หน่วยการเรียนรู้ที่ 1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในระบบนิเวศได้
3. สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศของท้องถิ่นได้
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมได้

ใบความรู้ที่ 1
ระบบนิเวศ (Ecosystem)

นิเวศวิทยา มาจากคำภาษาอังกฤษว่า Ecology ซึ่งประกอบจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ *okios และ ology* คำว่า *“oikos”* หมายถึง *บ้าน (household) ที่อยู่อาศัย* ส่วนคำว่า“ology” แปลว่า *การศึกษา (study of)*

“นิเวศวิทยา (Ecology)” หมายถึงการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต (พืชและสัตว์) กับสิ่งแวดล้อมที่อยู่ (นิเวศวิทยาทางกายภาพ (physiological ecology), ความสัมพันธะหว่างสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกัน (population ecology), ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์ (community ecology) และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและการถ่ายเทสสารและพลังงานผ่านระบบทางชีวภาพ (ecosystem ecology)

ในอีกด้านหนึ่งที่พิจารณาขอบเขตของระบบนิเวศสมัยใหม่ ได้มุ่งอธิบายลักษณะของระบบชีวิต (Biosystem) ซึ่งมีลำดับขั้นดังนี้ (รูปที่ 1)

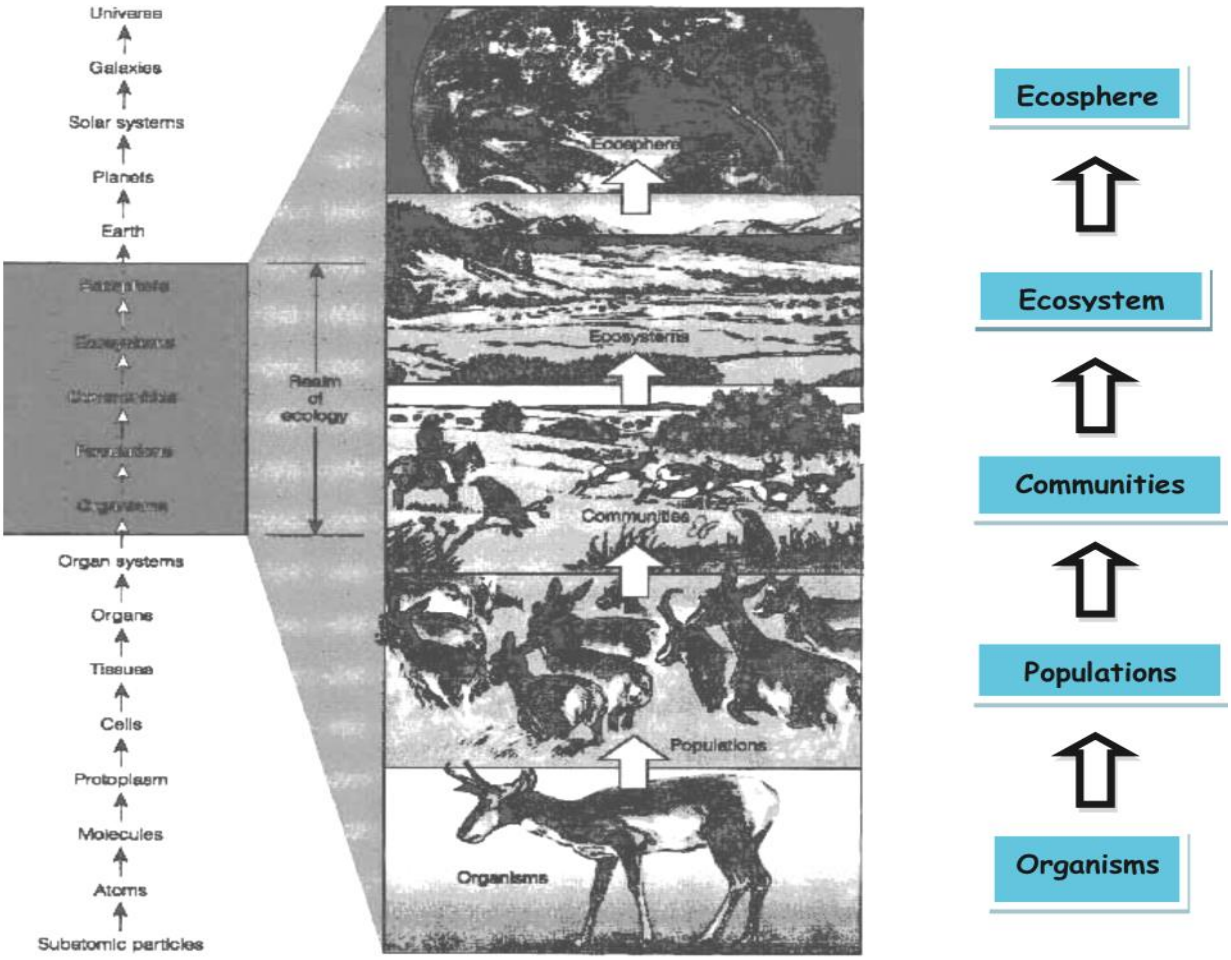
1. สิ่งมีชีวิต (Organism) เป็นการศึกษาความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละอย่างว่ามีการดำรงชีวิตอยู่อย่างไร ต้องอาศัยปัจจัยอะไรในการอยู่อาศัย และจะได้รับผลกระทบอย่างไร หากสภาพแวดล้อมทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป

2. ประชากร (Population) เป็นการศึกษาถึงกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ว่าอาศัยปัจจัยใดบ้างมรการเพิ่มหรือลดจำนวนของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น

