

# บทที่ 11

## มนุษย์กับระบบนิเวศน์

### 1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อให้ให้นักศึกษาอธิบายคำจำกัดความของ "ระบบนิเวศน์" ได้
- 1.1.2 เพื่อให้ให้นักศึกษาแยกประเภทของโครงสร้างในระบบนิเวศน์ได้
- 1.1.3 เพื่อให้ให้นักศึกษาบอกถึงระบบนิเวศน์ที่สำคัญในประเทศไทยได้
- 1.1.4 เพื่อให้ให้นักศึกษาเปรียบเทียบระบบนิเวศน์ต่าง ๆ ได้
- 1.1.5 เพื่อให้ให้นักศึกษาบอกถึงสภาพทั่ว ๆ ไปของระบบนิเวศน์ทางการเกษตรในประเทศไทยได้
- 1.1.6 เพื่อให้ให้นักศึกษาบอกถึงปัญหาเกี่ยวกับระบบนิเวศน์และวิธีการแก้ไขได้

### 1.2 เนื้อหาสำคัญ

มนุษย์กับระบบนิเวศน์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมและระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเองเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่เรียกว่า "นิเวศวิทยา" (Ecology)

**ความหมายของวิชานิเวศวิทยา** เป็นการศึกษาถึงโครงสร้าง (structure) และหน้าที่ (function) ของระบบธรรมชาติ วิชานิเวศวิทยามีขอบเขตเกี่ยวข้องกับระดับประชากร (population) สังคม (community) และระบบนิเวศน์ (ecosystem) ระบบนิเวศน์เป็นหน่วยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการศึกษาวิชานิเวศวิทยา ระบบหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยสังคมของสิ่งมีชีวิต (biotic community) กับปัจจัยแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต (non-living environment) ซึ่งอาจมีรูปร่างลักษณะโครงสร้าง ขนาดเนื้อที่ใหญ่หรือเล็กอย่างไรก็ได้ และเป็นที่ยังสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้มีบทบาทหรือกิจกรรมในการดำเนินชีวิตร่วมกัน โดยมีปัจจัยแวดล้อมต่าง

เป็นตัวควบคุมและช่วยให้เกิดการถ่ายเทพลังงาน (energy flow) และการหมุนเวียนของธาตุอาหาร (nutrient cycling) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดดุลยภาพในระบบนิเวศนั้น ๆ

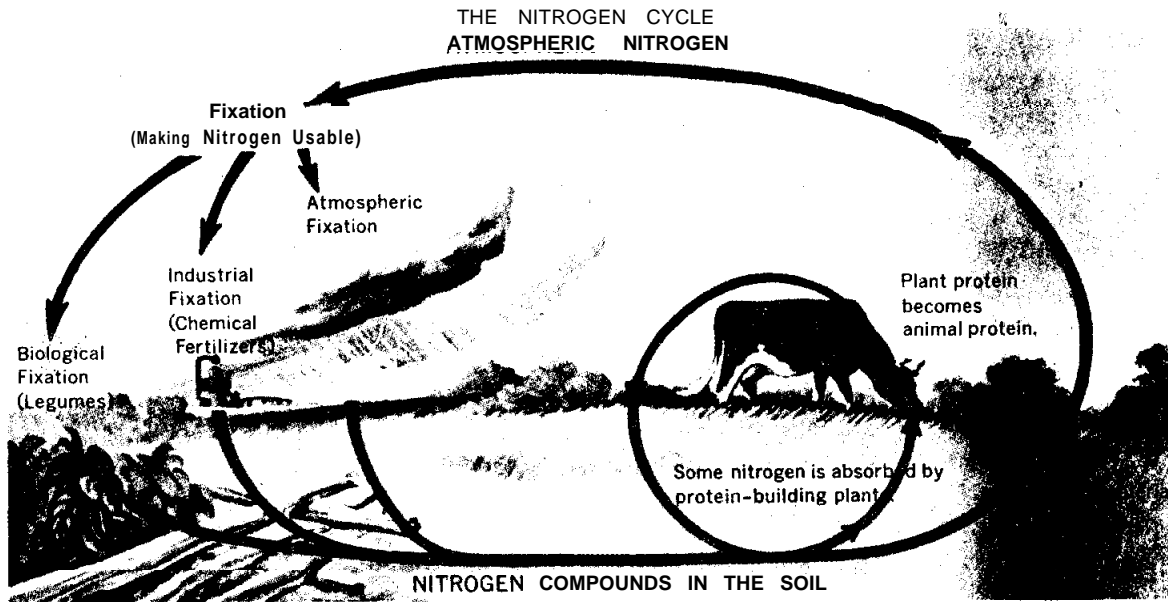
### โครงสร้างระบบนิเวศ (ecosystem structure)

โครงสร้างของระบบนิเวศประกอบด้วยสิ่งที่มีชีวิตและที่ไม่มีชีวิต โครงสร้างส่วนที่มีชีวิตได้แก่ พืชสัตว์และมนุษย์ มนุษย์เป็นตัวการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศที่สำคัญยิ่ง นักนิเวศแบ่งสิ่งมีชีวิตตามลำดับขั้นในการบริโภคออกเป็น 3 ระดับชีวิต คือ

1. ผู้ผลิต (Primary producers)
2. ผู้บริโภค (consumers)
3. ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร (decomposers)

