

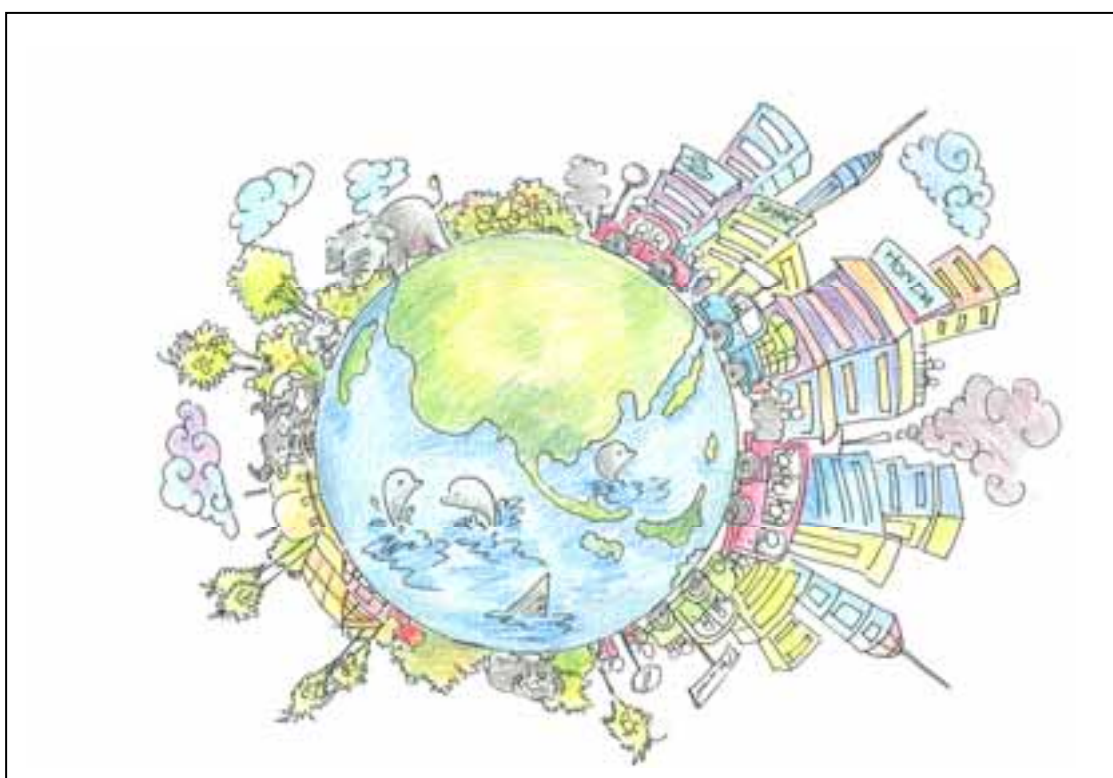


## ชีวิตกับสภาพแวดล้อม (2115-01)

หลักสูตรศิลปกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

เรียบเรียงโดย

นางสาวเพิ่มบุญ ธานีนาค



หมวดวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยช่างศิลป์

สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม



“...หนังสือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนาทั้งกาย ทั้งอาชีพ ทั้งความรู้วิชาการ ทั้งการค้นคว้าและ  
ในที่สุดในความพอใจ ในทางจิตใจของมนุษย์ขั้นสูงที่สุด จนกระทั่งถ้าคนใด อยากรมีความรู้ใน  
ด้านจิตวิทยาหรือในด้านปรัชญา จนกระทั่งอาจอยากที่จะเรียนธรรมะหรือศาสนา จนกระทั่ง  
เป็นคนที่สามารถไปสู่ความสุขที่แท้จริง คือความนิ่งในจิตใจ เป็นผู้รอบรู้แท้ ๆ ก็ย่อมต้องอาศัย  
หนังสือ เพราะหนังสือเป็นการสะสมความรู้และทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์ได้สร้างมาทำมาคิดมาแต่  
โบราณกาลจนทุกวันนี้ หนังสือจึงเป็นสิ่งสำคัญเป็นคล้าย ๆ ธนาคารความรู้และเป็นอมสิน  
เป็นสิ่งที่ทำให้มนุษย์ก้าวหน้าได้โดยแท้...”

พระบรมราชาบาท

พระราชทานแก่คณะสมาชิกห้องสมุดทั่วประเทศ

ในโอกาสที่เข้าเฝ้าทูลละอองธุลีพระบาท

ณ ศาลาดุสิดาลัย สวนจิตรลดา

วันพฤหัสบดีที่ 25 พฤศจิกายน 2514

## คำนำ

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญมากและกำลังทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นในอนาคต รัฐบาลเห็นความสำคัญจึงจัดให้มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในทุกระดับการศึกษา การจัดการเรียนการสอนของวิทยาลัยช่างศิลป์ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้จัดให้มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเช่นกัน โดยจัดให้เรียนในชื่อวิชาชีวิตกับสภาพแวดล้อม รหัสวิชา 2115-01 ในการเรียนการสอนไม่มีเอกสารการเรียนสำหรับใช้ในการเรียนการสอนที่ตรงกับหลักสูตรที่กำหนด เพื่อให้ผู้เรียนมีหนังสือเรียนตรงตามหลักสูตร ไม่ต้องซื้อหนังสือเรียนหลายเล่ม ผู้สอนจึงเห็นสมควรเรียบเรียงเอกสารการสอนในวิชานี้ขึ้น

ในการเรียบเรียงผู้สอนได้ศึกษาคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตรและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร จึงได้จัดแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วยความรู้ทางด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติแนวทางการศึกษาและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ ในเนื้อหา 3 หน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียบเรียงได้จัดเรียบเรียงเนื้อหาเป็นบทจำนวน 10 บท

ในการจัดทำเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้สอนขอกราบขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน คือ ดร.สมศรี ตั้งมงคลเลิศ นายมานพ ทองใบและนางจันทิมา สุขมาก ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการจัดทำ ผู้สอนหวังว่าเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้คงจะเอื้ออำนวยประโยชน์และมีคุณค่าก่อให้เกิดการกระตุ้นผู้เรียนมีความรักหวงแหนทรัพยากรธรรมชาติและมีจิตอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นต่อไป อนึ่ง ผู้สอนใคร่ขอกราบขอบพระคุณเจ้าของหนังสือ ตำรา และสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้อ้างอิงทุก ๆ ท่าน ณ โอกาสนี้ด้วย

เพิ่มบุญ สาธิตานาค

# สารบัญ

เรื่อง	หน้า
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 1</b>	
<b>บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม</b>	<b>1</b>
1. ทรัพยากรธรรมชาติ	2
2. สิ่งแวดล้อม	3
กิจกรรมที่ 1.1 การสำรวจประเภทของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	5
กิจกรรมที่ 1.2 ประเภทสิ่งแวดล้อมในชนบท	6
กิจกรรมที่ 1.3 ประเภทสิ่งแวดล้อมในเมือง	7
3 สาเหตุที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถูกทำลาย	11
4. ความจำเป็นที่ต้องเรียนรู้สิ่งแวดล้อม	13
5. มาตรการในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	14
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 2</b>	
<b>บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานทางนิเวศวิทยา</b>	<b>17</b>
1. ความหมายของนิเวศวิทยา	17
2. บทบาทของวิชานิเวศวิทยา	18
3. ระบบนิเวศ	19
3.1 ความหมายและความสำคัญ	19
3.2 ประเภทของระบบนิเวศ	20
3.3 องค์ประกอบภายในระบบนิเวศ	21
3.4 พลังงานในระบบนิเวศ	23
กิจกรรมที่ 2.1 สายใยธรรมชาติ	27
กิจกรรมที่ 2.2 ระบบนิเวศบ่อน้ำ	33
แบบฝึกหัด ระบบนิเวศ	34
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	35
แบบฝึกหัด ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	47

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6 ปัจจัยจำกัด	49
แบบฝึกหัด ปัจจัยจำกัด	66
กิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง ศึกษาปัจจัยจำกัดของต้นกระบองเพชร	69
3.7 วัฏจักรของสาร	71
แบบฝึกหัด วัฏจักรของสาร	86
3.8 การปรับตัว	89
แบบฝึกหัด การปรับตัว	98
3.9 การเปลี่ยนแปลงแทนที่	101
4. ประโยชน์ของการรักษาระบบนิเวศในธรรมชาติ	106
แบบฝึกหัด การเปลี่ยนแปลงแทนที่	107
กิจกรรมที่ 2.4 ศึกษาะบบนิเวศ	109
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 3</b>	
<b>บทที่ 3 ทรัพยากรน้ำ</b>	<b>111</b>
1. ประโยชน์และความสำคัญของน้ำ	112
2. แหล่งที่มาของน้ำ	113
3. ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ	115
4. สาเหตุที่ทำให้น้ำเสีย	116
5. การวัดความเน่าเสียของน้ำ	118
กิจกรรมที่ 3.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ	120
6. มาตรฐานคุณภาพแม่น้ำเจ้าพระยา	119
7. หลักการบำบัดน้ำเสีย	122
8. การอนุรักษ์น้ำ	128
9. พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรน้ำ	129
กิจกรรมที่ 3.2 มาประหยัดน้ำกันเถอะ	137
กิจกรรมที่ 3.3 เราจะอยู่ที่ไหน	138

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
<b>บทที่ 4 ทรัพยากรป่าไม้</b>	<b>141</b>
1. ความหมาย	141
2. ประโยชน์และความสำคัญของป่าไม้	141
3. ชนิดของป่าไม้ในประเทศไทย	143
4. สาเหตุที่ทำให้ป่าไม้ลดลง	152
5. ผลกระทบจากการทำลายป่าไม้	154
กิจกรรมที่ 4.1 ตอบคำถามจากรูปภาพ	157
กิจกรรมที่ 4.2 ผลกระทบที่เกิดการเผาป่าไม้	160
6. แนวทางอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้	162
7. พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรป่าไม้	172
กิจกรรมที่ 4.3 ปลูกป่าแบบง่าย ๆ ด้วย Seed ball	175
<b>บทที่ 5 ทรัพยากรสัตว์ป่า</b>	<b>176</b>
1. ความหมาย	176
2. ประเภทของสัตว์ป่า	176
3. ประโยชน์และคุณค่าของสัตว์ป่า	185
กิจกรรมที่ 5.1 เพื่อนร่วมโลก...เพื่อนผู้เสียสละ	187
4. โทษของสัตว์ป่า	189
5. สาเหตุของการลดจำนวนลงของสัตว์ป่า	189
กิจกรรมที่ 5.2 ตอบคำถาม	191
6. หลักทั่วไปในการอนุรักษ์สัตว์ป่า	192
7. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ	195
กิจกรรมที่ 5.3 รู้จักนักอนุรักษ์ “สืบ นาคะเสถียร”	197

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
<b>บทที่ 6 ทรัพยากรดิน</b>	<b>201</b>
1. ความหมาย	201
2. ประโยชน์และความสำคัญของดิน	201
3. ส่วนประกอบของดิน	202
4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดิน	203
5. ประเภทของดิน	206
6. ปัญหาของทรัพยากรดินที่สำคัญ	208
กิจกรรมที่ 6.1 ค่า pH ของดิน	211
7. วิธีการอนุรักษ์ดิน	213
8. พระปรีชาญาณในการแก้ปัญหาทรัพยากรดิน	217
กิจกรรมที่ 6.2 ถ้าโลกนี้ไม่มีแมลง	223
<b>บทที่ 7 ทรัพยากรแร่ธาตุและพลังงาน</b>	<b>224</b>
1. ความหมาย	224
2. การกำเนิดของแร่	224
3. ประโยชน์และความสำคัญของแร่	225
4. ชนิดของแร่ตามคุณสมบัติทางเศรษฐกิจ	226
5. ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองแร่	227
กิจกรรมที่ 7.1 เหมืองแร่	228
6. หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรแร่ธาตุ	229
7. การใช้แร่พลังงานหรือแร่เชื้อเพลิงในประเทศ	230
8. ประโยชน์ของการประหยัดพลังงาน	230
9. ผลกระทบจากการผลิตและการใช้พลังงาน	231
10. มาตรการการประหยัดพลังงาน	233
กิจกรรมที่ 7.2 ผลการศึกษาบางประการเกี่ยวกับพลังงานทดแทน ในภาคคมนาคมขนส่ง	234

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
กิจกรรมที่ 7.3 น้ำหรือน้ำมัน	239
<b>บทที่ 8 ทรัพยากรอากาศ</b>	<b>240</b>
1. ความหมายและองค์ประกอบของอากาศ	240
2. ความหมายของบรรยากาศ	241
3. การจำแนกบรรยากาศ	241
4. ความสำคัญของอากาศและบรรยากาศ	242
5. การเกิดอากาศเสียหรือมลพิษทางอากาศ	242
6. ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ	245
7. การอนุรักษ์ทรัพยากรอากาศ	247
กิจกรรมที่ 8.1 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	248
<b>บทที่ 9 มลพิษสิ่งแวดล้อม</b>	<b>252</b>
1. ความหมายมลพิษสิ่งแวดล้อม	252
2. ลักษณะของปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม	252
3. ประเภทของสารมลพิษ	252
4. มลพิษทางอากาศ	253
-โครงการ Car Free Day	260
5. มลพิษทางน้ำ	260
-วันอนุรักษ์และพัฒนาแม่น้ำ คู คลอง แห่งชาติ “20 กันยายน”	265
6. มลพิษทางเสียง	266
7. มลพิษทางขยะ	269
-เชิญบริจาคกระดาษใช้แล้ว 2 หน้า ให้มูลนิธิคนตาบอด	277
-ร่วมบริจาคกระป๋องอลูมิเนียมเพื่อจัดทำ “ขาเทียมพระราชทาน”	277
-โครงการเรียกคืนซากหลอดฟลูออเรสเซนต์	278



## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
กิจกรรมที่ 9.1 ตอบคำถามจากรูปภาพ	280
กิจกรรมที่ 9.2 ธรรมชาติที่อยากเห็น	281
กิจกรรมที่ 9.3 น้ำเสียเกิดจากอะไร	282
<b>บทที่ 10 กรณีศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อม</b>	
กิจกรรมที่ 10.1 เรื่อง : ศึกษาผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming)	283
กิจกรรมที่ 10.2 เรื่อง : แบบจำลองภาวะเรือนกระจก (Green House effect)	297
กิจกรรมที่ 10.3 เรื่อง : การเกิดเอลนีโญ (El Niño) และ ลานีญา (La Niña)	300
กิจกรรมที่ 10.4 เรื่อง : ข้อเสนอแนะแนวเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน	304
กิจกรรมที่ 10.5 เรื่อง : โอโซน	308
กิจกรรมที่ 10.6 เรื่อง : ผลกระทบฝนกรด	316
กิจกรรมที่ 10.6 ตอนที่ 1 ภัยอันตรายจากฝนกรด	321
กิจกรรมที่ 10.6 ตอนที่ 2 ซอล์กหายไปไหน	323
กิจกรรมที่ 10.7 เรื่อง : สนามบินสุวรรณภูมิและปัญหามลพิษทางเสียง	325
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>329</b>

# สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ลักษณะของสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน	9
2.1 Ernst Haeckel	17
2.2 ระบบนิเวศ	19
2.3 ห่วงโซ่อาหาร	23
2.4 สายใยอาหาร	26
2.5 หลักการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ	29
2.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณอาหารของผู้บริโภคในลำดับต่าง ๆ	30
2.7 พีระมิดจำนวน	30
2.8 พีระมิดมวล	31
2.9 พีระมิดพลังงาน	32
2.10 การอยู่ร่วมกันมีผลต่อการป้องกัน	35
2.11 การอยู่ร่วมกันมีอิทธิพลต่อการสืบพันธุ์	36
2.12 การได้ประโยชน์ร่วมกัน	38
2.13 ภาวะที่ต้องพึ่งพา	39
2.14 ภาวะเกื้อกูลหรือภาวะอิงอาศัย	40
2.15 ปรสิตภายใน	41
2.16 ปรสิตภายนอก	42
2.17 การล่าเหยื่อ	43
2.18 ภาวะมีการแก่งแย่งแข่งขัน	44
2.19 Justus Von Liebig	49
2.20 กฎความอดทนของเซลฟอร์ด	50
2.21 Van't Hoff	52
2.22 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ขนาดและรูปร่าง	52
2.23 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต	53
2.24 การอพยพเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง	54
2.25 นกนางแอ่นบ้าน	55

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.26 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต	56
2.27 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของพืช	56
2.28 แสงสว่างมีผลต่ออัตราการเคลื่อนที่	57
2.29 ความสำคัญของน้ำ	58
2.30 ความกดดัน	59
2.31 พื้นผิวมีผลต่อการเจริญเติบโต	60
2.32 การลুকไหม้ของไฟเรือนยอด	61
2.33 การลुकไหม้ของไฟหน้าดิน	61
2.34 การลुकไหม้ของไฟพื้นดิน	62
2.35 ธาตุอาหาร	63
2.36 ปริมาณแก๊สออกซิเจนละลายในน้ำ	64
2.37 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ	65
2.38 วัฏจักรคาร์บอน	73
2.39 วัฏจักรออกซิเจน	75
2.40 วัฏจักรไนโตรเจน	79
2.41 วัฏจักรของน้ำ	82
2.42 วัฏจักรกำมะถัน	83
2.43 วัฏจักรฟอสฟอรัส	84
2.44 การปรับตัวชั่วคราวของพืช	90
2.45 การปรับตัวชั่วคราวของสัตว์	90
2.46 การปรับตัวแบบถาวรของพืช	91
2.47 การปรับตัวด้านรูปร่างลักษณะ	92
2.48 การปรับตัวของขา	93
2.49 การปรับตัวของขานก	93
2.50 การปรับตัวของปากแมลง	94
2.51 การปรับตัวของปากนก	95

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.52 การปรับตัวทางสรีระวิทยา	96
2.53 การปรับตัวทางพฤติกรรม	97
2.54 การเปลี่ยนแปลงแทนที่บนก้อนหิน	102
2.55 การระเบิดของภูเขาไฟบนเกาะเซิร์ตซี	103
2.56 สิ่งมีชีวิตที่พบหลังการระเบิดของภูเขาไฟบนเกาะเซิร์ตซี	103
2.57 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ไฮโดรเชียร์	104
2.58 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ชั้นทุลิตูมิ	105
3.1 ส่วนประกอบของน้ำ	111
3.2 แหล่งที่มาของน้ำฟ้า	113
3.3 แหล่งที่มาของน้ำท่าหรือน้ำผิวพื้น	114
3.4 แหล่งที่มาของน้ำใต้ดิน	114
3.5 ระบบแอทโมสเฟียร์แบบกวนสมบูรณ์	123
3.6 ระบบแอทโมสเฟียร์แบบปรับเสถียรสัมผัส	123
3.7 ระบบคลองวนเวียน	124
3.8 ระบบเอสปีอาร์	125
3.9 ระบบทรกกิ่งฟิลเตอร์	126
3.10 ระบบบ่อออกซิเดชัน	127
3.11 ระบบบ่อเติมอากาศ	128
3.12 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว	129
3.13 ฟายเก็บน้ำ	131
3.14 เขื่อนคลองท่าด่าน	131
3.15 เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	132
3.16 แม่น้ำปากพนัง	132
3.17 การจัดการคุณภาพน้ำ ทฤษฎีน้ำดีไล่น้ำเสีย	133
3.18 โครงการแก้มลิง	134
3.19 พระเจ้าอยู่หัวกับโครงการฝนหลวง	135

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 ป่าดิบชื้น	144
4.2 ป่าดิบแล้ง	145
4.3 ป่าดิบเขา	146
4.4 ป่าสนเขา	146
4.5 ป่าชายเลน	147
4.6 ป่าพรุหรือป่าบึง	148
4.7 ป่าชายหาด	149
4.8 ป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณ	149
4.9 ป่าเต็งรัง	150
4.10 ป่าทุ่งหรือป่าหญ้า	151
4.11 ป่าละเมาะ	151
4.12 อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่	163
4.13 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	164
4.14 วนอุทยานน้ำตกกระเปาะ	165
4.15 เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงบอระเพ็ด	166
4.16 สวนพฤกษศาสตร์พุแค	166
4.17 สวนรุกขชาติสิรินธร	167
4.18 พื้นที่สงวนชีวลัย	168
4.19 พื้นที่มรดกโลก	169
4.20 พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1	170
4.21 พระเจ้าอยู่หัวกับการจัดการป่าไม้	172
4.22 ฝ่ายน้ำ	173
5.1 แรคหรือแรคชวา	177
5.2 กระชู้	177
5.3 สมเสร็จหรือผสมเสร็จ	178
5.4 เลียงผา	178
5.5 กูปรีหรือโคไพร	179

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.6 ควายป่าหรือมสิงสา	179
5.7 เนื้อสมัน	180
5.8 ละองหรือละมั่ง	180
5.9 กวางผา	181
5.10 เก้งหม้อหรือเก้งดำหรือเก้งดง	181
5.11 แมวลายหินอ่อน	182
5.12 พะยูงหรือปลาพะยูง	182
5.13 นกระเรียน	183
5.14 นกแก้วเร็วท้องดำ	183
5.15 นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร	184
5.16 สิบ นาคะเสถียร	197
5.17 การอพยพสัตว์ป่าที่เขื่อนเชี่ยวหลาน	198
6.1 ส่วนประกอบของดิน	202
6.2 การแยกชั้นดิน	205
6.3 ดินร่วน ดินทรายและดินเหนียว	206
6.4 การพังทลายเนื่องจากธรรมชาติ	208
6.5 การปลูกพืชสลับเป็นแถว	213
6.6 การปลูกพืชตามแนวระดับ	214
6.7 การปลูกพืชขั้นบันได	214
6.8 การปลูกพืชหมุนเวียน	215
6.9 ทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ	222
8.1 องค์ประกอบของอากาศ	240
9.1 แหล่งที่มาของมลสาร	253
9.2 สัญลักษณ์ Car Free Day	260
9.3 แหล่งที่มาของเสียง	267
9.4 เครื่องป้องกันเสียง	268

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
9.5 ปัญหาขยะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อม	271
9.6 ของเสียอันตราย	273
10.1 เรือนกระจก	283
10.2 กิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิด Greenhouse effect	284
10.3 ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น	285
10.4 เปรียบเทียบธารน้ำแข็งในอาร์เจนตินา	286
10.5 น้ำแข็งใต้พื้นโลกละลาย	287
10.6 น้ำท่วมที่บางขุนเทียน	289
10.7 สารภูมิแพ้	290
10.8 สัตว์อพยพและไฟป่า	291
10.9 ทะเลสาบหายสาบสูญ	292
10.10 ดาวเทียมโคจรเร็วกว่าเดิม	293
10.11 วิธีการลดโลกร้อนด้วยการเขียน Mind Mapping	294
10.12 การประชุมพิธีสารเกียวโต	296
10.13 ในสภาวะปกติ	301
10.14 ปรากฏการณ์เอลนีโญ	301
10.15 ปรากฏการณ์ลานีญา	302
10.16 ระดับน้ำพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิก	303
10.17 ชั้นบรรยากาศโอโซน	308
10.18 รังสีอัลตราไวโอเล็ต	309
10.19 กราฟแสดงผลจากข้อตกลงระหว่างประเทศที่มีผลต่อการลดและเลิกใช้สารทำลาย ชั้นโอโซน	311
10.20 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงช่องโอโซนเหนือทวีปแอนตาร์กติกา บริเวณขั้วโลกใต้	314
10.21 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อต้นไม้	317
10.22 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อแหล่งน้ำ	318

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
10.23 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์	319
10.24 ปัญหามลพิษทางเสียง	325



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดในระบบนิเวศ	45
3.1 มาตรฐานคุณภาพแม่น้ำ	119
6.1 การใช้ทรัพยากรดินของไทย	207
9.1 ระดับความดังของเสียง	266
10.1 ชนิดและแหล่งที่มาของแก๊สเรือนกระจก	284

# บทที่ 1

## ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากร ทำให้เกิดการแสวงหาเทคโนโลยีมาใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์และเพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน จึงพบว่ามนุษย์กำลังเผชิญกับปัญหาวิกฤตสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง จากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่หยุดยั้ง และทวีความรุนแรง จนทำให้เกิดการรวมตัวของบุคคลกลุ่มต่าง ๆ เช่น ในวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2513 กลุ่มบุคคลต่าง ๆ ทั่วทั้งอเมริกาได้รณรงค์เรียกร้องให้มีการป้องกันและแก้ไขปัญหาล้างสิ่งแวดล้อมที่กำลังคุกคามความอยู่รอดของชีวิตรวมทั้งมนุษย์ชาติ และพร้อมใจกันเรียกวันนี้ว่า **“Earth Day”** ในปี พ.ศ. 2515 ได้มีการจัดประชุมเรื่องสิ่งแวดล้อมขึ้นที่กรุงสตอกโฮล์ม จัดโดยองค์การสหประชาชาติ เรียกว่า การประชุมสหประชาชาติเรื่องสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ (UN Conference on the Human Environment) ระหว่างวันที่ 5 - 16 มิถุนายน พ.ศ. 2515 โดยมีตัวแทนจาก 113 ประเทศ ผู้สังเกตการณ์จากองค์การสหประชาชาติอีก 300 คน นักหนังสือพิมพ์ทั่วโลก อีกประมาณ 1,000 คน นอกจากนี้ยังมีตัวแทนเยาวชน นักศึกษา และสมาคมต่าง ๆ ที่ไม่ใช่หน่วยราชการ ซึ่งเรียกว่า กลุ่ม NGOs (Non-Government Organizations) อีกมากมาย และด้วยเหตุนี้ วันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2515 อันเป็นวันเริ่มการประชุมครั้งยิ่งใหญ่นี้จึงได้รับเลือกเป็นวันสิ่งแวดล้อมโลก (World Environment Day) เพื่อเป็นที่ระลึกถึงจุดเริ่มต้นของการร่วมมือระหว่างชนชาติทั่วโลกในด้านสิ่งแวดล้อม

สำหรับประเทศไทย สืบเนื่องจากเมื่อ วันที่ 4 ธันวาคม 2532 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงมีพระราชดำรัสพระราชทานแก่คณะบุคคลต่างๆ ที่เข้าเฝ้าถวายพระพร เนื่องในวโรกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน ใจความเกี่ยวกับสถานการณ์สิ่งแวดล้อมของประเทศและของโลกที่มีความรุนแรงขึ้นและทรงห่วงใยต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ประชาชนชาวไทยกำลังประสบอยู่ในปัจจุบัน พร้อมทั้งตรัสเตือนพสกนิกรให้ร่วมมือกันแก้ไขปัญหาล้างสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจังด้วยความสุขุมรอบคอบ โดยให้ถือเป็นหน้าที่ของทุกคนที่จะต้องปฏิบัติ มิใช่เพียงเพื่อประเทศไทยเท่านั้น หากเพื่อความอยู่รอดปลอดภัยของโลกด้วย จากพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวดังกล่าว นับเป็นจุดเริ่มของการเคลื่อนไหวในการดำเนินงานเพื่อสิ่งแวดล้อมของทุกฝ่าย ทั้งหน่วยงานของรัฐบาลและเอกชนในการสนับสนุนกิจกรรมรณรงค์เพื่อสร้างความรู้สึกร่วมกันของประชาชนในการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม ดังนั้นคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม

วัตถุหรือลักษณะสำเร็จรูป เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ เป็นปัจจัยสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งหลาย ทั้งปวง ทั้งในขั้นการผลิต และการกระจายผลผลิต

### 1.2.3 เป็นปัจจัยในการรักษาสมดุลแห่งธรรมชาติให้คงอยู่อย่างเหมาะสม

หากทรัพยากรธรรมชาติชนิดใดชนิดหนึ่งเกิดการผิดปกติ หรือทวีจำนวนมากเกินไปหรือลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ย่อมทำให้สมดุลแห่งธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ เสียไปด้วยอาจมีผลไปถึงภาวะการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ป่าไม้ถูกทำลายจะมีผลทำให้ความชื้นในอากาศลดลงจนเกิดภาวะฝนแล้ง ปริมาณน้ำในแม่น้ำลำคลองจะลดลงหรือแห้งในฤดูแล้ง ในฤดูฝนจะเกิดน้ำท่วมจากฝนที่ตกหนักและน้ำป่า ดินถูกชะล้างพังทลาย สัตว์ป่าจะลดจำนวนลงทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ จากการที่ป่าลดน้อยลงอาจส่งผลทำให้สัตว์ที่เป็นศัตรูพืช เช่น แมลง หนู ทวีจำนวนมากขึ้นทำความเสียหายต่อการเกษตรเป็นต้น

### 1.3 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

คำว่า "อนุรักษ์" ตามความหมายในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 หมายถึง "รักษาให้คงเดิม" แต่ความหมายของ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสม มีการป้องกันรักษาโดยให้เกิดผลดีที่สูงสุดแก่คนมากที่สุดและเวลายาวนานที่สุดอย่างต่อเนื่องกัน

## 2. สิ่งแวดล้อม (Environment)

ความหมายของสิ่งแวดล้อม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำจำกัดความของคำ "สิ่งแวดล้อม" หมายความว่า สิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งทีมนมนุษย์ได้ทำขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม : 2550 )

### 2.1 ประเภทของสิ่งแวดล้อม

นักสิ่งแวดล้อมได้แบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็น 2 ประเภท

**2.1.1 สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (Natural Environment)** ได้แก่ ดิน น้ำ แร่ธาตุ ป่าไม้ สัตว์ อากาศ ฯลฯ สิ่งแวดล้อมประเภทนี้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมประเภทนี้ยังแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

- 1) สิ่งแวดล้อมที่มีชีวิต ( Biotic Environment) เช่น พืช สัตว์และมนุษย์ เป็นต้น
- 2) สิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต ( Abiotic Environment) ได้แก่ ดิน น้ำ อากาศ แร่ธาตุ

ความร้อน แสงสว่าง เสียง เป็นต้น

**2.1.2 สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Environment)** เป็นสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือเกิดจากกฎเกณฑ์ที่มนุษย์สร้างขึ้นมา อาจจะโดยตั้งใจหรือ

ไม่ตั้งใจก็ได้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1) สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environment) เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถมองเห็น เช่น ถนน บ้านเรือน เมือง รถ สะพาน วัด เจดีย์ เป็นต้น

2) สิ่งแวดล้อมทางสังคมหรือนามธรรมสิ่งแวดล้อม (Social Environment หรือ Abstract Environment) เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อความเป็นระเบียบของการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข เช่น วัฒนธรรมประเพณี ระบบการปกครอง การศึกษา อาชีพ ความเชื่อ เจตคติ กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ เป็นต้น

**กิจกรรมที่ 1.1 การสำรวจประเภทของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**

**คำสั่ง** ให้นักศึกษาพิจารณาสິงต่าง ๆ ที่กำหนดให้ และเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ทรัพยากรธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อม ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักศึกษา

สิ่งต่าง ๆ	ทรัพยากรธรรมชาติ	สิ่งแวดล้อม
อากาศ		
น้ำมัน		
คอมพิวเตอร์		
นาฬิกา		
โต๊ะ		
เก้าอี้		
แสงอาทิตย์		
แม่น้ำ		
วัด		
โรงเรียน		
ศาสนา		
การปกครอง		
กฎหมาย		
ทุ่งหญ้า		
ปากกา		
แบคทีเรีย		
สมุด		
เครื่องบิน		
โทรศัพท์		
ดิน		

**คำถาม**

จากตาราง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมที่ 1.2 ประเภทของสิ่งแวดล้อมในชนบท

คำสั่ง ให้นักศึกษาอ่านเนื้อเรื่องต่อไปนี้

"บุญมี" เกษตรกรไทยเต็มขั้น วัย 30 ปีเศษ อาศัยอยู่ในอำเภอเล็กๆ อำเภอหนึ่งในจังหวัดหนองคาย บุญมีได้ทำการเกษตรตามแนวทฤษฎีใหม่ ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2532 เพื่อแก้ปัญหาฝนแล้ง ความยากจน และการมีหนี้สินของเกษตรกร บุญมี มีพื้นที่เพียง 10-15 ไร่ ได้แบ่งพื้นที่ในอัตราส่วน 30:30:30:10 นั่นคือ จัดเป็นแหล่งน้ำเพื่อการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์น้ำ ร้อยละ 30 แปลงปลูกพืชยืนต้น พืชผักพืชไร่ และพืชสมุนไพรร้อยละ 30 นาข้าวร้อยละ 30 และจัดเป็นพื้นที่บ้าน เลี้ยงสัตว์ โรงเรือน หรือสิ่งอำนวยความสะดวกร้อยละ 10 ทฤษฎีนี้ทำให้บุญมีสามารถมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น มีอาหารพออยู่พอกินตลอดทั้งปี ไม่มีหนี้สิน อันจะนำไปสู่เศรษฐกิจแบบพอเพียง และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้อีกด้วย

ชีวิตประจำวันของบุญมี คือ ตื่นตั้งแต่ตี 5 พร้อม ๆ กับเสียงไก่ในเล้าที่ขันปลุก เมื่อลุกจากที่นอน บุญมีใช้น้ำจากตุ่มหน้าบ้านซึ่งเป็นน้ำฝนล้างหน้า บ้วนปาก แล้วใช้ผ้าขาวม้าเช็ดหน้าไล่ความง่วง สูดอากาศบริสุทธิ์เข้าอย่างเต็มปอด ในขณะที่เดียวกับที่ "ไอ้จุก" ลูกชายคนเดียวยังหลับไหล ส่วน "สมใจ" เมียของนายบุญมีก็กำลังหุงข้าวจากนาที่ปลูก สำหรับอาหารเช้าซึ่งก็คือปลาจากบ่อน้ำ และผักสด ๆ จากสวนหลังบ้านที่ปราศจากสารเคมีและยาฆ่าแมลง จิ้มกับน้ำพริก ซึ่งเป็นอาหารหลักของครอบครัว บางครั้งก็ได้ไข่ไก่หรือไข่เป็ดในเล้า

เมื่อกินอาหารเช้าแล้ว แก่ก็จะไปที่คอกเลี้ยงสัตว์ ปล่อยไอ้ทุยควายตัวเดียวที่มีอยู่ออกไปหาและเล็มหญ้า ให้อาหารเป็ดและไก่โดยใช้รำข้าวและเศษผักหญ้าที่มีอยู่ แยกทำปุ๋ยหมักใช้เองจากมูลควายและฟางข้าว ซึ่งนำไปใช้ในการใส่ปุ๋ยพืชไร่พืชสวน รดน้ำด้วยบ่อน้ำที่ขุดไว้ จากนั้นเดินสำรวจไม้ผลหลายชนิดที่กำลังออกผล เช่น กล้วย มะละกอ มะม่วง พรุ้งนี้เช้าแก่จะเก็บเอาไปขายที่ตลาดสดใกล้หมู่บ้าน เป็นเงินสำหรับเสื้อผ้าชุดใหม่ของไอ้จุกในวันเปิดเทอม จวบจนบ่ายคล้อยใกล้เวลาเย็นก็จูงไอ้ทุยและต้อนเข้าคอก อาบน้ำและกินข้าวเย็นพร้อมกับลูกเมีย

ก่อนเข้านอน บุญมี สมใจและไอ้จุก จะต้องสวดมนต์ไหว้พระก่อนนอนเสมอ คืนนี้ฝนได้ตกลงมาและบุญมีก็หลับไปพร้อมกับสายฝนและอากาศเย็นสบาย เพื่อตื่นมาเผชิญชีวิตใหม่อีกครั้งในเวลาตี 5 ของวันรุ่งขึ้น

**คำสั่ง** แบ่งประเภทของสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ของ "**บุญมี**" โดยใช้หลักการที่เรียนมาแล้ว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**กิจกรรมที่ 1.3 ประเภทของสิ่งแวดล้อมในเมือง**

**คำสั่ง** ให้นักศึกษาอ่านเนื้อเรื่องต่อไปนี้

"สมนึก" คนไทยเต็มขั้นวัย 30 ปีเศษ อาศัยอยู่ในบ้านทาวน์เฮ้าส์ ย่านชานเมือง ต้องตื่นตั้งแต่ตี 4 เพื่อไหนรตเมล์เข้าไปทำงานในใจกลางกรุงเทพฯ ในบางวันเมื่อลุกจากที่นอนเพื่อที่จะเข้าห้องน้ำ ปฏิบัติภารกิจในยามเช้า "สมนึก" อาจจะอารมณ์เสียบกับน้ำประปาที่หยุดไหลโดยไม่ทราบสาเหตุ แต่งตัวเสร็จเดินออกจากบ้านเขาก็อาจจะต้องหงุดหงิดกับกองขยะกองโตหน้าบ้าน ที่ส่งกลิ่นคุ้งติดต่อกันมานานหลายวัน เพราะพนักงานเก็บขยะหายหน้าไปเฉย ๆ

ก้าวขึ้นรถเมล์ตั้งแต่เวลาที่ฟ้ายังไม่สว่าง ผู้คนยังไม่มากนัก แต่กลิ่นของเสียและไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมตลอดสองข้างทางช่วงรอบกวนประสาทเบื่องจุมุกเป็นอย่างยิ่ง โดยที่ "สมนึก" ไม่มีโอกาสรู้เลยว่ากลิ่นที่เขาสูดดมเข้าไปทุกวัน จะสะสมจนเกิดอันตรายต่อร่างกายของเขาหรือไม่





## 2.2 ความสำคัญของสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับภาวะการเจริญเติบโต การแพร่ขยายพันธุ์ การกระจายตัว ตลอดจนคุณลักษณะอื่น ๆ ของสิ่งมีชีวิต ถ้าสภาพแวดล้อมอยู่ในลักษณะที่ไม่เหมาะสมแล้ว ภาวะและคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตจะหยุดชะงักหรือเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพตามปกติ และการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมจะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญต่อการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่รุนแรงและเกิดขึ้นเพียงชั่วระยะเวลาหนึ่ง ๆ ย่อมทำให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สามารถปรับตัวเองให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวได้ แต่ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงและปรากฏอยู่อย่างถาวรแล้วสิ่งมีชีวิตบางส่วนจะปรับตัวไม่ได้ และหมดสภาพหรือสูญเสียชีวิตไปในที่สุด ดังนั้นสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติมีอิทธิพลต่อชีวิตมนุษย์หลายด้าน ทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติยังเป็นตัวกำหนดลักษณะทางวัฒนธรรมของคนในสังคมต่าง ๆ มีดังนี้คือ

2.2.1 ลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ที่ราบ ที่ราบสูง เนินเขา และภูเขา เป็นต้น

2.2.2 ลักษณะลมฟ้าอากาศ ได้แก่ เขตอากาศร้อน เขตอากาศอบอุ่น และเขตอากาศหนาว ที่มีสภาพอุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน

2.2.3 ทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ดิน ป่าไม้ สัตว์ และแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ เป็นต้น



ที่มา : [coursewares.mju.ac.th](http://coursewares.mju.ac.th)



ที่มา : [hpcmath.kmutt.ac.th](http://hpcmath.kmutt.ac.th)



ที่มา : [www.thaigoodview.com](http://www.thaigoodview.com)



ที่มา : [www.sudipan.net](http://www.sudipan.net)

ภาพที่ 1.1 ลักษณะของสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะกำหนดลักษณะการตั้งถิ่นฐาน ที่อยู่อาศัย เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม กิจกรรมการดำรงชีวิต กิจกรรมทางเศรษฐกิจ ประเพณีและความเชื่อทางศาสนา รวมทั้งสิ่งของที่เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำมาหากิน

### 2.3 คุณลักษณะเฉพาะตัวของสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมมีคุณลักษณะเฉพาะตัว 7 ประการดังนี้

2.3.1 สิ่งแวดล้อมทุกประเภทมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว บ่งบอกถึงคุณลักษณะอย่างชัดเจน เช่น ต้นไม้ สัตว์ มนุษย์ ดิน น้ำ เป็นต้น

2.3.2 สิ่งแวดล้อมจะไม่อยู่โดดเดี่ยวในธรรมชาติ จะมีสิ่งแวดล้อมอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอไม่ทางตรงก็ทางอ้อม เช่น ต้นไม้กับดิน ปลากับน้ำ มนุษย์กับที่อยู่อาศัย เป็นต้น

2.3.3 สิ่งแวดล้อมในแต่ละชนิดจะมีความต้องการสิ่งแวดล้อมอื่นเสมอ มักมีความสัมพันธ์กันภายในระบบ เช่น ต้นไม้ต้องการดินและน้ำ ปลาต้องการน้ำและอากาศหายใจ มนุษย์ต้องการอาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่มและยารักษาโรค เป็นต้น

2.3.4 สิ่งแวดล้อมจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือเป็นระบบที่เรียกว่า ระบบนิเวศซึ่งภายในระบบนิเวศมีองค์ประกอบ โครงสร้างหลากหลาย สิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะทำหน้าที่ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสัมพันธ์กัน เช่น ในระบบนิเวศป่าไม้ที่สมบูรณ์ จะมีสิ่งแวดล้อมหลายชนิดทั้งชีวภาพและกายภาพ สิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะมีบทบาทหน้าที่และความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน อาทิเช่น ต้นไม้ จะทำหน้าที่ผลิตอาหารให้สัตว์กินพืช รักษาหน้าดิน ดูดซับน้ำ เป็นแหล่งกำเนิดความชื้น เป็นต้น

2.3.5 สิ่งแวดล้อมแทบทุกชนิดมักมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ ดังนั้นเมื่อทำลายสิ่งแวดล้อมหนึ่งแล้ว จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เสมอ เช่น การตัดไม้ทำลายป่าจะส่งผลต่อการพังทลายของดิน การเคลื่อนตัวของดินหรือโคลนตามไหล่เขา อุทกภัยจากน้ำป่าที่เกิดขึ้นในลักษณะที่รุนแรงและรวดเร็ว ช่วงฤดูแล้งลำธารตื้นเขิน และสัตว์ป่าสูญพันธุ์ เป็นต้น

2.3.6 สิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะมีความเปราะบาง มีความแข็งแกร่งและทนทานแตกต่างกัน เช่น ดินทรายมักถูกชะล้างพังทลายได้ง่ายกว่าดินเหนียว แมลงมีภาวะอ่อนแอช่วงเป็นตัวหนอน ต้นไม้จะโคนล้มเมื่อถูกพายุ เป็นต้น

2.3.7 สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวหรือถาวรก็ได้ การเปลี่ยนแปลงนั้นอาจจะค่อย ๆ เกิดหรือเกิดอย่างรวดเร็ว เช่น การเจริญเติบโตของเมืองจะต้องอาศัยเวลาที่จะมีการขยายถนนและระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ การเกิดไฟป่าทำให้สิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศของป่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การไหลหรือการเคลื่อนตัวของดินจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำและความลาดชันของพื้นที่ เป็นต้น

### 3. สาเหตุที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถูกทำลาย

ทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลายลงทุกวัน เหตุการณ์เป็นเช่นนี้มาตั้งแต่อดีต แต่การทำลายในอดีตจะมีการสร้างสมดุลทางธรรมชาติหรือเป็นการทำลายในลักษณะไม่มาก แต่ปัจจุบันนี้แนวโน้มของการทำลายทรัพยากรธรรมชาติมีสูงขึ้นและรวดเร็วขึ้น ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถูกทำลาย มี 3 สาเหตุ คือ มนุษย์ สัตว์และโรคต่าง ๆ และปรากฏการณ์ธรรมชาติ การสูญเสียเนื่องจากมนุษย์เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากสาเหตุต่อไปนี้

#### 3.1 การเพิ่มขึ้นของประชากร

ในระยะแรกที่มนุษย์เข้าครอบครองพื้นที่บนโลกนั้น ทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลายน้อยมาก เพราะช่วงนั้นประชากรโลกมีน้อย ประมาณกันว่าเมื่อ 10,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราชประชากรโลกมีเพียง 10 ล้านคน และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ เป็น 300 ล้านคนเมื่อเริ่มต้นคริสต์ศักราช และอาชีพส่วนมากได้แก่ การเก็บของป่า การล่าสัตว์ และจับปลา ปัจจุบันการเพิ่มของประชากรโดยเฉลี่ยทั่วโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยประชากรในปี ค.ศ.1700 มี 625 ล้านคน เพิ่มเป็น 910 ล้านในปี 1800 และในปี 1900 เพิ่มขึ้นเป็น 1,600 ล้านคน คาดว่าในศตวรรษที่ 21 จะมีประชากรถึง 6,127 ล้านคน แม้ว่าการรณรงค์เพื่อการวางแผนครอบครัวจะได้ผลดี แต่ปริมาณการเพิ่มของประชากรก็ยังอยู่ในอัตราทวีคูณ ( Exponential Growth) ทำให้ความต้องการบริโภคทรัพยากรเพิ่มมากขึ้นทุกทาง โดยการนำทรัพยากรมาใช้เป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตและปัจจัยการผลิต ซึ่งนำไปสู่ความสะดวสบายของมนุษย์ จะเห็นได้ในยุคที่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมมีการทำลายทรัพยากรธรรมชาติอย่างมากมายมหาศาล

#### 3.2 ความต้องการปัจจัยสี่ของมนุษย์เพิ่มขึ้น

ตามที่ได้กล่าวแล้วในข้อแรกที่ว่า ประชากรของโลกมีจำนวนมากขึ้น ดังนั้นความต้องการอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ตลอดจนเครื่องอำนวยความสะดวกสบายมีมากยิ่งขึ้น สิ่งที่มีมนุษย์มีความต้องการเหล่านี้จะได้อาจมาจากทรัพยากรธรรมชาติทั้งสิ้น เช่น อาหารจะได้มาจากป่าไม้ แร่ธาตุและสัตว์ป่า เป็นต้น ด้วยเหตุนี้มนุษย์จึงพยายามแข่งขันกันเพื่อครอบงำผลประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่กลุ่มของตนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นทรัพยากรธรรมชาติจึงถูกทำลายไปอย่างรวดเร็วและรุนแรงยิ่งขึ้น

#### 3.3 การขยายทางด้านเศรษฐกิจ

ความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้มาตรฐานในการดำรงชีวิตของประชากรสูงตามไปด้วย มีการบริโภคทรัพยากรจนเกินความจำเป็นขั้นพื้นฐานของชีวิตในสังคมปัจจุบันที่เน้นระบบเศรษฐกิจการตลาด การทำการเกษตรของมนุษย์จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเดิมซึ่งเคยทำการเกษตรกรรมแบบหลากหลาย เมื่อระบบเศรษฐกิจเปลี่ยนไปก็หันมาทำเกษตรกรรมแบบปลูกพืช

เชิงเดี่ยว มีการทำลายป่า ต้องซื้อปุ๋ย สารพิษฆ่าแมลงเพื่อเพิ่มผลผลิต นอกจากนี้การแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจเป็นแรงผลักดันทำให้คนบางกลุ่มฉวยโอกาสกอบโกยผลประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติจนเป็นสาเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถูกทำลายจนเสียหาย

### 3.4 ความก้าวหน้าทางวิทยาการสมัยใหม่

มนุษย์พยายามพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาการ โดยประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือเครื่องจักร เครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าและบริการให้เพียงพอับความต้องการของประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นทั้งทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม ทางด้านเกษตรกรรมมีการพัฒนาเครื่องจักรในการไถพรวน หว่านเมล็ด ใสปุ๋ยเคมีและพ่นยาปราบศัตรูพืชและเปิดพื้นที่เพื่อทำการเกษตรให้มากขึ้น ทางด้านอุตสาหกรรมมีการพัฒนาเครื่องจักรในการผลิตสินค้าทั้งสินค้าอุปโภค และบริโภคให้ผลิตได้ครั้งละมาก ๆ และมีคุณภาพเท่ากันทุกชิ้น โดยใช้วัตถุดิบจากภาคเกษตรกรรม เช่น สัตว์น้ำทั้งสัตว์น้ำจืดและสัตว์น้ำเค็ม ไม้จากต้นไม้ในป่า มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเหลือง โคนพะ เป็ด ไก่ และทรัพยากรแร่ธาตุจำพวก เหล็ก ดีบุก อลูมิเนียม ทราชแก้วและดินขาว เป็นต้น ความก้าวหน้าทางวิทยาการสามารถสนองความต้องการในการบริโภคของประชากรโลกได้เป็นอย่างดี แต่สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ก็คือความร่อยหรอของทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหามลพิษ และปัญหาสังคมก็จะทวีความรุนแรงเป็นเงาตามตัวอยู่ตลอดเวลา

### 3.5 การพัฒนาประเทศ โดยสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆ

การพัฒนา คือ การเปลี่ยนแปลงชีวลัย (Biosphere) อันเป็นบริเวณที่เป็นส่วนหนึ่งของโลกที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ ได้แก่ บริเวณที่เป็นมหาสมุทร ที่ซึ่งมีน้ำจืด บรรยากาศและชั้นดินบางส่วน โดยการใช้ทรัพยากรมนุษย์ ทรัพย์สินเงินทอง ทรัพยากรที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ และปรับปรุงชีวิตมนุษย์ให้มีคุณภาพ

การสร้างถนน อ่างเก็บน้ำ เขื่อน นับว่าเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ทรัพยากรหลัก เช่น ป่าไม้ถูกทำลาย ทรัพยากรดิน น้ำ สัตว์ป่า จึงพลอยได้รับผลกระทบกระเทือนตามไปด้วย ทำให้มนุษย์เข้าสู่พื้นที่ป่าที่เหลือได้ง่ายกว่าเดิมเนื่องจากการไปมาสะดวก การทำลายจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อป่าเสื่อมโทรมหรือหมดไป ถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ถูกทำลายโอกาสถูกล่ามีมากขึ้น สัตว์บางชนิดหาอาหารเป็นไปด้วยความยากลำบากในที่สุดก็สูญพันธุ์ไป และในบางพื้นที่ที่มีความลาดชันพื้นดินจะถูกชะล้างพังทลาย เป็นต้น

### 3.6 การล่าเพื่อเกมกีฬา

นับว่าเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่ง ที่นำมาซึ่งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การยิงนก ตกปลาและล่าสัตว์ เป็นต้น นักล่าสัตว์ถ้าทำเพื่อการค้าที่แท้จริงก็ไม่มีปัญหาเรื่องการทำลายทรัพยากรธรรมชาติมากนัก แต่กลุ่มคนเหล่านี้จะทำแบบคึกคะนองที่สำคัญที่สุดคือการแข่งขันกันล่า

ใครจะล่าสัตว์ได้มากกว่ากัน เมื่อมีสถิติดังกล่าวเกิดขึ้นการล่าสัตว์จึงไม่มีขอบเขตหรือจำกัดจำนวน บางครั้งล่าสัตว์ทั้งฝูงจะถูกล่าไปในชั่วระยะเวลาไม่มากนัก คนบางกลุ่มจะใช้อาวุธร้ายแรงในการจับสัตว์ เช่น ใช้ระเบิด ไฟฟ้าช็อต ซึ่งจะทำให้สัตว์ตายเป็นจำนวนมากและรวมถึงสัตว์ตัวเล็กๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ก็พลอยล้มตายไปด้วย

### 3.7 สงครามและความขัดแย้งระหว่างประเทศ

ภาวะสงครามนอกจากจะสูญเสียชีวิตมนุษย์และทรัพย์สินเป็นจำนวนมากแล้ว ทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ก็จะถูกนำมาใช้เพื่อการสงครามอย่างมากมาย เช่น การนำแร่ธาตุมาผลิตอาวุธ นอกจากนี้ป่าไม้ก็จะถูกทำลายด้วยระเบิด หรือ การเผาป่า เพื่อไม่ให้ข้าศึกหลบซ่อน

### 3.8 นโยบายของรัฐบาลและปัญหาทางกฎหมาย

การดำเนินนโยบายที่ผิดพลาดหรือไม่เอารัดกับกฎหมายที่ออกมา เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้ไม่มีผลในทางปฏิบัติอย่างจริงจังประกอบกับบทลงโทษต่ำ จึงทำให้ผู้กระทำผิดทำผิดซ้ำซากไม่เกรงกลัวกฎหมาย

### 3.9 ความไม่รู้หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์

หลายครั้งที่มนุษย์ทำลายสิ่งแวดล้อม เพราะความไม่รู้ถึงสาเหตุและผลกระทบ ขาดข้อมูลและความเข้าใจที่ถูกต้อง ทำให้บุคคลแต่ละฝ่ายเข้าถึงสิ่งแวดล้อมในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น นักอนุรักษ์นึกถึงสิ่งแวดล้อมในรูปของระบบนิเวศของธรรมชาติ ป่าไม้ สัตว์ป่า แต่นักธุรกิจภาคอุตสาหกรรมกลับนึกถึงวัตถุดิบที่เป็นปัจจัยในการผลิต นักเศรษฐศาสตร์จะนึกถึงทรัพยากรที่ต้องใช้ให้คุ้มค่า ชาวบ้านนึกถึงฝน ภาคการท่องเที่ยวนึกถึงเม็ดเงินที่จะได้จากนักท่องเที่ยว การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องการสร้างเขื่อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ฯลฯ สังคมยังขาดความเข้าใจถึงสิ่งแวดล้อมในลักษณะองค์รวมที่เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ซึ่งเมื่อเกิดการเสียหายที่ใดที่หนึ่งก็จะมีผลกระทบแก่กันและกัน

## 4. ความจำเป็นที่ต้องเรียนรู้สิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้สิ่งแวดล้อมมีความจำเป็นดังนี้

### 4.1 เพื่อเป็นพื้นฐานแก่ชีวิต

การเรียนรู้สิ่งแวดล้อมในลักษณะนี้นับว่าเป็นความรู้พื้นฐานทั่วไป ที่มนุษย์ทุกคนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ รู้จักการวิเคราะห์มูลเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศกับชีวิตและกับโลกทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจดำเนินชีวิตของตนเองรอบคอบและในส่วนของสังคมที่ตนเองรับผิดชอบ

#### 4.2 เพื่อมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า เป็นปัญหาของส่วนรวมทั้งในชุมชน ประเทศและโลก แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนรวมดังกล่าวย่อมจะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นหรือในชุมชน ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ชิดและจะส่งผลเสียแก่คนในท้องถิ่นเป็นอันดับแรก ดังนั้นการรับผิดชอบในการดูแล รักษาและแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมจึงไม่ใช่เป็นหน้าที่ของรัฐเท่านั้น แต่คนในท้องถิ่นจะต้องเข้าไปมีส่วนร่วม แก้ปัญหาโดยตรงหรือไม่ก็เป็นการกระตุ้นให้รัฐเข้าไปรับผิดชอบแก้ไขปัญหาก็กับชุมชน

#### 4.3 เพื่อเป็นวิชาชีพ

ในขณะที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ส่งผลกระทบต่ออย่างกว้างขวาง ทั้งยังต้องการแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้า การวางแผนพัฒนาการจัดการและมาตรการในการแก้ไขในระยะยาว ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญรอบรู้วิชาการสิ่งแวดล้อม ทั้งในแง่ของวิทยาศาสตร์และศึกษาศาสตร์ เพื่อทำหน้าที่เป็นแกนนำรับผิดชอบในการป้องกัน แก้ไขและพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

### 5. มาตรการในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

#### 5.1 การอนุรักษ์โดยตรง ทำได้ 6 วิธี คือ

5.1.1 การถนอมรักษา หมายถึง การใช้อย่างฉลาด รู้จักตัดแปลงเพื่อให้มีทรัพยากรใช้นานที่สุด เป็นการอนุรักษ์ธรรมชาติเพื่อพยายามคงสภาพทั้งปริมาณและคุณภาพเอาไว้ โดยการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น กรณีแร่เหล็กแทนที่จะนำมาใช้โดยตรง ก็นำไปผสมกับแร่ธาตุอื่น ๆ เพื่อให้เป็นเหล็กกล้า ซึ่งนอกจากจะลดปริมาณการใช้เนื้อเหล็กให้น้อยลงแล้วยังช่วยยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานออกไปอีกด้วย

5.1.2 การทดแทนและประดิษฐ์ใช้ใหม่ หมายถึง การบูรณะทรัพยากรธรรมชาติที่เสื่อมโทรมหรือเสียหายหลังจากถูกนำไปใช้ เป็นการนำเอาสิ่งอื่นมาใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดอาจกระทำได้ เช่น การประหยัดเหล็กไว้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น โดยการนำพลาสติกแข็งมาทดแทน ในบางประเทศที่ขาดแคลนเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการหุงต้มได้นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทน จึงช่วยในการอนุรักษ์ป่าไม้และยืดอายุการใช้งานของพลังงานเชื้อเพลิงจากแร่ธาตุให้ยาวนานออกไป

5.1.3 การปรับปรุงให้ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น หมายถึงการรู้จักปรับปรุงทรัพยากรที่มีอยู่แล้วให้ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดที่ปรากฏอยู่ตามสภาพธรรมชาติ จะไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มาก เช่น น้ำที่ไหลลงมาตามลำน้ำ ถ้าหากสร้างเขื่อนขวางกั้น

ลำนํ้า เพื่อยกระดับของนํ้าในเขื่อนให้สูงขึ้น พลังงานนํ้าไหลจะสามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมาก เช่นเดียวกันกับการนำโลหะมาประดิษฐ์เป็นเครื่องจักรกล ซึ่งจะสามารถทำงานแทนมนุษย์ได้

**5.1.4 การผลิตและใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ** หมายถึงการให้ได้ประโยชน์มากที่สุดและสูญเสียน้อยที่สุด ในกระบวนการผลิตสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติ นั้น ส่วนใหญ่จะเกิดการสูญเสียไประหว่างกระบวนการผลิต ทำให้ได้ผลผลิตไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เช่น การแกะสลักไม้สัก ต้องใช้ไม้สักขนาดใหญ่ หายากและราคาแพง ในกระบวนการผลิตจะสูญเสียไม้สักไปเป็นจี้เลื่อย เมื่อเสร็จสิ้นจะได้ผลผลิตที่มีขนาดเล็กและราคาแพง

**5.1.5 การใช้สิ่งอื่นทดแทน** หมายถึง รู้จักใช้สิ่งอื่นที่มีคุณภาพใกล้เคียงและหาง่ายมาใช้ทดแทน เช่น ยางเทียม การนำเอาสิ่งอื่นมาใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาติบางชนิดอาจกระทำได้ เช่น การประหยัดเหล็กไว้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น โดยการนำพลาสติกแข็งมาทดแทน ในบางประเทศที่ขาดแคลนเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการหุงต้มได้นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทน จึงช่วยในการอนุรักษ์ป่าไม้และยืดอายุการใช้งานของพลังงานเชื้อเพลิงจากแร่ธาตุให้ยาวนาน

**5.1.6 การค้นหาและตรวจสอบคุณภาพทรัพยากร** หมายถึง หมั่นสำรวจค้นหาทรัพยากรที่มีอยู่แล้ว โดยตรวจสอบสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้ การสำรวจแหล่งทรัพยากรเพิ่มเติมเป็นเรื่องสำคัญ เพราะการเป็นค้นหาทรัพยากรธรรมชาติที่เหลือน้อยมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติต่อไป เช่น การค้นพบแก๊สธรรมชาติเป็นจำนวนมากในอ่าวไทย และที่ราบภาคกลางตอนบนของประเทศไทย (แหล่งนํ้ามัน ที่ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร) นอกจากนี้ยังมีการสำรวจหาแหล่งประมงทะเลแถบขั้วโลกเหนือ ปรากฏว่า ได้พบปลาเป็นจำนวนมากอาศัยใต้แพน้ำแข็งและพืดน้ำแข็ง จึงเป็นที่หวังว่าแหล่งประมงแห่งใหม่นี้ จะช่วยลดภาวะการขาดแคลนอาหารโปรตีนของชาวโลกให้น้อยลงได้

**5.2 การอนุรักษ์โดยทางอ้อม** ทำได้ 3 วิธี คือ

**5.2.1 การสร้างและปลูกฝังทัศนคติที่ดีต่อการอนุรักษ์**

การจัดการศึกษาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติให้กับประชาชนทั่วไป อาจจะทำในรูปของการประชาสัมพันธ์ที่ออกมาเป็นเอกสาร แผ่นพับ แผนภูมิ และรูปภาพต่าง ๆ การประชาสัมพันธ์ทางหนังสือพิมพ์ทั้งรายปีและรายวัน วิทยุและโทรทัศน์ไว้ทุกระดับ ตั้งแต่ชั้นประถมไปจนถึงระดับอุดมศึกษา ถ้าหากประชาชนทั่วไปมีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ จะส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติได้รับการคุ้มครอง และดูแลรักษาได้ดียิ่งขึ้น

### 5.2.2 การจัดตั้งชมรมหรือสมาคมการอนุรักษ์

การจัดตั้งชมรม สมาคม หรือองค์กรเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ในปัจจุบันมีกลุ่มชนที่ให้ความสนใจเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเริ่มมีจำนวนมากยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วยชาวบ้าน นิสิต นักศึกษา และนักเรียน โดยส่วนใหญ่จะจัดตั้งเป็นรูปชมรม เช่น ชมรมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ในบางแห่งจะจัดตั้งเป็นสมาคมหรือมูลนิธิ หน่วยงานทั้งของรัฐและเอกชนเหล่านี้จะมีจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ การดำเนินงานเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การตั้งชมรม มูลนิธิและสมาคมเพื่อการอนุรักษ์ของภาคเอกชนทั่วไป สมาชิกหรืออาสาสมัครเหล่านี้ จะช่วยรัฐบาลในการดำเนินงานเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่เจ้าหน้าที่ของรัฐดูแลไม่ทั่วถึง

### 5.2.3 การใช้กฎหมายควบคุม

กฎหมายเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ จะมีประสิทธิภาพ ถ้าหากผู้ที่รับผิดชอบนำกฎหมายเหล่านี้มาปฏิบัติอย่างจริงจังและครบถ้วน ปัจจุบันมีกฎหมายหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กฎหมายสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ควบคุมการทำเหมืองแร่ เป็นต้น ในปี พ.ศ.2532 รัฐบาลไทยได้ออกพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยการปิดป่าทั่วประเทศ ถือได้ว่าเป็นกฎหมายเพื่อการอนุรักษ์ป่าไม้อย่างแท้จริง ขณะนี้เหลือแต่เพียงว่าเจ้าหน้าที่ของรัฐจะทำกฎหมายฉบับนี้ให้ศักดิ์สิทธิ์ได้อย่างไรเท่านั้น

### 5.2.4 การจัดตั้งหน่วยงานขึ้นรับผิดชอบ

การจัดตั้งหน่วยงานขึ้นมารับผิดชอบ ในการดำเนินงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติแต่ละชนิด จะทำให้กระบวนการอนุรักษ์ได้ผลดียิ่ง เพราะเจ้าหน้าที่เหล่านั้นนอกจากควบคุมดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้นแล้ว ยังทำหน้าที่ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและขอความร่วมมือกับประชากรในท้องถิ่น เพื่อช่วยเหลือในเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งการนำกฎหมายที่เกี่ยวข้องมาใช้ เพื่อให้เกิดผลดีต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติต่อไป

ในอดีต มีมนุษย์เพียงเบาบางท่ามกลางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอันสมบูรณ์ มีการเกื้อกูลซึ่งกันและกัน เพื่อการดำรงชีวิต ทำให้การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างสมดุล แต่เมื่อจำนวนประชากรของมนุษย์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจและความก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ ได้ก่อให้เกิดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เสื่อมโทรมและทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ จนส่งผลกระทบต่อกลับมาถึงมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงการป้องกันแก้ไขปัญหาล้างสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อจะห้ามมนุษย์สามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นและดำรงชีวิตอย่างปกติสุข



## บทที่ 2

### ความรู้พื้นฐานทางนิเวศวิทยา

การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตจะต้องมีการพึ่งพาอาศัยกันทั้งทางตรงและทางอ้อม ตลอดจนมีความสัมพันธ์กับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น อากาศ แร่ธาตุ ทำให้มีการใช้พลังงานและแลกเปลี่ยนสารอาหารซึ่งกันและกันเป็นวัฏจักรที่ดำเนินไปเป็นระบบภายใต้ความสมดุลของธรรมชาติ เรียกว่า “ระบบนิเวศ”

#### 1. ความหมายของนิเวศวิทยา

การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมนั้น ได้รับความสนใจจากนักปราชญ์ชาวกรีก และนักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ มาช้านานแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม คำว่านิเวศวิทยาเริ่มใช้ในจดหมายเหตุของ Henry Thoreau ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1858 ต่อมา Reiter ได้นำคำนี้มาใช้ในผลงานของเขาซึ่งพิมพ์ไว้เป็นหลักฐานในปี ค.ศ. 1865

โดยนิเวศวิทยา มาจากรากศัพท์เดิมในภาษากรีก 2 คำ คือ

1. oikos ซึ่งแปลว่าบ้าน (Home) หรือที่อยู่อาศัย (Place to live)
2. logos ซึ่งแปลว่าการศึกษา

รวมเป็น oecology และต่อมาได้เขียนตามหลักภาษาอังกฤษว่า ecology ใช้เรียกศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในด้านความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับที่อยู่อาศัย



ภาพที่ 2.1 Ernst Haeckel  
ที่มา : [www.onlinekunst.de](http://www.onlinekunst.de)

แม้ว่าวิชานิเวศวิทยาได้แยกตัวออกมาจากวิชาชีววิทยาแล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่เป็นที่รู้จักและสนใจกันเท่าที่ควร จนกระทั่งในปี ค.ศ.1866 นักสัตววิทยาชาวเยอรมันท่านหนึ่งคือ เอิร์น เฮคเคิล (Ernst Haeckel) ได้หยิบยกเอาคำนี้ขึ้นมาใช้และให้คำนิยามไว้ว่า "นิเวศวิทยาเป็นการศึกษาที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์สิ่งต่าง ๆ อย่างประหยัดของธรรมชาติ คือการศึกษาสังเกตความสัมพันธ์ทั้งหมดของสัตว์กับสิ่งแวดล้อมที่เป็นอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ" จากคำนิยามนี้จึงเป็นการกำหนดแนวทางการศึกษาทางนิเวศวิทยาแก่นักวิทยาศาสตร์ที่

สนใจในแนวดังกล่าว จึงยกย่องให้ Haeckel เป็นบิดาแห่งวิชานิเวศวิทยาและเป็นผู้ก่อตั้งศาสตร์ทางด้านนี้

## 2. บทบาทของวิชานิเวศวิทยา

นิเวศวิทยาเป็นวิชาความรู้พื้นฐานสำคัญ ที่ทำให้เข้าใจถึงความเป็นไปของสิ่งมีชีวิตที่ดำรงอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการอนุรักษ์และจัดการสิ่งแวดล้อม มีหลักการมุ่งรักษาสสมดุลธรรมชาติ ซึ่งหมายถึงสภาวะสรรพสิ่งในที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ อันประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ดังนั้นการที่จะจัดหรือบรรเทาปัญหาเหล่านี้ จะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางนิเวศวิทยา และเข้าใจความเป็นไปของระบบนิเวศเสียก่อน การแก้ปัญหาสภาวะแวดล้อมให้ได้ผลต้องเข้าใจถึงสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกับธรรมชาติ การศึกษานิเวศวิทยาจึงมิใช่สิ่งจำเป็นเฉพาะนักวิชาการหรือผู้มีอำนาจหน้าที่เท่านั้น แต่สมาชิกในสังคมทุกคนจำเป็นต้องเรียนรู้ องค์การสหประชาชาติ (สมิทธิ สระอุบล. 2539 : 12-13 )ได้เน้นให้ประเทศต่าง ๆ ได้ตระหนักดังต่อไปนี้

### 2.1 การเป็นผู้ถูกสร้างและผู้เสริมสร้างสภาวะแวดล้อม

วิวัฒนาการอันยาวนานและซับซ้อนของมนุษยชาตินั้น ธรรมชาติให้สิ่งบำรุงเลี้ยงร่างกาย สร้างความเจริญทางสติปัญญาและจิตใจ จนกระทั่งมาถึงยุคที่มนุษย์อาศัยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีอำนาจที่สามารถเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว ทั้งที่อยู่ในธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นเอง

### 2.2 การพัฒนาทางเทคโนโลยีต้องเรียนรู้จากประสบการณ์

ความก้าวหน้าในการค้นคว้าประดิษฐ์สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม ดังนั้นต้องศึกษาและดำเนินการอย่างสุ่มรอบคอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสภาวะแวดล้อมของมนุษย์เอง

### 2.3 การกำหนดมาตรการและนโยบาย

มนุษย์เป็นสิ่งที่ค่ามากที่สุดและผู้ผลักดันให้สังคมมีความก้าวหน้า มีความมั่นคง รวมทั้งพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมให้สอดคล้องกับการเพิ่มของประชากรมนุษย์ ซึ่งทั้งสองสิ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นการดำเนินการใด ๆ ก็ตาม จำต้องหามาตรการและนโยบายที่เหมาะสม

### 2.4 การเรียนรู้จากบทเรียนที่ผ่านมา

การเปลี่ยนแปลงและการทำลายสิ่งต่าง ๆ โดยไม่ให้ความสนใจและเอาใจใส่ต่อสภาวะแวดล้อม ทำให้เกิดอันตรายและทำให้สูญเสียสิ่งที่ไม่สามารถแก้ไขคืนกลับมาได้ การกำหนดเป้าหมายเพื่อให้มนุษย์ดำรงชีวิตต่อไปในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและสนองความต้องการของมนุษย์เอง เป็นเรื่องรีบด่วนที่กระทำไปพร้อมกับการดำเนินการ ด้วยจิตใจอันแน่วแน่และมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยมุ่งประโยชน์สุขสันติภาพของมนุษย์รุ่นต่อไป

2.5 รัฐบาลต้องให้ความคุ้มครองและส่งเสริมการปรับปรุงสภาวะแวดล้อมอย่างเหมาะสม โดยไม่ให้มีผลกระทบต่อความผาสุกของปวงชนเอง และการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศทั่วโลก

2.6 ปัญหาสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ในประเทศที่กำลังพัฒนา

ปัญหาคนจำนวนล้าน ๆ ในประเทศที่มีความเป็นอยู่ต่ำกว่าระดับที่มนุษย์พึงต้องการในการดำรงชีวิต ปัญหาการขาดแคลนปัจจัยในการดำรงชีวิตอันได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่พักอาศัย ปัญหาการไม่ได้รับการบริการด้านการศึกษา อนามัยและสุขภาพเท่าที่ควร ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องดำเนินการแก้ไขก่อนปัญหาอื่นใด จำเป็นต้องพิทักษ์รักษาและปรับปรุงสภาวะแวดล้อม เช่นเดียวกับประเทศที่พัฒนา ที่มีความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรม ก็ต้องได้รับการเอาใจใส่ปัญหาสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องไปถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