3. กลุ่มสิ่งมีชีวิต หรือชุมชน (Community) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และศึกษาผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแผลงในบริเวณนั้นๆ

4. ระบบนิเวศ (Ecosystem) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในบริเวณหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต

5. เขตนิเวศ (Ecosphere) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในทุกระบบนิเวศซึ่งต้องอาศัยทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิตในระบบนิเวศต่างๆมาเป็นปัจจัยเกื้อหนุนกัน พื้นที่ที่พิจารณาเป็นเขตนิเวศจะต้องมีสิ่งมีชีวิตเสมอ มิฉะนั้นจะไม่ถือว่าเป็นเขตนิเวศ โลก (Earth) ถือว่าเป็น Biosystem ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด



ประเภทของระบบนิเวศ (Types of Ecology)

เราสามารถแบ่งประเภทของระบบนิเวศได้หลายมิติ ขึ้นอยู่กับประเด็นในการพิจารณา ได้แก่

1. ตามลักษณะการถ่ายเท สสารและพลังงาน (Energy and Material Flows)

1.1 ระบบนิเวศแบบอิสระ (Isolated ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่ไม่มีการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนแร่ธาตุสารอาหารกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ไม่พบระบบนิเวศแบบนี้ในธรรมชาติ เพียงแต่เป็นไปตามทฤษฎีเท่านั้น

1.2 ระบบนิเวศแบบปิด (Closed ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่มีเฉพาะการถ่ายทอดพลังงานกับสิ่งแวดล้อมภายนอกเท่านั้น แต่ไม่มีการหมุนเวียนแร่ธาตุสารอาหาร ไม่พบระบบนิเวศแบบนี้ในธรรมชาติเช่นกัน อาจสร้างขึ้นมาได้ เช่น ตู้เลี้ยงปลา เป็นต้น

1.3 ระบบนิเวศแบบเปิด (Open ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่มีทั้งการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนแร่ธาตุสารอาหารกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ระบบนิเวศแบบนี้พบได้โดยทั่วๆ ไปในธรรมชาติ

2. ตามขนาดของระบบนิเวศ (Size of Ecosystem)

2.1 ระบบขนาดเล็ก (small ecosystem) เช่น ระบบนิเวศในสระน้ำ ใต้ขอนไม้ นาข้าว กระป๋องน้ำ ตู้ปลา เป็นต้น

2.2 ระบบขนาดใหญ่ (Large ecosystem)เช่น แหล่งน้ำจืด ทะเลสาบ ทะเล ป่าชายเลน มหาสมุทร เป็นต้น

3. ตามลักษณะแหล่งที่อยู่ของระบบนิเวศ (Site)

โดยในที่นี้ จักได้กล่าวถึงเพียงระบบนิเวศธรรมชาติเท่านั้น โดยระบบนิเวศตามธรรมชาติต่างมีบทบาทในกระบวนการต่างๆ และต้องพึ่งพาพลังงานจากดวงอาทิตย์เพื่อใช้ในกระบวนการทำงาน แบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อย

3.1 ระบบนิเวศบนดิน (Terrestrial ecosystem)

- ส่วนประกอบและกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นบนพื้นดิน
- มีลักษณะต่างกันตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ระดับความสูงจากน้ำทะเล เช่น ระบบนิเวศป่าดิบชื้น ระบบนิเวศทุ่งหญ้า

3.2 ระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Aquatic ecosystem)

- กระบวนการทำงานและส่วนต่างๆที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำธรรมชาติ
- มีสภาพแวดล้อมแตกต่างไปจากระบบนิเวศบนดิน
- สภาพแวดล้อมทางน้ำเป็นตัวกำหนดชนิดของระบบนิเวศแหล่งน้ำ เช่น นิเวศน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม

โครงสร้างของระบบนิเวศ

ในระบบนิเวศหนึ่งๆ สิ่งมีชีวิตที่ปรากฏจะเป็นตัวกำหนดลักษณะของระบบนิเวศ นอกจากนั้น การปรากฏของสิ่งมีชีวิตชนิดดังกล่าว เป็นผลจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตให้สามารถคงอยู่ได้ในระบบนิเวศนั้น ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศจะมีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งทางด้านส่งผลต่อการสูญเสียสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ หรือการส่งผลเอื้อต่อการปรากฏของสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ที่จะปรับตัวให้อยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมใหม่ที่เปลี่ยนแปลงในการศึกษาเกี่ยวกับระบบนิเวศจึงมีการศึกษาในหลายลักษณะ เช่น เกี่ยวกับกลไกต่างๆ ในระบบ (วัฏจักรของน้ำหรือธาตุอาหาร) การสังเกตการหรือการสร้างโมเดลทางนิเวศเพื่อศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ หรือองค์ประกอบของระบบนิเวศ

โครงสร้างของระบบนิเวศซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะของระบบนิเวศหนึ่งๆ นั้นประกอบด้วย ปัจจัยทางกายภาพ (abiotic factors) แลปัจจัยอัเกี่ยว ข้องกับสิ่งมีชีวิต (biotic factors) ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้จะทำให้ระบบนิเวศแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันอย่างเฉพาะ โครงสร้างของระบบนิเวศจะมี การเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองประการ

องค์ประกอบของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศมีโครงสร้างหลัก คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตและปัจจัยทางกายภาพ ซึ่งภายใต้โครงสร้างทั้งสองนั้นมีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. องค์ประกอบที่มีชีวิต (biotic components)