โครงสร้างส่วนที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ภูมิอากาศ ดิน และสภาพภูมิประเทศ การศึกษาส่วนที่ไม่มีชีวิตในระบบนิเวศโดยการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่อง อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ปริมาณน้ำฝน อัตราการระเหย ความเร็วของลม ธาตุอาหาร ทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์วัตถุ ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตลอดจนสภาพภูมิประเทศต่าง ๆ เป็นต้นว่า ระดับความสูง ความลาดชัน ทิศทางของด้านลาด และตำแหน่งของละติจูด สิ่งที่ไม่มีชีวิตในระบบนิเวศเป็นปัจจัยควบคุมกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตจะยากต่อการควบคุม เป็นหน้าที่ของมนุษย์จะต้องพิจารณาตัดสินใจในการใช้ประโยชน์ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ โครงสร้างส่วนที่มีชีวิตในระบบนิเวศควบคุมและจัดการได้สะดวกกว่า ทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้ระบบนิเวศมีสภาพดีขึ้น โดยเน้นการควบคุมดำเนินการจัดการในระดับผู้ผลิตการศึกษาโครงสร้างของระบบนิเวศจะช่วยให้การวิเคราะห์ระบบนิเวศได้ผลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ภายในโครงสร้างของระบบนิเวศต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างใกล้ชิด การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ค่อนข้างหนึ่งส่วนใดของโครงสร้างระบบนิเวศย่อมจะกระทบกระเทือนต่อทุกสิ่งทุกอย่างในระบบนั้นแบบปฏิกริยาลูกโซ่ การจัดการใช้ประโยชน์จึงควรพิจารณาทั้งระบบเป็นหลัก

**หน้าที่หรือกิจกรรมของระบบนิเวศ (ecosystem function)** หน้าที่ของระบบนิเวศที่สำคัญคือ การถ่ายเทพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหาร



**วัฏจักรของไนโตรเจน** ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีอยู่ในทุกโมเลกุลของคลอโรฟิลล์และโปรตีน จึงเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของอากาศมีอยู่ประมาณ 78% ของปริมาณอากาศทั้งหมด ไนโตรเจนในอากาศจะไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรงแต่จะถูกนำมาใช้เมื่ออยู่ในรูปของสารประกอบอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย ไนเตรท ยูเรีย กรดอะมิโน หรือโปรตีน

### ระบบนิเวศน์ที่สำคัญในประเทศไทย

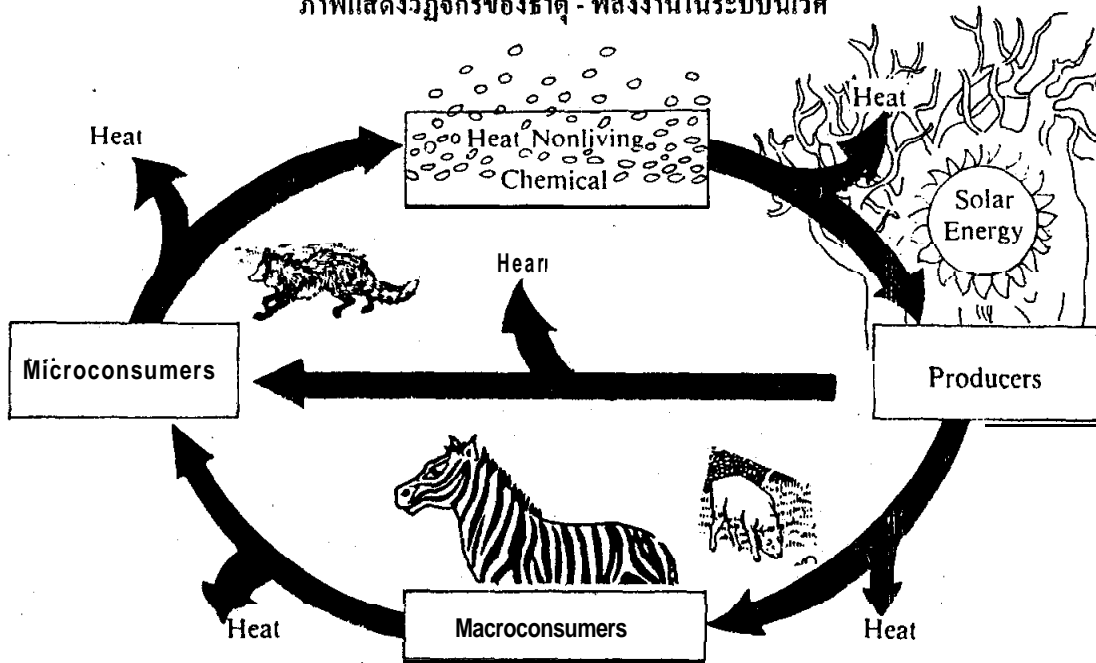
โลกที่เราอยู่เป็นระบบนิเวศน์หนึ่งประกอบไปด้วยระบบนิเวศน์ในน้ำ (aquatic ecosystem) และระบบนิเวศน์บนบก (terrestrial ecosystem) ระบบนิเวศน์ในน้ำแบ่งเป็นระบบนิเวศน์น้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ส่วนระบบนิเวศน์บนบกที่สำคัญได้แก่ระบบนิเวศน์ป่าไม้ที่ชุ่มชื้น ระบบนิเวศน์ทุ่งหญ้าที่ชุ่มชื้นน้อยลง และค่อนข้างไปทางแห้งแล้งมากขึ้นและระบบนิเวศน์ทะเลทรายที่แห้งแล้งมาก ๆ ทั้งหมดนี้เป็นระบบธรรมชาติ นอกจากนั้นก็มีระบบนิเวศน์บนบกที่สำคัญอีกสองระบบที่ควรแก่ความสนใจ คือ ระบบนิเวศน์ในเมืองซึ่งจัดเป็นระบบที่มนุษย์สร้างขึ้นกับระบบนิเวศน์การเกษตร ซึ่งจัดเป็นระบบนิเวศน์กึ่งธรรมชาติ (semi-natural ecosystem)

ประเทศไทยเป็นประเทศเล็กมีลักษณะแตกต่างทางสภาพภูมิประเทศและความผันแปรของสภาพลมฟ้าอากาศน้อย แต่มีระบบนิเวศที่สำคัญทั้งในน้ำและบนบก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จะขอล่าวเฉพาะระบบนิเวศการเกษตรเป็นระบบที่กำลังได้รับการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

