

บทที่ 5

การรักษาสมดุลของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศแต่ละระบบมีชนิดและจำนวนของสสารและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่แตกต่างกัน แต่สิ่งเหล่านั้นมีบทบาทในการรักษาสมดุลของระบบเช่นเดียวกัน เช่น ผู้ผลิตของป่าไม่มีชีวมวล (biomass) สูง ในขณะที่ผู้ผลิตของทะเลมีอัตราการเกิดขึ้นแทนที่ (turn over) สูง เพื่อให้ผู้บริโภคในแต่ละระบบมีอาหารเพียงพอภายใต้สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเป็นนิเวศบกหรือนิเวศน้ำ ผู้ผลิต ผู้บริโภคและผู้ย่อยสลายต่างทำหน้าที่ของตนเองเพื่อพยายามรักษาสมดุลของระบบไว้

เมื่อสิ่งมีชีวิตใดก็ตามดึงสารและพลังงานไปจากสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตนั้นก็ต้องการคืนสารและพลังงานกลับสู่สิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน ระบบนิเวศจึงจะเกิดดุลยภาพได้ เมื่อใดที่มีการนำเอาสารและพลังงานเข้าระบบหนึ่ง ๆ มากเกินไป ระบบนั้นจะไม่เสถียรภาพและเกิดการเปลี่ยนแปลงไป หากแต่ถ้าดึงสารและพลังงานออกจากระบบมากเกินไป ระบบนั้นจะเริ่มล่มสลาย

1. ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต

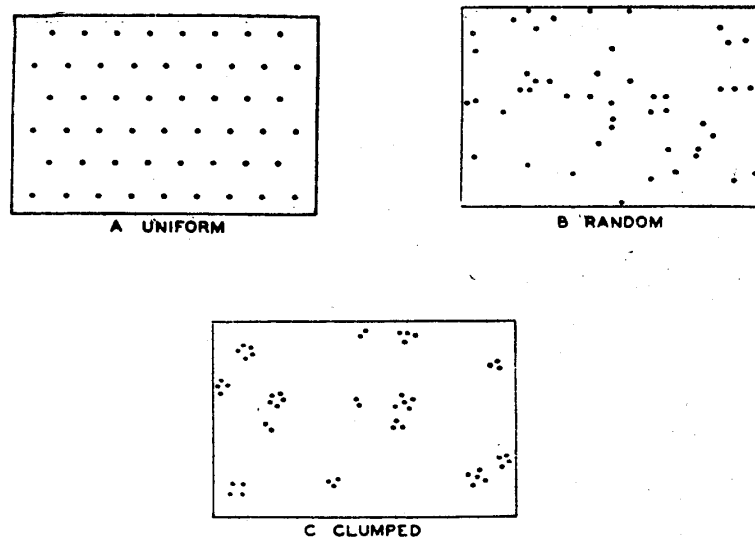
สิ่งมีชีวิตมีการกระจายตัวที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ แต่ละสภาพแวดล้อมทั้งนี้ เพราะมันมีความต้องการต่าง ๆ มี niche ที่แตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคจะมีการกระจายตัวสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของมัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมีการกระจายตัวออกจากกันตามทรัพยากรที่มันต้องการ อาจแบ่งระดับความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตได้เป็น

1.1 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (Intraspecific relationship)

1.2 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน (Interspecific relationship)

1.1 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (Intraspecific relationship)

การรวมกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันทำให้เกิดการแข่งขัน (Competition) การติดต่อสื่อสาร (Communication) และความสัมพันธ์เชิงสังคม (Social interaction) ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด เกิดลักษณะการกระจายตัวที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตแต่ละตัวในประชากรใด ๆ มีแนวโน้มที่มีการกระจายอยู่ 3 ลักษณะ คือ 1. แบบสม่ำเสมอ (Uniform) 2. แบบกระจาย (Random) 3. แบบเป็นกลุ่ม (Clumped)



รูปที่ 5.1 การแพร่กระจายของประชากร (population dispersion) แบบต่าง ๆ

คือ แบบสม่ำเสมอ (Uniform) แบบกระจาย (Random)

และแบบเป็นกลุ่ม (Clumped)

ที่มา : Odum, 1983

1. แบบสม่ำเสมอ (Uniform) เกิดขึ้นเมื่อมีการแก่งแย่งกัน (competition) ระหว่างสิ่งมีชีวิตแต่ละตัว เนื่องจากมีทรัพยากรจำกัด พบไม่บ่อย เช่น การจองพื้นที่ทำรังของนก

2. แบบกระจาย (Random) การกระจายแบบนี้พบยากตามธรรมชาติ เกิดขึ้นในที่ที่มีสภาพแวดล้อมคงที่เท่านั้น และไม่มีแนวโน้มที่จะรวมกันเลย เช่น การกระจายตัวของต้นไทรในป่าที่อุดมสมบูรณ์

3. แบบเป็นกลุ่ม (Clumped) เป็นแบบที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มโดยไม่สม่ำเสมอ เป็นแบบที่พบบ่อยที่สุดในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตจะไปรวมกันอยู่บริเวณที่มีทรัพยากรที่ต้องการ หรือบริเวณที่ปลอดภัย เช่น ฝูงปลา

1.2 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน (Interspecific relationship)

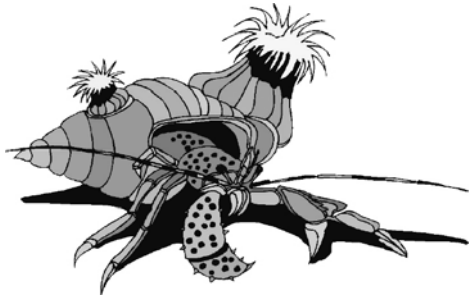
สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันมีความสัมพันธ์กันในแง่การถ่ายทอดพลังงานและมวลสาร ความสัมพันธ์เหล่านี้อาจเป็นความสัมพันธ์ชั่วคราว หรือความสัมพันธ์แบบอยู่ร่วมกันตลอดเวลา