1.1 ผู้ผลิต (producer or autotrophic organism) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เองจากสารอนินทรีย์ ซึ่งส่วนมากเป็นพืชมีคลอโรฟิลล์ สามารถตรึงพลังงานจากดวงอาทิตย์ และผลิตอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในระบบนิเวศด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

1.2 ผู้บริโภค (consumer) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Heterotroph) ส่วนมาก คือ สัตว์ที่กินสิ่งมีชีวิตอื่นแป็นอาหาร และเนื่องจากมีขนาดใหญ่จึงเรียกว่าเป็น Macroconsumer ซึ่งเป็นกลุ่มที่รับอาหารจากผู้ผลิต แบ่งย่อยได้เป็น Herbivores Carnivores Scavengers และ Parasitesและหากจัดแบ่งตามตามลำดับการบริโภค แบ่งออกเป็น ผู้บริโภคปฐมภูมิ (Primary consumers) ผู้บริโภคทุติยภูมิ (Secondary consumer) ผู้บริโภคตติยภูมิ (Tertiary consumer) และผู้บริโภคจตุรภูมิ (Quaternary consumer) ตามลำดับ

1.3 ผู้ย่อยซาก (decomposer หรือ microconsumer) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สามารถสร้างอาหารเองไม่ได้ จัดอยู่ในพวก herotrophs เช่น แบคทีเรีย เห็ดรา ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้วในรูปของสารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กๆ เพื่อให้สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ อัตราการสลายของพืชและสัตว์ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดในการการย่อยสลาย (Decomposition) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1) การย่อยสลายเพื่อให้เกิดสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง (Formation of particulate detritus)

2) การย่อยสลายเพื่อให้เกิดฮิวมัส (Formation of humus)

3) การย่อยสลายฮิวมัสเป็นแร่ธาตุ (Mineralization of humus)

2. องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (abiotic components) ประกอบด้วย

1) สารอนินทรีย์ (inorganic substance) ได้แก่ แร่ธาตุและสารอนินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น คาร์บอน

2) สารอินทรีย์ (organic substance) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและฮิวมัส เป็นต้น

3) สภาพภูมิอากาศ (climate regime) ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิต เช่น อุณหภูมิ แสง ความชื้น อากาศและถิ่นที่อยู่

การทำงานของระบบนิเวศ (Ecosystem function)

สำหรับการพิจารณาถึงลักษณะโครงสร้างของระบบนิเวศสามารถศึกษาได้ในรูปแบบของการแลกเปลี่ยนสสารและพลังงาน โดยในสิ่งมีชีวิต (biotic) ซึ่งพบในระบบนิเวศสามารถจัดแบ่งในลักษณะของบทบาทหน้าที่ตามลำดับการกินในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งบทบาทดังกล่าวเรียกว่า “trophic levels” หรือลำดับชั้นการบริโภค ซึ่งความหมายดังกล่าว จะอธิบายถึงชั้นของสิ่งมีชีวิตหนึ่งตามลำดับการได้รับพลังงานจากผู้ผลิต (what an organism eat and what eats it) โดยวิธีซึ่งนิยมศึกษา ได้แก่ การจัดทำ Food Chains and Food Webs นอกจากนั้นแล้ว สิ่งมีชีวิตยังมีการมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางกายภาพโดยการหมุนเวียนวัฏจักรธาตุอาหารด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่า การทำงานของระบบนิเวศมี 2 ลักษณะ คือ การสร้างผลผลิต (Productivity) ผ่านการกินต่อกันเป็นทอดๆ และการหมุนเวียนวัฏจักรธาตุอาหาร

1. การสร้างผลผลิต (Productivity) ผ่านการกินต่อกันเป็นทอดๆ

ความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ในระบบนิเวศ เช่น ผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย โดยการกินที่เราเรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร (food chains) หรือสายใยอาหาร

2. การหมุนเวียนวัฏจักรธาตุอาหาร

วงจรสารอาหาร (Nutrient cycling)คือ การหมุนเวียนถ่ายเท สารอาหารที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ในมิติของเวลา (ecological time)สิ่งมีชีวิตต้องการแร่ธาตุอย่างน้อย 30-40 ชนิด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณความต้องการมากหรือน้อย

ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) นิยามถึงความหลากชนิด (species) ของสิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศบนโลก

1. ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species Diversity) หมายถึงจำนวนชนิด และจำนวนหน่วยสิ่งมีชีวิตที่เป็นสมาชิก ของแต่ละชนิดที่มีอยู่ใน แหล่งที่อยู่อาศัยในประชากรนั้น ๆ หรือหมายถึงความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต (species) ที่มีอยู่ในพื้นที่หนึ่งนั่นเอง ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่วิวัฒนาการอยู่บนโลกนี้ในปัจจุบันมีจำนวนชนิดอยู่ระหว่าง 2-30 ล้านชนิด โดยที่มีบันทึกอย่างเป็นทางการแล้วประมาณ 1.4 ล้านชนิด

ชนิดพันธุบางอย่างเป็นชนิดพันธุเฉพาะถิ่น (Endemic species) พบในพื้นที่หนึ่งโดยเฉพาะ แสดงถึงการมีอยู่ในถิ่นที่อยู่อาศัยพิเศษเฉพาะ ในพื้นที่ที่มีขอบเขตทางภูมิศาสตรจำกัด เช่น นกเจยฟลอริดา (Florida scrub jay) พบเฉพาะในปาไม่พุ่มเตี้ยในรัฐฟลอริดาเทานั้น ปลาปกเปาโอเวนส (Owens pupfish) มีอยู่ในเฉพาะหุบเขาโอเวนส รัฐแคลิฟอรเนีย **หากถิ่นที่อยู่อาศัยเหลานี้ถูกทำลายหรือสูญหายไป หมายถึงวาชนิดพันธุเฉพาะถิ่นที่อาศัยอยู่ในนั้นก็จะสูญพันธุไปดวย (ตัวอย่าง เช่น ปูทูลกระหม่อมและป่าดูนลำพัน)**

2. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) หมายถึง ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีมากกวาความหลากหลายของชนิดพันธุ ความหลากหลายทางพันธุกรรมหมายถึงพันธุกรรมที่สิ่งมีชีวิตแตละชีวิตรับทอดมาจากรุนพอแม และสงตอไปยังรุนตอไป ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีอยูทุกหนทุกแหง ตั้งแตความแตกตางเสียงร้อง สีขนของนกในสนามหญา ไปจนถึงหลากหลายสีสัน หลายรส หลายกลิ่นของแอปเปิ้ล และผลไมในตลาด ความหลากหลายทางพันธุกรรมมีอยู่ในครอบครัวของทุกคน พี่นองอาจมีนัยนตาและผมสีตางกัน รูปรางและความสูงก็ตางกัน

3. ความหลากหลายทางระบบนิเวศ (Ecological Diversity) (แง่ของชุมชนสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ) คือความซับซ้อนของลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลก เมื่อประกอบกับสภาพภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศทำให้เกิดระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน การที่สามารถพบสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้โดยผ่านการคัดเลือกตามธรรมชาติตามกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

- ความหลากหลายทางนิเวศวิทยา ประกอบด้วยความหลากหลาย 3 ประเด็น คือ ความหลากหลายของถิ่นตามธรรมชาติ (habitat diversity) ในแต่ละบริเวณที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่
- ความหลากหลายของการทดแทน (Successional diversity) เมื่อสิ่งมีชีวิตเริ่มพัฒนาขึ้นในพื้นที่ที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตขึ้นมาก่อนและพัฒนาขึ้นเป็นชุมชนสิ่งมีชีวิต สมบูรณ์ (climax stage) เมื่อเกิดการรบกวนหรือการทำลายระบบนิเวศลงไป เช่น พายุ ไฟป่า การตัดไม้ทำลายป่า ฯลฯ ก็จะทำให้ระบบนิเวศเกิดการเสียหายหรือถูกทำลายแต่ธรรมชาติจะมีการทดแทนทางนิเวศ (ecological succession) ของสิ่งมีชีวิตใหม่ขึ้นมาแทนที่ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัย ที่เอื้อต่อ การดำรงชีวิต เช่น อาหาร น้ำ แสง ความชื้น อุณหภูมิ ฯลฯ เปลี่ยนไป การทดแทนสังคมที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้เรียกว่าการทดแทนลำดับสอง (secondary succession)
- ความหลากหลายของภูมิประเทศ/ภูมิทัศน์ (Landscape diversity) พื้นผิวโลกจะประกอบด้วยภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน หากแบ่งตามลักษณะภูมิอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 4 เขตใหญ่ๆ คือ

1) เขตร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร หรือเขตร้อน (Tropical Zone) เป็นเขตที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ เช่นป่าอะเมซอน ประเทศบราซิล เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์สูงมาก
2) เขตอบอุ่น (Temperate Zone) เป็นเขตที่พบความหลากหลายทางชีวภาพ รองลงมาจากเขตร้อน
3) เขตหนาวแบบทรุนดา (Tundra Zone) เป็นบริเวณที่มีความหลากหลายทางชีวภาพน้อยมาก
4) เขตหนาวขั้วโลก (Pole) เป็นพื้นที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่เลยเพราะสภาพพื้นที่มีแต่ภูเขาน้ำแข็ง

สาระน่ารู้ คุณลักษณะหลักสำคัญที่แสดงถึงความหลากหลายทางชีวภาพมีอยู่ 3 ประการ คือ องค์ประกอบ (Compositions), โครงสร้าง (Structures) และ หน้าที่ (Functions) (Void and Buffett, 2008)

- *องค์ประกอบของระบบนิเวศ (Compositions)* แสดงถึงความเป็นตัวตนและความหลากหลายของระบบนิเวศ ซึ่งอธิบายได้โดยทั่วไปคือ รายการของสิ่งมีชีวิต/สปีชีส์ที่อาศัยในพื้นที่นั้นๆ หรือระบบนิเวศนั้น พารามิเตอร์ที่วัดองค์ประกอบของระบบนิเวศ ได้แก่ (Species richness) และ (Diversity of species)

- *โครงสร้างของระบบนิเวศ (Structures)* การจัดระเบียบทางกายภาพ หรือรูปแบบของระบบ โดยสามารถวัดได้จากความซับซ้อนของที่อยู่อาศัย (Habitat complexity) ซึ่งประเมินภายชุมชนสิ่งมีชีวิต ไปจนถึงรูปแบบของที่อยู่อาศัย (Pattern of habitats หรือ patches) และองค์ประกอบอื่นๆ ในระดับภูมิทัศน์ที่ใหญ่