#### การเกษตรและระบบนิเวศการเกษตร

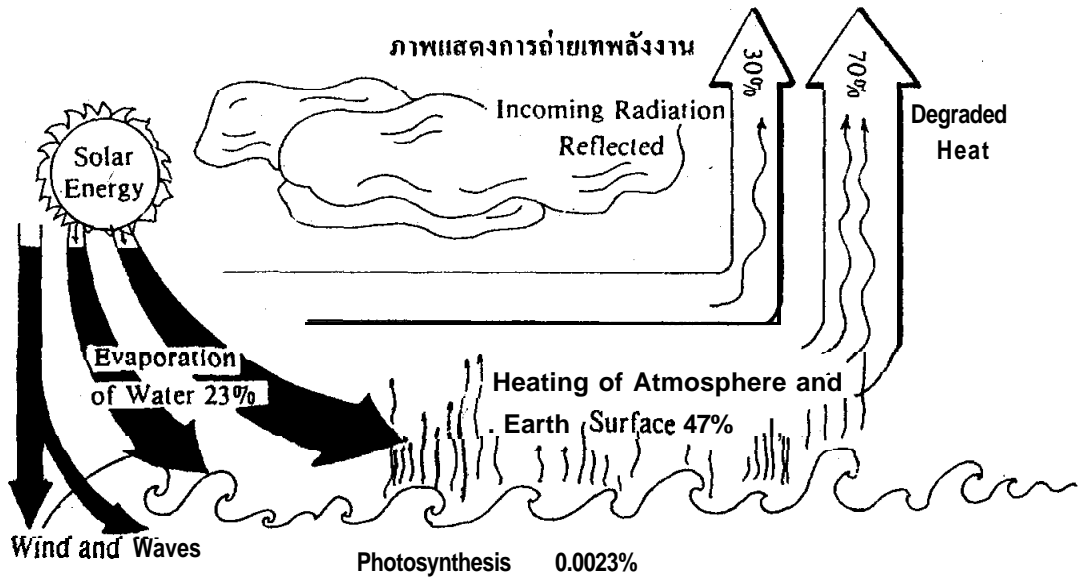
ระบบนิเวศการเกษตรเป็นระบบที่มีขอบเขตและจุดประสงค์เพื่อที่จะทำการเกษตร โดยเฉพาะแตกต่างไปจากระบบธรรมชาติ เมืองประกอบและโครงสร้างทำนองเดียวกับระบบนิเวศทั่วไป ระบบนิเวศการเกษตรเป็นบริเวณพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ เหมาะที่จะจัดเป็นพื้นที่เพื่อการเพาะปลูก (cultivated land) การจัดการต้องอาศัยพื้นฐานการเกษตร จะต้องมีการไถพรวน การให้น้ำ การใช้เมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยวผล จุดมุ่งหมายในการผสมต้องการให้ได้ผลผลิตสูงสุด ระบบนิเวศการเกษตรเป็นระบบที่มีโครงสร้างง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อนเหมือนระบบธรรมชาติ เป็นเหตุให้มนุษย์ต้องเข้าไปปรับปรุงสภาพของระบบอยู่ตลอดเวลา ผู้บริโภคที่สำคัญในระบบนิเวศการเกษตรได้แก่ มนุษย์ ซึ่งเป็นผู้บริโภคที่เคลื่อนย้ายธาตุอาหารและพลังงาน ในรูปของมวลชีวภาพออกไปจากระบบ ทั้งเศษเหลือให้คืนกลับสู่ระบบน้อยมาก ทำให้การหมุนเวียนของธาตุอาหารอยู่ในสภาพขาดดุลจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยและสารเคมีอื่น ๆ เข้าไปรักษาคุณภาพในระบบอยู่เสมอ เป็นเหตุให้ระบบการควบคุมตนเองในธรรมชาติต้องเสียไป

ภาพแสดงวัฏจักรของธาตุ - พลังงานในระบบนิเวศ



ที่มา G. Tyler Miller, *Living in the Environment*, 1979, หน้า 62.

ภาพแสดงการถ่ายเทพลังงาน

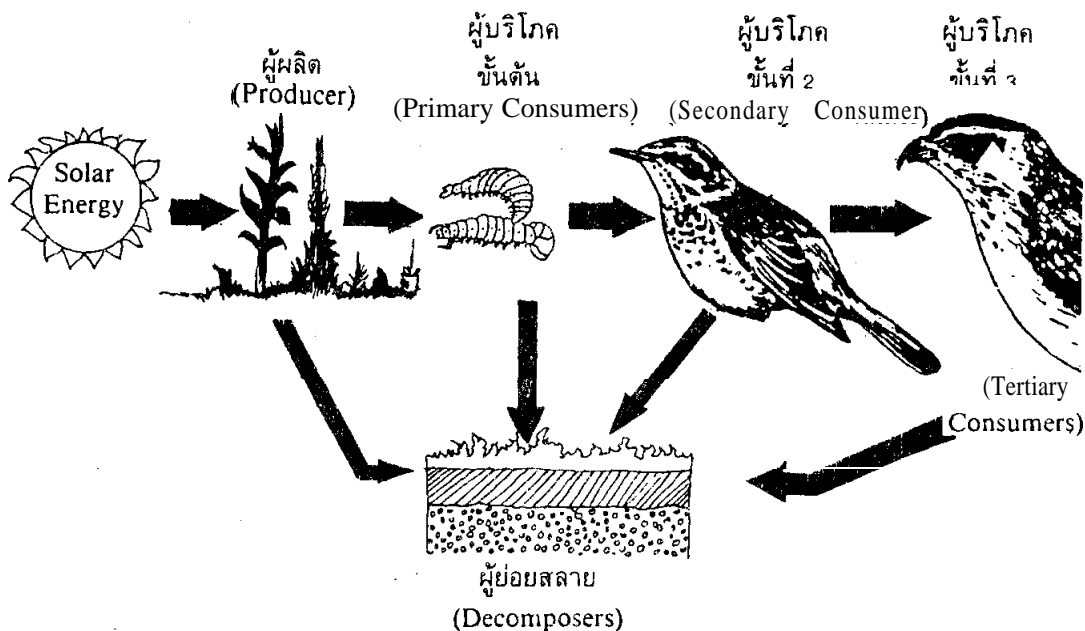


ที่มา G. Tyler Miller, *Living in the Environment*, 1979, หน้า 63.

