจึงลดลงไปเรื่อย ๆ ตามลำดับขั้นการกินจนถึงผู้บริโภคลำดับสุดท้าย

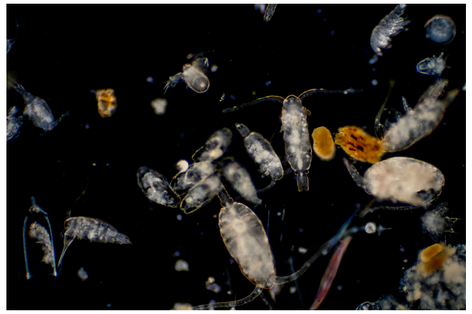
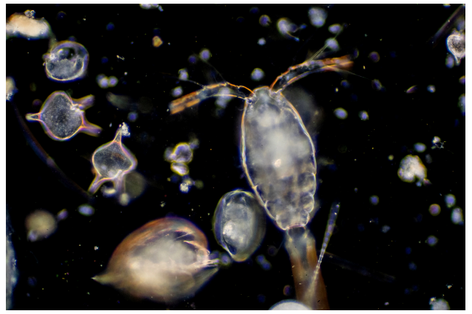
# ไบโอแมกนิฟิเคชัน (biomagnification)

- นิยาม: เป็นการสะสมของสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในสิ่งมีชีวิตในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นการกิน
- ตัวอย่าง: สารดีดีที (DDT) ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลง เมื่อเข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิต จะถูกสะสมในเนื้อเยื่อ
- ดีดีทีที่ปนเปื้อนในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ถูกถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารและมีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อย ๆ
- เริ่มจากแพลงก์ตอน -> ปลาขนาดเล็ก -> ปลาขนาดใหญ่ -> นกกินปลาเป็นอาหาร
- ผลกระทบ: สารพิษจะมีความเข้มข้นสูงสุดในเนื้อเยื่อของนกเหล่านั้น ซึ่งรบกวนการสะสมของแคลเซียม ในเปลือกไข่ ทำให้เปลือกไข่บางและเปราะ นกจึงกกไข่และแตกในระหว่างฟัก จนกระทบต่อการอยู่รอดของประชากรนกเหล่านั้นจนลดลง

# การสะสมสารพิษ และ การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ

ตัวอย่างการเกิดไบโอแมกนิฟิเคชันของปรอท

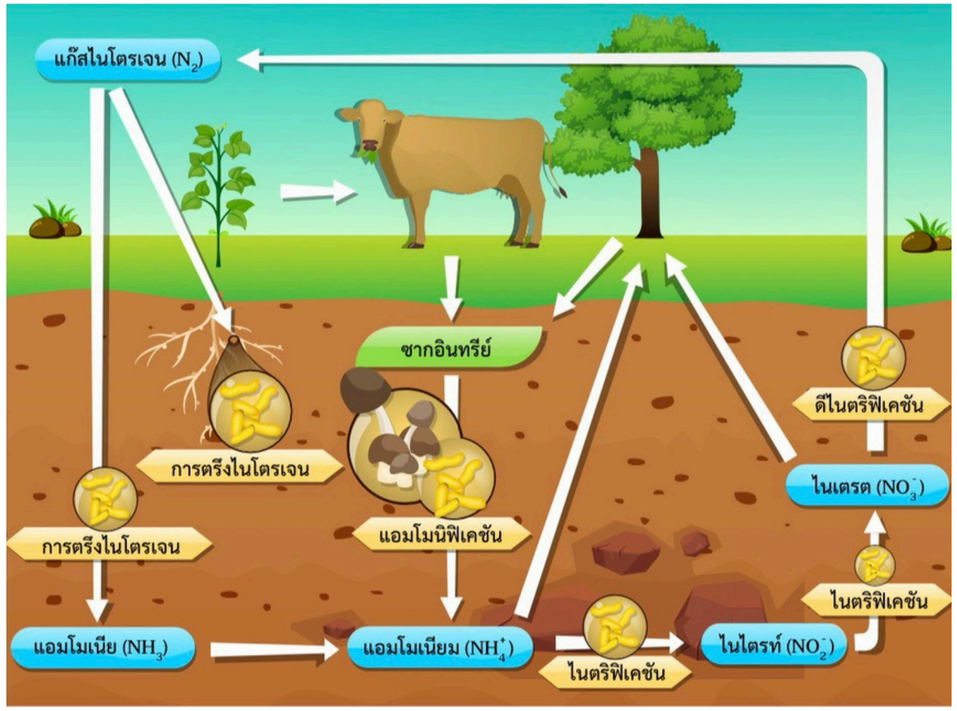
- การศึกษา: ในปี พ.ศ. 2559 ได้มีการศึกษาการสะสมของปรอทในทะเลสาบ 2 แห่ง (Lake Norsjö และ Lake Norheim)
- แหล่งที่มาของปรอท: ปรอทที่ปนเปื้อนในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1-3 นาโนกรัมต่อลิตร
- ผลการสะสม: พบว่าปรอทสะสมในสิ่งมีชีวิตไม่สลายตัว ซึ่งเป็นอาหารของ
  - แพลงก์ตอนสัตว์ (อาหารเริ่มต้น): 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
  - ปลา Perch flavescens (ผู้บริโภคลำดับถัดไป): 3.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