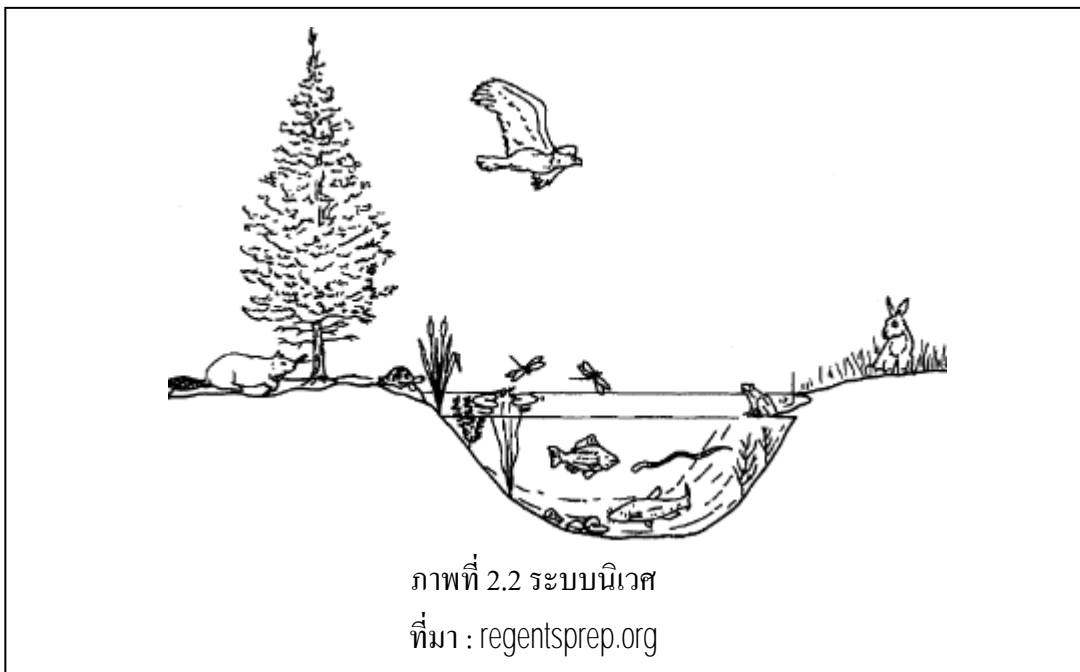
2.7 การดำเนินการเพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนด

ต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่าย โดยถือเป็นหน้าที่ของประชาชน รัฐบาลและหน่วยงานต่าง ๆ ในสังคม ที่จะกระทำในขอบเขตและความรับผิดชอบของตน

ด้วยลักษณะความสัมพันธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นเด่นชัดว่า นิเวศวิทยาเป็นเครื่องมือในการจัดการสิ่งแวดล้อม เพราะการจัดการสิ่งแวดล้อมนั้น มุ่งให้ได้ผลประโยชน์ที่ยั่งยืนและต่อเนื่องกับทรัพยากรธรรมชาติ เพราะการใช้ทรัพยากรประเภทหนึ่งในระบบสิ่งแวดล้อมหนึ่ง ย่อมเกิดของเสียและมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอีกประเภทหนึ่งเสมอ แม้ว่าจะได้เลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมแล้วก็ตาม

### 3. ระบบนิเวศ (Ecosystem)

#### 3.1 ความหมายและความสำคัญ



จากภาพที่ 2.2 ระบบนิเวศ หมายถึงระบบที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตทุกชนิดและสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งอยู่รวมกันในพื้นที่แห่งใดแห่งหนึ่ง มีการแลกเปลี่ยนสสารและพลังงานระหว่างหน่วยสิ่งมีชีวิต และไม่มีชีวิต ดังนั้นระบบนิเวศจึงว่าสำคัญมากในการศึกษาวิชาชีววิทยา เพราะว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกนี้เป็นสมาชิกของระบบนิเวศ โลกของเราจัดเป็นระบบนิเวศที่ใหญ่ที่สุด เรียกว่า โลกของสิ่งมีชีวิตหรือชีวภาค (biosphere) ซึ่งรวมระบบนิเวศหลากหลายระบบทั้งขนาดใหญ่ เช่น ป่าไม้ ทะเล มหาสมุทร และระบบนิเวศเล็ก ๆ เช่น สระน้ำ แอ่งน้ำ ขอนไม้ผุ จากความหมายของระบบนิเวศมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

**3.1.1 พื้นที่อยู่อาศัย** คือ จะต้องมิชอบเขตหรือขนาด จะเล็ก ใหญ่หรือกลมกลืนอย่างไรก็ได้ แต่มีอาณาเขตบริเวณให้เห็นชัดเจนแน่นอน เช่น สระน้ำ สนามหญ้า ป่าไม้

**3.1.2 สังคมของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม** คือ จะต้องมียอดประกอบหรือโครงสร้างทั้งหมดที่อยู่ภายในหน่วยพื้นที่หรือระบบนิเวศนั้น ๆ อาจเป็นสิ่งมีชีวิต สิ่งไม่มีชีวิตและอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้นก็ได้

**3.1.3 การทำหน้าที่ร่วมกันขององค์ประกอบ** คือ ในแต่ละองค์ประกอบทั้งหลายในระบบนิเวศต่างมีบทบาทหรือหน้าที่ของตนเอง จึงสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่อยู่ร่วมกันกับสิ่งต่าง ๆ ได้ ซึ่งความสัมพันธ์นั้นในผลสุดท้ายก็จะแสดงเอกลักษณ์ของระบบนั้น ๆ เช่น ระบบนิเวศป่าชายเลน

### 3.2 ประเภทของระบบนิเวศ

**3.2.1 ระบบนิเวศ แบ่งตามลักษณะการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหาร** สามารถแบ่งได้ 3 ระบบได้แก่

1) **ระบบนิเวศอิสระ (Isolated Ecosystem)** หรือระบบนิเวศโดดเดี่ยว เป็นระบบนิเวศที่ไม่มีการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหาร ระหว่างภายในและภายนอกระบบ ระบบนิเวศประเภทนี้มีปรากฏในธรรมชาติ จึงเป็นเพียงระบบนิเวศตามทฤษฎีเท่านั้น

2) **ระบบนิเวศปิด (Closed Ecosystem)** เป็นระบบนิเวศที่สร้างขึ้นเอง เช่น ตู้ปลา เป็นระบบนิเวศที่มีการถ่ายทอดพลังงาน แต่ไม่มีการถ่ายทอดสารอาหารระหว่างภายในและภายนอกระบบ

3) **ระบบนิเวศเปิด (Opened Ecosystem)** เป็นการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานเกิดขึ้นระหว่างภายนอกและภายในระบบนิเวศ เป็นระบบนิเวศที่พบทั่วไปในธรรมชาติ

**3.2.2 ระบบนิเวศแบ่งตามแหล่งที่อยู่ทางธรรมชาติ** สามารถแบ่งได้ 2 ระบบได้แก่

1) **ระบบนิเวศบนบก (Terrestrial Ecosystems)** ประกอบด้วย

ก. ระบบนิเวศกึ่งบก เช่น ป่าพรุ ป่าชายเลน

ข. ระบบนิเวศบนบก เช่น ป่าดงดิบ ทุ่งหญ้า ทะเลทราย

## 2) ระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Aquatic Ecosystem) ประกอบด้วย

ก. ระบบนิเวศทางทะเล เช่น มหาสมุทร แนวปะการัง

ข. ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ

### 3.3.3 ระบบนิเวศแบ่งตามเทคโนโลยีของมนุษย์ สามารถแบ่งได้ 3 ระบบได้แก่

1) ระบบนิเวศอุตสาหกรรม (Industrial Ecosystems) เป็นระบบนิเวศที่มนุษย์ใช้เทคโนโลยีพัฒนาระบบนิเวศนี้ขึ้น โดยมีการขุดหรือนำพลังงานสะสมในธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ ผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยี โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ดังนั้นแหล่งพลังงานจึงเป็นพลังงานที่คิดค้นโดยใช้เทคโนโลยีของมนุษย์ เช่น น้ำมัน เชื้อเพลิง พลังนิวเคลียร์ พลังงานไบโอดีเซล เป็นต้น

2) ระบบนิเวศเกษตร (Agricultural Ecosystems) เป็นระบบนิเวศที่เกิดจากมนุษย์พัฒนาระบบนิเวศทางธรรมชาติเพื่อผลประโยชน์ด้านการดำรงชีพของคนโดยใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรที่คิดค้น ทำให้เกิดระบบนิเวศที่มนุษย์เป็นผู้ควบคุมระบบนิเวศนั้น

3) ระบบนิเวศเมือง (Urban Ecosystems) เป็นระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใหม่ ต้องพึ่งแหล่งพลังงานเพิ่มเติม เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง พลังนิวเคลียร์

### 3.3 องค์ประกอบภายในระบบนิเวศ

ถึงแม้ว่าระบบนิเวศบนโลกจะมีความหลากหลาย แต่มีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

#### 3.3.1 ส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic Components) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1) อนินทรีย์สาร (Inorganic Substances) เช่น  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  สิ่งเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของสารในวัฏจักร

2) อินทรีย์สาร (Organic Substances) เป็นสารที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตที่ตายไปหรือของเสียที่ขับออกจากร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต

3) ปัจจัยทางกายภาพ (Physical Factors) หมายถึงสิ่งแวดล้อมทั่วไป เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น ความเป็นกรด-เบส ความเค็ม

#### 3.3.2 ส่วนประกอบที่มีชีวิต (Biotic Components)

1) ผู้ผลิต (Producers) คือ สิ่งมีชีวิตที่สามารถนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยสร้างอาหารขึ้นจากอนินทรีย์สารที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ไม่ซับซ้อน เรียกว่า พวกออโตโทรฟ (Autotroph) ได้แก่ แพลงตอน พืชทั่วไป รวมถึงแบคทีเรียชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสง

2) **ผู้บริโภค (Consumer)** คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถนำเอาสารเคมีต่าง ๆ มาผลิตเนื้อเยื่อและส่วนประกอบต่าง ๆ ได้เอง ต้องอาศัยพืชเป็นอาหารหรืออาศัยสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ด้วยการกินเป็นอาหารจึงจะดำรงชีวิตอยู่ได้ ได้แก่ สัตว์ แบ่งออกเป็น 6 ชนิด

ก. **สัตว์กินพืช (Herbivore)** หมายถึง สัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น ช้าง ม้า กระต่าย กระรอก

ข. **สัตว์กินสัตว์ (Carnivore)** หมายถึง สัตว์ที่กินสัตว์เป็นอาหาร เช่น คางคก งู เสือ สิงโต

ค. **สัตว์ที่กินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivore)** ได้แก่ คน นก ไก่

ง. **สัตว์ที่กินเศษอินทรีย์ (Detritivore)** หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่กินซากพืชซากสัตว์ที่เริ่มย่อยสลายเป็นอาหาร เช่น หอย หนอน ไส้เดือน

จ. **ผู้กำจัดของเสียหรือผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์ (Scavenger)** หมายถึง สัตว์ที่กินมูลสัตว์หรือซากสัตว์ที่ตายแล้ว เช่น กา แร้ง

ฉ. **ปรสิต (Parasite)** หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่กับสิ่งมีชีวิตอื่นและกินอาหารจากสิ่งมีชีวิตที่มันเข้าไปอาศัยอยู่ เช่น พยาธิต่าง ๆ

3) **ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร (Decomposers or Saprotrops)** คือ สิ่งมีชีวิตที่ได้รับพลังงานจากสารอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่นที่ตายแล้ว โดยการย่อยสลายสารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้เสียก่อน แล้วจึงดูดซึมส่วนที่สลายไปใช้ เช่น แบคทีเรีย รา เห็ด

### หน้าที่ขององค์ประกอบในระบบนิเวศ

1. การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ (energy transfer / energy flow) มีลักษณะดังนี้

- ถ่ายทอดทางเดียว (one-way-flow)
- พลังงานจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ระบบในรูปของแสง
- พืช (ส่วนใหญ่เป็นพืชสีเขียว) เป็นผู้ผลิตจะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานที่สะสมไว้ในโมเลกุลของสารอาหาร โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ถ่ายทอดพลังงานไปสู่ผู้บริโภคตามลำดับขั้นของการกิน
- พลังงานจะถูกปลดปล่อยออกจากระบบในรูปของความร้อน

2. การถ่ายทอดสารวัตุหรือการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ (nutrient cycle)

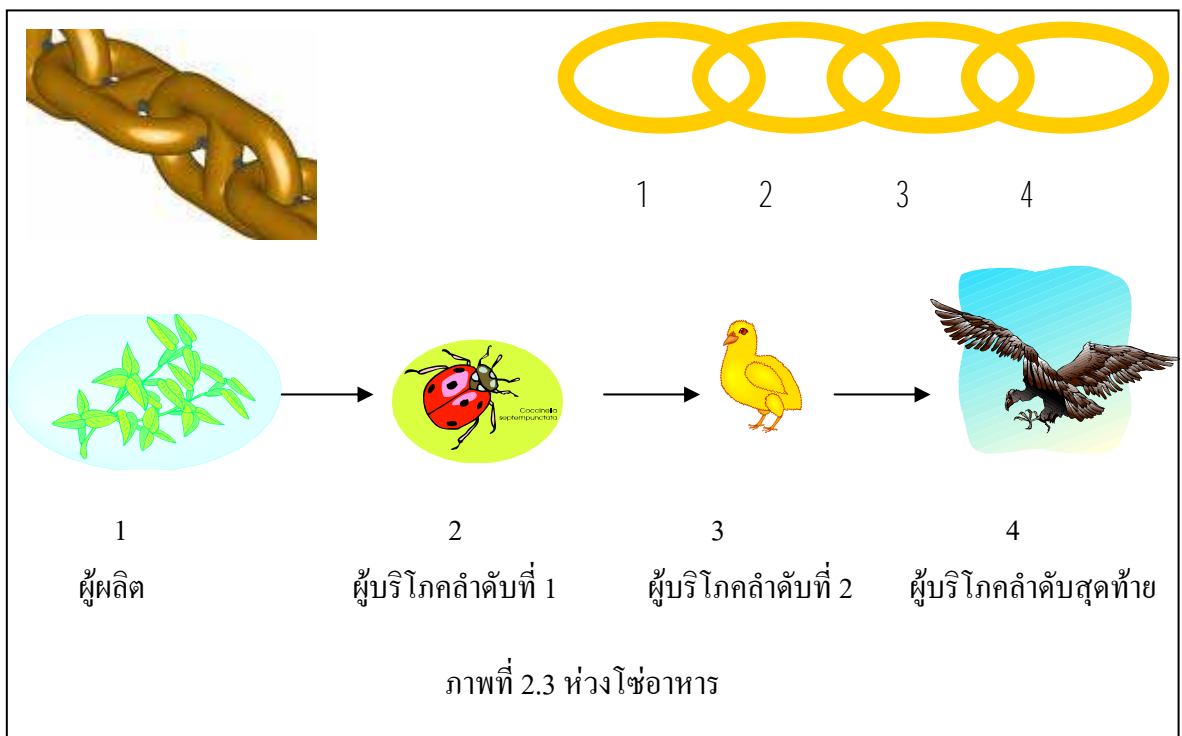
การหมุนเวียน หรือ การเคลื่อนย้ายของสารอาหารในระบบนิเวศ มีลักษณะวนกลับมาสู่ที่เดิม คือ จากดินไปสู่พืช สัตว์ แล้วย้อนกลับมาสู่ดินอีกครั้ง จึงเรียกว่าการหมุนเวียน หรือวัฏจักร

### 3.4 พลังงานในระบบนิเวศ

พลังงานที่มนุษย์นำมาใช้ในการดำรงชีวิตหรือดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้มาจากที่ใด ปัญหานี้จะตอบไม่ยากนัก เรากินอาหารเข้าไปเพื่อนำอาหารนั้นไปทำให้เกิดพลังงานและนำพลังงานมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ พลังงานที่สะสมในอาหารจะอยู่ในรูปของโมเลกุลของสาร เรียกว่า **พลังงานศักย์ (Potential Energy)** พร้อมทั้งจะทำงานกิจกรรมต่าง ๆ ได้ทันทีเมื่อได้รับการกระตุ้น คือเปลี่ยนเป็นพลังงานที่สามารถนำไปใช้ในการดำเนินกิจกรรมนั่นเอง ซึ่งก็คือ **พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)** ดังนั้น พลังงานหมายถึง ความสามารถที่จะทำให้เกิดงาน

#### 3.4.1 ลำดับการถ่ายทอดพลังงาน

ขบวนการเคลื่อนย้ายพลังงานในรูปของสารอาหาร จากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคและจากผู้บริโภคไปยังผู้บริโภคตามลำดับขั้นสูงกว่า เรียกว่า **ห่วงโซ่อาหาร (Food chain)**



ทำไมจึงเรียกขบวนการเคลื่อนย้ายพลังงานในรูปของสารอาหาร จากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค และจากผู้บริโภคไปยังผู้บริโภคตามลำดับขั้นสูงกว่า ว่า **ห่วงโซ่อาหาร**

เราสามารถเปรียบเทียบลักษณะโซ่ที่เห็นในชีวิตประจำวัน และลำดับขั้นการกินกันของสิ่งมีชีวิต ได้ดังนี้

โซ่ห่วงที่ 1 คือผู้ผลิตในระบบนิเวศ

โซ่ห่วงที่ 2 คือผู้บริโภคลำดับที่ 1 ในระบบนิเวศ หรือ ผู้บริโภคปฐมภูมิ

โซ่ห่วงที่ 3 คือผู้บริโภคลำดับที่ 2 ในระบบนิเวศ หรือ ผู้บริโภคทุติยภูมิ

โซ่ห่วงที่ 4 คือผู้บริโภคลำดับที่ 3 ในระบบนิเวศ หรือ ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย

ดังนั้นจากรูป สามารถสรุปได้ว่าการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ มีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันอยู่ โดยไม่สามารถแยกออกจากกันได้เป็นเปรียบเทียบห่วงโซ่ที่เกี่ยวข้องโยกันนั่นเอง

### 3.4.2 วิธีการเขียนห่วงโซ่อาหาร

การเขียนห่วงโซ่อาหารแบบผู้ล่า ให้เหยื่อหรือผู้ถูกกินอยู่ซ้ายมือและใช้ลูกศรแทนการถ่ายทอดพลังงาน โดยให้หัวลูกศรชี้ไปยังผู้ล่าหรือผู้กิน

พิจารณาจากรูปภาพทีละคู่

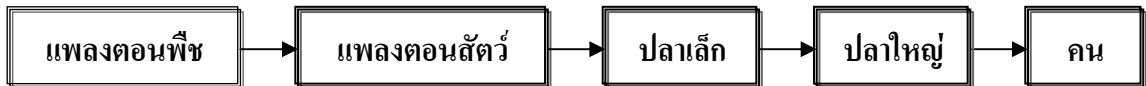
ซ้าย (เหยื่อหรือผู้ถูกกิน)

ขวา (ผู้ล่าหรือผู้กิน)

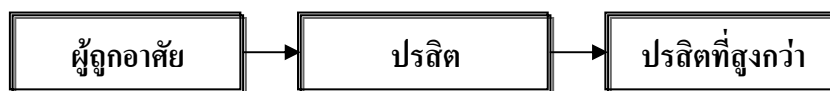
พืช	→	(ลูกศรชี้ไปยังผู้ล่า)	แมลง
แมลง	→	(ลูกศรชี้ไปยังผู้ล่า)	ลูกไก่
ลูกไก่	→	(ลูกศรชี้ไปยังผู้ล่า)	เหยี่ยว

### 3.4.3 ประเภทของห่วงโซ่อาหาร มี 4 แบบ คือ

1) ห่วงโซ่อาหารแบบผู้ล่า (Predator Food chain หรือ Grazing Food chain) คือ ห่วงโซ่อาหารแบบจับกิน เริ่มจากผู้ผลิต ไปยังผู้บริโภคลำดับชั้นที่สูงกว่า ตัวอย่างเช่น



2) ห่วงโซ่อาหารแบบปรสิต (Parasite Food chain) คือ ห่วงโซ่อาหารที่ เริ่มจากผู้ถูกอาศัย ไปสู่ปรสิต และจากปรสิตไปสู่ปรสิตที่สูงกว่า



ตัวอย่างเช่น

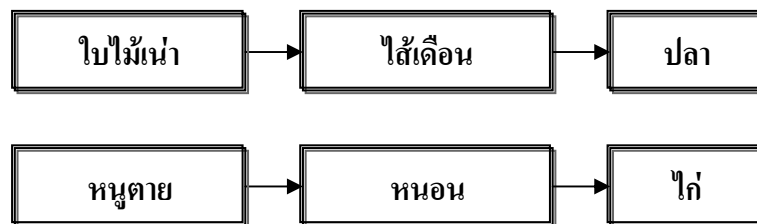




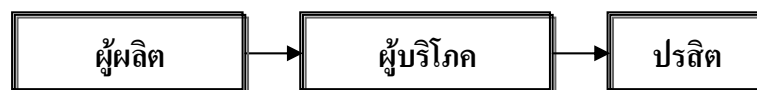
3) ห่วงโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์ (Detritus Food chain) คือ ห่วงโซ่อาหารเริ่มจากพืชหรือสัตว์ตายกลายเป็นซากพืชซากสัตว์ จะถูกกินโดยผู้บริโภครากพืชซากสัตว์ และ ผู้บริโภครากพืชซากสัตว์ถูกกินโดยผู้บริโภครากสัตว์



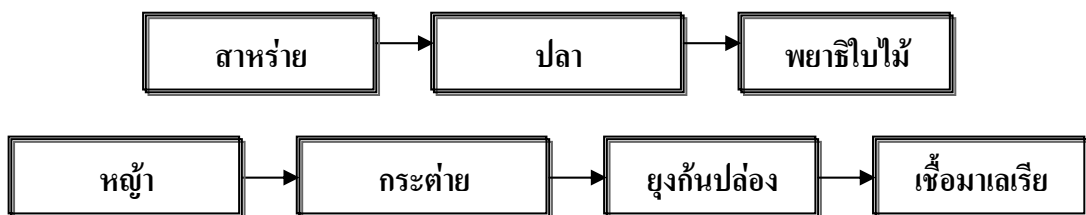
ตัวอย่างเช่น



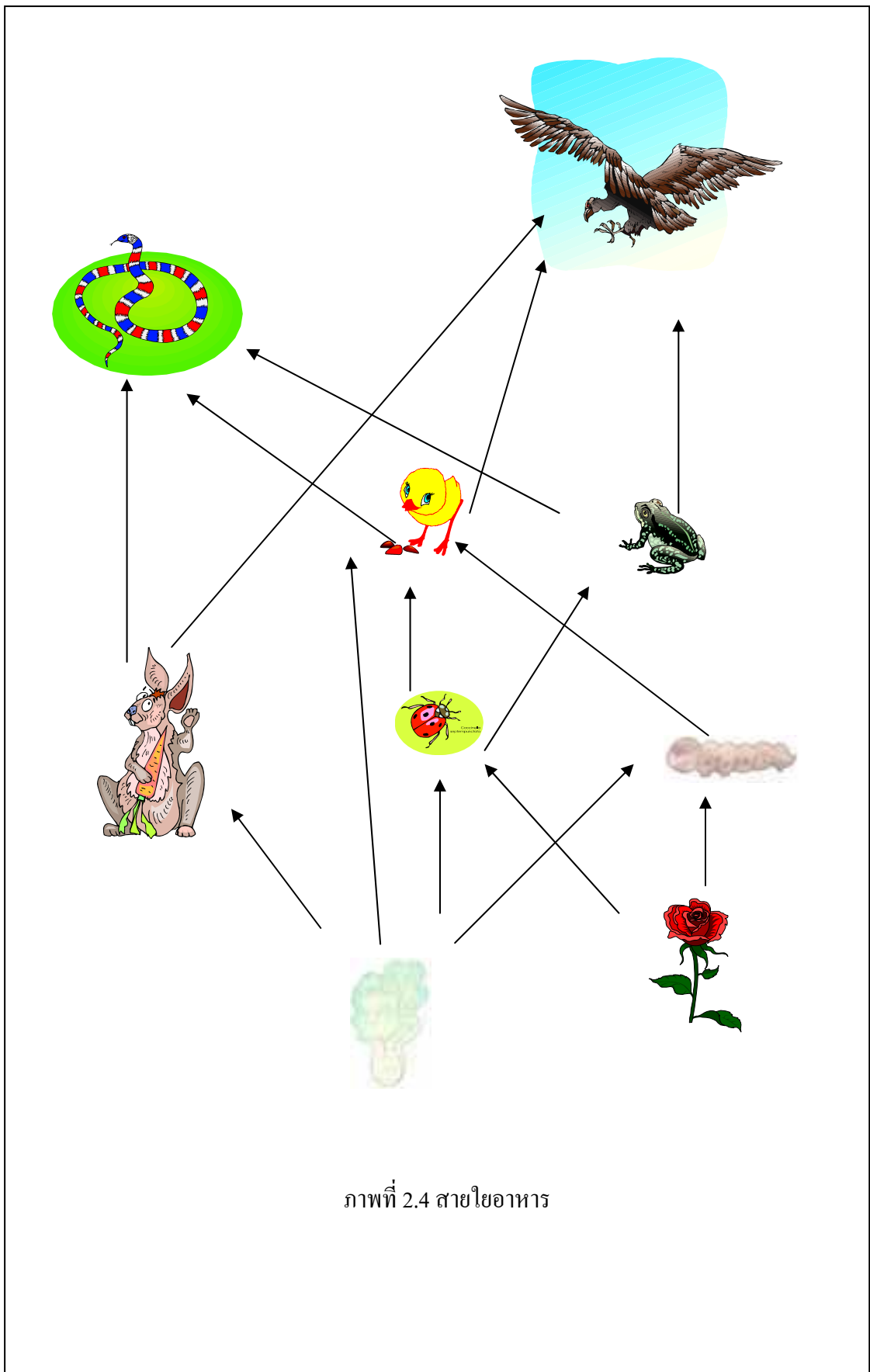
4) ห่วงโซ่อาหารแบบผสม (Mixed Food chain) คือ ห่วงโซ่อาหารที่มีการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสิ่งมีชีวิตหลาย ๆ ประเภท ซึ่งในแต่ละห่วงโซ่อาหารอาจมีทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และปรสิต เช่น เริ่มต้นจากผู้ผลิตจะถ่ายทอดพลังงานไปยังผู้บริโภคที่กินพืช ซึ่งจะถ่ายทอดพลังงานต่อไปยังปรสิต



ตัวอย่างเช่น



3.4.4 สายใยอาหาร (Food web) สายใยอาหารเป็นการถ่ายทอดพลังงานเช่นเดียวกับห่วงโซ่อาหาร แต่เนื่องจากสภาพธรรมชาติหรือในสังคมหนึ่ง ๆ นั้นจะประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตมากชนิดด้วยกัน จึงทำให้การถ่ายทอดพลังงานแบบห่วงโซ่อาหารไม่ได้เป็นตามลำดับเสมอ สิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทเป็นผู้ล่าในห่วงโซ่อาหารก็อาจจะตกเป็นเหยื่อของผู้ล่าอื่น ๆ อีกหลายชนิดด้วยกัน ปรากฏการณ์ของการกินอาหารภายในระบบนิเวศ จึงมีความสลับซับซ้อนสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันไปมา ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สายใยอาหาร

## กิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง สายใยธรรมชาติ

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ
2. เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ
3. สรุปสาเหตุที่ทำให้สายใยธรรมชาติเกิดการเปลี่ยนแปลง

### อุปกรณ์

1. เชือก 1 เส้น
2. นักศึกษา จำนวน 10 คน

### วิธีทำ

1. กำหนดให้เชือก 1 เส้น เป็นตัวเชื่อมสายใยของสิ่งมีชีวิต
2. นักศึกษาจำนวน 10 คน โดยสมมติตนเองเป็นสิ่งมีชีวิตอย่างใดอย่างหนึ่งในระบบนิเวศ และใช้ชอล์กเขียนชื่อของสิ่งมีชีวิตที่นักศึกษาเป็นไว้ ณ ตำแหน่งที่ยืนอยู่
3. นำเชือกมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่กินสิ่งมีชีวิตอื่น โดยจับปลายเชือกไว้ข้างหนึ่งและอีกข้างหนึ่งให้สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นจับ โดยสามารถนำเชือกมาโยงเพิ่มเติมได้ ถ้าสิ่งมีชีวิตนั้นกินสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้มากกว่า 1 ชนิด วาดรูปสายใยธรรมชาติครั้งที่ 1
4. สมมติให้สิ่งมีชีวิตใดตายลงหรือหายไป เช่น นก เชือกที่ตำแหน่งนกจะถูกปล่อย
5. สังเกตความเปลี่ยนแปลง หลังจากสิ่งมีชีวิตตายลงหรือหายไป วาดรูปสายใยธรรมชาติ

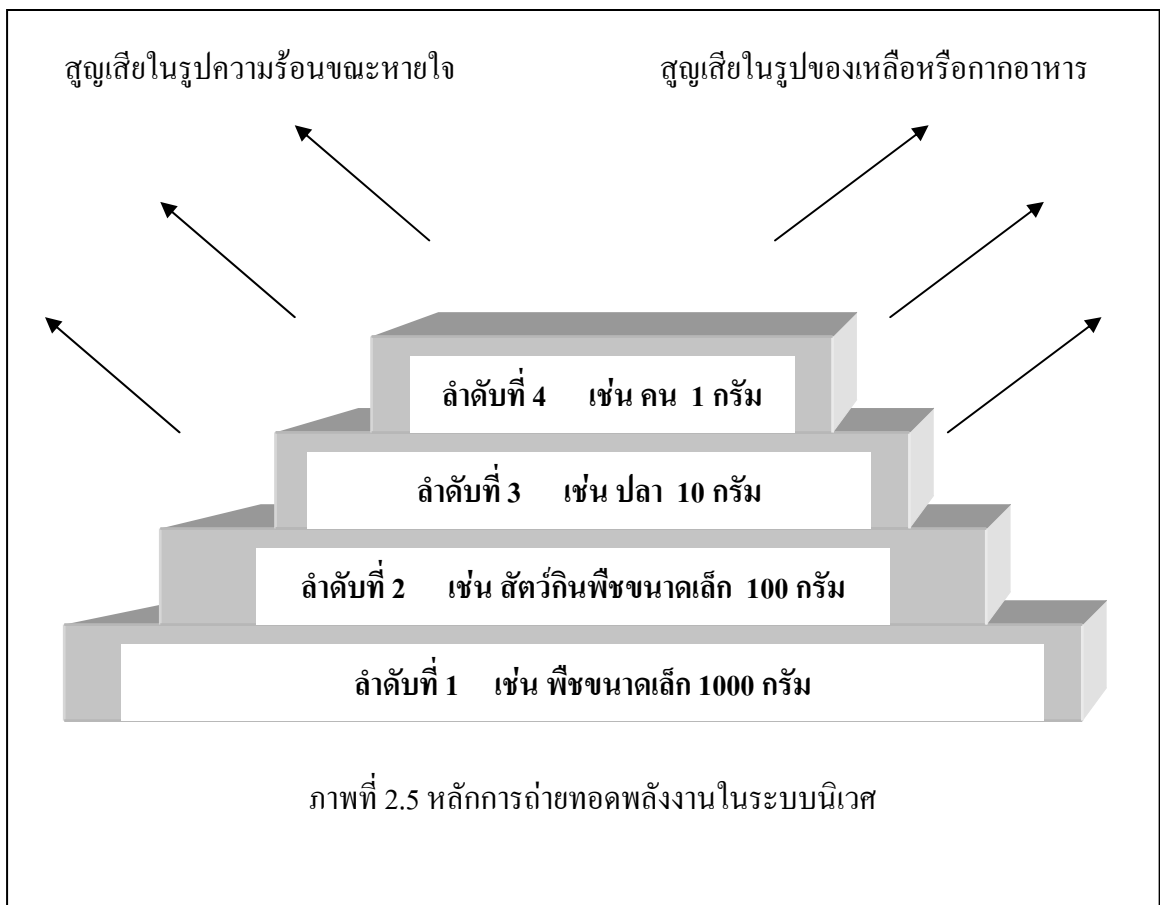
ครั้งที่ 2 และตอบคำถาม

### ผลการทำกิจกรรม



### 3.4.5 หลักการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

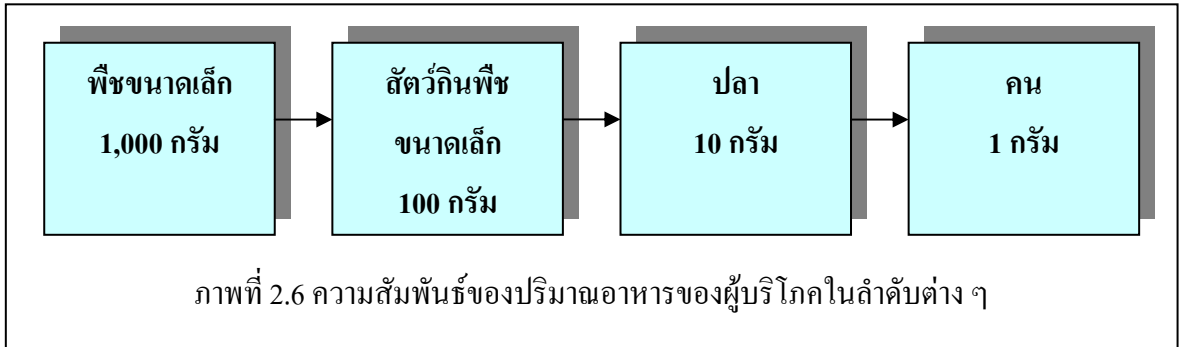
- 1) พลังงานที่พืชได้รับจากดวงอาทิตย์จะเป็นพลังงานชุดใหม่เสมอ
- 2) การถ่ายทอดพลังงานในทุกขั้นตอน จะต้องมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในรูปพลังงานความร้อนขณะหายใจ ของเหลือหรือกากอาหาร
- 3) ผู้บริโภคในทุกระดับจะได้รับการถ่ายทอดพลังงานในรูปของสารอาหาร
- 4) สิ่งมีชีวิตในแต่ละระดับขั้นการบริโภค ต้องอาศัยพลังงานสิ่งมีชีวิตในระดับขั้นการบริโภคที่ต่ำกว่า
- 5) ประสิทธิภาพในการถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิตเป็นไปตามกฎ “**Ten percent Law**” กล่าวคือ พลังงานอาหารที่สะสมไว้ในสิ่งมีชีวิตของลำดับขั้นการบริโภคที่สูงขึ้นไปจะน้อยกว่าพลังงานอาหารที่สะสมไว้ในสิ่งมีชีวิตของลำดับขั้นการบริโภคที่ต่ำกว่าลงมา 10%



- หากปริมาณของสิ่งมีชีวิตที่ขุดเพิ่มมากขึ้น จะเกิดผลกระทบกระเทือนต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในห่วงโซ่อาหารอย่างไร

จากแผนภาพแสดงถึง ความสัมพันธ์ของปริมาณอาหารของผู้บริโภคในลำดับต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่ พืช สัตว์กินพืช ปลาและคน จะเห็นได้ว่าหากต้องการให้คนซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้าย มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยต้องบริโภคพืชเป็นจำนวนมาก

- นักศึกษาคิดว่าความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักคนกับน้ำหนักของพืช จะเป็นอย่างไร หากห่วงโซ่อาหารยาวกว่านี้

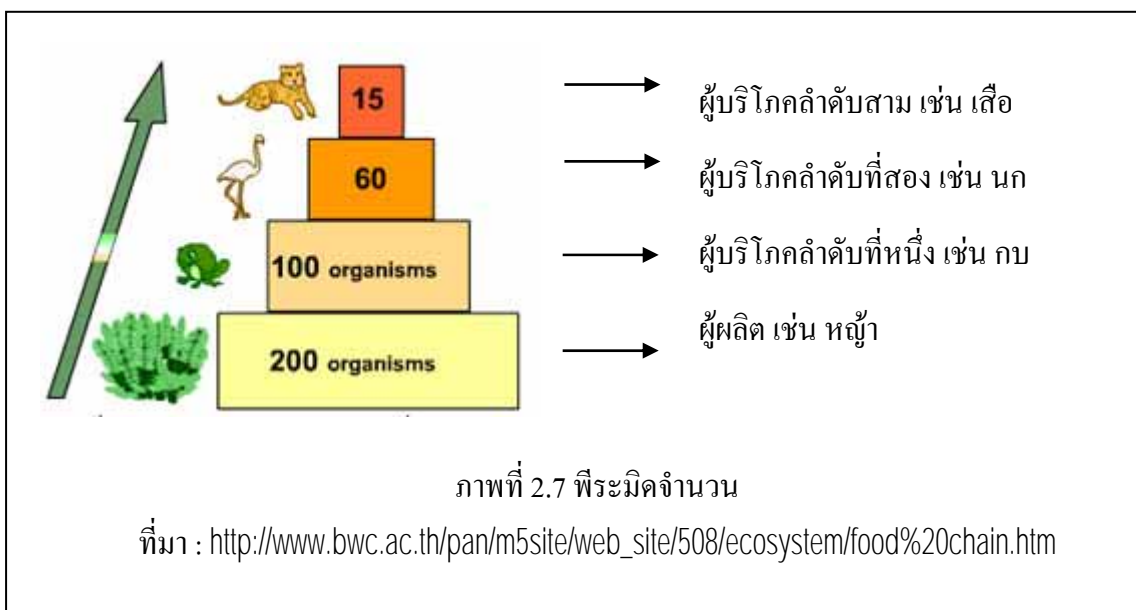


จากสัดส่วนของปริมาณผู้บริโภคที่น้อยลงตามลำดับ เปรียบเทียบกับปริมาณของสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารในขั้นตอนต่าง ๆ ของการถ่ายทอดในห่วงโซ่อาหาร หากนำมาเขียนเป็นแผนภาพก็จะมีลักษณะเป็นรูปพีระมิด โดยผู้ผลิตมีปริมาณมากที่สุดอยู่ตรงตำแหน่งฐานของพีระมิด ผู้บริโภคลำดับต่าง ๆ ซึ่งมีปริมาณลดลงอยู่ถัดขึ้นไปตามลำดับ รูปมีลักษณะแหลมขึ้นทุกทีจนถึงปลายซึ่งเป็นตำแหน่งของผู้บริโภคลำดับสุดท้าย ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า พีระมิดอาหารหรือพีระมิดนิเวศ

(Food pyramid หรือ Ecological pyramid)

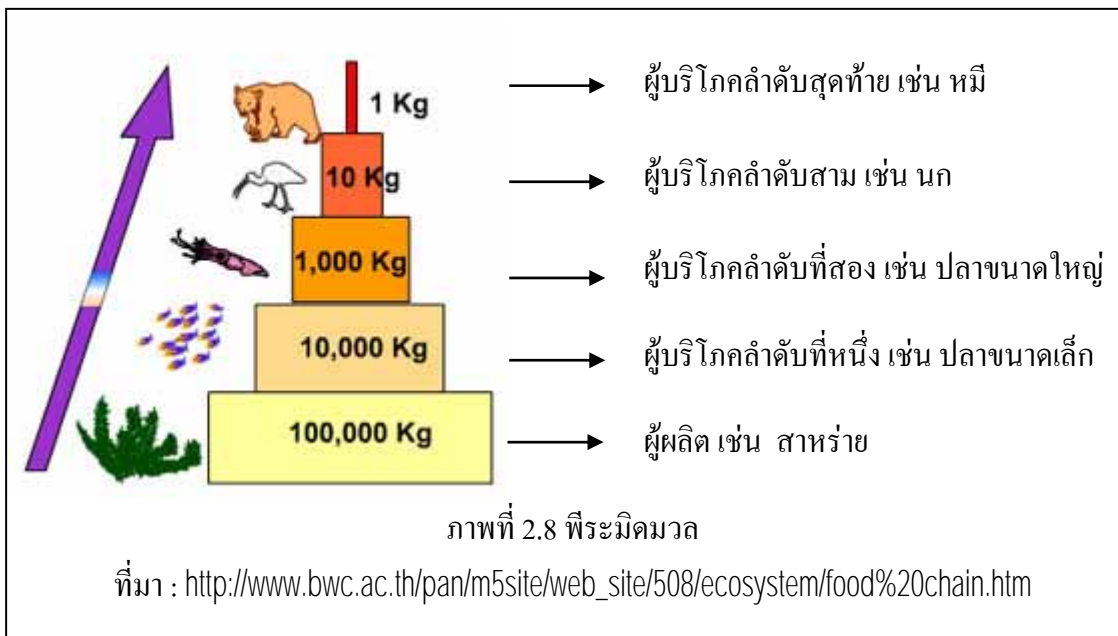
3.4.6 ประเภทของพีระมิดนิเวศ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) พีระมิดจำนวน (Pyramid of number)



พีระมิดจำนวนแสดงจำนวนของสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรในแต่ละลำดับชั้นอาหาร วิธีนี้สะดวกในการนับสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ แต่ถ้าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก จะนับจำนวนแน่นอนได้ยาก เช่น การนับจำนวนต้นหญ้าในทุ่งหญ้า และมีข้อเสียตรงที่นับเป็น 1 ตัว หรือ 1 ต้นเหมือนกัน แม้จะมีขนาดแตกต่างกันมากๆ แต่ความเป็นจริงนั้นในแง่ปริมาณพลังงานที่ได้รับหรืออาหารที่ผู้บริโภคได้รับจะมากกว่าหลายเท่า ดังนั้นจึงมีการพัฒนารูปแบบในรูปของพีระมิดมวลของสิ่งมีชีวิต

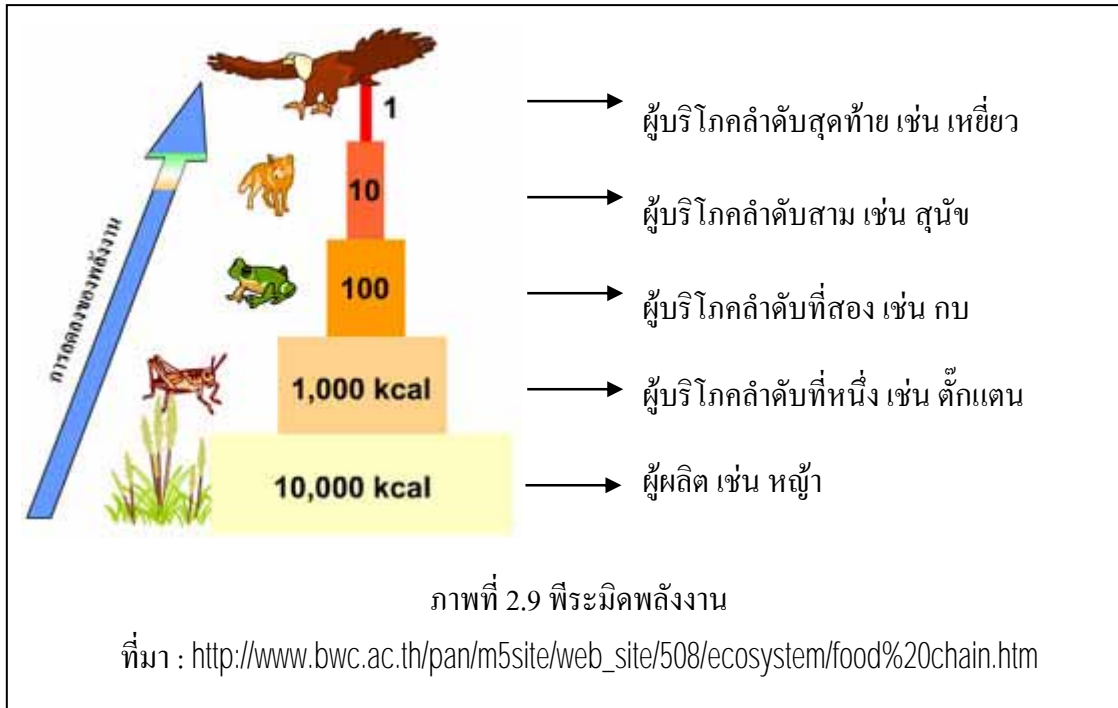
2) พีระมิดมวล (Pyramid of mass) หรือ พีระมิดมวลชีวภาพ (Pyramid of biomass) หรือพีระมิดน้ำหนักชีวภาพ หรือปริมาณสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับชั้นของการกินด้วยมวล หรือน้ำหนักแห้ง (dry weight) หรือน้ำหนักทั้งหมด (net weight)



พีระมิดมวลเป็นพีระมิดที่แสดงในแต่ละลำดับชั้นอาหารของสิ่งมีชีวิตต่อพื้นที่แทนการนับจำนวนพีระมิดแบบนี้มีความแม่นยำมากกว่าแบบที่ 1 แต่ในความเป็นจริงจำนวนหรือมวลของสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เช่น ตามฤดูกาลหรือตามอัตราการเจริญเติบโต ปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญ

อย่างไรก็ดีถึงแม้มวลที่มากขึ้น เช่น ต้นไม้ใหญ่ จะผลิตเป็นสารอาหารของผู้บริโภคได้มาก แต่ก็ยังน้อยกว่าที่ผู้บริโภคได้จากสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่น สาหร่ายหรือแพลงตอน ทั้ง ๆ ที่มวลหรือปริมาณของสาหร่ายหรือแพลงตอนน้อยกว่ามาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแนวความคิดในการแก้ปัญหานี้ โดยในการเสนอรูปของพีระมิดพลังงาน (pyramid of energy)

### 3) พีระมิดพลังงาน (Pyramid of energy)



พีระมิดพลังงานเป็นพีระมิดที่แสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตในรูปพลังงาน/หน่วยพื้นที่หรือ ปริมาตร/หน่วยเวลา เช่น กิโลแคลอรี/ตารางเมตร/ปี โดยพลังงานจะลดลงตามลำดับขั้น



**กิจกรรมที่ 2.2** เรื่อง ระบบนิเวศบ่อน้ำ

**วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในลักษณะห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร

**อุปกรณ์** ระบบนิเวศบ่อน้ำ

**ขั้นตอนการศึกษา**

1. นักศึกษาออกไปศึกษาระบบนิเวศบ่อน้ำภายในวิทยาลัย และตอบคำถามต่อไปนี้

-ระบบนิเวศบ่อน้ำประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตกี่ประเภท อะไรบ้าง.....

.....

- นักศึกษาพบสิ่งมีชีวิตใดบ้างที่เป็นผู้ผลิต .....

- นักศึกษาพบสิ่งมีชีวิตใดบ้างที่เป็นผู้บริโภค.....

- นักศึกษาพบสิ่งมีชีวิตใดบ้างที่เป็นผู้ย่อยสลาย.....

2. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการกินอะไรเป็นอาหาร จงเขียนห่วงโซ่อาหารให้ได้มากที่สุด

.....

.....

.....

.....

3. นำสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในระบบนิเวศบ่อน้ำ มาเขียนเป็นสายใยอาหาร

## แบบฝึกหัด

**คำสั่ง** ให้นักศึกษาตอบคำถามจากสิ่งที่กำหนดให้

1. อ่างเลี้ยงปลาเป็นระบบนิเวศหรือไม่ จงอธิบาย



.....  
.....  
.....  
.....  
.....

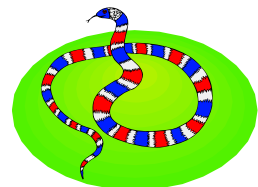
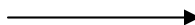
2. การเกษตรทฤษฎีใหม่ จะแบ่งพื้นที่สำหรับเลี้ยงสัตว์ประมาณ 30 % ของพื้นที่ทั้งหมด โดยนิยมขุดบ่อเลี้ยงปลา เช่น ปลาดุก ปลานิล และสร้างโรงเรือนเลี้ยงไก่หรือหมูไว้ด้านบนของบ่อปลา



**ปลาดุกปลานิลเป็นผู้บริโภคแบบใดและเพราะเหตุใด**

.....  
.....  
.....

3. จากรูปแสดงห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ ซึ่งมีการควบคุมจำนวนของสิ่งมีชีวิตให้เกิดความสมดุล คือ งูซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายทำหน้าที่ควบคุมจำนวนประชากรหนูให้มีจำนวนไม่มากเกินไปที่จะทำลายข้าว ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของมนุษย์



แต่ในปัจจุบันห่วงโซ่อาหารเกิดการขาดความสมดุล คือ มนุษย์นำงูมาทำเป็นอาหารป่าทำให้การจับงูมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น นักศึกษาคิดว่าจะเกิดผลกระทบอะไรบ้างในระบบนิเวศ

.....  
.....

### 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ (Biological Interaction)

พืชและสัตว์ไม่ได้อยู่อย่างโดดเดี่ยวในระบบนิเวศ แต่จะมีการกระทบกระทั่งกัน ในหลายทางไม่ว่าทางตรงก็ทางอ้อม ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต มี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

#### 3.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (Intraspecific Relationship)

ย่อมมีทั้งผลดีและผลเสียในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

##### 1) ผลดีของการอยู่ร่วมกัน

ก. มีผลต่อการป้องกัน เช่น



ฝูงปลา

ที่มา : [www.mediathai.net](http://www.mediathai.net)



สวนสน

ที่มา : [www.thaitambon.com](http://www.thaitambon.com)



รังผึ้ง

ที่มา : [school.net.th](http://school.net.th)

ภาพที่ 2.10 การอยู่ร่วมกันมีผลต่อการป้องกัน

- กลุ่มพืชช่วยกันต้านแรงลม เช่น ต้นสนทะเลที่ปลูกไว้เป็นแนวยาวตลอดชายฝั่งทะเลจะช่วยต้านและลดความแรงของลม
- ปลาอยู่รวมกันเป็นฝูงสามารถต่อต้านสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษได้ดีกว่า เพราะมีสารเมือกที่ปลาแต่ละตัวหลั่งออกมา

- ผึ้งอยู่เป็นรังจะช่วยทำงานในฤดูหนาวทำให้พลังงานสูงและอบอุ่น แต่ในฤดูร้อนจะช่วยกันกระพือปีกทำให้อุณหภูมิลดลง

ข. มีอิทธิพลต่อการสืบพันธุ์ เช่น



ไก่

ที่มา : gotoknow.org



มด

ที่มา : www.bloggang.com

ภาพที่ 2.11 การอยู่ร่วมกันมีอิทธิพลต่อการสืบพันธุ์

- เป็นพฤติกรรมที่สัตว์ส่งเสียงออกไป ทั้งจากทางปากและทางอื่นๆ เช่น ไก่มีการขยับปีกการถูปีก เพื่อสื่อสารในด้านต่าง ๆ เช่น การเตือนภัย การเรียกรวมฝูงหรือรวมกลุ่ม และการเรียกคู่ผสมพันธุ์

- สัตว์หลายชนิดปล่อยสารเคมีออกจากตัวเพื่อกระตุ้นสัตว์ตัวอื่นๆ ที่เป็นชนิดเดียวกัน สารนี้เรียกว่า ฟีโรโมน สารนี้ใช้ทั้งในแง่ดึงดูดเพศตรงข้าม และใช้ในการนำทาง เช่น มดจะเดินตามกันเป็นแถวตามสารที่ตัวหน้าทิ้งไว้

ค. การแบ่งหน้าที่กันทำงาน เช่น

- การแบ่งหน้าที่กันโดยสัญชาตญาณ (เป็นมาแต่กำเนิด) เช่น ผึ้งในครอบครัวหรือผึ้งรังหนึ่ง ๆ มีสมาชิก ประกอบด้วย ผึ้งนางพญา 1 ตัว ผึ้งงานหลายพันถึงหลายหมื่นตัว ส่วนผึ้งตัวผู้จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามีก็นับได้แค่เป็นจำนวนร้อยหรือพันเท่านั้น ผึ้งเป็นแมลงสังคมสูงตัวที่อยู่ตำแหน่งสูงสุด ทำหน้าที่ควบคุมสังคมและวางไข่ เราเรียกว่า "ผึ้งนางพญา (Queen)" มีประชากรผึ้งเป็นจำนวนมาก ทำหน้าที่เป็นผึ้งงาน (worker) ผึ้งงานก็มีเพศเมียเหมือนกับนางพญา แต่เป็นหมัน ไม่สามารถออกไข่หรือขยายพันธุ์ได้ ยังมีผึ้งเพศผู้ที่เรียกว่า โดรน (drone) ซึ่งอาจมีหลายตัวแต่เป็นสิ่งที่ไม่ทำงาน ผึ้งเพศผู้เป็นสิ่งที่มีลักษณะแปลก คือเป็นสิ่งที่นางพญาสร้างขึ้นจากไข่ที่ไม่สมบูรณ์ คือไม่มีการผสมแบบสมบูรณ์ ดังนั้น ผึ้งโดรนจึงเป็นสิ่งที่มิแต่แม่ไม่มีพ่อ

- การเบ่งหน้าที่กันเกิดขึ้นภายหลังด้วยความสามารถของแต่ละตัวเช่น เมื่อเกิดการต่อสู้ ผู้ที่ได้รับชัยชนะก็จะได้รับการยอมรับเป็นจำฝูง (Peck order) ได้แก่ เสือ หรือสิงโต

## 2) ผลเสียของการอยู่ร่วมกัน

มักทำให้เกิดการแก่งแย่ง แข่งขัน อาจทำให้เกิดการกินกันเอง เช่น แมงมุมกินตัวอ่อนกรณีที่ขาดแคลนอาหาร

### 3.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน (Interspecific Relationship)

กำหนดสัญลักษณ์

+	หมายถึง	การได้รับประโยชน์จากอีกฝ่ายหนึ่ง
-	หมายถึง	การเสียประโยชน์จากอีกฝ่ายหนึ่ง
0	หมายถึง	การไม่ได้รับหรือเสียประโยชน์จากอีกฝ่ายหนึ่งเลย

แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) การอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) เป็นการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต ในระบบนิเวศที่ทั้งสองฝ่ายได้รับประโยชน์ (+,+) หรือ ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์ (+,0) โดยไม่มีฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดเสียประโยชน์ (-) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

ก. การได้ประโยชน์ร่วมกัน (Protocooperation : +,+) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ทั้งสองฝ่ายได้รับประโยชน์ร่วมกัน การอยู่ร่วมกันนี้เป็นการอยู่ร่วมกันเพียงชั่วคราว สามารถแยกออกจากกันได้โดยไม่มีฝ่ายใดได้รับความเสียหายหรือเดือดร้อน เช่น

- การอยู่ร่วมกันของนกเอี้ยงกับควาย โดยนกเอี้ยงได้กินแมลงต่าง ๆ จากหลังควาย (+) และ ควายก็ได้กินเอี้ยงช่วยกำจัดแมลงที่มาก่อความรำคาญ (+)

- การอยู่ร่วมกันปลาการ์ตูนกับดอกไม้ทะเล โดยปลาการ์ตูนอาศัยดอกไม้ทะเลวางตัวจากศัตรูและยังอาศัยเข็มพิษของดอกไม้ทะเลป้องกันศัตรู (+) ส่วนดอกไม้ทะเลได้รับอาหารจากปลาการ์ตูนที่กำลังกินอาหาร (+)

- การอยู่ร่วมกันของผีเสื้อกับดอกไม้ โดยผีเสื้อดูดน้ำหวานจากดอกไม้เป็นอาหาร (+) และดอกไม้ก็มีผีเสื้อช่วยผสมเกสร (+)

- การอยู่ร่วมกันของมดดำกับเพลี้ยแป้ง โดยเพลี้ยได้รับประโยชน์ในการที่มดดำพาไปดูดน้ำเลี้ยงที่ต้นไม้ม (+) และมดดำก็จะได้รับน้ำหวาน (+)



นกกับควาย

ที่มา : [www.dlf.ac.th](http://www.dlf.ac.th)



ผีเสื้อกับดอกไม้

ที่มา : [www.vcharkarn.com](http://www.vcharkarn.com)



ปลาการ์ตูนกับดอกไม้ทะเล

ที่มา : [www.saveoursea.net](http://www.saveoursea.net)



มดกับเพลี้ย

ที่มา : [www.dnp.go.th](http://www.dnp.go.th)

ภาพที่ 2.12 การได้ประโยชน์ร่วมกัน

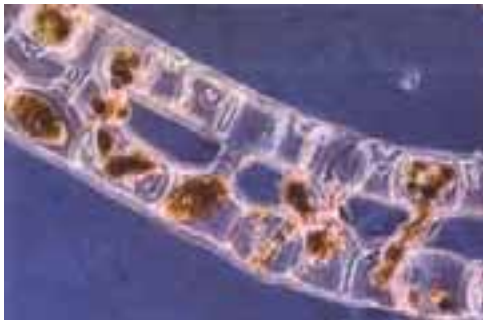
**ข. ภาวะที่ต้องพึ่งพา (Mutualism : +,+)** เป็นการอยู่ร่วมกันซึ่งมีภาวะที่ต้องพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน การอยู่ร่วมกันแบบนี้ทั้งสองฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกันตลอดไป ถ้าหากขาดหรือแยกจากกันมักทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นดำรงชีวิตอยู่ไม่ได้หรืออยู่ได้แต่ไม่ดีเท่าที่ควร เช่น

- การอยู่ร่วมกันของปลวกและโปรโตซัวในทางเดินอาหาร โดยปลวกไม่มีน้ำย่อยสำหรับย่อยเซลลูโลสในเนื้อไม้ โปรโตซัวช่วยในการย่อยเซลลูโลส จนทำให้ปลวกสามารถกินไม้ได้ (+) และ โปรโตซัวก็ได้รับสารอาหารจากการย่อยสลายเซลลูโลสด้วย (+)

- การอยู่ร่วมกันของราและสาหร่าย ที่เรียกว่าไลเคน (lichen) คือการดำรงชีวิตร่วมกันของรากับสาหร่าย ซึ่งเป็นการอยู่แบบที่สิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิดต่างก็ได้รับประโยชน์ สาหร่ายมีสีเขียวสร้างอาหารเองได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่ต้องอาศัยความชื้นจากรา (+) ส่วนราได้รับธาตุอาหารจากรา (+) ได้แก่ ไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจน นอกจากนี้รา

บางชนิดอาจสร้างสารพิษ ซึ่งป้องกันไม่ให้สัตว์อื่นกินไลเคนเป็นอาหารและอาจสร้างกรดช่วยในการละลายหินและเปลือกไม้ ช่วยในการละลายหินและเปลือกไม้ ทำให้ไลเคนดูดซับธาตุอาหารได้ดี

- การอยู่ร่วมกันของพืชตระกูลถั่วและแบคทีเรียไรโซเบียม (Rhizobium) ในปมรากพืชวงศ์ถั่วตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้แก่รากถั่ว (+) ในขณะที่เดียวกันแบคทีเรียก็ได้รับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแร่ธาตุจากดินถั่ว (+)



การอยู่ร่วมกันของปลวก และโปรโตซัวในทางเดินอาหาร

ที่มา : [http://www.bwc.ac.th/pan/m5site/web\\_site/508/ecosystem/food%20chain.htm](http://www.bwc.ac.th/pan/m5site/web_site/508/ecosystem/food%20chain.htm)



การอยู่ร่วมกันของพืชตระกูลถั่วและแบคทีเรียไรโซเบียม



ไลเคน

ที่มา : [www.vajiravudh.ac.th](http://www.vajiravudh.ac.th)

ภาพที่ 2.13 ภาวะที่ต้องพึ่งพา

ค. ภาวะเกื้อกูลหรือภาวะอิงอาศัย (Commensalism :+,0) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ฝ่ายหนึ่งไม่ได้รับประโยชน์แต่ไม่เสียประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายหนึ่งจะได้รับประโยชน์ เช่น

- ฉลามกับเหาฉลาม เหาฉลามอาศัยอยู่ใกล้ตัวปลาฉลามและกินเศษอาหารจากปลาฉลาม (+) ซึ่งปลาฉลามจะไม่ได้ประโยชน์ แต่ก็ไม่ได้เสียประโยชน์ (0)
- พืชต่างกับต้นไม้ใหญ่ พืชต่างอาศัยร่มเงาและความชื้นจากต้นไม้ (+) โดยต้นไม้ไม่ได้ประโยชน์แต่ขณะเดียวกันก็ไม่เสียประโยชน์ (0)
- กิ้งก่ากับต้นไม้ใหญ่ กิ้งก่าไม่ยึดเกาะที่ลำต้นหรือกิ่งของต้นไม้ซึ่งได้รับความชื้นและแร่ธาตุจากต้นไม้ (+) โดยที่ต้นไม้ไม่ได้รับประโยชน์ แต่ก็ไม่ได้เสียประโยชน์ (0)
- นกทำรังบนต้นไม้ นกเป็นสัตว์ขนาดเล็กอาศัยทำรังบนต้นไม้ (+) โดยไม่ทำลายอันตรายให้แก่ต้นไม้ และในขณะเดียวกันต้นไม้ขนาดใหญ่ไม่ได้รับประโยชน์ แต่ก็ไม่ได้เสียประโยชน์ (0)



ฉลามกับเหาฉลาม  
ที่มา : [www.msu.ac.th](http://www.msu.ac.th)



เฟิร์นกับต้นไม้ใหญ่  
ที่มา : [61.19.35.21/.../view](http://61.19.35.21/.../view)



นกทำรังบนต้นไม้  
ที่มา : [www.thaimisc.com](http://www.thaimisc.com)

ภาพที่ 2.14 ภาวะเกื้อกูลหรือภาวะอิงอาศัย



2) การอยู่ร่วมกันแบบเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (Antagonism) จะมีฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ (+,- หรือ 0,-) หรือทั้งสองฝ่ายเสียประโยชน์ (-, -) ซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

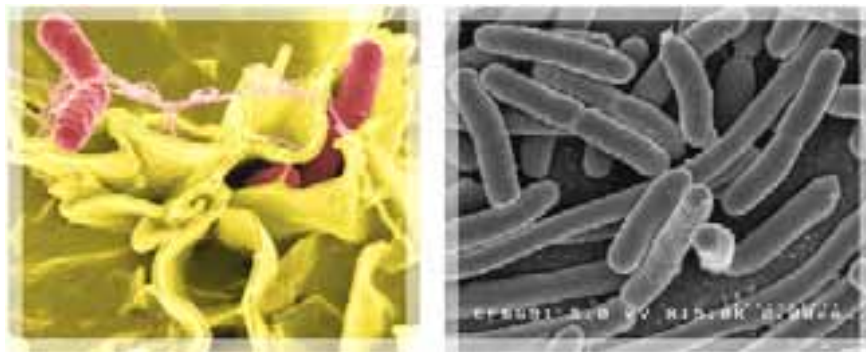
ก. การแสวงผลประโยชน์ (Exploitation : +,-) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดได้ประโยชน์ และอีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ภาวะมีปรสิต (Parasite : +,-) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ฝ่ายหนึ่งเรียกว่า ปรสิต (Parasite) ซึ่งเป็นฝ่ายได้รับประโยชน์ และอีกฝ่ายหนึ่งเรียกว่าผู้ถูกอาศัยหรือเจ้าของบ้าน (Host) ซึ่งเป็นฝ่ายเสียประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ปรสิตภายใน (Endoparasite) เป็นปรสิตที่อาศัยอยู่ในร่างกายของผู้ถูกอาศัย เช่น

- พยาธิต่าง ๆ โดยพยาธิได้ประโยชน์ในการอยู่อาศัยและเป็นแหล่งอาหาร (+) แต่สิ่งมีชีวิตเสียประโยชน์เนื่องจากทำอันตรายและแย่งอาหารทำให้ร่างกายชubbม (-)

- เชื้อโรคต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคกับคนและสัตว์ (+) แต่คนและสัตว์เสียประโยชน์เนื่องจากเกิดโรคร้ายไข้เจ็บ (-)



เชื้อโรค

ที่มา : [www.momchannel.com](http://www.momchannel.com)



พยาธิในลำไส้

ที่มา : [www.thaihealth.or.th](http://www.thaihealth.or.th)

ภาพที่ 2.15 ปรสิตภายใน

1.2 ปรสิตภายนอก (Exoparasite) เป็นปรสิตที่อาศัยอยู่ภายนอกร่างกายของผู้ถูกอาศัย เช่น

- ตั๊กแตนตำข้าว มีรากพิเศษที่เจาะลงไปยังท่อน้ำและท่ออาหารของต้นไม้ที่มันกินอยู่โดยจะดูดน้ำและอาหารจากต้นไม้ใหญ่ (+) และต้นไม้เสียประโยชน์จนอาจทำให้ต้นไม้ใหญ่ตายได้ (-)

- ตั๊กแตนทอง มีรากพิเศษที่เจาะลงไปยังท่อน้ำและท่ออาหารของต้นไม้ที่มันกินอยู่โดยจะดูดน้ำและอาหารจากต้นไม้ใหญ่ (+) และต้นไม้เสียประโยชน์จนอาจทำให้ต้นไม้ใหญ่ตายได้ (-)

- หมัด เห็บ เหา ไร โลน ปลิง ทาก เพลี้ย ยุง สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะอาศัยอยู่ภายนอกร่างกายของสิ่งมีชีวิตโดยการดูดเลือดเป็นอาหาร (+) และผู้ที่ถูกดูดเลือดจะเสียประโยชน์ (-)



ยุงดูดเลือดคน

ตั๊กแตนทอง

ที่มา : [www.wsra.ac.th/~science/ data/anee/p3.htm](http://www.wsra.ac.th/~science/data/anee/p3.htm)

ภาพที่ 2.16 ปรสิตภายนอก

2. การล่าเหยื่อ (Predation : +,-) เป็นการอยู่ร่วมกันโดยมีฝ่ายหนึ่งเป็นผู้ล่า (Predator) ล่าหรือจับสัตว์อื่นเป็นอาหารซึ่งได้ประโยชน์ และอีกฝ่ายหนึ่งเป็นเหยื่อ หรือผู้ถูกล่า (prey) หรือเป็นอาหารของอีกฝ่าย เช่น หมาป่าไฮยีน่าล่าควาย กิ้งก่าจับแมลง หรือต้นคาบหอยแครงจับแมลง



สุนัขจิ้งจอกล่าเหยื่อ



เสีอล่ากวาง

ที่มา : [www.wsra.ac.th/~science/ data/ancee/p3.htm](http://www.wsra.ac.th/~science/data/ancee/p3.htm)



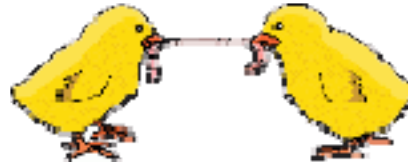
ต้นกาบหอยแครงจับเหยื่อ

ที่มา : [210.1.19.168/.../ bodyhtm/BodyText/unit6.htm](http://210.1.19.168/.../bodyhtm/BodyText/unit6.htm)

ภาพที่ 2.17 การล่าเหยื่อ

ข. ภาวะมีการแก่งแย่งหรือการแข่งขัน (Competition : -,-) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ต้องแก่งแย่งกันทำให้ทั้งสองฝ่ายเสียประโยชน์ด้วยกันทั้งคู่ การแก่งแย่งอาจเกิดขึ้นระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน ที่อยู่ในแหล่งเดียวกัน เพราะต้องการใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกัน ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เช่น

- ต้นไม้ในป่าต่างยึดลำต้นเพื่อแย่งแสงอาทิตย์ (-,-)
- ไก่ต่างแก่งแย่งอาหารทำให้ทั้งสองฝ่ายเสียประโยชน์ด้วยกันทั้งคู่ (-,-)



ไก่แย่งอาหาร

ที่มา : [www.dekkid.com](http://www.dekkid.com)

ภาพที่ 2.18 ภาวะมีการแก่งแย่งแข่งขัน

ค. การต่อต้านหรือสร้างสารทำลายกัน (Antibiosis :0,-) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ฝ่ายหนึ่งไม่ได้รับประโยชน์แต่อีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ โดยอีกฝ่ายหนึ่งสร้างสารมาทำลายอีกฝ่ายหนึ่ง เช่น

- การอยู่ร่วมกันของรา (Penicillium Notatum) และแบคทีเรีย โดยราสร้างสารทำลายเพนิซิลลินออกมาฆ่าแบคทีเรียโดยไม่ได้ประโยชน์ (0) ส่วนแบคทีเรียถูกทำลาย (-)

3) การอยู่ร่วมกันแบบเป็นกลาง (Neutralism : 0,0) เป็นการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยไม่มีการเกี่ยวข้องกันโดยตรง ทำให้ไม่มีการได้ประโยชน์หรือเสียประโยชน์เป็นการดำรงชีวิตอยู่แบบต่างคนต่างอยู่ เช่น

- ปลาฉลามกับปะการังและสาหร่าย ปลาฉลามดำรงชีวิตอยู่โดยไม่เกี่ยวข้อง (0) กับปะการังและสาหร่าย (0) ซึ่งดำรงชีวิตแบบต่างคนต่างอยู่





## แบบฝึกหัด

คำสั่ง จากคำอธิบายที่กำหนด ให้นักศึกษาสรุปว่าสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด



1. กวาง 2 ตัว ต่อสู้เพื่อแย่งอาหาร

.....



2. เหยียดหินที่เกาะอยู่บนเปลือกหอยแมลงภู่ โดยไม่ทำอันตรายแก่หอยแมลงภู่

.....



3. ต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิงจับแมลงกินเป็นอาหาร

.....



4. นก crocodile bird กินเศษอาหารในปากกระชี่ โดยกระชี่ มีฟันที่สะอาด

.....



5. ดอกไม้มีนกช่วยในการผสมพันธุ์ และนกได้นำหวานจากดอกไม้

.....



6. ปลิงดูดเลือดคนเป็นอาหาร

.....



7. แบนที่เรียกบนผิวหนังคน ได้รับอาหารจากผิวหนังที่ตายแล้วเป็นอาหาร โดยไม่ทำอันตรายกับคน

.....