## สภาพของระบบนิเวศน์การเกษตรในประเทศไทย

ระบบนิเวศน์การเกษตรของประเทศไทย จัดเป็นแบบขยายพื้นที่ (extensive farming) ส่วนใหญ่จะทำการเกษตรแบบไร้เงื่อนไขต้องอาศัยน้ำฝนและฤดูกาล การเพิ่มผลผลิตโดยการขยายพื้นที่มากกว่าการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ชนิดพืชผลที่จะปลูกจะผันแปรตามราคาของพืชผล การทำการเกษตรของไทยเป็นการผลิตบนความหายนะของทรัพยากรอื่น ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ถูกทำลายลงเนื่องจากการทำการเกษตรเป็นอันมาก หากเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ ทรัพยากรดิน น้ำ และป่าไม้ จะอยู่ในสภาพที่ไม่พร้อมจะอำนวยต่อการเพาะปลูกต่อไปได้อีก มนุษย์ก็จะต้องหันไปใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเพื่อทดแทนความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติที่ต้องเสียไป หากขาดการควบคุมที่ดีพอก็จะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมเป็นการสร้างปัญหาให้มนุษย์ต้องแก้ไขเรื่อยไป นอกจากปัญหาคาร่าใช้ประโยชน์ที่ดินและกรรมสิทธิ์ในที่ดิน เป็นอีก เรื่องหนึ่งที่ทำให้ระบบนิเวศน์การเกษตรอยู่ในสภาพที่อำนวยประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ ปัญหาสำคัญในระบบนิเวศน์การเกษตรของไทยอีกอย่างหนึ่ง คือ ความยากจนและความขาดแคลนในทุก ๆ ด้านของประชาชนที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศน์การเกษตร เกษตรกรจำนวนมาก

ภาพแสดงลูกโซ่อาหาร



ที่มา: ดัดแปลงจาก G. Tyler Miller, Living in the Environment, 1979, หน้า 65.

มากยังต้องเช่าที่ผู้อื่นมาเพื่อทำการเกษตร แม้จะมีที่ดินเป็นของตนเองก็ต้องประสบกับปัญหาในเรื่องการลงทุนเพื่อการผลิตรวมทั้งปัญหาการตลาด ราคาพืชผลที่ตกต่ำทั้งยังต้องเสี่ยงกับภัยธรรมชาติมากขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นการที่จะให้เกษตรกรรักษาระบบนิเวศน์การเกษตรของตนให้ มีประสิทธิภาพ รัฐจะต้องให้ความสำคัญและช่วยเหลือในแนวทางที่ถูกต้องอย่างเต็มความสามารถ มิฉะนั้นระบบนิเวศน์การเกษตรของไทยจะต้องเป็นระบบที่ขาดประสิทธิภาพอยู่เช่นนี้ตลอดไป

### สรุปปัญหาและการควบคุมแก้ไข

สรุปปัญหาเกี่ยวกับระบบนิเวศน์การเกษตรในประเทศไทย สรุปเป็น 3 ประการ คือ

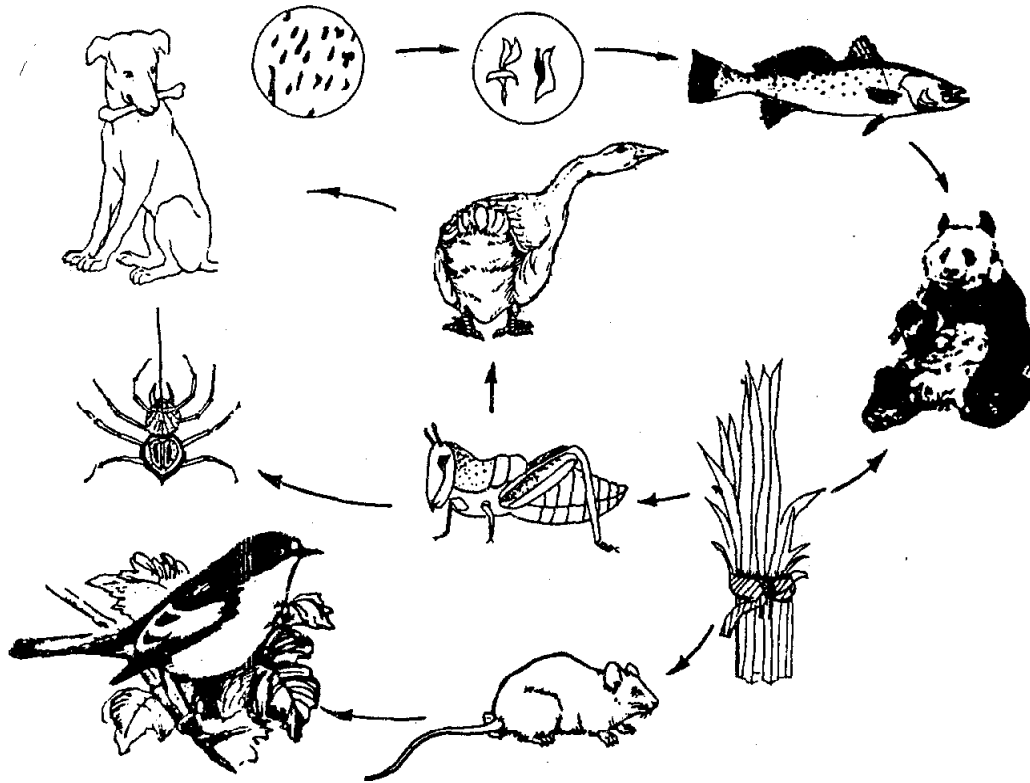
1. ระบบนิเวศน์การเกษตรของไทยจัดเป็นการเกษตรแบบขยายพื้นที่ (extensive farming) มีการทำไร่เลื่อนลอยทั่วไป อาศัยน้ำฝนและฤดูกาล การพัฒนาการเกษตรตั้งอยู่บนความหายนะของทรัพยากรอื่น ๆ ทำให้เกิดการสูญเปล่าของทรัพยากรและกระทบต่อสภาวะแวดล้อม เกิดการขาดดุลในระบบธรรมชาติเป็นเหตุให้การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรขาดประสิทธิภาพ

2. การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตไม่เหมาะสม ปราศจากการควบคุมและระมัดระวังที่เพียงพอ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองก่อให้เกิดมลพิษสิ่งแวดล้อม

3. ปัญหากรรมสิทธิ์ในที่ดิน ความยากจนและขาดแคลนปัจจัยในการผลิตของเกษตรกรที่อยู่ในระบบนิเวศน์ ทำให้นโยบายการเพิ่มผลผลิตไม่ได้รับความสำเร็จตามที่ควร

การควบคุมและแนวทางแก้ไขปัญหาระบบนิเวศน์การเกษตรนั้นขึ้นอยู่กับนโยบายของรัฐ และสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมรวมทั้งมาตรการต่าง ๆ ที่จะควบคุมปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากการขยายการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มาตรการระยะยาวที่ควรนำมาพิจารณาคำเนิการมีดังนี้

ภาพแสดงเครือข่ายอาหาร



1. การควบคุมจำนวนประชากร
2. กำหนดนโยบายและแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ถูกต้องเป็นจริงและสามารถปฏิบัติได้
3. การทำการเกษตรควรจะใช้วิธีปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์แบบผสมผสาน (integrated farming) มากกว่าที่จะปลูกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว (monoculture) เพื่อช่วยให้ระบบนิเวศการเกษตรมีเสถียรภาพดีขึ้น ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่มากขึ้น
4. ในด้านการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิต เพื่อสนองความต้องการในด้านอาหารและบริการที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ เช่น การเพิ่มผลผลิตโดยใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ การควบคุมแมลงและศัตรูพืชด้วยการใช้สารเคมี
5. ควรที่จะได้นำแนวความคิดในเรื่องนิเวศพัฒนา (ecodevelopment) มาเป็นหลักในการวางแผนพัฒนาการเกษตร ควรจะได้มีการศึกษาความเหมาะสมในแต่ละระบบว่า

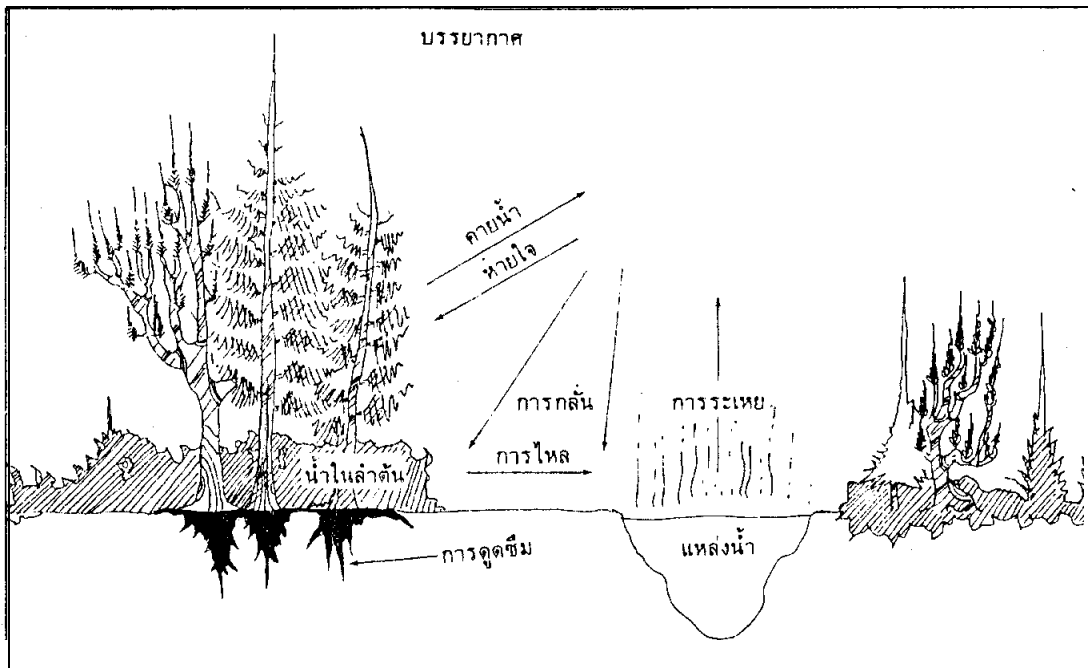


ควรจะพัฒนาไปในทางใดจึงจะให้ผลดีที่สุด เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และเชื่อว่าจะช่วยพัฒนาระบบนิเวศน์การเกษตรได้ดีที่สุด หากได้รับความร่วมมือจากรัฐและประชาชนโดยพร้อมเพรียง