1. Neutralism สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันนั้น ไม่มีใครได้รับหรือเสียประโยชน์จากกันและกันโดยตรง และเมื่อแยกทางจากกันก็ไม่มีใครได้รับหรือเสียประโยชน์เช่นกัน เช่น สิ่งโตกับพุ่มไม้เตี้ย นกกินปลีกับกวาวดาว



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งโตกับพุ่มไม้

2. Protocooperation สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่เมื่ออาศัยอยู่ร่วมกันต่างก็ได้รับประโยชน์จากกันและกัน แต่ไม่จำเป็นต้องอยู่ร่วมกันเสมอไป แม้แยกกันอยู่ก็สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้เช่น ปูเสฉวนกับดอกไม้ทะเล ดอกไม้ทะเลจะเกาะอยู่บนเปลือกของปูเสฉวน สามารถเคลื่อนที่ไปหาแหล่งอาหารใหม่ ๆ ได้ และยังได้รับอาหารบางส่วนจากปูเสฉวนด้วย ในขณะที่ปูเสฉวนก็ใช้ดอกไม้ทะเลช่วยพรางตัวได้ ความสัมพันธ์ระหว่างผีเสื้อและดอกไม้ ความสัมพันธ์ระหว่างมดดำและเพลี้ย

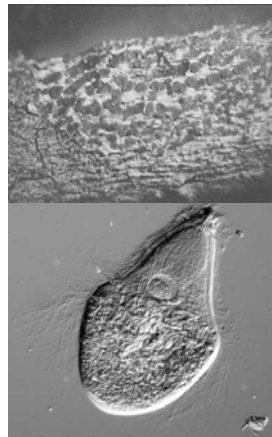
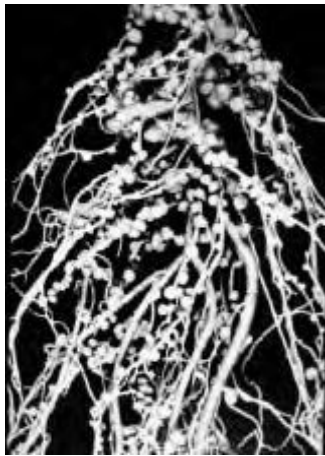


รูปที่ 5.3 ปูเสฉวนกับดอกไม้ทะเล ฝีเสื้อและดอกไม้ มดดำกับเพลี้ย

3. Mutualism สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่เมื่ออาศัยอยู่ร่วมกัน ต่างฝ่ายต่างก็ได้รับประโยชน์จากกันและกัน แต่หากแยกกันจะไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ เช่น

- ไลเคนส์ (Lichens) ซึ่งเป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างรากับสาหร่ายสีเขียว โดยรากจะได้รับอาหารจากสาหร่ายสีเขียว ซึ่งสามารถสร้างอาหารได้เอง ส่วนสาหร่ายก็ได้รับความชื้นจากราก

- แบคทีเรียไรโซเบียมในปมรากถั่ว
- โปรโตซัวไตรโคนิมฟาในทางเดินอาหารปลวก



รูปที่ 5.4 ไรโซเบียมที่ปมรากถั่ว ไลเคนและไตรโคนิมฟา

4. Commensalism เมื่ออยู่ร่วมกันฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ เมื่อแยกจากกันตัวที่ไม่ได้ไม่เสียประโยชน์จะเหมือนเดิม แต่ฝ่ายที่เคยได้รับประโยชน์จะไม่ได้อะไรแทนหรืออาจจะเสียประโยชน์เมื่อไม่ได้อยู่รวมกันกับผู้อื่น เช่น

- กล้วยไม้บนต้นไม้ กล้วยไม้เป็นพืชที่เกาะอยู่บนต้นไม้อื่น ๆ โดยไม่ชอบไชรากลงไปเพื่อแย่งน้ำหรืออาหารจากต้นไม้

- เหาฉลามกับปลาฉลาม เหาฉลามจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับปลาฉลามและได้รับอาหารที่เหลือจากปลาฉลามด้วย ส่วนปลาฉลามก็ไม่ได้หรือเสียประโยชน์อะไร



ปลาเหาฉลามเกาะติดอยู่กับปลาฉลาม



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์แบบ commensalism

5. Predation เมื่ออาศัยอยู่ร่วมกัน ฝ่ายหนึ่งที่เป็นผู้ล่า (predator) จะได้ประโยชน์ ส่วนเหยื่อ (prey) จะเสียประโยชน์โดยการสูญเสียอวัยวะ ชี้นส่วนหรือเสียชีวิต แต่เมื่อแยกจากกันผู้ล่าจะเสียประโยชน์ ส่วนเหยื่ออาจไม่ได้ไม่เสียอะไร หรืออาจได้ประโยชน์จากการแยกกันอยู่เช่น

- แมลงกับนก นก (ผู้ล่า) จิกแมลง (เหยื่อ) กินเป็นอาหาร นกจึงได้ประโยชน์ ส่วนแมลงเสียประโยชน์

- นกกับมนุษย์ มนุษย์เป็นผู้ล่า นกเป็นอาหาร มนุษย์จึงได้ประโยชน์ ส่วนนกเป็นเหยื่อจึงเสียประโยชน์

สิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ ในระบบนิเวศอาจเป็นได้ทั้งผู้ล่าและเหยื่อ ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถควบคุมปริมาณซึ่งกันและกันให้อยู่ในภาวะสมดุล