# วัฏจักรไนโตรเจน (nitrogen cycle)

วัฏจักรไนโตรเจน เป็นการหมุนเวียนไนโตรเจนในระบบนิเวศ ซึ่งมีกระบวนการที่สำคัญ 4 อย่าง คือ:

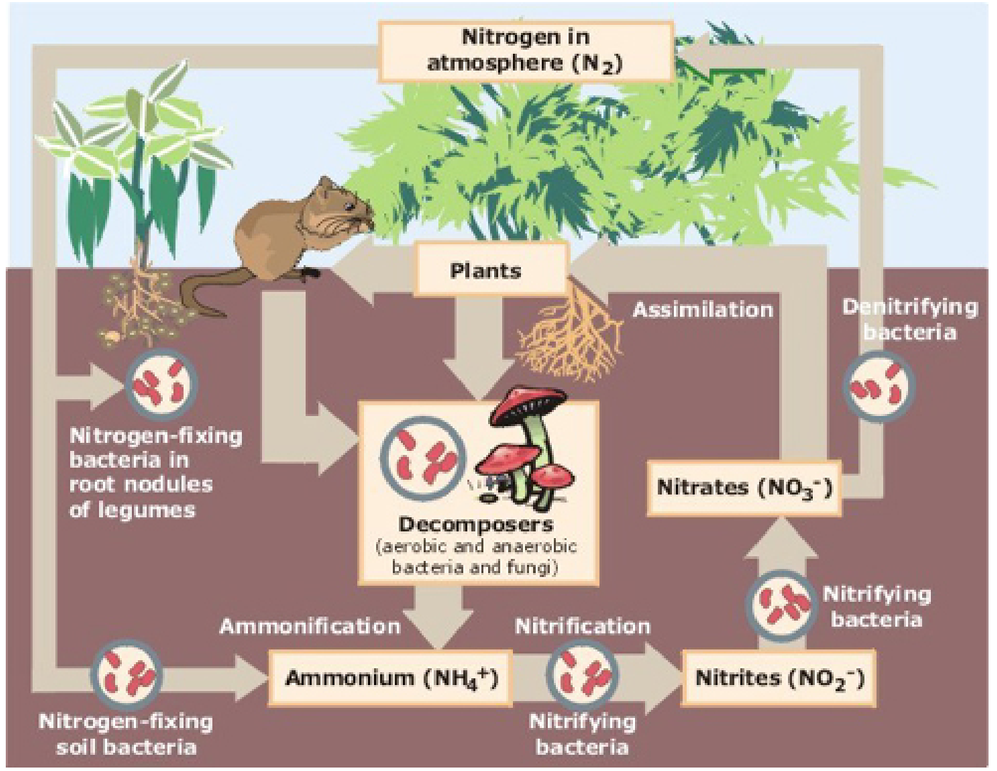
1. การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation): กระบวนการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนในอากาศ $N_2$ ให้เป็นแอมโมเนีย ($NH_3$)
2. แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification): กระบวนการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนในซากพืชซากสัตว์มาเป็นแอมโมเนีย ($NH_3$)
3. ไนตริฟิเคชัน (nitrification): กระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนีย ($NH_3$) เป็นไนไตรต์ ($NO_2$)และไนเตรต ($NO_3$)
4. ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification): กระบวนการเปลี่ยนไนเตรต ($NO_3$) กลับเป็นแก๊สไนโตรเจน $N_2$ ในบรรยากาศ