- *หน้าที่ของระบบนิเวศ (Functions)* เป็นผลของกระบวนการวิวัฒนาการทางนิเวศวิทยาหนึ่งกระบวนการ หรือมากกว่านั้น ได้แก่ การล่า (Predation) การถ่ายทอดยีน สิ่งคุกคามตามธรรมชาติ (ภัยธรรมชาติ) และกระบวนการของสิ่งที่ไม่มีชีวิต (abiotic) เช่น การเปลี่ยนแปลงของดิน และวัฏจักรน้ำ เป็นต้น ตัวอย่างของหน้าที่ระบบนิเวศ เช่น ระบบผู้ล่า-ผู้ถูกหน้า, การทำให้น้ำสะอาด และการหมุนเวียนแร่ธาตุ

คุณลักษณะแต่ละอย่างของระบบนิเวศที่มีความหลากหลายนี้ มีหลากหลายระดับ มีความแตกต่างกันไปตามพลวัตรของสถานที่และเวลา เป็นผลให้คุณลักษณะเหล่านี้อาจจะได้รับการพิจารณาในระดับที่ต่างกัน ได้แก่ ระดับภูมิภาค ระดับภูมิทัศน์ และระดับระบบนิเวศ รูปที่ 2 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพ

FIGURE 1. EXAMPLE OF BIODIVERSITY COMPONENTS AND ATTRIBUTES

COMPONENT/ATTRIBUTE	COMPOSITION	STRUCTURE	FUNCTION
Ecosystem	Ecosystems in an area	Patch size	Connectivity
Species	Species richness in an area	Abundance	Predator/prey dynamics
Genetic	Number of unique genes in a population	Relative abundance of each unique gene in a population	Adaptation

รูปที่ 2 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพ
ที่มา: Void and Buffett, 2008

แบบฝึกหัดที่ 1 ความหลากหลายทางชีวภาพ

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพ

ตอบ.....

.....

2. จงยกตัวอย่างความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นของนักเรียน

ตอบ.....

.....

3. จงยกตัวอย่างความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นของนักเรียน

ตอบ.....

.....

4. จงยกตัวอย่างความหลากหลายทางระบบนิเวศในท้องถิ่นของนักเรียน

ตอบ

.....

.....

5. ในท้องถิ่นของนักเรียนสัตว์ชนิดพันธุ์ใดเป็นชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่น (Endemic species)

ตอบ

.....

.....

ใบความรู้ที่ 2
ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย

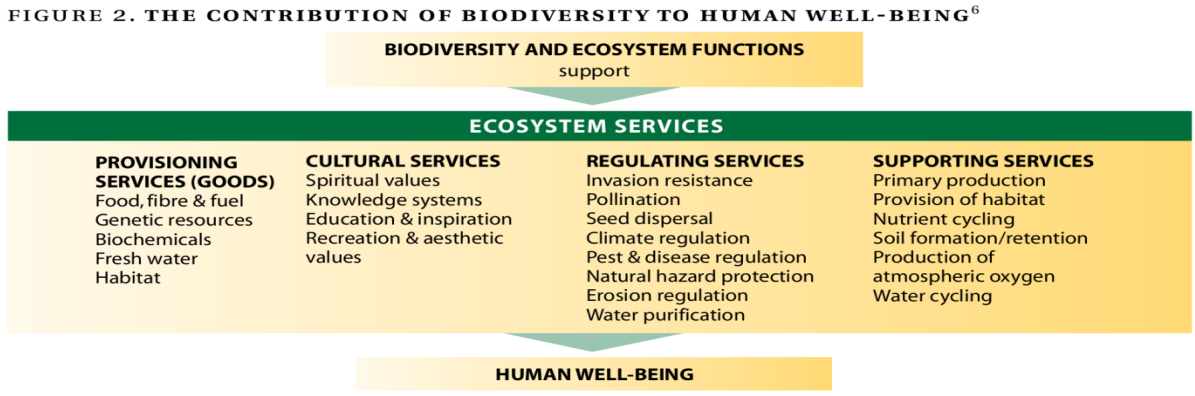
ประเทศไทยเป็นหนึ่งใน 20 ประเทศที่มีทรัพยากรชีวภาพหลากหลายมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก พันธุ์พืชพันธุ์สัตว์รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) หรือ ทรัพยากรชีวภาพ (Bioresource) เป็นฐานสำคัญของการเกษตร ยารักษาโรค และต่อเศรษฐกิจทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ในพื้นที่ป่าตามธรรมชาติในประเทศไทยมีความหลากหลายของพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเหตุผลหลายประการได้แก่

1. **ประเทศไทยตั้งอยู่ในโซนร้อนเหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อยและอยู่ติดทะเล** จึงมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการอยู่รอด การเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดตลอดปี
2. **มีความแตกต่างกันของสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย** เช่นภาคเหนือเหนือเป็นภูเขาสูง อุณหภูมิต่ำในฤดูหนาว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบขนาดใหญ่มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างแห้งแล้ง ภาคกลางเป็นที่ราบลุ่ม ภาคใต้เป็นเขาสูงสลับพื้นที่ราบ บริเวณมีมรสุมพัดผ่านตลอดทั้งปี บางพื้นที่ในภาคตะวันออกภาคกลางและและภาคใต้ที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำเป็นต้น
3. **ประเทศไทยอยู่ในบริเวณศูนย์กลางที่มีการกระจายพันธุ์ของพืชและสัตว์** กล่าวคือเป็นเขตซ้อนทับกันของกลุ่มพรรณพฤกษชาติ (Floristic Region) ถึง 3 กลุ่มคือ กลุ่มอินโด - เบอร์มีส (Indo-Burmese elements) กลุ่มอินโด-ไชนิส (Indo-Chinese elements) และกลุ่มมาเลเซีย (Malaysian elements) ในส่วนของสัตว์ป่า ประเทศไทยถือเป็นจุดซ้อนทับของเขตสัตวภูมิศาสตร์ (Zoological Region) 3 เขตเช่นกันคือ เขตชิโน-หิมาลัย (Shino-Himalayan) เขตอินโด-ไชนีส (Indo-Chinese) และเขตซุนดา (Sundaic)