### 3.6 ปัจจัยจำกัด (Limiting factor)

#### 3.6.1 ความสำคัญ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดย่อมมีสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตเฉพาะตัว เช่น การเจริญเติบโต (Growth) การสืบพันธุ์ (Reproduction) และพฤติกรรม (Behavior) ซึ่งเมื่อกล่าวถึงสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป หมายถึงสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต แต่ในความหมายของปัจจัยจำกัดจะกำหนดเฉพาะปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต ซึ่งได้แก่ปัจจัยทางเคมี-ฟิสิกส์ (Physicchemical factors) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างมาก ถ้าสิ่งแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยก็จะส่งผลต่อการดำรงชีวิตด้วย โดยเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโต การดำรงชีวิตและแพร่กระจาย เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง ตลอดจนปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factors) เช่น อุณหภูมิ (Temperature) แสงสว่าง (Light) ความชื้น (Humidity) ความกดดัน (Pressure) ความขุ่น (Turbidity) พื้นผิว (Substratum) และไฟ (Fire)

2) ปัจจัยทางเคมี (Chemical factors) เช่น ธาตุอาหาร (Nutrients) ออกซิเจน (Oxygen) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

#### 3.6.2 กฎของขีดความอดทนและปัจจัยจำกัด

ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยจำกัดนี้ ได้มีผู้ศึกษากันมานานแล้ว โดยเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการ

เจริญของพืช และจากการศึกษาได้ตั้งเป็นกฎขึ้นมาในปี

ค.ศ. 1840 นักอินทรีย์เคมีชาวเยอรมันชื่อ **จูสตัส วอน ลิบิก**

**(Justus Von Liebig)** ได้ศึกษาทดลองและเขียนเป็นรายงาน

เกี่ยวกับพืช พบว่าผลผลิตของพืชจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็น

อัตราส่วน โดยตรงกับปริมาณของแร่ธาตุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

ซึ่งปัจจัยจำกัดนี้ ได้กลายมาเป็น **“Liebig’s Law of the**

**Minimum”** หรือ **“กฎน้อยที่สุดของลิบิก”** ซึ่งมีใจความสำคัญ

ว่า **“สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการแร่ธาตุและสภาวะแวดล้อมที่**

**จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน แต่ค่าความ**

**ต้องการนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดของแต่ละชนิดของสิ่งมีชีวิตจะสามารถดำรงอยู่ได้ ซึ่งถ้าต่ำไป**

**กว่านี้ก็จะทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นตายไป”** เช่น พืชต่างชนิดกันจะมีค่าความต้องการที่ต่ำสุดของแร่ธาตุนั้น ๆ

ตลอดจนปัจจัยทางเคมี – ฟิสิกส์ไม่เท่ากัน และถ้าพืชได้รับแร่ธาตุหรือปัจจัยจำกัดต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่

จะดำรงชีวิตได้ก็จะตายไป ได้แก่ ดินไม่ต้องการธาตุไนโตรเจนอย่างน้อย 20 กรัม จึงจะออกดอก

ผล ดังนั้นปริมาณธาตุไนโตรเจนที่น้อยกว่า 20 กรัม จึงเป็นปัจจัยจำกัด

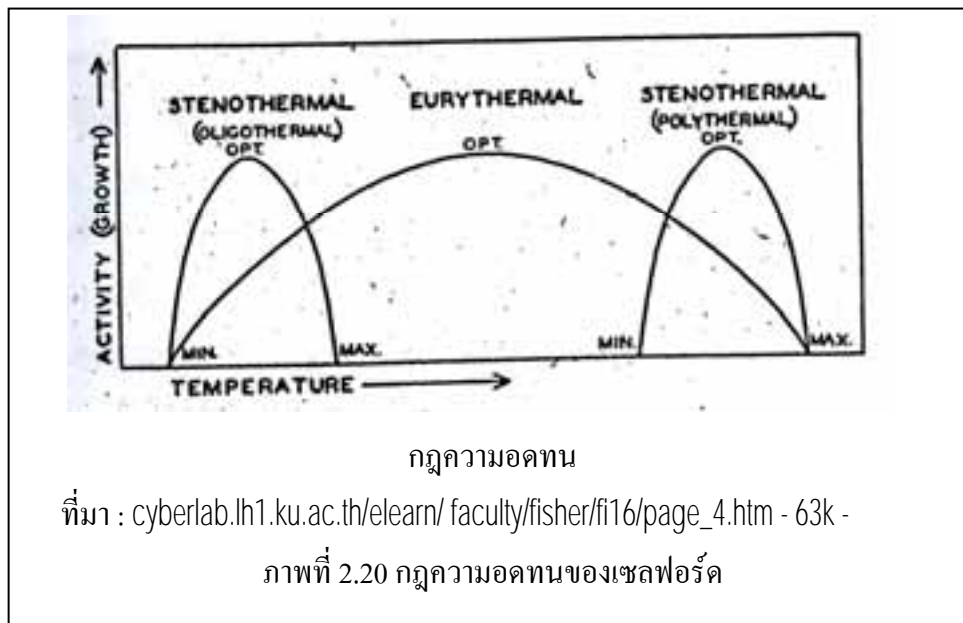


ที่มา : [www.jvls-ma.de](http://www.jvls-ma.de)  
ภาพที่ 2.19 Justus Von Liebig

ต่อมาพบว่าไม่เพียงแต่ปริมาณของเรธาตุอาหารหรือปัจจัยจำกัดในสภาพที่น้อยเกินไปเท่านั้นที่มีผลให้สิ่งมีชีวิตตาย เพราะจากการศึกษาของ วี.อี. เชลฟอร์ด(V.E. Shelford) ในช่วงปี ค.ศ.1910-1913 พบว่าปัจจัยจำกัดนี้ถ้ามีมากเกินไปหรือเข้มข้นรุนแรงเกินไป ก็เป็นสาเหตุให้สิ่งมีชีวิตตายและปัจจัยจำกัดช่วงที่ดำรงชีวิตอยู่ได้นี้ ต้องมีทั้งขีดต่ำสุด (Minimum point) และขีดสูงสุด (Maximum point) ช่วงระหว่างขีดทั้งสองคือ ความอดทนของสิ่งมีชีวิตหรือช่วงที่เหมาะสม (Optimum Range) นั้นเรียกว่า “limits of tolerance” หรือ “ขอบเขตของความอดทน”



ซึ่งในปี ค.ศ. 1913 ได้กลายเป็น “กฎความอดทนของเชลฟอร์ด” “Shelford’s Law of Tolerance”



จากภาพแสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของประชากรจะสูงสุดในช่วงที่ปัจจัยจำกัดอยู่ในช่วงกลาง ๆ หรือช่วงที่เหมาะสมที่สุด (optimum) ค่าความเหมาะสมนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแง่ที่มีผลกระทบต่อขบวนการต่าง ๆ ในทางสรีรวิทยา และทำให้ความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่าปกติ ในขณะที่ช่วงเลยขีดจำกัดต่ำสุดและสูงสุดจะไม่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้เลย

**หลักเกณฑ์โดยทั่วไปของ กฎของขีดความอดทน (Law of tolerance) อาจสรุปได้ดังนี้**

- 1) สิ่งมีชีวิตอาจทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจำกัดชนิดหนึ่งได้ในช่วงที่กว้างและอาจทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจำกัดอีกอย่างหนึ่งในช่วงที่แคบ

2) สิ่งมีชีวิตใดที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจำกัดทุกปัจจัยได้ในช่วงที่กว้าง จะสามารถแพร่กระจายได้กว้าง

3) ปัจจัยจำกัดแต่ละปัจจัยจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เช่น หญ้าบางชนิดถ้าปริมาณของไนโตรเจนไม่เพียงพอ จะมีผลกระทบต่อความทนทานของการขาดน้ำ เพราะถ้าปริมาณของไนโตรเจนในดินอยู่ในสถานะที่เหมาะสม หญ้าชนิดนี้จะทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี

4) สิ่งมีชีวิตที่เจริญเติบโตได้ดีในธรรมชาตินั้น สถานะดังกล่าวอาจไม่ใช่สถานะที่เหมาะสม เช่นกรณีของกล้วยไม้ เจริญงอกงามได้ดีที่มีแสงจ้ากว่าและมีอุณหภูมิต่ำกว่าในธรรมชาติ

5) ปัจจัยจำกัด มีผลกระทบต่อขั้นตอนการสืบพันธุ์ในวงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิตอย่างมาก สัตว์แต่ละตัวจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจำกัดได้ไม่เท่ากัน แม้ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดเดียวกันก็ตาม เช่น ปูม้า และกิ้งก่ามรกต ระยะตัวอ่อนทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้น้อย แต่ตัวเต็มวัยจะทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี เพราะจะพบตัวเต็มวัยได้ในทะเลปากแม่น้ำที่เป็นน้ำกร่อยและในน้ำจืด แต่จะพบตัวอ่อนในทะเลที่มีความเค็มค่อนข้างคงที่เท่านั้น

ถึงแม้ว่าปัจจัยจำกัดนี้จะมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตมากก็ตาม แต่สิ่งมีชีวิตก็มีวิธีการที่จะรักษาตนเองให้คงอยู่ได้ โดยการปรับตัวเองให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม จึงพบว่าในธรรมชาติจะพบสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่มีการแพร่กระจายไปอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโลกที่มีสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน แต่ยังคงเป็นชนิดเดียวกันอยู่ จึงมีชื่อประชากรที่ได้ปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมประจำถิ่นว่า “ecotype”

### 3.6.3 ประเภทของปัจจัยจำกัด

#### 1) ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factors)

คือสภาพแวดล้อมที่อยู่ทั่ว ๆ ไป ของระบบนิเวศ ซึ่งมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตและการดำเนินกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต

#### ก. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในน้ำ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาตรของน้ำจะขยายตัว จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่อหน่วยปริมาตรของน้ำลดลง ซึ่งโดยปกติแล้วในน้ำธรรมชาติความสามารถในการละลายออกซิเจนจากอากาศที่ความดันปกติมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ดังสมการ

$$C_s = \frac{475}{(33.5+t)}$$

กำหนดให้  $C_s$  = ความสามารถในการละลายของออกซิเจนคิดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร  
 $t$  = อุณหภูมิขณะนั้น

ตัวอย่าง เช่น ที่อุณหภูมิ  $6^{\circ}\text{C}$   $C_s$  = 12 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่อุณหภูมิ  $29^{\circ}\text{C}$   $C_s$  = 7.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำน้อยลง นั่นย่อมส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย

### อุณหภูมิมีผลต่ออัตราเมตาบอลิซึมในร่างกายสิ่งมีชีวิต

โดยเฉพาะในสัตว์เลือดเย็นและพืช จากการศึกษาของ แวนฮอฟ (Van't Hoff) พบว่าอัตรา



ภาพที่ 2.21 Van't Hoff

ที่มา : [www.chemistry.msu.edu](http://www.chemistry.msu.edu)

เมตาบอลิซึมภายในสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น  $10^{\circ}\text{C}$  และผลการทดลองนี้ถูกตั้งเป็นกฎเรียกว่า กฎของแวนฮอฟ (Van't Hoff Law) อีกประการหนึ่งคือ อุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ถ้าอุณหภูมิสูงหรือ ต่ำเกินไปจะทำให้เอนไซม์ทำงานไม่ปกติได้ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชั้นสูง เช่น คนมีต่อมเหงื่อในการระบายความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกาย

### อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ขนาดและรูปร่างของ

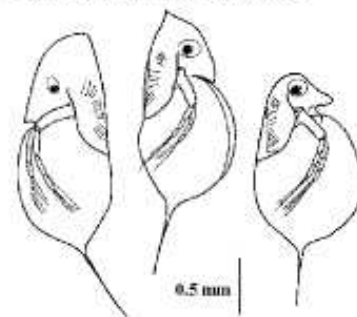
สิ่งมีชีวิต เช่น



ปลาคอด

ที่มา : [www.a2zoutdoors.com](http://www.a2zoutdoors.com)

*Daphnia galeata mendotae* (Sars) Birge



ไรน้ำ

ที่มา : [science.kennesaw.edu](http://science.kennesaw.edu)

ภาพที่ 2.22 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ขนาดและรูปร่าง

- อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อโครงสร้างภายในร่างกายด้วย เช่น ปลาคอด (Cod Fish) ที่เกิดคนละแห่งซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน จะทำให้จำนวนท่อนกระดูกสันหลังต่างกันด้วย กล่าวคือปลาคอดที่เกิดที่อุณหภูมิ 4-8 °C จะมีกระดูกสันหลัง 56 ข้อ และพวกที่เกิดในที่อบอุ่นกว่าจะมีกระดูกสันหลังเพียง 45 ข้อเท่านั้น ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของกระดูกนั่นเอง

- ไรน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามฤดูกาล โดยเพิ่มความยาวของส่วนหัวและส่วนหาง ปรัชการณนี้เรียกว่า ไชคลอมอร์ฟอริซิส (Cyclomorphosis) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไรน้ำจำเป็นต้องสร้างโครงสร้างที่ช่วยในการลอยตัวมากขึ้น

- สัตว์ในเขตนาวมีขนปุกปุย และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในเขตนาวจะมีขนาดใหญ่โตกว่าสัตว์ในเขตร้อน แม้ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดเดียวกันก็ตาม

**อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต เช่น**



หมีขาวที่ขั้วโลกเหนือ  
ที่มา : news.sanook.com



เปรียบเทียบการบานของดอกทองหลวงป่าที่อุณหภูมิแตกต่างกัน  
ที่มา : www.tourthai.com

ภาพที่ 2.23 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต

- สัตว์เลือดเย็นบางชนิด เช่น กบจำศีลในช่วงฤดูหนาว (hibernation) เพื่อลดอัตราเมตาบอลิซึมของกบ
- สัตว์เลือดอุ่น เช่น หมิวขาวที่ขั้วโลกเหนือมีการจำศีลเพื่อหนีอากาศที่หนาวเย็น
- สิ่งมีชีวิตบางชนิดพักตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติหรือเมื่อมีอากาศแห้งแล้ง พบมากในสัตว์พวกแมลงและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น หอยทาก
- พืชบางชนิดผลัดใบเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อลดการสูญเสียน้ำทางใบ เนื่องจากปริมาณน้ำในดินที่ได้รับน้อย ถ้ามีปริมาณใบมากจะสูญเสียน้ำทางใบมาก
- การบานของดอกไม้ เช่น ทองหลางป่า บนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะมีการบานของดอกช้าลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าปกติ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่และอพยพของสิ่งมีชีวิต เมื่ออุณหภูมิร้อนหรือหนาวจัด อาจใช้ระยะทางการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยหรืออาจใช้ระยะทางไกล ๆ นับเป็นร้อยไมล์ก็ได้ เช่น



การอพยพของกวางเรนเดียร์  
ที่มา : [th.wikipedia.org](http://th.wikipedia.org)



ภาพที่ 2.24 การอพยพเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

วัวไบซันและเส้นทางอพยพ  
ที่มา : [www.vr2online.com](http://www.vr2online.com)

- กวางคาริบู วัวไบซัน ปลาวาฬ ซึ่งจะอพยพจากเขตหนาวลงสู่เขตอบอุ่นในฤดูหนาวและกลับในฤดูร้อน

- นกนางแอ่นบ้าน บนถนนสีลมเกาะอยู่ตามสายไฟฟ้า



ที่มา : [www.zyworld.com/NAKARIN/HTMLbarnswallow.htm](http://www.zyworld.com/NAKARIN/HTMLbarnswallow.htm) - 30k

ภาพที่ 2.25 นกนางแอ่นบ้าน

นกนางแอ่นบ้านที่พบเห็นในบ้านเราในฤดูหนาว คือ กลุ่มใหญ่ที่มาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน เดินทางมาไกลจากขั้วโลกเหนือเลยทีเดียว ที่จริงแล้วนักวิทยาศาสตร์พบว่า มีนกนางแอ่นบ้านบางพวกอพยพข้ามขั้วโลกเหนือมาถึงประเทศจีนตอนเหนือ และคาบสมุทรเกาหลีเลยทีเดียว เป็นนกเพียงชนิดเดียวที่ใช้เส้นทางบินผ่านขั้วโลกเหนือ นำอัจฉริยภาพที่มันบินฝ่าความหนาวยะเยือก ลมพายุที่โหมกระหน่ำและอากาศเลวร้ายแถบขั้วโลก บินข้ามเทือกเขาเอเวอร์เรสต์ จากการศึกษา พบว่าเนื้อของนกนางแอ่นบ้านยังมีรูพรุน เป็นโพรงอากาศแทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ ทำให้ร่างกายส่วนใหญ่มีน้ำหนักเบาและนกนางแอ่นบ้านไม่มีการสะสมไขมันเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันและใช้เดินทางไกล เพราะนกนางแอ่นบ้านเป็นนกอพยพไม่กี่ชนิดที่สามารถจับแมลงกลางอากาศกินเป็นอาหารให้พลังงานได้ตลอดเวลา จึงไม่มีการสะสมไขมันในการเดินทางไกล โดยไม่ต้องหยุดพักกินอาหารระหว่างทางเลย

#### **อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต**

สิ่งมีชีวิตใด ๆ ไม่ว่าจะพืชหรือสัตว์ต้องการอุณหภูมิในช่วงที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และถ้าหากว่าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าปกติย่อมมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตด้วย เช่น การฟักไข่ของสัตว์ปีกและปลา การลอกคราบของกิ้งและแมลง



การลอกคราบของแมลง  
ที่มา : [www.vcharkarn.com](http://www.vcharkarn.com)



แม่ไก่ฟักไข่  
ที่มา : [www.gaidd.com](http://www.gaidd.com)

ภาพที่ 2.26 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของพืชและสัตว์ตามแนวต่าง ๆ

ของโลก เช่น



ผลไม้เมืองร้อน  
ที่มา : [www.thummada.com](http://www.thummada.com)



ผลไม้เมืองหนาว  
ที่มา : [home.kku.ac.th](http://home.kku.ac.th)

ภาพที่ 2.27 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของพืช

- แนวเส้นรุ้งและระดับความสูงของพื้นที่ จะพบว่าสิ่งมีชีวิตแพร่กระจายไม่เหมือนกัน  
ได้แก่ ทูเรียน มะม่วง เจริญเติบโตได้ดีในเมืองร้อน ในขณะที่สตรอเบอร์รี่ แอปเปิ้ล เจริญเติบโต  
ได้ดีในเขตหนาว



## ข. แสงสว่าง (Light)

แสงสว่างทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นในเรื่องของเวลาแต่ละวันและช่วงจังหวะของฤดูกาล

การศึกษาเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ตอบสนองต่อช่วงแสง เรียกว่า โฟโตเพอริโอดิซึม (Photoperiodism) แสงเป็นสิ่งเร้าที่สิ่งมีชีวิตจะเคลื่อนที่เข้าหาหรือเคลื่อนที่หนี 3 ลักษณะคือ

1. โฟโตแทกซิส (Phototaxis) หมายถึงการเคลื่อนของพืชหรือสัตว์ เพื่อเข้าหรือหนีออกจากจุดกำเนิดแสง เช่น แมลง เครื่องดักแมลงที่มีแสงสีม่วงจะช่วยล่อให้แมลง เช่น ยุง เคลื่อนที่เข้าจุดกำเนิดแสง

2. โฟโตทรอปิซึม (Phototropism) หมายถึงการหันเหทิศทางเข้าหรือเบนออกจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งใช้กับพืชหรือสัตว์ที่เกาะอยู่กับที่ เช่น ดอกทานตะวัน

3. โฟโตไคนิซิส (Photokinesis) หมายถึงการที่สัตว์มีอัตราการเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือช้าลง โดยมีแสงเป็นสิ่งเร้า เช่น สัตว์หากินกลางคืน เช่น ค้างคาว นกฮูก นกเค้าแมว



ดอกทานตะวัน

ที่มา : [www.thailandbuddy.com](http://www.thailandbuddy.com)



ค้างคาว

ที่มา : [www.thapla.ac.th](http://www.thapla.ac.th)

ภาพที่ 2.28 แสงสว่างมีผลต่ออัตราการเคลื่อนที่

แสงสว่างมีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและการสืบพันธุ์ของสัตว์ เราสามารถใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช พบว่าโดยทั่วไปแล้วพืชสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. พืชในร่ม มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำ ซึ่งทำให้การเจริญเติบโตช้า
2. พืชกลางแจ้ง มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง ซึ่งทำให้การเจริญเติบโตสูง

สำหรับสัตว์บางชนิด เช่น แม่เพรียง (palolo worm) แห่งหมู่เกาะแปซิฟิก ตอนใต้จะออกมาผสมพันธุ์กันในวันเพ็ญ ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายระหว่างเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน ทุกปีโดยปล่อยสารเรืองแสง สเปิร์มและไข่ออกมาผสมกันในน้ำทะเล เป็นการตอบสนองต่อแสงจันทร์ในวันเพ็ญ เรียกว่า ลูนาร์ออเรียนเตชัน (lunar orientation)

### ค. ความชื้น (Humidity)

ความชื้นในอากาศเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมการสูญเสียน้ำทางผิวหนังและปอดของสัตว์ สัตว์ทุกชนิดต้องการน้ำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ในอาหารหรือดื่มน้ำเข้าไป เพื่อใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ ตลอดทั้งการขับถ่ายด้วย ส่วนพืช จะได้รับผลกระทบจากระดับหรือปริมาณน้ำในดิน รวมทั้งความชื้นในอากาศ เพราะน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในโปรโตพลาสซึมประมาณ 80-90 % ถ้าหากความชื้นไม่เพียงพอจะทำให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น การงอกของเมล็ดเมื่อได้รับความชื้นในดินเพียงพอ



คนดื่มน้ำ

ที่มา : [thainews.prd.go.th](http://thainews.prd.go.th)



การงอกของเมล็ด

ที่มา : [cyberlab.lh1.ku.ac.th](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th)

ภาพที่ 2.29 ความสำคัญของน้ำ

### ง. ความกดดัน (Pressure)

ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) หรือ ร.ท.ก. เป็นค่าที่ได้จากการวัดระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดของแต่ละวันในช่วงระยะเวลาที่กำหนด แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นระดับน้ำทะเลปานกลาง ในประเทศไทยใช้เวลาในการวัด 5 ปี โดยเลือกที่ตำบลเกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังนั้นระดับน้ำทะเลปานกลางของแต่ละบริเวณทั่วโลกจะมีความสูงไม่เท่ากัน ระดับน้ำทะเลปานกลางมีความสัมพันธ์กับความกดดัน โดยทั่วไปที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ความกดดันมีค่าเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท หรือ 1 บรรยากาศ ในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลขึ้นไปค่าความกดดันจะลดลงเรื่อย ๆ ด้วยอัตราส่วน 25 มิลลิเมตรปรอท ต่อ ความสูง 300 เมตร และทำให้ปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศลดลงด้วย การที่ความกดดันลดลงครึ่งหนึ่งจาก

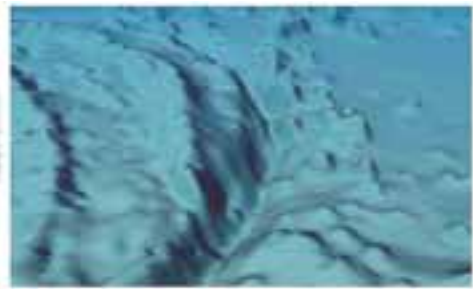
ระดับน้ำทะเลปานกลาง จะเริ่มเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ที่ราบสูงทิเบต (หลังคาโลก) มีความกดดัน 413 มิลลิเมตรปรอท จึงเป็นระดับที่ใกล้ถึงจุดอันตรายและยิ่งสูงขึ้นไปอีกสัตว์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้และปริมาณออกซิเจนน้อยลง อาหารก็จะขาดแคลนด้วย

ในทางตรงกันข้าม เมื่อลึกลงไปในทะเลความกดดันจะเพิ่มขึ้น โดยมีการเพิ่มอัตราความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ต่อความลึก 10 เมตร ดังนั้น ความลึกเฉลี่ยทะเลมหาสมุทร 3,700 เมตร จะมีความกดดันถึง 370 เท่าที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง เช่น **มาเรียน่า เทรนช์ (Mariana Trench)** เป็นหุบเหวใต้ทะเลที่ลึกที่สุดในโลก มีความลึกถึง 10,860 เมตร มีแรงกดดันถึง 1,050 บรรยากาศ สัตว์ที่อาศัยในแถบนี้ต้องมีการปรับตัวให้มีแรงกดดันในร่างกายเท่ากับแรงกดดันภายนอก ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เจริญเติบโตช้าและเคลื่อนที่ช้าด้วย เช่น **ปลาเขี้ยวแหลม (Fangtooth; *Abyssobrotula galathea*)** ปลาทะเลลึกที่พบที่ระดับ 8,370 เมตร แอวเปอร์โตริกันทรนช์ ถูกบันทึกว่าเป็นปลาที่อยู่ในน้ำลึกที่สุดในโลก



ปลาเขี้ยวแหลม

ที่มา : [www.biotec.or.th](http://www.biotec.or.th)



มาเรียน่า เทรนช์

ที่มา : [www.biotec.or.th](http://www.biotec.or.th)



ที่ราบสูงทิเบต

ที่มา : [hilight.kapook.com](http://hilight.kapook.com)

ภาพที่ 2.30 ความกดดัน

### จ. ความขุ่น (Turbidity)

เนื่องจากแหล่งน้ำมีอนุภาคแขวนลอยอยู่มาก ทำให้มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในหลาย ๆ ด้าน ด้วยกัน เช่น

- แสงสว่างส่องลงไปใต้น้ำได้น้อย ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำลดลง และอนุภาคต่าง ๆ ที่เป็นสารแขวนลอยจะไปเกาะตามเหงือกปลา ทำให้ปลาหายใจไม่สะดวก
- การทับถมของตะกอนต่าง ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวก้นบ่อ
- อนุภาคบางอย่างสามารถตรึงสารพิษได้ จึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตใต้น้ำ
- อนุภาคแขวนลอยเป็นที่อยู่และเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์

### ฉ. พื้นผิว (Substratum)

พื้นผิวเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่จำเป็นต้องใช้พื้นผิวเพื่อการยึดเกาะ ฟังตัวหรือเป็นฐานรองรับน้ำหนักตัวไว้ พื้นผิวมีลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น ดิน โคลน หิน ไม้ หรือผิวน้ำ พื้นผิวมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตหลายทาง เช่น



- พื้นผิวมีผลต่อการเจริญเติบโต พืชแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ในดินต่างชนิดกัน เช่น ดินร่วน ดินเหนียวและดินทราย นอกจากนี้พื้นผิวเป็นแหล่งอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิต เช่น พืชได้แร่ธาตุและอาหารจากดิน

- พื้นผิวเป็นแหล่งสืบพันธุ์ ป้องกันภัย และที่อยู่อาศัย เช่น เป็นแหล่งวางไข่และเป็นแหล่งซุกซ่อนให้พ้นอันตราย

- สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวทางโครงสร้าง เพื่อให้เหมาะสมแก่พื้นผิว เช่น ต้นโกงกางในป่าชายเลน มีรากสำหรับค้ำจุนลำต้น

## ข. ไฟ (Fire)

ไฟมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิต คือเป็นปัจจัยจำกัดตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในป่าและทุ่งหญ้า หากเกิดไฟป่าจะส่งผลให้สิ่งมีชีวิตได้รับผลกระทบ การเกิดไฟป่ามี 3 ชนิด คือ

1. **ไฟเรือนยอด (Crown Fire)** คือไฟที่ลุกลไหม้จนถึงเรือนยอดของต้นไม้ จะทำลายพืชและสิ่งมีชีวิตทั้งหมด



ไฟเรือนยอด

ที่มา : [www.pc.gc.ca](http://www.pc.gc.ca)

ภาพที่ 2.32 การลุกลไหม้ของไฟเรือนยอด

2. **ไฟหน้าดิน (Surface Fire)** คือไฟลุกลไหม้เฉพาะหน้าดินเท่านั้น จึงทำลายสิ่งมีชีวิตบางชนิดเท่านั้น แต่กลับเอื้ออำนวยให้สิ่งมีชีวิตที่อดทนไฟเจริญงอกงามได้บ้าง ได้แก่ หญ้า พืชเมล็ดแข็ง เช่น โคนของสน เมล็ดมะค่าโมง



ไฟหน้าดิน

ที่มา : [www.werc.usgs.gov](http://www.werc.usgs.gov)



โคนของสน

ที่มา : [www.bloggang.com](http://www.bloggang.com)

ภาพที่ 2.33 การลุกลไหม้ของไฟหน้าดิน

3. ไฟพื้นดิน (Ground fire) คือไฟที่เกิดบริเวณที่มีอินทรีย์วัตถุทับถมมาก ไม่มีเปลวไฟและเกิดใต้ดินหรือใต้กองเศษใบไม้ ทำลายรากพืชและสัตว์ในดิน เช่น มด ปลวก



กองเศษใบไม้

ที่มา : [www.geocities.com](http://www.geocities.com)



รังมดใต้พื้นดิน

ที่มา : [techno.obec.go.th](http://techno.obec.go.th)

ภาพที่ 2.34 การลุกล้ำของไฟพื้นดิน

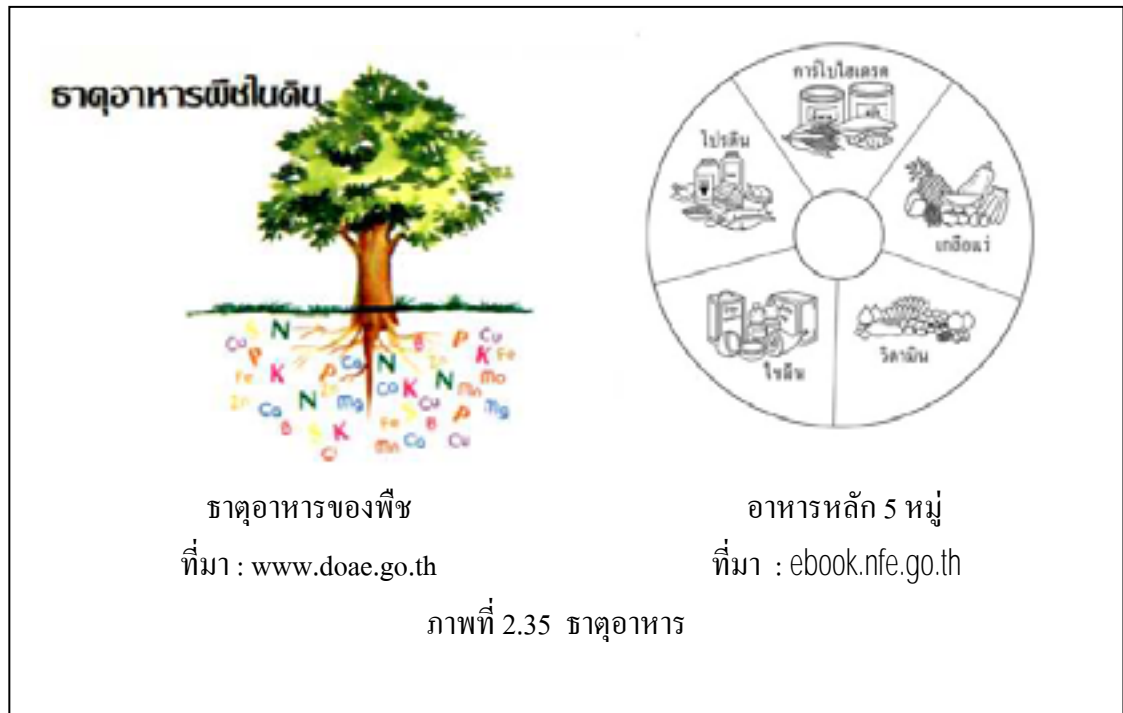
## 2) ปัจจัยทางเคมี (Chemical factor)

ปัจจัยทางเคมีมีสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ปัจจัยที่สำคัญในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 3 ชนิด คือ

### ก. ธาตุอาหาร (Nutrients)

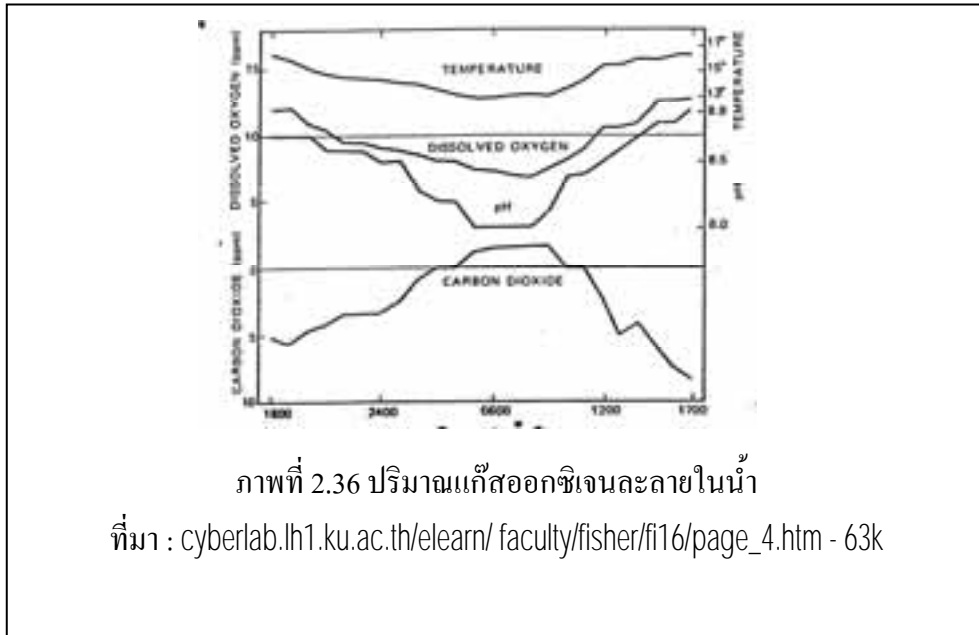
- พืชต้องการแร่ธาตุในการสร้างความเจริญเติบโต เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณที่น้อยมาก แต่ถ้าขาดจะทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ตัวอย่างเช่น พืชต้องการแมกนีเซียมเพื่อสร้างคลอโรฟิลล์

- คน และ สัตว์มีความต้องการอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามินและเกลือแร่ ถ้าขาดแคลนธาตุอาหารดังกล่าว ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ตัวอย่างเช่น หอยทากต้องการแคลเซียมจำนวนมาก



**ข. แก๊สออกซิเจน (Oxygen)** ในบรรยากาศมีปริมาณแก๊สออกซิเจน 21 % หรือ 210 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร และอยู่ในน้ำประมาณ 6 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °C

แก๊สออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อสร้างพลังงาน แก๊สออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำได้ (Dissolved oxygen = DO) โดยการแพร่ (diffuse) แก๊สออกซิเจนในอากาศลงในน้ำจากกระบวนการของกระแสลมและคลื่น ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้สภาพของแหล่งน้ำได้ ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในรอบวันจะผันแปรตามระยะเวลาต่าง ๆ คือในช่วงเช้ามืด ปริมาณ DO จะน้อยที่สุด เพราะช่วงกลางคืนจะมีการใช้ DO เพื่อการหายใจ เมื่อมีแสงแดดขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเริ่มต้น ปริมาณ DO ในแหล่งน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และจะมีมากที่สุดประมาณบ่าย 3 – 4 โมงเย็น เมื่อหมดแสงแดดแล้วกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะหยุดเหลือแต่กระบวนการหายใจ ปริมาณ DO จึงเริ่มลดลงอีก ดังภาพที่ 2.36



ภาพที่ 2.36 ปริมาณแก๊สออกซิเจนละลายในน้ำ  
 ที่มา : [cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page\\_4.htm](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page_4.htm) - 63k

ปริมาณแก๊สออกซิเจนในน้ำ จะเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิและความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศมีมากสำหรับสิ่งมีชีวิต และในน้ำมีโอกาสขาดแคลนแก๊สออกซิเจนได้เสมอ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำเล็ก ๆ ส่วนแหล่งน้ำที่กว้างใหญ่ เช่น ทะเลมหาสมุทร พบว่ามีแก๊สออกซิเจนอย่างเพียงพอ

**ค. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)** แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ช่วยควบคุมความเป็นกรด-เบสของน้ำให้คงที่ ถ้าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงไปซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิต ในแหล่งน้ำธรรมชาติ  $CO_2$  จะอยู่ในน้ำได้ 3 สถานะคือ

1. คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (Free  $CO_2$ ) หรือกรด  $H_2CO_3$
2. ไบคาร์บอเนต ( $HCO_3^-$ )
3. คาร์บอเนต ( $CO_3^{2-}$ )

คาร์บอนไดออกไซด์ทั้ง 3 นี้จะอยู่ในน้ำได้ในสัดส่วนเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำดังนี้

เมื่อ pH = 7 จะอยู่ในรูปของ Free  $CO_2$

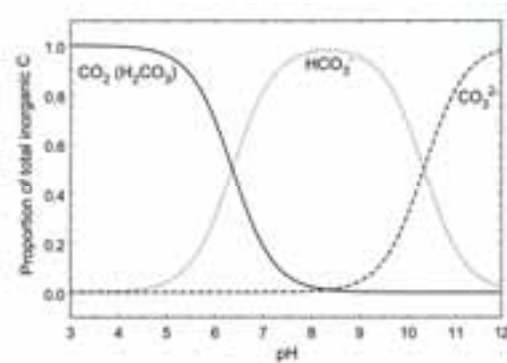
เมื่อ pH < 5 จะอยู่ในรูปของ  $H_2CO_3$

เมื่อ pH > 8.5 จะอยู่ในรูปของ  $HCO_3^-$

น้ำที่มีค่า pH เท่ากับ 10 จะอยู่ในรูปของ  $CO_3^{2-}$  ประมาณ 25 % และอีก 75 % จะอยู่ในรูปของ  $HCO_3^-$  ด้วยคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงสภาพของ  $CO_2$  ไปมาในรูปของ



กรดคาร์บอนิก ไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต และ Free CO<sub>2</sub> ตามสภาพของ pH นี้ โดยเฉพาะขบวนการนี้ต้องการปรับค่า pH ในแหล่งน้ำให้เป็นกลางอยู่เสมอ คือมี pH ประมาณ 7 ขบวนการนี้จึงเรียกว่า chemical buffering และจะพบค่า pH ได้ระหว่าง 5 - 9.5 แต่ค่าที่เหมาะสมสำหรับสัตว์จะอยู่ระหว่าง 7.2 - 8.5 ซึ่งน้ำจะมีสมบัติเป็นด่างเล็กน้อย ดังภาพที่ 2.37



ภาพที่ 2.37 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ  
ที่มา : [cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page\\_4.htm](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi16/page_4.htm) - 63k

## แบบฝึกหัด

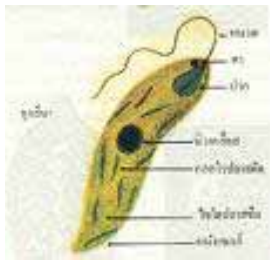
สิ่งมีชีวิตต้องการปัจจัยจำกัดที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยจำกัดชนิดใด

1. หอยโข่งลาย จะหลบหลีกอากาศร้อนในตอนกลางวันอยู่ได้ไปไม่ว่า



.....

2. การเคลื่อนที่ของยูกลีนาเข้าหาหรือออกจากแสง โดยมีायสปอต 2 ข้าง อยู่บริเวณใกล้ฐานโคนแฟลกเจลลัม เป็นหน่วยรับสิ่งเร้า



.....

3. การหันเหของดอกทานตะวันในแต่ละช่วงเวลา



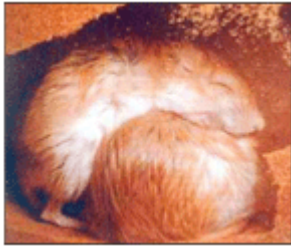
.....

4. น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ



.....

5. หนุขุครุเพื่ออยู่อาศัย



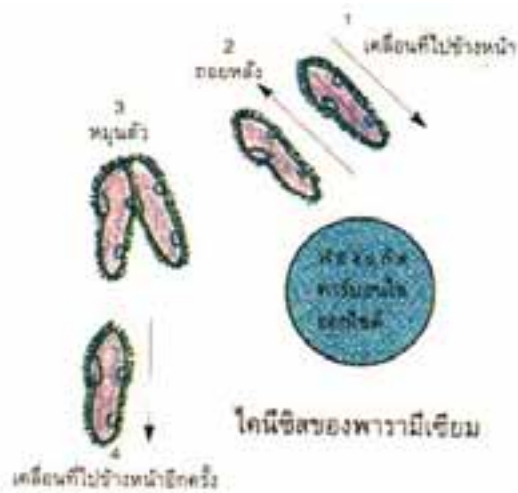
.....

6. การออกดอก การหุบ-บานของดอกไม้ (nastic movement) เช่น ดอกคูนนายต้นสาย



.....

7. การเคลื่อนที่ของ พารามีซีียมเข้าหาและออกจากฟองแก๊สของคาร์บอนไดออกไซด์



.....

8. เปลี่ยนความเร็วในการเคลื่อนที่ เมื่อมีความเข้มของสิ่งเร้าเปลี่ยนไป เช่น กิ้งเด้อ เมื่ออยู่ในที่มีแสงสว่างและแห้ง จะเคลื่อนที่เร็วกระโดดโลดเต้นตลอด แต่เมื่ออยู่ในที่มืดและชื้นจะเคลื่อนที่ช้าลง



.....

9. กกล้วยไม้ป่า มักพบตามป่าชุ่มชื้นหรือน้ำตก



.....

10. พืชในทะเลทราย จะมีขนาดเล็กและเป็นพืชล้มลุก



.....

**กิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง ศึกษาปัจจัยจำกัดของต้นกระบองเพชร**

**วัตถุประสงค์**

เพื่อศึกษาปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกระบองเพชร

**อุปกรณ์**

ต้นกระบองเพชร คนละ 2 ต้น

**วิธีทำ**

1. ให้นักศึกษานำต้นกระบองเพชรมาจากบ้านคนละ 2 ต้น เป็นสายพันธุ์ใดก็ได้
2. นำต้นกระบองเพชรแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 วางไว้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีปริมาณแสงน้อย และกลุ่มที่ 2 วางไว้ที่ระเบียงห้องวิทยาศาสตร์ที่มีปริมาณแสงมาก โดยควบคุมการดูแลให้เหมือนกัน เช่น การรดน้ำ ใส่ปุ๋ย พรวนดิน เป็นระยะเวลา 4 เดือน สังเกตและบันทึกผล
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผลและวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงประกอบทุกเดือน

**ตารางบันทึกผลกิจกรรม**

ระยะเวลาที่ดูแล	วิธีการดูแล	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็น	
		ภายในห้องวิทยาศาสตร์	ภายนอกห้องวิทยาศาสตร์
พฤศจิกายน			
ธันวาคม			
มกราคม			
กุมภาพันธ์			

ภาพการเปลี่ยนแปลง



### 3.7 วัฏจักรของสาร

คือ ขบวนการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุที่จำเป็นในการดำรงชีวิตจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปสู่สิ่งมีชีวิต และออกจากสิ่งมีชีวิตกลับคืนไปสู่สิ่งแวดล้อม การหมุนเวียนของแร่ธาตุจัดว่าเป็นหัวใจสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน น้ำ กำมะถัน ฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีน โพลีเมอร์ และไขมัน

#### 3.7.1. วัฏจักรคาร์บอน (Carbon Cycle)

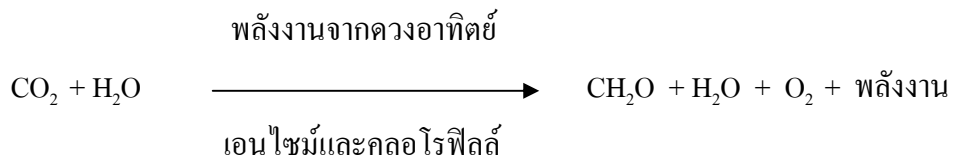
ในบรรยากาศประกอบด้วย แก๊สไนโตรเจน 78 % แก๊สออกซิเจน 21 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.032 % โดยประมาณ คาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์ของสิ่งมีชีวิต เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน สารเหล่านี้นอกจากจะประกอบด้วยคาร์บอนแล้ว ยังมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนและออกซิเจน ดังนั้นจึงจัดได้ว่าสารทั้ง 3 ชนิด เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตในโลก

#### ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายของวัฏจักรคาร์บอน

##### 1) วัฏจักรบนบก

##### ก. การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)

พืชสีเขียวและแพลงตอนพืชใช้  $\text{CO}_2$  เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วสร้างอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต



##### ข. การหายใจ (Respiration)

เกิดขึ้นทั้งพืชและสัตว์ โดยการที่โมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์แตกสลายแล้วปลดปล่อยพลังงานออกมา



##### ค. การทับถมของซากพืชและซากสัตว์

ส่วนคาร์บอนที่ยังคงค้างอยู่ในพืชและสัตว์ ถูกถ่ายออกสู่บรรยากาศ เมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมและเน่าเปื่อย ทำให้คาร์บอนถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศในรูป

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนซากพืชที่ไม่ถูกสลาย เมื่อถูกทับถมเป็นเวลานานก็จะกลายเป็นถ่านฟิต ถ่านหิน น้ำมันและแก๊สธรรมชาติ บางส่วนจมอยู่ใต้พื้นโลก อาจเปลี่ยนสภาพได้เมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟ บางส่วนกลายเป็นหินปูน จะเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการกักต้อน

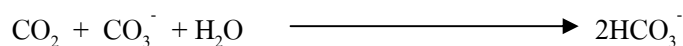
### ง. การเผาไหม้

กลับคืนสู่บรรยากาศ เมื่อนำมาใช้เป็นทรัพยากรเชื้อเพลิง คาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมในฟิต ถ่านหิน น้ำมันและแก๊สธรรมชาติ จะถูกคายออกมาผสมกับแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

### 2) วัฏจักรในทะเลหรือมหาสมุทร

การแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างบรรยากาศกับมหาสมุทร จะเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวน้ำในมหาสมุทรและส่วนของบรรยากาศที่ติดกับพื้นผิวมหาสมุทร โดยกระแสลมและคลื่นในมหาสมุทรเป็นตัวการทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างบรรยากาศกับมหาสมุทรเพิ่มขึ้น และแพลงตอนพืชและพืชน้ำจะจับคาร์บอนในการสังเคราะห์ด้วยแสงจะปลดปล่อยแก๊สออกซิเจนคืนสู่ผิวน้ำ เมื่อสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและแพลงตอนตายจะค่อย ๆ จมลงและละลายอยู่ในรูปอินทรีย์สาร บางส่วนนำไปใช้ในการสร้างอาหารและบางส่วนจมลงสู่ก้นทะเลลึก เท่ากับเป็นการเพิ่มแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในรูปคาร์บอเนตไอออน และไบคาร์บอเนตไอออนบริเวณก้นทะเล ทำให้คาร์บอนกลับคืนสู่วัฏจักรได้ยากขึ้น ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเลลดลง นับว่าเป็นกลไกหักล้างกัน

เมื่อผิวน้ำรับ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จะเข้าทำปฏิกิริยากับคาร์บอเนตไอออน ได้ไบคาร์บอเนตไอออน ดังสมการ





ภาพที่ 2.38 วัฏจักรคาร์บอน

## ตอบคำถาม

1. คาร์บอนในบรรยากาศ อยู่ในรูปของสารประกอบอะไร.....
2. ในกระบวนการใดที่พืชเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในบรรยากาศให้เป็นสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในพืช.....
3. พืชปล่อยสารประกอบของคาร์บอนให้แก่บรรยากาศโดยตรงได้เช่นเดียวกับสัตว์ นักศึกษาคิดว่าสารประกอบดังกล่าวเกิดจากกระบวนการใดในร่างกาย.....
4. จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จะได้สารใดสู่บรรยากาศและเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร  
.....  
.....
5. จากกระบวนการหายใจจะได้สารประกอบใดคืนสู่บรรยากาศ.....
6. อินทรีย์สารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง นำไปใช้ในกระบวนการใดของพืชและสัตว์  
.....
7. ซากของสิ่งมีชีวิตถูกเปลี่ยนให้เป็นอนินทรีย์สารกลับสู่บรรยากาศ โดยสิ่งมีชีวิตชนิดใด  
.....
8. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มาจากที่ใดบ้าง  
.....
9. ถ้าพืชในสิ่งแวดล้อมถูกทำลายอย่างฉับพลันจะเกิดอะไรขึ้น.....
10. ทำไมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนจึงไม่หมดไปจากบรรยากาศ ทั้ง ๆ ที่พืชและสัตว์ต้องใช้อยู่ตลอดเวลา.....  
.....

### 3.7.2 วัฏจักรออกซิเจน (Oxygen Cycle)

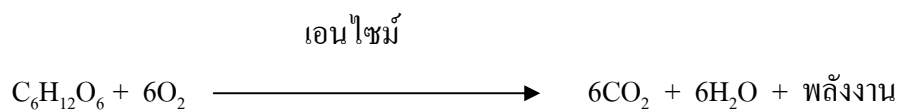


กระบวนการที่สำคัญของวัฏจักรออกซิเจน

1) การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช



2) การหายใจ



### 3) การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างบรรยากาศกับพื้นน้ำ

โดยกระแสน้ำและคลื่นทะเล เป็นตัวการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างผิวน้ำกับบรรยากาศ การแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับบรรยากาศจะมีความสมดุล คือถ้าในบรรยากาศมีออกซิเจนมากพื้นน้ำจะเพิ่มปริมาณการรับออกซิเจนมากขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้าม ถ้าในบรรยากาศมีออกซิเจนอยู่น้อยปริมาณออกซิเจนที่คายออกสู่บรรยากาศจะมากขึ้น

#### 3.7.3 วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตและมีความซับซ้อนมาก สิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีไนโตรเจนอยู่ถึง 78% แต่มีสิ่งมีชีวิตเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้ได้โดยตรงในรูปของแก๊สไนโตรเจน นอกจากนี้ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างโปรตีนของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง โดยจะเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน

วัฏจักรของไนโตรเจนมีความซับซ้อนมากกว่าคาร์บอน แหล่งสะสมของไนโตรเจนอยู่ในบรรยากาศเช่นเดียวกับคาร์บอน แต่จะใช้ได้เมื่ออยู่ในสภาพสารประกอบ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต ดังนั้นแหล่งสะสมที่แท้จริงของไนโตรเจนจึงอยู่ในสภาพสารอินทรีย์ เช่น ยูเรีย โปรตีน กรดนิวคลีอิก ธาตุไนโตรเจนในบรรยากาศจึงจำเป็นต้องถูกเปลี่ยนรูปให้อยู่ในสภาพที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะใช้ได้ ซึ่งเกิดโดยขบวนการตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) นอกจากนี้ในวัฏจักรของไนโตรเจนยังมีขบวนการอื่นๆ อีก 4 ขบวนการที่สำคัญ คือ Nitrogen fixation, Ammonification, Nitrification และ Denitrification

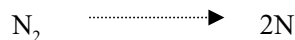
#### 1) การตรึงแก๊สไนโตรเจน (Nitrogen fixation)

ขบวนการตรึงแก๊สไนโตรเจน (nitrogen fixation) เป็นการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในสภาพของแอมโมเนียหรือไนเตรตซึ่งพืชนำไปใช้ได้ มี 2 ขบวนการคือ

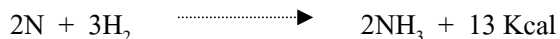
ก. เกิดโดยขบวนการทางฟิสิกส์และเคมี (Electrochemical fixation และ photochemical fixation) โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ปฏิกิริยาจาก ฟาแลบ ฟาฟา ฟาร์รองหรือการตกของอุกบาต ทำให้เกิดพลังงานสูงสุดพอที่จะเปลี่ยนไนโตรเจนในอากาศเป็นสารประกอบไนเตรต ( $\text{NO}_3$ ) ฝนจะช่วยนำสารประกอบไนเตรต ลงสู่พื้นดินและพืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้ถึง  $7.6 \times 10^6$  เมตริกตัน/ปี

ข. เกิดโดยขบวนการทางชีววิทยา (Biological fixation) การตรึงไนโตรเจนเกิดโดยการกระทำของสิ่งมีชีวิตซึ่งจะได้รับประโยชน์ถึง 90 % และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ถึง  $54 \times 10^6$  เมตริกตัน/ปี ดังนี้

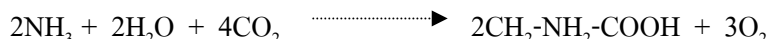
- โดยเริ่มจากแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศ 1 โมเลกุล แยกออกเป็น 2 อะตอม



- ไนโตรเจนอิสระรวมตัวกับแก๊สไฮโดรเจนได้แอมโมเนีย พร้อมปลดปล่อยพลังงาน ออกมา 13 Kcal



- แอมโมเนียส่วนหนึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างกรดอะมิโน



สิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องในขบวนการนี้มีหลายกลุ่ม คือ

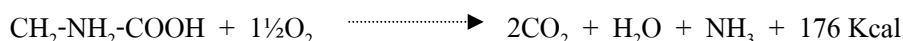
1. symbiotic bacteria ได้แก่แบคทีเรียที่อาศัยในปมรากของพืชตระกูลถั่วหลายชนิด ซึ่งปัจจุบันมีความสำคัญมาก และเป็นที่น่าสนใจของนักวิจัยที่จะใช้แบคทีเรียนี้ในการตรึงไนโตรเจนแก่พืชแทนการใส่ปุ๋ย แบคทีเรียนี้ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล Rhizobium ซึ่งแต่ละชนิดจะมีความเฉพาะเจาะจงในการอยู่ร่วมกับพืชพวกถั่วชนิดต่างๆ มาก

2. free – living nitrogen fixers ได้แก่แบคทีเรียที่ดำรงชีพอย่างอิสระ แบคทีเรียพวกนี้อาศัยอย่างอิสระทั้งในน้ำและในดิน ได้แก่ Azotobacter และ Clostridium รวมทั้งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอีกหลายชนิด เช่น Nostoc และ Anabaena

ก. การตรึงไนโตรเจนโดยการสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรม ซึ่งจะได้ไนเตรตออกมาใช้ในสภาพของปุ๋ยปีละเป็นจำนวนมาก เช่น ปี พ.ศ.2511 มีมากถึง  $30 \times 10^6$  เมตริกตัน และปริมาณนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แอมโมเนียและไนเตรตในสภาพที่ละลายน้ำได้ จะถูกพืชนำไปใช้สังเคราะห์ กรดอะมิโนและโปรตีนเพื่อใช้สร้างเป็นโปรโตพลาสซึมของพืชต่อไป

## 2) การสร้างแอมโมเนีย (Ammonification)

กระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า ammonification ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนจากกรดอะมิโน หรือโปรตีนในซาก หรือในของเสียให้เป็นแอมโมเนีย การสลายนี้ผู้ย่อยสลายมีบทบาทสำคัญ กรดอะมิโนจะสลายให้แอมโมเนียและพลังงาน



แอมโมเนียส่วนหนึ่งจะละลายในน้ำ ส่วนหนึ่งละลายในดิน โดยแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) หรือแอมโมเนียอิออน ( $\text{NH}_4^+$ ) พืชจะดูดซึมไปใช้โดยตรงแล้วเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนและโปรตีน เพื่อใช้สร้างเป็นโปรโตพลาสซึมของพืชต่อไป หรือถ้าสัตว์กินพืช โปรตีนในพืชจะเปลี่ยนเป็นโปรตีนในสัตว์ เมื่อ

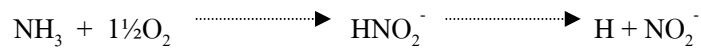
พืชและสัตว์ตายลงซากจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นแอมโมเนีย หรือในสัตว์เองนั้น เมตาบอลิซึมของโปรตีนจะให้ของเสียในรูปของยูเรียและของเสียพวกไนโตรเจนรูปอื่น ๆ เช่น กรดยูริก

### 3) การสร้างไนเตรต (Nitrification)

เป็นขบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรต์และไนเตรตตามลำดับ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

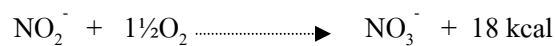
ก. การเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรต์

สิ่งขับถ่ายจากสัตว์ รวมทั้งซากของพืชและสัตว์ในสภาพของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) จะถูกไนไตรต์ โดยแบคทีเรีย เช่น nitrosomonas เปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ ( $\text{NO}_2^-$ )



ข. การเปลี่ยนไนไตรต์เป็นไนเตรต

ไนไตรต์เองจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรต โดยแบคทีเรีย เช่น nitrobacteria



### 4) การสร้างไนโตรเจน (Denitrification)

ไนเตรตนี้จะถูกพืชนำไปใช้ได้โดยตรงและในที่สุดจะถูกสร้างไปเป็นกรดอะมิโนและโปรตีนในพืชใหม่ นอกจากนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นไนโตรเจนในบรรยากาศได้ใหม่ โดยการกระทำของ denitrifying bacteria เช่น Pseudomonas, Thiobacillus โดยการกระทำของ Micrococcus denitrificans ซึ่งหายใจไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากในดินมีออกซิเจนจำกัด จึงทำให้แบคทีเรียต้องใช้ไนเตรตแทนที่ออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงจากไนไตรต์และไนเตรตไปเป็นแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศใหม่นี้เรียกว่า denitrification

จากวัฏจักรของไนโตรเจนนี้เห็นได้ว่า แก๊สไนโตรเจนจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปและนำไปใช้ในระบบนิเวศในสภาพของสารประกอบชนิดต่าง ๆ และในที่สุดจะกลับคืนมาเป็นแก๊สไนโตรเจนตามเดิม ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงจำเป็นต้องอาศัยแบคทีเรียและจุลินทรีย์หลายชนิด จึงจะทำให้เกิดสมดุลของการหมุนเวียนแร่ธาตุเหล่านี้ได้

ภาพที่ 2.40 วัฏจักรไนโตรเจน

### 3.7.4 วัฏจักรของน้ำ (Water Cycle)

เป็นการหมุนเวียนของน้ำในธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศ เมื่อไอน้ำเหล่านี้กระทบกับความเย็นจะควบแน่นกลายเป็นละอองน้ำรวมตัวกันเป็นเมฆ เมื่อเมฆมีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะตกลงมาเป็นฝนลงสู่พื้นดิน หมุนเวียนกันไปตลอดเวลา

น้ำที่ปรากฏในโลกจะอยู่ในสภาพและแหล่งต่าง ๆ กัน ทั้งน้ำจืดตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ในทวีป น้ำเค็มในมหาสมุทร น้ำในดิน น้ำในอากาศในรูปของไอน้ำ และน้ำแข็งที่ปกคลุมขั้วโลก น้ำเหล่านี้เมื่อรวมกันแล้วมีจำนวนถึง 1,500 ล้านลูกบาศก์กิโลเมตร ในจำนวนนี้มีวัฏจักรหมุนเวียนเป็นวัฏจักรโดยส่วนใหญ่เป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างผิวโลกและบรรยากาศโดยการระเหย (Evaporation) และการกลั่นตัวตกลงสู่ผิวโลก (Precipitation) ถ้าพิจารณาถึงความสมดุลแล้วแต่ละปีน้ำในมหาสมุทรจะเกิดการระเหยออกไปมากกว่าการกลั่นตัวกลับคืนมา ดังนั้นส่วนที่ขาดไปก็จะได้ทดแทนจากทวีปและเมื่อพิจารณาทั้งโลก ค่าเฉลี่ยการระเหยและการกลั่นตัวกลับคืนสู่ผิวโลกจะเท่ากัน ดังนี้

#### 1) การกลั่นตัวสู่บรรยากาศของน้ำโดยการระเหย

น้ำมีการระเหยกลับสู่บรรยากาศไม่ว่าจะเป็นการระเหยจากผิวดิน ผิวน้ำหรือผ่านต้นไม้เป็นต้นกลางซึ่งเรียกว่าการคายน้ำของพืช เมื่อโมเลกุลของน้ำได้รับความร้อนเพิ่มมากขึ้นไม่ว่าจะเพราะไฟหรือดวงอาทิตย์ก็ตาม โมเลกุลของน้ำจะมีการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้โมเลกุลของน้ำในบริเวณผิวสัมผัสกับบรรยากาศมีโอกาสหลุดลอยเข้าสู่บรรยากาศได้มากขึ้น น้ำที่ไหลเวียนกลับขึ้นสู่บรรยากาศนี้จะอยู่ในรูปของไอน้ำที่มองไม่เห็นและไหลเวียนในลักษณะห่อหุ้มโลก อาจอยู่ในรูปของเมฆ หมอก (air mass)

#### 2) การกลั่นตัวกลับลงสู่ผิวโลก

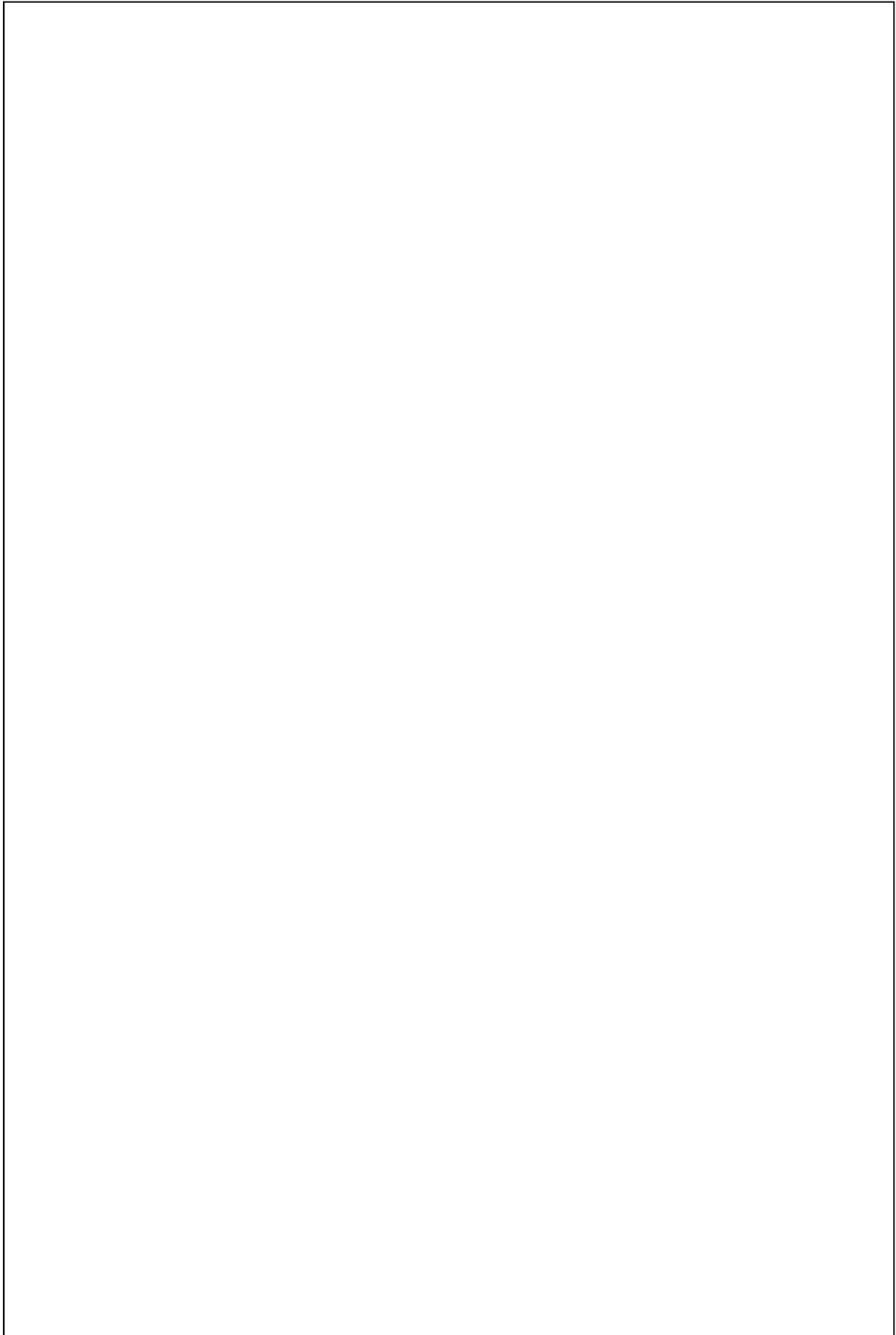
ก. เป็นการรวมตัวของละอองไอน้ำด้วยตัวเอง เรียกว่า Coalescence เนื่องจากภายในเมฆประกอบด้วยละอองน้ำที่มีขนาดแตกต่างกัน และมีการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างกันด้วย เมื่อไอน้ำเคลื่อนตัวมาปะทะกันจะเพิ่มขนาดและน้ำหนักจนกระทั่งถูกแรงดึงดูดของโลกดึงให้ตกลงสู่พื้นดินก็คือ ฝน (rain)

ข. เกิดจากเมฆที่มีความเย็นจัดจนกระทั่งละอองน้ำบางส่วนแปรสภาพเป็นเกล็ดน้ำแข็งลอยปะปนอยู่ เรียกว่า Ice crystal process เมื่อมีขนาดใหญ่พอแรงดึงดูดของโลกจะดึงให้ตกลงสู่พื้นดิน แต่ในขณะที่ตกลงน้ำแข็งผ่านอากาศลงมายังพื้นผิวโลก ความร้อนจากการเสียดสีกับอากาศ จะทำให้เกล็ดน้ำแข็งละลายกลายเป็นหยดน้ำหรือมีขนาดเล็กลง เช่น ลูกเห็บ (hail, sleet) นอกจากนี้ก็อาจจะเป็น น้ำค้าง (dew) หรือ น้ำค้างแข็งตัว (frost)



น้ำฝนที่ตกลงถึงพื้นดิน บางส่วนก็จะซึมลงดินด้วยแรงดึงดูดของเม็ดดิน เรียกว่า การซึมลงสู่พื้นดิน (infiltration) โดยที่บางส่วนอาจจะซึมต่อไป (percolation) ถึงระดับน้ำใต้ดิน เป็นน้ำบาดาล (ground water) น้ำใต้ดินมีหลายระดับชั้นจะค่อย ๆ ไหลตามความลาดเทของชั้นดิน ไปสู่ที่ต่ำ อาจเป็นแหล่งขังน้ำใต้ดินอยู่หรืออาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธาร ที่อยู่ในระดับชั้นจะค่อย ๆ ไหลตามความลาดเทของชั้นดิน ไปสู่ที่ต่ำ อาจเป็นแหล่งขังน้ำใต้ดินอยู่หรืออาจไหลออกสู่แม่น้ำ ลำธารที่อยู่ในระดับต่ำกว่าหรือออกสู่ทะเลโดยตรง แต่หากบางส่วนที่ซึมลงดินแล้วเกิดมีชั้นดินแน่น ที่ขวางอยู่น้ำ ในส่วนนี้จะไหลตามลาดเทใต้ผิวดิน และขนานไปกับชั้นดินแน่นที่ดังกล่าว เรียกว่า interflow และสำหรับบางส่วนอาจจะไหลใต้ผิวดิน (subsurface flow) ซึ่งอาจจะไหลออกสู่ผิวดินอีก ก็ได้ น้ำซบที่ค่อย ๆ ไหลซึมลงสู่ดินตามชั้นตอนต่าง ๆ นั้นอาจจะถูกรากพืชดูดเอาไปใช้ในการ เจริญเติบโตแล้วคายออกทางใบที่เรียกว่า การคายน้ำ (transpiration) ซึ่งจะเป็นจำนวนมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับพืช ส่วนน้ำฝนที่เหลือจากการซึมลงดิน เมื่ออัตราการตกของฝนมีค่าสูงกว่า อัตราการซึม ลงดินก็จะเกิดการนองอยู่ตามพื้นดิน จากนั้นก็จะรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำเรียกว่า overland flow บางส่วนอาจไปรวมตัวอยู่ในที่ลุ่มบริเวณเล็กๆ เรียกว่า surface storage แต่ส่วนใหญ่จะรวมตัวกันมี ปริมาณมากขึ้น มีแรงเซาะดินให้เป็นร่องน้ำลำธารและแม่น้ำตามลำดับ น้ำที่ไหลอยู่ในแม่น้ำลำธาร เรียกว่า น้ำท่าวม (surface runoff) น้ำท่าวมนี้จะไหลออกสู่ทะเลมหาสมุทรไปในที่สุด

สำหรับฝนในประเทศไทยเกิดจากการพัดพาเอาไอน้ำปริมาณมาจากท้องทะเลและ มหาสมุทรเข้ามาตามร่องของลมมรสุมที่พัดผ่านแผ่นดินใหญ่ เมื่อไอน้ำมาพบกับความเย็นของ อากาศเหนือแผ่นดินกับฝุ่นละอองที่ปะปนในอากาศแล้วทำให้เกิดฝนที่มีขนาดเม็ดฝนตั้งแต่ 0.02 นิ้ว ขึ้นไปและมีขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 0.25 นิ้ว