### 1.3 สรุป

มนุษย์กับระบบนิเวศน์ มนุษย์ได้พยายามปรับตัวและต่อสู้ดิ้นรนเพื่อการอยู่รอด สมัยแรกเชื่อกันว่ามนุษย์อาศัยอยู่ตามถ้ำใช้ชีวิตอยู่กับธรรมชาติอย่างแท้จริง มีการล่าสัตว์และเก็บผลหมากรากไม้เป็นอาหาร ต่อมามนุษย์เริ่มรู้จักการเลี้ยงสัตว์และการเพาะปลูกที่สมัยนี้เรียกว่า "การเกษตร" เมื่อมนุษย์มีจำนวนทวีมากขึ้น สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติจึงถูกเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของสังคมมนุษย์จนเกิดปัญหาอย่างที่ทราบกันอยู่ในทุกวันนี้ ความต้องการอาหารและปัจจัยในการดำรงชีวิตมีเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกมีจำกัด ฉะนั้นโอกาสที่จะปล่อยให้ที่ดินกลับฟื้นคืนสู่สภาพเดิมจึงเป็นไปได้ยาก มนุษย์จึงได้อาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและก็ได้ประสบความสำเร็จแต่ในขณะเดียวกันก็ได้สร้างปัญหาขึ้นใหม่เกี่ยวกับผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพราะมนุษย์เข้าไปรบกวนธรรมชาติมากเกินไปจนทำให้กลไกการควบคุมตัวเองของธรรมชาติต้องถูกทำลายไปนั่นเอง ดังนั้นการทำความเข้าใจกับระบบธรรมชาติหรือระบบนิเวศน์จะช่วยให้นักมนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นได้

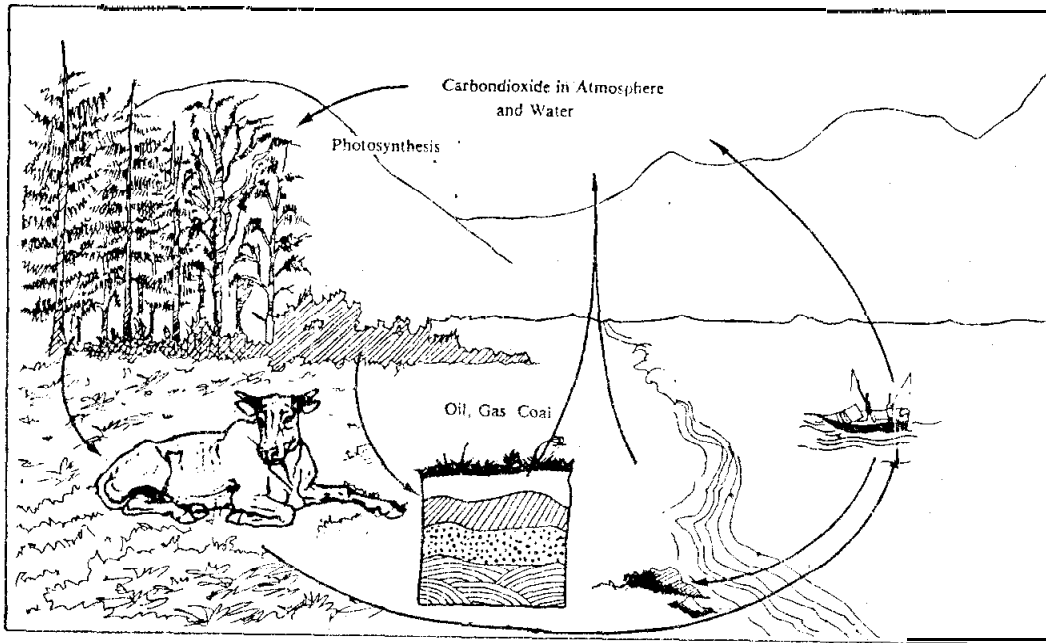
## ภาพแสดงการใช้ น้ำของพืชในระบบนิเวศ



วัฏจักรของน้ำดำรงอยู่ได้ด้วย 5 กระบวนการ

1. การระเหย (Evaporation) เป็นการเปลี่ยนสภาพของน้ำจากของเหลวเป็นไอเข้าไปบนอยู่ในอากาศ
2. การกลั่น (Precipitation) ) เป็นการเปลี่ยนสภาพของน้ำจากไอน้ำในอากาศมาเป็นน้ำซึ่งเป็นของเหลว
3. การไหล (Run-off) เป็นการเคลื่อนย้ายน้ำไปสู่ที่ต่าง ๆ ทางผิวดิน
4. การหายใจ (Aspiration) เป็นการที่น้ำเข้าไปสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตอันเนื่องจากการหายใจ
5. การคายน้ำ (Transpiration) เป็นการลดระดับของน้ำในส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตอย่างหนึ่ง

## ภาพแสดงวัฏจักรของคาร์บอน



**วัฏจักรของคาร์บอน** คาร์บอนเป็นธาตุที่พบว่ามีอยู่ในสารประกอบของอินทรีย์เคมีทุกชนิด ดังนั้น วัฏจักรของคาร์บอนจึงเป็นหัวใจของสิ่งมีชีวิต (Biotic) ทุกชนิด (Alexander and Fichter, 1973) และเป็นหัวใจของระบบนิเวศน์เพราะคาร์บอนจะเข้าไปมีความสัมพันธ์กับวัฏจักรของธาตุอื่น ๆ ในระบบนิเวศน์เดียวกัน คาร์บอนจะถูกสิ่งมีชีวิตนำไปใช้ร่วมกับธาตุอื่น ๆ และถูกเก็บไว้เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตในแง่ต่าง ๆ กัน เช่น คาร์บอนถูกเก็บไว้ในรูปของเนื้อไม้ในพืช ถูกเก็บไว้ในลักษณะของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในพืชและสัตว์

## 1.4 ศัพท์สำคัญ

1.4.1 โครงสร้างระบบนิเวศ (ecosystem structure) โครงสร้างของระบบนิเวศนั้นประกอบไปด้วยสิ่งที่มีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิต ประกอบด้วยพืช สัตว์ มนุษย์ ภูมิ-อากาศ ดิน สภาพภูมิประเทศ ฯลฯ