ความสำคัญของความหลากหลาย ทางชีวภาพต่อกระบวนการทางนิเวศวิทยา

1. คุณค่าของความหลากหลายทางชีวภาพต่อมนุษย์
   ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ถือว่าเป็นรากฐานของบริการ (Ecosystem services) ที่สำคัญซึ่งมนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศ

ระบบนิเวศสนับสนุนการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกรูปแบบ ปรับภูมิอากาศให้เหมาะสม ให้น้ำและอากาศที่สะอาด อนุรักษ์ดินและแร่ธาตุ และคาบคุมศัตรูพืช เป็นต้น พืชหรือสัตว์ในระบบนิเวศต่างให้ประโยชน์ต่อมนุษย์ทั้งในการเป็นอาหาร วัสดุสำหรับที่อยู่อาศัย พลังงาน และยารักษาโรค นอกจากนี้ความหลากหลายทางชีวภาพยังส่งเสริมหน้าที่ของระบบนิเวศต่างๆ ได้แก่ การผสมเกสร การบำบัดของเสีย การกรองน้ำ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง เช่น ความหลากหลายของยีนในสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่งๆ จะส่งทำให้เกิดการปรับตัว (Adaptation) ตามเวลาที่เปลี่ยนไป ตอบสนองกับภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ มนุษย์ยังได้รับบริการทางวัฒนธรรม (Cultural services) จากระบบนิเวศ ได้แก่ การพักผ่อนหย่อนใจ สุนทรีภาพ และคุณค่าทางความเชื่อ (ยกตัวอย่างเช่น ความเชื่อของพ่อปู่แห่งป่าดูนลำพัน) ซึ่งมีค่ามากต่อปัจเจกชน รวมถึงสังคมของมนุษย์ (Void and Buffett, 2008) (รูปที่ 3 แสดงประโยชน์ของความหลากหลายทางชีวภาพต่อมนุษย์)



รูปที่ 3 แสดงประโยชน์ของความหลากหลายทางชีวภาพต่อมนุษย์

ที่มา: Void and Buffett, 2008

วิกฤตของความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity Crisis)ทางนิเวศวิทยา

การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพของโลกมีมากมายมหาศาล ตลอดเวลาความหลากหลายทางชีวภาพได้ช่วยเหลือเกื้อ หนุนให้ผู้คนดำรงชีวิตอยู่โดยมีอากาศและน้ำที่สะอาด มียารักษาโรค มีอาหาร มีเครื่องนุ่งห่ม เครื่องใช้ไม้สอย วัสดุก่อสร้าง การสูญเสียชนิดพันธุ การสูญเสียระบบนิเวศ การสูญเสียพันธุกรรมไม่ได้เพียงแต่ทำให้โลกลดความร่ำรวยทางชีวภาพลง แต่ได้ทำให้ประชากรโลกสูญเสียโอกาสที่ได้อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่สวยงามและสะอาด สูญเสียโอกาสที่จะได้มียารักษาโรคที่ดี และสูญเสียโอกาสที่จะมีอาหารหล่อเลี้ยงอย่างพอเพียงด้วย (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546)

1. สูญพันธุ์

ในทศวรรษที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ได้เห็นพ้องต้องกันว่าความหลากหลายทางชีวภาพได้สูญเสียสลายไปอย่างรวดเร็วในปัจจุบันเร็วกว่าในอดีตที่ผ่านมา ตั้งแต่ได้โน้มเสารได้สูญพันธุ์ไปเมื่อประมาณ 65 ล้านปีมาแล้ว นักวิทยาศาสตร์ได้ทำนายว่า ด้วยอัตราสูญพันธุ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โลกจะสูญเสียชนิดพันธุ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันไปประมาณ20% ใน 30 ปข้างหน้า การสูญเสียที่เกิดขึ้นในประวัติศาสตร์เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติมากกว่าสาเหตุอื่น แต่ทว่า ในปัจจุบันการสูญเสียชนิดพันธุ์มีสาเหตุทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมมาจากกิจกรรมของมนุษย เช่น การตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยและการทำลายนิเวศธรรมชาติ การประมงเกินกำลังผลิต มลภาวะ และอื่นๆ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546)

2. สูญเสียระบบนิเวศ

แหล่งน้ำในแผ่นดิน (Inland water) หรือระบบนิเวศน้ำจืดเป็นหนึ่งในระบบนิเวศซึ่งมีความเปราะบางและถูกคุกคามจากมนุษย์เพื่อใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุด ปัจจุบันแม่น้ำ หนอง บึง พรุทั่วโลกกำลังถูกคุกคามจากสาเหตุต่างๆ เป็นต้นว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพของระบบนิเวศ การระบายออกจากแหล่งน้ำ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติมากจนเกินความเหมาะสม มลภาวะ และการนำเข้าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน ในทศวรรษที่ผ่านมา 20% ของพันธุ์ปลาน้ำจืดทั่วโลก (ซึ่งมีอยู่กว่า 10,000 ชนิด) กำลังอยู่ในภาวะถูกคุกคาม ใกล้สูญพันธุ์หรือถึงขั้นสูญพันธุ์