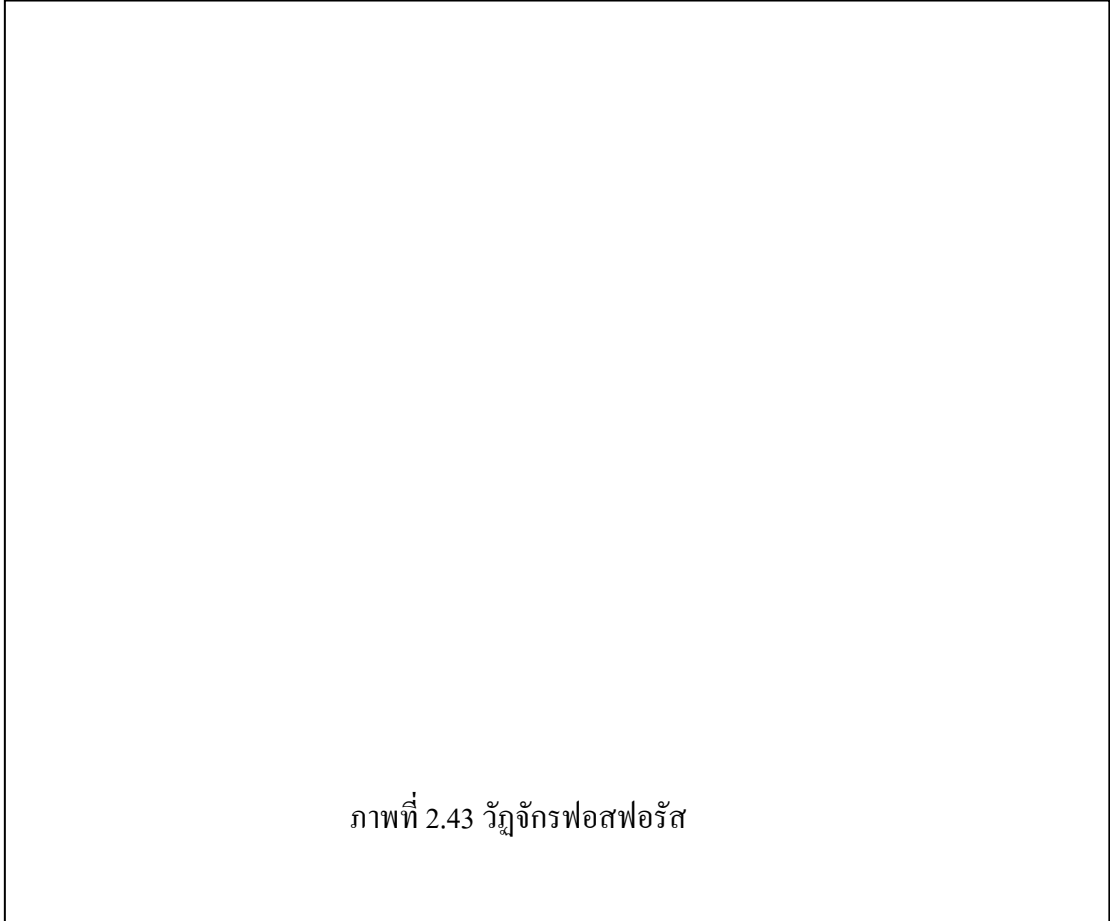


### 3.7.5 วัฏจักรกำมะถัน (Sulphur Cycle)

กำมะถันเป็นธาตุที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน กำมะถันในธรรมชาติอยู่ในสภาพของแร่ธาตุและสารประกอบ เช่น  $H_2S$  ,  $SO_2$  ,  $SO_4$  เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงสารประกอบอินทรีย์ในพืชและสัตว์ถูกย่อยสลายเป็น  $H_2S$  สามารถเปลี่ยนเป็น  $SO_4$  ได้โดยแบคทีเรียพวกใช้แสงและสังเคราะห์เคมี ซึ่ง  $SO_4$  จะถูกพืชนำไปใช้ได้โดยตรง ในสิ่งมีชีวิตที่ตายลงกำมะถันบางส่วนถูกสะสมและทับถมในถ่านหิน น้ำมันและปิโตรเลียมเป็นเวลานาน เมื่อมีการนำออกมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้จะได้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) ออกมา เมื่อแก๊สนี้อยู่ในบรรยากาศจะรวมตัวกับน้ำฝนและตกลงมาเป็นฝนของกรดกำมะถัน ( $H_2SO_4$ ) ซึ่งกัดกร่อนสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ และเป็นอันตรายต่อการหายใจ แต่ส่วนหนึ่ง  $SO_2$  ที่ละลายในน้ำฝนจะสามารถเปลี่ยนเป็น  $SO_4$  ได้ส่วนหนึ่ง



### 3.7.6 วัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus Cycle)



ภาพที่ 2.43 วัฏจักรฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหินฟอสเฟตหรือแร่ฟอสเฟต เมื่อถูกกัดกร่อนโดยน้ำ การชะล้างโดยฝน และกระแสน้ำ จะอยู่รูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ และจะถูกถ่ายทอดไปในระบบนิเวศตามห่วงโซ่อาหาร เมื่อพืชตายลงก็จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียที่เรียกว่า Phosphatizing Bacteria ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ส่วนนี้นอกจากพืชนำไปใช้โดยตรงแล้ว ยังถูกกระบวนการชะล้างพัดพาลงสู่ทะเล อาจจะตกตะกอนรวมเป็นหินฟอสเฟตในทะเลซึ่งถ้าเป็นหินฟอสเฟตจะละลายน้ำยากซึ่งมีสูตร  $Ca_3(PO_4)_2$  นอกจากนี้ฟอสเฟตอาจจะถูกตรึงอยู่ในสภาพที่นำมาใช้ไม่ได้ เช่น อยู่ในกระดุก หรือในหินขี้นกทะเล (guano deposits) จนกว่าคนจะนำมาใช้ ดังนั้นฟอสเฟตจึงมักจะถูกตรึงอยู่ในทะเลในสภาพของหินฟอสเฟต แหล่งทดแทนฟอสเฟตธรรมชาติบนพื้นดิน คือ มูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งนำมาใช้เป็นปุ๋ยธรรมชาติ แต่ในบางแห่งมูลสัตว์อาจถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น มูลวัว ควาย ถูกนำไปตากแห้ง และเผาเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเป็นการสูญเสียฟอสเฟตธรรมชาติไป แหล่งสะสมของฟอสเฟตที่ใหญ่ที่สุดของโลกอยู่ในสภาพของหินฟอสเฟตที่มีสารประกอบของ ferric phosphate และ calcium phosphate สารประกอบทั้ง 2 ชนิดจะละลายได้น้อย

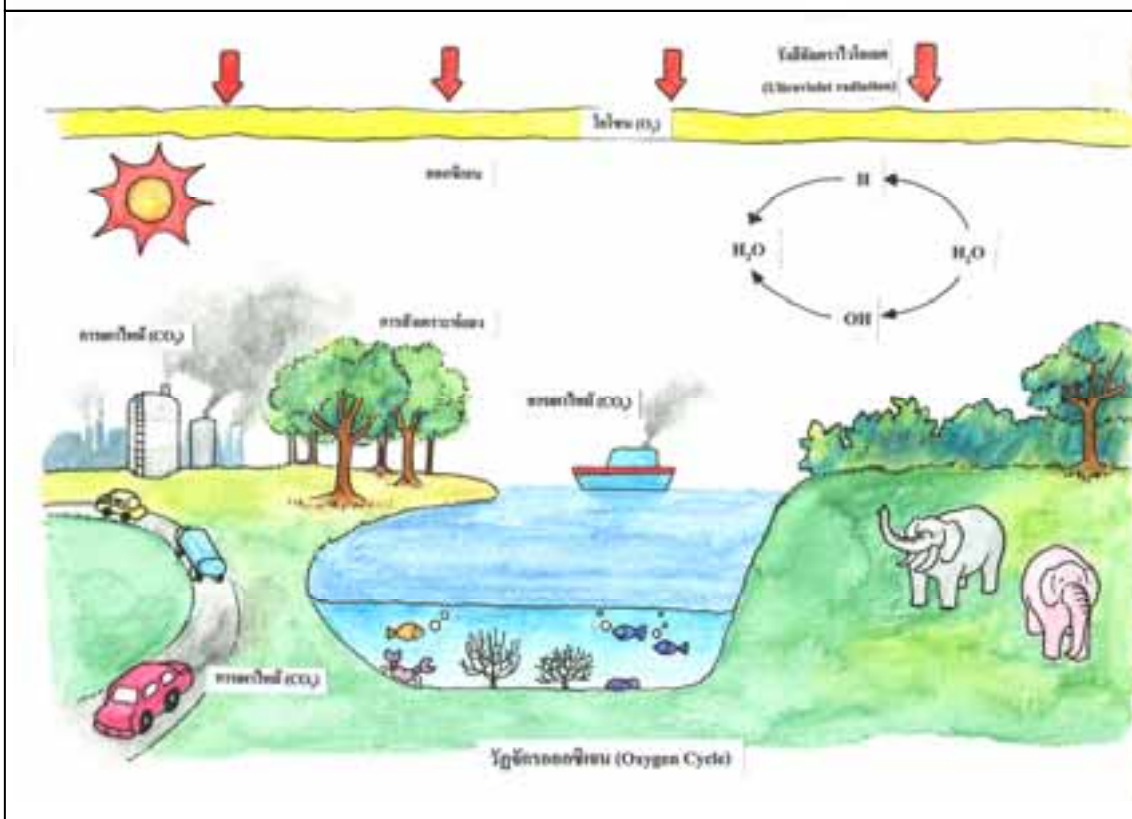
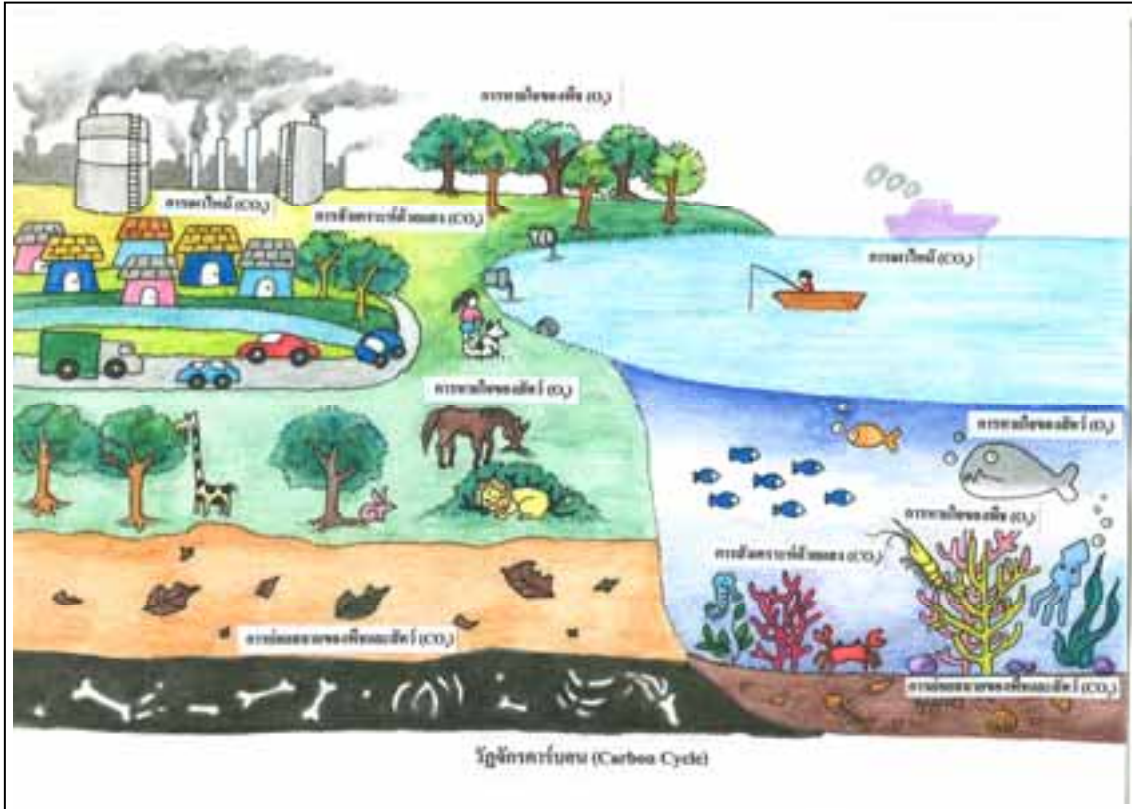
มาก จึงมีการหมุนเวียนนำมาใช้ในวัฏจักรซ้ำมาก และในการละลายออกมาใช้นั้นมักจะเกิดโดยปฏิกิริยาของกรดไนตริกเจือจางที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการ nitrification หินฟอสเฟตนี้จึงต้องมีการขุดและนำไปปลูกลงแยกส่วนประกอบเพื่อเอาไปใช้ในระบบนิเวศต่างๆ

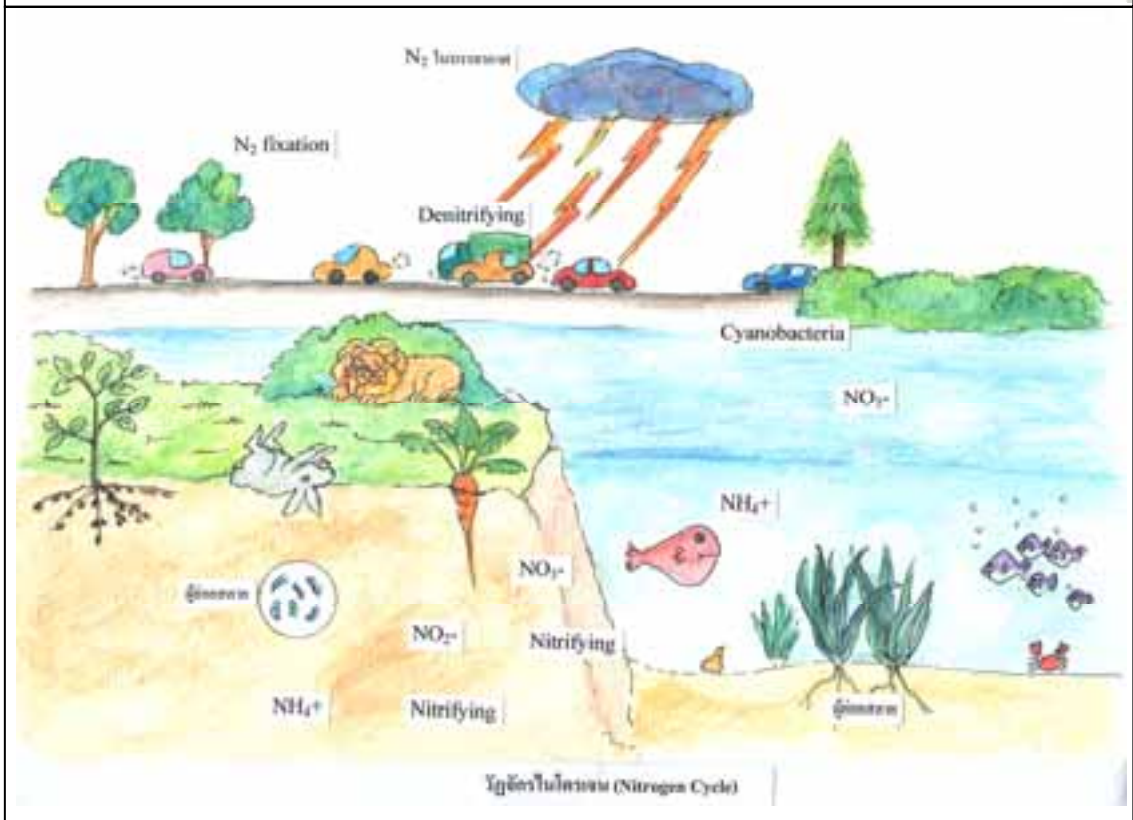
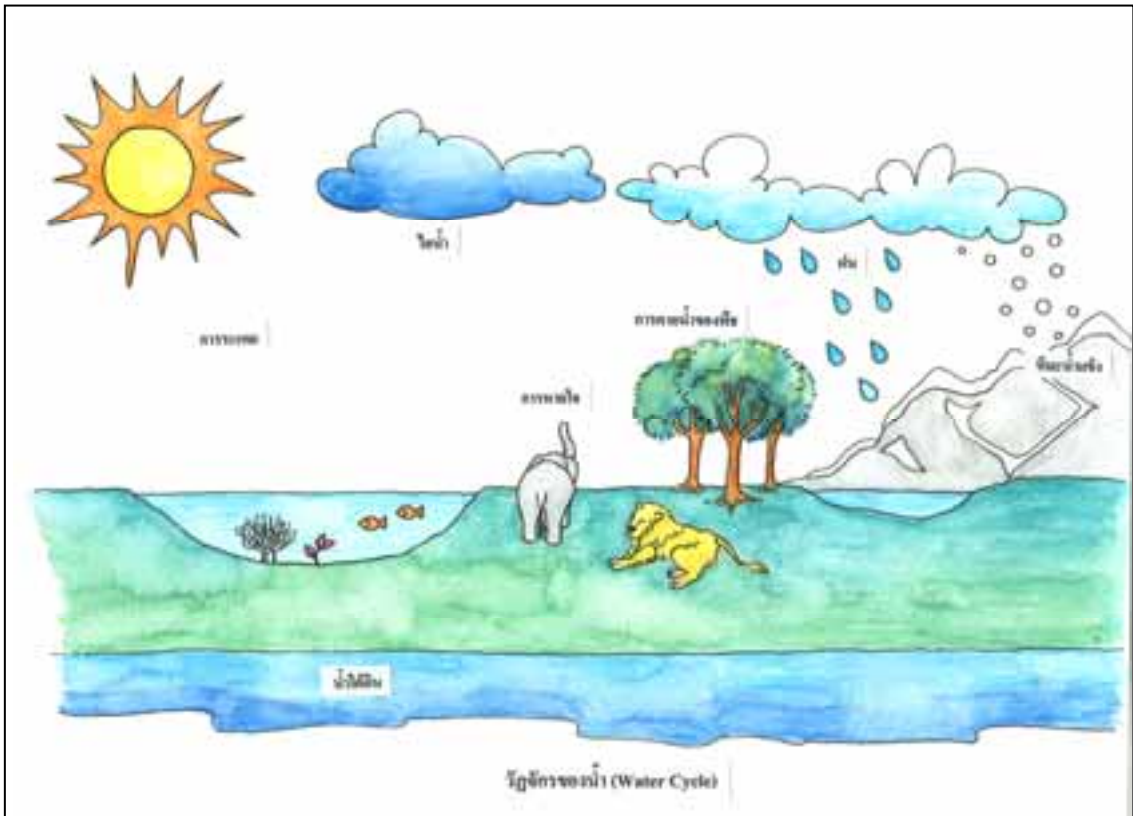
การหมุนเวียนฟอสฟอรัสในภาคพื้นดิน เป็นการหมุนเวียนแบบปิดโอกาสที่ฟอสฟอรัสจะสูญเสียน้อยมาก การรักษาฟอสฟอรัสจึงมีความสำคัญมากต่อสิ่งมีชีวิต เพราะปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่อนข้างจำกัด การอนุรักษ์ฟอสฟอรัส คือการทำให้เกิดการหมุนเวียนตามธรรมชาติ โดยสิ่งมีชีวิตคือพืชและสัตว์ บางส่วนของฟอสฟอรัสจะถูกชะล้างด้วยน้ำฝนหรือจากแม่น้ำลำคลองสู่ทะเลสาบ ทะเลหรือมหาสมุทร โดยส่วนหนึ่งจะทับถมอยู่แถบชายฝั่ง และอีกส่วนหนึ่งจะจมลงสู่ก้นทะเล นั่นคือ ฟอสฟอรัสมิ่แนวโน้มสูญหายไปจากวัฏจักร นกทะเลมีบทบาทสำคัญในการนำฟอสฟอรัสกลับคืนสู่วัฏจักร เพราะนกกินปลาทะเล ฟอสฟอรัสจึงสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารตามลำดับผู้บริโภคได้อีกครั้งหนึ่ง

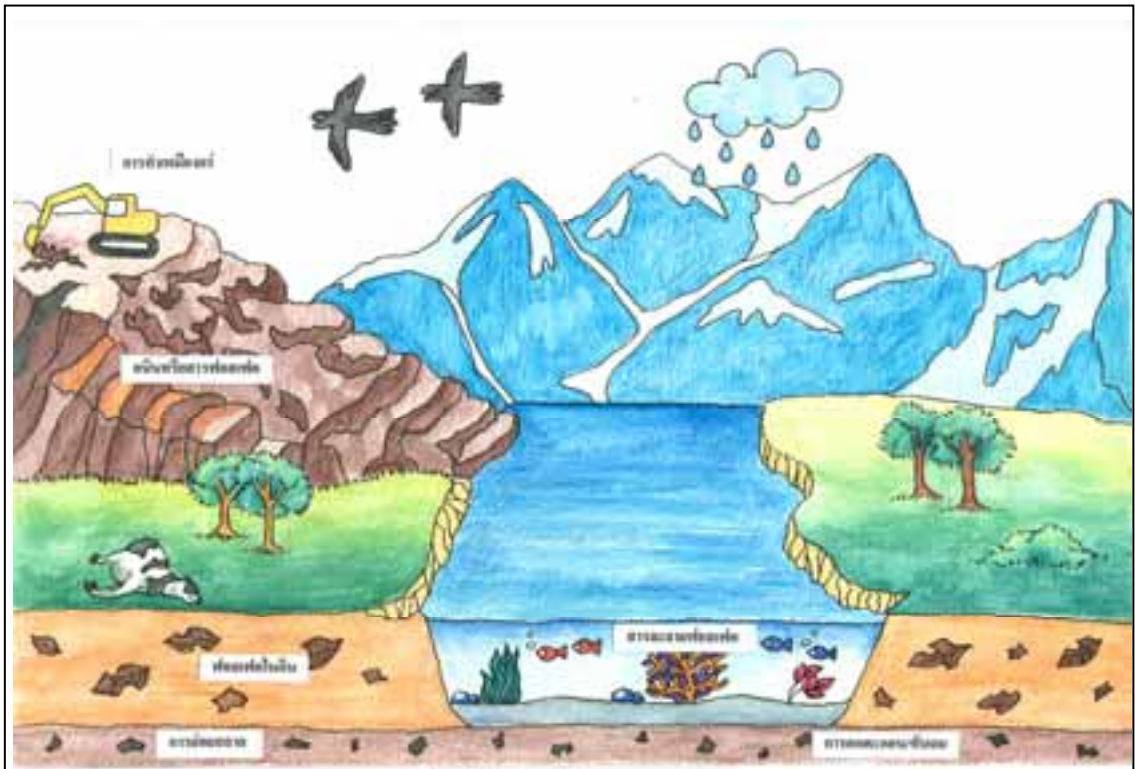
แต่ในปัจจุบันแหล่งฟอสฟอรัสที่สำคัญอีกแหล่ง คือ ผงซักฟอกที่ใช้ตามบ้านเรือนและเมื่อถูกปล่อยลงที่ระบายน้ำเสีย ก็จะไหลมารวมกันในแม่น้ำ ลำธาร คลอง ทะเลสาบ และปากแม่น้ำ ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่า แม่น้ำหรือคูคลองที่มีฟอสเฟตจากผงซักฟอกปะปนมากนั้นผิวน้ำจะเป็นฟอง และฟองจะเป็นตัวกีดกั้นการแลกเปลี่ยนออกซิเจนของผิวน้ำและบรรยากาศ นอกจากนี้การมีฟอสเฟตสะสมอยู่ในน้ำมาก ๆ จะทำให้สาหร่ายเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุอาหารของสาหร่ายและอาจเป็นเหตุให้เกิดน้ำเสียตามมาได้ ที่เรียกว่า ภาวะสารอาหารในน้ำมากเกินไป (eutrophication)

# แบบฝึกหัด

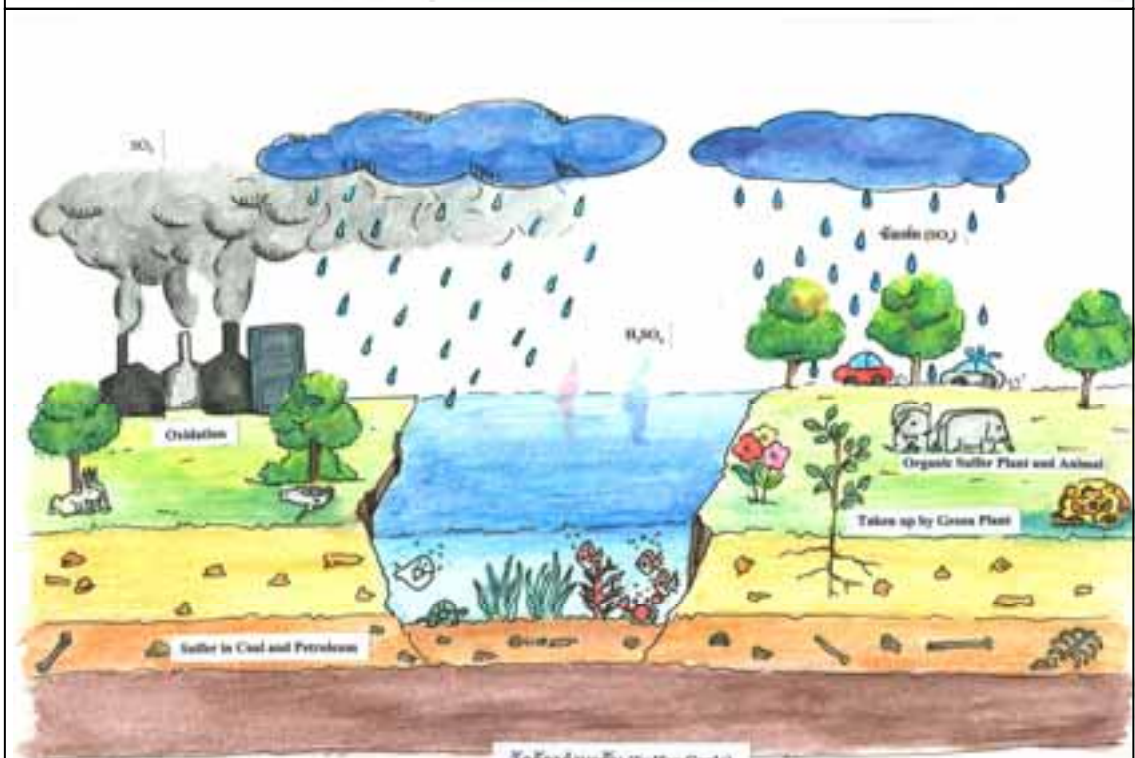
คำสั่ง ให้นักศึกษาเขียนลูกศรแสดงการหมุนเวียนของวัฏจักรของสารแต่ละชนิด







វិវត្តន៍រង្វាស់បូ (Phosphorus Cycle)



វិវត្តន៍រង្វាស់បូរ (Sulfur Cycle)



### 3.8 การปรับตัว (Adaptation)

หมายถึง กระบวนการที่สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับลักษณะบางประการให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ ซึ่งลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวจะอำนวยความสะดวกแก่ชีวิตในแง่ของการอยู่รอดและสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตมีหลายประการ ได้แก่ การแสวงหาอาหาร การสืบพันธุ์ การต่อสู้กับศัตรู และการหลบหลีกศัตรูหรือสิ่งแวดล้อม

#### 3.8.1 สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวด้วยสาเหตุ ดังนี้

การปรับตัวทางพันธุกรรมเป็นผลที่เกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้จึงจะอยู่รอด การปรับตัวนั้นเกิดได้ทั้งในแง่รูปร่าง สรีรวิทยาหรือพฤติกรรม หากการปรับตัวนั้นเหมาะสมและสามารถถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรมแล้ว ทำให้เกิดวิวัฒนาการทั้งสิ้น การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตเป็นผลของการคัดเลือกตามธรรมชาติลักษณะที่ปรากฏจะอำนวยความสะดวกแก่สิ่งมีชีวิตในแง่ของการอยู่รอดและสามารถสืบพันธุ์ได้ ลักษณะดังกล่าวที่คงไว้ในสิ่งมีชีวิตนี้ถูกควบคุมโดยหน่วยพันธุกรรม สิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวได้จะสามารถดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ต่อไปได้ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจะมีการเปลี่ยนแปลงร่างกายให้มีความคล้ายคลึงกับธรรมชาติที่อาศัยอยู่ ทั้งนี้เพื่ออำพรางศัตรูที่จะเข้ามาทำร้ายและอำพรางเหยื่อที่หลงเข้าไปใกล้ตัว ซึ่งเหยื่อของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะแตกต่างกันเพื่อความสะดวกในการบริโภคและตามลักษณะปาก เช่น แมลงบางชนิด เป็นต้น

#### 3.8.2 ประเภทการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

##### 1) การปรับตัวแบบชั่วคราว

การปรับตัวแบบชั่วคราว เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะชั่วคราวและเกิดในระยะสั้น สามารถเปลี่ยนกลับมาเหมือนเดิมได้ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

##### ก. การปรับตัวแบบชั่วคราวของพืช

การปรับตัวชั่วคราวของพืช ได้แก่ การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เช่น แสง ความชื้น สารอาหารในดิน ตัวอย่างการทดลอง ผักบุ้งที่อยู่ในกล่องกระดาษเจาะรูให้แสงส่องได้ ลำต้นหรือกิ่งก้านของพืชจะเลื้อยเบนออกไปจนลำต้นสูงชะลูดและโค้งงอ เพื่อให้ได้รับแสงและอากาศเต็มที่ ส่วนผักบุ้งที่ปลูกไว้กลางแจ้งจะเจริญออกทางด้านข้างด้วย จึงเป็นพุ่มสวยไม่สูงชะลูด



เปรียบเทียบผักบุ้งที่อยู่นอกกล่องและในกล่องกระดาษ

ที่มา : [web1.dara.ac.th](http://web1.dara.ac.th)

ภาพที่ 2.44 การปรับตัวชั่วคราวของพืช

### ข. การปรับตัวแบบชั่วคราวของสัตว์

การปรับตัวแบบชั่วคราวของสัตว์ เป็นการปรับตัวตามสภาพแวดล้อม โดยมีการเปลี่ยนแปลงได้หลายลักษณะ เช่น



กิ้งก่าเปลี่ยนสี

ที่มา : [www.bloggang.com](http://www.bloggang.com)



นกอพยพหนีอากาศหนาว

ที่มา : [school.obec.go.th](http://school.obec.go.th)

ภาพที่ 2.45 การปรับตัวชั่วคราวของสัตว์

- การจำศีลหลับหรือเก็บตัวอยู่นิ่งในที่อยู่ ตลอดฤดูหนาวที่ขาดแคลนอาหาร
- การเปลี่ยนสีตามสิ่งแวดล้อม เช่น กิ้งก่า จิ้งจก เขียด ตั๊กแตน แมลงต่าง ๆ
- การอพยพของนก เพื่อหนีอากาศหนาวเย็น

## 2) การปรับตัวแบบถาวร

การปรับตัวแบบถาวรเป็นการปรับตัวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในที่มองไม่เห็น โดยมีการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมจากบรรพบุรุษไปยังลูกหลาน ทำให้สิ่งมีชีวิตปรับตัวอยู่รอดได้และดำรงเผ่าพันธุ์ได้ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

ก. การปรับตัวแบบถาวรของพืช เป็นการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น

- กระบองเพชร มีการปรับตัวโดยเปลี่ยนใบเป็นหนามเพื่อลดการคายน้ำ และมีลักษณะลำต้นอวบน้ำ เพื่อทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำ

- ผักตบชวา มีลำต้นพองเป็นท่อน ช่วยให้ลำต้นลอยน้ำได้

- ผักกระเฉด มีนวมสีเขียวหุ้มลำต้น ช่วยให้ลำต้นลอยน้ำได้

- สาหร่ายหางกระรอก มีใบเรียวยาวเล็กและลำต้นเรียวยาว ช่วยลดแรงต้านทานของกระแสน้ำ



กระบองเพชรและผักตบชวา

ที่มา : [web1.dara.ac.th](http://web1.dara.ac.th)



สาหร่ายหางกระรอก

ที่มา : [www.fisheries.go.th](http://www.fisheries.go.th)



ผักกระเฉด

ที่มา : [www.greenworld.or.th](http://www.greenworld.or.th)

ภาพที่ 2.46 การปรับตัวแบบถาวรของพืช

## ข. การปรับตัวถาวรของสัตว์

สัตว์บางชนิดมีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่ออำพรางศัตรู เพื่อหาอาหาร และเพื่อการสืบพันธุ์ โดยมีการปรับตัวในด้านต่าง ๆ คือ

### - การปรับตัวด้านรูปร่างลักษณะ (Morphological adaptation)

เป็นการปรับหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง โครงสร้าง หรือสีของร่างกายของสิ่งมีชีวิตให้คล้ายคลึงหรือเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ ได้แก่ ลำตัว ขา ปาก เช่น



การปรับตัวรูปร่างลักษณะลำตัว เช่น การปรับตัวของต๊กแตนทั้ง

3 ชนิด ซึ่งมีดังนี้

- ต๊กแตนกิ่งไม้ มีลำตัวสีน้ำตาลและขาขาวแก้งก้าง เมื่อเกาะอยู่กับที่นิ่ง ๆ

จะมีลักษณะคล้ายกิ่งไม้

- ต๊กแตนใบไม้ มีลำตัวสีเขียวหรือสีน้ำตาล เมื่อเกาะอยู่กับที่นิ่ง ๆ

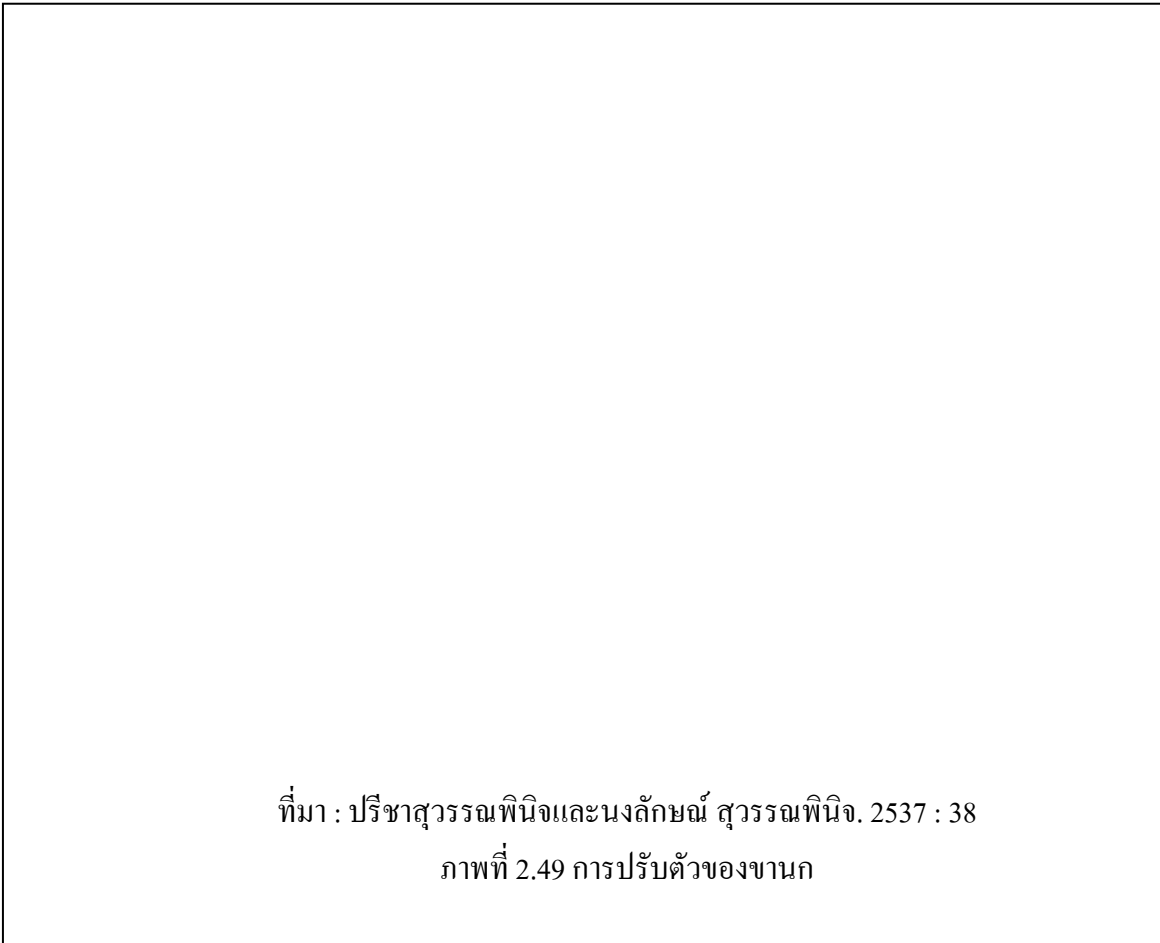
ปีกจะประกบกัน ทำให้มองดูคล้ายใบไม้

- ต๊กแตนตำข้าว มีลำตัวสีเขียว ขาคู่หน้ามีขนาดใหญ่ และปลายขาจะมี  
อวัยวะสำหรับจับเหยื่อเมื่อเกาะอยู่กับที่นิ่ง ๆ ปีกจะซ้อนกันคลุมลำตัว มองดูคล้ายใบไม้

### การปรับตัวรูปร่างของลักษณะขา เช่น



- แมลงกระชอน มีขาหน้าใหญ่ แข็งแรงไว้สำหรับขุดดิน
- กระต่าย มีขาลังยาว เพื่อกระโดดได้ไกล



- นกนางนวล มีขาสั้นสำหรับเกาะกิ่งไม้ นกหัวขวานมีขาสำหรับไต่บนต้นไม้ นกเหยี่ยวมีขาสำหรับจับเหยื่อ นกเป็ดน้ำ มีขาสั้นสำหรับว่ายน้ำ นกกระจอกเทศ มีขาสำหรับวิ่ง นกท้องขาวหลังดำ มีขาสำหรับย่ำโคลน

การปรับตัวรูปร่างลักษณะปาก เช่น แมลงต่าง ๆ

ปากของแมลงมีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการของแมลง และยังเป็นตัวบ่งบอกชนิดของแมลงได้อีกด้วย โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือปากแบบกัดกินและปากแบบดูด แมลงที่มีวิวัฒนาการต่ำจะมีปากแบบกัดกิน แมลงที่มีวิวัฒนาการสูงจะมีปากแบบดูดกิน ปากของแมลงแบ่งตามลักษณะการกินอาหาร ได้แก่



ปากแบบกัดกิน (chewing type)  
ได้แก่ ปากของตั๊กแตน แมลงสาบ



ปากแบบเจาะดูด (piercing-sucking type)  
ได้แก่ ปากของยุง มวน เพลี้ยอ่อน หมัด



ปากแบบเขี่ยดูด (rasping-sucking type)  
ได้แก่ ปากของเพลี้ยไฟ



ปากแบบกัด-เลีย (chewing-lapping type)  
ได้แก่ ปากของผึ้ง แมลงภู่



ปากแบบกัด-ซับดูด (cutting - sponging type)  
ได้แก่ ปากของเห็บ



ปากแบบซับดูด (sponging type)  
ได้แก่ ปากของแมลงวัน



ปากแบบดูดกิน (siphoning type)  
ได้แก่ ปากของผีเสื้อ

ที่มา : [pmc04.doae.go.th](http://pmc04.doae.go.th)  
ภาพที่ 2.50 การปรับตัวของปากแมลง

การปรับตัวรูปร่างลักษณะปากนก แบ่งตามลักษณะการกินอาหาร ได้แก่

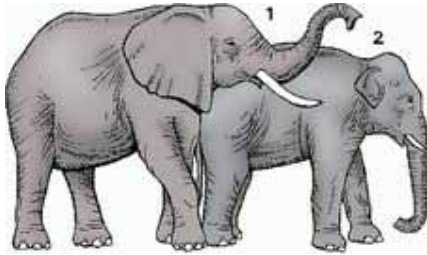
- นกกินเนื้อสัตว์ จะมีปากแหลมคม สำหรับใช้ในการจิกและกัดเนื้อสัตว์
- นกกินผลไม้ จะมีปากแข็งแรงและหนา สำหรับใช้ในการเจาะผลไม้
- นกกินหนองน้ำ จะมีปากแหลมและยาว สำหรับใช้ในการจับสัตว์น้ำ
- นกกินแมลง จะมีปากเล็กและแข็งแรง สำหรับใช้ในการจับแมลง

ที่มา : วิชาสุวรรณพิณิจและนงลักษณ์ สุวรรณพิณิจ. 2537 : 40

ภาพที่ 2.51 การปรับตัวของปากนก

## - การปรับตัวทางสรีระวิทยา (Physiological adaptation)

เป็นการปรับหน้าที่หรือกลไกการทำงานของอวัยวะภายในร่างกายให้เหมาะสม เช่น



ช้างไทยและช้างแอฟริกา

ที่มา : [www.bloggang.com](http://www.bloggang.com)



ต่อมนาสิกของนกทะเล

ที่มา : [www.geocities.com](http://www.geocities.com)



ต่อมเหงื่อ

ที่มา : [www.thaigoodview.com](http://www.thaigoodview.com)

ภาพที่ 2.52 การปรับตัวทางสรีระวิทยา

- การควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายของคน เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงมาก ต่อมเหงื่อจะขับเหงื่อระบายความร้อน เป็นการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่

- คนที่อาศัยอยู่ระดับสูง เช่น บนเขาซึ่งมีความหนาแน่นของออกซิเจนในบรรยากาศ ต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเล ร่างกายจะต้องปรับตัวทางสรีระวิทยาโดยการสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น

- สัตว์จำพวกปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มหรือนกทะเล มีการควบคุมความเข้มข้นของสารในร่างกายให้อยู่ในระดับปกติ โดยการกำจัดเกลือและแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกายทางต่อมนาสิก (Nasal gland)

- ขนของสุนัข ในเขตร้อนขนสั้นและเกรียน ในเขตหนาวขนยาว

- สัตว์ในเขตร้อนมีพื้นที่ผิวร่างกายมากกว่า เพื่อระบายความร้อน เช่น ช้างแอฟริกามีหูใหญ่กว่าช้างเอเชีย



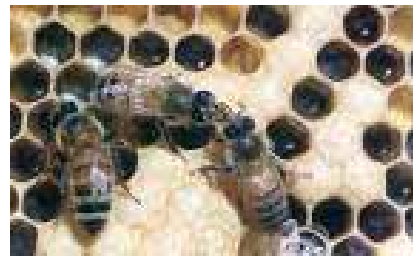
- การปรับตัวทางพฤติกรรม (Behavioral adaptation)

เป็นการปรับอุปนิสัยหรือกิจกรรมในการดำเนินชีวิตให้เหมาะสมกับ  
ฤดูกาล ชนิดของอาหาร การผสมพันธุ์ หรือเพื่อให้ปลอดภัย เช่น



ปลากัด

ที่มา : [www.vet.ku.ac.th](http://www.vet.ku.ac.th)



รังผึ้ง

ที่มา : [www.school.net.th](http://www.school.net.th)

ภาพที่ 2.53 การปรับตัวทางพฤติกรรม

- สัตว์ในทะเลทราย ออกหากินในเวลากลางคืนเพื่อหลบหลีกเลี่ยงความร้อนระอุ  
ในเวลากลางวัน
- ผึ้ง ถ้าอุณหภูมิในรังสูงเกินไป ผึ้งงานจะนำน้ำมาไว้ในรังและช่วยกัน  
กระพือปีก เพื่อให้ไอน้ำระเหยจากรัง ทำให้อุณหภูมิของรังลดลง
- ปลากัด ตัวผู้ว่ายกรีดกรายรอบ ๆ ตัวเมียพร้อมกับพองครีบทที่สวยงาม  
เพื่อผสมพันธุ์
- กบ อึ่งอ่าง คางคก ส่งเสียงร้องเวลาฝนตกเพื่อเรียกตัวเมีย

## แบบฝึกหัด

1. จากหลักฐานทางธรณีวิทยาและโบราณวิทยา ทำให้นักวิทยาศาสตร์ตั้งข้อสันนิษฐานว่า ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ไปเนื่องจากการที่ไม่สามารถปรับตัวในการดำรงชีวิตให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและภัยธรรมชาติ จึงมีผลให้ไดโนเสาร์ปรับตัวไม่ทันจึงสูญพันธุ์ไป

ลักษณะของไดโนเสาร์อะไรบ้างที่นักศึกษาคิดว่าไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิต

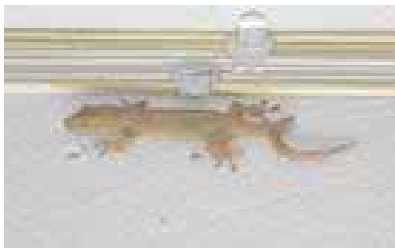
.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายการปรับตัวของจิ้งจก ที่อาศัยอยู่ในบ้านไม้และบ้านปูน



.....

.....

.....

3. การปรับตัวของผีเสื้อกลางคืน จะเกาะตามเปลือกไม้สีขาวจึงมีสีจางตามเปลือกไม้ แต่เมื่อมีการปล่องควันและเขม่าต่างๆจากโรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณนั้น ทำให้เปลือกไม้มีสีดำ นักศึกษาคิดว่าผีเสื้อมีการปรับตัวอย่างไร และเป็นการปรับตัวแบบใด



.....

.....

4. ปลาโลมา มีการปรับตัวรูปร่างลักษณะอย่างไรที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต และเป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

5. ปลาแซลมอน มีพฤติกรรมการอพยพย้ายถิ่น เป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

6. กิ้งกือ เป็นสัตว์ที่หุคดหนึ่ง ทำคล้ายตายเมื่อมีศัตรู เป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

7. ต้นตำลึง มีการเปลี่ยนใบหรือกิ่งเป็นมือเกาะยึด เพื่อพยุงลำต้นให้ขึ้นสูงและรับแสง เป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

8. ชะมดเข็ดปล่อยกลืนเพื่อเรียกเพศตรงข้าม เป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

9. นกยูงตัวผู้รำแพนหางสวยงาม เพื่อเกี่ยวพาราสิต์ตัวเมีย เป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

10. ปูก้ามดาบ มีก้ามใหญ่หนึ่งข้าง สำหรับหาและกวาดอาหารเข้าปาก เป็นการปรับตัวแบบชั่วคราวหรือถาวร เพราะเหตุใด



.....  
.....

### 3.9 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ (Ecological succession)

หมายถึง “การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ ทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ” สังคมของสิ่งมีชีวิตทุกแห่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น ทุ่งนาร้าง หรือไร่ร้าง จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นทุ่งหญ้าและเป็นพืชไม้พุ่มในเวลาต่อมา จนในที่สุดอาจถึงขั้นเป็นป่าได้ ถ้าปล่อยให้มีการพัฒนาและทดแทนในสังคมตามธรรมชาติโดยที่คนไม่เข้าไปเกี่ยวข้อง กล่าวได้ว่าการทดแทนเกิดขึ้นจากหน่วยย่อยเล็ก ๆ ประกอบขึ้นเป็นการทดแทนขนาดใหญ่ (A mosaic of mini successions)

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของชนิดของสิ่งมีชีวิตอย่างเป็นขั้นตอน และค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงเป็นระยะ ๆ จนในที่สุดได้เป็นสังคมที่ต่างจากเดิม คือ “ecological succession” ซึ่งในขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง จะเรียกว่า **ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ (serial stage)** และทุก ๆ ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่รวมเรียกว่า **เซียร์ (sere)** และขั้นตอนของสิ่งมีชีวิตที่เด่นแต่ละขั้น เรียกว่า **ระยะซีรัล (Seral stage)** การเปลี่ยนแปลงทางนิเวศเป็นไปตามปกติอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่ **ระยะขั้นชุมชนบุกเบิก (Pioneer)** จนถึง **ระยะชุมชนสุดท้ายหรือสุดยอด (Climax)** เป็นระยะสุดท้าย ซึ่งระยะสุดท้ายนี้จะสมดุลยาวนานที่สุด เช่น ป่าไม้แต่อาจถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงได้อีกตามสภาพแวดล้อม

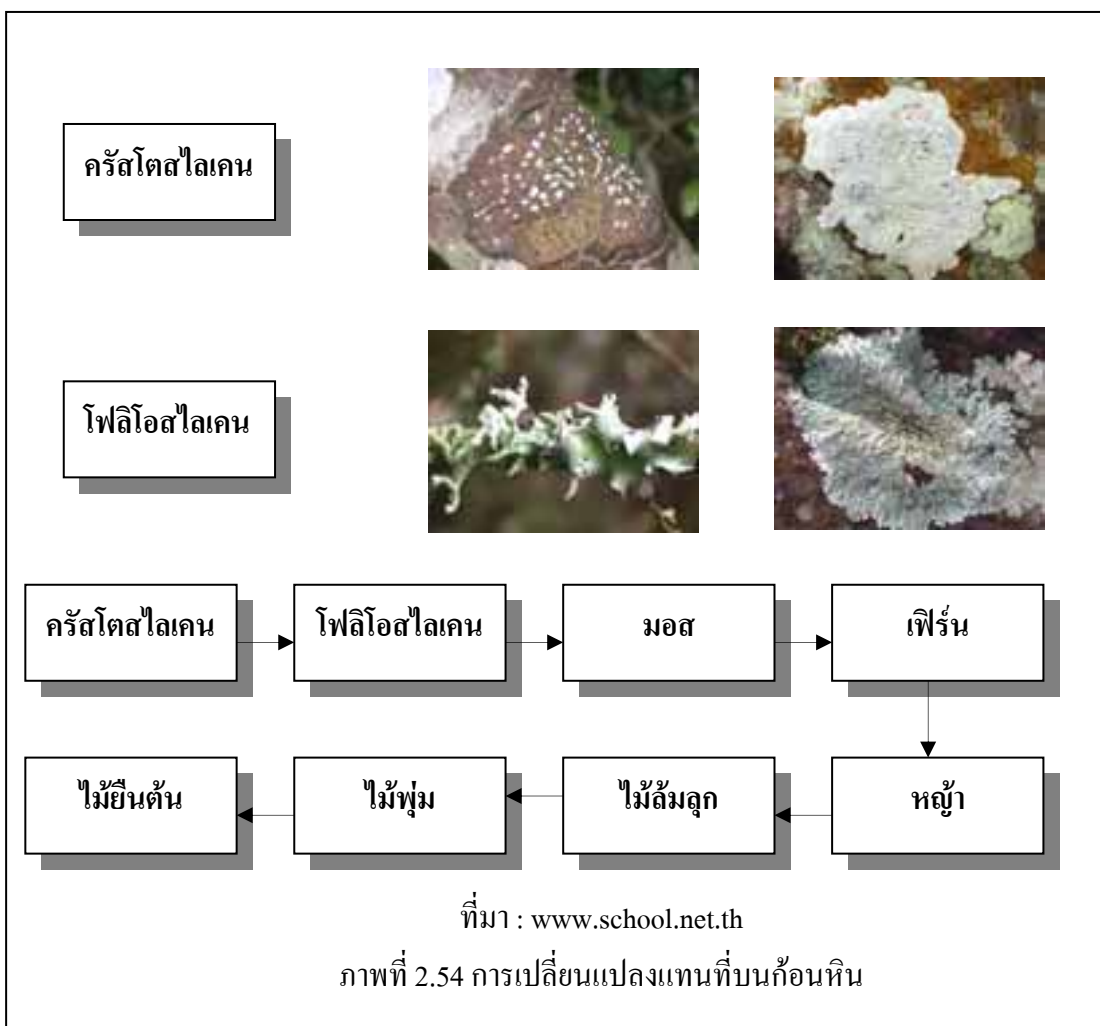
สิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่นี้ก็คือ สิ่งมีชีวิตในสังคมนั้นเอง โดยสิ่งมีชีวิตในสังคมจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่อาศัยโดยการมีกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิต เช่น ขบวนการเมตาบอลิซึม การเจริญเติบโต การผลิตลูกหลาน และการตาย สิ่งเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้สภาวะแวดล้อมเปลี่ยนไปจากเดิม จนในที่สุดชนิดที่เคยอยู่อาศัยได้อย่างเหมาะสมจะทนอยู่ไม่ได้ และตายไป ชนิดอื่นที่มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมใหม่จึงเจริญเข้ามา

#### 3.9.1 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในสังคมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นปฐมภูมิ (primary succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นในเนื้อที่ซึ่งไม่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยมาก่อน โดยเฉพาะพวกพืช เช่น เกาะที่เกิดขึ้นใหม่ บริเวณที่มีการพังทลายหรือสึกกร่อนของพื้นดินใหม่ ๆ หรือในที่อยู่อาศัยที่ยังไม่มีการครอบครองของสิ่งมีชีวิตมาก่อน สิ่งมีชีวิตใดก็ตามที่ไปอยู่เป็นชนิดแรก เรียกว่า **ระยะขั้นชุมชนบุกเบิก (Pioneer Stage)** แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก. **ซีโรเซียร์ (Xerosere หรือ Xerach succession)** เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่บนบกที่แห้งแล้ง ว่างเปล่า แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- ลิโธเซียร์ (Lithosere) เริ่มจากก้อนหิน จะมี พวกครัสโตไลเคน (Crustose Lichen) เจริญอยู่บนก้อนหิน ต่อมาก้อนหินแตก เริ่มมี โฟลิโอสไลเคน (Foliose Lichen) ปรากฏเป็นลำดับต่อมา เมื่อมีการแตกสลายของหินมากขึ้นก็จะมีดินทรายที่สลายตัวแทรกอยู่ เริ่มมี สารอาหารจากสิ่งมีชีวิตมากขึ้น ทำให้พืชพวกแรกคือมอส ซึ่งมีขนาดเล็กเข้ามาเจริญเติบโต เมื่อมีดิน และทรายคลุกเคล้ากับซากอินทรีย์สะสมมากขึ้น พืชจำพวกเฟิร์น หญ้าและไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้ใหญ่ และแปรสภาพเป็นป่าไม้ในขั้นสุดท้าย



ตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงแทนที่บนเกาะเซิร์ตซี (Surtsey succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟกลางทะเลของไอซ์แลนด์ ในปี ค.ศ. 1963 ทำให้เกิดเกาะเซิร์ตซี นักนิเวศวิทยาได้ศึกษาการแทนที่บนเกาะมาตลอดระยะเวลา 30 ปี และในขณะนี้ก็ยังมีการ

เปลี่ยนแปลงแทนที่อยู่ จากการสำรวจของนักนิเวศวิทยาพบว่าหลังจากภูเขาไฟระเบิด 6 เดือน พบกลุ่มสาหร่าย ราเมือก แมลงและนก ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มาจากทะเล และต่อมาพบพืชยืนต้น



ที่มา : [www.islandia.is](http://www.islandia.is)

ภาพที่ 2.55 การระเบิดของภูเขาไฟบนเกาะเซิร์ตซี

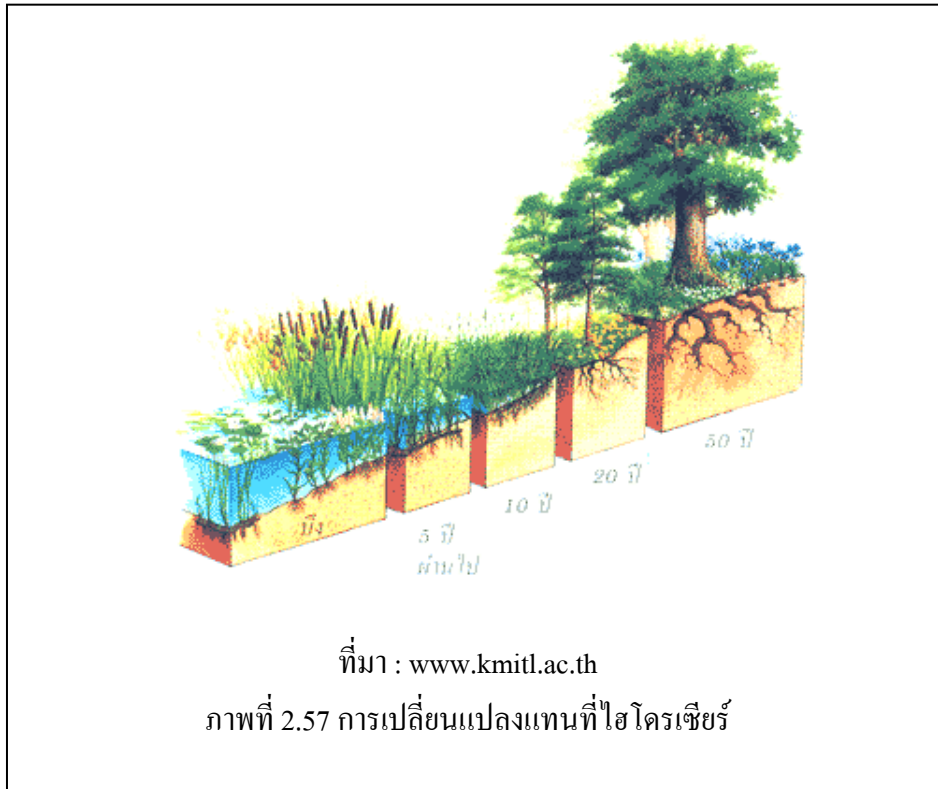


ที่มา : [www.surtsey.is](http://www.surtsey.is)

ภาพที่ 2.56 สิ่งมีชีวิตที่พบหลังการระเบิดของภูเขาไฟบนเกาะเซิร์ตซี

- ซามโมเซียร์ (Psamosere) เริ่มจากพื้นที่ทรายว่างเปล่า สิ่งมีชีวิตพวกพืชประเภทที่มีเถาเลื้อยตามพื้น และหยั่งรากลงในบริเวณที่ชื้นกว่า เช่น ผักบู่ทะเล ซึ่งจะปกคลุมดิน ทำให้ทรายถูกพัดพาไปได้ยาก ต่อมาจะมีพืชล้มต้นได้ดินที่แตกกิ่งสาขาได้ ระยะพืชปกคลุมทรายมากขึ้น ทำให้ทรายเปลี่ยนสภาพอุ้มน้ำได้มากขึ้น ทำให้ไม้พุ่มไม้ใหญ่เจริญขึ้นมาได้

ข. ไฮโดรเซียร์ (Hydrosere) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่จากแหล่งน้ำ จนกระทั่งกลายเป็นสภาพแวดล้อมบนบก การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในบ่อน้ำเริ่มตั้งแต่ บ่อน้ำว่างเปล่า จะเกิดการแทนที่ ตามลำดับดังนี้



1. ระยะบึงเปิด ระยะแรกจะมีแบคทีเรีย โปรโตซัว และสาหร่ายขนาดเล็ก ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาศัยอยู่ในดินและอากาศทั่วไป ต่อมาพบแพลงก์ตอนพืชลอยน้ำจำนวนมาก สัตว์พบพวก ครัสตาเซีย (crustacean) เช่น กุ้ง ปู และตัวอ่อนของแมลงที่ม่าวางไข่ในน้ำ นอกจากนี้จะพบ ปลาและ หอย ที่กินแพลงก์ตอนลอยน้ำและเกาะติดหินหรือวัสดุในน้ำเป็นอาหาร เมื่อพืชสัตว์เหล่านี้ตายจะเน่าเปื่อยทับถมกันบ่อ ทำให้บ่อน้ำมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น
2. ระยะพืชใต้น้ำ พบพืชใต้น้ำพวกสาหร่ายไฟเจริญจำนวนมาก ซากพืชที่ตายจะทับถมเพิ่มความสมบูรณ์ให้บ่อน้ำมากขึ้น สัตว์เข้ามาอยู่อาศัยมีมากขึ้น และเพิ่มจำนวนประชากรมากขึ้น
3. ระยะพืชเหนือน้ำ ระยะนี้พบพืชตระกูลหญ้าขึ้นตามขอบบ่อและในบ่อ โดยเจริญโผล่ขึ้นเหนือน้ำ ในบ่อน้ำพบบัวเจริญอยู่ทั่วไป สัตว์น้ำมีหลากหลายชนิดมากขึ้น โดยเฉพาะ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เช่น กบ คางคก
4. ระยะบ่อน้ำชั่วคราว ระยะนี้บ่อน้ำจะมีซากพืชซากสัตว์ทับถมกันมากทำให้ บ่อน้ำอุดมสมบูรณ์ตามลำดับ พื้นสระเปลี่ยนแปลงเป็นโคลน บ่อน้ำจะตื้นเขินมากขึ้น จนกลายเป็นบ่อน้ำ



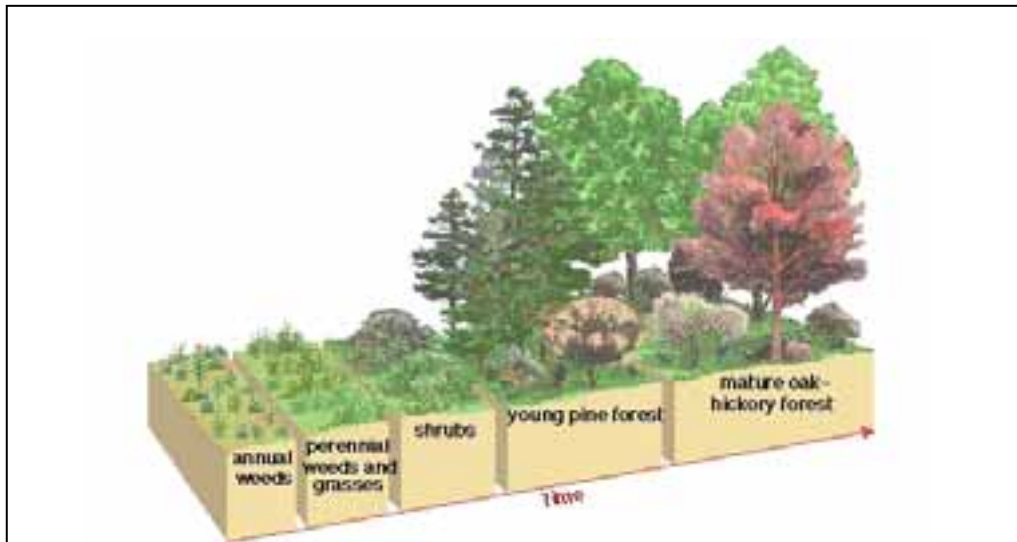
ชั่วคราว ในช่วงฤดูร้อนจะตื่นเงินมากกว่าระยะอื่น สัตว์จะปรับตัวโดยการขุดรูอยู่หรือขุดสารเหนียวเป็นเกราะป้องกัน

5. ระยะทุ่งหญ้า ระยะนี้บ่อน้ำตื่นเงินมาก หรือเป็นเพียงแอ่งน้ำเล็ก ๆ ทั่วไป มีหญ้าเป็นพืชเด่นไม่พบสัตว์น้ำ แต่จะมีสัตว์บกและสัตว์เลื้อยคลานขุดรูหรืออาศัยตามพื้นดินและเกาะที่หญ้า มีไม้พุ่มเล็กน้อย

6. ระยะไม้พุ่ม เป็นระยะที่พบไม้พุ่มมาก เจริญกระจายในพื้นที่ทั่วไป มีสัตว์บกจำนวนมาก รวมทั้งนกและสัตว์เลื้อยคลาน อาศัยตามไม้พุ่ม หญ้า บนดินและในดิน เมื่อพืชและสัตว์ตายจะเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับดินมากขึ้น

7. ระยะไม้ยืนต้น ในระยะนี้พบไม้ยืนต้นมากที่สุดปะปนกับพืชอื่น ๆ ส่วนสัตว์มีกระจายกันอยู่ทั่วไป ระยะนี้ส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นป่า เรียกชื่อต่างกันไปออกไป มักจะมีช่วงสมดุลยาวนาน จึงเป็นระยะสุดท้ายของการแทนที่

2) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นทุติยภูมิ (secondary succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นในที่ซึ่งเคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่เดิม และสิ่งมีชีวิตนี้ถูกรบกวนหรือถูกทำลายโดยคน หรือสัตว์ หรือจากภัยธรรมชาติ เช่น ระบบนิเวศของป่า เกิดไฟป่า น้ำท่วม พายุ หรือการตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น



ที่มา : [www.kmitl.ac.th](http://www.kmitl.ac.th)

ภาพที่ 2.58 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นทุติยภูมิ

### 3.9.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ เกิดจากปัจจัยหลัก 4 ประการคือ

- 1) ปัจจัยทางสภาพภายนอก หรือทางกายภาพ เช่น แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า การพังทลายของดิน ภูเขาไฟระเบิด การเกิดพายุต่าง ๆ น้ำท่วม เป็นต้น
- 2) ปัจจัยภายในชุมชน หรือในตัวสมาชิกในชุมชนเอง เช่น การแก่งแย่ง (competition) พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ ธรรมชาติของพืช เช่น การไซซอนของรากพืช ทำให้หิน หรือดินเกิดการแตกแยกหรือพังทลาย ส่วนสัตว์ เช่น การล่าสิ่งมีชีวิตอื่น ทำให้ประชากรสัตว์ถูกล่าลดลง หรือการใช้ทำลายต้นไม้ เพื่อสร้างแหล่งที่อาศัยของบีเวอร์ เป็นต้น
- 3) ปัจจัยจากมนุษย์ โดยมนุษย์ทำให้สภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพเปลี่ยนแปลง ทำให้กลุ่มประชากรในระบบนิเวศนั้น ๆ ลดหรือเพิ่มจำนวน เช่นการเผาป่า การตัดไม้ ทำลายป่า การล่าสัตว์ การทำเหมืองแร่ เป็นต้น
- 4) สิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคไข้หวัดนก โรคซาร์ เป็นต้น ถ้าโรคเหล่านี้แพร่ระบาดจะทำให้สัตว์ตายเป็นจำนวนมาก จำนวนประชากรจะเปลี่ยนแปลง

## 4. ประโยชน์ของการรักษาระบบนิเวศในธรรมชาติ

- 4.1 ด้านการพักผ่อนหย่อนใจและเป็นแหล่งสวยงาม สภาพของธรรมชาติที่มีอยู่ในสถานะสมดุลย่อมก่อให้เกิดทัศนียภาพที่สวยงาม มีความร่มรื่น ทำให้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของมนุษย์
- 4.2 คุณค่าทางเศรษฐกิจ ระบบนิเวศที่สมบูรณ์และสมดุลก่อให้เกิดทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในแง่ของเศรษฐกิจต่อประเทศชาติ
- 4.3 คุณค่าทางการศึกษา การดำรงอยู่ขององค์ประกอบในระบบนิเวศในธรรมชาติทำให้เกิดการศึกษาและการเรียนรู้กลวิธีในการดูแลรักษาและควบคุมดูแลความสมดุลในธรรมชาติ ตลอดจนเป็นเป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษาค้นคว้าในการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศ
- 4.4 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดการบริหารและจัดการสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี
- 4.5 คุณค่าทางด้านอนุรักษณ์ การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศบางอย่างอาจมีผลกระทบต่ออย่างรุนแรงต่อมนุษยชาติ การศึกษาระบบนิเวศจึงเป็นการวางรากฐานต่อการอนุรักษณ์สภาพแวดล้อมให้อยู่ตลอดไป

ดังนั้น คงจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ระบบนิเวศไม่แต่เป็นเพียงการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต หรือเพื่ออธิบายปัญหาสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นเท่านั้น ยังได้ขยายขอบเขตไปถึงแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมด้วย ตลอดจนเป็นแนวทางการตัดสินใจที่จะนำเอาทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

## แบบฝึกหัด

1. การทำไร่เลื่อนลอยของชาวเขาเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่หรือไม่ ถ้าเป็นเป็นแบบใด และให้อธิบายเหตุผลประกอบ



.....

.....

.....

.....

2. การปลูกพืชหมุนเวียนโดยมนุษย์ เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด



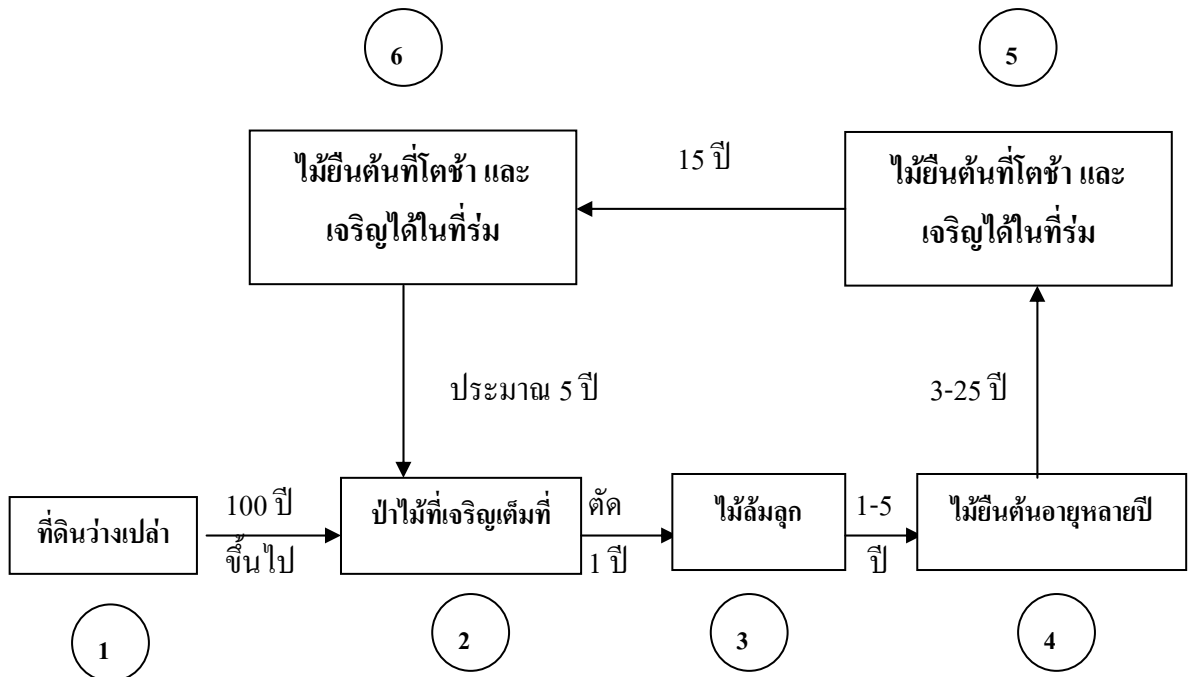
.....

.....

.....

.....

3. ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า เป็นดังรูป





## กิจกรรมที่ 2.4 ศึกษาระบบนิเวศ

ชื่อระบบนิเวศ.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อผู้ศึกษา.....

**คำสั่ง** ให้เลือกบริเวณที่ต้องการศึกษา แล้วศึกษาข้อมูลต่อไปนี้

1. เขียนแผนผังบริเวณที่สำรวจพร้อมทั้งแสดงตำแหน่งของสิ่งที่พบ โดยกำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ เอง

2. อธิบายลักษณะทางกายภาพทั่วไป.....

3. จำนวนสิ่งมีชีวิตที่สังเกตเห็นได้

- 1).....จำนวน.....  
2).....จำนวน.....  
3).....จำนวน.....  
4).....จำนวน.....  
5).....จำนวน.....

4. ปัจจัยจำกัดทางกายภาพ

- |                              |                                  |                                  |                                  |                                   |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1) อุณหภูมิ                  | <input type="checkbox"/> ร้อนจัด | <input type="checkbox"/> ร้อน    | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> เย็น     |
| 2) ความชื้น                  | <input type="checkbox"/> มาก     | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย    | <input type="checkbox"/> แห้ง     |
| 3) แสงสว่าง                  | <input type="checkbox"/> จ้า     | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> ำไร     | <input type="checkbox"/> ไม่มีแสง |
| 4) ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นผิว | <input type="checkbox"/> มาก     | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย    |                                   |
| ชนิดของพื้นผิว.....          |                                  |                                  |                                  |                                   |
| 5) ความขุ่น                  | <input type="checkbox"/> มาก     | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย    | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 6) ความกดดัน                 | <input type="checkbox"/> มาก     | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย    | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 7) ไฟ                        | <input type="checkbox"/> มาก     | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย    | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |

5. ปัจจัยจำกัดทางเคมี

- |                     |                              |                                  |                               |
|---------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1) ธาตุอาหาร        | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย |
| 2) ออกซิเจน         | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย |
| 3) คาร์บอนไดออกไซด์ | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย |

6. การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

- |                                      |                              |                                  |                               |                                   |
|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1) การได้ประโยชน์ร่วมกัน             | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 2) ภาวะที่อิงพึ่งพา                  | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 3) ภาวะอิงอาศัย                      | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 4) ภาวะปรสิต                         | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 5) การล่าเหยื่อ                      | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 6) การแก่งแย่งแข่งขัน                |                              |                                  |                               |                                   |
| - อาหาร                              | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| - น้ำ                                | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| - อากาศ                              | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| - แสงแดด                             | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 7) การต่อต้านหรือการสร้างสารทำลายกัน | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |
| 8) ภาวะเป็นกลาง                      | <input type="checkbox"/> มาก | <input type="checkbox"/> ปานกลาง | <input type="checkbox"/> น้อย | <input type="checkbox"/> ไม่ปรากฏ |

7. เขียนห่วงโซ่อาหารในบริเวณที่ศึกษาเท่าที่สังเกตได้

- 1).....
- 2).....
- 3).....
- 4).....
- 5).....