# บทบาทของสิ่งมีชีวิตในวัฏจักรไนโตรเจน:

การตรึงไนโตรเจน:

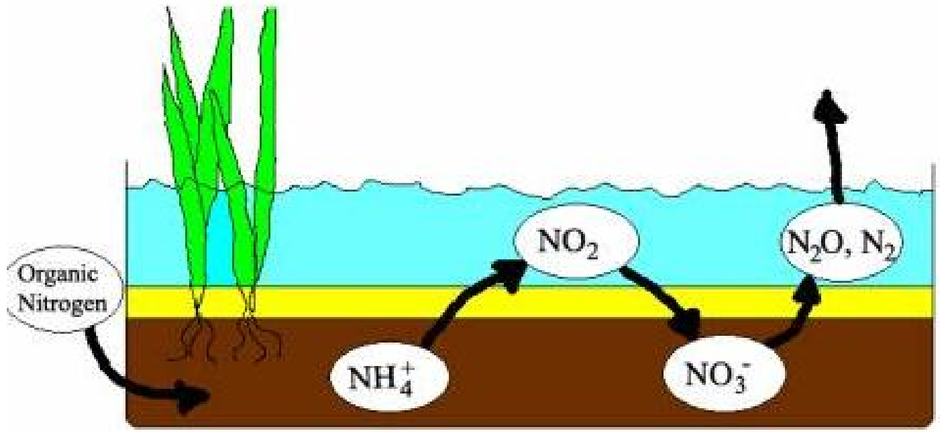
- ในบรรยากาศมีแก๊สไนโตรเจน ประมาณ 78% ซึ่งสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง
- ต้องมีแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจน เช่น แบคทีเรียในจีนัส Rhizobium ที่อาศัยอยู่ในรากของพืชตระกูลถั่ว หรือแบคทีเรีย Azotobacter ที่อยู่ในดิน
- นอกจากนี้ในดินยังมีสารประกอบไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์จากซากอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้จะผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันโดยแบคทีเรีย เพื่อเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม ($NH_4^+$)



# บทบาทของสิ่งมีชีวิตในวัฏจักรไนโตรเจน:

ไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน:

- แอมโมเนียม ($NH_4^+$) จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียบางชนิดไปเป็นไนไตรต์ ($NO_2^-$) และไนเตรต ($NO_3^-$) ตามลำดับ โดยกระบวนการนี้เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน
- พืชสามารถใช้ไนโตรเจนได้ทั้งในรูปของไนเตรตและแอมโมเนียม โดยไนเตรตถูกนำไปใช้มากที่สุด
- ไนโตรเจนบางส่วนใหญ่ นอกจากไนเตรตจะถูกพืชใช้แล้ว ยังสามารถผ่านกระบวนการ ดีไนตริฟิเคชัน โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ซึ่งมักเกิดในดินหรือใต้ทะเลลึก เปลี่ยนไนโตรเจนกลับเป็น $N_2$ ออกสู่บรรยากาศ




Wetland Nitrogen Cycle (Gooselink,2001)