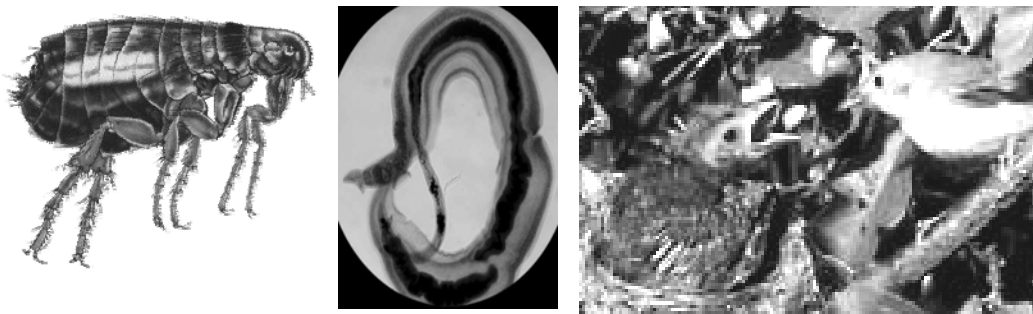


รูปที่ 5.6 การล่าเหยื่อ

โดยทั่วไปความสัมพันธ์รูปแบบนี้จะทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีเหยื่อ-ผู้ล่าที่มีความจำเป็นเกิดการปรับตัวในรูปแบบที่สัมพันธ์กันเช่น เมื่อผู้ล่ามากขึ้นเหยื่อพยายามอยู่รอดด้วยการเพิ่มปริมาณลูกหลานครั้งละมาก ๆ หรือเลี่ยงการถูกกินด้วยการเพิ่มขนาด หรือเปลี่ยนแปลงสรีระให้เหมาะสมต่อการหนี อย่างไรก็ตามในระบบนิเวศที่สมดุลจะพบว่า จำนวนผู้ล่าและเหยื่อนั้นมีความสัมพันธ์กันเสมอ

6. Parasitism เมื่ออาศัยอยู่ร่วมกัน ฝ่ายที่ได้รับประโยชน์เรียกว่า ปรสิต (parasite) ส่วนฝ่ายที่เสียประโยชน์เรียกว่า ผู้ถูกอาศัย (host) เมื่อแยกทางจากกันปรสิตมักจะดำรงชีวิตได้ไม่ดี หรือไม่อาจดำรงชีวิตได้เลย ส่วนผู้ถูกอาศัยไม่ได้ไม่เสียอะไรจากการแยกกันอยู่ เช่น

- เห็บกับสุนัข เห็บเป็นปรสิตภายนอก (ectoparasite)
- พยาธิกับมนุษย์ พยาธิเป็นปรสิตภายใน (endoparasite)
- ปรสิตสังคม (social parasite) เช่น การวางไข่ในรังนกอื่นของนกกาเหว่า



รูปที่ 5.7 ปรสิตต่าง ๆ

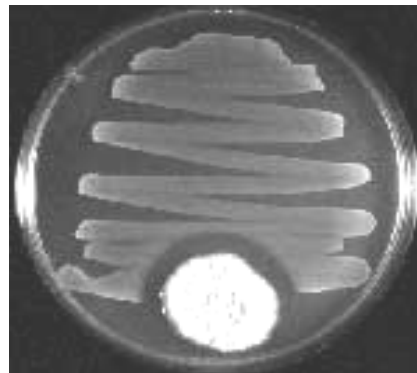
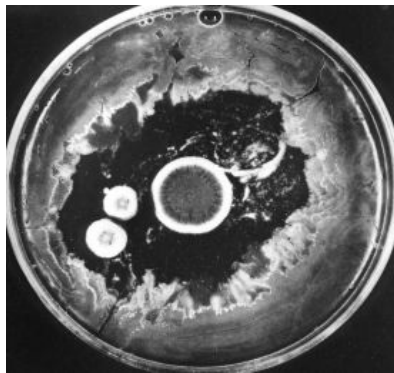
7. Parasitoid สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจะล่าสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เพื่อใช้เป็นพื้นที่วางไข่ และเป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวอ่อน เช่น

- ต่อเบียน ที่จะวางไข่ไว้บนหนอนผีเสื้อ เมื่อหนอนเข้าดักแด้ ตัวอ่อนของต่อจะฟักและกินหนอนผีเสื้อเป็นอาหาร



รูปที่ 5.8 การวางไข่ของแมลงเบียนบนตัวอ่อนของแมลงอื่น

- 8. Amensalism** เมื่ออาศัยอยู่ร่วมกัน จะมีฝ่ายหนึ่งเป็นผู้เสียประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้ไม่เสียประโยชน์อะไร เมื่อแยกจากกันต่างฝ่ายต่างดำรงชีวิตอยู่ได้ตามปกติ เช่น
- ราสร้างสาร antibiotic ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (บางครั้งเรียกภาวะ Antibioticism หรือ Allelopathism)
 - ต้นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ บังแสงต้นไม้พุ่มเตี้ยที่ขึ้นบริเวณโคนต้น ทำให้ต้นไม้เล็ก ๆ ไม่สามารถเติบโตได้