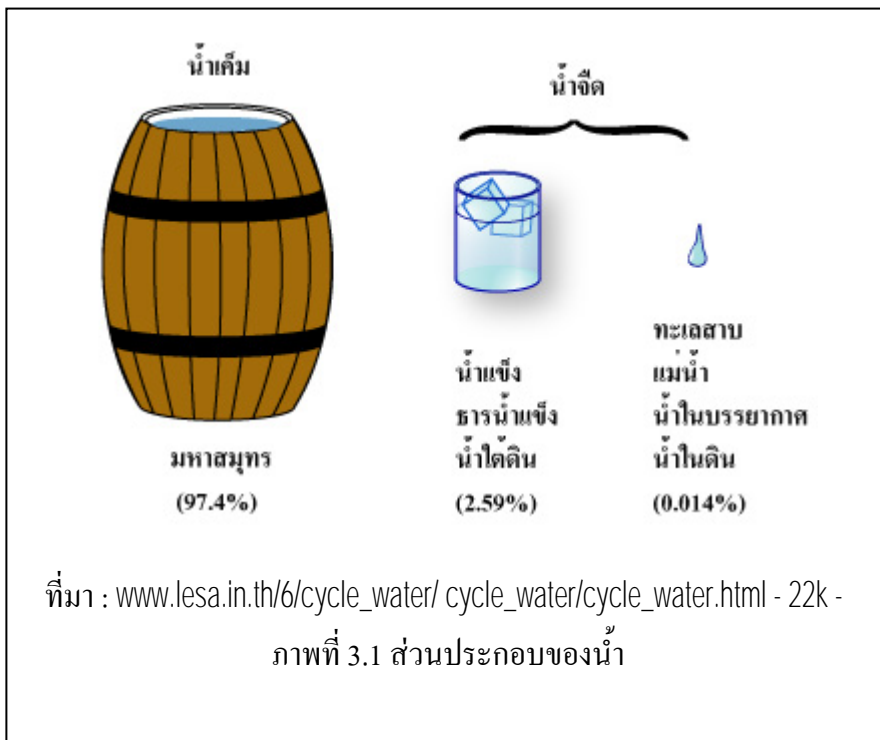
8. เขียนสายใยอาหารที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ศึกษา

# บทที่ 3

## ทรัพยากรน้ำ

น้ำ (Water) สูตรทางเคมี คือ  $H_2O$  น้ำที่บริสุทธิ์จะเป็นของเหลวใสไร้กลิ่นได้ ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen) และออกซิเจน (Oxygen) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 8 โดยน้ำหนัก พบ 3 สถานะ คือของเหลว ของแข็ง (น้ำแข็งขั้วโลก) และแก๊ส (น้ำในบรรยากาศ)

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สูญสิ้น แต่คุณสมบัติอาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อนำมาใช้ โดยทั่วไปแล้วแหล่งน้ำจืดมักพบประชากรเข้าไปตั้งถิ่นฐานอยู่อย่างหนาแน่น ทั้งนี้เพราะมนุษย์จำเป็นต้องใช้ประโยชน์จากน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม การคมนาคมขนส่ง และเป็นแหล่งอาหาร โลกประกอบด้วยพื้นน้ำประมาณ 3 ใน 4 ส่วน ของพื้นที่ทั้งหมด แม้ว่าจะมีน้ำอยู่มากมายบนโลก แต่ส่วนที่เป็นพื้นน้ำของโลกส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยน้ำในมหาสมุทร สำหรับน้ำจืดซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์กลับมีน้อยมาก หากสมมติว่าน้ำทั้งหมดบนโลกเท่ากับ 100 ลิตร จะเป็นน้ำทะเล 97 ลิตร ที่เหลืออีกเกือบ 3 ลิตรเป็นน้ำแข็ง มีน้ำจืดที่เราสามารถใช้บริโภคอุปโภคได้เพียง 3 มิลลิลิตร



## 1. ประโยชน์และความสำคัญของน้ำ

### 1.1 ใช้สำหรับอุปโภคและบริโภค

น้ำมีความจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ร่างกายของคนเราประกอบด้วยน้ำประมาณ 60 - 70 % โดยต้องใช้ในการดื่มประมาณ 2 ลิตรต่อวัน และใช้ในการบริโภคประมาณ 3 ลิตรต่อวัน ร่างกายของเรายังใช้น้ำเพื่อพาสารอาหารต่าง ๆ ไปยังเซลล์เพื่อรักษาโครงสร้างของร่างกาย และเพื่อการขับถ่ายของเสีย รวมทั้งเพื่อระบายความร้อนจากร่างกายด้วย นอกจากนี้เรายังใช้น้ำในการอุปโภค ทั้งการทำความสะอาด ชักล้าง และกิจกรรมอื่น ๆ องค์การสหประชาชาติประมาณการว่ามีประชากรโลกอีกประมาณ 2,000,000 ล้านคนทั่วโลกที่ขาดแคลนน้ำใช้

### 1.2 ใช้ในการอุตสาหกรรม

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งในส่วนของกระบวนการผลิตโดยตรง คือ เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ล้างวัตถุดิบและกิจกรรมต่าง ๆ ที่สนับสนุนการผลิต เช่น ใช้ในการล้างเครื่องจักร ล้างพื้น โรงงาน และการหล่อเย็น เป็นต้น อุตสาหกรรมแต่ละประเภทมีความต้องการน้ำในปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกันไป เช่น โรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ เซรามิก กระดาษ มีความจำเป็นที่ต้องใช้ที่มีคุณภาพสูง คือ ปราศจากสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ จึงจะสามารถผลิตผลงานที่มีคุณภาพได้ดี

### 1.3 ใช้ในการคมนาคมขนส่ง

ในอดีตการขนส่งทางน้ำเป็นการขนส่งที่สำคัญของมนุษย์ และในปัจจุบันก็ยังมี ความสำคัญอยู่ โดยเฉพาะการขนส่งระหว่างประเทศ คือ การขนส่งทางทะเล เพราะสามารถขนส่ง ได้ คราวละมาก ๆ และค่าใช้จ่ายยังถูกกว่าการขนส่งทางอากาศมากอีกด้วย สำหรับการขนส่ง ภายในประเทศนั้น การขนส่งทางน้ำก็ยังคงบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะระยะทางไกล ๆ จะเสีย ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าทางบก

### 1.4 ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น ค่าใช้จ่ายที่มาจากการผลิตโดยใช้กระแสน้ำนั้นจะต่ำกว่า การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน นิวเคลียร์ รวมทั้ง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าด้วย

### 1.5 ใช้ในการนันทนาการ

แหล่งกักเก็บน้ำหลายแห่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและพักผ่อนหย่อนใจของมนุษย์ เช่น ชายฝั่งทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ลำคลอง น้ำตกและลำธาร เป็นต้น กิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องจาก สถานที่เหล่านี้มีมากมาย เช่น การว่ายน้ำ ตกปลา พายเรือ เป็นต้น



## 1.6 ใช้ในการประมง

เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในน้ำทุกชนิด ตั้งแต่เริ่มเกิด เจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ ก่อให้เกิดอาชีพและรายได้

## 1.7 ใช้ในการเกษตรกรรมและการชลประทาน

การใช้น้ำในการเกษตรกรรมนั้นประมาณว่า มนุษย์ใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูก 70% ของปริมาณน้ำที่มนุษย์ใช้ทั้งหมด เพื่อการผลิตธัญพืชสำหรับการบริโภค ส่วนน้ำที่ใช้สำหรับการเลี้ยงสัตว์แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไป เช่น โคนม ม้า หมู ไก่ ต้องการน้ำ 20 , 12, 4 , 0.04 แกลลอนต่อตัวต่อวัน น้ำจึงมีความสำคัญในการผลิตอาหารของมนุษย์

## 1.8 แหล่งทรัพยากร

แหล่งน้ำเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ โดยเฉพาะในทะเลซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรที่ใหญ่ที่สุด อาหารจากทะเลเป็นอาหารที่สำคัญที่มนุษย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องลงทุน และทะเลยังเป็นแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงาน เช่น น้ำมันและแก๊สธรรมชาติ เป็นต้น

## 2. แหล่งที่มาของน้ำ

		
น้ำฝน	หิมะ	ลูกเห็บ
ที่มา : <a href="http://ji-eun.diaryis.com">ji-eun.diaryis.com</a>	ที่มา : <a href="http://www.dek-d.com">www.dek-d.com</a>	ที่มา : <a href="http://www.thaigoodview.com">www.thaigoodview.com</a>

ภาพที่ 3.2 แหล่งที่มาของน้ำฟ้า

### 2.1 น้ำฟ้า (Precipitation) ได้แก่ น้ำฝน น้ำค้าง ลูกเห็บ หมอก หิมะ

แหล่งน้ำฟ้า คือน้ำที่มาจากฟ้า อาจอยู่ในรูปของหยดน้ำเรียกว่า ฝนหรือก้อนน้ำแข็ง เช่น หิมะหรือลูกเห็บ เป็นน้ำโดยตรงที่ได้รับจากการกลั่นของไอน้ำในบรรยากาศ น้ำฝนเป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภคบริโภคอีกชนิดหนึ่ง ในประเทศไทยพบว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละปีประมาณ 800,000 ล้านลูกบาศก์เมตร และเป็นน้ำท่าประมาณ 200,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่เหลือไหลลงสู่ใต้ดินและระเหยคืนสู่บรรยากาศ ซึ่งปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักไว้ได้ในรูปของ

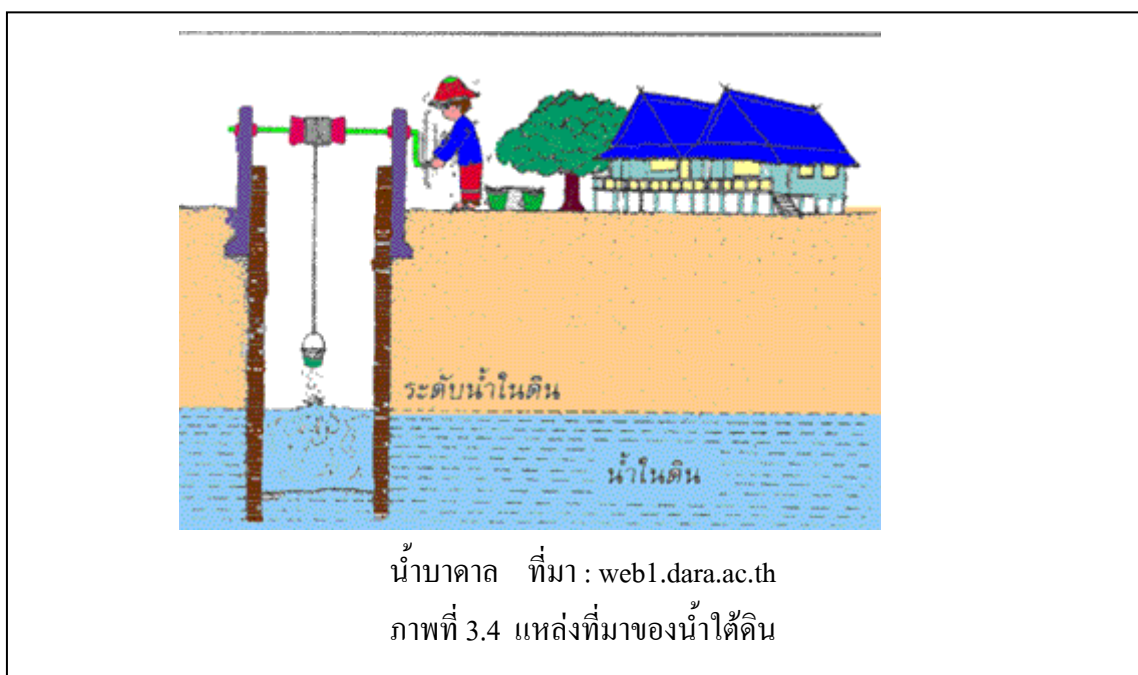
อ่างเก็บน้ำทั้งที่เป็นของกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตรวมกันประมาณ 60,000 ล้านลูกบาศก์เมตร

## 2.2 น้ำท่าหรือน้ำผิวพื้น (Surface water)



ได้แก่ น้ำจากแม่น้ำต่าง ๆ ลำน้ำธรรมชาติต่าง ๆ ห้วย หนองน้ำ คลอง บึง ตลอดจน อ่างเก็บน้ำ บริเวณดังกล่าวนับว่าเป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญที่สุด น้ำจืดที่แช่แข็งอยู่ตามแอนตาร์กติกาโลกมาจากน้ำฝน หิมะ การไหลซึมออกมาจากน้ำใต้ดินแล้ว ไหลไปรวมกันตามแม่น้ำลำคลอง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแม่น้ำลำคลองของแต่ละแห่งบนพื้นโลกมีมาน้อยแตกต่างกันออกไป ลำน้ำอาจจะมามากในช่วงฤดูหนึ่ง แต่ในช่วงฤดูอื่นๆ ปริมาณน้ำจะลดน้อยลงไป

## 2.3 น้ำใต้ดิน (Underground water) ได้แก่ น้ำพุ น้ำบาดาล



น้ำใต้ดินเกิดจากน้ำผิวพื้นซึมผ่านดินชั้นต่าง ๆ ลงไปถึงชั้นดินหรือหินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ (Impervious rocks) น้ำใต้ดินนี้จะไปสะสมตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของเนื้อดิน โดยเฉพาะชั้นดินเป็นกรวด ทราย หิน ปริมาณของน้ำที่ขังอยู่ในชั้นของดินหรือชั้นของหินดังกล่าวจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นในฤดูฝน และลดปริมาณลงในฤดูแล้ง ปกติน้ำใต้ดินจะมีการไหลถ่ายเทระดับได้เช่นเดียวกับน้ำผิวพื้น ในเขตชนบทได้อาศัยน้ำใต้ดินเป็นน้ำดื่ม เนื่องจากแหล่งน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่สะอาด โดยน้ำที่ขังอยู่ใต้ดินมาจากน้ำฝนที่ซึมผ่านการกรองของชั้นดิน หิน กรวด ทราย มาหลายชั้นแล้ว

### น้ำบาดาล เกิดมาจาก

1. การเย็นตัวของหินหลอมเหลวที่เย็นตัวลง ใอน้ำต่าง ๆ จะกลายเป็นน้ำแทรกอยู่ตามรอยต่อและช่องว่างของหินแร่เหล่านั้น
2. น้ำบาดาลเกิดขึ้นพร้อมการกำเนิดของหินชั้น ในขณะที่แร่ธาตุต่าง ๆ เกิดการตกตะกอนและแข็งตัวเป็นหิน น้ำก็จะเกิดการขังตัวหรือแทรกอยู่ตามรูพรุนในเนื้อหิน กลายเป็นน้ำบาดาลในชั้นกรวดทราย
3. น้ำบาดาลมาจากน้ำในบรรยากาศที่ตกสู่พื้นดินแล้วไหลลงแม่น้ำลำคลอง ทะเล หรือมหาสมุทรกลายเป็นน้ำผิวพื้น แต่บางส่วนจะไหลลงสู่ใต้ดิน และถูกกักเก็บไว้ในชั้นดินและหินเกิดเป็นน้ำบาดาล

การสูบน้ำใต้ดินไปใช้มากจนแผ่นดินทรุดตัว พบว่าชาวกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีการใช้น้ำบาดาลจำนวนมาก ประมาณวันละ 1.5 ล้านลูกบาศก์เมตร ภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจใช้ประมาณวันละ 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ทำให้ดินทรุดตัวลงทีละน้อยและทำให้เกิดน้ำท่วมขังได้ง่ายขึ้น

### 3. ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ มี 2 ด้าน คือ

#### 3.1 ปัญหาในด้านปริมาณน้ำ จำแนกเป็น 2 ประการ คือ

##### 3.1.1 การขาดแคลนน้ำหรือภัยแล้ง สาเหตุที่สำคัญได้แก่

- 1) ป่าไม้ถูกทำลายมาก โดยเฉพาะป่าต้นน้ำลำธาร
- 2) ลักษณะพื้นที่ไม่เหมาะสม เช่น ไม่มีแหล่งน้ำ ดินไม่ดูดซับน้ำ
- 3) ขาดการวางแผนการใช้และอนุรักษ์น้ำที่เหมาะสม
- 4) ฝนตกน้อยและฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน

##### 3.1.2 การที่มีน้ำมากเกินไป สาเหตุที่สำคัญได้แก่

- 1) ฝนตกหนักติดต่อกันนานๆ
- 2) ป่าไม้ถูกทำลายมาก ทำให้ไม่มีสิ่งใดจะช่วยดูดซับน้ำไว้
- 3) ภูมิประเทศเป็นที่ลุ่มและการระบายน้ำไม่ดี

4) น้ำทะเลหนุนสูงกว่าปกติ ทำให้น้ำจากแผ่นดินระบายลงสู่ทะเลไม่ได้

5) แหล่งเก็บกักน้ำตื้นเขินหรือได้รับความเสียหาย จึงเก็บน้ำได้น้อยลง

3.2 ปัญหาในด้านคุณภาพน้ำ สาเหตุที่พบบ่อยได้แก่

3.2.1 การทิ้งสิ่งของและการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำสกปรกและเน่าเหม็นจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ มักเกิดตามชุมชนใหญ่ ๆ ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ หรือท้องถิ่นที่มีโรงงานอุตสาหกรรม

3.2.2 สิ่งที่ปกคลุมผิวดินถูกชะล้างและไหลลงสู่แหล่งน้ำมากกว่าปกติ มีทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในกิจการต่าง ๆ ซึ่งทำให้น้ำขุ่นได้ง่ายโดยเฉพาะในฤดูฝน

3.2.3 มีแร่ธาตุเจือปนอยู่มากจนไม่เหมาะแก่การใช้ประโยชน์ น้ำที่มีแร่ธาตุปนอยู่เกินกว่า 50 PPM (Part Per Million) หรือ มีแร่ธาตุเกินกว่า 50 ส่วนต่อน้ำ 1 ล้านส่วน เมื่อนำมาดื่มจะทำให้เกิดโรคนี้่วและโรคอื่นได้

3.2.4 การใช้สารเคมีที่มีพิษตกค้าง เช่น สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ ซึ่งเมื่อถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

## 4 สาเหตุที่ทำให้น้ำเสีย

### 4.1 น้ำเสียจากบ้าน ร้านค้าและอาคารที่ทำการ

ชุมชนที่มีบ้านเรือนที่อยู่อาศัยหลาย ๆ หลังคาเรือน ย่านการค้าหรืออาคารที่ทำการ ล้วนจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และใช้สอยในจุดประสงค์ต่าง ๆ น้ำที่ใช้นี้จะมีปริมาณหนึ่งซึ่งเป็นปริมาณส่วนใหญ่กลายเป็นน้ำทิ้งออกมา น้ำทิ้งนี้ส่วนมากจะเป็นน้ำจากส้วมและจากการชำระซักล้าง ซึ่งประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ สบู่ ผงซักฟอก เศษอาหาร ไขมัน สารอินทรีย์ และสิ่งปฏิกูลอื่น ๆ เจือปนอยู่ สารเหล่านี้เมื่อไหลลงสู่แม่ลำคลอง จะเกิดผลเสียสองประการใหญ่ ๆ คือ ประการแรกช่วยเพิ่มอาหารเสริมแก่พืชน้ำและสัตว์น้ำ ทำให้มีพืชน้ำและสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น เมื่อพืชน้ำและสัตว์น้ำตายไป จะทำให้เกิดสารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้น สารอินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งและที่เกิดเพิ่มขึ้นนี้ ถ้ามีจำนวนมากเมื่อถูกย่อยสลายโดยแอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobic bacteria) ที่มีอยู่ในน้ำ ก็จะนำเอาออกซิเจนละลายในน้ำมาใช้ในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ออกซิเจนในอากาศละลายลงในน้ำ ทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนขึ้น อันเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับแอนแอโรบิกแบคทีเรีย (Anaerobic bacteria) ให้ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป ทำให้น้ำกลายเป็นสีดำมีกลิ่นเหม็น ส่วนสารอื่น ๆ ที่ปนมา เช่น สารอนินทรีย์จะเพิ่มปริมาณสูงขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ได้มาตรฐานและเสียประโยชน์ใช้สอยไป นอกจากนี้ถ้ามีเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ ที่เป็นอันตราย เช่น แบคทีเรีย และไวรัส ก็จะทำให้เกิดโรคได้

#### 4.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้งจากระบบการผลิต ระบบการหล่อเย็น อาคารที่อยู่อาศัยและที่ทำการ ร้านค้าและโรงอาหารสารที่ปะปนมาอาจจะเป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ กรดต่าง โลหะหนัก สารเคมีต่าง ๆ สารกัมมันตภาพรังสี สารพิษ ดินทรายและสิ่งปฏิกูลอื่น ๆ ซึ่งเมื่อทิ้งลงในแม่น้ำลำคลอง จะทำให้เพิ่มปริมาณสารเหล่านั้นหรือเกิดการเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิตในน้ำ เกิดการเน่าเหม็น เกิดสี กลิ่น และความไม่น่าดู

#### 4.3 ปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร

ปุ๋ยหลักที่ใช้ในการเกษตร ได้แก่ สารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของฟอสเฟตสามารถยึดติดอยู่กับดินได้ จึงมีส่วนน้อยที่ไหลไปกับน้ำ ดังนั้นสารที่ทำให้เกิดปัญหาคือไนโตรเจน การใช้ปุ๋ยส่วนใหญ่มักใส่กันมากเกินไปซึ่งจะนำไปใช้ได้หมด เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะเอาไนโตรเจนไหลไปตามผิวดิน ลงสู่แม่น้ำลำคลอง ช่วยให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีเป็นจำนวนมาก ทำให้น้ำเกิดสี กลิ่นและรส เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลงก็จะทำให้น้ำเน่าเหม็นและมีฟิโนลสูงขึ้น เกิดฝ้าขาวลอยอยู่ตามผิวน้ำ

#### 4.4 ผิวดินที่พังทลาย

ในพื้นที่รับน้ำบางแห่ง เช่น อ่างเก็บน้ำที่เสื่อมสภาพและมีการพังทลายของหน้าดิน จะทำให้น้ำมีความขุ่นสูง เกิดสี กลิ่น และรสได้

#### 4.5 การเลี้ยงปลุสัตว์

การเลี้ยงปลุสัตว์ ถ้าสัตว์เลี้ยงกินหญ้าที่คลุมหน้าดินมากเกินไปจะทำให้หน้าดินถูกน้ำกัดเซาะเมื่อฝนตก และเมื่อไหลลงในแหล่งรับน้ำก็จะเกิดปัญหาเช่นเดียวกับข้อ 4.4 นอกจากนี้มูลสัตว์ก็จะไหลลงไปในลำน้ำทำให้มีสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง เกิดปัญหาเช่นเดียวกับข้อ 4.1 และ 4.3

#### 4.6 ยาฆ่าแมลงและยากำจัดวัชพืช

ยาฆ่าแมลงและยากำจัดวัชพืชส่วนมากเป็นสารเคมีที่บางครั้งก็เป็นสารมีพิษ เมื่อถูกชะล้างลงไปในน้ำ ก็จะเป็นพิษแก่พืชและสัตว์ที่อยู่ในน้ำ หากเรานำน้ำไปใช้ก็จะได้รับอันตรายจากสารพิษนั้นด้วย

#### 4.7 ไฟฟ้า

ถ้าเกิดไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งต้นกำเนิดน้ำจะทำให้มีขยะ ถ่าน ถ่านหิน คาร์บอนรวมทั้งสารมลพิษต่าง ๆ ไหลลงไปในแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำที่นำไปใช้สอยอีกทั้งอาจจะทำให้อ่างเก็บน้ำหรือแม่น้ำตื้นเขินเนื่องจากการสะสมของถ่านและตะกอนต่าง ๆ

#### 4.8 การใช้ที่ดินที่ขาดการควบคุม

การใช้ที่ดินสองข้างหรือรอบ ๆ แหล่งน้ำที่ขาดการควบคุมหรือการกำหนด จะทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของน้ำได้ ดังนั้น จึงควรกำหนดเขตหรือห้ามการขยายชุมชนหรือการตั้งโรงงานตามริมน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์ในการทำประปา

#### 5. การวัดความเน่าเสียของน้ำ

**5.1 ดีโอ DO (Dissolved Oxygen)** คือ ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) ออกซิเจนเป็นดัชนีวัดคุณภาพของน้ำที่สำคัญ เพราะออกซิเจนเป็นธาตุที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและป้องกันไม่ให้น้ำเน่าเหม็น

ตัวอย่าง เช่น เก็บตัวอย่างน้ำ 1 ลิตรโดยให้น้ำไหลเข้าขวดช้า ๆ ไม่ให้เกิดฟองอากาศ และปิดจุกโดยต้องไม่ให้มีช่องว่างระหว่างของอากาศภายในขวดเลย และนำไปตรวจสอบมีออกซิเจนละลายอยู่ในปริมาณเท่าไร เช่น น้ำในแม่น้ำบางปะกง มีค่า DO เท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หมายความว่า ในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ 5 มิลลิกรัม โดยปกติน้ำในธรรมชาติต้องมีค่า DO ประมาณ 6-8 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่า DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดเป็นน้ำเสีย

**5.2 โอดี OD (Oxygen Demand)** คือ ความต้องการออกซิเจน ของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เนื่องจากสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งมีหลายชนิดปนกัน เป็นการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่จะต้องใช้ในการทำปฏิกิริยากับสิ่งสกปรก

**5.2.1 บีโอดี BOD (Biochemical Oxygen Demand)** คือ ค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่หาได้โดยขบวนการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้คือปริมาณ BOD จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาชีวเคมีระหว่างออกซิเจนกับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ กว่าสารอินทรีย์จะถูกทำลายหมดจะใช้เวลาหลายสิบวัน ตามมาตรฐานจึงวัดค่า BOD ทั้งหมดในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C ในน้ำที่ไม่มีแสงสว่าง หรือเขียนว่า BOD<sub>5</sub> เช่น น้ำในคลองแสนแสบ มีค่า BOD<sub>5</sub> 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หมายความว่า ในน้ำ 1 ลิตร ต้องการออกซิเจน 120 มิลลิกรัมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ค่า BOD มากกว่า 100 มิลลิกรัมจัดเป็นน้ำเสีย

##### ประโยชน์ของค่า BOD

- ใช้ในการประมาณค่าออกซิเจนที่ต้องการในการควบคุมและลดปริมาณหรือบำบัดสารอินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดปัญหา
- ใช้ในการกำหนดขนาด และระดับของระบบบำบัดน้ำเสีย
- ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของขบวนการบำบัดบางส่วน
- ใช้ในการควบคุมความสกปรกของแหล่งน้ำผิวดินต่าง ๆ ว่าควรจะทำจัดสารอินทรีย์ที่จะ

ทิ้งลงน้ำแคะไหน เพื่อให้มีระดับออกซิเจนในแหล่งน้ำตามต้องการ

**5.2.2 ซีโอดี COD (Chemical Oxygen Demand)** คือ ค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้ง ที่ทำได้โดยวิธีการทางเคมี หรือค่า COD เป็นค่าที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย ปริมาณ สารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำทิ้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ โดยปกติการวิเคราะห์ค่า ความสกปรกของน้ำ ค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD เสมอ สาเหตุที่ค่า COD สูงกว่าค่า BOD เนื่องจาก สารอินทรีย์ทุกอย่างในน้ำทิ้งไม่ว่าจะเป็น สารที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้หรือไม่ก็ตาม จะถูกโพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) ในสารละลายกรดของการวิเคราะห์ค่า COD ย่อยสลาย ทำลายหมด

### ตารางที่ 3.1 มาตรฐานคุณภาพแม่น้ำ

ระดับปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)	คุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์
6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป	ดี (ประเภท 2)	การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ กีฬาทางน้ำ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
ระหว่าง 4.0 - 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	พอใช้ (ประเภท 3)	การเกษตร การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
ระหว่าง 2.0 - 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	เสื่อมโทรม (ประเภท 4)	การอุตสาหกรรม การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
ระหว่าง 2.0 - 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	เสื่อมโทรมมาก (ประเภท 5)	การคมนาคม

### 6. มาตรฐานคุณภาพแม่น้ำเจ้าพระยา แบ่งออกเป็น 3 เขต

**6.1 เขต 1** จากนครสวรรค์ที่จุดบรรจบของแม่น้ำน่านและปิง ถึง กม.ที่ 150 อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา กำหนดให้เป็นเขตคุณภาพน้ำประเภท 2

**6.2 เขต 2** จาก อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา ถึง กม.ที่ 62 อ.เมือง จ.นนทบุรี กำหนดให้เป็นเขตคุณภาพน้ำประเภท 3

**6.3 เขต 3** จาก อ.เมือง จ.นนทบุรี ถึง กม.ที่ 10 บริเวณเจดีย์กลางน้ำ จ.สมุทรปราการ กำหนดให้เป็นเขตคุณภาพน้ำประเภท 4

### กิจกรรม 3.1 เรื่อง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาออกซิเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ
2. อธิบายสรุปได้ว่าแหล่งน้ำใดปริมาณออกซิเจนละลายอยู่มากที่สุด

#### อุปกรณ์และสารเคมี

1. ตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำประปา น้ำบ่อ น้ำฝน น้ำจากแม่น้ำหรือลำคลอง
2. หลอดทดลอง จำนวน 4 หลอด
3. สารละลายเมธิลีนบลู
4. กระบอกตวงสาร

#### วิธีทำ

1. นำน้ำตัวอย่างตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำประปา น้ำบ่อ น้ำฝน น้ำจากแม่น้ำหรือลำคลองใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ใส่สารละลายเมธิลีนบลูในน้ำตัวอย่าง หลอดละ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. สังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายเมธิลีนบลู ในตัวอย่างแหล่งน้ำต่าง ๆ บันทึกผลการทดลอง

#### ข้อควรรู้

1. สารละลายเมธิลีนบลู เป็นอินดิเคเตอร์ที่ใช้ตรวจหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอย่างง่าย ๆ
2. สารละลายเมธิลีนบลู มีสีน้ำเงิน ถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีปริมาณมากสีสารละลายเมธิลีนบลู ยังคงเป็นสีน้ำเงิน แต่ถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีปริมาณน้อยสีสารละลายเมธิลีนบลูเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนหรือใส

#### ตารางบันทึกผลกิจกรรม

ตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ	การเปลี่ยนสีของสารละลายเมธิลีนบลู
น้ำประปา	
น้ำบ่อ	
น้ำฝน	
น้ำจากแม่น้ำหรือลำคลอง	

#### คำถาม

1. จากการทดลองจงเรียงลำดับแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

.....  
.....





## 7. หลักการบำบัดน้ำเสีย

### 7.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ

เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น แร่ง โน้มถ่วง แร่งเหวียง แร่งหนีศูนย์กลาง การกรองด้วยตระแกรง การทำให้ลอย การตัดย่อย รานด์กรวดทราย การปรับสภาพการไหล การแยกด้วยแรงเหวียง การตกตะกอน เป็นต้น เพื่อกำจัดหรือขจัดเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสีย โดยเฉพาะสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ จึงนับเป็นหน่วยบำบัดน้ำเสียขั้นแรกที่ถูกนำมาใช้ก่อนที่น้ำเสียจะถูกนำไปบำบัดขั้นต่อไป

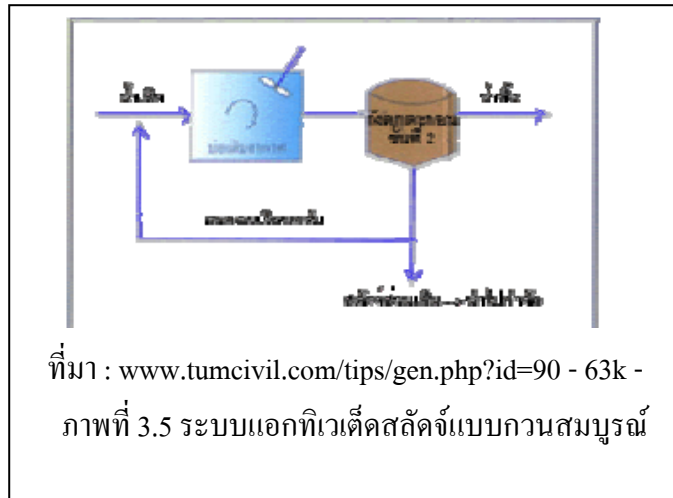
7.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งพวกใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังอาศัยพืชน้ำบางชนิดช่วยบำบัด เช่น ผักตบชวา จอก บัว กก เป็นต้น การบำบัดในขั้นนี้มีหลายระบบ เช่น

#### 7.2.1 ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ (Activated sludge process)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด

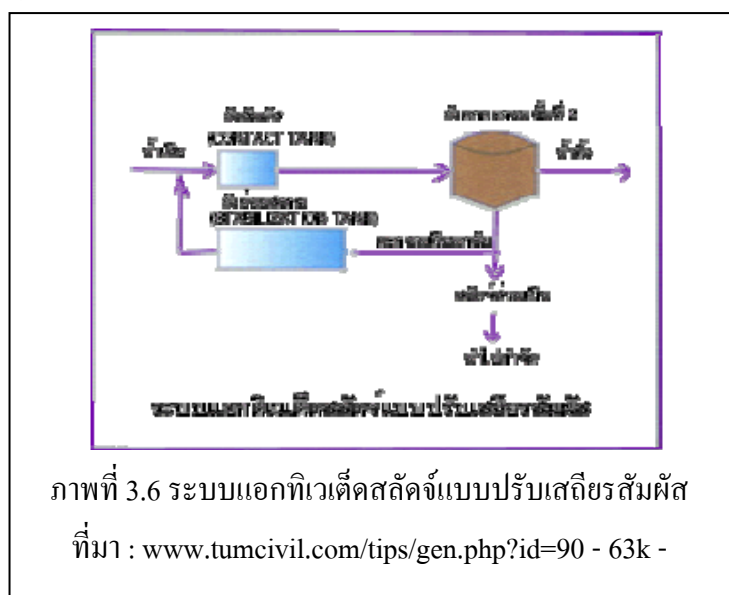
ในปัจจุบัน ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

1) ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge; CMAS)



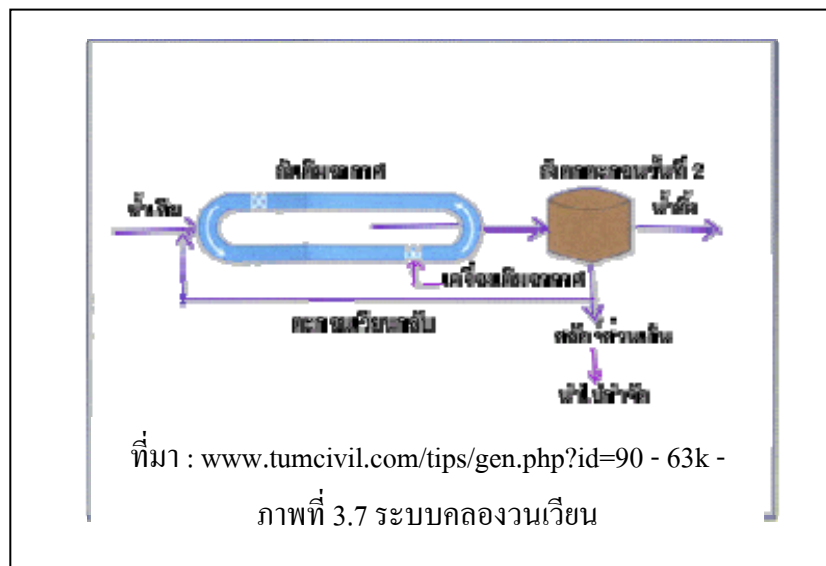
ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะต้องมียังเดิมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock Load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจายไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในถังเดิมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง (Uniform Population)

2) ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge; CSAS)



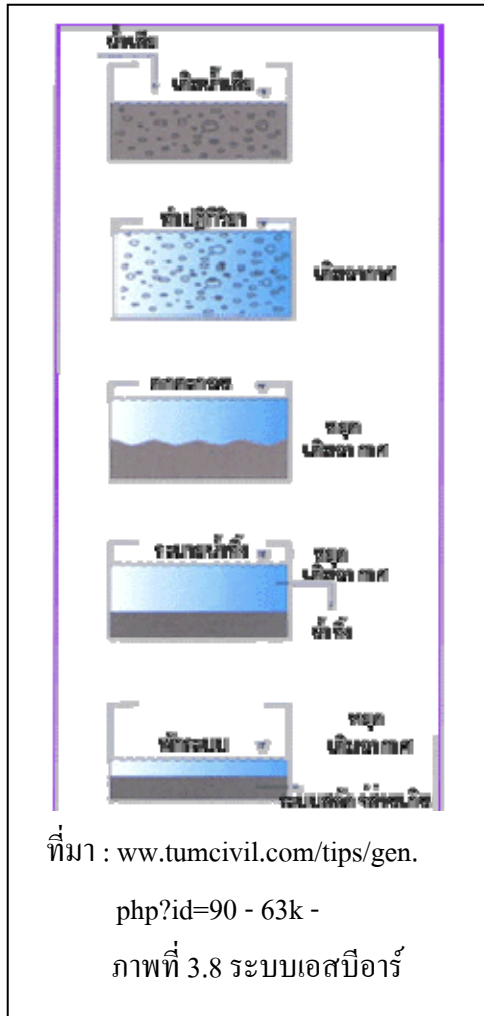
ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถัง อีตระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank) โดยตะกอนที่สูบมาจากถังตกตะกอนชั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย จากนั้นตะกอนจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในถังสัมผัสนี้ ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนชั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส โดยน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ และตะกอนที่กั้นถึงส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ทำให้บ่อเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป ได้แก่ โครงการระบบบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ของกรุงเทพมหานคร ขนาดของระบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 30,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน

### 3) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch; OD)



ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ รูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลม ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และรูปแบบการกวนที่ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) รูปแบบของถังเติมอากาศลักษณะนี้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า แอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำทำให้ไนเตรทไนโตรเจน ( $\text{NO}_3^-$ ) ถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) โดยแบคทีเรียจำพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrosomonas Spp. และ Nitrobacter Spp.) ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ ได้แก่ เทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี มี 2 ระบบ ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแสนสุขเหนือ ขนาดของระบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 14,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน

วัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้าง 12 ไร่ และระบบบำบัดน้ำเสียแสนสุขได้ ขนาดของระบบสามารถ  
รองรับน้ำเสียได้ 9,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้าง 12 ไร่



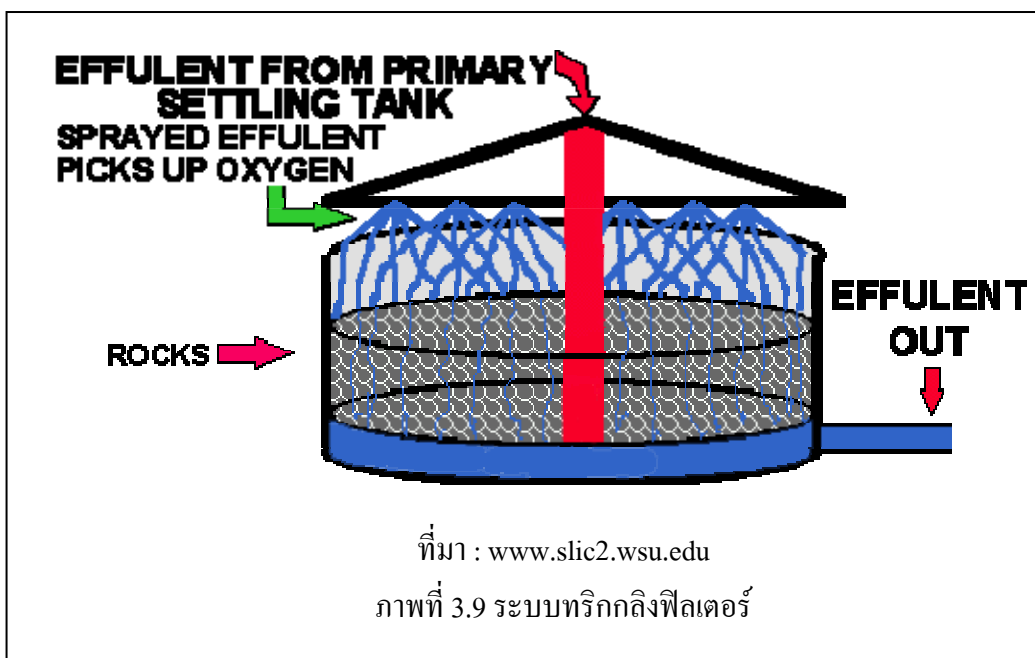
4) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้เป็นระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ประเภทเติมเข้า-ถ่ายออก (Fill-and-Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น ๆ คือ การเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิกริยาเดียวกัน โดยการเดินระบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ 1 รอบการทำงาน (Cycle) จะมี 5 ช่วงตามลำดับ ดังนี้

- 1.) ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ
- 2.) ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (BOD)
- 3.) ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกริยา
- 4.) ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด
- 5.) ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่

โดยการเดินระบบสามารถเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในแต่ละช่วงได้ง่ายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการบำบัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ ได้แก่ โครงการระบบบำบัดน้ำเสียนานาชา ของกรุงเทพมหานคร หรือเรียกว่า Cyclic Activated Sludge System ขนาดของระบบสามารถรองรับน้ำเสียได้ 200,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน

### 7.2.2 ระบบทริกกลิ่งฟิลเตอร์ (trickling filter)

หลักการคือ จะมีถังสูงประมาณ 3-5 เมตร ด้านในถังจะใส่ตัวกลาง ซึ่งใช้ได้ทั้งที่เป็นหินและพลาสติก ตัวกลางบางแบบมีลักษณะเป็นชั้น ๆ บางครั้งทำเป็น Module ประกอบเป็นท่อน ๆ สมัยก่อนใช้หินขนาด 2-4 นิ้ว แต่หินมีน้ำหนักสูงพื้นที่ผิวต่ำ ต่อมาจึงเลิกใช้หิน น้ำจะไหลผ่านตัวกลางซึ่งตัวกลางจะขึ้นตลอดเวลา มีแบคทีเรียเกาะอยู่รอบ ๆ ตัวกลาง ซึ่งพอทำงานต่อไปจะมีแบคทีเรียรอบตัวกลางหนาขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดแรงเกาะของแบคทีเรียจะเสียด้านบนของตัวกลางจะหลุดไป ฉะนั้นน้ำที่ล้นออกไปถึงแม้จะมีค่า BOD ต่ำแต่ของแข็งแขวนลอยสูง ต้องมีถังตะกอนในช่วงท้าย เพื่อให้แบคทีเรียตกตะกอน



### 7.2.3 ระบบบ่อบอกซิเดชัน (Oxidation pond)

ระบบบำบัดน้ำเสีย "บึงมักกะสัน" เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่เรียกว่าระบบ Oxidation Pond หรือ "ระบบ สายลมแสงแดด" ซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อดิน ลึก 0.5 - 2 เมตร และแสงสว่างสามารถส่องลงไปใต้น้ำภายในบ่อได้ มีการปลูกผักตบชวาในบ่อ เพื่อดูดซับสารอาหารและโลหะหนักจากน้ำในบ่อ เป็นการทำงานร่วมกันของพืชน้ำ (สาหร่าย) กับแบคทีเรียในช่วงกลางวัน สาหร่ายจะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำและแสงแดด ดำเนินกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) เพื่อผลิตคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเติบโตและการขยายพันธุ์ของตนเอง พร้อมกับปลดปล่อยแก๊สออกซิเจนสำหรับให้แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเปรียบเทียบกับ "บึงมักกะสัน" เป็นเสมือนหนึ่ง "ไถธรรมชาติ" ของ กรุงเทพมหานคร ดังความตอนหนึ่งของพระราชดำรัสว่า "...ในกรุงเทพฯ ต้องมีพื้นที่หายใจ

แต่ที่นี้เราถือว่าเป็นไตกำจัดสิ่งสกปรกและโรค สวนสาธารณะถือว่าเป็นปอด แต่ที่นี้เหมือนไต  
ฟอกเลือด ถ้าไตทำงานไม่ดีเราตาย อยากให้เข้าใจหลักของความคิดอันนี้...."



#### 7.2.4 ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

ระบบบำบัดน้ำเสีย "บึงพระราม 9" เป็นอีกระบบหนึ่งที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว  
ได้พระราชทานพระราชดำริ เป็นระบบที่ใช้กระบวนการทางชีววิทยาผสมผสานกับเครื่องกลเติม  
อากาศแบบ "สระเติมอากาศชีวภาพบำบัด" เป็นหลัก โดยโปรดเกล้าฯ พระราชทานพระราชดำริว่า  
"การใช้วิธีทางธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการบำบัดน้ำเสียให้ดีขึ้น จำเป็นต้องใช้  
เครื่องเติมอากาศลงไปในน้ำ โดยทำเป็นระบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon)" เป็นการให้  
แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนในสระอากาศ (aerated  
lagoon) เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องมีแก๊สออกซิเจนในน้ำอย่างพอเพียงตลอดขั้นตอนนี้แล้ว  
ให้น้ำไหลออกจากสระดังกล่าวไปสู่บ่อทิ้งไร้อากาศ (facultative pond) เพื่อการตกตะกอนและการ  
กำจัดสารอินทรีย์คงเหลือ โดยให้เวลาแก่กระบวนการดังกล่าว 2 - 4 ชั่วโมง ต่อจากนั้นจึงปล่อยน้ำใส  
ซึ่งเป็นน้ำเสียที่บำบัดแล้ว จากบ่อทิ้งไร้อากาศกลับคืนสู่คลองลาดพร้าว ซึ่งเป็นคลองส่งน้ำเสียลงสู่  
บึงมักกะสันแต่แรก



**7.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี** โดยการเติมสารเคมี เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ เช่น ทำให้ตกตะกอน การฆ่าเชื้อโรคโดยการเติมคลอรีน หลังจากนั้นผ่านกระบวนการดั่งคลอรีนออกก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและอาจเติมออกซิเจนลงในน้ำก่อนทิ้งไป โดยปล่อยน้ำให้ไหลลงมาช้า ๆ เป็นชั้น ๆ คล้ายบันได

## 8. การอนุรักษ์น้ำ

ดังได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า น้ำมีความสำคัญและมีประโยชน์มหาศาล เราจึงควรช่วยแก้ไขปัญหาน้ำเสียหรือการสูญเสียทรัพยากรน้ำด้วยการอนุรักษ์น้ำ ดังนี้

8.1 การใช้น้ำอย่างประหยัด การใช้น้ำอย่างประหยัดนอกจากจะลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าน้ำลงได้แล้ว ยังทำให้ปริมาณน้ำเสียที่จะทิ้งลงแหล่งน้ำมีปริมาณน้อย และป้องกันการขาดแคลนน้ำได้ด้วย

8.2 การสงวนน้ำไว้ใช้ ในบางฤดูหรือในสภาวะที่มีน้ำมากเหลือใช้ ควรมีการเก็บน้ำไว้ใช้ เช่น การทำบ่อเก็บน้ำ การสร้างโอ่งน้ำ ขุดลอกแหล่งน้ำ รวมทั้งการสร้างอ่างเก็บน้ำ และระบบชลประทาน

8.3 การพัฒนาแหล่งน้ำ ในบางพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ จำเป็นที่จะต้องหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถมีน้ำไว้ใช้ ทั้งในครัวเรือนและในการเกษตร ได้อย่างพอเพียง ปัจจุบันการนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้กำลังแพร่หลายมากขึ้นแต่อาจมีปัญหาเรื่องแผ่นดินทรุด

8.4 การป้องกันน้ำเสีย การไม่ทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูลและสารพิษลงในแหล่งน้ำ น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล ควรมีการบำบัดและขจัดสารพิษก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ



8.5 การนำน้ำเสียกลับไปใช้น้ำที่ไม่สามารถใช้ได้ในการอย่างหนึ่ง อาจใช้ได้ในการอีก  
กิจการหนึ่ง เช่น น้ำทิ้งจากการล้างภาชนะอาหาร สามารถนำไปรดต้นไม้ได้

#### 8.6 การปลูกป่า

พระราชดำรัส 24 มกราคม 2520 (ที่มา : สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
2550. ออนไลน์)

“การปลูกป่าทดแทนจะต้องทำอย่างมีแผน โดยดำเนินการไปพร้อมกับการพัฒนาชาวเขา  
ในการนี้ เจ้าหน้าที่ป่าไม้ ชลประทาน และฝ่ายเกษตรจะต้องร่วมกันสำรวจต้นน้ำในบริเวณพื้นที่  
รับผิดชอบ เพื่อวางแผนปรับปรุงต้นน้ำและพัฒนาอาชีพราษฎรได้อย่างถูกต้อง สำหรับต้นไม้ที่จะ  
ปลูกทดแทนป่าไม้ที่ถูกทำลายนั้น ควรใช้ต้นไม้โตเร็วที่มีประโยชน์หลาย ๆ ทางคละกันไป และ  
ควรปลูกพืชคลุมแนวร่องน้ำต่าง ๆ เพื่อยึดผิวดินและให้เก็บรักษาความชุ่มชื้นไว้ นอกจากนั้นจะต้อง  
สร้างฝายเล็กเพื่อหนูนน้ำส่งไปตามเหมือง ไปใช้พื้นที่เพาะปลูกทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะทำให้น้ำค่อย ๆ  
แผ่ขยายออกไปตามความชุ่มชื้นให้บริเวณนั้นด้วย ในการนี้จะต้องอธิบายให้ราษฎรรู้ว่า การที่  
ปริมาณน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติลดลงนั้น ก็เพราะมีการทำลายป่าต้นน้ำโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์”

8.7 ออกกฎหมายควบคุม เกี่ยวกับการใช้น้ำ สิทธิการใช้น้ำ การควบคุมการแจกจ่ายน้ำ  
บนพื้นดินให้ได้ประโยชน์อย่างทั่วถึง

8.8 ให้การศึกษา และประชาสัมพันธ์ ให้ประชาชน ตระหนักถึงปัญหาของการขาดแคลนน้ำ  
เพื่อให้รู้จักอนุรักษ์น้ำไว้ใช้ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และนานที่สุด

### 9. พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรน้ำ



(ที่มา : สำนักบริการคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 2550. ออนไลน์)

พระ ปรี ชา ญา ณ ค์ นั นี้ ของ  
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเป็นที่ประจักษ์ต่อ  
สายตาของนักวิชาการและพสกนิกรของท่าน  
อย่างชัดเจนตลอดมา นับตั้งแต่พระองค์ทรงขึ้น  
ครองราชย์เนื่องจากพระองค์ท่านได้ตระหนักถึง  
ความสำคัญของทรัพยากรน้ำต่อการดำรงชีวิต  
ของพสกนิกรของท่าน ดังพระราชดำรัส  
พระราชทานแก่ผู้อำนวยการสำนักงาน  
คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการ

อันเนื่องมาจากพระราชดำริและคณะ ๓ สวนจิตรลดา เมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2529 ว่า

"หลักสำคัญต้องมีน้ำบริโภค น้ำใช้ น้ำเพื่อการเพาะปลูกเพราะว่าชีวิตอยู่ที่นั่น ถ้ามีน้ำคนอยู่ได้ ถ้าไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้ ไม่มีไฟฟ้าคนอยู่ได้ แต่ถ้ามีไฟฟ้าไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้ "

หลักการที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงใช้ในการวินิจฉัยการพัฒนาแหล่งน้ำนั้น สอดคล้องกับหลักของการจัดการลุ่มน้ำในส่วนที่เรียกว่าการบูรณะสภาพของลุ่มน้ำเป็นอย่างยิ่ง แต่พระราชดำรินั้นละเอียดอ่อนและบูรณาการอย่างรอบด้าน พระองค์ท่านได้มีพระราชดำรัสไว้ว่า

"การพัฒนาแหล่งน้ำนั้น ในหลักใหญ่ก็คือการควบคุมน้ำให้ได้ดังประสงค์ทั้งปริมาณและคุณภาพ กล่าวคือเมื่อน้ำมีปริมาณมากเกินไปก็ต้องหาทางระบายออกให้ทันการณ์ ไม่ปล่อยให้เกิดความเดือดร้อนเสียหายได้ และในขณะที่เกิดภาวะขาดแคลนก็ต้องมีน้ำกักเก็บไว้ใช้อย่างเพียงพอ ทั้งมีคุณภาพเหมาะสมแก่การเกษตร การอุตสาหกรรม และการอุปโภคบริโภค ปัญหาอยู่ที่ว่าการพัฒนาแหล่งน้ำอาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบ้าง แต่ถ้าไม่มีการควบคุมน้ำที่ดีพอแล้วเมื่อเกิดภัยธรรมชาติขึ้นก็จะก่อให้เกิดความเดือดร้อนสูญเสียทั้งในด้านเศรษฐกิจและในชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง"

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำโดยเฉพาะที่ให้ประโยชน์แก่ชุมชนในชนบทนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงใช้หลักการให้ราษฎรเข้ามามีส่วนร่วมและโครงการนั้น ๆ ควรเป็นโครงการอเนกประสงค์ ดังเช่น พระราชดำริ ๓ หมู่บ้านสหกรณ์สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2519 ใจความว่า

"การสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อรับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอกับการเพาะปลูกในฤดูแล้ง เพราะปริมาณน้ำมีน้อย ตลอดจนอัตราการซึมและการระเหยสูงจึงต้องทำการสำรวจแหล่งน้ำอย่างจริงจัง ทั้งในบริเวณโครงการฯ และนอกเขตพื้นที่โครงการฯ แม้จะเป็นร่องน้ำเล็ก ๆ ก็ปิดกั้นไว้เพื่อให้ปริมาณน้ำค่อย ๆ เพิ่มขึ้น สำหรับร่องน้ำที่ไม่มีกระแสแต่พอมีความชื้นอยู่บ้างก็ควรสำรวจน้ำใต้ดินและปลูกพืชชนิดโตเร็วมีลักษณะต้นเตี้ยและมีใบมาก เพื่อคลุมร่องน้ำอันเป็นการช่วยรักษาและแผ่ขยายความชื้น ทั้งนี้ต้องปรึกษาและขอความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ป่าไม้ ผลพลอยได้ที่จะได้รับจากการกั้นฝายก็คือ ปุ๋ยธรรมชาติที่ตกตะกอนอยู่ตามสันฝาย ซึ่งสามารถนำขึ้นมาใช้ในแปลงเพาะปลูกได้ การหาแหล่งน้ำอีกวิธีหนึ่งก็คือ การเจาะเพื่อนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ซึ่งราษฎรที่เคยอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นเคยทำมาแล้ว สิ่งสำคัญที่สุดก็คือ เจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายและราษฎรจะต้องร่วมมือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเพื่อผลประโยชน์ของส่วนรวม"

พระราชดำริในการพัฒนาแหล่งน้ำของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวนั้น มิได้ทรงมุ่งพิจารณาอยู่แต่การคิดเก็บกักน้ำโดยอ่างน้ำหรือฝายเล็ก ๆ บริเวณต้นน้ำลำธารเท่านั้น แต่เป็นการ

มุ่งพัฒนาแบบบูรณาการเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้ทรัพยากรทุกอย่างในพื้นที่ลุ่มน้ำพร้อม ๆ กันไป โครงการหลวงพัฒนาต้นน้ำหน่วยที่ 14 ปางหินฝน จังหวัดเชียงใหม่ เป็นหนึ่งในหลายพื้นที่ที่ พระองค์ท่านให้พระราชดำริไว้เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2522 ว่า



"การจัดทำโครงการใด ๆ ก็ตาม ประการแรกจะต้องคำนึงถึง การพัฒนาที่ทำกินสำหรับคนงานในโครงการฯ ตลอดจน ราษฎรในบริเวณนั้นให้เพียงพอเสียก่อน ทั้งนี้ต้องทำการ ตรวจสอบแหล่งน้ำอย่างกว้างขวางเพื่อทำฝายเล็ก ๆ กันเพื่อเก็บ กักน้ำและหาทางผันน้ำมาใช้ในแปลงเพาะปลูก"

ถัดจากพื้นที่ต้นน้ำลำธารลงมาสู่พื้นที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำก่อนถึงพื้นที่ลุ่มที่ใช้ทำนาใน หลายพื้นที่มักมีแหล่งที่สามารถพัฒนาเป็นแหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่เพื่อเอื้ออำนวยน้ำ ทั้งด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และใช้ในครัวเรือนได้อย่างมากนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระวิจรรณญาณที่ล้ำลึก เชื่อมโยงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อประโยชน์อเนกประการแก่ชุมชน ได้ลุ่มน้ำได้อย่างละเอียดละออ ดังที่เห็นได้จากพระราชดำริที่ให้ไว้กับโครงการเขื่อนเก็บกักน้ำ คลองท่าด่าน จังหวัดนครนายก เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2519 ดังนี้



"วัตถุประสงค์สำคัญของโครงการฯ ประการแรกคือ การกักน้ำไว้สำหรับส่งไป ยังพื้นที่เพาะปลูกได้ สม่าเสมอตลอดปี อันจะทำให้สามารถทำการเพาะปลูก ได้ถึงปีละ 2 ถึง 3 ครั้ง นอกจากนั้นยังสามารถผลิต กระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในตัวเมือง และใช้เป็นพลังงาน สำหรับการชลประทานในพื้นที่ราบ เช่น การสูบน้ำไป ยังพื้นที่เพาะปลูกที่เป็นที่ดอน ตลอดจนสามารถ

ป้องกันอุทกภัยได้อย่างได้ผลอีกด้วย ในการดำเนินการสำรวจจะต้องพิจารณาตัดถนนเชื่อมโยง ระหว่างเส้นทางคมนาคมที่มีอยู่แล้วกับหัวงาน ซึ่งจะต้องคำนึงถึงการอนุรักษ์ธรรมชาติด้วย ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นทางลำเลียง ขนส่ง และเป็นการสะดวกในการดูแลป้องกันการลักลอบทำลายต้นน้ำ สำหรับตัวเขื่อนก็ควรดำเนินการสร้างโดยรีบด่วน โดยระหว่างการทำก่อสร้างการทำงานชั่วคราวปิดกั้น ทางน้ำ ต้องหาวิธีผันน้ำไปตามทางน้ำเดิม เพื่อไม่ให้ราษฎรใช้น้ำเดือดร้อน ในขณะเดียวกัน

ควรสำรวจแนวที่ขุดคลองส่งน้ำ โดยมีอ่างกักน้ำเป็นระยะ ๆ เพื่อให้สามารถจ่ายน้ำได้อย่างทั่วถึงเมื่อโครงการเสร็จสมบูรณ์แล้ว”



ภาพที่ 3.15 เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

“เขื่อนป่าสักที่ตอนแรกนี้ก็จะทำได้ 1,350 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่ว่าแก้ไปแก้มาก็เหลือ 750 ล้านกว่า ๆ แม้เขื่อนป่าสักเขื่อนเดียวอย่างนี้ก็ตาม ตัวเลขที่ให้ไว้ตะกี้ก็พอ พอสำหรับการบริโภค แน่นอมนไม่แห้งถ้าไปเติมอีกโครงการที่นครนายกอีก 240 ล้านคือ นั่นคนจะต้องเริ่มเอะอะ เวลาฟังดูว่า แม่น้ำนครนายกเพราะว่าเอะอะเดี๋ยวจะทำที่ต้องบุกป่าต้องบุกอุทยานแห่งชาติ ไม่ใช่ตอนนี้ ะยะนี้จะไม่สร้างใน

ป่าสงวน ในป่าของอุทยาน หรือถ้าเข้าไปหน่อยก็จะไม่มีต้นไม้ มีแต่กล้วยไม้ อันนี้ที่จะสร้างที่ใกล้บ้านท่าด่านที่บ้านท่าด่านนี้ มีคนเค้ามักมีการคัดค้านบอกว่า มีโครงการพระราชดำริอยู่ที่นั่น มีสายท่าด่านซึ่งสร้างมาเป็นเวลาเกิน 10 ปีแล้ว บริการเกษตรกรในเขตของนครนายก ทำให้ได้น้ำสำหรับการเกษตรกรรมประมาณหมื่นกว่าไร่ สายอันนั้นเป็นสายที่ใหญ่ สายอันนั้นจะต้องถูกรอบ เพราะว่าพระราชดำรินั้นก็เป็นความคิดของพระราชา ถ้าหากความคิดของพระราชนั้นแต่ต้องไม่ได้ก็หมายความว่า เมืองไทยนี้ไม่มีความก้าวหน้า แต่ว่าสายอันนั้นตามพระราชดำริได้บริการประชาชนมาเป็นเวลานานแล้วก็ได้ผลคุ้มค่าแล้ว ตอนนี้จะสร้างอะไรที่มากลบโครงการพระราชดำรินี้ก็ต้องอนุญาต”



ภาพที่ 3.16 แม่น้ำปากพนัง

แล้วก็ทรงยกตัวอย่างที่ โครงการปากพนังว่า ...