# เกร็ดความรู้ (รู้หรือไม่)

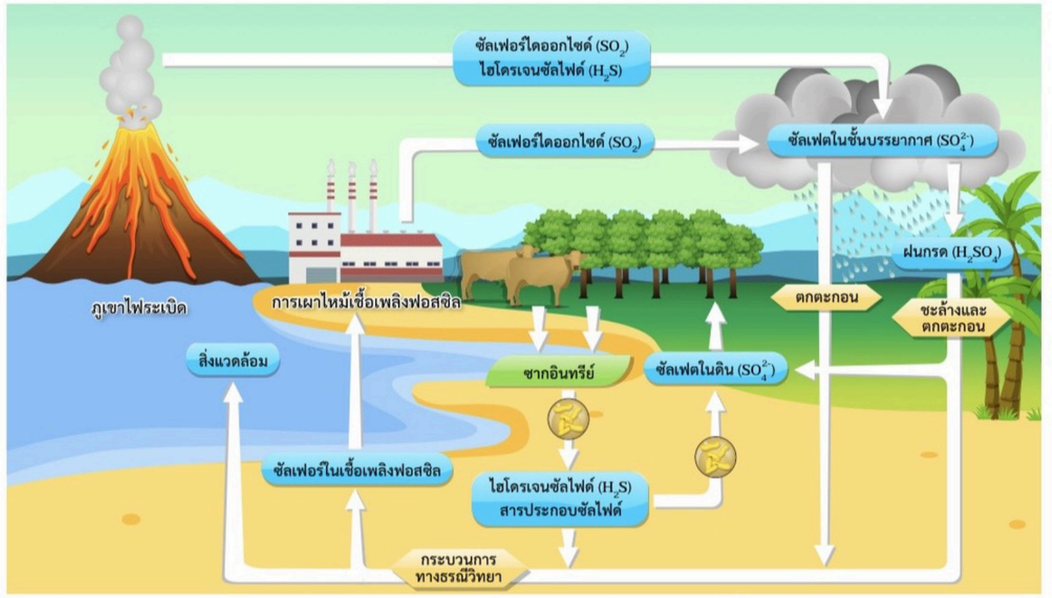
ไนโตรเจนอาจเกิดขึ้นได้จากการเกิดฟ้าผ่า กระแสไฟฟ้าในอากาศจะทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน กลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เมื่ออยู่ในอากาศ NO จะรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนกลายเป็น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในบรรยากาศเกิดเป็นกรดไนตริก $HNO_3$ เมื่อทำปฏิกิริยากับไอออนบวกในดินจะเกิดเป็นไนเตรตที่พืชจึงนำไปใช้ได้

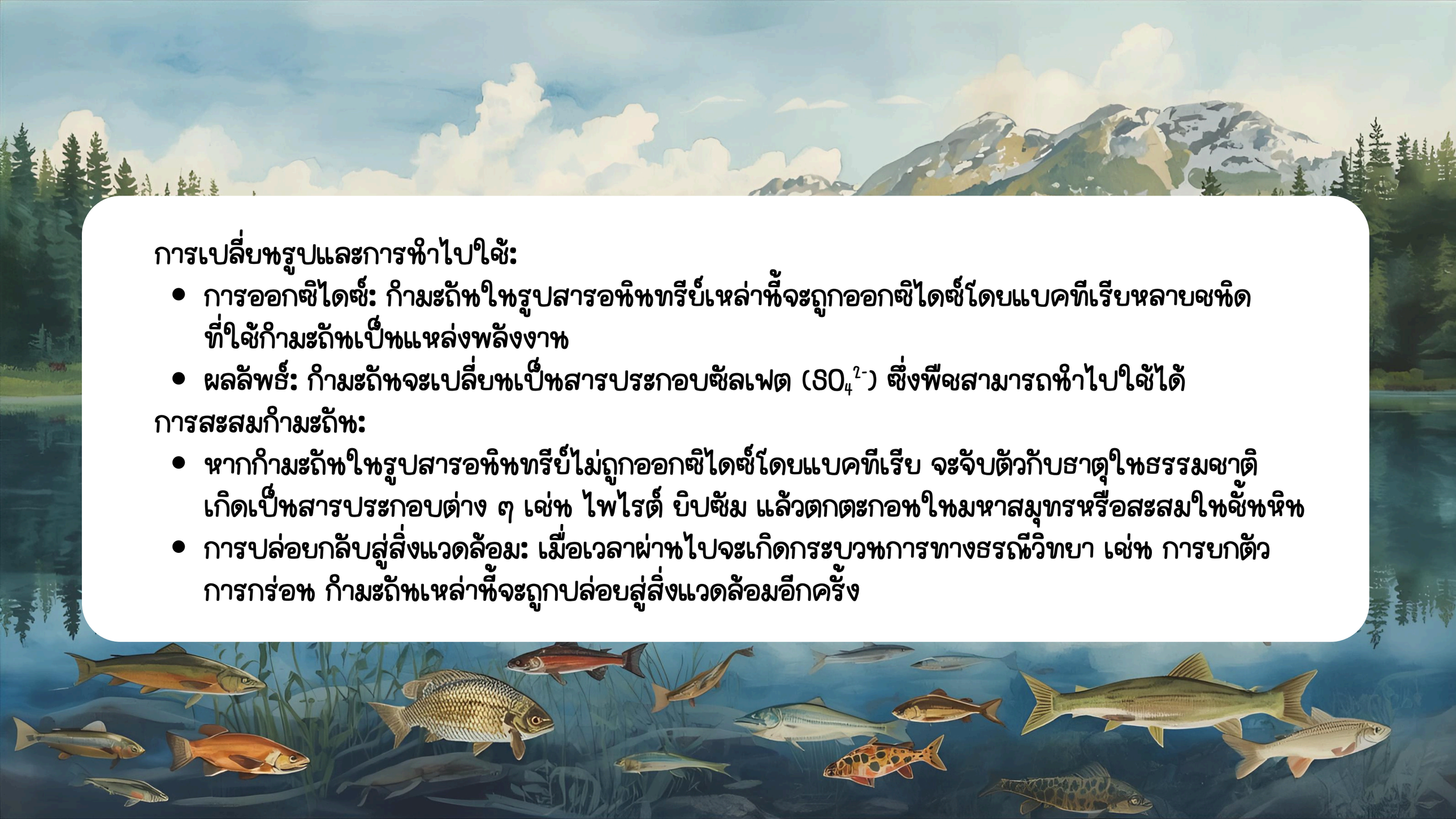
# วัฏจักรกำมะถัน (Sulfur Cycle)