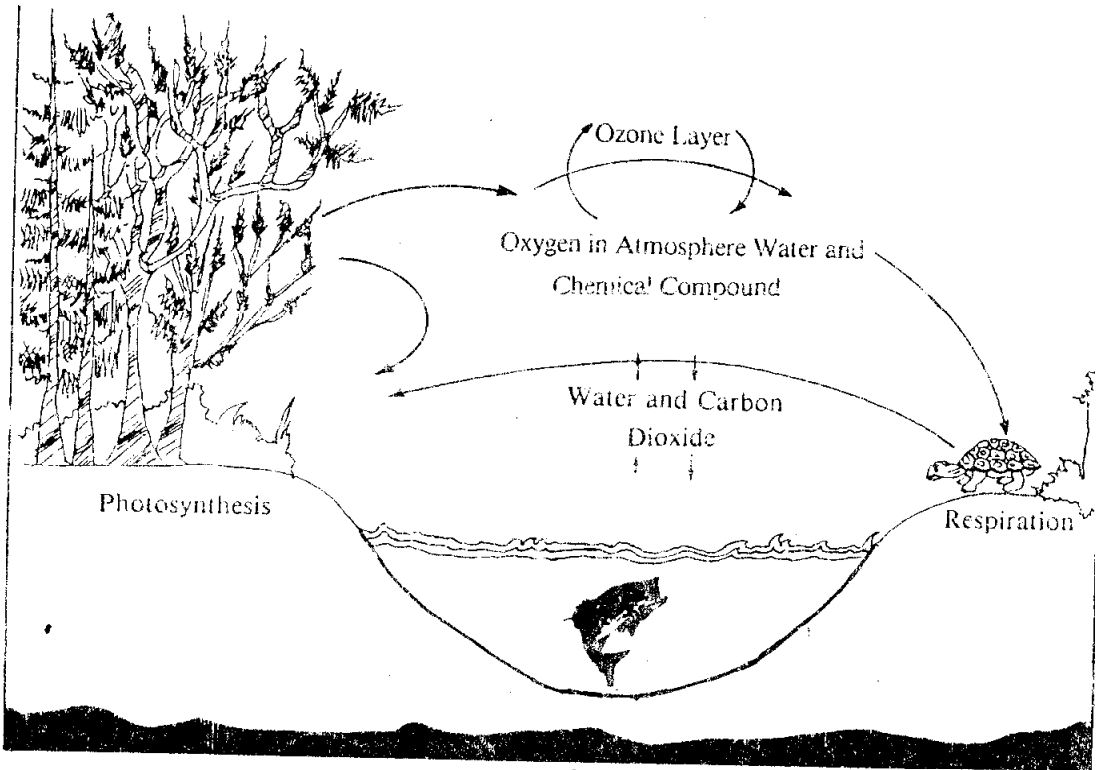
1.4.2 ระบบนิเวศในน้ำ (aquatic ecosystem) เป็นการแบ่งเป็นระบบนิเวศน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม

1.4.3 ระบบนิเวศบนบก (terrestrial ecosystem) ที่สำคัญได้แก่ระบบนิเวศป่าไม้ที่ชุ่มชื้น ระบบนิเวศทุ่งหญ้าซึ่งเป็นระบบทางธรรมชาติ นอกจากนี้ที่ควรสนใจคือระบบนิเวศในเมืองเป็นระบบที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made ecosystem) กับระบบนิเวศการเกษตรเป็นระบบนิเวศกึ่งธรรมชาติ (semi-natural ecosystem)

## แนวคำถาม

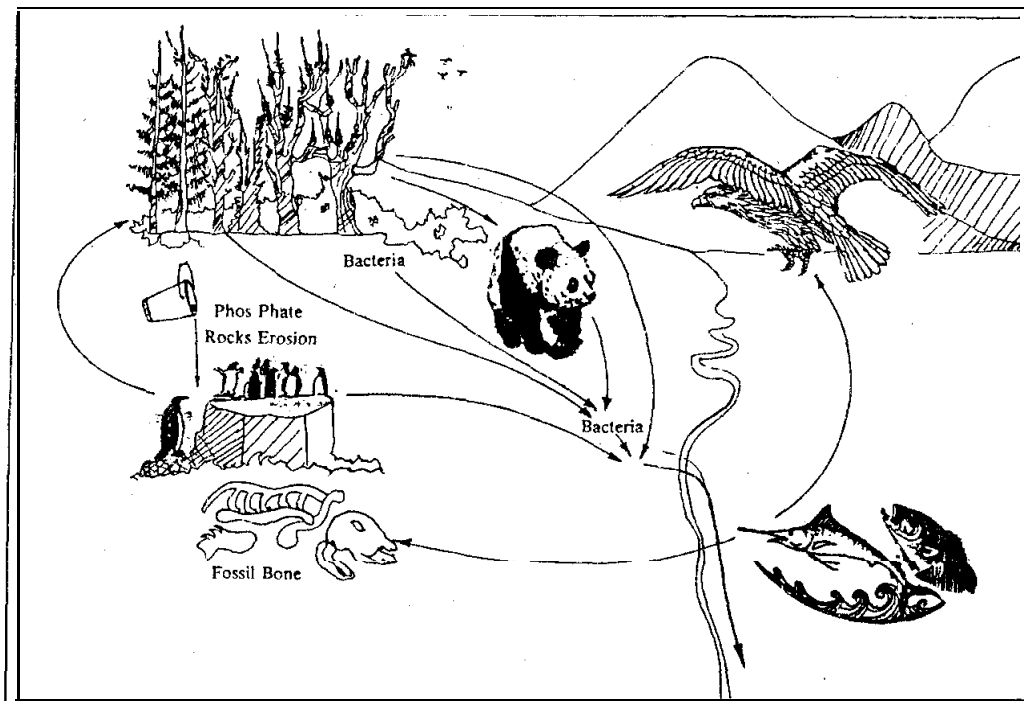
1. การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม และระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเอง เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งเรียกว่าอะไร ?
  - 1) นิเวศวิทยา
  - 2) ระบบนิเวศน์
  - 3) ระบบธรรมชาติ
  - 4) ทรัพยากรธรรมชาติ
2. การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหารเป็นหน้าที่สำคัญของระบบใด ?
  - 1) ระบบธรรมชาติ
  - 2) ทรัพยากรธรรมชาติ
  - 3) นิเวศวิทยา
  - 4) ระบบนิเวศน์
3. ระบบนิเวศน์ที่สำคัญในประเทศไทย ประกอบไปด้วยอะไรบ้าง ?
  - 1) ระบบนิเวศน์ในน้ำ
  - 2) ระบบนิเวศน์บนบก
  - 3) ระบบนิเวศน์กึ่งธรรมชาติ
  - 4) เหตุผลทุกข้อประกอบกัน
4. โครงสร้างของระบบนิเวศน์การเกษตรมีลักษณะเช่นใด ?
  - 1) โครงสร้างง่าย ๆ
  - 2) โครงสร้างซับซ้อน
  - 3) โครงสร้างง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อน
  - 4) เหตุผลทุกข้อประกอบกัน
5. ระบบนิเวศน์การเกษตรของประเทศไทยเป็นแบบใด ?
  - 1) แบบขยายพื้นที่
  - 2) แบบเพิ่มผลผลิต
  - 3) แบบเลื่อนลอย
  - 4) ผันแปรตามราคาของพืชผล