“ส่วนหนึ่งที่จะแจ้งให้ได้ว่ากำลังทำอยู่ คือโครงการที่ปากพนัง ปากพนังเมื่อสองสามปีนี่ต้องไปช่วยแล้ว ก็มีโครงการของทางราชการทั้งทางทหารพลเรือนต้องไปช่วย แม่น้ำบริโภคของอำเภอปากพนังนั้น ต้องบรรทุกรถไปให้ การบรรทุกรถไปให้นี้ท่านนักเศรษฐกิจต่าง ๆ ก็ยอมทราบดีว่า มันขาดทุนแค่ไหน”

ถ้าหากสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ สิ้นเงินเป็นสิบ ๆ ล้านหรือร้อยล้าน ถ้าหากว่าสร้างแล้วจะสามารถที่จะบริการประชาชนได้ โดยไม่ต้องบรรทุกรถด้วยรถ การบรรทุกรถด้วยรถจะต้องใช้เงินงบประมาณเป็นร้อย ๆ ล้าน อย่างคนที่ไม่ได้คิดเมื่อครั้งมีผู้อพยพเขมรที่เขาอีต่าง อันนั้นต้องบรรทุกรถน้ำมาจากห้วยชัน ใช้รถบรรทุกรถมาทุกวันหลาย ๆ คันรถ ซึ่งคำนวณดูแล้ว ค่าน้ำมัน ค่าบริการ

ค่าสึกหรอนั้นเป็นล้าน ๆ บาท จึงได้ขอให้สร้างอ่างเก็บน้ำใกล้กับเขาด่าง แล้วก็ให้ขอทางสหประชาชาติให้ช่วย ลงท้ายสร้างเท่ากับได้น้ำฟรีเลยไม่ต้องบรรทุก ต่อต่อมาแล้วก็อยู่สบาย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งมาเป็นมากมาย เป็นล้าน ๆ บาท ก็เช่นเดียวกันที่ภาคใต้ที่ปากพนังทำโครงการ เดียวนี้กำลังดำเนินอยู่แล้วก็หวังว่าจะเสร็จภายใน 3 ปี ภายใน 3 ปีนี้ก็จะอยู่ในระยะเทศกาลฉลองปีที่ 50 ในรัชกาลปัจจุบันซึ่งก็ใครต่อใครก็เริ่มคิดว่า อยากจะทำกันฉลองปีที่ 50 ในรัชกาลปัจจุบันซึ่งจะเริ่มในปี 38 คือปี 38 มันก็มีความหมายดีและก็ทำให้ลครึกครื้นดีทำให้ผู้อื่นปลื้มใจดีทั่วทั้งประเทศ โครงการนั้นก็คือควบคุมไม่ให้น้ำเค็มเข้ามาในคลองชะอวด แล้วสามารถที่จะทำนาในอำเภอเชียรใหญ่อย่างดี แม้จะอุทกน้ำท่วมก็เก็บน้ำไว้ได้ เพื่อที่จะทำนาต่อไป ชดเชยหรือถ้าหากว่าจะทำโครงการดี ๆ แม้จะฝนลงมามาก น้ำจะท่วมเล็กน้อย แต่ก็ข้าวในอำเภอเชียรใหญ่ซึ่งเป็นอำเภอใหญ่ เชียรใหญ่ หัวไทร ปากพนังมีพื้นที่ทำนาเป็นแสนไร่ เดียวนี้ เวลาที่ทำข้าวไม่ค่อยมากก็เสียด้วยน้ำมากเกินไปหรือน้ำน้อยเกินไปทั้งสองอย่าง ถ้าเราลงทุนเป็นพันล้าน แล้วก็จะได้ควบคุมน้ำนั้นได้ให้เป็นน้ำจืดน้ำใช้ได้ บางคนอาจจะเอะอะว่า นาทุ่งละ นาทุ่งจะทำได้ทำไม่ได้ เพราะว่าทางอำเภอหัวไทรอยู่ใกล้ทะเล และก็มีคลองที่เรียกว่า คลองปากพนังขนานกับฝั่งทะเลคลองนั้น ยอมให้เป็นน้ำกร่อยจะทำนาทุ่งได้อย่างเป็นล่ำเป็นสันซึ่งประเทศไทยสามารถจะส่งนอก เมื่อเนื้อทุ่งส่งออกไปจำนวนมากที่สุดในโลก ขายไปประเทศญี่ปุ่นถึงอเมริกา และนอกจากทุ่งก็ปลาที่ทำในนาทุ่งนั้นก็จะสามารถที่จะเป็นรายได้เข้าประเทศอย่างมากมาย ประชาชนที่ทำกิจการเหล่านั้นก็จะร่ำรวยไม่เสียเพราะว่าแยกน้ำกร่อยกับน้ำจืดใช้ในโครงการที่เล็งเอาไว้ให้สร้างได้ผลภายใน 3 ปี ซึ่งทางกรมชลประทานและทางเจ้าหน้าที่ทหารและพลเรือนอื่น ๆ ก็ได้ร่วมมือ กำลังทำอยู่เดี๋ยวนี้ ซึ่งก็จะ เป็นผลและอันนี้ก็จะเกี่ยวข้องกับน้ำเหมือนกัน"

ในส่วนของการจัดการคุณภาพน้ำนั้น พระองค์ได้ทรงพระราชดำริให้ใช้ทฤษฎี "น้ำดีไล่น้ำเสีย"



โดยใช้หลักการตามธรรมชาติแห่งแรงโน้มถ่วงของโลกประยุกต์กับการบำบัดน้ำเสียในเขตเมือง เช่น ใช้น้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาส่งเข้าไปในคลองบางเขน คลองบางซื่อ คลองแสนแสบ คลองเทเวศน์ หรือคลองบางลำภู ฯลฯ ให้ไหลเวียนไปตามลำคลองได้ตลอด เพื่อนำน้ำเน่าเสียและชักพาสิ่งโสโครกออกไปจากคลอง การใช้ฝักตบขวากรองน้ำเสียในบึงมักกะสัน การใช้ทฤษฎีบำบัดน้ำเสียแบบ "สระเติมอากาศชีวภาพบำบัด" ในบึงพระราม 9 การใช้ทฤษฎีบำบัดน้ำเสียด้วยการผสมผสานระหว่างพืชน้ำกับระบบการเติมอากาศ ณ บริเวณหนองสนม-หนองหาน การประยุกต์ทฤษฎีบำบัดน้ำเสียและวัชพืชบำบัด ณ แหลมผักเบี้ย ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการเติมอากาศด้วยกังหันน้ำชัยพัฒนาและทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบ่อบำบัดน้ำเสียโดยการใช้อุณหภูมิสูง

พระราชดำริในส่วนนี้แสดงถึงพระปรีชาสามารถอันสูงยิ่งในการควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในสภาพดี ก่อนที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง แหล่งน้ำ และมหาสมุทร ทั้งนี้ไม่ใช่เป็นเพียงเพื่อความผาสุกของปวงชนทั้งหลายเท่านั้น แต่ยังเป็นการปกป้องระบบนิเวศทางน้ำให้สัตว์น้ำสามารถอยู่อาศัยได้ยั่งยืน



ที่มา : web.ku.ac.th  
ภาพที่ 3.18 โครงการแก้มลิง

ลงมาถึงปลายสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังเช่นลุ่มน้ำเจ้าพระยา ซึ่งภัยพิบัติจากอุทกภัยเกิดปัญหาแก่ราษฎรในกรุงเทพฯ และปริมณฑลในเกือบทุกปีนั้น โครงการแก้มลิง อันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เป็นพระปรีชาญาณที่ชี้ให้เห็นว่าพระองค์ท่านได้ทรงวิเคราะห์กระบวนการไหลของน้ำทั้งระบบ ตั้งแต่ยอดเขาลงถึงปากแม่น้ำ เป็นการบูรณาการการใช้ประโยชน์ทุกสาขาวิชาการเพื่อแก้ปัญหาทั้งระบบอันเป็นการแก้ปัญหาระยะยาวตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำลำธาร จนถึงปากแม่น้ำ



ที่มา : gotoknow.org  
ภาพที่ 3.19 พระเจ้าอยู่หัวกับ  
โครงการฝนหลวง

ในปี พุทธศักราช 2499 จึงได้ทรง พระมหากรุณา พระราชทาน โครงการพระราชดำริ "ฝนหลวง" ให้ หม่อมราชวงศ์เทพฤทธิ์ เทวกุล รับไปดำเนินการศึกษาวิจัย และการพัฒนากรรมวิธีการทำฝนให้บังเกิดผลโดยเร็ว พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงกำหนดขั้นตอนของ กรรมวิธีการทำฝนหลวงขึ้นเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย ๆ ตามลำดับ ดังนี้

#### ขั้นตอนที่หนึ่ง : "ก่อกวน"

เป็นขั้นตอนที่เมฆธรรมชาติ เริ่มก่อตัวทางแนวตั้ง การปฏิบัติการฝนหลวง ในขั้นตอนนี้จะมุ่งใช้สารเคมีไป กระตุ้นให้มวลอากาศเกิดการลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน เพื่อให้ เกิดกระบวนการชักนำไอน้ำ หรือ ความชื้นเข้าสู่ระบบการ เกิดเมฆ ระยะเวลาที่จะปฏิบัติการในขั้นตอนนี้ ไม่ควรเกิน 10.00 น. ของแต่ละวัน โดยการใช้สารเคมีที่สามารถดูดซับ ไอน้ำจากมวลอากาศได้ แม้จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์

ต่ำ (มี ค่า Critical relative humidity ต่ำ) เพื่อกระตุ้นกลไกของกระบวนการกลั่นตัวไอน้ำในมวล อากาศ (เป็นการสร้าง Surrounding ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเมฆด้วย) ทางด้านเหนือลม ของพื้นที่เป้าหมาย เมื่อเมฆเริ่มเกิดมีการก่อตัวและเจริญเติบโตทางตั้งแล้ว จึงใช้สารเคมีที่ทำให้ ปฏิกริยาคายความร้อน โปรยเป็นวงกลม หรือเป็นแนวถัดมาทางใต้ลมเป็นระยะทางสั้น ๆ เข้าสู่ก้อน เมฆ เพื่อกระตุ้นให้เกิดกลุ่มแกนร่วม (main cloud core) ในบริเวณปฏิบัติการสำหรับใช้เป็น ศูนย์กลางที่จะสร้างกลุ่มเมฆฝนในขั้นตอนต่อไป

#### ขั้นตอนที่สอง : "เลี้ยงให้อ้วน"

เป็นขั้นตอนที่เมฆกำลังก่อตัวเจริญเติบโตซึ่งเป็นระยะสำคัญมาก ในการปฏิบัติการ ฝนหลวง เพราะจะต้องไปเพิ่มพลังงานให้แก่ updraft ให้อ้วนนานออกไป ต้องใช้เทคโนโลยีและ ประสบการณ์หรือศิลปะแห่ง การทำฝนควบคู่ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อตัดสินใจโปรยสารเคมีฝนหลวง ชนิดใด ณ ที่ใดของกลุ่มก้อนเมฆและในอัตราใดจึงเหมาะสม เพราะต้องให้กระบวนการเกิดละออง เมฆสมดุลกับความแรงของ updraft มิฉะนั้นจะทำให้เมฆสลาย

#### ขั้นตอนที่สาม : "โจมตี"

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกรรมวิธีปฏิบัติการฝนหลวง เมฆ หรือกลุ่มเมฆฝนมีความหนาแน่น มากพอที่จะสามารถตกเป็นฝนได้ ภายในกลุ่มเมฆจะมีเม็ดน้ำขนาดใหญ่มากมาย หากเครื่องบินบิน เข้าไปในกลุ่มเมฆฝนนี้ จะมีเม็ดน้ำเกาะตามปีกและกระจังหน้าของเครื่องบิน เป็นขั้นตอนที่สำคัญ

และอาศัยประสบการณ์มาก เพราะจะต้องปฏิบัติการเพื่อลดความรุนแรงของ updraft หรือทำให้อายุของ updraft หดไป สำหรับการปฏิบัติการในขั้นตอนนี้จะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการทำฝนหลวง ซึ่งมีอยู่ 2 ประเด็นคือเพื่อเพิ่มปริมาณฝนตก (Rain enhancement) และเพื่อให้เกิดการกระจายการตกของฝน (Rain redistribution)

ด้วยความสำคัญและปริมาณความต้องการให้ปฏิบัติการฝนหลวงช่วยเหลือทวีจำนวนมากขึ้น ฉะนั้นเพื่อให้งานปฏิบัติการฝนหลวงสามารถ ปฏิบัติการช่วยเหลือเกษตรกรได้กว้างขวาง และได้ผลดียิ่งขึ้น รัฐบาลจึงได้ตราพระราชกฤษฎีกาก่อตั้ง สำนักงานปฏิบัติการฝนหลวงขึ้นในสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวง เกษตรและสหกรณ์ เมื่อวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2518 เพื่อเป็นหน่วยงานรองรับโครงการพระราชดำริฝนหลวงต่อไป



### กิจกรรมที่ 3.2 มาประหยัดน้ำกันเถอะ

#### กำหนดให้

1. มีน้ำ 200 ลิตร นักเรียนจะมีวิธีการใช้น้ำอย่างไรให้ประหยัดและคุ้มค่าที่สุดที่สุดใน 1 วัน  
ตามรายการ ต่อไปนี้

1. อาบน้ำ	2 ครั้ง	ใช้ไป.....ลิตร
2. รดน้ำต้นไม้	20 กระถาง	ใช้ไป.....ลิตร
3. ซักผ้า	10 ชิ้น	ใช้ไป.....ลิตร
4. ล้างจาน	10 ใบ	ใช้ไป.....ลิตร
5. ใช้น้ำในห้องสุขา	2 ครั้ง	ใช้ไป.....ลิตร
6. คั้นและปรุงอาหาร	3 มื้อ	ใช้ไป.....ลิตร
7. ล้างรถ	1 คัน	ใช้ไป.....ลิตร
		<b>รวมใช้ไป.....ลิตร</b>

2. ให้เขียนแผนผังการใช้น้ำ

### กิจกรรมที่ 3.3 เราจะอยู่ที่ไหน

ปัจจุบันอุณหภูมิของโลกเริ่มเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากภาวะโลกร้อน ซึ่งไม่น่าอยู่เสียแล้ว สำหรับมนุษย์ นักวางผังเมือง ได้มีโครงการที่เรียกว่า “เมืองใต้น้ำ” เกิดขึ้น

ลักษณะเมืองใต้น้ำ จะต้องขุดลึกลงไปใต้ทะเลหรือมหาสมุทร และสร้างเมืองขึ้นมาด้วย วัสดุโปร่งใส สามารถกันน้ำได้เป็นอย่างดี เหมือนอยู่ในอุโมงค์ใต้น้ำ โดยมีหลักการดำเนินชีวิตคือ

#### 1. มีคณะกรรมการดำเนินการดูแล ได้แก่

1.1 ผู้อำนวยการเมืองใต้น้ำ จำนวน 1 คน และผู้ช่วย จำนวน 4 คน

1.2 แพทย์ จำนวน 5 คน และพยาบาล จำนวน 20 คน

1.3 วิศวกรรวม จำนวน 10 คน

1.4 เจ้าหน้าที่ดูแลด้านไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวก จำนวน 15 คน

1.5 เจ้าหน้าที่ทำความสะอาด จำนวน 20 คน

1.6 พ่อครัว จำนวน 10 คน

#### 2. สิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำรงชีวิตมาจาก

2.1 นำน้ำทะเลมาแยกออกด้วยกระแสไฟฟ้า ได้แก่ออกซิเจนใช้ในการหายใจ

ส่วนแก๊สไฮโดรเจนนั้นนำไปใช้ในการผลิตพลังงานในเมืองใต้น้ำ

2.2 สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำการขึ้นและลงของน้ำทะเลหรือมหาสมุทร

2.3 สร้างเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่บนพื้นดิน

ทำให้ได้น้ำจืดเพียงพอต่อการดำรงชีวิต

2.4 อาหารที่สำคัญมาจากการปลูกพืชไฮดรอปอนิกส์ที่ใช้แร่ธาตุและน้ำโดยไม่ใช้ดิน ผลพลอยได้คือผลิตภัณฑ์ออกซิเจนให้กับมนุษย์ นอกจากนี้กำหนดการจับปลาสดๆ 1 ครั้ง และมีการจัดเก็บในห้องแช่เย็น

2.5 ท่วมทั้งเมืองใต้น้ำระบบควบคุมอุณหภูมิเย็นสบายด้วยระบบ “tea pot” ที่คอยเตือนเมื่อเกิดการรั่วไหลของน้ำทะเลและอากาศจากภายนอก

2.6 มีระบบสิ่งอำนวยความสะดวกครบครันเช่นเดียวกับเมื่ออยู่บนพื้นดิน

2.7 น้ำเสียที่เกิดขึ้นในเมืองใต้น้ำ จะถูกบำบัดก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก

2.8 ทุกคนที่เข้าไปอยู่ในเมืองใต้น้ำ ต้องเสียเงินในการอาศัยอยู่โดยมีห้องทั้งหมด

200 ห้อง ห้องละ 2 คน รวมจำนวน 400 คน ในจำนวนนี้มีคนแก่ 50 คน เด็กและวัยรุ่น 300 คน

ผู้ใหญ่ 50 คน

2.9 ทุกคนสามารถนำเครื่องใช้และสิ่งอำนวยความสะดวกส่วนตัว มาใช้ได้โดยไม่จำกัด

ทุกคนมีความสุขกับสิ่งแปลกใหม่ที่ได้พบ แต่อนิจจาพบว่าเกิด การรั่วซึมของวัสดุที่ใช้ ป้องกัน ทำให้เกิดปัญหาดังนี้

1. ระบบเตือนภัยได้ส่งสัญญาณ ทำให้อากาศภายในเมืองได้สมุทรไม่เย็นสบายเหมือนก่อน และจำเป็นต้องลดการใช้พลังงานลง

2. พืชจากการปลูกมีปัญหาเกิดการเน่าของรากและมีจุดที่ใบซึ่งอาจเกิดเนื่องจากการรื้อซึมของน้ำทะเล

3. อาหารที่เก็บรักษาไว้ ได้แก่ ปลาและผัก อาจเน่าเสียเนื่องจาก อุณหภูมิและการลดการใช้พลังงาน

4. เกิดออกซิเจนอาจมีปัญหา ทำให้คนที่อยู่ตามห้องต่าง ๆ ต้องมาอยู่รวมกันในพื้นที่ส่วนกลางและปิดห้องขนาดเล็กลงจำนวนครึ่งหนึ่ง โดยจะต้องพิจารณาว่าใครจะเป็นผู้เสียสละ

5. ระบบบำบัดของเสียต่าง ๆ จากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ที่ปล่อยออกมาจากเมืองได้น้ำขุ่นข้น ทำให้น้ำเริ่มเน่าเสีย สัตว์น้ำตายลงหลายชนิด อาหารอาจไม่เพียงพอต่อจำนวนคนทั้งหมด อาจต้องรับประทานอาหารวันละ 1 มื้อ

จากสถานการณ์ดังกล่าว

1. นักศึกษาคิดว่าควรมีการสร้างเมืองแบบนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้านักศึกษาเป็นคนที่อยู่ในเมืองได้น้ำ ใน 1 วันนักศึกษาก่อให้เกิดการปล่อยของเสียอะไรบ้างลงสู่แหล่งน้ำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## บทที่ 4

### ทรัพยากรป่าไม้

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดเปลืองไป แต่สามารถสร้างทดแทนและรักษา สภาพไว้ได้ แต่ด้วยสภาพในปัจจุบันจำนวนประชากรของโลกเพิ่มขึ้น ทำให้มีการนำป่าไม้มาใช้ ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น เช่น เพื่อการเพาะปลูก เพื่อสร้างที่อยู่อาศัยและประโยชน์ด้านต่าง ๆ จึงมี วิธีการทำลายป่าไม้ด้วยวิธีต่าง ๆ เพิ่มขึ้น หากอัตราการนำป่าไม้มาใช้มากกว่าอัตราการงอกเงยของ ป่าไม้แล้ว ความเสียหายต่าง ๆ จะเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การเกิดภาวะอากาศแปรปรวน ดินหมด ความอุดมสมบูรณ์ ขาดแคลนน้ำและกลายเป็นทะเลทรายในที่สุด

#### 1. ความหมาย

##### ป่าไม้ (Forest)

หมายถึง : บริเวณที่มีต้นไม้หลายชนิด ขนาดต่าง ๆ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและกว้างใหญ่ มีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น เช่น ความเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ ของดินและน้ำ มีสัตว์ป่าและสิ่งมีชีวิตอื่นซึ่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

#### 2. ประโยชน์และความสำคัญของป่าไม้

##### 2.1 เป็นส่วนที่สำคัญมากส่วนหนึ่งของวัฏจักร

การหมุนเวียนแร่ธาตุและสสารในระบบนิเวศ เช่น น้ำ ออกซิเจน คาร์บอนและไนโตรเจน ต้องอาศัยป่าไม้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความสมดุลแห่งระบบนิเวศ

##### 2.2 ป่าช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ

เมื่อฝนตกน้ำฝนบางส่วนจะถูกต้นไม้ในป่าดูดซับไว้ แล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยให้ไหลลงสู่ ผิวดิน อีกส่วนหนึ่งจะซึมลงสู่ดินชั้นล่าง สามารถลดการพังทลายของดินได้ ลดการกัดเซาะหน้าดิน ที่อุดมสมบูรณ์ ป้องกันการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและสามารถลดความรุนแรงของการเกิดภาวน้ำท่วม เนื่องจากต้นไม้ช่วยชะลอการไหลของน้ำบนผิวดิน และการมีป่าไม้ปกคลุมดินจะช่วยป้องกันการ กัดเซาะได้ดีกว่าปลูกพืชชนิดอื่น ๆ

##### 2.3 ช่วยปรับสภาพบรรยากาศ

เนื่องจากป่าไม้ช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นในดินไว้ ร่มเงาของป่าช่วยป้องกันไม่ให้ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวดินโดยตรง บริเวณป่าไม้จะมีน้ำที่เกิดจากการระเหยจากใบ และลำต้นกลายเป็นไอน้ำในอากาศจำนวนมาก อากาศเหนือป่าไม้จึงมีความชื้นมาก เมื่ออุณหภูมิ

อากาศลดลงไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกิดเป็นเมฆจำนวนมาก สุดท้ายก่อให้เกิดฝนตกลงมาในป่า ที่มีต้นไม้หนาแน่นและส่งผลให้พื้นที่ใกล้เคียงได้รับน้ำฝน ทำให้สภาพอากาศที่ชุ่มชื้นแม้กระทั่งในฤดูร้อน ดังนั้นพื้นที่ที่มีป่าไม้มาก เช่น เขาใหญ่ ดอนอินทนนท์ ภูกระดึง เขาหลวง จะเห็นว่ามีเมฆปกคลุมอยู่บนภูเขาและจะมีฝนตกมากกว่าบริเวณข้างล่าง

#### 2.4 ป่าไม้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร

ในบริเวณที่ป่าไม้มีความสมบูรณ์ต้นไม้มีรากลึกและขนานไปอยู่ในดิน อินทรีย์วัตถุจากต้นไม้และสัตว์ป่าจะช่วยปรับโครงสร้างของดินให้มีรูพรุนที่สามารถเก็บกักน้ำได้ดี น้ำฝนที่ผ่านต้นไม้จะลงสู่ดินในแนวคิ่งแล้วค่อย ๆ ไหลซึมกระจายไปตามรากที่แตกแขนงออกไปตามอนุภาคดิน รูพรุนที่อยู่ในดินเฉพาะรูพรุนขนาดเล็กในเม็ดดินนั้นสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่าน้ำหนักของเม็ดดินแห้งถึง 3-10 เท่า และน้ำที่กักเก็บไว้นั้นจะค่อย ๆ ปลดปล่อยสู่ชั้นน้ำใต้ดินเพื่อลงสู่แหล่งน้ำลำธาร ป่าจึงเปรียบได้กับฟองน้ำขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ ถ้าป่าเกิดในที่สูงน้ำที่กักเก็บไว้จะค่อย ๆ ซึมลงมารวมกันตามหุบเขาเกิดธารน้ำเล็ก ๆ มากมายและกำเนิดแม่น้ำลำธารที่สามารถมีน้ำใช้ได้ทุกฤดูกาล เป็นต้น

#### 2.5 ป่าไม้เป็นแหล่งปัจจัยดี ป่าไม้เป็นแหล่งผลิตและผู้ผลิต

ป่าไม้มีความผูกพันต่อความเป็นอยู่จากอดีตจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ การนำไม้มาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย เป็นเครื่องตกแต่งบ้าน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มอาหาร และได้รับอาหารจากป่าโดยตรง เช่น ได้ส่วนของผล เมล็ด ใบ ดอก ลำต้น น้ำผึ้ง หรือเนื้อสัตว์ป่า สมุนไพรหรือยาแผนโบราณที่ใช้รักษาโรคส่วนใหญ่ได้มาจากผลิตภัณฑ์ของป่าไม้ ได้มีการนำสมุนไพรจากป่ามาดัดแปลงสกัดเอาส่วนที่สำคัญ จากเปลือก ดอก ผล เมล็ด ราก นำมาใช้ในการผลิตยารักษาโรคที่ออกมาในรูปของยาเม็ด ยาน้ำ หรือแคปซูล เช่น เปลือกต้นชิงโคนำ มาสกัดทำยาควินินเพื่อรักษาโรคมalaria

#### 2.6 เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า

ป่าไม้จัดว่าเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและหลบภัยที่สำคัญที่สุดของสัตว์ป่า ซึ่งสัตว์เหล่านี้มีความสำคัญต่อมนุษย์ เช่น เป็นอาหาร ยารักษาโรค ช่วยขจัดแมลงและประดับป่าไม้ให้เกิดความงดงาม การทำลายพื้นที่ป่าจึงเสมือนทำลายสัตว์ป่าด้วย

#### 2.7 เป็นแนวป้องกันลมพายุ

เมื่อลมพายุพัดมาปะทะพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางความเร็วและลมพายุจะลดลง ดังนั้นลมพายุที่พัดผ่านแนวป่าไม้จะมีความเร็วน้อยกว่าพัดผ่านที่โล่งแจ้ง ช่วยลดความเสียหายของสิ่งก่อสร้าง ป่าไม้จึงเป็นกำแพงธรรมชาติที่ช่วยป้องกันความรุนแรงของลมพายุได้

## 2.8 ใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

ธรรมชาติของป่าไม้จะเต็มไปด้วยสีเขียวชอุ่ม ร่มเย็น ก่อให้เกิดความสบายตาเมื่อพบเห็นความสดสวยงดงามของดอกไม้ ความชุ่มชื้น น้ำในลำธารที่ใสสะอาด ความเงิบสงบจากเสียงรบกวนของชุมชน ความน่าชมและน่ารักของสัตว์ป่า ทำให้เขตป่าไม้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ในช่วงวันหยุดต่าง ๆ จะพบเห็นประชาชนทั้งในท้องถิ่นและในเมืองจำนวนมากเดินทางไปเที่ยวหรือพักผ่อนหย่อนใจในเขตอุทยานแห่งชาติ วนอุทยาน สวนพฤกษศาสตร์ สวนป่า และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นต้น

## 2.9 ช่วยลดมลพิษทางอากาศ

เนื่องจากป่าไม้เป็นตัวช่วยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์อาหารแล้วปลดปล่อยแก๊สออกซิเจนมาให้กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บนโลก ความสมดุลระหว่างออกซิเจนและการ์บอนไดออกไซด์ในอากาศจึงเกิดขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าต้นไม้มีประโยชน์มาก ในเมืองใหญ่ ๆ ซึ่งมีแต่ป่าคอนกรีตและไม่ค่อยมีต้นไม้ อากาศในเมืองจึงมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง การปลูกต้นไม้มาก ๆ จะช่วยลดปริมาณแก๊สชนิดนี้ลงได้

เนื่องจากป่าไม้สามารถเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อประชาชนได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังที่กล่าวมาแล้ว ป่าไม้เมื่อถูกทำลายลงแล้วยากที่จะฟื้นฟูให้กลับสู่สภาพเดิมได้ ดังนั้นเพื่อประโยชน์ของเราเองและต่อประเทศชาติโดยส่วนรวม โปรดช่วยดูแลรักษาป่าเพื่อให้ป่านั้น ๆ มีอยู่และเอื้ออำนวยประโยชน์ตลอดไป

## 3. ชนิดของป่าไม้ในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการผลัดใบและไม่ผลัดใบ

### 3.1 ป่าประเภทที่ไม่ผลัดใบ (Evergreen)

ป่าประเภทนี้มองดูเขียวชอุ่มตลอดปี เนื่องจากต้นไม้แทบทั้งหมดที่ขึ้นอยู่ เป็นประเภทที่ไม่ผลัดใบ ป่าไม้ชนิดสำคัญซึ่งจัดอยู่ในประเภทนี้ ได้แก่

#### 3.1.1 ป่าดงดิบ (Tropical Evergreen Forest or Rain Forest)

ป่าดงดิบที่มีอยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ แต่ที่มีมากที่สุด ได้แก่ ภาคใต้และภาคตะวันออก ในบริเวณนี้มีฝนตกมากและมีความชื้นมากกว่าในท้องที่ภาคอื่น ป่าดงดิบมักกระจายอยู่บริเวณที่มีความชุ่มชื้นมาก ๆ เช่น ตามหุบเขาริมแม่น้ำลำธาร ห้วย แหล่งน้ำ และบนภูเขา ซึ่งสามารถแยกออกเป็นป่าดงดิบชนิดต่าง ๆ ดังนี้

### 1) ป่าดิบชื้น (Moist Evergreen Forest)

เป็นป่ารกทึบมองดูเขียวชอุ่มตลอดปี มีพันธุ์ไม้หลายร้อยชนิดขึ้นเบียดเสียดกันอยู่ มักจะพบกระจัดกระจายตั้งแต่ความสูง 600 เมตร จากระดับน้ำทะเล ไม้ที่สำคัญก็คือ ไม้ตระกูลยางต่าง ๆ เช่น ยางนา ยางเสียน ส่วนไม้ชั้นรอง คือ พวกไม้กอ เช่น กอน้ำ กอเคียว



ลักษณะโครงสร้างของสังคมป่าดิบชื้น (Moist Evergreen Forest)

ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.1 ป่าดิบชื้น

### 2) ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest)

เป็นป่าที่อยู่ในพื้นที่ค่อนข้างราบมีความชุ่มชื้นน้อย เช่น ในแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มักอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300-600 เมตร ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ มะค่าโมง ยางนา พะยอม ตะเคียนแดง กระเบาหลัก และตาเสือ





ที่มา : [cyberlab.lh1.ku.ac.th](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th)

ภาพที่ 4.2 ป่าดิบแล้ง

### 3) ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest)

ป่าชนิดนี้เกิดขึ้นในพื้นที่สูงๆ หรือบนภูเขาตั้งแต่ 1,000-1,200 เมตรขึ้นไปจากระดับน้ำทะเล ไม้ส่วนมากเป็นพวก Gymnosperm ได้แก่ พวกไม้จุนและสนสามพันปี นอกจากนี้ยังมีไม้ตระกูลกอกขึ้นอยู่ พวกไม้ชั้นที่สองรองลงมาได้แก่ เป้ง สะเดาช้าง และขมิ้นต้น



ลักษณะโครงสร้างของ ลังคมป่าดงดิบเขา (Hill Evergreen Forest)

ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.3 ป่าดิบเขา

### 3.1.2 ป่าสนเขา (Pine Forest)

ป่าสนเขามักปรากฏอยู่ตามภูเขาสูงส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ซึ่งมีความสูงประมาณ 200-1,800 เมตร ขึ้นไปจากระดับน้ำทะเลในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางที่อาจปรากฏในพื้นที่สูง 200-300 เมตร จากระดับน้ำทะเลในภาคตะวันออกเฉียงใต้ ป่าสนเขามีลักษณะเป็นป่าโปร่ง ชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญของป่าชนิดนี้คือ สนสองใบ และสนสามใบ ส่วนไม้ชนิดอื่นที่ขึ้นอยู่ด้วย ได้แก่ พันธุ์ไม้ป่าดิบเขา เช่น กอชนิดต่าง ๆ หรือพันธุ์ไม้ป่าแดงบางชนิด คือ เต็ง รัง เหียง พลวง เป็นต้น



ลักษณะโครงสร้างลังคมป่าสนเขา (Pine Forest)

ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.4 ป่าสนเขา

### 3.1.3 ป่าชายเลน (Mangrove Forest)

บางที่เรียกว่า "ป่าเลนน้ำเค็ม" หรือ ป่าเลน มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่นแต่ละชนิดมีราก ค้ำยันและรากหายใจ ป่าชนิดนี้ปรากฏอยู่ตามที่ดินเลนริมทะเลหรือบริเวณปากน้ำแม่น้ำใหญ่ ซึ่งมี น้ำเค็มท่วมถึง ในพื้นที่ภาคใต้มีอยู่ตามชายฝั่งทะเลทั้งสองด้าน ตามชายทะเลภาคตะวันออกมีอยู่ ทุกจังหวัด แต่ที่มากที่สุดคือ บริเวณปากน้ำเวฬุ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ตาม ป่าชายเลนส่วนมากเป็นพันธุ์ไม้ขนาดเล็ก ใช้ประโยชน์สำหรับการเผาถ่านและทำฟืนไม้ชนิด ที่สำคัญ คือ โกงกาง ประสัก ถั่วขาว ถั่วดำ โปรง ตะบูน แสมทะเล ลำพูและลำแพน ฯลฯ ส่วน ไม้พื้นล่างมักเป็นพวก ปรงทะเล เหงือกปลาหมอ ปอทะเล และเป้ง เป็นต้น



ที่มา : [cyberlab.lh1.ku.ac.th](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th)

ภาพที่ 4.5 ป่าชายเลน

### 3.1.4 ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืด (Swamp Forest)

ป่าชนิดนี้มักปรากฏในบริเวณที่มีน้ำจืดท่วมมาก ๆ ดินระบายน้ำไม่ดี ป่าพรุในภาคกลางมีลักษณะโปร่งและมีต้นไม้ขึ้นอยู่ห่าง ๆ เช่น กระจูด สุนุ่น จิก โมกบ้าน หวายน้ำ หวายโปร่ง กระจูด อ้อ และแขม ในภาคใต้ป่าพรุมีขึ้นอยู่ตามบริเวณที่มีน้ำขังตลอดปี ดินป่าพรุที่มีเนื้อที่มากที่สุดอยู่ในบริเวณจังหวัดนราธิวาส ดินเป็นพีทซึ่งเป็นซากพืชผุสลายทับถมกันเป็นเวลานาน ป่าพรุแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ ตามบริเวณซึ่งเป็นพรุน้ำกร่อยใกล้ชายทะเล ดินเสม็ดจะขึ้นอยู่หนาแน่นพื้นที่มีต้นกกชนิดต่าง ๆ เรียก "ป่าพรุเสม็ด หรือ ป่าเสม็ด" อีกลักษณะเป็นป่าที่มีพันธุ์ไม้ต่าง ๆ มากชนิดขึ้นปะปนกัน ชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญของป่าพรุ ได้แก่ อินทนิล น้ำหว่า จิก โสภณน้ำ กระทุ่มน้ำ ก้นกรรมา โกงจันกะทังหัน ไม้พื้นล่างประกอบด้วย หวาย ตะค้าทอง หมากแดง และหมากชนิดอื่น ๆ



ลักษณะโครงสร้างของป่าพรุ (Peat Swamp Forest)

ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.6 ป่าพรุหรือป่าบึง

### 3.1.5 ป่าชายหาด (Beach Forest)

เป็นป่าโปร่งไม่ผลัดใบ ขึ้นอยู่ตามบริเวณหาดชายทะเล น้ำไม่ท่วมตามฝั่งดินและชายเขาริมทะเล ต้นไม้สำคัญที่ขึ้นอยู่ตามหาดชายทะเล ต้องเป็นพืชทนเค็มและมักมีลักษณะไม้เป็นพุ่มลักษณะต้นคดงอ ใบหนาแข็ง ได้แก่ สนทะเล หูกวาง โพธิ์ทะเล กระทิง ตีนเป็ดทะเล หยีน้ำ มักมีดินเค็มและหญ้าต่าง ๆ ขึ้นอยู่เป็นไม้พื้นล่าง ตามฝั่งดินและชายเขามักพบ ไม้เถาวัลย์ มะคาแต้ กระบองเพชร เสม้า และไม้หนามชนิดต่าง ๆ เช่น ชิงชี หนามหัน กำจาย มะดันขอ เป็นต้น



ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.7 ป่าชายหาด

### 3.2 ป่าไม้ผลัดใบ จำแนกออกเป็น 4 ชนิด คือ

#### 3.2.1 ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest)

ป่าผลัดใบผสม หรือป่าเบญจพรรณ มีลักษณะเป็นป่าโปร่งและยังมีไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กระจัดกระจายทั่วไปพื้นที่ดิน มักเป็นดินร่วนปนทราย ป่าเบญจพรรณในภาคเหนือมักจะมีไม้สัก ขึ้นปะปนอยู่ทั่วไปครอบคลุมลงมาถึงจังหวัดกาญจนบุรี ในภาคกลางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก มีป่าเบญจพรรณน้อยมากและกระจัดกระจาย พันธุ์ไม้ชนิดสำคัญได้แก่ สัก ประดู่แดง มะค่าโมง ตะแบก เสลา อ้อยช้าง ส้าน ยม หอม ยมหิน มะเกลือ สมพง เก็ดดำ เก็ดแดง ฯลฯ นอกจากนี้มีไม้ไผ่ที่สำคัญ เช่น ไผ่ป่า ไผ่บง ไผ่ซาง ไผ่รวก ไผ่ไร่ เป็นต้น



ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.8 ป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณ

### 3.2.2. ป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest)

หรือที่เรียกกันว่า ป่าแดง ป่าพะยะ ป่าโคก ลักษณะทั่วไปเป็นป่าโปร่ง ตามพื้นป่ามักจะมี โจด ต้นแปรงและหญ้าเพ็ก พื้นที่แห้งแล้งดินร่วนปนทรายหรือกรวดลูกรัง พบอยู่ทั่วไปในที่ราบและที่ภูเขา ในภาคเหนือส่วนมากขึ้นอยู่บนเขาที่มีดินตื้นและแห้งแล้งมาก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีป่าแดงหรือป่าเต็งรังนี้มากที่สุด ตามเนินเขาหรือที่ราบดินทราย ชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญในป่าแดงหรือป่าเต็งรัง ได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง กรวด พะยอม ติ้ว แต้้ว มะค่าเต ประดู่แดง สมอไทย ตะแบกเลือดเสลงใจ รกฟ้า ฯลฯ ส่วนไม้พื้นล่างที่พบมาก ได้แก่ มะพร้าวเต่า ปุ่มเป้ง หญ้าเพ็ก โจด ปรงและหญ้าชนิดอื่น ๆ



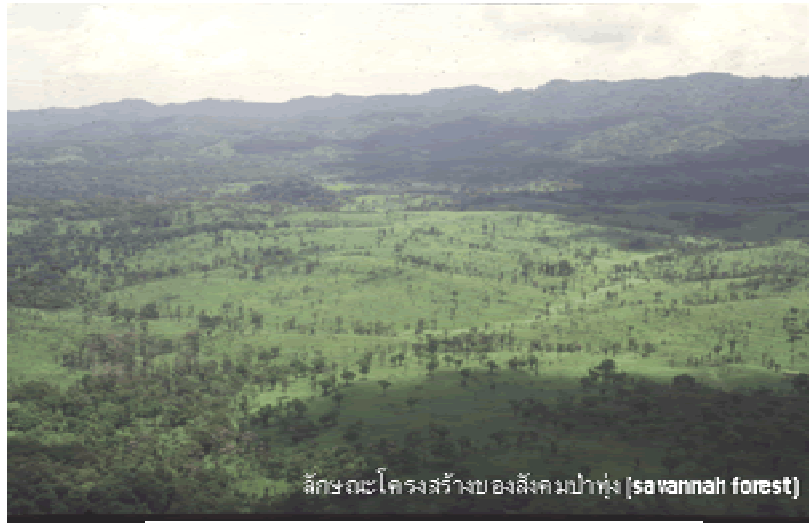
ลักษณะโครงสร้างของสังคมป่าเต็งรัง [Deciduous Dipterocarp Forest]

ที่มา : cyberlab.lh1.ku.ac.th

ภาพที่ 4.9 ป่าเต็งรัง

### 3.2.3 ป่าหญ้า (Savannas Forest)

ป่าหญ้ามียู่ทุกภาค บริเวณป่าที่ถูกแผ้วถางทำลาย บริเวณพื้นที่ดินที่ขาดความสมบูรณ์และถูกทอดทิ้ง หญ้าชนิดต่าง ๆ จึงเกิดขึ้นทดแทนและพอถึงหน้าแล้งก็เกิดไฟไหม้ ทำให้ต้นไม้บริเวณข้างเคียงล้มตาย พื้นที่ป่าหญ้าจึงขยายมากขึ้นทุกปี พืชที่พบมากที่สุดในพื้นที่ป่าหญ้าคือหญ้าคา หญ้าขนตาช้าง หญ้าโคมง หญ้าเพ็กและปุ่มเป้ง บริเวณที่พอมจะมีความชื้นอยู่บ้างและการระบายน้ำได้ดีก็มักจะพบพงและแขมขึ้นอยู่ และอาจพบต้นไม้ทนไฟขึ้นอยู่ เช่น ตับเต่า รกฟ้า ตานเหลือง ติ้วและแต้้ว



ลักษณะโครงสร้างของสังคมป่าทุ่ง (savannah forest)

ที่มา : [cyberlab.lh1.ku.ac.th](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th)

ภาพที่ 4.10 ป่าทุ่งหรือป่าหญ้า

#### 3.2.4 ป่าละเมาะ (scrub areds)

เป็นป่าเตี้ย ๆ อยู่ข้างหมู่บ้าน ประกอบไปด้วยไม้พุ่ม เล็ก ๆ กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป มีพวงสาบเสือ และหญ้าคาเป็นส่วนใหญ่



ที่มา : [www.savebird.com/Forest.htm](http://www.savebird.com/Forest.htm) - 16k -

ภาพที่ 4.11 ป่าละเมาะ

#### 4. สาเหตุที่ทำให้ป่าไม้ลดลง แบ่งออกเป็น 4 สาเหตุใหญ่ คือ

##### 4.1 เกิดจากความต้องการใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัยหรือทำมาหากิน

###### 4.1.1 การเพิ่มจำนวนประชากรของประเทศ

ทำให้ความต้องการจากภาคเกษตรกรรมมากขึ้น ความจำเป็นที่ต้องการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น พื้นที่ป่าไม้ในเขตภูเขาจึงเป็นเป้าหมายของการขยายพื้นที่เพื่อการเพาะปลูก การบุกรุกพื้นที่ป่า อาจกระทำโดยราษฎรสามารถบุกรุกเข้าครอบครองพื้นที่หลังการทำไม้ได้อย่างง่ายดาย จากการเพิกเฉยของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องหรือเกษตรกรเหล่านี้ทำการเกษตรโดยขาดการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเหตุให้มีหนี้สินเพิ่มขึ้นต้องขายที่ดินแล้วอพยพเข้าป่าลึกไปเรื่อย ๆ หรือการขายที่ดินผืนใหญ่ในราคาสูงขึ้นผิดปกติก่อนแก่นักลงทุนที่สนองนโยบายการท่องเที่ยวด้วยการสร้างรีสอร์ท สนามกอล์ฟ ยิ่งเป็นเหตุซ้ำเติมให้พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกมากขึ้น

###### 4.1.2 การส่งเสริมการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจเพื่อการส่งออก

เช่น มันสำปะหลัง ปอ ฯลฯ โดยไม่ส่งเสริมการใช้ที่ดินอย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้ง ๆ ที่พื้นที่ป่าบางแห่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการเกษตรกรรมเพาะปลูก เนื่องจาก

- 1) พื้นที่ขรุขระไม่สะดวกในการขุดไถพรวน
- 2) พื้นที่ลาดเอียงและง่ายต่อการเกิดภัยการ
- 3) ชั้นดินบางหลังจากการเพาะปลูกได้ไม่นาน
- 4) พื้นดินที่ถูกปล่อยทิ้งไว้ให้เป็นทุ่งหญ้าไม่สามารถปลูกพืชได้อีก

ทำให้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกด้วยการบุกรุกป่าเพิ่มมากขึ้นอีก กรณีของการส่งเสริมการเลี้ยงกึ่งกุลาคาก็เช่นกัน ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนถูกบุกรุกและทำลายลงกว่าครึ่งในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา

###### 4.1.3 ไฟไหม้ป่า

ประเทศไทยมักเกิดไฟไหม้ป่าในฤดูร้อนเป็นประจำทุกปี เพราะในฤดูร้อนพวกวัชพืชในป่าหรือจากการผลัดใบของต้นไม้ ใบไม้จะแห้งแล้งและติดไฟง่าย การสูญเสียป่าไม้เกิดขึ้นทุก ๆ ปีในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไฟป่าอาจเกิดจากการกระทำของคนหรือจากธรรมชาติ ผลเสียของไฟไหม้ป่าทำลายทรัพยากรป่าไม้ คือ

- 1) ทำลายต้นไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่
- 2) ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจากอิทธิพลทำลายและบางครั้งเกิดการพังทลายของดินตามมาด้วย
- 3) ทำให้โรคพืชระบาดกับต้นไม้ได้ง่าย เนื่องจากบางส่วนของต้นไม้ถูกทำลายโรคเห็ด รา แมลง เจาะไซเป็นไปได้ง่ายขึ้น
- 4) ต้นไม้ที่หยุดการเจริญเติบโตชั่วคราวจะถูกต้นไม้อื่นเบียดบังแสงจนทำให้



ต้นไม้แคระแกร็นไม่มีประโยชน์

5) ความชื้นในดินถูกทำลาย เนื่องจากพืชคลุมดินถูกทำลายพืชขาดแคลนน้ำ

#### 4.2 เกิดจากการพัฒนา

##### 4.2.1 การจัดสร้างสาธารณูปโภคของรัฐ

อาทิ เชื้อน อ่างเก็บน้ำ เส้นทางคมนาคม การสร้างเขื่อนขวางลำน้ำจะทำให้พื้นที่เก็บน้ำหน้าเขื่อนที่อุดมสมบูรณ์ถูกตัดโค่นมาใช้ประโยชน์ ส่วนต้นไม้ขนาดเล็กหรือที่ทำการย้ายออกมาไม่ทันจะถูกน้ำท่วมย่นต้นตาย เช่น การสร้างเขื่อนรัชชประภาเพื่อกั้นคลองแสง อันเป็นสาขาของแม่น้ำพุมดวง-ตาปี ทำให้น้ำท่วมบริเวณป่าดงดิบซึ่งมีพันธุ์ไม้หนาแน่นประกอบด้วยสัตว์นานาชนิดนับแสนไร่ ต่อมาจึงเกิดปัญหาน้ำเน่าไหลลงลำน้ำพุมดวง หรือการตัดถนนสายใหม่บางสายจำเป็นต้องตัดผ่านพื้นที่ป่าไม้ ทำให้สูญเสียไม้และพื้นที่ป่าเป็นจำนวนมาก เป็นการสูญเสียระหว่างการสร้างถนนและหลังจากการสร้างถนนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

##### 4.2.2 การทำเหมืองแร่

แหล่งแร่ที่พบในบริเวณที่มีป่าไม้ปกคลุมอยู่ มีความจำเป็นที่จะต้องเปิดหน้าดินก่อน จึงทำให้ป่าไม้ที่ขึ้นปกคลุมถูกทำลายลง เส้นทางขนย้ายแร่ในบางครั้งต้องทำลายป่าไม้ลงเป็นจำนวนมาก เพื่อสร้างถนนหนทาง การระเบิดหน้าดินเพื่อให้ได้มาซึ่งแร่ธาตุเกิดผลทำลายป่าไม้บริเวณใกล้เคียงโดยไม่รู้ตัว

#### 4.3 เกิดจากความต้องการไม้และของป่าเพื่อใช้สอยหรือเพื่อการค้า

##### 4.3.1 การทำไม้

ความต้องการไม้เพื่อกิจการต่าง ๆ เช่น เพื่อทำอุตสาหกรรมโรงเลื่อย โรงงานกระดาษ สร้างที่อยู่อาศัยหรือการค้า ทำให้ต้นไม้ถูกลอบตัดและตัดถูกต้องตามกฎหมาย ทั้งอนุญาตผูกขาดทั้งสัมปทานระยะยาว ขาดระบบการควบคุมที่ดี ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายมุ่งแต่ตัวเลขปริมาณที่จะทำออกโดยไม่ระวังดูแลพื้นที่ป่า ไม่ติดตามผลการปลูกป่าทดแทนตามเงื่อนไขสัมปทานว่าได้ดูแลรักษาต้นไม้ให้เจริญเติบโตอย่างปลอดภัยหรือไม่ จนในที่สุดได้มีพระราชกำหนด ณ วันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2531 ประกาศยกเลิกสัมปทานป่าไม้ (ป่าบก) ทั่วประเทศไทย

##### 4.3.2 ความตระหนักและความร่วมมือของประชาชนต่อการอนุรักษ์ยังมีน้อย

เนื่องจากยังมีการลักลอบตัดไม้เพื่อนำไปก่อสร้างบ้านเรือนหรือใช้สอยอื่น ๆ หรือเพื่อการเกษตร หรือการเผาพื้นที่ป่าที่มีปรากฏให้เห็นได้เป็นประจำทุกปี นอกจากนี้การนิยมนำเครื่องเรือนที่ผลิตมาจากไม้ที่มีค่า เช่น ไม้สัก ไม้มะค่า ไม้ชิงชัน ฯลฯ ทำให้ผู้ผลิตต้องเร่งแสวงหาไม้เพื่อสนองความต้องการของประชาชนผู้ซื้อมากขึ้น

#### 4.4 เกิดจากความบกพร่องของเจ้าหน้าที่ของรัฐ

##### 4.4.1 การกำหนดแนวเขตพื้นที่ป่า

กระทำไม่ชัดเจนหรือไม่กระทำเลยในหลาย ๆ ป่า ทำให้ราษฎรเกิดความสับสน ทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนา บางแห่งเจ้าหน้าที่ในพื้นที่เองยังไม่สามารถชี้แนวเขตได้ถูกต้อง ทำให้เกิดการพิพาทในเรื่องที่ดินทำกินและที่ดินป่าไม้อยู่ตลอดเวลา และมักเกิดการร้องเรียนต่อต้านในเรื่องกรรมสิทธิ์ที่ดิน ซึ่งช่วงระยะนี้เองการบุกรุกพื้นที่ป่าก็ดำเนินไปเรื่อย ๆ กว่าจจะรู้แพ้รู้ชนะ ป่าก็หมดสภาพไปแล้ว

#### 5. ผลกระทบจากการทำลายป่าไม้

##### 5.1 ทรัพยากรดิน

###### 5.1.1 การชะล้างพังทลายของดิน

ปกติพืชพรรณต่าง ๆ ของต้นไม้ ไม้พุ่ม วัชพืชต่าง ๆ ทุกส่วนของต้นไม้ช่วยลดความเร็วของน้ำที่จะพัดพาหน้าดินไป มีส่วนของรากช่วยยึดเหนี่ยวดินไว้ทำให้เกิดความคงทนต่อการพังทลายมากยิ่งขึ้น แต่หากพื้นที่ว่างเปล่าอัตราการพังทลายของดินจะเกิดรุนแรง การสูญเสียดินจะเพิ่มขึ้น

###### 5.1.2 ดินขาดความอุดมสมบูรณ์

บริเวณพื้นดินที่ไม่มีวัชพืชหรือป่าไม้ปกคลุม การพัดพาดินโดยฝนหรือลมจะเกิดขึ้นได้มาก โดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าดิน

##### 5.2 ทรัพยากรน้ำ

###### 5.2.1 น้ำท่วมในฤดูฝน

การกระทำใด ๆ ที่รบกวนดิน เช่น การตัดไม้ทำลายป่า ไฟป่า ก่อให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินเพิ่มมากขึ้นจนระบายน้ำไม่ทัน จะกลายเป็นอุทกภัยในพื้นที่ตอนล่างได้

###### 5.2.2 ความแห้งแล้งในฤดูแล้ง

การแผ้วถางทำลายป่าต้นน้ำเป็นบริเวณกว้างทำให้พื้นที่ป่าไม้ไม่ติดต่อกันเป็นผืนใหญ่ ทำให้เกิดการระเหยของน้ำจากผิวดินสูง แต่การซึมน้ำผ่านผิวดินต่ำ ดินดูดซับและเก็บน้ำภายในดินน้อยลง ทำให้น้ำหล่อเลี้ยงลำธารมีน้อยหรือไม่มี ลำธารจะขาดแห้ง ความแห้งแล้งและการขาดแคลนน้ำ

###### 5.2.3 คุณภาพน้ำเสื่อมลง

คุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพล้วนด้อยลง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงหรือทำลายพื้นที่ป่า เช่นการปนเปื้อนของดินตะกอนที่น้ำพัดพาด้วยการไหลบ่าผ่านผิวดิน นอกจากนี้ การปราบวัชพืชหรืออินทรีย์ต่าง ๆ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนและสร้างความสกปรกต่อน้ำ

ได้ เมื่อตะกอนไหลลงสู่แหล่งน้ำหรือลงสู่ทะเล จะทำให้น้ำอยู่ในสภาพขุ่นข้น ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีความสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่สามารถส่องไปได้ เป็นการขัดขวางการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำ ส่งผลกระทบต่อทางประมงในทางอ้อม ซึ่งต่างไปจากพื้นที่ดินน้ำที่มีป่าปกคลุมน้ำจะมีคุณภาพดีไหลสม่ำเสมอและมีปริมาณมากพอ ทำให้มีสิ่งมีชีวิตหลากหลายทางชีวภาพและใช้ในการอุปโภคบริโภคได้

### 5.3 ด้านเศรษฐกิจและสังคม

#### 5.3.1 ไม่มีราคาแพง

จากการสำรวจความต้องการใช้ไม้ในประเทศพบว่ามีสูงและไม่เพียงพอกับความ ต้องการ ผู้ที่ต้องการใช้ก็ต้องลักลอบตัดไม้ในป่า เมื่อมีความต้องการมากขึ้น ราคามักจะแพงจึงเป็นเหตุให้เกิดอาชีพขึ้นมาใหม่คือ การลักลอบตัดต้นไม้มาขาย

#### 5.3.2 การอพยพย้ายถิ่น

เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลาย พื้นดินขาดความอุดมสมบูรณ์หรือจากฝนตกหนักพร้อม ๆ กับการเกิดการพังทลายของดินลงมาจากพื้นที่ป่าถูกทำลาย พัดพาบ้านเรือนสิ่งของต่าง ๆ และทำลายชีวิตมนุษย์อย่างเตรียมตัวไม่ทัน การอพยพไปอยู่ถิ่นใหม่จึงเกิดขึ้น เนื่องจากถิ่นเก่าไม่ปลอดภัยต่อการดำรงอยู่

### 5.4 การเมือง

#### 5.4.1 การปิดป่า

เป็นนโยบายหนึ่งที่รัฐบาลได้กระทำเพื่อป้องกันการทำลายพื้นที่ป่า ทำให้เกิดปัญหาความไม่เข้าใจกันระหว่างสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร โดยกล่าวกันว่ายิ่งปิดป่าก็จะถูกลักลอบตัดไม้ยิ่งขึ้น

#### 5.4.2 การหาเสียงกับพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้ราษฎรทำกิน

จากการที่ป่าไม้ถูกทำลายจนเกิดสภาพเสื่อมโทรม การโฆษณาหาเสียงของผู้สมัครเข้ารับการเลือกตั้งเป็นสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร ได้ให้คำมั่นสัญญากับราษฎรไว้ว่า ถ้าตนเองได้เป็นผู้แทนแล้วจะพยายามหาหนทางให้ราษฎรมีกรรมสิทธิ์ในพื้นที่ทำกิน เมื่อได้รับการเลือกตั้งก็วิ่งเต้นเพื่อให้ราษฎรได้มีสิทธิ์ตามที่ตนเองได้รับปากไว้ นับว่าเป็นปัญหาการเมืองระดับประเทศที่สำคัญ

#### 5.4.3 ต้องซื้อไม้จากต่างประเทศ

แม้ว่าพื้นที่ป่าดั้งเดิมที่เคยใช้ประโยชน์อย่างอุดมสมบูรณ์ได้ถูกทำลายลง ต้นไม้ที่จะนำมาใช้ประโยชน์หมดไป แต่ความต้องการใช้ไม้เพื่อกิจการต่าง ๆ ยังคงมีอยู่และยิ่งทวีความ ต้องการมากขึ้น ทางหนึ่งที่กระทำอยู่คือ การซื้อไม้จากต่างประเทศ ทำให้เงินตราออกนอกประเทศปีละมาก ๆ

## 5.5 สิ่งแวดล้อมในเมือง/โลก

### 5.5.1 อากาศเสีย

เนื่องจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา หากมีต้นไม้จำนวนมากหรือพื้นที่ป่ามากพอ ต้นไม้เหล่านี้จะดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในตอนกลางวันเพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสงพร้อมปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมาเพื่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดใช้ในการดำรงชีวิต

### 5.5.2 น้ำเสีย

การที่มีน้ำน้อยลงในฤดูแล้งของทุกลำห้วย ลำธารและแม่น้ำก่อให้เกิดภาวะน้ำเสียหรือใกล้เสียกระจายอยู่ทั่วไป เพราะมีความเข้มข้นของสิ่งเจือปนในน้ำสูง การปลดปล่อยของเสียหรือน้ำเสียลงสู่ลำน้ำสาธารณะ จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียโดยเฉพาะลำห้วยลำธาร ที่น้ำไหลช้าบริเวณที่ราบ สิ่งมีชีวิตในน้ำตายและสูญพันธุ์ ขาดน้ำดิบทำการประปา ขาดน้ำทำชลประทาน และขาดน้ำจืดใต้น้ำทะเล เป็นต้น

### 5.5.3 โลกร้อน หรือเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

ปกติแก๊สต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศอยู่เหนือพื้นผิวโลกขึ้นไป 25 กิโลเมตร ได้รวมตัวกันเข้าเป็นเกราะกำบังพื้นผิวโลกของเรา ให้มีความอบอุ่นพอเหมาะกับการดำรงชีวิต ทำหน้าที่คล้ายกระจกในเรือนกระจกหรือ "กรีนเฮาส์" ที่สร้างขึ้นมาเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ต้นไม้ภายในเรือนกระจกมีชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากแก๊สพวกนี้ยอมให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านลงมายังพื้นโลกได้ แต่จะกักเก็บความร้อนบางส่วนเอาไว้มิให้สะท้อนกลับออกไปสู่อวกาศ ทำให้โลกมีอุณหภูมิพอเหมาะ ปัจจุบันเกราะกำบังนี้มีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้สามารถเก็บความร้อนจากการดูดซับรังสีไว้มากขึ้น โลกจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น กลุ่มแก๊สที่รวมตัวกันเป็นเกราะกำบัง ได้แก่ แก๊สมีเทน ไนตรัสออกไซด์ คลอโรฟลูออโรคาร์บอน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และที่สำคัญคือ คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีมากที่สุด การเผาป่าไม้เป็นต้นเหตุทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ที่ทำการวิจัยเรื่องบรรยากาศในปัจจุบัน เชื่อว่าการสะสมตัวของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว ใน 60 ปีข้างหน้า และจะทำให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.5 - 4.5 องศาเซลเซียส

**กิจกรรมที่ 4.1 ตอบคำถามจากรูปภาพ**

(ที่มา : อัล กอร์. 2550 : 146)

1. นักศึกษารู้สึกอย่างไรต่อรูปภาพนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักศึกษาเสนอแนวทางป้องกันและแก้ไขไม่ให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จะเกิดอะไรขึ้นตามมาจากการกระทำเช่นนี้ วาดภาพประกอบ

4. ศึกษาจากรูปภาพข้างต้น แล้วตอบคำถาม

4.1 จากรูปนักศึกษาสันนิษฐานได้หรือไม่ว่าการที่ป่าไม้สูญพันธุ์ เกิดจากสาเหตุใด

.....  
.....  
.....

4.2 ถ้าโลกนี้ไม่มีต้นไม้จะเกิดอะไรขึ้น

.....  
.....  
.....  
.....

4.3 ก่อนที่ต้นไม้จะเป็นดังรูป นักศึกษาจะมีวิธีป้องกันและอนุรักษ์อย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

## กิจกรรมที่ 4.2 ผลกระทบที่เกิดการเผาป่าไม้

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเผาป่าไม้

### อุปกรณ์และสารเคมี

1. ตู้ปลาพร้อมกรวดหรือทราย
2. บีกเกอร์ 2 ใบ
3. ไม้จิ้มไฟ จำนวน 30 ก้าน
4. น้ำปูนใส

### วิธีทำ

1. นำตู้ปลาและเทรกรวดหรือทราย ลงไปในตู้ปลาให้สูงประมาณ 5 เซนติเมตร
2. นำน้ำปูนใสใส่บีกเกอร์ใบที่ 1 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางลงในตู้ปลา
3. นำน้ำปูนใสใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางไว้ด้านนอกตู้ปลา
4. นำไม้จิ้มไฟ จำนวน 30 ก้าน ปักเรียงให้ชิดติดกันเป็นวงกลมกลางตู้ปลา  
(เป็นสิ่งสมมติแทนป่าไม้)
5. จุดไม้จิ้มไฟก้านใดก้านหนึ่งอย่างรวดเร็วแล้วปิดฝาตู้ปลาทันที
6. สังเกตบีกเกอร์ใบที่ 1 และ 2 บันทึกผลการทดลอง

รูปภาพแสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง



**ตารางบันทึกผลกิจกรรม**

บีกเกอร์ที่ใส่น้ำปูนใส	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
ใบที่ 1 วางในตู้ปลา	
ใบที่ 2 วางด้านนอกตู้ปลา	

**คำถาม**

1. ไม้อัดไฟ เป็นสิ่งสมมติแทนป่าไม้ เมื่อจุดไม้อัดไฟ เกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

2. การเผาป่าไม้ ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศชนิดใดบ้าง

.....

.....

.....

3. มีวิธีใดบ้างที่จะป้องกันการเผาป่าไม้

.....

.....

.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 6. แนวทางอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

ป่าไม้มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพของมนุษย์และการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ จากการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ในทุกส่วนของโลกหรือของประเทศไทย ทำให้ทุกฝ่ายตระหนักถึงการสูญเสียและผลที่ได้รับจากการกระทำอันนี้ การดำเนินงานอนุรักษ์ป่าไม้จึงได้รับความสนใจจากภาครัฐบาลและเอกชน และประชาชนทั่วไปอย่างกว้างขวาง แนวทางการอนุรักษ์มีดังนี้

### 6.1 การปราบปรามลักลอบตัดไม้อย่างจริงจัง

โดยการควบคุมโรงเลื่อยทั้งที่ถูกกฎหมายและโรงเลื่อยเถื่อน เพื่อตรวจสอบโรงเลื่อยไม้แปรรูปว่าถูกต้องหรือไม่ นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันมิให้พ่อค้าเข้าไปซื้อไม้จากชาวบ้าน การทำลายป่าของชาวบ้านจะลดลง และสุดท้ายคือความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ของรัฐจะต้องเอาจริงเอาจังในการปราบปราม

### 6.2 ป้องกันการทำไร่เลื่อนลอย (Shifting Cultivation)

การทำไร่เลื่อนลอยในพื้นที่สูง ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญของปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วมซ้ำซากที่เกิดขึ้น สำหรับการดำเนินงาน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องชี้แจงทำความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ถึงผลกระทบที่เกิดจากการบุกรุกผืนป่าในพื้นที่สูง รวมทั้งเร่งจัดทำแผนการส่งเสริมอาชีพที่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ ซึ่งจะทำความเข้าใจกับการส่งเจ้าหน้าที่เข้าไปให้ความรู้เรื่องการบริหารจัดการพื้นที่ พัฒนาแหล่งน้ำ และสนับสนุนปัจจัยการผลิตที่จำเป็น ตลอดจนจัดหาตลาดรองรับผลผลิตของเกษตรกร เพื่อสร้างเลือกด้านอาชีพที่มั่นคงให้กับเกษตรกร

### 6.3 ป้องกันไฟไหม้ป่า

หลักในการป้องกันไฟป่า ในประเทศไทยควรมุ่งป้องกันคนมิให้ก่อไฟขึ้น โดยการรณรงค์ผ่านสื่อต่าง ๆ ออกกฎหมายควบคุมไฟป่า ที่มุ่งด้านการป้องกันมากกว่าการปราบปราม หน่วยงานควบคุมไฟป่าต้องเตรียมพร้อมก่อนที่จะเกิดไฟ เพื่อที่จะออกปฏิบัติงานได้ทันที ประกอบด้วย การฝึกอบรมและสร้างความร่วมมือจากชุมชน การเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์และรักษาให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ การประเมินอันตรายไฟ การสื่อสารและการขนส่ง แหล่งน้ำ รวมถึงการสร้างแนวกันไฟ (fire breaks) และแนวควบคุมไฟ (fire line)

### 6.4 การกำหนดนโยบายป่าไม้แห่งชาติ

นโยบายป่าไม้แห่งชาติมีอยู่ 20 ข้อ ที่สำคัญคือ การกำหนดให้มีพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศอย่างน้อยในอัตราร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ เป็นการกำหนดแนวทางการจัดการและการพัฒนาป่าไม้ในระยะยาวเพื่อประโยชน์ 2 ประการ ดังนี้

#### 6.4.1 ป่าเพื่อเศรษฐกิจ

กำหนดไว้เพื่อการผลิตไม้และของป่า เพื่อประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ ในอัตรา ร้อยละ 25 ของพื้นที่ประเทศ หรือประมาณ 80 ล้านไร่

#### 6.4.2 ป่าเพื่อการอนุรักษ์

กำหนดไว้เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ที่หายาก และ ป้องกันภัยธรรมชาติอันเกิดจากน้ำท่วมและการพังทลายของดิน ตลอดจนทั้งเพื่อประโยชน์ใน การศึกษา การวิจัย และนันทนาการของประชาชนในอัตราร้อยละ 15 ของพื้นที่ประเทศ หรือ ประมาณ 48 ล้านไร่

ป่าอนุรักษ์ หมายถึง พื้นที่ที่ได้รับการคุ้มครองที่ถูกต้องตามกฎหมาย โดยทั่วไปอยู่ในการ ดูแลของกรมป่าไม้ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้อาจเป็นพื้นที่ป่าไม้ชายฝั่งทะเล หรือลักษณะอื่น ๆ ที่มีระบบนิเวศดั้งเดิม หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เพื่อใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ เช่น การท่องเที่ยว นันทนาการ การศึกษาวิจัย ป่าอนุรักษ์ในระดับสากล (The International Union for Conservation of Nature : IUCN) แบ่งออกเป็น 10 ประเภท ส่วนในประเทศไทยประกอบด้วย 11 ประเภท ดังนี้

##### 1) อุทยานแห่งชาติ (National Park)



หมายถึงที่ดินซึ่งรวมความถึงพื้นที่ดินทั่วไป ภูเขา ห้วย หนอง คลอง บึง บาง ลำน้ำ ทะเลสาบ เกาะ และที่ชายทะเลที่ได้รับการกำหนดให้เป็นอุทยานแห่งชาติ ในทางปฏิบัติอุทยาน แห่งชาติ คือ พื้นที่ที่สงวนไว้เพื่อคุ้มครองรักษาทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะป่าไม้และสัตว์ป่า ตลอดจนจันทวนัตถ์ธรรมชาติที่สวยงาม สงวนไว้เพื่อให้คงสภาพธรรมชาติดั้งเดิม เพื่อรักษาสมบัติ ทางธรรมชาติให้อนุชนรุ่นหลัง ๆ ได้ชมและ ศึกษากันว่า มีลักษณะที่สำคัญ คือ

ก. เป็นสถานที่ที่สภาพธรรมชาติเป็นที่โดดเด่นน่าสนใจและงดงาม

ข. มิได้อยู่ในกรรมสิทธิ์โดยชอบด้วยกฎหมายของบุคคลใด

ค. โดยทั่วไปต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 ตารางกิโลเมตร เป็นสถานที่สงวนรักษาไว้เพื่อประโยชน์แก่การศึกษา และเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชน โดยอาจจัดสิ่งอำนวยความสะดวกเท่าที่จำเป็น เช่น ถนน หรือเส้นทางไปชมธรรมชาติ ที่พักผ่อนและบำรุงรักษา

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ริเริ่มต้นแบบการจัดอุทยานแห่งชาติขึ้น โดยประกาศให้เขตเยลโลสโตน (Yellowstone) เป็นอุทยานแห่งชาติแห่งแรกของโลก (พ.ศ.2415) ต่อมาจึงมีประเทศต่าง ๆ รวมทั้งไทยจัดให้มีอุทยานแห่งชาติขึ้นในประเทศของตนตามอย่างสหรัฐอเมริกา นับถึงปัจจุบันเชื่อว่าทั่วโลกมีอุทยานแห่งชาติแล้วมากกว่า 1,392 แห่ง สำหรับประเทศไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 140 แห่งทั่วประเทศ แบ่งเป็นอุทยานแห่งชาติทางบก 116 แห่ง และทางทะเลอีก 24 แห่ง อุทยานแห่งชาติแห่งแรกของไทย คือ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตั้งอยู่ในพื้นที่รอยต่อระหว่างจังหวัดนครราชสีมา นครนายก ปราจีนบุรี และสระบุรี นอกจากนี้ยังมีอุทยานแห่งชาติอื่น ๆ เช่น อุทยานแห่งชาติภูกระดึง ตะรุเตา หมู่เกาะอ่างทอง เขาหลวง เป็นต้น

## 2) เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (Wildlife Sanctuary)



ที่มา : [www.thapthancity.com](http://www.thapthancity.com)

ภาพที่ 4.13 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

หมายถึงพื้นที่ที่กำหนดขึ้นเพื่อให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าโดยปลอดภัย เพื่อว่าสัตว์ป่าในพื้นที่ดังกล่าวได้มีโอกาสสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้มากขึ้น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งแรก คือ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จ.กาญจนบุรี ปัจจุบันประเทศไทย ได้ประกาศจัดตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแล้ว 55 แห่ง รวมพื้นที่ 16,305,294 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.08 ของพื้นที่ประเทศ

### 3) วนอุทยาน (Forest Park)



ที่มา : jaair085.multiply.com  
ภาพที่ 4.14 วนอุทยานน้ำตกกระเปาะ

หมายถึงพื้นที่ที่มีทัศนธรรมชาติสวยงาม มีความเด่นในระดับท้องถิ่น ซึ่งจัดไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจและเที่ยวเตร่ของประชาชน มีการปรับปรุงตกแต่งสถานที่ เพื่ออำนวยความสะดวกให้เหมาะสม หลักทั่วไปในการจัดตั้งวนอุทยาน คือ

- ก. ต้องมีทัศนที่ที่สวยงาม
- ข. เป็นพื้นที่ที่อยู่ในป่าสงวนแห่งชาติ
- ค. มีพื้นที่ประมาณ 500-5,000 ไร่
- ง. อยู่ไม่ห่างไกลจากชุมชนมากนัก
- จ. เป็นสถานที่ที่ประชาชนในท้องถิ่นรู้จักกันดี

ปัจจุบันประเทศไทยมีวนอุทยานจำนวนทั้งสิ้น 69 แห่งวนอุทยานแห่งชาติแห่งแรกของประเทศไทยคือ วนอุทยานน้ำตกกระเปาะ จังหวัดชุมพร ประกาศจัดตั้ง เมื่อปี พ.ศ. 2501

#### 4) เขตห้ามล่าสัตว์ป่า (Non-hunting areas)



ที่มา : [www.nsrุ.ac.th](http://www.nsrु.ac.th)

ภาพที่ 4.15 เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงบอระเพ็ด

หมายถึงบริเวณที่ที่ราชการใช้ในราชการ หรือใช้เพื่อสาธารณประโยชน์ หรือประชาชนใช้ประโยชน์ร่วมกัน การกำหนดเขตห้ามล่าสัตว์ป่า จะประกาศขึ้นเป็นราชกิจจานุเบกษา กำหนดให้เป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าชนิดใดหรือประเภทใดก็ได้ เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมป่าไม้ เป็นคราว ๆ ไป เช่น บึงบอระเพ็ด

#### 5) สวนพฤกษศาสตร์ (Botanical Garden)



ที่มา : [www.dnp.go.th/mfcd1/saraburisite/webpage/pukae.htm](http://www.dnp.go.th/mfcd1/saraburisite/webpage/pukae.htm) - 7k -

ภาพที่ 4.16 สวนพฤกษศาสตร์พุแค

หมายถึงสถานที่ที่ราชการได้รวบรวมพันธุ์ไม้ไว้ทุกชนิดทั้งในและนอกประเทศ ที่มีคุณค่าทางด้านเศรษฐกิจทางด้านความสวยงาม และที่หายากมาปลูกไว้โดยแยกเป็นหมวดหมู่และตระกูล เพื่อการศึกษาวิจัยและการเผยแพร่การขยายพันธุ์ ให้เป็นประโยชน์แก่ประชาชนและแก่ประเทศชาติ สืบไป สวนพฤกษศาสตร์ที่สำคัญและคนทั่วไปรู้จักเป็นอย่างดี คือ สวนพฤกษศาสตร์ทุแล่ง จังหวัดสระบุรี สวนพฤกษศาสตร์เขาช่อง จังหวัดตรัง เป็นต้น

#### 6) สวนรุกขชาติ (Arboretum)



ที่มา : [sakunothayan.blogspot.com/](http://sakunothayan.blogspot.com/) - 65k -  
ภาพที่ 4.17 สวนรุกขชาติสกุโณทยาน

หมายถึงสวนเล็ก ๆ มีพื้นที่น้อยกว่าสวนพฤกษศาสตร์ สร้างขึ้นเพื่อรวบรวมพันธุ์ไม้ต่าง ๆ ไว้ โดยเฉพาะไม้ยืนต้นที่มีค่าทางเศรษฐกิจและไม้ดอกซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นนั้น แต่มิได้ปลูกเป็นหมวดหมู่เหมือนอย่างในสวนพฤกษศาสตร์ แต่มีชื่อพันธุ์ไม้ติดไว้ มีการทำถนนและทางเท้าเข้าชม จุดมุ่งหมายเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจและการศึกษา ปัจจุบันมีสวนรุกขชาติที่ดำเนินการอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆ มากกว่า 15 แห่ง เช่น สวนรุกขชาติ สกุโณทยาน จังหวัดพิษณุโลก และสวนรุกขชาติ ธารโบกขรณี จังหวัดกระบี่ เป็นต้น

## 7) พื้นที่สงวนชีวลัย (Biosphere Reserve)



ที่มา : [www.tistr.or.th/t/publication/page\\_area\\_show\\_bc.asp?i1=86&i2=9](http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=86&i2=9) - 8k -

ภาพที่ 4.18 พื้นที่สงวนชีวลัย

หมายถึงพื้นที่อนุรักษ์สังคมพืชและสัตว์ในสถานะของระบบนิเวศที่เป็นธรรมชาติ เพื่อรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและเพื่อใช้เป็นแหล่งศึกษาวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐาน ทั้งในสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติและที่ถูกเปลี่ยนแปลงไป พื้นที่สงวนชีวลัยนี้มีการจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกในการศึกษาและฝึกอบรมด้วย ซึ่งพื้นที่เหล่านี้สภาประสานงานนานาชาติด้านมนุษย์และชีวลัย (The Man and the Biosphere International Co-ordinating Council) จะเป็นผู้ประกาศ สำหรับประเทศไทยประกาศไปแล้ว จำนวน 3 แห่ง รวมพื้นที่ 163,125 ไร่ แห่งแรกประกาศเมื่อ พ.ศ. 2519 คือ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา อีกสองแห่งประกาศเมื่อ พ.ศ. 2520 คือ ป่าห้วยทาก จังหวัดลำปางและป่าแม่สาออกม้า จังหวัดเชียงใหม่



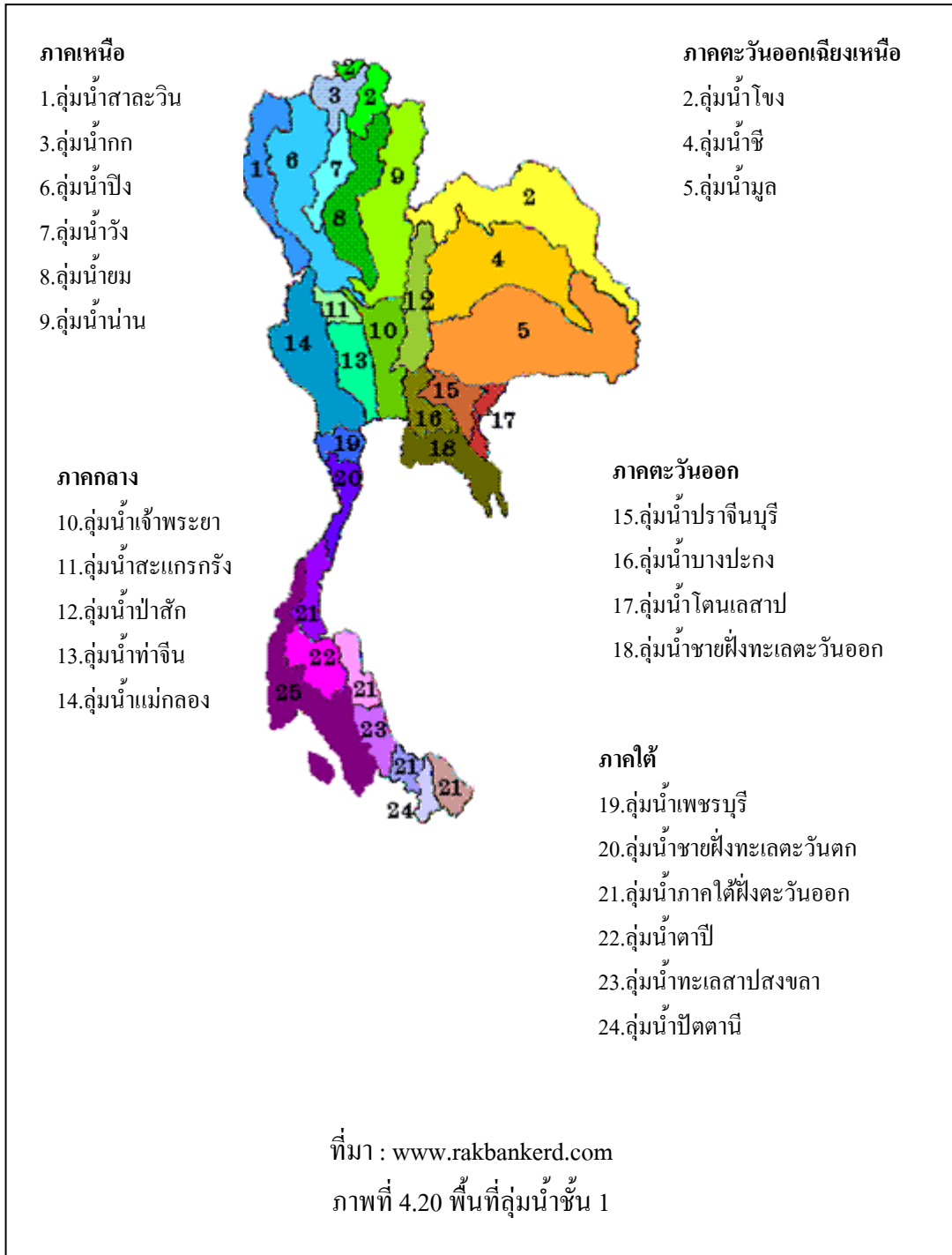
## 8) พื้นที่มรดกโลก (World Heritage)