กำมะถัน (ซัลเฟอร์) เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนและกรดอะมิโน

แหล่งที่มาของการปล่อยกำมะถันสู่บรรยากาศ:

- ปรากฏการณ์ธรรมชาติ: เมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิด จะมีการปล่อยกำมะถันในรูปของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$)
- กิจกรรมของมนุษย์: การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
- การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต: เกิดจากการย่อยสลายโดยแบคทีเรียหลายชนิด ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) และเปลี่ยนกำมะถันในรูปสารอินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) หรือสารประกอบซัลไฟด์อื่น ๆ เป็นต้น





การเปลี่ยนรูปและการนำไปใช้:

- การออกซิไดซ์: กำมะถันในรูปสารอนินทรีย์เหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียหลายชนิด ที่ใช้กำมะถันเป็นแหล่งพลังงาน
- ผลลัพธ์: กำมะถันจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้

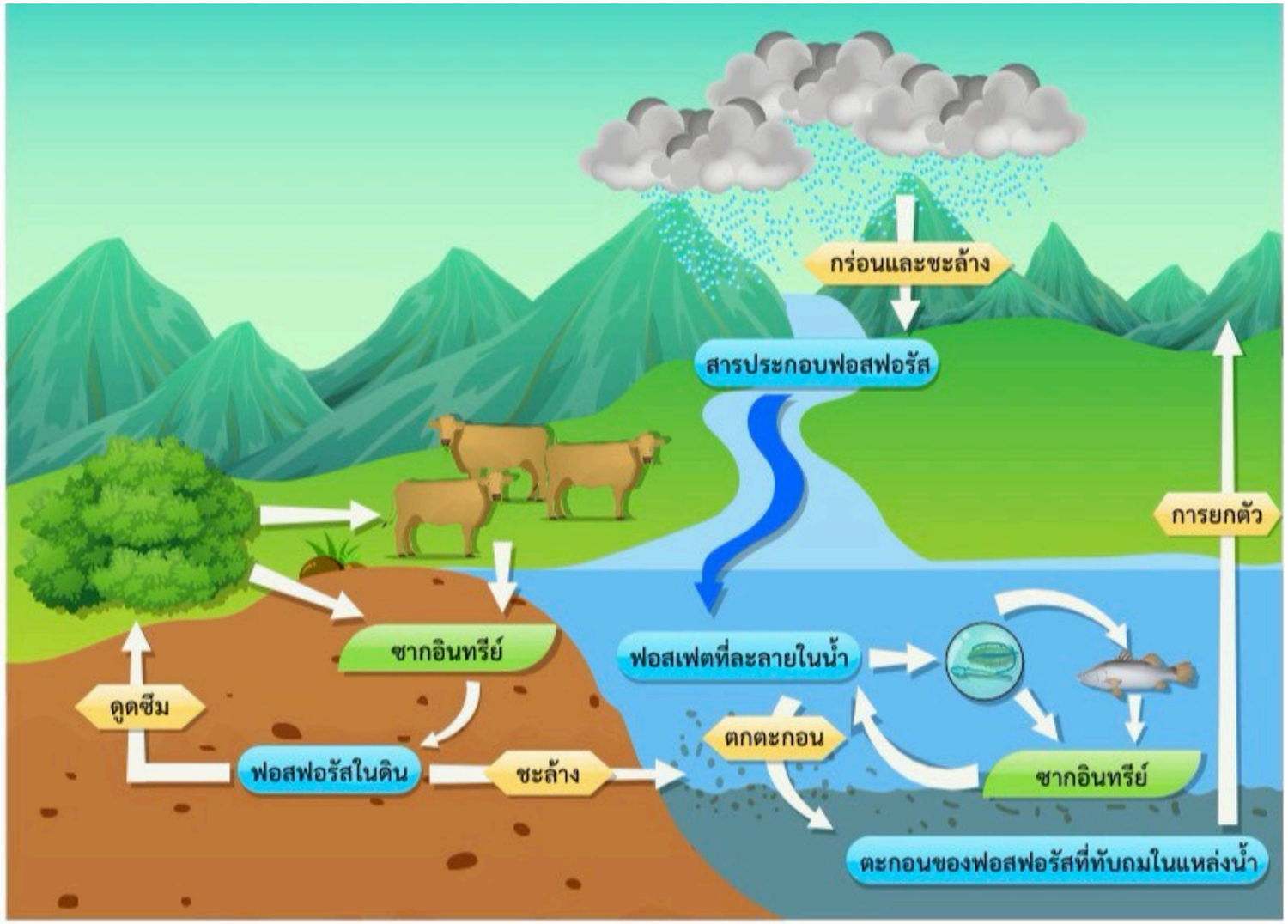
การสะสมกำมะถัน:

- หากกำมะถันในรูปสารอนินทรีย์ไม่ถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย จะจับตัวกับธาตุในธรรมชาติ เกิดเป็นสารประกอบต่าง ๆ เช่น ไพไรต์ ยิปซัม แล้วตกตะกอนในมหาสมุทรหรือสะสมในชั้นหิน