3. สูญเสียพันธุกรรม

การสูญเสียชนิดพันธุ์และระบบนิเวศอย่างรวดเร็ว ทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมในชนิดพันธุ์ถูกทำลายไปด้วย ทรัพยากรพันธุกรรมมีคุณค่ามหาศาลในการเป็นวัตถุดิบให้แก่เทคโนโลยีชีวภาพซึ่งช่วย

ปรับปรุงการเกษตร ความหลากหลายทางพันธุกรรมในเกษตรกรรมเปนสิ่งจำเปนในการดำรงรักษาผลผลิตของพืชไร พืชสวนและปศุสัตวใหมีคุณภาพสูง โดยสามารถตานทานตอแมลงศัตรู โรค และสภาพแวดลอมที่เปลี่ยนแปลงไปไดนอกจากนั้นพันธุกรรมพืชไรพืชสวนและปศุสัตวยังเสื่อมสลายไปเนื่องจากการนำเขาสายพันธุที่ปรับปรุงใหม

การพัฒนาอย่างยั่งยืน และความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม

ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมไม่ใช่เรื่องใหม่ที่เพิ่งมีการกล่าวถึง แต่ในช่วงสองถึงสามทศวรรษที่ผ่านมา มนุษย์เริ่มตระหนักดีว่า "เราไม่สามารถมีสังคมที่มีสุขภาพอนามัยที่ดีได้ ในโลกที่เต็มไปด้วยความยากจนและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้น" (United Nations, 1997) ในขณะที่เราไม่สามารถหยุดการพัฒนาทางเศรษฐกิจเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ในการดำรงชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการของประชากรที่อาศัยในเมือง การพัฒนาทางเศรษฐกิจต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางที่หลีกเลี่ยงการทำลายระบบนิเวศ ความสนใจอย่างจริงจังในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับโลกในช่วงคริสตทศวรรษที่ 1990 จึงได้นำไปสู่การปฏิบัติและเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของวิถีชีวิตเพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่สามารถตอบสนองต่อความต้องของมนุษย์โดยหลีกเลี่ยงหรือลดการทำลายทุนทางสิ่งแวดล้อมจากจุดเล็กๆไปสู่จุดที่ใหญ่กว่า หรือจากระดับเมืองไปสู่ระดับประเทศและระดับโลก (Hardoy, et al, 1995)

ความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเริ่มร้ายแรงและชัดเจนขึ้น เช่น ประเด็นความเสี่ยงต่ออันตรายที่เกิดจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีจากโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ รวมถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ต่างๆ ความรุนแรงจากประเด็นดังกล่าวเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนไหวเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การเคลื่อนไหวเพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจังจึงมีขึ้นโดยลำดับ แนวทางหนึ่งของการเคลื่อนไหวสะท้อนออกมาในรูปแบบการจัดประชุมสัมมนาระดับนานาชาติและในรูปของงานเขียนทางวิชาการ ได้แก่ การประชุมของสหประชาชาติ United Nations Conference on Human Environment เมื่อปี ค.ศ.1972 ที่จัดขึ้น ณ กรุงสต็อกโฮม การจัดประชุมครั้งนี้นับว่าเป็นการประชุมระหว่างประเทศในช่วงแรกที่เกี่ยวกับประเด็นของสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าประเด็นหลักของการประชุมจะเน้นเพียงปัญหามลภาวะเป็นพิษระดับภูมิภาคและปัญหาฝนกรดของประเทศในแถบยุโรปก็ตาม (United Nations, 1997; McCarney, 1994; Hardoy, et al, 1995) จากการประชุมนี้***แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน***ได้ถูกนำเสนอว่าเป็นการแก้ปัญหาที่น่าพอใจในภาวะวิกฤติระหว่างสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนา ผลจากการประชุมในครั้งนี้ได้ก่อให้เกิดการตั้งองค์กรระดับประเทศที่เกี่ยวข้องกับการปกป้องสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก รวมทั้งแผนงานสิ่งแวดล้อมของสหประชาชาติหรือที่รู้จักกันในนาม United Nations Environment Program (UNEP)

ในเวลาต่อมาได้มีการกล่าวถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลกที่เกิดจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่มุ่งใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถทดแทนได้เพื่อตอบสนองการผลิตและการบริโภค ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลต่อการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ และส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อภูมิอากาศของโลก ดังนั้น**"การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)"** จึงกลายมาเป็นหัวข้อสำคัญในการวิพากษ์วิจารณ์ในช่วงเวลาดังกล่าว มีงานเขียนทางวิชาการและบันทึกการประชุมจำนวนมากที่กล่าวถึงการพัฒนาอย่างยั่งยืนในความหมายและการประยุกต์ใช้ที่ต่างๆ กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นฐานความรู้และมุมมอง (Aspect) ของผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาการนั้นๆ (Hardoy, et al, 1995) ด้วยความหลากหลายของแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนจึงนำไปสู่การประชุมระดับโลก World Commission on

Economic and Development (WCED) ในปี ค.ศ.1987 ในการประชุมครั้งนี้ได้มีข้อสรุปเกี่ยวกับการให้นิยามศัพท์ของการพัฒนาอย่างยั่งยืนร่วมกันของโลกเป็นครั้งแรก โดยเป็นที่รู้จักกันในนามของ Brundtland Report หรือ Our Common Future ซึ่งกล่าวถึง

> *"การใช้ทรัพยากรในการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของคนในยุคปัจจุบัน โดยปราศจากการทำลายความสามารถในการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองความต้องการของคนรุ่นต่อไป"*
>
> *"need to ensure (Development) meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs"*
>
> *(McCarney, 1994 อ้างถึง WCED, 1987: 8)*