### ภาพแสดงวัฏจักรของออกซิเจน



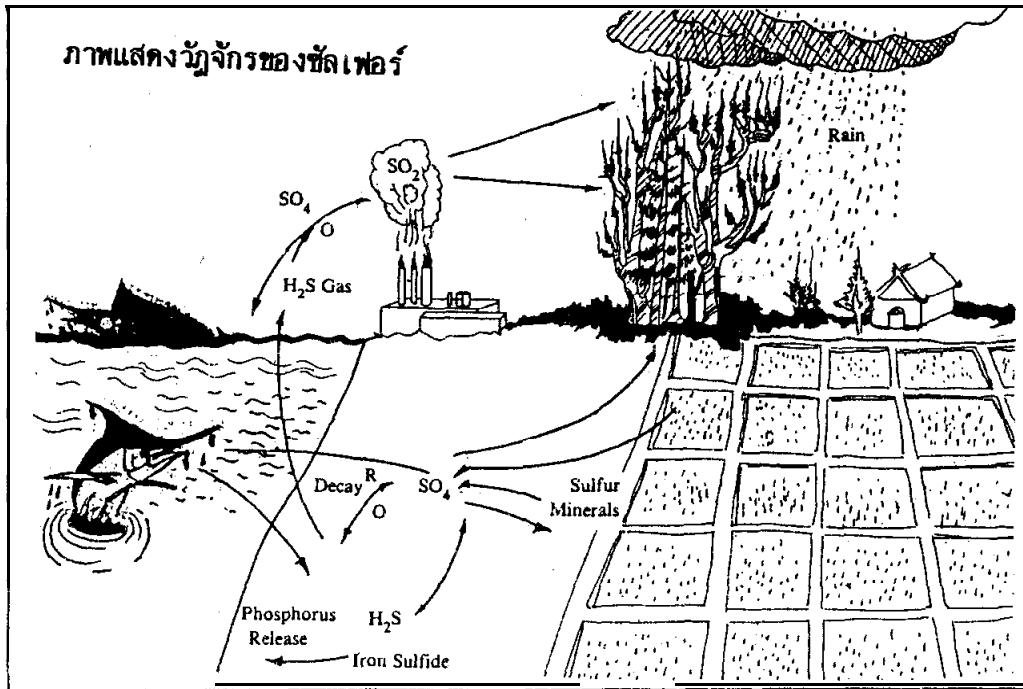
ออกซิเจนมีอยู่ในอากาศ (20.9%) ในดิน (.21%) สิ่งที่มีชีวิตต้องได้รับออกซิเจนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันจึงจะมีชีวิตอยู่ได้ การสังเคราะห์แสงของพืชช่วยให้ออกซิเจนหมุนเวียนอยู่ในสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ

### ภาพแสดงวัฏจักรของฟอสฟอรัส



ที่มา Alexander and Fichter, 1973.

**วัฏจักรของฟอสฟอรัส** วัฏจักรของฟอสฟอรัส เกิดขึ้นในลักษณะที่แตกต่างกว่าธาตุที่กล่าวมาแล้ว คือกระบวนการที่ฟอสฟอรัสถูกหมุนเวียนจากดินไปสู่ทะเลและจากทะเลกลับสู่ดิน ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า “กระบวนการตกตะกอน” (Sedimentary Cycle)



ซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในอากาศบริเวณที่มีการใช้พลังงานจากถ่านหิน น้ำมัน ฯลฯ ในปริมาณมากจะทำให้อากาศเสียเพราะแหล่งพลังงานเหล่านี้มีซัลเฟอร์เป็นส่วนผสม เมื่อซัลเฟอร์ถูกเผาไหม้จะทำให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) และซัลเฟต ( $\text{SO}_4$ ) ซึ่งสารประกอบ 2 ตัวนี้เองเป็นต้นเหตุของอากาศเสียและเป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อหายใจเอาอากาศนั้นเข้าไป นอกจากนี้ เมื่อสารประกอบทั้งสองตัวนี้ได้รับความชื้นจะกลายเป็นกรดซัลฟูริก (Sulfuric) ซึ่งจะกัดกร่อนโลหะ อาคารบ้านเรือน และทำลายเนื้อเยื่อ (Tissue) ของสิ่งมีชีวิต



ที่มา Miller, Tyler, Living in Environment, 1979. 82.