- การปล่อยกลับสู่สิ่งแวดล้อม: เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดกระบวนการทางธรณีวิทยา เช่น การยกตัว การกร่อน กำมะถันเหล่านี้จะถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมอีกครั้ง

# วัฏจักรฟอสฟอรัส (phosphorus cycle)

กระบวนการในวัฏจักร:

1. การเริ่มต้น: วัฏจักรฟอสฟอรัสเริ่มต้นขึ้นเมื่อหินหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ในดินที่ประกอบด้วยแร่หรือสารประกอบของฟอสฟอรัสเกิดการผุพังและพังทลายโดยกระแสลมและน้ำ ทำให้แตกตัวไปเป็นสารประกอบฟอสเฟต ($PO_4^{3-}$)
2. การเคลื่อนย้าย: เมื่อฟอสเฟตละลายลงสู่ผิวดินและน้ำ จะจับตัวกับอนุภาคดิน ไอออนของโลหะบางชนิดหรืออนุภาคของสารอินทรีย์
3. การนำไปใช้: พืชจะดูดซึมฟอสเฟตไปใช้
4. การถ่ายทอด: เมื่อสัตว์กินพืช จะได้รับฟอสฟอรัสจากพืช และปล่อยออกมาพร้อมของเสีย จากนั้นเมื่อพืชและสัตว์ตาย จะเกิดการทับถมหรือชะล้างไปสู่แหล่งต่าง ๆ เช่น พื้นดิน มหาสมุทร แหล่งน้ำต่าง ๆ
5. การสะสม: สารประกอบของฟอสฟอรัสจะตกตะกอนและสะสมในสิ่งแวดล้อม


กร่อนและชะล้าง
สารประกอบฟอสฟอรัส
การยกตัว
ซากอินทรีย์
ดูดซึม
ฟอสฟอรัสในดิน
ชะล้าง
ฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ
ตกตะกอน
ซากอินทรีย์
ตะกอนของฟอสฟอรัสที่ทับถมในแหล่งน้ำ