หมายถึงพื้นที่ที่มีหรือเป็นตัวแทนทรัพยากรธรรมชาติหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความเด่นในระดับโลก ซึ่งอาจประกอบด้วยวิวัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของโลก (The Earths Evolutionary History) ขบวนการทางธรณีและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Geological Process and Biological Evolution) ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่พิสดารหรือลักษณะพิเศษเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์ (Supelative natural Phenomena) หรือระบบนิเวศที่ประกอบไปด้วยสัตว์หรือพืชที่หายาก (Habitat Containing Threatened Species) มีคุณค่าและความสำคัญทางชีวภาพ ซึ่งพื้นที่นี้ต้องได้รับการประกาศจาก UNESCO แหล่งมรดกโลกกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของโลกจนถึงเดือนธันวาคม 2535 มีทั้งหมด 378 แห่ง แบ่งเป็นมรดกทางวัฒนธรรม 278 แห่ง มรดกทางธรรมชาติ 85 แห่ง และเป็นทั้งมรดกทางวัฒนธรรมและธรรมชาติ 15 แห่ง แหล่งมรดกของไทยที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลกทางวัฒนธรรมและธรรมชาติมี 4 แห่งคือ อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ศรีสัชนาลัย กำแพงเพชร อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา มรดกบ้านเชียง และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ทุ่งใหญ่นเรศวร การที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง-ทุ่งใหญ่นเรศวร ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลก เนื่องจากมีคุณสมบัติตรงตามหลักเกณฑ์ดังนี้

- ก. มีคุณค่าและความสำคัญทางชีวภาพ
- ข. มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์
- ค. เป็นแหล่งอาศัยของสัตว์ป่าและพรรณพืชนานาชนิด

### 9) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 (Watershed Class 1)



หมายถึงพื้นที่ป่าที่ป้องกันไว้เพื่อเป็นต้นน้ำลำธาร เป็นแหล่งให้น้ำต่อพื้นที่ตอนล่าง มักเป็นพื้นที่ตอนบนที่มีความลาดชันมาก ดินมีสมรรถนะในการพังทลาย เป็นพื้นที่ที่ควรเก็บไว้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า โดยมีการแบ่งออกเป็น 2 ระดับชั้นย่อย คือ

ก. **พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1A** ได้แก่ พื้นที่ต้นน้ำลำธารที่ยังมีสภาพป่าสมบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2525 สำหรับลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน ชี มูล และลุ่มน้ำภาคใต้ ปี พ.ศ. 2528 สำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และปี พ.ศ. 2531 สำหรับลุ่มน้ำตะวันตก ภาคกลางลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ และส่วนอื่นๆ (ลุ่มน้ำชายแดน)

ข. **พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1B** เป็นพื้นที่ที่สภาพป่าส่วนใหญ่ได้ถูกทำลาย ดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนาหรือการใช้ที่ดินรูปแบบอื่นก่อน พ.ศ.2525

#### **10) ป่าชายเลนอนุรักษ์ (Conservation Mangrove Forest)**

หมายถึงป่าชายเลนที่หวงห้ามไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ใด ๆ นอกจากจะปล่อยให้สภาพธรรมชาติ เพื่อรักษาไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์พืชและสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ พื้นที่ที่ง่ายต่อการถูกทำลายและการพังทลายของดิน พื้นที่ป่าที่สมควรสงวนไว้เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศ เป็นต้น เช่น กำหนดให้มีพื้นที่ที่อยู่ห่างไม่น้อยกว่า 20 เมตร จากริมฝั่งแม่น้ำ ลำคลองธรรมชาติ และไม่น้อยกว่า 75 เมตร จากชายฝั่งทะเลเป็นป่าชายเลนอนุรักษ์

**11) พื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ (Natural Conservation Area)** หมายถึงพื้นที่ธรรมชาติที่ประกอบด้วย เกาะ แก่ง ภูเขา หนอง บึง ทะเลสาบ ชายหาด ซากดึกดำบรรพ์ และธรณีสัณฐานที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์เพื่อประโยชน์ต่อสังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งประกาศตามมติ ค.ร.ม. พ.ศ.2532

## 7. พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรป่าไม้

(ที่มา : .....2551 .ออนไลน์)



ภาพที่ 4.21 พระเจ้าอยู่หัวกับการจัดการป่าไม้

"การปลูกป่าทดแทนจะต้องทำอย่างมีแผน โดยดำเนินการไปพร้อมกับการพัฒนาชาวเขา ในการนี้เจ้าหน้าที่ป่าไม้ ชลประทาน และฝ่ายเกษตรจะต้องร่วมกันสำรวจต้นน้ำและพัฒนาอาชีพราษฎรได้อย่างถูกต้อง สำหรับต้นไม้มั้ที่จะปลูกทดแทนไม้มั้ที่ถูกทำลายนั้น ควรใช้ต้นไม้มั้โตเร็วที่มีประโยชน์หลาย ๆ ทางคละกันไป และควรปลูกพืชคลุมแนวร่องน้ำต่าง ๆ เพื่อยึดผิวดินและให้เก็บรักษาความชุ่มชื้นไว้ นอกจากนั้นจะต้องสร้างฝายเล็กเพื่อหนุ้่นน้ำส่งไปตามเหมือง เพื่อไปใช้ในพื้นที้เพาะปลูกทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะทำให้หน้า้ค่อย ๆ แผล่ขยายออกไป ทำความชุ่มชื้นให้บริเวณนั้นด้วย ในการนี้จะต้องอธิบายให้ราษฎรรู้ว่า การที่ปริมาณน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติลดลงนั้นก็เพราะมีการทำลายต้นน้ำโดยรู้เท่าไม่ถึงการ"

"สำหรับการปลูกป่าทดแทนตามไหล่เขาจะต้องปลูกต้นไม้มั้หลาย ๆ ชนิด เพื่อให้ได้ประโยชน์อเนกประสงค์ คือ มีทั้งไม้มั้ผล ไม้มั้สำหรับก่อสร้าง และใช้สำหรับทำฟืน ซึ่งราษฎรจำเป็นต้องใช้เป็นประจำ ซึ่งเมื่อตัดไปใช้แล้วก็ปลูกทดแทนเพื่อหมุนเวียนทันที ทั้งนี้จะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของโครงการ"

"นอกจากนั้นยังอาจฝึกให้ราษฎรช่วยทำหน้าที่พนักงานดูแลรักษาป่า เพราะต่างฝ่ายต่างก็มีผลประโยชน์ร่วมกัน"

และเพื่อเป็นการแก้ปัญหการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืนระหว่างราษฎรในเขตต้นน้ำกับพื้นที่ป่าโดยรอบ โดยไม่ต้องพึ่งพารายได้จากการปลูกพืชเสพติด พระองค์ท่านได้พระราชทานแนวพระราชดำริว่า ส่วนบริเวณที่ราบในหุบเขาก็ดึงดูดให้เป็นนาปลูกข้าวสำหรับราษฎรทำกินโดยจัดระบบชลประทานให้ เมื่อราษฎรทำกินได้บริบูรณ์และก็จะเลิกปลูกฝิ่นโดยสิ้นเชิง

"การที่จะมีต้นน้ำลำธารไปชั่วกาลนานนั้น สำคัญอยู่ที่การรักษาป่าและปลูกป่าบริเวณต้นน้ำ ซึ่งบนยอดเขาและเนินสูงชัน ต้องมีการปลูกป่าโดยไม้ยืนต้นและปลูกไม้พุ่ม ซึ่งไม้พุ่มนั้นราษฎรสามารถตัดไปใช้ได้แต่ต้องการมีการปลูกทดแทนเป็นระยะ ส่วนไม้ยืนต้นนั้น จะช่วยให้อากาศมีความชุ่มชื้น เป็นขั้นตอนหนึ่งของระบบการให้ฝนตกแบบธรรมชาติ ทั้งยังช่วยยึดดินบนภูเขาไม่ให้พังทลายเมื่อเกิดฝนตกอีกด้วย ซึ่งถ้ารักษาสภาพป่าไม้ไว้ให้ดีแล้ว ท้องถิ่นก็จะมีน้ำไว้ใช้ชั่วกาลนาน"



โดยทฤษฎีของการจัดการลุ่มน้ำนั้น หากสถานภาพเดิมของลุ่มน้ำมีศักยภาพของการเอื้ออำนวยน้ำท่า ซึ่งอาจเนื่องจากธรรมชาติเอง เช่น ลุ่มน้ำที่ปกคลุมด้วยป่าเต็งรังหรือป่าเบญจพรรณที่มีดินดี หรือลุ่มน้ำที่เคยมีสภาพทางระบบนิเวศที่ดีมาก่อนแต่ถูกทำลายจนเสื่อมโทรมดินและต้นไม้ไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ดีพอ ก็จำเป็นต้องมีการสร้างเหมืองฝายหรืออ่างน้ำเข้าช่วยเพิ่มศักยภาพให้สามารถยืดระยะเวลาการไหลของน้ำในฤดูแล้งและชะลอการหลากในฤดูฝน ทฤษฎีเหล่านี้พระองค์ท่านได้ประยุกต์ใช้กับต้นน้ำลำธารหลายแห่ง ด้วยพระราชปณิธานอันมั่นคงตลอดมา ดังเช่นพระราชดำริเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2526 ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน ที่ว่า

"ควรพิจารณาสร้างฝายต้นน้ำลำธารบนภูเขาในพื้นที่โครงการฯ และบริเวณใกล้เคียง ตลอดจนการส่งน้ำไปตามแนวสันเขา จะได้สามารถจ่ายน้ำลงไปตามไหล่เขาทั้งสองด้าน ในช่วงฤดูแล้งเป็นช่วง ๆ ในทำนอง "ฤดูฝนเทียม" ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับป่าต้นน้ำลำธารและช่วยฟื้นฟูสภาพป่าให้กลับสมบูรณ์โดยเร็ว เนื่องจากสามารถจ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอได้ตลอดทั้งปี หากงานทดลองด้านป่าไม้ดังกล่าวได้ผลดีจะได้นำทฤษฎีไปปฏิบัติในเขตป่าเสื่อมโทรมแห่งอื่น ๆ ต่อไป"

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งพระองค์ท่านมีพระราชดำรัสไว้เมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2527 ณ ศูนย์ศึกษาแห่งนี้ ว่า ...

"เป้าหมายหลักของโครงการฯ แห่งนี้คือการฟื้นฟูและอนุรักษ์บริเวณต้นน้ำห้วยฮ่องไคร้ ซึ่งมีสภาพแห้งแล้งโดยเร่งด่วน โดยทดลองใช้วิธีการใหม่ เช่น การผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำในระดับบน

ลงไปตามแนวร่องน้ำต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ความชุ่มชื้นค่อย ๆ แผ่ขยายตัวออกไป สำหรับน้ำส่วนที่เหลือก็จะไหลลงอ่างเก็บน้ำในระดับต่ำลงไป เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านงานเกษตรกรรมต่อไป ในการนี้ควรเริ่มปลูกป่าทดแทนตามแนวร่องน้ำ ซึ่งมีความชุ่มชื้นมากกว่าบริเวณสันเขาจึงจะทำให้เห็นผลโดยเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัดกล้าไม้และปลอดภัยจากไฟป่าด้วย เมื่อร่องน้ำดังกล่าวมีความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้น ลำดับต่อไปก็ควรสร้างฝายต้นน้ำเป็นระยะ ๆ เพื่อค่อย ๆ เก็บกักน้ำไว้แล้วต่อท่อไม้ไผ่ส่งน้ำออกทั้งสองฝั่งร่องน้ำ อันจะเป็นการช่วยแผ่ขยายแนวความชุ่มชื้นออกไปตลอดแนวร่องน้ำ"

"ควรศึกษาวิจัยอย่างจริงจัง เรื่องการลดการสูญเสียความชื้นจากพื้นป่าต้นน้ำ ลำธารที่มีเป้าหมายจะฟื้นฟูสภาพ ซึ่งจำเป็นจะต้องศึกษาหลาย ๆ ด้านควบคู่กันไป กล่าวคือ ทดลองว่าต้นไม้โตเร็วชนิดใดบ้างที่สามารถใช้ปลูกแซมในป่า เป้าหมายเพื่อดึงความชื้นจากอากาศแล้วสามารถกันความชื้นนั้นให้ระเหยกลับคืนไปในอากาศในอัตราต่ำสุด ทั้งนี้รวมทั้งไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มสูงสำหรับสกัดความชื้นที่ระเหยขึ้นจากพื้นล่างไว้ให้มากที่สุดกับพืชคลุมดินชนิดต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่กันความชื้นไม่ให้ระเหยขึ้นสู่เบื้องสูง ประการสำคัญต้องพิจารณาปลูกพันธุ์ไม้ป่าท้องถิ่น เช่น ไม้เนื้อแข็งเสริม เพื่ออนุรักษ์สภาพแวดล้อมดั้งเดิมของป่าแถบนี้ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องวิจัยชนิดของดินชุดต่าง ๆ ในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาฯ เกี่ยวกับทฤษฎีการชะลอการระเหยของน้ำจากผิวดินไม่ให้สูญเสียไปในอัตราสูงโดยไร้ประโยชน์ สำหรับแหล่งน้ำชลประทานก็ต้องทดสอบการควบคุมความชื้นของพื้นที่และการเพิ่มพูนความชื้นโดยแบ่งเป็นสองบริเวณคือ บริเวณอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ฝายทดน้ำและฝายเก็บกักน้ำต้นน้ำลำธารให้รับน้ำธรรมชาติคือน้ำฝนกับน้ำค้าง โดยไม่เสริมน้ำชลประทานให้ ส่วนเขตรับน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยฮ่องไคร้จึงจะเสริมปริมาณน้ำไปเติมใส่อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก เพื่อสามารถกระจายความชุ่มชื้นอย่างกว้างขวางและทั่วถึง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบระหว่างการฟื้นฟูสภาพป่าไม้ โดยใช้น้ำธรรมชาติกับการเร่งรัดด้วยการเสริมน้ำจากโครงการชลประทาน"

นอกจากนี้ การปลูกป่า 3 อย่าง คือ ป่าสำหรับไม้ใช้สอย ป่าสำหรับเป็นไม้ผล หรือไม้กินได้ และป่าสำหรับเป็นเชื้อเพลิง หรือไม้ฟืน นั่นคือป่า 3 อย่าง ซึ่งป่า 3 อย่างนี้ให้ประโยชน์ตามประเภทคิดเป็นประโยชน์ 3 อย่างแล้ว ส่วนประโยชน์อย่างี่ 4 นั้นคือการอนุรักษ์ดิน และน้ำ และคงความชุ่มชื้นเอาไว้ ไม่ว่าป่าชนิดไหนใดก็ให้ประโยชน์อย่างนี้ทั้งนั้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นผลพลอยได้

### กิจกรรม 4.3 ปลุกป่าแบบง่าย ๆ ด้วย Seed ball

ปัจจุบันการปลุกป่าไม่ใช่เรื่องไกลตัวอีกแล้ว เราสามารถปลุกป่าได้ง่าย ๆ ด้วยการทำ **Seed ball** และครั้งต่อไปที่ไปเที่ยวป่าหรือต่างจังหวัด เราสามารถนำ **Seed ball** ติดตัวไปและขว้างออกไปให้ไกลที่สุด **Seed ball** ไปตกที่ใดก็ตามจะไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นกระดาษที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม เช่น ฝนตกมีความชื้นเพียงพอกระดาษจะเปื่อยยุ่ยทำให้เมล็ดพันธุ์เหล่านั้นงอกและเจริญเติบโตไป

**Seed ball** เป็นเปเปอร์มาเช่ ชนิดหนึ่ง สามารถทำได้หลายรูปแบบและทำได้ง่าย ใช้เทคนิคง่าย ๆ วัสดุที่ใช้ก็หาได้ง่ายและราคาถูกคือกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้ว กระดาษพิมพ์ดีดหรือกระดาษที่ไม่มีลวดลายสำหรับปิดชั้นนอกสุดเพื่อเตรียมการลงสี สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้สามารถหาได้ทั่วไปในท้องตลาด

#### อุปกรณ์

1. กระดาษหนังสือพิมพ์
2. สี
3. กระดาษพิมพ์ดีดหรือกระดาษที่ไม่มีลวดลาย
4. กาวหรือแป้งเปียก
5. แม่แบบ เช่น ลูกปิงปอง
6. ภาชนะสำหรับใส่น้ำ
7. เมล็ดพันธุ์ (ควรเป็นพันธุ์ไม้ยืนต้น หรือดอกไม้ ไม่ควรเป็นเมล็ดพันธุ์ผัก)

#### วิธีทำ

1. การนำกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ถูกตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ภาชนะและเติมน้ำจนเปียก
2. นำกระดาษที่ผ่านการแช่น้ำแล้วปิดลงบนแบบที่เตรียมไว้ ปิดหลายๆ ชั้น แต่ละชั้นจะทากาวไว้และจะต้องรอให้กาวแห้งก่อน
3. เกละเอาแม่แบบออก นำเมล็ดพันธุ์พืชที่ต้องการปลุกใส่ลงไปข้างใน
4. แต่งผิวให้เรียบร้อย เสร็จแล้วจึงตกแต่งด้วยสีให้สวยงาม

# บทที่ 5

## ทรัพยากรสัตว์ป่า

สัตว์ป่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดเปลืองไป แต่สามารถสร้างทดแทนและรักษา สภาพเอาไว้ได้ ในอดีตประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ด้วยสัตว์ป่า มนุษย์ใช้สัตว์ป่าในการเป็นอาหาร ยารักษาโรคและเครื่องนุ่งห่ม ตลอดจนก่อให้เกิดอาชีพเช่นพรานป่า หาของป่า เป็นต้น แต่ปัจจุบัน สัตว์ป่าลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการล่าอย่างไร้ขอบเขต ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลทาง ธรรมชาติ เช่น การนำงูมาเป็นอาหาร ทำให้กบและแมลงศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบกับ ระบบนิเวศในห่วงโซ่อาหาร

### 1. ความหมาย

**สัตว์ป่า** หมายถึง : สัตว์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและอาศัยอยู่ในป่า

**พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535**

หมายถึง : สัตว์ทุกชนิดไม่ว่าสัตว์บก สัตว์น้ำ สัตว์ปีก แมลงหรือแมง ซึ่งตามธรรมชาติย่อม เกิดและดำรงชีวิตอยู่ในป่าหรือในน้ำ และให้หมายความรวมถึงไข่ของสัตว์ป่าเหล่านั้นทุกชนิดด้วย แต่ไม่หมายความรวมถึงสัตว์พาหนะที่ได้จดทะเบียนทำตัวรูปพรรณตามกฎหมายว่าด้วยสัตว์พาหนะ แล้ว และสัตว์พาหนะที่ได้มาจากการสืบพันธุ์ของสัตว์พาหนะดังกล่าว

### 2. ประเภทของสัตว์ป่า

ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ.2535 ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร. ให้ไว้ ณ วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2535 เป็นปีที่ 47 ในรัชกาลปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

**2.1 สัตว์ป่าสงวน** หมายถึง สัตว์ป่าที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ ห้ามล่าหรือประชาชนมิได้ ครอบครอง ทั้งสัตว์ที่ยังมีชีวิตหรือซากสัตว์ เว้นแต่กระทำการเพื่อการศึกษาวิจัยทางวิชาการหรือเพื่อ กิจการสวนสาธารณะ โดยได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมป่าไม้เป็นกรณีพิเศษ สัตว์ป่าสงวนมี 15 ชนิด

#### 2.1.1 แรด หรือแรดขาว (Javan rhinoceros : *Rhinoceros sondaicus*)

มีหนังหนา เล็บมี 3 กีบ ตัวผู้มีนอยาวไม่เกิน 25 เซนติเมตร สูง 1.60-1.75 เมตร หนักประมาณ 1,500-2,000 กิโลกรัม ตั้งท้องนาน 16 เดือน ตกลูกครั้งละ 1 ตัว ชอบอยู่ตามป่าดิบชื้น น้ำอุดมสมบูรณ์ เคยพบที่เทือกเขาตะนาวศรี จังหวัดระนอง พังงา และสุราษฎร์ธานี แต่เชื่อว่า สูญพันธุ์ไปแล้ว





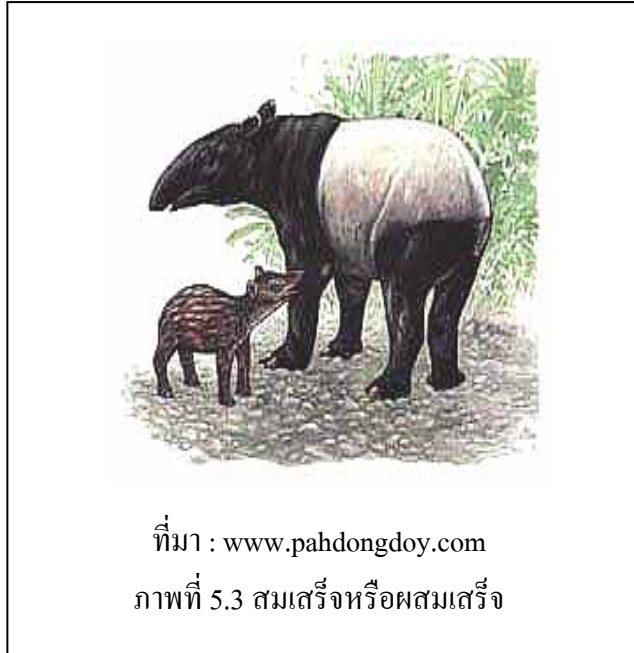
### 2.1.2 กระซู่ (Sumatran rhinoceros : *Didermocerus sumatraensis*)

คล้ายแรดแต่เล็กกว่า คือ สูง 1.0-1.4 เมตร น้ำหนัก 900-1,000 กิโลกรัม หนังกามี 2 นอ ชอบอยู่ตามป่าเขาสูงที่มีหนามรก พบตามป่ารอยต่อระหว่างประเทศไทยกับมาเลเซีย



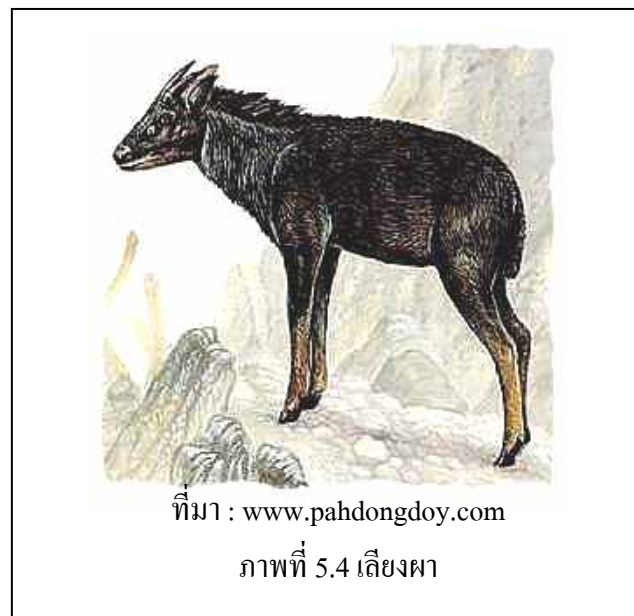
### 2.1.3 สมเสร็จหรือผสมเสร็จ (Malayan tapir : *Tapirus indicus*)

จมูกและริมฝีปากยื่นคล้ายวงสั้น ๆ ตาเล็ก ท่อนลำตัวมีสีขาว เท้าหน้ามี 4 กีบ ส่วนเท้าหลังมี 3 กีบ น้ำหนัก 250-300 กิโลกรัม ออกหากินตอนกลางคืน ชอบอยู่ตามป่าดงดิบที่รก ไกลลำน้ำ ยังพบที่อกเขาถนนธงชัย ที่อกเขาตะนาวศรี เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และป่าดิบชื้นทางภาคใต้



#### 2.1.4 เลียงผา หรือเยื้อง หรือกูร่า หรือโคร่า (Serow : *Capricornis sumatraensis*)

เป็นสัตว์จำพวกแพะ สูงประมาณ 1 เมตร ขนสีดำค่อนข้างยาว ออกหากินตอนเย็น และเข้ามด ยังพบตามภูเขาหินปูนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและอุทยานแห่งชาติบางแห่งเท่านั้น



### 2.1.5 กูปรี หรือโคไพร (Kouprey : *Bos sauveli*)

เป็นวัวที่สูง 1.7-1.9 เมตรหนัก 700-900 กิโลกรัม ปลายขาทั้งสี่ข้างมีสีขาว ปลายเขาแตกเป็นพู่แข็ง ส่วนปลายสุดโค้งบิดเวียนขึ้นทางด้านหน้า ตั้งท้องนาน 9 เดือน พรานพื้นบ้านพบครั้งสุดท้ายที่เทือกเขาพนมดงรัก อำเภออุ้มผาง จังหวัดศรีสะเกษ เมื่อปี พ.ศ. 2525 คาดว่าอพยพกลับไปในเขตแดนกัมพูชาแล้ว



ที่มา : [www.pahdongdoy.com](http://www.pahdongdoy.com)

ภาพที่ 5.5 กูปรีหรือโคไพร

### 2.1.6 ควายป่า หรือมิงสา (Wild water buffalo : *Bubalus bubalis*)

มีความสูง 1.6-1.9 เมตร (ควายบ้านสูง 1.2-1.4 เมตร) หนัก 800-1,200 กิโลกรัม บริเวณอกระหว่างขาคู่หน้ามีสีขาวยรูปตัววี (V) อาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูง ตั้งท้องนาน 15 เดือน เมื่อ พ.ศ. 2536 พบเหลือเพียงแห่งเดียวในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จำนวนประมาณ 40 ตัว



ที่มา : [www.pahdongdoy.com](http://www.pahdongdoy.com)

ภาพที่ 5.6 ควายป่าหรือมิงสา

### 2.1.7 สมัน หรือเนื้อสมัน (Schomburgk's deer : *Cervus schomburgki*)

เป็นกวางที่มีเขาแตกเป็นหลายกิ่งสวยงามที่สุดในโลกและพบในประเทศไทยเท่านั้น เคยพบมากตามลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาแถบจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี และพระนครศรีอยุธยา สมันตัวสุดท้ายซึ่งมีผู้เลี้ยงปล่อยที่วัดมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ตายไปเมื่อปี พ.ศ. 2481 แต่ที่ยังกำหนดให้เป็นสัตว์ป่าสงวน เพราะไม่ต้องการให้เคลื่อนย้ายซากหรือเขาออกนอกราชอาณาจักร



### 2.1.8 ละอง หรือละมั่ง (Eld's deer : *Cervus eldi*)

เป็นกวางที่สูง 1.2-1.3 เมตรหนัก 95-150 กิโลกรัม เขาโค้งเป็นวงออกทางด้านข้างปลายเขาบิดเข้าด้านใน โคนเขาด้านหน้าแตกกิ่งขึ้นและตั้งขึ้น คาดว่ายังมีอยู่บริเวณเทือกเขาพนมดงรัก ชายแดนไทย-กัมพูชา



### 2.1.9 กวางผา (Goral : Naemorhedus griseus)

ลักษณะคล้ายแพะ เล็กกว่าเลียงผา สูงราว 50-70 เซนติเมตร หนักประมาณ 22-32 กิโลกรัม ขนสีน้ำตาล ขนกลางหลังเป็นริ้วสีดำ เขาสีดำ ออกลูกคราวละ 1-2 ตัว ยังมีพบในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อยและแม่ตื่น พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ติดต่อกับจังหวัดตาก และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่



### 2.1.10 เก้งหม้อ หรือเก้งดำ หรือเก้งดง (Fea's barking deer : Muntiacus feai)

บริเวณหลังมีสีคล้ำกว่าเก้งธรรมดา คอสีขาว หนักประมาณ 22 กิโลกรัม ตั้งท้องนาน 6 เดือน หากินตอนกลางคืน มีพบอยู่ตามป่าจังหวัดตาก ราชบุรี ลงไปจนถึงสุราษฎร์ธานี



### 2.1.11 แมวลายหินอ่อน (Marble cat : *Pardofelis marmorata*)

เป็นแมวขนาดกลางหนัก 2-5 กิโลกรัม หูเล็กมน ลำตัวลายสีน้ำตาลอมเหลือง หางยาว ขอบอยู่ตามต้นไม้ หากินตอนกลางคืน ยังเหลือน้อยมากในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี



2.1.12 พะยูน หรือปลาพะยูน หรือปลาดูหยง หรือหมูน้ำ (Dugong or sea cow : *Dugong dugon*) เป็นสัตว์เลี้ยงน้ำเค็มที่กินหญ้าทะเลเป็นอาหาร เลี้ยงลูกด้วยนม โตเต็มที่หนัก 280-380 กิโลกรัม ริมฝีปากบนยื่นคล้ายงูมกหมู หางเป็นสองแฉกแบนในแนวราบ ตั้งท้องนาน 1 ปี ออกลูกคราวละตัว ยังพบที่หาดเจ้าไหมและเกาะจังหวัดตรัง ไม่เกิน 70 ตัว



### 2.1.13 นกกระเรียน (Sarus crane : *Grus antigone*)

เป็นนกที่สูงใหญ่ที่สุดในประเทศไทย คือ สูงประมาณ 1.50 เมตร ตัวสีเทาอมเขียว บริเวณหัวเป็นปุ่มสีแดงส้ม หากินเป็นคู่ตามหนองบึงใกล้ป่า ไม่พบมากกว่า 20 ปีแล้ว มีแต่ที่อพยพมาจากอัสยเป็นครั้งคราว



### 2.1.14 นกเต๋วเร็วท้องดำ (Gurney's pitta : *Pitta gurneyi*)

บริเวณส่วนหัวมีสีดำ ท้ายทอยสีฟ้า ท้องสีดำ หางสีน้ำตาล พบที่จังหวัดกระบี่และตรัง



2.1.15 นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร หรือนกเจ้าฟ้า หรือนกตาพอง (White-eyed river martin : *Pseudochelidon sirintarae*) เป็นนกกตระกูลเดียวกับนกนางแอ่น สีดำเหลือบเขียวแกมฟ้า โคนหางมีแถบขาว รอบตาเป็นวงสีขาว ขนหางคู่กลางยื่นยาว เคยพบแห่งเดียวที่บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ครั้งสุดท้ายพบเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2523 จึงคาดว่าสูญพันธุ์แล้ว



ที่มา : [www.pahdongdoy.com](http://www.pahdongdoy.com)

ภาพที่ 5.15 นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร

2.2 สัตว์ป่าคุ้มครอง หมายถึง สัตว์ป่าตามที่กฎกระทรวงกำหนดให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง กำหนดไว้ เช่น กระต๊อ กระรอกบิน กวาง เก้ง ชะมด ชะนี ไก่ป่า นกยูง นกแร้ง นกเงือก งูสิง งูเหลือม ปูเจ้าฟ้า เป็นต้น ซึ่งกฎหมายไม่อนุญาตให้ล่าได้หรือมีไว้ในครอบครอง (ซึ่งรวมถึงซากของสัตว์ป่าสงวนหรือซากของสัตว์ป่าคุ้มครอง) หรือค้า เว้นแต่การกระทำโดยทางราชการเพื่อการศึกษา วิจัย การเพาะพันธุ์ หรือเพื่อกิจการสวนสัตว์สาธารณะ หากผู้ใดครอบครองแต่เดิมให้นำมาขึ้นทะเบียนต่อป่าไม้อำเภอภายใน 90 วัน นับแต่วันประกาศพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 มีทั้งหมด 293 ชนิด ซึ่งแบ่งได้ 7 จำพวก คือ

2.2.1 สัตว์ป่าจำพวกเลี้ยงลูกด้วยนม จำนวน 189 ชนิด

2.2.2 สัตว์ป่าจำพวกนก มี 181 ลำดับ 771 ชนิด

2.2.3 สัตว์ป่าจำพวกเลื้อยคาน มี 64 ลำดับ จำนวน 91 ชนิด

2.2.4 สัตว์ป่าจำพวกสะเทินน้ำสะเทินบก จำนวน 12 ชนิด

2.2.5 สัตว์ป่าจำพวกปลา จำนวน 4 ชนิด

2.2.6 สัตว์ป่าจำพวกแมลง มี 13 ลำดับ

2.2.7 สัตว์ป่าจำพวกไม่มีกระดูกสันหลังมี 13 ลำดับ



**2.3 สัตว์ป่านอกประเภท** หมายถึง สัตว์ป่าที่ไม่ได้อยู่ในพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 และสัตว์ป่าตามที่กฎกระทรวงกำหนดให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครองกำหนดไว้ ซึ่งสามารถทำการล่าได้ ภายนอกเขตป่าอนุรักษ์ (อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ป่าพื้นที่ต้นน้ำชั้น 1)

### 3. ประโยชน์และคุณค่าของสัตว์ป่า

สัตว์ป่าอำนวยประโยชน์นานาประการให้แก่มนุษย์และทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ มากมาย อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ส่วนใหญ่เป็นไปในทางอ้อมมากกว่าทางตรง จึงทำให้มองไม่ค่อยเห็นคุณค่าของสัตว์ป่าเท่าที่ควร เมื่อเทียบกับทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ เช่น ป่าไม้ น้ำ และแร่ธาตุ ประโยชน์และคุณค่าของสัตว์ป่า ได้แก่

**3.1 ด้านเศรษฐกิจ** ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่มนุษย์ได้จากสัตว์ป่า ได้แก่การค้าสัตว์ป่า หรือซากของสัตว์ป่าทำรายได้ให้กับประเทศและมีเงินหมุนเวียนภายในประเทศจำนวนไม่น้อย คุณค่าทางด้านเศรษฐกิจจะรวมถึงรายได้ต่าง ๆ จากการท่องเที่ยวในการชมสัตว์ด้วย

**3.2 การเป็นอาหาร** มนุษย์ได้ใช้เนื้อของสัตว์ป่าเป็นอาหารเป็นเวลานานแล้ว ซึ่งสัตว์ป่าหลายชนิดก็ได้พัฒนาจนกระทั่งกลายเป็นเลี้ยงไป สัตว์ป่าหลายชนิดตามธรรมชาติคนก็ยังนิยมใช้เนื้อเป็นอาหารอยู่ เช่น หมูป่า กุ้ง กวาง กระเจิง กระต๊อง นกเขาเปล้า นกเป็ดน้ำ ตะกวด แอ้ เป็นต้น อวัยวะของสัตว์ป่าบางอย่าง เช่น นอแรด กระโหลก เลียงผา เขากวางอ่อน เลือดและกระเพาะค่าง ดิบของหมี ดิงูเห่า ก็ยังมีผู้นิยมดัดแปลงเป็นอาหาร หรือใช้เป็นเครื่องยาสมุนไพรอีกด้วย

**3.3 เครื่องใช้เครื่องประดับ** นอกจากเนื้อของสัตว์ป่าและส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ป่าจะใช้เป็นอาหารและยาแล้ว อวัยวะบางอย่างของสัตว์ป่าก็ยังใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้อีกมากมาย เช่น หนังใช้ทำกระเป๋า รองเท้า เครื่องนุ่งห่ม งาม้าง ใช้เป็นเครื่องประดับ กระดูก เขาสัตว์ใช้ทำค้ำมิดค้ำมเครื่องมือหรือแกะสลักต่าง ๆ เป็นต้น

**3.4 การนันทนาการและด้านจิตใจ** นับเป็นคุณค่าอันยิ่งใหญ่ของสัตว์ป่า แต่ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเงินได้โดยง่าย การท่องเที่ยวชมสัตว์ป่าในสวนสัตว์ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และแหล่งสัตว์ป่าอื่น ๆ นับเป็นเรื่องนันทนาการทั้งสิ้นเช่นเดียวกับการสงสารสัตว์ป่าที่ถูกทรมาน กักขัง หรืออื่นใดก็ตามที่ สัตว์อยู่อย่างไม่มีความสุขก็เป็นเรื่องจิตใจ รวมตลอดทั้งการท่องเที่ยวป่าเห็นสัตว์ป่าหรือไม่เห็นสัตว์ป่า ซึ่งควรประดับความงามตามธรรมชาติเป็นทั้งนันทนาการและด้านจิตใจทั้งสิ้น

**3.5 ด้านวิทยาศาสตร์ การศึกษา และการแพทย์** สัตว์ป่ามีคุณค่าใหญ่หลวงที่ทำให้ นักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาและแพทย์ ประสบผลสำเร็จในด้านการค้นคว้าทดลองต่าง ๆ โดย ชั้นแรกเขาทดลองกับสัตว์ป่าเสียก่อน เช่น ทดลองกับหนู กระแต ถึง จากนั้นจึงนำไปใช้กับคน การค้นคว้า ทดลองเหล่านี้หากไม่มีสัตว์ป่าเป็นเครื่องทดลองก่อนแล้ว ก็อาจจะมีผลสะท้อนถึงคน อย่างมาก

**3.6 เป็นตัวควบคุมสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ** สัตว์ป่านับได้ว่าเป็นตัวควบคุมสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ด้วยกันเอง ทำให้ผลกระทบต่อคนบรรเทาเบาบางลงไปไม่มากนักน้อย เช่น ค้างคาวกิน แมลง นกฮูกและงูสิงกินหนูต่าง ๆ นกกินตัวหนอนที่ทำลายพืชเศรษฐกิจ เป็นต้น ซึ่งหากไม่มีสัตว์ป่า ต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วคนอาจจะต้องเสียเงินทองจำนวนมากกว่าเป็นอยู่ในปัจจุบันที่จะต้องกำจัดศัตรู ทั้งทางตรงและทางอ้อมเหล่านี้

### **3.7 คุณค่าของสัตว์ป่าต่อทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ**

**3.7.1** สัตว์ป่าช่วยทำลายศัตรูป่าไม้ ต้นไม้ในป่าจะมีศัตรูตามธรรมชาติเสมอ ๆ เช่น โรค และแมลง เป็นต้น แต่ศัตรูเหล่านี้จะไม่ระบาด โดยเฉพาะแมลงหากมีสัตว์ป่าหลายชนิดเป็นตัวกำจัด แมลง เช่น นกหัวขวาน นกไต่ไม้ จะกินแมลงและตัวหนอน ตามลำต้น นกกินแมลง นกจับแมลง จะ กินแมลงที่มาทำลายใบ ดอกและผล ตุ่น หนูผี จะกินหนอนที่มากินรากและลำต้นใต้ดิน หากปราศจากสัตว์เหล่านี้แล้วต้นไม้จะได้รับความเสียหายและอาจจะตายในที่สุด

**3.7.2** สัตว์ป่าช่วยผสมเกสรดอกไม้ ต้นไม้ เช่น นกกินปลี นกปลีกล้วย และค้างคาวกิน น้ำหวานดอกไม้ เป็นต้น สัตว์ป่าเหล่านี้จะช่วยผสมเกสรดอกไม้ในขณะที่กินน้ำหวานดอกไม้จาก ดอกหนึ่งไปยังอีกดอกหนึ่งหรือจากต้นหนึ่งไปยังอีกต้นหนึ่ง

**3.7.3** สัตว์ป่าช่วยในการกระจายเมล็ดพันธุ์ไม้ สัตว์ป่าบางชนิด เช่น นกขุนทอง นกเงือก ค้างคาวบางชนิด ลิง ค่าง ชะนี กวาง เก้ง กระต๊อ วัวแดง เป็นต้น จะกินผลไม้เป็นอาหารแล้วคายหรือ ถ่ายเมล็ดออกมาตามที่ต่าง ๆ เมล็ดไม้บางชนิดไม่ได้รับความเสียหายใด ๆ ในการผ่านกระเพาะของ สัตว์เหล่านี้ก็เท่ากับสัตว์ป่าช่วยในการกระจายเมล็ดพันธุ์ไม้ไปในที่ต่าง ๆ ที่สัตว์ท่องเที่ยวไปแล้ว คายหรือถ่ายเมล็ดไม้ออกมา

**3.7.4** สัตว์ป่าช่วยทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น มูลของสัตว์เกือบทุกชนิดใช้เป็นปุ๋ยได้ อย่างดี เท่ากับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ในขณะที่เดียวกันเมื่อสัตว์ป่าตายลง ซากของสัตว์ป่าก็ จะกลายเป็นปุ๋ยได้เช่นเดียวกัน ทุกวันนี้เกิดปัญหาการคัดแปลงมูลของสัตว์ป่าบางชนิด เช่น มูลของ ค้างคาว ซึ่งมีอยู่มากมายตามถ้ำต่าง ๆ ให้ใช้อย่างถูกต้อง ก็จะทำให้แก้ปัญหาด่าง ๆ ได้ ทุกวันนี้แม้ว่า จะใช้มูลค้างคาวเป็นปุ๋ยอยู่บ้างก็อยู่เฉพาะในวงจำกัด

### กิจกรรม 5.1 เพื่อนร่วมโลก...เพื่อนผู้เสียสละ

วงการแพทย์ไทยได้ค้นพบไวรัสสายพันธุ์ใหม่ที่ร้ายแรงและแพร่กระจายไปได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งตอนนี้ยังไม่มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการ และพบว่ามันสามารถแพร่กระจายและอยู่ได้ในทางอากาศเท่านั้น ไม่ว่าจะร้อน ชื้น แห้งหรือหนาวเย็นอย่างขั้วโลกก็ตาม วงการแพทย์เกรงกลัวว่าความร้ายแรงอาจจะมากถึงขั้นนำไปสู่จุดจบแห่งมนุษยชาติ

จากการทดลองกับสัตว์ป่าของนักวิทยาศาสตร์ โดยการฉีดเชื้อไวรัสชนิดนี้เข้าสู่ร่างกายสัตว์ป่าและให้สัตว์ป่าสร้างภูมิคุ้มกันพบว่า สัตว์ป่าคุ้มครองและสัตว์ป่าสงวนหลายชนิดตายลง มีเพียงสัตว์ป่าสงวน 3 ชนิด คือ สัตว์บก คือ แมวลายหินอ่อน สัตว์น้ำคือปลาพะยูน และสัตว์ปีกคือนกกระเรียน เท่านั้นที่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อช่วยเหลือมนุษย์ได้

ซึ่งเป็นที่น่าวิตกว่า การทดลองนี้จะทำให้สัตว์ป่าสงวนของไทยจะลดลงและอาจสูญพันธุ์ไปในที่สุด ถึงเวลาแล้วที่ทุกฝ่ายต้องหันหน้ามาร่วมมือและปรึกษาเพื่อหาหนทางแก้ไขให้เร็วที่สุด

กำหนดให้

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. สัตวแพทย์                          | มีหน้าที่ รักษาสัตว์ป่าสงวนที่เจ็บป่วย                       |
| 2. นักวิทยาศาสตร์                     | มีหน้าที่ ทดลองค้นคว้าหาวิธีการและตัวยาที่ใช้ในการรักษา      |
| 3. นักอนุรักษ์                        | มีหน้าที่ คุ้มครองดูแลสัตว์ป่ามิให้สูญพันธุ์                 |
| 4. เจ้าหน้าที่ศูนย์เพาะพันธุ์สัตว์ป่า | มีหน้าที่เพาะพันธุ์สัตว์ป่าให้เพิ่มจำนวนมากยิ่งขึ้น          |
| 5. แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเชื้อโรค      | มีหน้าที่ รักษาบุคคลที่ป่วยเป็นโรคเนื่องจากเชื้อไวรัสชนิดนี้ |
- คำชี้แจงในการทำกิจกรรม

1. แบ่งกลุ่มนักศึกษากลุ่มละ 5 คน เป็นตัวแทนบุคคลต่าง ๆ ที่กำหนดให้
2. ให้ตัวแทนที่เป็นบุคคลเดียวกันจัดกลุ่มด้วยกัน เรียกว่ากลุ่มเฉพาะ และร่วมปรึกษาคำแนะแนวทางแก้ไขในบทบาทหน้าที่ของตน
3. ตัวแทนแต่ละคนกลับเข้าสู่กลุ่มเดิมของตนเองและอธิบายข้อสรุปแนวทางแก้ไขที่ตนเองได้จากกลุ่มเฉพาะ ให้เพื่อน ๆ ร่วมกลุ่มฟัง ซึ่งกลุ่มจะได้รับความรู้ในการแก้ไขปัญหาครบทุกคน
4. นำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำขึ้นเรียน



#### 4. โทษของสัตว์ป่า

4.1 ทำความเสียหายให้แก่พืชผลที่เกษตรกรได้ปลูกไว้ สัตว์พวกนี้ก็จะก่อให้เกิดความเสียหายมากเมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือเป็นฝูง เช่น ค้างคาวจะทำลายสวนผลไม้หรือต้น ไม้ให้ล้มตาย นอกเหนือทั้งฝูงเมื่อไปเกาะพักอาศัยบนต้นไม้บางชนิด เช่น ขนุน บ่อยครั้งเข้ามาลูบของมันจะทำให้ส่วนยอดและส่วนอื่น ๆ เสียหาย ต้นไม้ตายลงในที่สุด นอกจากนี้ยังมีสัตว์ป่าประเภทอื่น ๆ เช่น หนูนา กระรอก กระแต นกเป็ดน้ำ นกชนิดอื่น ๆ และฝูงลิงกังออกมากินข้าว โปดของชาวบ้านที่ปลูกไว้รอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรด้านตะวันออกของจังหวัดตาก

4.2 ทำลายทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ สัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ใกล้ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์จะลักลอบเข้าไปกินหญ้าที่เกษตรกรปลูกไว้ หากสัตว์ป่ามีปริมาณมากเกินไป จะทำให้ได้รับความเสียหาย อาหารของสัตว์เลี้ยงจะลดน้อยลง สัตว์พวกนี้ ได้แก่ หนูนา กระต่ายป่า กวาง เป็นต้น ทำให้เกษตรกรหรือเจ้าของฟาร์มเลี้ยงสัตว์เหล่านี้ต้องเสียเงินเป็นจำนวนมากในการทำรั้วป้องกันไม่ให้สัตว์ป่าเข้าไปทำลาย

4.3 ทำลายต้นไม้ที่อยู่ในป่า ในช่วงที่อาหารตามธรรมชาติของสัตว์ป่าขาดแคลนลง อาจเนื่องมาจากฤดูกาลหรือปริมาณที่มากเกินไปของสัตว์ป่า สัตว์ป่าจะกัดกินตะกั่วเปลือกไม้ ต้นอ่อน ใบอ่อน และยอดอ่อนของต้นไม้เพื่อนำมาใช้เป็นอาหาร ทำให้ต้นไม้มีตำหนิ การเจริญเติบโตช้า โอกาสที่โรคและแมลงจะทำลายมีมากขึ้น

4.4 ลดปริมาณสัตว์น้ำให้ลดน้อยลง เกิดในกรณีที่มีสัตว์ป่าจำพวกที่กินสัตว์น้ำเป็นอาหาร เช่น นกเป็ดน้ำ นกกระยาง นกกระทง นกกระสา นกกาบบัว งูเห่า พังพอน นาก เป็นต้น มีการเพิ่มจำนวนที่มากเกินไป ทำให้สัตว์น้ำลดปริมาณลงโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่น้ำตามแหล่งที่สัตว์น้ำอยู่มีระดับลดลง การจับสัตว์น้ำมากินเป็นอาหารก็ยิ่งง่ายมากขึ้น อาหารของมนุษย์จึงลดลงไปด้วย

4.5 เป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยตรง สัตว์ป่าบางชนิดมีนิสัยดุร้าย เมื่ออยู่ในสภาพจนตรอกหรือตอนที่คนเปลือหรือช่วงที่มีลูกอ่อน อาจจะทำอันตรายให้มนุษย์ได้รับบาดเจ็บและถึงกับเสียชีวิตได้ เช่น เสือชนิดต่าง ๆ สิงโต หมีควาย และช้างป่า บางชนิดมีพิษร้ายแรง เช่น งูเห่า งูจงอาง งูสามเหลี่ยม เมื่อมนุษย์ถูกกัดอาจทำให้เสียชีวิตได้ในช่วงระยะเวลาไม่นานนัก จึงควรรีบทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นก่อนแล้วรีบนำส่งแพทย์โดยเร็วที่สุด

#### 5. สาเหตุของการลดจำนวนลงของสัตว์ป่า

5.1 การลดน้อยลงหรือสูญพันธุ์ไปตามธรรมชาติ สัตว์ทุกชนิดจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ถ้าหากปรับตัวไม่ได้ก็จะสูญพันธุ์ไปในที่สุด ทั้งนี้ อาจเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ไฟป่า น้ำท่วม แผ่นดินถล่มหรือภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น

**5.2 การลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์จากการล่าโดยตรง** โดยธรรมชาติสัตว์ป่าจะไม่ลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์อย่างรวดเร็ว หากเป็นไปตามระบบห่วงโซ่อาหาร แต่เมื่อมีการล่าจากมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องกับปริมาณการล่ามิได้น้อยลงมีแต่เพิ่มขึ้น จำนวนของกึ่งหรือกวางจึงมีอาจจะทดแทนได้ทันจึงมีปริมาณลดลงไปและอาจสูญพันธุ์ไปในที่สุด ซึ่งสาเหตุของการล่าสัตว์ในประเทศไทยก็คือการล่าเพื่อนำเนื้อหรืออวัยวะไปบริโภคหรือจำหน่าย รวมทั้งการล่าเพื่อนำไปเป็นสัตว์เลี้ยงด้วย

**5.3 การลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์จากการทำลายที่อยู่อาศัย** เมื่อมีการบุกรุกป่าไม้และทำลายแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดมลพิษขึ้น ทำให้สัตว์ป่าไม่มีที่อยู่อาศัยและขาดแหล่งอาหารในการดำรงชีพ ถึงแม้จะมีสัตว์หลายชนิดที่สามารถเคลื่อนย้ายที่อยู่หรือปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ได้ แต่ก็มีจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถปรับตัวได้และต้องตายไปในที่สุด

**5.4 การลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์จากสารพิษ** เนื่องจากมนุษย์มีการเพาะปลูกโดยใช้สารเคมีเพื่อจะเพิ่มผลผลิตและกำจัดศัตรูพืช หรือกรณีของเหมืองแร่ที่สารพวก โลหะหนักปนเปื้อนลงแหล่งน้ำ เมื่อสัตว์ป่าได้รับสารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้ อาจส่งผลเฉียบพลันคือการตาย หากได้รับในปริมาณที่มาก จะมีการสะสมในตัวสัตว์และถ่ายทอดความผิดปกติทางพันธุกรรมไปยังลูกหลานได้

**5.5 การลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์จากการนำสัตว์อื่นมาทดแทน** การนำสัตว์เลี้ยงหรือสัตว์ต่างพื้นที่กันไปในพื้นที่จะทำให้เกิดปัญหาอันเนื่องจากการแย่งอาหาร ที่อยู่ และสามารถถ่ายทอดโรคสู่กันได้ ดังกรณีที่เคยเกิดขึ้นในออสเตรเลียที่นำพันธุ์ปลาเทราท์จากยุโรปมาปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อใช้เป็นอาหาร แต่มีผลทำให้ปลาพื้นเมืองเดิมสูญพันธุ์ไป เนื่องจากหาอาหารและขยายพันธุ์สู้ปลาเทราท์ไม่ได้

**5.6 การลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์จากการใช้อาหารได้จำกัด** สัตว์หลายชนิดจะมีการปรับตัวให้สามารถกินอาหารได้หลากหลาย เพื่อป้องกันความอดอยาก แต่ก็มีสัตว์บางชนิดที่กินอาหารได้น้อยชนิด หากขาดแหล่งอาหารนั้นก็ไม่สามารถปรับตัวและต้องตายไป เช่น หมูแพนด้าซึ่งจะกินไผ่เฉพาะในพื้นที่เท่านั้น หากปราศจากแหล่งอาหารดังกล่าวก็จะตายลง โดยไม่สามารถกินอาหารอื่นทดแทนได้



## 6. หลักทั่วไปในการอนุรักษ์สัตว์ป่า

### 6.1 การอนุรักษ์พื้นที่ การจัดหาแหล่งที่อยู่อาศัยปลอดภัยสำหรับสัตว์ป่า

#### 6.1.1 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (Wildlife Sanctuaries)

เป็นพื้นที่ที่กำหนดขึ้นเพื่อให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าโดยปลอดภัย เพื่อให้สัตว์ป่าในพื้นที่ดังกล่าวจะได้มีโอกาสสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้มากขึ้น เช่น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งแรกของประเทศไทย ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ.2508

ในปัจจุบันมีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ารวมทั้งสิ้น 46 เขต รวมเนื้อที่ 20,459,098 ไร่ มีหน้าที่ดำเนินการเกี่ยวกับการสงวนและรักษาถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า เพื่อเป็นแหล่งอาหาร หลบหนีศัตรู และขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ ในการกำหนดเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ามีบทบัญญัติตาม พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 ในจำนวนเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทั้ง 46 แห่งของประเทศไทย นี้มี 2 แห่ง ได้รับการประกาศจากองค์การยูเนสโกให้เป็น ดินแดนมรดกทางธรรมชาติของโลก ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร ได้รับการประกาศเป็นทางการให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เมื่อ พ.ศ. 2517 มีพื้นที่ประมาณ 2,000,000 ไร่ มีอาณาบริเวณครอบคลุม อ.ทองผาภูมิ กับ อ.สังขละบุรี ในจังหวัดกาญจนบุรี และ อ.อุ้มผาง จังหวัดตาก

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ได้รับการประกาศเป็นทางการ เมื่อ พ.ศ. 2515 และประกาศขยายเพิ่มพื้นที่อีกใน พ.ศ. 2529 รวมเป็นพื้นที่ประมาณ 1,610,000 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร โดยครอบคลุม อ.บ้านไร่ และ อ.ลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ไปจนถึง อ.อุ้มผาง จังหวัดตาก

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทั้ง 2 แห่งนี้ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารหลายสาย มีป่าหลากหลายชนิด มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านานาชนิดและสัตว์ที่ใกล้จะสูญพันธุ์ 21 ชนิด สัตว์ที่ถูกคุกคามอีก 65 ชนิด จึงนับเป็นแหล่งของทรัพยากรพันธุ์สัตว์ป่าที่มีค่ายิ่ง **หลักเกณฑ์การกำหนดพื้นที่ให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า**

หลักการเลือกพื้นที่เพื่อจัดตั้งรักษาพันธุ์สัตว์ป่าว่า ควรมีลักษณะ 5 ประการ ดังนี้

1) เป็นบริเวณที่มีสัตว์ป่าชุกชุม มีสัตว์ป่าชนิดที่หายากหรือกำลังจะสูญพันธุ์ อาศัยอยู่ในท้องที่บางแห่งแม้จะมีสัตว์ป่าอาศัยอยู่เพียงไม่กี่ชนิด แต่หากเป็นสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าที่คุ้มครองหายากหรือใกล้จะสูญพันธุ์ก็ถือเป็นเรื่องสำคัญ

2) เป็นบริเวณที่มีแหล่งน้ำแหล่งอาหาร และที่หลบภัยของสัตว์ป่าอย่างเพียงพอ และเหมาะสมเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า พื้นที่บางแห่งซึ่งประกอบด้วยธรรมชาติพิเศษและเคย



เป็นถิ่นที่อยู่ (Habitat) ของสัตว์ป่าที่หายาก ก็จำเป็นต้องสงวนและรักษาไว้สำหรับโอกาสที่จะนำสัตว์ป่าเหล่านี้กลับมาอยู่ตามธรรมชาติในถิ่นที่อยู่เดิมของมัน

3) เป็นพื้นที่ซึ่งมีขนาดใหญ่พอสมควร และมีสภาพป่าหลายลักษณะอยู่ในพื้นที่เดียวกัน เช่น ทุ่งหญ้า ป่าโปร่ง ป่าดงดิบ ฯลฯ ป่าไม้ที่ประกอบด้วยสภาพป่าหลายลักษณะ ย่อมจะสามารถอำนวยประโยชน์แก่สัตว์ป่าได้มากทั้งชนิดและจำนวน และถ้าหากพื้นที่เหล่านี้มีอาณาบริเวณติดต่อกันเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่มากขึ้นเท่าใด ก็จะยิ่งอำนวยประโยชน์ต่อสัตว์ป่าขนาดใหญ่ ซึ่งจะสามารถอพยพเคลื่อนย้ายหากินไปตามฤดูกาลต่าง ๆ โดยปลอดภัยยิ่งขึ้น

4) เป็นพื้นที่ที่ไม่อยู่ในกรรมสิทธิ์หรือครอบครองโดยชอบด้วยกฎหมายของบุคคลใดซึ่งไม่ใช่ทบวงการเมือง หรืออีกนัยหนึ่งก็คือพื้นที่ของทางราชการนั่นเอง

5) เป็นพื้นที่ซึ่งอยู่ห่างจากชุมชนพอสมควรและถูกรบกวนน้อย ในสถานการณ์ปัจจุบันป่าไม้แทบทุกแห่งมักจะถูกรบกวนจากประชาชนไม่มากนักน้อย ป่าไม้ที่อยู่ห่างไกลจากชุมชนย่อมจะได้รับผลกระทบจากประชาชนน้อยกว่าที่อยู่ใกล้เมือง และจะมีผลต่อการดำเนินการในลักษณะเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าในอนาคตเป็นอันมาก

#### **ประโยชน์ที่ได้จากการจัดตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า**

- 1) การรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ
- 2) การรักษาสภาพแวดล้อมและสมดุลทางธรรมชาติ
- 3) การศึกษาหาความรู้
- 4) คุณค่าด้านความงามของธรรมชาติและสัตว์ป่าในพื้นที่

#### **6.1.2 เขตห้ามล่าสัตว์ป่า (Non-hunting area)**

เป็นพื้นที่ที่ให้ความคุ้มครองแก่สัตว์ป่า เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งของความหลากหลายของพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ป่า แหล่งที่ระบบนิเวศจะคงความสมดุลอยู่ได้ เป็นสถานที่สำหรับการศึกษาค้นคว้าวิจัยทางวิชาการ ส่งเสริมการสร้างจิตสำนึกที่ดี เผยแพร่ความรู้ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติแก่ประชาชนทั่วไป

พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ.2535 ในส่วนที่เกี่ยวกับการกำหนดพื้นที่ให้เป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าไว้ดังนี้

“บริเวณสถานที่ที่ใช้ในราชการ หรือใช้เพื่อสาธารณะประโยชน์ หรือประชาชนใช้ประโยชน์ร่วมกันแห่งใด รัฐมนตรีโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการ กำหนดให้เป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าชนิดหรือประเภทใดก็ได้ โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อได้มีการประกาศของรัฐมนตรีกำหนดเขตห้ามล่าสัตว์ป่าชนิดหรือประเภทใดแล้ว ห้ามมิให้ผู้ใดกระทำการต่อไปนี้

- 1) ล่าสัตว์ป่าชนิดหรือประเภทนั้น
- 2) เก็บหรือทำอันตรายแก่รังของสัตว์ป่าซึ่งห้ามมิให้ล่า

3) ยึดถือครอบครองที่ดิน หรือตัด โคน แผลวถาง เผา หรือทำให้น้ำในลำน้ำ ลำห้วย หนอง บึง ท่วมท้น เหือดแห้ง เป็นพิษ หรือเป็นอันตรายต่อสัตว์ป่า เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นหนังสือ จากอธิบดี หรือเมื่ออธิบดีได้ประกาศอนุญาตไว้เป็นคราว ๆ ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าแห่งหนึ่งใด โดยเฉพาะ ในกรณีที่พนักงานเจ้าหน้าที่หรือเจ้าพนักงานอื่นใด มีความจำเป็นต้องปฏิบัติตาม กฎหมาย หรือปฏิบัติการเพื่อประโยชน์ในการศึกษา หรือด้านการวิจัยทางวิชาการในเขตห้ามล่า สัตว์ป่า พนักงานเจ้าหน้าที่หรือเจ้าพนักงานนั้นต้องปฏิบัติตามระเบียบที่อธิบดีกำหนด โดยความ เห็นชอบของคณะกรรมการ”

ปัจจุบันประเทศไทยมีเขตห้ามล่าสัตว์ป่ารวม 50 เขต รวมเนื้อที่ 2,655,644 ไร่

**6.1.3 อุทยานสัตว์ป่า (Wildlife park)** เป็นสถานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยว ลักษณะซาฟารี ซึ่งจะอำนวยความสะดวกทางการศึกษา การวิจัยและการขยายพันธุ์สัตว์ป่า ตลอดจนเป็นแหล่งที่อยู่ปลอดภัยของสัตว์ป่าชั่วคราวก่อนนำไปปล่อยในที่ที่เหมาะสมต่อไป มี 2 แห่ง คือ อุทยานสัตว์ป่าลำปาง จ.กาฬสินธุ์ และเขาพระแทว จ.ภูเก็ต

## 6.2 การอนุรักษ์สัตว์ป่าทางวิชาการ

**6.2.1 การตั้งสถานีวิจัยสัตว์ป่า** ศึกษาพฤติกรรม ถิ่นที่อยู่ เพื่อนำผลไปจัดการเกี่ยวกับ สัตว์ป่าอย่างเหมาะสมต่อไป เช่น สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ อ.ลานสัก จ.อุทัยธานี

**6.2.2 การตั้งศูนย์เพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์ป่า** เพื่อทดลองผสมพันธุ์สัตว์ป่า ป้องกันมิให้สัตว์ป่าสูญพันธุ์ และปล่อยเข้าป่าต่อไป เช่น เขาสอยดาว จ.จันทบุรี

**6.2.3 การจัดตั้งศูนย์การศึกษาธรรมชาติและสัตว์ป่า** เช่น เขาเจ็พ จ.ชลบุรี

**6.2.4 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล** ตั้งขึ้นเพื่อศึกษาวิจัยพืชและสัตว์น้ำเค็ม เช่น สถาบัน วิทยาศาสตร์ทางทะเล ของมหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน จ. ชลบุรี

**6.2.5 การขยายพันธุ์โดยวิธีพิเศษ** ส่วนใหญ่ได้แก่ การผสมเทียมและการใช้ เทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) ปัจจุบันวิทยาการด้านนี้ก้าวหน้าไปมากจนสามารถทำสำเนา (cloning) สัตว์ได้ เช่น การทำสำเนาแกะและวัว จึงควรมาปรับใช้กับการขยายพันธุ์สัตว์ป่าหายาก หรือสัตว์ที่กำลังจะสูญพันธุ์บ้าง ซึ่งบางหน่วยงานกำลังให้ความสนใจ เช่น สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยมหิดล มีโครงการที่จะทำสำเนาช้างเผือก เป็นต้น

## 6.3 การป้องกันและปราบปราม

**6.3.1 การออกกฎหมายห้ามล่าสัตว์ป่า** เช่น ประเทศไทยออกกฎหมายเพื่ออนุรักษ์สัตว์ป่า เป็นครั้งแรกในสมัยรัชกาลที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2443 ใช้ชื่อว่า “กฎหมายคุ้มครองสัตว์ป่า” มีวัตถุประสงค์ในการคุ้มครองช้างป่าเพียงอย่างเดียว ต่อมาใน พ.ศ. 2503 มี พ.ร.บ.สงวนและ คุ้มครองสัตว์ป่า และปัจจุบันใช้ พ.ร.บ.สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535

6.3.2 การควบคุมการค้าสัตว์ป่า จัดตั้งด่านตรวจสัตว์ป่าที่ส่งออกราชาอาณาจักร 9 แห่ง เช่น ด่านตรวจสัตว์ป่าท่าอากาศยานกรุงเทพฯ

6.3.3 หลีกเลี่ยงการรบกวนหรือทำลายแหล่งอาศัยของสัตว์ป่า โดยไม่เผาป่าหรือทำให้เกิดเสียงดัง พร้อมทั้งช่วยป้องกันการเกิดมลพิษทางน้ำ เพราะจะทำให้สัตว์เป็นอันตราย ตกใจ และย้ายถิ่นฐาน

6.3.4 ป้องกันและควบคุมไฟไหม้ป่าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง

6.3.5 สร้างแหล่งอาศัยจำลอง มักใช้กับการอนุรักษ์สัตว์น้ำเพื่อให้เป็นที่อาศัยและแพร่พันธุ์ เช่น การสร้างแนวหินเทียมที่ จ.ภูเก็ต การสร้างปะการังเทียมที่ อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี และ จ.ปัตตานี

6.3.6 การประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมเผยแพร่ให้เยาวชนและประชาชน มีความรู้ความเข้าใจและเกิดสำนึกที่จะให้ความร่วมมือ โดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- 1) การเลิกซื้อสินค้าที่ทำมาจากสัตว์ป่าหายาก
- 2) ลดปริมาณสารเคมีต่าง ๆ
- 3) การไม่ล่าสัตว์ป่าทุกชนิด
- 4) ให้ความรักและเมตตาต่อสัตว์
- 5) เข้าร่วมกับองค์กรอนุรักษ์ต่าง ๆ

## 7. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ

(ที่มา : ปิยะนาถ กลิ่นภักดี. 2550. ออนไลน์)



ในอดีตประเทศไทยมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ พื้นที่อุดมไปด้วยความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืชและสัตว์ จากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการทำลายป่าและล่าสัตว์มากขึ้น เป็นผลให้แหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าถูกทำลาย สัตว์ป่าถูกล่าจนมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว สัตว์ป่าหลายชนิดเกือบจะสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทย

กฎหมายที่เกี่ยวกับการคุ้มครองสัตว์ป่าในขณะนั้น มีเพียงพระราชบัญญัติรักษาช้างป่า

ร.ศ.1199 (พ.ศ.2443) เท่านั้น ยังไม่มีการคุ้มครองสัตว์ป่าอื่น ๆ ต่อมาในปีพ.ศ.2503 รัฐบาลในสมัยจอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ เป็นนายกรัฐมนตรี จึงได้ตรากฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าขึ้น คือพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2503 โดยมีสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เมื่อครั้งดำรงพระยศเป็นสมเด็จพระราชชนนีศรีสังวาลย์และผู้สำเร็จราชการแทนพระองค์ ได้ทรงลงนามในพระปรมาภิไธยเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2503

ต่อมาในปี พ.ศ.2535 ได้ปรับปรุงพระราชบัญญัติว่าสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2503 ใหม่ โดยมีเหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ เนื่องจากกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าที่ใช้บังคับอยู่ในปัจจุบัน ได้ใช้บังคับมาเป็นเวลานาน มาตรการต่าง ๆ ที่มีอยู่ในกฎหมายดังกล่าวไม่สามารถทำให้การสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลสมดังวัตถุประสงค์ของกฎหมาย ประกอบกับจำเป็นจะต้องเร่งรัดการขยายพันธุ์สัตว์ป่าและให้การสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าควบคู่กันไป และเนื่องจากปัจจุบันได้มีความตกลงระหว่างประเทศในการที่จะร่วมมือกันเพื่อสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าของท้องถิ่นอันเป็นทรัพยากรที่สำคัญของโลก ดังนั้นเพื่อปรับปรุงให้มาตรการในการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าเป็นไปอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับความตกลงระหว่างประเทศ สมควรปรับปรุงกฎหมายนี้ และต่อมาได้ถือเอา **วันที่ 26 ธันวาคม** ของทุกปี เป็น **“วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ”** อย่างไรก็ตาม สัตว์ป่าในธรรมชาติก็ยังคงถูกไล่ล่าและลดจำนวนลงเรื่อย ๆ ภารกิจของผู้มีหน้าที่ในการปกป้องชีวิตสัตว์ป่ามีมากขึ้น การทำงานเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าลำพังเพียงเจ้าหน้าที่ไม่สามารถจะทำให้ประสบความสำเร็จได้ จึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกส่วนฝ่าย ประสานร่วมมือกันทั้งจากภาครัฐ เอกชน ประชาชน เยาวชน และองค์กรเอกชนต่าง ๆ

### กิจกรรมที่ 5.3 รู้จักนักอนุรักษ์ “สืบ นาคะเสถียร”

(ที่มา : ....2550. ออนไลน์)



ที่มา : [th.wikipedia.org/wiki](http://th.wikipedia.org/wiki)

ภาพที่ 5.16 สืบ นาคะเสถียร

การจากไปของสืบ นาคะเสถียร ได้ส่งผลกระทบต่อผู้คนที่รักธรรมชาติและแสวงหาความเป็นธรรมในสังคม ทั้งนี้เพราะว่าในยามที่ยังมีชีวิตอยู่ สืบ มิได้เป็นเพียงข้าราชการอาชีพที่มีภาระการงานเกี่ยวกับการพิทักษ์ป่าและสัตว์ป่าเท่านั้น หากเป็นบุคคลสำคัญของขบวนการอนุรักษ์ธรรมชาติในประเทศไทย เป็นผู้ที่เคยต่อสู้เพื่อปกป้องรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ไม่ว่าจะปกป้องป่าไม้หรือสัตว์ป่า โดยไม่คำนึงถึงภัยอันตรายใด ๆ การจากไปของเขานับเป็นความสูญเสียครั้งยิ่งใหญ่และเป็นความสูญเสียที่นักอนุรักษ์ธรรมชาติ ทุกคนไม่อาจปล่อยให้ผ่านพ้นไปได้ โดยปราศจากความทรงจำ

สืบ นาคะเสถียร เกิดเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2492 ที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ในวัยเด็ก สืบมีบุคลิกภาพคือเมื่อสนใจหรือตั้งใจจะทำอะไรแล้วก็จะมีความมุ่งมั่น ตั้งใจทำจริงจนประสบความสำเร็จ และเป็นผู้มีผลการเรียนดีมาโดยตลอด จบการศึกษาจากคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเริ่มชีวิตข้าราชการกรมป่าไม้ เมื่อปี พ.ศ.2518 สังกัดกองอนุรักษ์สัตว์ป่า ซึ่งขณะนั้นยังเป็นเพียงหน่วยงานเล็ก ๆ ที่เพิ่งก่อตั้งขึ้นเท่านั้น เขาตัดสินใจเลือกหน่วยงานนี้เพราะต้องการทำงานเกี่ยวกับสัตว์ป่ามากกว่างานที่เกี่ยวข้องกับผลประโยชน์ป่าไม้โดยตรง สืบเริ่มงานครั้งแรกที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จังหวัดชลบุรี จุดเริ่มต้นนี้เอง ที่ผลักดันให้ สืบ ต้องเข้าไปทำหน้าที่ผู้รักษากฎหมายอย่างเต็มที่ที่นี่เขาได้จับกุมผู้บุกรุกทำลายป่าโดยไม่เกรงอิทธิพลใด ๆ และเริ่มเรียนรู้ว่าการเป็นเจ้าหน้าที่ป่าไม้ที่ชื่อสัตว์นั้น เจ็บปวดเพียงไหน สืบ ทำงานอยู่ 3 - 4 ปี ก็ได้รับทุนไปเรียนระดับปริญญาโท สาขาอนุรักษ์วิทยา ที่มหาวิทยาลัยลอนดอน จากนั้นกลับมารับตำแหน่งหัวหน้าเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบางพระ จนกระทั่งขอย้ายตัวเองเข้ามาเป็นนักวิชาการ กองอนุรักษ์สัตว์ป่า ทำหน้าที่วิจัยสัตว์ป่าเพียงอย่างเดียว