ในการพิจารณาการพัฒนาอย่างยั่งยืนในมุมมองทางสิ่งแวดล้อม (Environmental aspect) สามารถพิจารณาได้จากงานของ Hardoy, et al, (1995) ที่เสนอว่าการพัฒนาอย่างยั่งยืนประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1. องค์ประกอบของความยั่งยืน (Sustainable Component) เป็นส่วนที่ไม่ต้องการให้เกิดการทำลายต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม เช่น ลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถทดแทนได้ และทรัพยากรที่สามารถทดแทนได้ที่มีอยู่อย่างจำกัด รวมทั้งหลีกเลี่ยงการทำลายแหล่งรองรับของเสียตามธรรมชาติ (สามารถดูตัวอย่างของต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมได้จาก Hardoy, et al, (1995)) ในองค์ประกอบนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นการเน้นที่ความยั่งยืนทางนิเวศ (Ecological Sustainability)

2. องค์ประกอบของการพัฒนา (Development Component) เป็นส่วนที่ต้องพิจารณาการพัฒนาทั้งด้านทางเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และวัฒนธรรม เพื่อการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น สามารถตอบสนองต่อสิทธิของบุคคลที่จะมีมาตรฐานการอยู่อาศัยที่พอเพียงเพื่อสุขภาพและการดำรงชีวิตที่ดี ทั้งในด้านของอาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม การรักษาโรค สาธารณูปโภคและบริการทางสังคมที่จำเป็น (สามารถดูตัวอย่างเพิ่มเติมได้จาก Hardoy, et al (1995); Satterthwaite (1997))

เป็นเวลากว่าสามทศวรรษที่การตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลกไม่ว่าจะเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดหรือผลกระทบที่เกิดจากการทำลายระบบนิเวศทางธรรมชาติของมนุษย์ ล้วนนำไปสู่การวิพากษ์วิจารณ์และการพัฒนาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนถูกมองว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถแก้ไขปัญหาระหว่างสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนาได้ โดยประชากรของโลกต้องตระหนักดีว่า ***"โลกและสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่เรายืมรุ่นลูกหลานมาใช้ มิได้เป็นมรดกตกทอดมาจากบรรพบุรุษที่เราจะสามารถใช้ให้หมดไปโดยไม่คำนึงถึงความต้องการในรุ่นลูกหลาน ในเมื่อเรารับโลกและสิ่งแวดล้อมมาจากรุ่นพ่อแม่เราอย่างไร ก็ควรที่จะคืนสิ่งเหล่านี้ให้กับรุ่นต่อไปในสภาพเดิม"*** (McCarney, 1994)

แบบฝึกหัดที่ 2 ความหลากหลายทางชีวภาพ

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพต่อกระบวนการทางนิเวศวิทยาอย่างไร

ตอบ

.....

.....

.. 2. จงยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่สูญพันธุ์ในท้องถิ่นของนักเรียน

ตอบ

.....

.....

.. 3. จงยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ใกล้จะสูญพันธุ์ในท้องถิ่นของนักเรียน

ตอบ

.....

.....

.. 4. นักเรียนมีแนวทางอย่างไรในการรักษาสิ่งมีชีวิตในท้องถิ่นของนักเรียน

ตอบ

.....

.....

.. 5. นักเรียนมีแนวทางในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพให้เกิดความยั่งยืนอย่างไร

ตอบ

.....

.....

..

แหล่งที่มาของข้อมูล

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546. ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) “โลกทำอะไรบ้าง แล้วเราจะทำอะไร”.

คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร. http://www.sci.nu.ac.th/Biology/Biodiversity

ความรูพื้นฐานทางวิทยาศาสตรสิ่งแวดลอม http://www.fishtech.mju.ac.th/e-learning/fm413/files/5ud2xs5sun103013.pdf

Annenberg Learner. The Habitable Planet: Unit 4 Ecosystems. https://www.learner.org/courses/envsci/unit/text.php?unit=4

Vold, T. and D.A. Buffett (eds.). 2008. Ecological Concepts, Principles and Applications to Conservation, BC. 36 pp. Available at: www.biodiversitybc.org

หัวข้อการพัฒนาอย่างยั่งยืน และความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม ดัดแปลงมาจาก วิจิตรา สิงห์หิรัญนุสรณ์ (2543) *การศึกษาผลกระทบของกระบวนการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ที่มีต่อวิถีการดำรงชีวิตของผู้ที่อยู่ในเศรษฐกิจแรงงานนอกระบบของเมือง :กรณีศึกษาชุมชนบริเวณ กองขยะอ่อนนุช*. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนชุมชนเมือง และสภาพแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

Amstrong, W. and McGee, T.G. 1985. *Cities; Theatres of Accumulation, Center of Diffusion*. London: Methuen.

Hardoy, J.E. et al. 1995. *Environmental Problems in Third World Cities*. 3rd ed. London: Earthscan.

McCarney, P. 1994. “Four Approaches to The Environment of Cities.” 229-279. in Stren, R. (ed), *Urban Research in The Developing World*. Vol.4. Toronto: Center for Urban and Community Studies, University of Toronto.

Satterthwaite, D. 1997. “Sustainable Cities or Cities that Contribute to Sustainable Development”. *Urban Studies*. 34(10): 1667-1691.

United Nations. 1997. *Sustainable Development.* [Online]. Available: http://iisd.ca/rio+5/timeline/sdtimeline.htm.