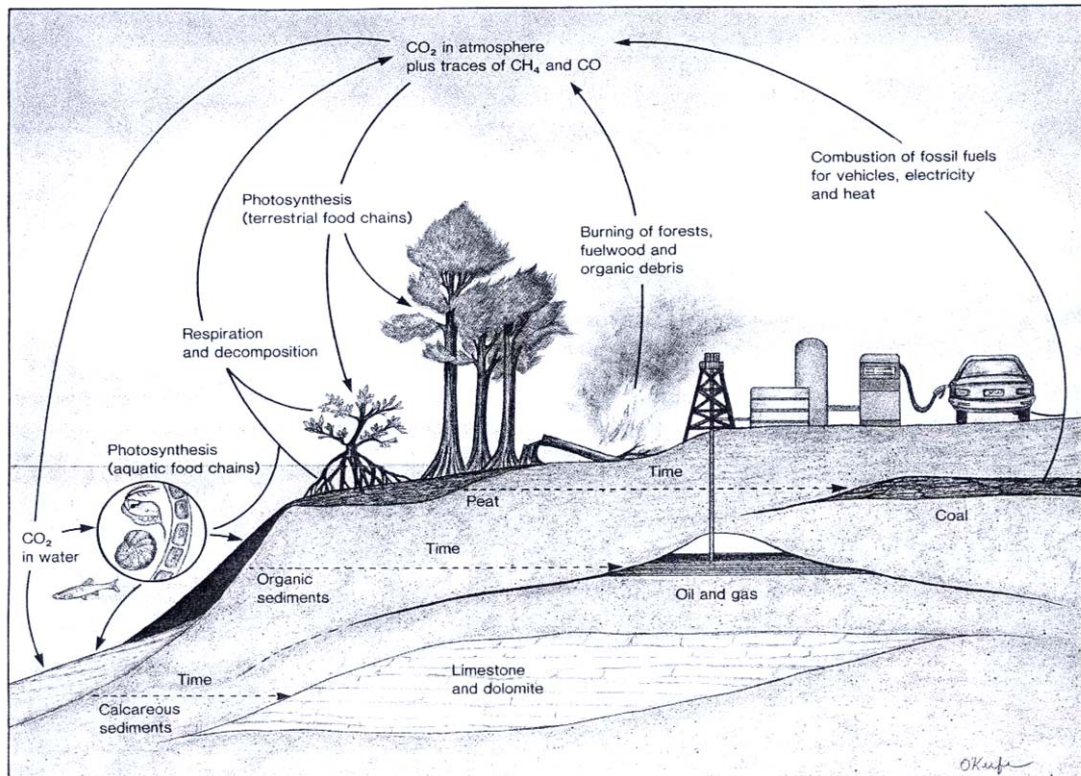
รูปที่ 5.9 การสร้างสารปฏิชีวนะของราไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

- 9. Competition** เมื่อสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน แล้วทั้งสองฝ่ายต่างเสียประโยชน์เนื่องจากมี niche ที่เหมือน ๆ กัน เช่น
- กระต่ายกับวัว ที่อาศัยอยู่ในทุ่งหญ้าเดียวกัน
 - กระรอกและนกหัวขวาน ต้องการโพรงในการทำรัง

2. การหมุนเวียนของคาร์บอน (Carbon Cycle)

ธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์สารในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ฯลฯ และยังเป็นสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบนิเวศ ในบรรยากาศ การหมุนเวียนของธาตุคาร์บอน เริ่มด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ละลายในน้ำฝน ทำให้น้ำฝนมีสภาพเป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอย่างอ่อน ไหลผ่านซาก

อินทรีย์ ดิน ตลอดจนหินชั้นต่าง ๆ ทำให้เกิดการสลายของหิน และเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็น แคลเซียมไบคาร์บอเนตสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ พืชน้ำสามารถใช้ได้ทันที ส่วนพืชบกจะได้รับ คาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของพืช สัตว์ จุลินทรีย์ จากการเผาไหม้ ของเชื้อเพลิงต่าง ๆ ดังนั้นธาตุคาร์บอน จึงหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศอย่างสมดุล

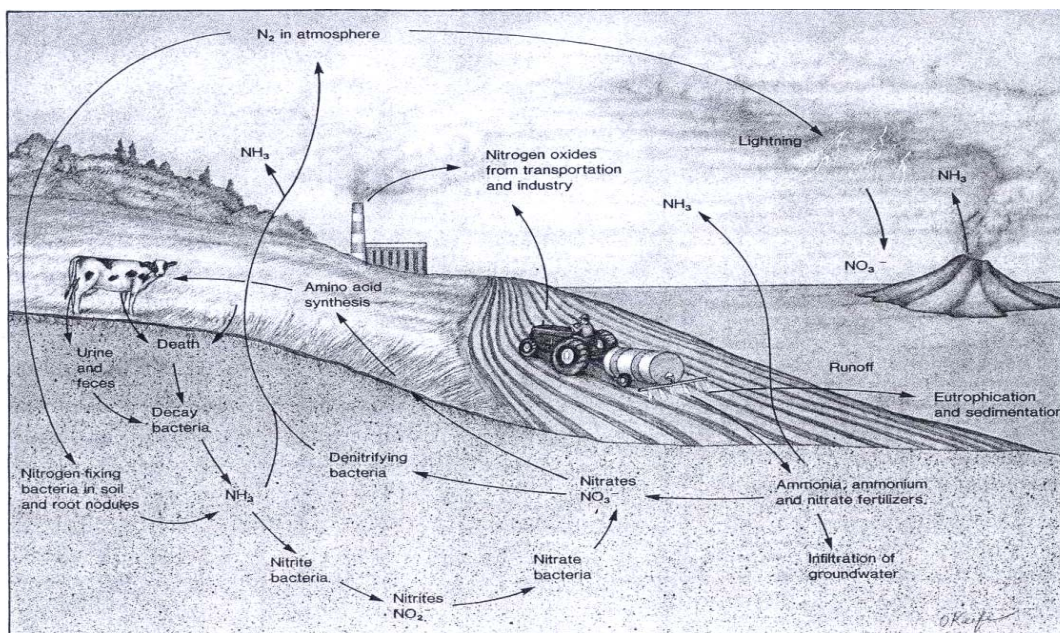


รูปที่ 5.10 วัฏจักรของคาร์บอน

ปัจจุบันคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่าภาวะปกติตามธรรมชาติอย่างมาก เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้รถยนต์พาหนะที่เพิ่มขึ้น การใช้สารเคมีบางอย่างที่เพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ประกอบกับการลดปริมาณของต้นไม้และป่าไม้ ซึ่งเกินกว่าที่ธรรมชาติจะปรับสภาพให้สมดุลได้ทัน จึงเกิดปัญหามลภาวะอากาศตามมา

3. การหมุนเวียนของไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างโปรตีนของสิ่งมีชีวิต โดยเป็นส่วนประกอบหลักของโปรตีน ในบรรยากาศมีก๊าซไนโตรเจน ประมาณร้อยละ 78 แต่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง แต่จะใช้ได้เมื่ออยู่ในสภาพของสารประกอบแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรท ไนโตรเจนในบรรยากาศ จึงต้องเปลี่ยนรูปให้อยู่ในสภาพที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะใช้ได้



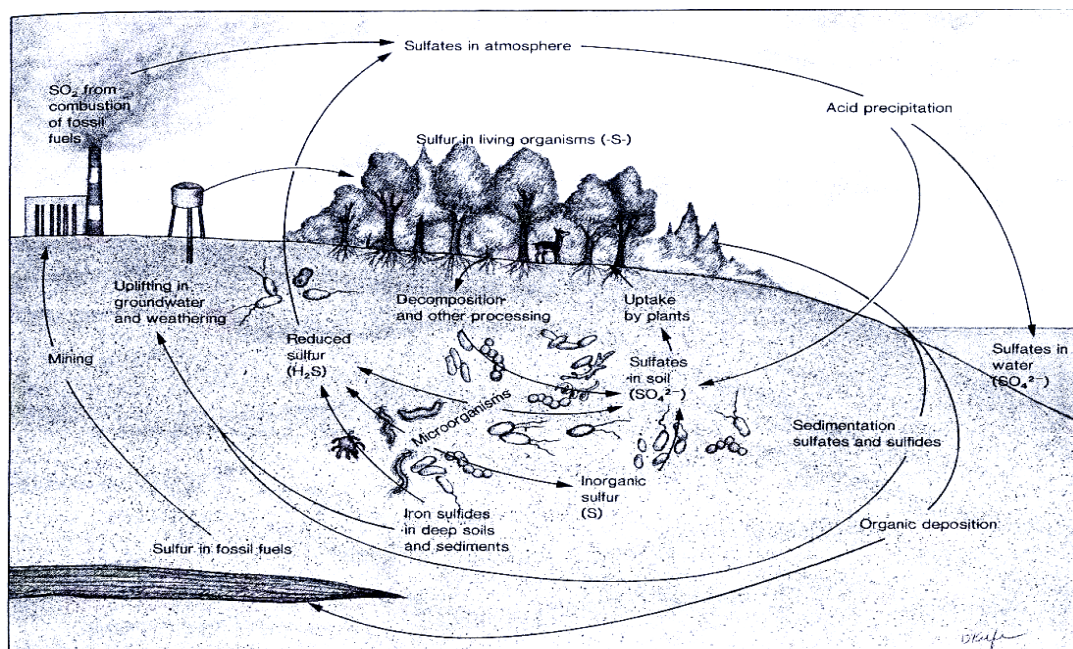
รูปที่ 5.11 วงจรของไนโตรเจน

วัฏจักรนี้จึงประกอบด้วยกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) กระบวนการสร้างแอมโมเนีย (Ammonification) กระบวนการสร้างไนเตรด (Nitrification) และกระบวนการสร้างไนโตรเจน (Denitrification) กระบวนการเหล่านี้จะต้องอาศัยแบคทีเรีย จุลินทรีย์อื่น ๆ จำนวนมาก จึงทำให้เกิดสมดุลของวัฏจักรไนโตรเจน นอกจากจะถูกตรึง โดยสิ่งมีชีวิตแล้ว ไนโตรเจนในบรรยากาศยังถูกตรึงจากธรรมชาติอีกด้วย เป็นต้นว่า เมื่อเกิดฟ้าแลบขึ้นมา ไนโตรเจนในท้องฟ้าจะเปลี่ยนแปลงทางเคมี ฟิสิกส์ ก่อให้เกิดสารประกอบไนเตรดขึ้นมา จากนั้นจะถูกน้ำฝนชะพาลงสู่พื้นดินต่อไป

ธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลักของอากาศที่ห่อหุ้มโลก สารประกอบไนโตรเจนจะมีอยู่ในดิน ในน้ำ สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างโปรตีนสำหรับการเจริญเติบโต พืชไม่สามารถนำไนโตรเจนที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในอากาศมาใช้ได้ แต่พืชใช้ไนโตรเจนในรูปของสารประกอบ ได้แก่ แกลิโอแอมโมเนีย แกลิโอไนไตรต์ แกลิโอไนเตรด เพื่อนำไปสร้างสารประกอบต่าง ๆ ในเซลล์ ส่วนสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากการกินอาหารที่ต่อเนื่องมาเป็นลำดับ ซึ่งจะมีการถ่ายทอดจากพืชมาตามห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร การขับถ่ายของสัตว์ ซึ่งสารขับถ่ายอยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจน คือ แอมโมเนีย ทำให้มีไนโตรเจนกลับคืนสู่บรรยากาศเช่นกัน

4. วัฏจักรของซัลเฟอร์ (Sulfur Cycle)

ซัลเฟอร์ หรือกำมะถัน เป็นธาตุที่สำคัญในการเจริญเติบโต และเมตาโบลิซึม ของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น ถ้าขาดกำมะถันจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ กำมะถันที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในสภาพของแร่ธาตุ และในสภาพของสารประกอบหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และซัลเฟต



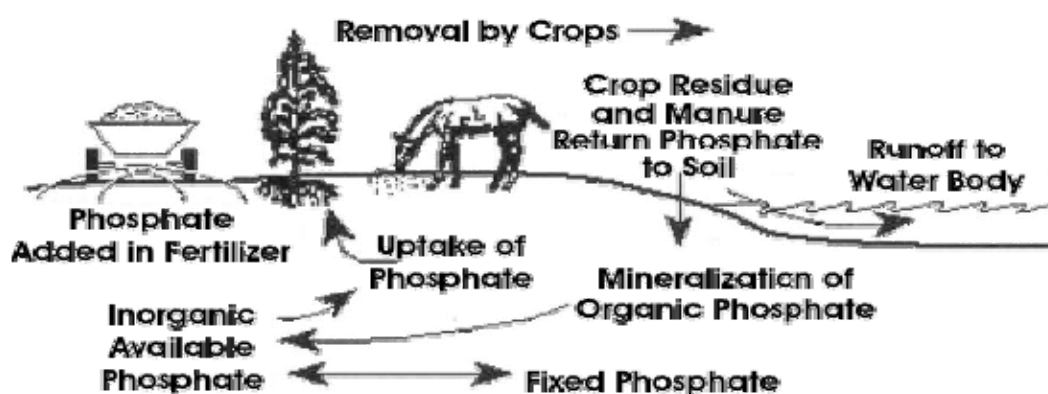
รูปที่ 5.12 วัฏจักรของซัลเฟอร์

สารประกอบอินทรีย์ในพืชและสัตว์ จะถูกย่อยสลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยปฏิกิริยาของแบคทีเรีย และถูกเปลี่ยนต่อจนกลายเป็นซัลเฟต ซึ่งพืชจะนำกลับไปใช้ได้ กำมะถันในซากของพืชและสัตว์บางส่วนจะถูกสะสมและถูกตรึงไว้ในถ่านหิน และน้ำมันปิโตรเลียม เมื่อมีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เกิดการเผาไหม้ได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เมื่อก๊าซนี้อยู่ในบรรยากาศจะรวมตัวกับละอองน้ำตกลงมาเป็นเม็ดฝนของกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งจะกัดและทำให้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ สึกกร่อน และเป็นอันตรายต่อการหายใจของคน

กำมะถันเป็นธาตุสำคัญธาตุหนึ่งในการสังเคราะห์โปรตีนหลายชนิด แหล่งกำมะถันส่วนใหญ่ได้จากการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่ทับถมในดิน หรือตกตะกอนทับถมกันในดิน ในบรรยากาศพบกำมะถันเป็นจำนวนน้อย กำมะถันที่พบทั้งในน้ำ ดิน บรรยากาศ ล้วนอยู่ในรูปของสารประกอบ

5. วัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus Cycle)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นองค์ประกอบของ DNA, RNA และ ATP ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่อยู่ในธรรมชาติน้อยมาก และเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ด้วยเหตุนี้ ฟอสฟอรัสจึงถูกใช้หมุนเวียนอยู่ระหว่างสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในปริมาณที่จำกัด



รูปที่ 5.13 วัฏจักรของฟอสฟอรัส

ดังนั้น ฟอสฟอรัสจึงเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหลายชนิด ฟอสฟอรัส ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหินฟอสเฟตหรือแร่ฟอสเฟต เมื่อถูกกัดกร่อนโดยน้ำ และ กระแสลมปะปนอยู่ในดินแล้วถูกน้ำชะล้างให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ และถ่ายทอดไปในระบบนิเวศตามห่วงโซ่อาหาร เมื่อตายลงก็จะถูกย่อยสลายด้วยพอสฟาไท ซึ่งแบคทีเรีย (Phosphatizing Bacteria) ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ส่วนนี้นอกจากพืชนำไปใช้ โดยตรงแล้ว ยังถูกกระบวนการชะล้างพัดพาไปสู่ทะเล มหาสมุทรปะปนอยู่ในดินตะกอนทั้ง ทะเลลึกและตื้น และถูกสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในทะเลนำมาใช้ถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร จึงถึง ปลาขนาดใหญ่และนกทะเล เมื่อสัตว์พวกนี้ตายลงเกิดการสะสมเป็นแหล่งสะสมชนิดกัวโน (Guano) ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของมูลนกและกระดูกนกเช่นเดียวกับมูลค้างคาว ธาตุ ไนโตรเจนที่เกิดรวมอยู่ด้วยในมูลสัตว์เหล่านี้ละลายน้ำได้ดีมาก จึงถูกพัดพาไปหมด คงเหลือ ไว้แต่ธาตุฟอสฟอรัสที่สลายตัวยาก นำมาใช้ไม่ได้ จากนั้นจะเริ่มวัฏจักรใหม่อีก

ปัจจุบันฟอสฟอรัสมีส่วนทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำได้ เนื่องจากผงซักฟอก ซึ่งมี ฟอสเฟตเป็นส่วนผสม เมื่อปล่อยลงสู่น้ำลำธาร ทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำ ให้เกิดปัญหาแก่งแหล่งน้ำมากขึ้น

6. ปัจจัยกำหนดลักษณะของระบบนิเวศ

สิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในแต่ละระบบนิเวศย่อมเกิดขึ้นหรืออาศัยอยู่ใน สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้น จึงมีปัจจัยหลายประการที่เป็นสิ่งกำหนดลักษณะของระบบ นิเวศ ปัจจัยสำคัญ ได้แก่

1. **อุณหภูมิ** เป็นเครื่องกำหนดชนิดของพืชและสัตว์ว่ามีชนิดใดอยู่บ้าง เพราะ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปพรรณสัณฐาน และสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต การอพยพของสัตว์ การแพร่กระจายของพืชและสัตว์ในพื้นที่ต่าง ๆ และควบคุมชนิดของไข่ และอัตราส่วนเพศในสัตว์บางชนิด

2. **น้ำและความชื้น** พืชและสัตว์ มีการถ่ายเทไอน้ำให้กับอากาศอยู่เสมอ บริเวณที่ อากาศมีความชื้นต่ำ ร่างกายจะมีการถ่ายเทน้ำให้กับอากาศมากขึ้น ส่วนพืชจะมีการถ่ายเทน้ำ ให้กับอากาศอยู่เสมอ ระบบนิเวศที่มีความชื้นมากมักจะมีพืชและสัตว์อาศัยอย่างหนาแน่นทำ ให้มีโอกาส ประสานสัมพันธ์ในการถ่ายทอดวัตถุธาตุและพลังงานให้แก่กันได้มากขึ้น

3. แสงสว่าง มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ เป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เพราะทำให้เกิดการถ่ายเทวัตถุดิบต่าง ๆ อิทธิพลของแสงสว่างที่มีต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คุณภาพแสงมีผลต่อการงอกของเมล็ด ช่วงแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืชหลายชนิด ความเข้มแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสง

4. ดิน เป็นที่รวมของธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น แคลเซียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และยังเป็นแหล่งปุ๋ยธรรมชาติ คือ เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงก็จะถูกย่อยสลายกลายเป็นฮิวมัส เพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน ดินที่มีลักษณะความสมบูรณ์หรือมีธาตุอาหารแตกต่างกันย่อมมีผลต่อพืชและสัตว์ ที่อาศัยดินนั้นดำรงชีวิตอยู่ในแง่ของชนิด จำนวน การแพร่กระจาย การเจริญเติบโต เช่น บริเวณดินเค็มก็จะมีพืชพวกทนเค็มขึ้นอยู่

5. ไฟป่า มีทั้งผลดีและผลเสียต่อสิ่งมีชีวิต ผลเสียคือ เป็นอันตรายโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิต ทำลายแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัย สร้างผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ดิน น้ำ อันจะส่งผลถึงการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ส่วนผลดีของไฟป่าก็คือ ช่วยเพิ่มธาตุอาหารบางชนิดให้พืชช่วยเร่งการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด

6. ความเป็นกรดเป็นด่าง มีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจและระบบการทำงานของเอนไซม์ภายในร่างกาย ซึ่งเป็นตัวการที่สำคัญมาก เพราะตัวความเป็นกรดหรือด่างเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็อาจเป็นอันตรายได้ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

7. การแย่งชิง เป็นการแย่งชิงกันระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน เนื่องจากมีความต้องการปัจจัยพื้นฐานเหมือนกันแต่มีจำนวนจำกัด หรือมีไม่เพียงพอที่จะทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้เป็นปกติ เช่น การแย่งชิงน้ำ อาหาร แสงสว่าง ที่อยู่อาศัย เช่น การที่พืชสองชนิดขึ้นอยู่ใกล้เคียงกันจะแย่งแย่งกันครอบครองพื้นที่ทำให้ทั้งสองฝ่ายไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร บางครั้งฝ่ายที่อ่อนแอกว่าจะถูกแย่งแย่งจนตายไป

8. การกินซึ่งกันและกัน คือการที่สิ่งมีชีวิตหนึ่งกินสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เป็นอาหาร มีผลต่อการควบคุมจำนวนของสัตว์ในแต่ละระบบนิเวศเพื่อให้เกิดความสมดุล ระบบนิเวศที่ขาดความสมดุลในเรื่องการกินซึ่งกันและกัน มีผลทำให้เกิดปัญหา เช่น ไร้ข้าวโพดมีตั๊กแตนมากินและทำลายข้าวโพดเสียหาย ถ้าไม่มีสัตว์อื่นมากินตั๊กแตน ก็จะทำให้ตั๊กแตนแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว เกิดเสียสมดุลทางธรรมชาติ

9. **มลภาวะ** เป็นปัจจัยที่เข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงหรือกำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในระบบนิเวศ การเกิดมลภาวะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือระบบนิเวศที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่

7. การสูญเสียธาตุอาหารไปจากระบบนิเวศ

ระบบนิเวศแต่ละแห่งอาจมีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปนอกระบบได้โดยมีสาเหตุใหญ่ ๆ 5 ประการ คือ

1. สูญเสียโดยมนุษย์ กิจกรรมบางอย่างเป็นการทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปจากระบบนิเวศเป็นอันมาก เช่น การทำไม้ การทำเกษตรกรรม
2. สูญเสียไปโดยสัตว์ โดยธรรมชาติธาตุอาหารที่สัตว์บริโภคเข้าไปจะหมุนเวียนกลับคืนสู่ระบบนิเวศได้อีก แต่สัตว์บางชนิดมีการอพยพออกจากระบบนิเวศ จึงเท่ากับเป็นการนำธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศ
3. สูญเสียไปโดยลม ระบบนิเวศที่เป็นที่โล่งมักถูกลมพัดพาออกไปได้ง่าย เช่น ป่าที่มีต้นไม้ใหญ่หนาแน่น ธาตุอาหารที่อยู่ในฝุ่นละอองจึงถูกเคลื่อนย้ายออกไปจากระบบนิเวศ
4. สูญเสียไปโดยน้ำ น้ำเป็นตัวนำธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศได้ 2 วิธี วิธีแรกโดยการกัดเซาะ (Erosion) โดยพัดพาเอาดินและวัตถุหน้าดินบางอย่างไหลบ่าออกไปนอกระบบนิเวศ วิธีที่สอง โดยการซึมจากผิวดินลงไปยังล่าง และชะล้างเอาธาตุอาหารไปสะสมอยู่ในดินชั้นล่างที่พืชไม่สามารถดูดกลับมาใช้ในระบบนิเวศได้อีก
5. สูญเสียไปโดยกระบวนการระเหิด เป็นรูปแบบหนึ่งของกระบวนการแปรสภาพของธาตุอาหารในดินไปเป็นแก๊ส ที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ และอาจถูกเคลื่อนย้ายออกไปนอกระบบ เช่น ธาตุไนโตรเจน อยู่ในดินที่อากาศถ่ายเทได้ดี จะมีปฏิกิริยาบางอย่างเกิดขึ้น ทำให้กลายเป็นแก๊ซ

8. การปรับเปลี่ยนระบบนิเวศ (Ecological Succession)

การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศ (Ecological Succession) คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ เช่น สิ่งมีชีวิตใหม่เกิดขึ้น เกิดชุมชนใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนชนิดของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในชุมชนแห่งนั้นไปด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวต้องใช้เวลาในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพอสมควร การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีสาเหตุสำคัญพอสรุปได้ 4 ประการ คือ

1. ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา (Geological Cycle) อาจทำให้เกิดธารน้ำแข็ง ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว คลื่นสึนามิ ล้วนเป็นสาเหตุให้จุลธรรมชาติในกลุ่มสิ่งมีชีวิตเสียไป
2. ปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศอย่างรุนแรง ทำให้เกิดภัยวิบัติต่าง ๆ เช่น ไฟป่า น้ำท่วม พายุทอร์นาโด (Tornado) พายุเฮอริเคน (Hurricane) ทำให้สภาพแวดล้อมแปรเปลี่ยนไป สิ่งมีชีวิตถูกทำลายไปแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นใหม่
3. ปัจจัยจากการกระทำของมนุษย์ (Human Factor) ได้แก่ การตัดไม้ทำลายป่า การทำไร่เลื่อนลอย ภาวะมลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นน้ำและอื่น ๆ ซึ่งมีผลทำให้เกิดสภาพแวดล้อมแปรเปลี่ยนไป จุลธรรมชาติถูกทำลาย เกิดโรคระบาด แมลงศัตรูพืชระบาดทำให้สิ่งมีชีวิตล้มตาย จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตขึ้นใหม่อีก
4. ปฏิกริยาของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ เพราะกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ ทำให้สิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแสง ความชื้น ความเป็นกรด ด่างของพื้นดินหรือแหล่งน้ำและอื่น ๆ เปลี่ยนไปที่ละเล็กละน้อย จนในที่สุดไม่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตกลุ่มเดิม เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตใหม่ที่เหมาะสมกว่า

การปรับเปลี่ยนของระบบนิเวศ มี 2 ชนิด คือ

1. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นปฐมภูมิ (Primary Succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในแหล่งที่ไม่เคยปรากฏสิ่งมีชีวิตใด ๆ มาก่อน เช่น บริเวณภูเขาไฟระเบิดใหม่ การเกิดแหล่งน้ำใหม่
2. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นทุติยภูมิ (Secondary Succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในแหล่งที่เคยมีสิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ก่อนแล้ว แต่ถูกทำลายไป จึงมีการ

เปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นใหม่เพื่อกลับเข้าสู่สภาพสมดุล เช่น บริเวณที่เคยเป็นป่าถูกบุกเบิกเป็นไร่นา แล้วละทิ้งกลายเป็นทุ่งหญ้าในภายหลัง ต่อมาไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้ใหญ่เข้าแทนที่ตามลำดับจนกลายเป็นป่าไม้อีกครั้งหนึ่ง

9. ประโยชน์ของการรักษาระบบนิเวศ

การรักษาระบบนิเวศให้คงสภาพ มีจุดประสงค์เพื่อรักษาสภาพกับดุลของธรรมชาติ เพื่อประโยชน์ของมนุษย์เอง พอสรุปได้ดังนี้

1. ด้านการพักผ่อนหย่อนใจ สภาพของธรรมชาติที่อยู่ในภาวะสมดุลย่อมก่อให้เกิดทัศนียภาพที่สวยงาม มีความร่มรื่น เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจได้ดี

2. คุณค่าทางด้านการสร้างแหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat) ระบบนิเวศที่อยู่ในธรรมชาติจะเป็นแบบอย่างให้มนุษย์จำลองระบบนิเวศขึ้นมาใหม่ เช่น ความร่มรื่นของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ กับสภาพที่มนุษย์ปรับปรุงขึ้นมาจากสวนพฤกษศาสตร์พุแค ความแตกต่างของสถานที่สองแห่งนี้จะเห็นได้ชัดระหว่างธรรมชาติล้วน ๆ กับป่าที่มนุษย์ปรับปรุงตกแต่งขึ้น

3. ทางการศึกษาสภาวะแวดล้อม สภาพของระบบนิเวศหรือองค์ประกอบแต่ละส่วนของระบบนิเวศ สามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้สภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ เช่น การคดงของหางลูกกบ เป็นเครื่องบ่งชี้ว่าเกิดจากยากำจัดศัตรูพืช และจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ การม้วนของใบพืชบางชนิดเกิดเนื่องจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นมลสารในอากาศ

4. ทางการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ การวิจัยทางวิทยาศาสตร์บางครั้งต้องใช้ตัวอย่างที่เหมาะสม เช่น หอยทากชนิดหนึ่งมีระบบประสาทที่ง่ายและน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักประสาทวิทยา

5. คุณค่าทางด้านการอนุรักษ์ การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศ ธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เมื่อถูกทำให้เสื่อมโทรมก่อให้เกิดความหวาดกลัวในหมู่มนุษย์ เนื่องจากเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วเป็นการยากที่จะทำให้กลับมามีสภาพดังเดิม และการเปลี่ยนแปลงอาจก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อมนุษย์ เช่น การทำลายป่า การถลุงถลุง หนอง บึง ทำให้เกิดความแห้งแล้ง น้ำท่วม น้ำป่าไหลหลากอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการรักษาระบบนิเวศให้คงสภาพตามธรรมชาติ หรือก่อให้เกิดความสมดุลอย่างเสมอจะอำนวยประโยชน์ให้แก่มนุษย์อย่างมากมายมาย แนวคิดในเรื่องของนิเวศพัฒนาจึงเกิดขึ้น

ระบบนิเวศมีทั้งที่เกิดขึ้นมาเองตามธรรมชาติและระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้นมาในภายหลัง เป็นที่น่าสังเกตว่าระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้นมานั้น บางระบบไม่สามารถดำรงอยู่ได้ด้วยตัวเอง ต้องพึ่งพาระบบนิเวศอื่นอยู่เสมอ เช่น ระบบนิเวศเมืองต้องอาศัยสารอาหารวัตถุดิบการผลิตจากที่อื่นเสมอ