“ผมหันมาสนใจงานวิจัยมากกว่าที่จะวิ่งไปจับคนเพราะรู้ว่าจับได้แต่คนตัวเล็ก ๆ ตัวใหญ่ ๆ จับไม่ได้ก็เลยคิดว่ากฎหมายบ้านเมืองนั้นมันใช้ไม่ได้กับทุกคน มันเหมือนกับว่า เราไม่ยุติธรรมเรารังแกชาวบ้าน”

ในขณะนี้ สืบ ได้ผลิตงานวิจัยเกี่ยวกับสัตว์ป่าออกมามากมายตั้งแต่การสำรวจติดตามชนิดและพฤติกรรมการทำรังของนก สสำรวจแหล่งอาศัยของกวางผา ค้นหาและศึกษาพฤติกรรมของ

เลียงผา มาจนถึงการสำรวจศึกษาสภาพทางนิเวศของป่าห้วยขาแข้งและป่าทุ่งใหญ่นเรศวร งานวิจัยเหล่านี้ ทำให้เขาเริ่มผูกพันกับสัตว์ป่าที่ตกค้างในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเกิดจากการสร้างเขื่อนเชี่ยวหลาน จ.สุราษฎร์ธานี สืบได้ห่มทุกเวลานาที กับการใช้ชีวิตสัตว์ป่าที่หนีภัยน้ำท่วมโดย ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองเลย

จากการทำงานชิ้นดังกล่าว สืบ นาคะเสถียร เริ่มเข้าใจปัญหาทั้งหมดอย่างถ่องแท้ เขาตระหนักว่าลำพังงานวิชาการเพียงอย่างเดียว ย่อมไม่อาจหยุดยั้งกระแสการทำลายป่าและสัตว์ป่าอันเป็นปัญหาระดับชาติได้ ดังนั้น เมื่อมีกรณีรัฐบาลจะสร้างเขื่อนน้ำโจนในบริเวณทุ่งใหญ่นเรศวร สืบ จึงโหมตัวเข้าคัดค้านเต็มที่ เขารีบเร่งทำรายงานผลการอพยพสัตว์ป่าจากเขื่อนเชี่ยวหลาน เพื่อบอกทุกคนให้รู้ว่าการช่วยเหลือสัตว์ป่าที่ถูกทำลายถิ่นที่อยู่ นั้น เป็นเรื่องที่จะไร้ผลโดยสิ้นเชิง



**“อนิจจาสัตว์ป่าน่าสงสาร  
ถูกล้างผลาญเข่นฆ่าให้อาสัญ  
ผิดด้วยหรือจึงถูกล่าต้องจาบฉวย  
มนุษย์นั้นจะโหดร้ายเพียงไหนกัน  
ธรรมชาตินำสัตว์ป่ามาคู่โลก  
สร้างสมดุลพูนโลกให้โลกนั้น  
หากมนุษย์ยังคิดล่าล้างเผ่าพันธุ์  
จะรู้สึกสักวันเมื่อบรรลัย”**  
(แต่ง โดย สืบ นาคะเสถียร)

ที่มา : [www.rakbankerd.com/01\\_jam/thaiinfor/country\\_info/index.html?topic\\_id=2752-149k](http://www.rakbankerd.com/01_jam/thaiinfor/country_info/index.html?topic_id=2752-149k) -  
ภาพที่ 5.17 การอพยพสัตว์ป่าที่เขื่อนเชี่ยวหลาน

สืบยืนยัน ว่าการสร้างเขื่อนได้ทำลายล้างเผ่าพันธุ์ แหล่งอาหาร ตลอดจนที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าอย่างรุนแรงและกว้างขวางเกินไป กระทั่งความช่วยเหลือจากมนุษย์ไม่สามารถชดเชยได้ โดยการรวมพลังของกลุ่มนักอนุรักษ์ต่าง ๆ ในที่สุดโครงการสร้างเขื่อนน้ำโจนก็ได้ถูกระงับไป

ทว่าสืบ นาคะเสถียร ไม่ได้หยุดอยู่เพียงแค่นั้น กรณีน้ำโจนได้กลายเป็นบทเริ่มต้นความพยายามของเขาในการที่จะเสนอให้ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรและป่าห้วยขาแข้ง มีฐานะเป็นมรดกทางธรรมชาติของโลก โดยได้รับการยกย่องอย่างเป็นทางการจากองค์การสหประชาชาติ สืบถึงเห็นว่าฐานะดังกล่าว จะเป็นหลักประกันสำคัญ ที่คอยคุ้มครองป่าผืนนี้เอาไว้อย่างถาวร ปลายปี พ.ศ. 2532 สืบได้รับทุนไปเรียนต่อระดับปริญญาเอก ที่ประเทศอังกฤษ พร้อม ๆ กับได้รับมอบหมาย ให้ดำรงตำแหน่งหัวหน้าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ซึ่งเป็นป่าอนุรักษ์ที่มี

ความสำคัญมาก ไม่แพ้ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรและในที่สุดสืบก็ตัดสินใจเดินทางเข้ารับตำแหน่งหัวหน้า  
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แม้จะรู้ว่าหนทางข้างหน้า เต็มไปด้วยความยากลำบากนานัปการ  
ป่าห้วยขาแข้ง เป็นผืนป่าที่อุดมไปด้วยพรรณไม้และสัตว์ป่าอันล้ำค่าทำให้หลายฝ่ายต่างก็  
จ้องนุกรุกทำลายเพื่อหาผลประโยชน์ใส่ตนเอง ตั้งแต่วันแรกที่เข้าไปรับงานเป็นหัวหน้าเขตรักษา  
พันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง สืบได้แสดงเจตนารมณ์อันแน่วแน่ ที่จะรักษาป่าผืนนี้ไว้ให้ได้อย่างชัดเจน  
เขาได้ประชุมเจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่าห้วยขาแข้งทั้งหมดและได้ประกาศให้รู้ทั่วกันว่า “ผมมารับงานที่นี่  
โดยเอาชีวิตเป็นเดิมพัน”

สืบ นาคะเสถียร พยายามปกป้องป่าห้วยขาแข้งอย่างเข้มแข็ง แต่ก็ไม่อาจหยุดยั้งการบุกรุก  
ของกลุ่มที่แสวงหาผลประโยชน์ได้ การดูแลผืนป่าขนาดหนึ่งล้านไร่ด้วยงบประมาณและกำลัง  
คนที่จำกัด กลายเป็นภาระหนักอึ้งที่ตกอยู่บนบ่าของเขา มันทั้งกัดกร่อน บั่นทอนและสร้างความ  
ตึงเครียดให้กับสืบอยู่ตลอดเวลา

สืบค้นพบว่า ปัญหาสำคัญของห้วยขาแข้งเกิดจากความยากจน ที่ดำรงอยู่โดยรอบของ  
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ ทำให้กลุ่มผลประโยชน์และผู้มีอิทธิพลสามารถข่มมือชาวบ้านใน  
เขตป่าสงวน เข้ามาตัดไม้และลักลอบล่าสัตว์ในเขตป่าอนุรักษ์ได้อย่างต่อเนื่อง ในทรรศนะของเขา  
หนทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาได้คือการสร้างแนวป่ากันชนขึ้นมา จากนั้นก็อพยพราษฎรออกนอก  
แนวกันชนและพัฒนาแนวกันชน ให้เป็นชุมชนที่ชาวบ้านสามารถเข้าไปหาประโยชน์ได้

อย่างไรก็ตาม สืบไม่มีอำนาจเพียงพอที่จะเข้าไปจัดการเรื่องนี้ให้ปรากฏเป็นจริง ดังนั้นเขา  
จึงได้พยายามประสานงานกับผู้ใหญ่ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง ชี้แจงให้เห็นถึงความสำคัญของแนวคิด  
ดังกล่าว แต่ดูเหมือนจะไม่มีใครสนใจฟัง ปล่อยให้สืบต้องดูแลป่าห้วยขาแข้งไปตามยถากรรม  
ด้วยความเหนื่อยล้า ความผิดหวัง และความคับแค้นใจ สืบ นาคะเสถียรตัดสินใจฝ่าทางตันด้วยการ  
สั่งเสีย ลูกน้องคนสนิท และเขียนจดหมายสั่งลา 6 ฉบับแล้วสวدمนต์ให้ว่าพระเจตนจิตใจสงบ ขณะที่  
ทำมีดกำลังเปิดม่านรับวันใหม่เมื่อ 1 กันยายน พ.ศ. 2533 สืบ นาคะเสถียร ผู้ที่รักป่าไม้ สัตว์ป่า  
และธรรมชาติด้วยกาย วาจา และใจ

ต่อหน้า เปลวเพลิงที่พาร่างของสืบไปสู่นิรภพอันถาวร เพื่อนพ้องนักอนุรักษ์ธรรมชาติ  
ต่างเห็นความจำเป็นที่จะต้องรักษาอุดมคติของเขาให้คงอยู่ต่อไป





# บทที่ 6

## ทรัพยากรดิน

ดินจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สูญสิ้น ดินมีความผูกพันกับวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากดินเป็นแหล่งเพาะปลูก เป็นที่อยู่อาศัย แต่มนุษย์มีความเข้าใจต่อทรัพยากรดินค่อนข้างน้อย เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับดินไม่ว่าจะเป็นสาเหตุจากมนุษย์หรือธรรมชาติก็ตาม มักคิดว่าดินสามารถที่จะพลิกฟื้นตัวได้ จึงทำให้การนำดินมาใช้อย่างผิดวิธีก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ยากต่อการปรับปรุงคุณภาพและส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิต

### 1. ความหมาย

**ดิน (soil)** หมายถึง : เทหวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลก เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพหรือสลายตัวของหิน แร่ธาตุและอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้ากันตามธรรมชาติรวมตัวกันเป็นชั้นบาง ๆ เมื่อมีน้ำและอากาศที่เหมาะสมก็จะทำให้พืชเจริญเติบโตและยังชีพอยู่ได้

### 2. ประโยชน์และความสำคัญของดิน

ดินมีประโยชน์มากมายมหาศาลต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนผิวโลก 3 ด้าน ดังนี้

#### 2.1 ประโยชน์ของดินที่มีต่อมนุษย์

2.1.1 อาหาร ดินเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญที่สุด มนุษย์เรารู้จักการเพาะปลูกพืช และเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้เป็นอาหารมาเป็นเวลานาน พืชและสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ต้องอาศัยดินในการยังชีพและการเจริญเติบโต อาหารที่คนเราบริโภคในทุกวันนี้มาจากการเกษตรกรรมถึง 90%

2.1.2 เครื่องนุ่งห่ม เครื่องนุ่งห่มส่วนใหญ่ทำมาจากพืชและมีบางส่วนที่ได้มาจากสัตว์ ซึ่งพืชและสัตว์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ทำเครื่องนุ่งห่มต่างต้องอาศัยดิน ดินจึงมีอิทธิพลในด้านนี้โดยทางอ้อม

2.1.3 ที่อยู่อาศัย บ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ใช้วัสดุที่ได้มาจากพืชและมีบางส่วนที่ใช้วัสดุอื่นที่ไม่ใช่พืช เช่น เหล็กและอิฐ ซึ่งวัสดุต่างๆ เหล่านี้ส่วนใหญ่ ได้มาจากดินทั้งสิ้น นอกจากนี้บ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์อาศัยอยู่ ต้องอาศัยดินเป็นที่ตั้งอยู่ ดินจึงมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม

2.1.4 ยารักษาโรค ยารักษาโรคชนิดต่าง ๆ เช่น สมุนไพรและยารักษาโรคแผนใหม่ ส่วนใหญ่ได้มาจากดิน ดินมีอิทธิพลต่อมนุษย์ในการเป็นแหล่งผลิตยารักษาโรค ทั้งทางตรงและทางอ้อม

## 2.2 ประโยชน์ของดินที่มีต่อพืช

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ดินเป็นตัวกลางในการเจริญเติบโตของพืช ดินและพืชมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องซึ่งกันและกันอย่างเหนียวแน่น ในการเจริญเติบโตของพืชอาศัยปัจจัยหลายอย่าง ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดังนี้

2.2.1 ดิน ทำหน้าที่เป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากพืชที่ฝังลึกลงไปดิน ซึ่งจะช่วยยึดลำต้นให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.2.2 ดิน ช่วยเก็บกักน้ำ ภายในดินมีช่องว่างต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ พืชสามารถดูดไปใช้ได้โดยทางราก

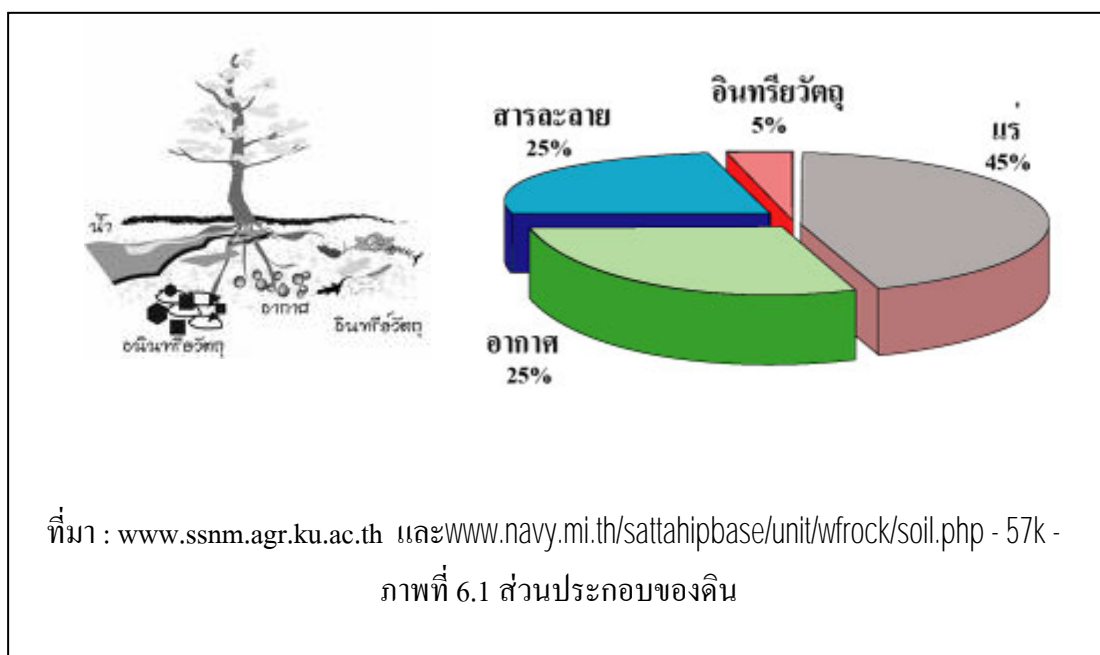
2.2.3 ดิน ช่วยเก็บกักอากาศ อากาศจะถูกเก็บกักไว้ในดิน โดยอยู่ตามช่องว่างของดิน พืชสามารถดูดอากาศเหล่านี้ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้

2.2.4 ดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชชั้นสูงส่วนใหญ่ได้มาจากดิน ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้พืชมีความต้องการมากน้อยแตกต่างกัน ถ้าพืชขาดธาตุใดธาตุหนึ่งจะทำให้การเจริญเติบโตไม่ดี ดินจึงเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญ

## 2.3 ประโยชน์ของดินที่มีต่อความสมดุลของธรรมชาติ

เป็นแหล่งสะสมทรัพยากรที่มีคุณค่าต่อการรักษาสมดุลธรรมชาติ ตลอดจนเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของมนุษย์

## 3. ส่วนประกอบของดิน ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ



**3.1 อินทรีย์วัตถุ หรือแร่ธาตุ** ประมาณ 45 % เป็นส่วนที่สลายตัวมาจากวัตถุให้กำเนิดดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินที่ประกอบเป็นเปลือกโลก ส่วนประกอบส่วนนี้จะมีอยู่มากโดยเฉลี่ยจะมีอยู่ครึ่งหนึ่งของเนื้อดินทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น แร่ธาตุเป็นส่วนประกอบหลักของดินที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืชและจุลินทรีย์ที่ประกอบอยู่ในเนื้อดินมากที่สุด ขนาดของอนุภาคอินทรีย์เหล่านี้จะแตกต่างกันไปจากขนาดเล็กจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นจนขนาดที่มองเห็นได้ เช่น ทราย

**3.2 อินทรีย์วัตถุ** ประมาณ 5 % เป็นส่วนของซากสิ่งมีชีวิตอันได้แก่ พืชและสัตว์ซึ่งตายทับถมอยู่ที่พื้นดิน เช่น ใบไม้ ต้นไม้ รากไม้ ซากสัตว์ ทั้งขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ โดยจุลินทรีย์ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย เห็ด รา ช่วยกันย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้กลายเป็นวัตถุขนาดเล็กและกลายเป็นอนุภาคของดิน อินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายตัวแล้วและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมเรียกว่า ฮิวมัส (humus) อินทรีย์วัตถุเป็นส่วนประกอบที่บอกความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพราะนอกจากจะเป็นสารอาหารของพืชแล้ว ยังมีส่วนให้เกิดสภาพกรดอ่อน ๆ ในการช่วยละลายแร่ธาตุในดินให้พืชอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติช่วยเก็บความชื้นไว้ในดินอีกด้วย

**3.3 น้ำ** หรือความชื้นในดิน ประมาณ 25 % เป็นส่วนประกอบที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคดินและในช่องว่างระหว่างอนุภาคของดิน น้ำในดินมีความสำคัญ คือ เป็นแหล่งน้ำสำหรับพืชและจุลินทรีย์ในดิน โดยช่วยในการละลายธาตุต่าง ๆ ในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ได้

**3.4 อากาศ** ประมาณ 25 % ประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และออกซิเจน ซึ่งจะแทรกอยู่ในดินในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน โดยอากาศในดินจะถ่ายเทกับอากาศภายนอกตลอดเวลา ความสำคัญของอากาศในดิน คือ ออกซิเจนจะใช้ในการหายใจของพืชและจุลินทรีย์ในดิน คาร์บอนไดออกไซด์เมื่อรวมกับน้ำจะให้กรดคาร์บอนิก ซึ่งจะไปละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ให้แก่พืช ไนโตรเจนในอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นเกลือไนเตรดโดยพวก Nitrogen fixing bacteria เช่น แบคทีเรียที่อยู่ในสกุล Rhizobium ที่อาศัยอยู่ในรากพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น

#### 4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดิน

**การเกิดดิน** ดินเกิดจากการผุพังของหิน แร่ ที่คลุกเคล้ากับซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้วและเน่าเปื่อยทับถมกันเป็นเวลานาน ๆ นอกจากนี้เรายังพบว่าดินในแต่ละแห่งยังมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ การเกิดดินประกอบด้วยปัจจัยหลายประการทั้งด้านกายภาพและทางเคมีดังนี้

**4.1 วัตถุต้นกำเนิดดิน (Soil Parent Materials)** เป็นปัจจัยควบคุมการเกิดของดินที่สำคัญ โดยจะเห็นได้ชัดจากดินที่มีอายุน้อยซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกับวัตถุต้นกำเนิดมาก และเมื่อดินมีอายุมากขึ้น ความแตกต่างจากต้นกำเนิดจะมากขึ้นตามลำดับ วัตถุต้นกำเนิดมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบ

ทางเคมีและแร่ธาตุในดิน เนื้อดิน และสีดิน เป็นต้น

**4.2 ลมฟ้าอากาศ (Climates)** ได้แก่ ฝนและอุณหภูมิ ซึ่งมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงคือ มีผลต่อการสลายตัวของหินและแร่ในทางกายภาพและทางเคมี เช่น ในบริเวณ เขตอากาศร้อนชื้นจะมีปริมาณฝนตกมาก ซึ่งจะทำให้เกิดการสลายตัวของหินและแร่มาก ทำให้เกิดดินได้เร็ว ขณะเดียวกันฝนก็จะไปชะล้างหน้าดิน การทับถมและการละลายของแร่ธาตุในดิน ในทางอ้อมก็เป็นตัวควบคุมปริมาณสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและจุลินทรีย์ที่ต้องใช้น้ำเป็นส่วนประกอบ ในการดำรงชีวิต ส่วนอุณหภูมิก็จะมีผลต่อปฏิกิริยาในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินด้วย ซึ่งส่งผลต่อสีดินและปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

**4.3 สภาพภูมิประเทศ (Topography)** สภาพของพื้นที่ที่มีผลต่อการเกิดดินหลายด้าน เช่น การระบายน้ำและความชื้นในดิน การพังทลายของดิน การเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการแขวนลอยหรือละลายไป

**4.4 การกระทำของสิ่งมีชีวิต (Organisms)** ทั้งพืชและสัตว์จะมีบทบาทสำคัญในการควบคุม การเกิดของดิน โดยพืชพรรณที่ต่างกันในแต่ละชนิด จะมีผลทำให้ลักษณะดินแตกต่างกัน เช่น ระบบราก ซึ่งจะทำหน้าที่ยึดเกาะและหยั่งลงไปในหินรวมทั้งปริมาณสารอินทรีย์ที่พืชนั้น ๆ ให้แก่ดิน เช่น ใบ และส่วนต่างของพืช เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณสารอินทรีย์และการ หมุนเวียนของแร่ธาตุต่างๆ ในดิน ส่วนสัตว์ที่อยู่ในดิน เช่น ปลวก ไส้เดือน ก็จะช่วยพรุนดิน และมูลของมันยังเป็นการผสมสารอาหารต่าง ๆ ของพืชเข้าด้วยกัน ส่วนพวกจุลินทรีย์จะมี บทบาทสำคัญในการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ให้เป็นสารอินทรีย์ รวมทั้งยังมีบทบาท สำคัญในวัฏจักรแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืช เช่น ไนโตรเจนและกำมะถัน เป็นต้น

**4.5 เวลา (Time)** เวลาเป็นเงื่อนไขอย่างหนึ่งในการเกิดของดินและการพัฒนาของชั้นดิน ซึ่งกว่าจะสมบูรณ์จะต้องใช้เวลานาน คือ ตั้งแต่ 100-200 ปี จนถึง 1-6 ล้านปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น โดยเฉพาะภูมิอากาศ

กระบวนการเกิดดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังนี้

**1. การผุพังสลายตัว (Weathering)** ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการทั้งทางกายภาพและทาง เคมี โดยดินมีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหิน แหล่งที่มาของหินส่วนใหญ่มาจากหินหนืดเปลือกโลก ชั้นใน โดยหินที่ให้กำเนิดดินส่วนใหญ่ คือ หินอัคนี โดยเมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิดขึ้นสิ่งที่พ่นออกมา จะถูกกัดกร่อนจากธรรมชาติอัน ได้แก่ ความร้อน ความชื้น ปฏิกิริยาทางเคมีและแรงลม เป็นต้น เมื่อมีการรวมตัวกับสารอินทรีย์ต่าง ๆ กลายเป็นสารกำเนิดดิน (Soil Parent materials) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นดินในโอกาสต่อไป

2. กระบวนการสร้างดิน (Soil Forming Process) จะเกิดขึ้นต่อเนื่องจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่จนกลายเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินชนิดต่าง ๆ ผลของกระบวนการสร้างดินจะทำให้เกิดการพัฒนารูปหน้าตัดดินในลักษณะต่าง ๆ กัน หลักการทั่วไปของกระบวนการนี้มีอยู่ 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

2.1 การแยกชั้นดิน (Horizonation) ซึ่งทำให้หน้าตัดของดินเกิดเป็นชั้นต่าง ๆ ได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมของผลรวมของกระบวนการสร้างดิน อันได้แก่ กระบวนการสูญเสียธาตุวัสดุ การเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุ การเพิ่มเติมวัสดุแร่ธาตุ ฮิวมัสหรืออินทรีย์วัตถุ ลงบนผิวดิน ทำให้ดินมีการพัฒนาโครงสร้างดีขึ้น สามารถแยกชั้นเป็นดินชั้นเอ (A-horizon : zone of leaching), บี (B-horizon : zone of accumulation), ซี (C-horizon : partially decomposed parent material), และ อาร์ (R-Unaltered bedrock)



2.2 การไม่แยกชั้นดิน (Haploidization) กระบวนการสร้างดินทำให้หน้าตัดดินมีลักษณะสม่ำเสมอจนไม่สามารถจะแยกชั้นได้ชัดเจน

## 5. ประเภทของดิน

### 5.1 จำแนกดินตามลักษณะของดิน สามารถแบ่งดินออกเป็น 3 ประเภท



#### 5.1.1 ดินทราย (sandy )

เป็นดินที่ประกอบด้วยอนุภาคของทราย มีคุณสมบัติเหมือนทราย เมื่อดินขนาดใหญ่ มีความพรุนมาก น้ำซึมผ่านได้ง่าย

#### 5.1.2 ดินเหนียว (clay)

เป็นดินที่ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็ก เนื้อแน่นละเอียด ลื่นมือ พรุนน้อย น้ำซึมผ่านได้ยาก อุ้มน้ำดี

#### 5.1.3 ดินร่วน (Loam)

เป็นดินที่ประกอบด้วยอนุภาคของ ทราย โคลนตม และดินเหนียว โดยมีปริมาณของ ดินเหนียวไม่มากนัก เนื้อดินมีความพรุนมากค่อนข้างโปร่ง น้ำและอากาศจึงไหลผ่านได้ดีกว่า ดินเหนียว และอุ้มน้ำได้ดีกว่าดินทราย

### 5.2 จำแนกดินตามความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ สามารถแบ่งดินออกเป็น 5 ประเภท

5.2.1. ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม จำแนกเป็นที่ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว เหมาะต่อการ ปลูกข้าวและพืชไร่ เหมาะสำหรับปลูกพืชไร่และพืชยืนต้น และดินที่ไม่เหมาะต่อการปลูกพืช ตัวอย่างดินประเภทหลังนี้ได้แก่ ดินเกลือ ดินพรุ ดินเปรี้ยว และดินในเขตที่สูงชัน เป็นต้น

5.2.2. ที่ดินเพื่อเป็นป่าไม้ มี 2 พวก คือ ป่าไม้ต้นน้ำลำธาร และป่าเพื่อการผลิตไม้ ป่าต้นน้ำ มักจะเป็นภูเขาที่สูงชัน มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำซึ่งควรอนุรักษ์ไว้ ส่วนป่าที่ใช้ผลิตไม้ พื้นที่จะลาดชันน้อยกว่าและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หากใช้เพาะปลูกดินจะพังทลายได้ง่ายมาก ดังนั้นเมื่อตัดไม้แล้วจึงควรปลูกทดแทนเสมอ

5.2.3. ที่ดินเพื่อการอุตสาหกรรม ดินที่เหมาะสมต่อการก่อสร้างโรงงานหรือนิคมอุตสาหกรรม ควรมีลักษณะเรียบ แข็ง ไม่จำเป็นต้องอุดมสมบูรณ์ หรือไม่เหมาะต่อการเพาะปลูก

5.2.4. ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย ควรเป็นดินที่ระบายน้ำดี สามารถสร้างเส้นทางคมนาคมขนส่งเชื่อมโยงกับชุมชนอื่นได้สะดวก

5.2.5 ที่ดินเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ เป็นที่ที่มีความสวยงามตามธรรมชาติและมีอากาศบริสุทธิ์ เช่น ชายทะเล แม่น้ำ ลำธาร เกาะ ถ้ำ และป่าเขา

#### ตารางที่ 6.1 การใช้ทรัพยากรดินของไทย

สถานะทรัพยากรที่ดิน	เนื้อที่	
	ไร่	%
- ดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก	45,155,202	14.01
เหมาะสมมากสำหรับปลูกข้าว	30,590,592	9.45
เหมาะสมมากสำหรับปลูกพืชไร่	10,759,577	3.35
เหมาะสมมากสำหรับปลูกไม้ยืนต้น	3,805,033	1.18
-ดินที่เหมาะสมแต่ต้องบำรุงและอนุรักษ์ดิน	115,708,952	36.07
เหมาะสมสำหรับปลูกข้าว	45,353,846	14.45
เหมาะสมสำหรับปลูกพืชไร่	56,763,310	17.69
เหมาะสมสำหรับปลูกไม้ยืนต้น	12,591,796	3.93
-ดินที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก	154,927,615	48.39
-พื้นที่น้ำ	4,905,181	1.53
รวม	320,696,950	100.00

## 6. ปัญหาของทรัพยากรดินที่สำคัญ มีดังนี้

### 6.1 ความเสื่อมโทรมเนื่องจากการพังทลาย หรือกัดเซาะ (Erosion) และการเสียน้ำดิน

#### 6.1.1 สาเหตุทางธรรมชาติ ได้แก่



ที่มา : [vdo.kku.ac.th](http://vdo.kku.ac.th) และ [www.ndwc.or.th](http://www.ndwc.or.th)

ภาพที่ 6.4 การพังทลายเนื่องจากธรรมชาติ

1) เกิดจากการกัดเซาะ ได้แก่ น้ำและลม เป็นปัญหาที่พบทั่วไป และเกิดอย่างต่อเนื่อง เช่น ความรุนแรงในการไหลของน้ำ หรือหน้าดินที่ไม่มีพืชขึ้นปกคลุมพื้นที่ลาดชัน และเมื่อดินเกาะกันไม่แน่นจะพังทลายได้ง่าย ปกติแล้วน้ำจะทำให้เกิดปัญหานี้ได้มากกว่าลม

2) ภัยธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และน้ำท่วม แม้จะ เกิดเป็นครั้งคราวและเกิดเฉพาะบริเวณ แต่ทำให้ดินพังทลาย หน้าดินถูกปิดทับหรือเคลื่อนย้ายไปจากแหล่งเดิมได้

3) ธารน้ำแข็ง เกิดในเขตหนาวโดยน้ำในลำธารจะกลายเป็นน้ำแข็ง แต่พอถึงฤดูร้อนอากาศจะอุ่นขึ้นจนน้ำแข็งละลาย น้ำและก้อนน้ำแข็งที่ไหลลงสู่ที่ต่ำจะทำให้ดินตามดลิ่งพังทลายได้ง่าย

4) น้ำใต้ดินและแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินและแรงโน้มถ่วงของโลกมีส่วนทำให้ดินยุบตัว ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนตามบริเวณที่เป็นถ้ำ หรือที่สูง เช่น หน้าผา ไหล่เขา

#### 6.1.2 สาเหตุจากมนุษย์ ได้แก่

- 1) การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้หน้าดินถูกน้ำฝนชะล้างได้ง่าย
- 2) การเพาะปลูกที่ไม่ถูกต้องวิธี เช่น การทำแปลงปลูกพืชยาวตามแนวลาดเทของพื้นที่ซึ่งน้ำฝนจะทำให้ดินพังทลายได้ง่าย
- 3) การขุดและถมที่ดิน เช่น การถมดินเพื่อการก่อสร้างอาคารและถนน



#### 4) การทำเหมืองแร่ ทำให้ดินพังทลายและเสื่อมความสมบูรณ์

6.2 ความเสื่อมโทรมของดินเนื่องจากการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ สาเหตุข้างต้นจะช่วยเสริมให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังเกิดจากสาเหตุอื่น ๆ อีก ซึ่งได้แก่

6.2.1 การปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานานโดยไม่บำรุงดิน จะทำให้ธาตุอาหารตามระดับความลึกของรากพืชถูกนำไปใช้มากจนดินเสื่อมความสมบูรณ์

6.2.2 การปลูกพืชทำลายดิน พืชบางชนิดเติบโตเร็ว ใช้ธาตุอาหารพืชจำนวนมาก เพื่อสร้างผลผลิต ทำให้ดินสูญเสียความสมบูรณ์ได้ง่าย เช่น ยูคาลิปตัส และมันสำปะหลัง

6.2.3 ธาตุอาหารพืชถูกทำลาย หรืออยู่ในสภาพที่พืชใช้ประโยชน์ได้น้อย เช่น เมื่อเกิดไฟไหม้ป่าอิวมัสจะถูกความร้อนทำลายได้ง่าย หรือเมื่อดินเปลี่ยนสภาพไปเป็นกรด (acid) หรือด่าง (alkaline) จะทำให้พืชดูดธาตุอาหารบางชนิดไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ เมื่อดินเสื่อมคุณค่าก็จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นและเศรษฐกิจของประเทศก็จะกระทบกระเทือนไปด้วย เนื่องจากคนไทยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม

6.3 ดินไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ ใช้ปลูกพืชได้ไม่ดีหรือปลูกไม่ได้เลย ได้แก่

6.3.1 ดินทรายจัด (Sandy soil) มีทรายปนอยู่หนากว่า 50 ซม. พบตามที่ดอนในภาคอีสานและชายฝั่งทะเลทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ ไม่เหมาะต่อการปลูกพืช แต่ถ้ามีฝนตกชุกก็พอปลูกพืชที่มีความทนทานได้ เช่น มะพร้าว มะม่วงหิมพานต์ มันสำปะหลัง และหญ้าเลี้ยงสัตว์

6.3.2 ดินตื้น (Shallow soil) หน้าดินมีเนื้อดินน้อยเนื่องจากมีลูกรังกรวด และหินปูนอยู่ในระดับที่ตื้นกว่า 50 เซนติเมตร พบมากกว่าดินชนิดอื่น คือ มีรวมกันทุกภาคกว่า 50 ล้านไร่ ควรใช้เป็นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือปลูกไม้โตเร็วเพื่อเพิ่มเนื้อที่ป่า

6.3.3 ดินเค็ม (Saline soil) เป็นดินที่น้ำทะเลท่วมถึงหรือมีหินเกลืออยู่ใต้ดิน ซึ่งพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากถึง 17.5 ล้านไร่ ปัจจุบันในภาคนี้ต้องใช้เกลือสินเธาว์ในอุตสาหกรรมผลิตโซดาแอช แก้ว เคมีภัณฑ์ กรดและกระจก จึงมีการทำนาเกลือกันมาก ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่เพาะปลูกได้กว้างขวางขึ้น

6.3.4 ดินเป็นกรดจัดหรือดินเปรี้ยว (Acid soil) มีประมาณ 9 ล้านไร่ เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลแถบกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นครนายก ปทุมธานี อัญญา สุพรรณบุรี และนครปฐม 6 ล้านไร่ ที่เหลือพบในภาคตะวันออก และภาคใต้ มักมีสารประกอบของไพไรต์ (pyrite) ผสมอยู่มาก เมื่อระบายน้ำหรือทำให้ดินแห้งและอากาศถ่ายเทดี ก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดกำมะถัน

6.3.5 ดินอินทรีย์หรือดินพรุ (Organic soil) เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังทับถมกันนับพันปีของพืชพรรณตามที่ลุ่มมีน้ำขัง สีนํ้าตาลแดงคล้ำจนถึงดำ มีอินทรีย์วัตถุมากกว่าร้อยละ 20 จึงมีฤทธิ์เป็นกรดจัด ชั้นล่างเป็นดินเหนียว พบมากในภาคใต้ เฉพาะที่จังหวัดนราธิวาส มีประมาณ 300,000 ไร่

6.3.6 ดินที่ลาดชันมาก (Steep slope) จะชันมากกว่าร้อยละ 35 มีประมาณ 100 ล้านไร่ มักเป็นภูเขาซึ่งไม่เหมาะต่อการทำการเกษตร (ปกติพื้นที่ที่ลาดชันเกินร้อยละ 15 จะไม่ใช่ปลูกพืช เพราะดินจะพังได้ง่ายและไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน)

6.3.7 ดินที่ชุ่มน้ำหรือที่ลุ่มน้ำขัง (Wetland) จะมีน้ำขังอยู่เป็นเวลานาน หรืออาจขังทั้งปี จึงใช้ปลูกพืชได้เฉพาะริมฝั่งเท่านั้น เช่น ทะเลสาบสงขลา บึงบอระเพ็ด และกว๊านพะเยา

6.3.8 ดินเป็นพิษ (Toxic soil) เพราะเกิดการสะสมของสารพิษ จากการทิ้งของเสีย ขยะที่มีสารพิษ การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อเร่งการเจริญเติบโตหรือเพิ่มผลผลิต และสารกัมมันตรังสีจากการทดลองหรือจากโรงงานอุตสาหกรรม

6.4 การขาดแคลนพื้นที่เพื่ออยู่อาศัยและประกอบอาชีพ มีสาเหตุจาก

6.4.1 ประชากรเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการที่ดินมีมากตามไปด้วย ขณะเดียวกันที่ดินมีปริมาณจำกัด ปัญหานี้พบทั้งในชนบทและเขตชุมชนเมือง

6.4.2 การขยายตัวทางด้านธุรกิจ เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ต้องใช้ที่ดินมากขึ้น เช่น การเพิ่มปริมาณการส่งออกพืชไร่และผลไม้ ต้องใช้พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

6.4.3 นโยบายพัฒนาประเทศ จำเป็นต้องใช้พื้นที่ดินมากเช่นกัน เช่น การสร้างถนน เขื่อน และอ่างเก็บน้ำ

## กิจกรรม 6.1 เรื่อง ค่า pH ของดิน

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจและตรวจสอบค่า pH ของดินได้
2. เพื่อหาวิธีการแก้ไขความเป็นกรด-เบสได้

### อุปกรณ์

1. ตัวอย่างดินจากแหล่งต่าง ๆ จำนวน 5 ชนิด
2. บีกเกอร์
3. น้ำ
4. แท่งแก้วคนสาร
5. กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

### วิธีทำ

1. นำดินตัวอย่าง ๆ ละ 50 กรัม ใส่บีกเกอร์
2. เติมน้ำ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้แท่งแก้วคนสารคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้สักครู่
3. ใช้แท่งแก้วคนสารจุ่มส่วนที่เป็นของเหลวนำมาแตะลงบนกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ นำไปเทียบกับสีมาตรฐานข้างกล่อง สังเกตและบันทึกผล

ติดกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ที่ทดสอบตัวอย่างดินแล้ว

### ตารางบันทึกผลกิจกรรม

ตัวอย่างดิน	ผลการเปลี่ยนแปลงกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
ชนิดที่ 1	
ชนิดที่ 2	
ชนิดที่ 3	
ชนิดที่ 4	
ชนิดที่ 5	



## 7. วิธีการอนุรักษ์ดิน

เป็นการใช้ดินอย่างชาญฉลาด โดยมีการป้องกันและลดปัญหาการพังทลายตามธรรมชาติ ซึ่งหน้าดินอุดมสมบูรณ์หนา 1 เซนติเมตร จะใช้เวลาสร้าง 100 - 400 ปี แต่กิจกรรมของมนุษย์จะทำให้หน้าดินสูญเสียไปได้ในเวลาเพียง 10 - 20 ปี เท่านั้น ผลกระทบที่ตามมา เช่น ถ้าดินจำนวน 1 ไร่ เสียหน้าดินไป 2.5 เซนติเมตร จะทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง 1 - 3 ตัน จึงจำเป็นต้องอนุรักษ์ดินไว้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

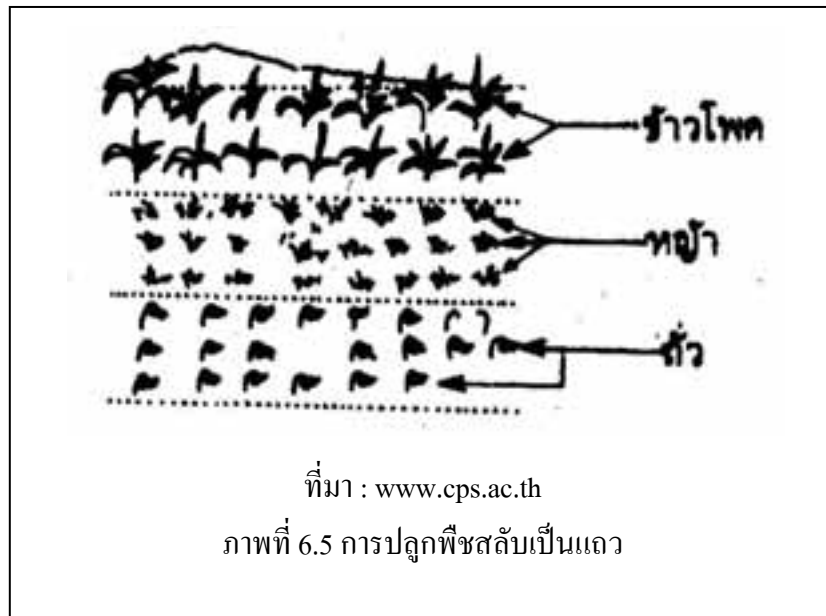
### 7.1 การป้องกันการพังทลายและสูญเสียหน้าดิน ทำได้หลายวิธี คือ

#### 7.1.1 การเพาะปลูกพืชอย่างถูกวิธี ได้แก่

1) การใช้วัสดุคลุมดิน (Mulching) คือ การใช้พวกเศษซากพืช พลาสติก มูลสัตว์ ฯลฯ คลุมหน้าดินไว้ เพื่อป้องกันการชะล้าง เป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุและรักษาความชื้นในดินไว้

2) การปลูกพืชคลุมดิน (Cover cropping) เป็นการปลูกพืชที่มีรากมาก รากลึก ใบแผ่แน่นและโตเร็ว เช่น หญ้าแฝก ยึดหน้าดินไว้เพื่อป้องกันการชะล้างและช่วยรักษาความชื้น นอกจากนี้ ซากพืชยังทำให้ดินร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดีขึ้นอีกด้วย

3) การปลูกพืชสลับเป็นแถบ (Strip cropping) คือ การปลูกพืชต่างชนิดกัน สลับเป็นแถบตามที่ราบหรือขวางความลาดเทของพื้นที่ที่ลาดชันประมาณร้อยละ 2 - 12 เพื่อลดความรุนแรงของการไหลของน้ำ



4) การปลูกพืชตามแนวระดับ (Contour cropping) ได้แก่ การปลูกพืชขวางความลาดของพื้นที่ตามเส้นแนวระดับหรือเส้นแนวขอบเนิน (contour line) เพื่อจะลดความรุนแรงของการไหลของน้ำในพื้นที่ซึ่งมีความลาดเทร้อยละ 3 – 8



ที่มา : [kanchanapisek.or.th](http://kanchanapisek.or.th)  
ภาพที่ 6.6 การปลูกพืชตามแนวระดับ

5) การปลูกพืชขั้นบันได (Terracing) คือ การทำดินเป็นขั้นขวางตามแนวลาดชันเพื่อเก็บกักน้ำ ลดความเร็วของน้ำและกักแร่ธาตุที่ถูกระบายล้างไว้ให้กับดิน



ที่มา : [www.thaimisc.com](http://www.thaimisc.com)  
ภาพที่ 6.7 การปลูกพืชขั้นบันได

6) การปลูกพืชบังลม (Windbreak) เป็นการปลูกพืชที่มีกิ่งใบแน่น ไม่โค่นล้มง่าย ขวางทางลมไว้เพื่อลดความแรงของลมและลดการระเหยของน้ำที่ผิวน้ำดิน

#### 7.1.2 การควบคุมการไหลของน้ำในแหล่งน้ำ ทำได้หลายวิธี เช่น

- 1) การสร้างเขื่อน และฝายเพื่อเก็บกักและลดอัตราการไหลของน้ำ
- 2) การสร้างกำแพงกันตามชายฝั่งน้ำ เพื่อป้องกันตลิ่งพังทลาย
- 3) การสร้างแนวกำแพง หรือปักหลักไม้ (หลักกรอ) เพื่อบังคับทิศทางการไหลของน้ำ โดยไม่ก่อปัญหาการพังทลายของดินตามชายฝั่ง

#### 7.1.3 ไถพรวนเชิงอนุรักษ์ (Conservation tillage) เพื่อลดการสูญเสียดินและน้ำ เช่น

- 1) ไถดินไม่ให้แตก่วนมากเกินไป
- 2) ไถดินให้เป็นร่องลึกมากกว่าไถให้เป็นร่องกว้าง
- 3) ไถโดยปล่อยให้เศษซากพืชตกค้างตามผิว และใต้ดิน
- 4) ไถดินน้อย ๆ ครั้ง เพื่อลดการรบกวนดิน

### 7.2 การป้องกันการสูญเสียดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน

7.2.1 ป้องกันการเผาป่าหรือการเกิดไฟไหม้ป่า เพราะความร้อนของไฟจะทำลายฮิวมัส (humus) ซึ่งเป็นอินทรียสารที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุอาหารพืช

7.2.2 ไม่ทำไร่เลื่อนลอย เพราะจะขาดการจัดการดิน จึงทำให้หน้าดินเสื่อมโทรม

7.2.3 การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) เป็นการปลูกพืชสองชนิดหรือมากกว่าในพื้นที่เดียวกัน โดยปลูกไม่พร้อมกันเพื่อให้ธาตุอาหารพืชที่อยู่ในความลึกระดับต่าง ๆ ถูกพืชนำไปใช้ และควรเลือกปลูกพืชตระกูลถั่วด้วย เพราะถั่วจะช่วยเพิ่มแร่ธาตุไนโตรเจนให้แก่ดิน



ที่มา : [www.dlf.ac.th](http://www.dlf.ac.th)

ภาพที่ 6.8 การปลูกพืชหมุนเวียน

7.2.4 การไถกลบซากพืช รวมทั้งการทำปุ๋ยพืชสดซึ่งเป็นการปลูกพืชตระกูลถั่ว แล้วไถกลบลงไปใตดินในช่วงที่กำลังออกดอก เพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชและอินทรีย์วัตถุแก่ดิน

7.2.5 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก จะให้ผลในเชิงอนุรักษ์ดีกว่าปุ๋ยเคมี

7.2.6 ไม่ควรปลูกพืชที่ใช้ธาตุอาหารพืชมากเกินไปหรือพืชทำลายดิน พืชเหล่านี้ ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส

**7.3 การปรับปรุงดิน** ได้แก่ การปรับความเป็นกรด ด่าง เค็ม หรือสภาพทางกายภาพของดินให้สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น

7.3.1 การใส่ปูนขาว (แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) หรือใส่ปุ๋ยมาร์ลเพื่อแก้ไขดินกรด

7.3.2 การใส่ยิปซัมเพื่อแก้ไขดินด่าง

7.3.3 การรดน้ำเพื่อชะล้างเกลือ หรือกรดออกจากดิน

7.3.4 การใส่เกลือเพื่อดูดซับเกลือที่จะซึมขึ้นมายังผิวดินเดิม

7.3.5 การใส่อินทรีย์วัตถุ เช่น หญ้า ฟางข้าว เถาถั่ว ฯลฯ ลงในดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ดินเหนียวมีลักษณะร่วนซุย ดินทรายเกาะตัวกันได้ดีขึ้น และช่วยให้ดินด่างมีความเป็นกรดมากขึ้น

**7.4 การแก้ปัญหาการขาดแคลนพื้นที่เพื่ออยู่อาศัยและประกอบอาชีพ**

7.4.1 เพิ่มประสิทธิภาพผลการวางแผนครอบครัว

7.4.2 เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ที่ดิน เช่น ส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรแผนใหม่ ซึ่งใช้พื้นที่จำกัดแต่ได้รับผลผลิตสูง ใช้แรงงานตลอดทั้งปี และมีรายได้อย่างต่อเนื่องหรือทำการเกษตรตามแนวทฤษฎีใหม่ ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชทานเมื่อปี พ.ศ. 2532 เพื่อแก้ปัญหาฝนแล้ง ความยากจน และการมีหนี้สินของเกษตรกร โดยมุ่งเน้นให้เกษตรกรใช้พื้นที่เพียง 10-15 ไร่ ในอัตราส่วน 30:30:30:10 นั่นคือ จัดเป็นแหล่งน้ำเพื่อการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์น้ำร้อยละ 30 แปลงปลูกพืชยืนต้น พืชผักพืชไร่ และพืชสมุนไพรร้อยละ 30 นาข้าวร้อยละ 30 และจัดเป็นพื้นที่บ้าน เลี้ยงสัตว์ โรงเรือน หรือสิ่งอำนวยความสะดวกร้อยละ 10 ทฤษฎีนี้ทำให้รูปแบบในการพัฒนาเกษตรกรรายย่อยของไทยชัดเจนขึ้น อันจะนำไปสู่เศรษฐกิจแบบพอเพียงและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้

7.4.3 ใช้ระบบวนเกษตร เช่น การจัดสรรพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้ราษฎรเข้าอยู่อาศัยและปลูกป่าหรือไม้ยืนต้น หรือให้ใช้พื้นที่ป่าแต่ต้องช่วยรักษาต้นไม้หรือป่าไม้ไว้

7.4.4 สร้างที่อยู่อาศัยในพื้นที่จำกัดให้รองรับประชาชนได้มากขึ้น

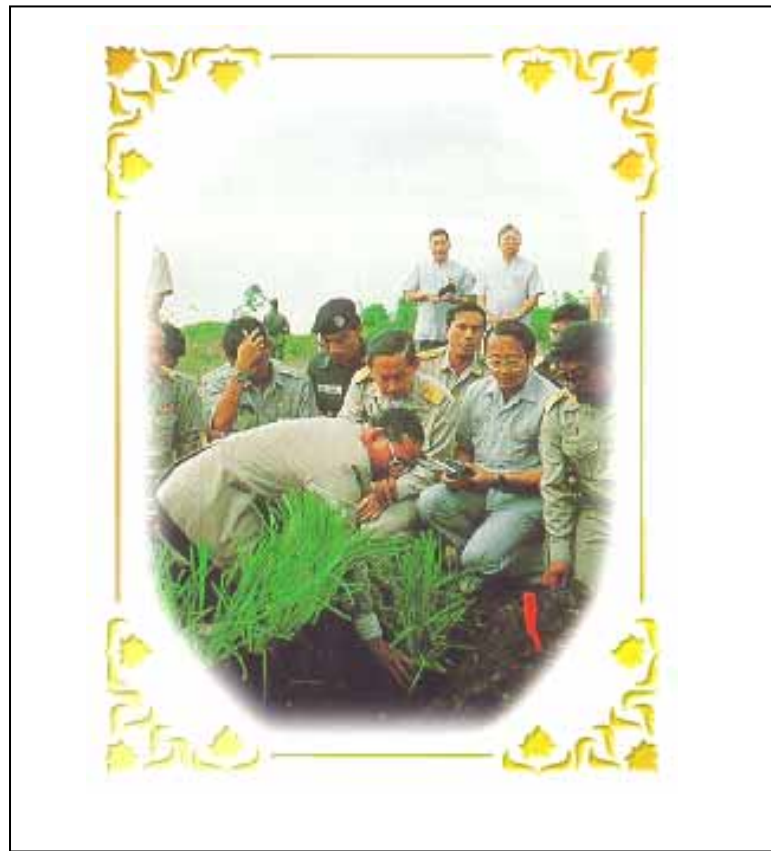
7.4.5 พัฒนาพื้นที่ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น เช่น การปรับปรุงดินเปรี้ยวให้สามารถทำการเกษตรได้ หรือสูบน้ำจากแหล่งน้ำขึ้นมาถมพื้นที่เพื่อจัดสรรเป็นที่อยู่อาศัย



7.5 การวางแผนและใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม ได้แก่ การจัดทำผังเมือง และการแบ่งเขตการใช้ที่ดิน (zoning) ตามความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ เช่น แบ่งเป็นเขตที่อยู่อาศัย การศึกษา เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ท่องเที่ยว และเขตพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น

#### 8. พระปรีชาญาณในการแก้ปัญหาทรัพยากรดิน

(ที่มา : สรรพศิลปศาสตราธิราช สาขาส่งเสริมการเกษตร. 2550. ออนไลน์)



".....มีความเชื่อครุ่นอย่างยิ่งว่าประชาชนในเมืองไทยจะไร้ที่ดิน และถ้าไร้ที่ดินแล้วก็จะทำงานเป็นทาสเขา ซึ่งเราไม่ปรารถนาที่จะให้ประชาชนเป็นทาสคนอื่น แต่ถ้าเราสามารถที่จะขจัดปัญหานี้ โดยเอาที่ดินจำแนกจัดสรรอย่างยุติธรรม อย่างมีการจัดตั้งจะเรียกว่า นิคมหรือจะเรียกว่า หมู่หรือกลุ่ม หรือสหกรณ์ก็ตาม ก็จะทำให้คนที่มิชีวิตแร้นแค้น สามารถที่จะพัฒนาตัวเอง ขึ้นมาได้..." (พระราชดำรัส)

## 8.1 แนวพระราชดำริเกี่ยวกับงานพัฒนาที่ดิน

### 8.1.1 การจัดและพัฒนาที่ดิน

เมื่อพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเริ่มงานพัฒนาประเทศของพระองค์ การจัดและพัฒนาที่ดินเป็นงานแรก ๆ ที่พระองค์ทรงให้ความสำคัญด้วยทรงเห็นว่าที่ดินเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญมากเช่นเดียวกับเรื่องน้ำ จึงได้ทรงเริ่มโครงการจัดพัฒนาที่ดินหุบกะพงตามพระราชประสงค์ เมื่อปี พ.ศ. 2511 โดยให้เกษตรกรจำนวน 120 ครอบครัว เข้าไปทำกินที่ 10,000 ไร่ มีส่วนราชการต่าง ๆ เข้าไปช่วยเหลือราษฎรบุกเบิกที่ทำกิน เพื่อพลิกผืนดินที่แห้งแล้งขาดความอุดมสมบูรณ์แห่งนี้ให้สามารถผลิตพืชพันธุ์ธัญญาหารได้อีกครั้งหนึ่ง จุดมุ่งหมายของการดำเนินงานระยะนั้น คือการมุ่งแก้ไขปัญหาการไม่มีที่ดินทำกินของเกษตรกรเป็นเบื้องต้น

### 8.1.2. การพัฒนาและอนุรักษ์ดิน

หลังจากงานจัดพื้นที่ทำกินในระยะแรกนั้นแล้ว พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงขยายขอบเขตงานพัฒนาที่ดินด้านอื่น ๆ ออกไป โดยเริ่มงานทางด้านวิชาการมากขึ้นอีก เช่น การวิเคราะห์และการวางแผนการใช้ที่ดินเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเต็มขีดความสามารถ และให้เหมาะสมกับลักษณะสภาพดิน เป็นต้น ในระยะต่อมาพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้หันมาสนพระทัยงานพัฒนาที่ดินที่มีสภาพธรรมชาติและปัญหาที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละภูมิภาค จึงมีพระราชดำริเกี่ยวกับงานแก้ไขปัญหาดินที่เน้นเฉพาะเรื่องมากขึ้น ดังเช่น

#### 1) งานปรับปรุงดินในพื้นที่พรุ

ในการเสด็จไปทรงเยี่ยมราษฎรในจังหวัดภาคใต้ เมื่อความทราบฝ่าละอองธุลีพระบาท ในบริเวณพื้นที่จังหวัดนราธิวาสและจังหวัดใกล้เคียงมีพื้นที่พรุอยู่เป็นจำนวนนับแสนไร่ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้มีน้ำขังตลอดเวลา ดินที่อยู่ในพรุก็เป็นดินอินทรีย์และเป็นดินเปรี้ยวจัดที่มีคุณภาพต่ำอันเป็นอุปสรรคอย่างมากในการที่จะนำพื้นที่ดินดังกล่าวมาใช้ในการเกษตร ดังนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริให้จัดตั้งศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ณ จังหวัดนราธิวาส โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษา ปรับปรุงและแก้ไขสภาพดินที่มีปัญหาในพื้นที่พรุ ให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและด้านอื่นให้จงได้ และในที่สุดก็ประสบผลสำเร็จ ดังที่ทรงรับสั่งเพื่อคราวเสด็จพระราชดำเนินตรวจแปลงศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน เมื่อปี พ.ศ. 2535 ว่า

"นี่เป็นเหตุผลอย่างหนึ่งที่พุดมา 3 ปีแล้ว หรือ 4 ปีกว่า ต้องการน้ำสำหรับมาให้ดินทำงาน ดินทำงานแล้วดินจะหายโกรธ อันนี้ไม่มีใครเชื่อ แล้วก็มาทำที่นี่แล้วมันได้ผล อันนี้ผลงานของเราที่ทำ ที่นี้เป็น

งานสำคัญที่สุด เชื่อว่าชาวต่างประเทศเขามาดูเราทำอย่างนี้แล้วเขาก็พอใจ เขามีปัญหาแล้วก็เขาไม่ได้แก้ หารำเราไม่ได้"

## 2) การปรับปรุงดินทราย

เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2522 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้เสด็จพระราชดำเนินไปทอดพระเนตรสภาพพื้นที่และการทำมาหากินของเกษตรกร ในเขตตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ราษฎรในท้องถิ่นได้ร่วมใจกันถวายที่ดินประมาณ 1,227 ไร่ เพื่อให้พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงใช้ประโยชน์ตามพระราชอัชฌาสัย แต่ความที่พระองค์ทรงทราบถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนของราษฎร ในบริเวณนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรงทราบว่า สภาพของดินเป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและง่ายต่อการชะล้างพังทลายหากใช้อย่างไม่ระมัดระวัง ดังนั้น จึงทรงพระราชดำริให้จัดตั้งศูนย์ศึกษาพัฒนาเขาหินซ้อนขึ้นมาอีกศูนย์หนึ่ง หน้าที่สำคัญประการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรที่ดินตามแนวพระราชดำริของศูนย์นี้คือ ให้ศึกษาหาวิธีการพัฒนาที่ดิน หรือปรับปรุงบำรุงดิน พัฒนาแหล่งน้ำ และฟื้นฟูสภาพป่า เพื่อให้เกษตรกรในภูมิภาคนี้เอาไปใช้ในไร่นาของตนเอง ดังพระราชดำรัสตอนหนึ่งซึ่งพระราชทานว่า

"...การพัฒนาที่ทำกินของราษฎรให้มีความอุดมขึ้น โดยการพัฒนาที่ดิน พัฒนาแหล่งน้ำตลอดจนฟื้นฟูสภาพป่า และใช้หลักวิชาการเกษตรในการวางแผนการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์"

## 3) การปรับปรุงดินตื้น

ดินตื้น หมายถึง ดินปนลูกรัง หรือเศษหิน ซึ่งเศษหินหรือลูกรังและพบมากในระดับความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร ดินตื้นนี้พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เฉพาะที่จังหวัดสกลนครมีมากถึง 1.6 ล้านไร่ แนวพระราชดำริในการปรับปรุงดินตื้น ความตอนหนึ่งว่า

"...จึงควรพิจารณาแก้ไขปัญหาดินลูกรังโดยเร็ว โดยพิจารณาดำเนินการนำเครื่องจักร เครื่องมือมากระทุ้งดินลูกรังแล้วนำดินชั้นล่างมาผสมกับดินลูกรังข้างบน เชื่อว่าภายใน 2 ปี สามารถปลูกพืชได้ โดยเฉพาะต้นกระถินสามารถขึ้นได้รวดเร็วมาก ก็น่าจะทดลองดำเนินการดูตัวอย่างเช่นที่ เขาชะงุ้ม ซึ่งมีสภาพแห้งแล้ง ดินเป็นลูกรัง ก็ดำเนินการโดยยืมดินจากฝายป่าไม้ ซึ่งมีหน้าดินบนเนินแบ่งพื้นที่เป็นหลุม ๆ เอาต้นมะม่วงหิมพานต์มาปลูกไว้ เมื่อฝนลงชะหน้าดินบนภูเขาลงมาเป็นแนวใช้เวลาสักกระยะหนึ่งต้นมะม่วงหิมพานต์ก็สามารถขึ้นได้ และที่สำคัญคือในบริเวณที่ไม่ดีไม่เหมาะที่พืชจะขึ้นได้ แต่เราก็สามารถทำให้ปลูกพืชได้ เมื่อชาวบ้านมาดูเห็นทำได้ ก็จะไปเป็นตัวอย่างและทดลองทำในพื้นที่ของตนต่อไป.."

#### 4) การปรับปรุงและใช้ประโยชน์ที่ดินเค็มชายทะเล

ทรัพยากรที่ดินตามชายฝั่งทะเล เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมและสภาพทางเศรษฐกิจสังคมหลายด้าน กล่าวคือ เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำในวัยอ่อน เช่น กุ้ง ปู ปลา เป็นแนวป้องกันชายฝั่งและมีทิวทัศน์งดงาม เป็นต้น ทรัพยากรที่ดินประเภทนี้จัดว่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความละเอียดอ่อนและง่ายต่อการเสื่อมโทรม หากนำมาใช้ไม่เหมาะสม พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ จึงทรงมีพระราชดำริให้เลือกพื้นที่บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน อำเภอกาบัง จังหวัดจันทบุรี เป็นศูนย์ศึกษาการพัฒนาในเรื่องดังกล่าว

จุดมุ่งหมายหลักของศูนย์นี้ก็คือ การพัฒนาด้านประมง และการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง แต่มีข้อกำหนดว่า เมื่อมีการพัฒนาไปแล้ว สภาพแวดล้อมและคุณภาพทางธรรมชาติของบริเวณอ่าวทั้งบนบกและในทะเลจะต้องไม่เสียหรือเสื่อมโทรม

#### 5) การปรับปรุงดินเปรี้ยว

สภาพพื้นที่ทางภาคใต้มีสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด ทำการเพาะปลูกไม่ได้ เนื่องจากมีกรดกำมะถัน อันเป็นสาเหตุของดินเปรี้ยวอยู่เป็นอันมาก วิธีการแก้ไขตามแนวพระราชดำริ ก็คือ การใช้กรรมวิธี “แก้งดิน” คือ การทำดินให้เปรี้ยว ด้วยการทำให้ดินแห้งและเป็ยกลสลับกันเพื่อเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของดินให้มีความเป็นกรดจัดมากขึ้นจนถึงที่สุด จากนั้นจึงมีการทดลองปรับปรุงดินเปรี้ยวโดยวิธีการต่าง ๆ กัน เช่น โดยการควบคุมระบบน้ำใต้ดิน เพื่อป้องกันการเกิดกรดกำมะถัน การใช้วัสดุปูนผสมประมาณ 1-4 ตันต่อไร่ การใช้น้ำชะล้างจนถึงการเลือกใช้พืชที่จะเพาะปลูกในบริเวณนั้น และทำการศึกษาวิเคราะห์ เพื่อหาวิธีปรับปรุงดินเปรี้ยวให้สามารถกลับมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

#### 6) การใช้หญ้าแฝกอนุรักษ์ดิน

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงตระหนักถึงปัญหาเรื่องการเสื่อมโทรมของดิน และการพังทลายของดินในพื้นที่ลาดชัน และขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม จึงทรงพระราชทานพระราชดำริให้ใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ แทนวิธีกลซึ่งยุ่งยากและใช้เงินทุนสูง วิธีการใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทรงมีพระราชดำริให้ดำเนินงานเป็นขั้นตอนจากขั้นศึกษาทดลองจนถึงขั้นเผยแพร่ในพื้นที่ โดยพระราชทานพระราชดำริให้แก่ผู้เกี่ยวข้อง ตั้งแต่วันที่ 22 มิถุนายน 2534 เป็นต้นมา ซึ่งพอสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

"...หญ้าแฝกเป็นพืชที่ระบบรากลึก แฝกกระจายลงไปในดินตรง ๆ เป็นแผงเหมือนกำแพงช่วยกรองตะกอนดินและรักษาหน้าดินได้ดี จึงควรนำมาศึกษาและทดลองปลูกในพื้นที่ของศูนย์ศึกษาการพัฒนา อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และพื้นที่อื่น ๆ ที่เหมาะสมอย่างกว้างขวางโดยพิจารณาจาก

ลักษณะของภูมิประเทศ คือ บนพื้นที่ภูเขา ให้ปลูกหญ้าแฝกตามแนวขวางความลาดชันและ  
ในร่องน้ำของภูเขา เพื่อป้องกันการพังทลายของหน้าดินและช่วยเก็บความชื้นของดินไว้ด้วย  
บนพื้นที่ราบให้ปลูกหญ้าแฝกรอบแปลงพืชไร่ให้ปลูกตามร่องสลับกับพืชไร่เพื่อที่รากของหญ้าแฝก  
จะอุ้มน้ำไว้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความชุ่มชื้นในดิน.."

จากแนวพระราชดำริดังกล่าว หญ้าแฝกจึงมีบทบาทสำคัญในการอนุรักษ์ดิน  
และน้ำของประเทศและถ้าหากมีการใช้แพร่หลายทั่วประเทศ โดยมีการใช้ให้เหมาะสมกับ  
สภาพแวดล้อมและสภาพการใช้ที่ดิน เชื่อว่าปัญหาภัยพิบัติของดินคงบรรเทาเบาบางลงไปได้

ด้วยพระปรีชาสามารถในเรื่องดังกล่าว ทางธนาคารโลก จึงได้ตีพิมพ์เพื่อ  
เผยแพร่พระราชกรณียกิจเรื่องหญ้าแฝก ลงในเอกสาร Vetiver Newsletter No.11 เดือน  
มิถุนายน พ.ศ. 2517 ให้สมาชิกทราบทั่วโลกและด้วยผลงานอันเป็นที่ประจักษ์แจ้งทางสมาคม  
อนุรักษ์ดินและน้ำนานาชาติ (International Erosion Control Association) จึงได้ถวายรางวัลใน  
ฐานะเป็นนักอนุรักษ์ดินและน้ำดีเด่นของโลก

#### **ทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ**

เป็นพระปรีชาญาณที่ลุ่มลึกในการจัดสรรปันส่วนทรัพยากรที่ดินของราษฎรในชนบท  
ให้ได้รับการใช้ประโยชน์เต็มที่และเสริมความผาสุกของราษฎรให้พอกอยู่พอกินได้ยั่งยืนกว่าที่เคย  
เป็น ตามทฤษฎีใหม่นี้ พื้นที่ของเกษตรกรไทย ซึ่งมีพื้นที่ถือครองโดยเฉลี่ย 10 - 15 ไร่ จะถูกแบ่ง  
ออกเป็น

1. สระเก็บน้ำฝนลึก 4 เมตร ประมาณร้อยละ 30 ซึ่งจะเก็บน้ำได้ถึง 19,000 ลูกบาศก์เมตร  
สามารถใช้ทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี และเลี้ยงปลา พร้อมทั้งปลูกพืชน้ำริมสระได้
  2. ใช้พื้นที่ทำนา ร้อยละ 30
  3. ปลูกพืชไร่หรือปลูกพืชสวน ร้อยละ 30 ซึ่งจะทำให้น้ำที่เก็บในสระพอใช้เพื่อ  
เกษตรกรรมและในครัวเรือนได้ทั้งปี
  4. เป็นที่อยู่อาศัยและปลูกพืชสวนครัวและเลี้ยงสัตว์ ร้อยละ 10
- หากทฤษฎีใหม่นี้ได้มีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในกลุ่มน้ำใด ๆ ก็จะทำให้การใช้ที่ดิน  
ของประเทศมีประสิทธิภาพและให้ประสิทธิผลมากขึ้น



## กิจกรรมที่ 6.2 ถ้าโลกนี้ไม่มีแมลง

### เหตุการณ์สมมติ

ชาวนาไทยในอำเภอแห่งหนึ่งของจังหวัดเลย ใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงกำจัดศัตรูพืชมาตลอดหลายสิบปี พบว่าเกิดการเพิ่มของประชากรแมลงศัตรูพืชมากผิดปกติที่เรียกว่าแบบทวีคูณ จึงได้ตัดสินใจยกที่ดินทั้งหมดในอำเภอให้นักวิทยาศาสตร์ค้นหาวิธีการกำจัดแมลง

นักวิทยาศาสตร์พบว่า ถ้าจะกำจัดแมลงให้ได้ผลต้องใช้วิธีการโปรยแบบกระจายจากเครื่องบินเท่านั้น แต่ยาฆ่าแมลงจะตกค้างใน ดิน น้ำและอากาศ ชาวบ้านและสัตว์เลี้ยงต้องอพยพออกจากถิ่นที่อยู่เดิมทั้งหมดเป็นเวลา 1 ปี เพื่อให้ยาฆ่าแมลงสลายตัวตามธรรมชาติและแมลงทุกชนิดทั้งบนพื้นและใต้ดินจะตายหมด

### คำถาม

1. การใช้ยาฆ่าแมลงมีผลกระทบต่อดิน สัตว์ น้ำและอากาศอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

2. ระบบนิเวศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ถ้าโลกนี้ไม่มีแมลง

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักศึกษาคิดว่ามีวิธีการอื่นบ้างหรือไม่ที่จะช่วยชาวനากำจัดแมลงโดยไม่ใช้ยาฆ่าแมลง

.....

.....

.....

.....

.....

# บทที่ 7

## ทรัพยากรแร่ธาตุและพลังงาน

แร่ธาตุเป็นทรัพยากรที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีความสำคัญและบทบาทที่สนองความต้องการทางด้านปัจจัยต่าง ๆ ของประชากร ทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและพลังงาน ความสำคัญและประโยชน์ของแร่ธาตุที่จะนำมาใช้ขึ้นอยู่กับระยะเวลา ความเจริญทางด้านเทคโนโลยีตลอดจนความต้องการในการนำไปใช้ของมนุษย์

### 1. ความหมาย

**แร่ (Mineral)** หมายถึง : ธาตุแท้และสารประกอบทางเคมีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่เฉพาะตัว เช่น สี ความวาว ความแข็ง หรือ ความเป็นแม่เหล็ก สารประกอบมักประกอบด้วยธาตุออกซิเจน กำมะถัน หรือซิลิคอน พบมากกว่า 2,000 ชนิด ทั้งในดิน หิน น้ำ และในอากาศ

### 2. การกำเนิดของแร่

แหล่งแร่ที่มีอยู่ในธรรมชาติ มีกำเนิดขึ้นมาในหลายลักษณะดังนี้

2.1. เกิดจากการเย็นตัวของแมกมา เนื่องจากแมกมาหรือหินหลอมละลายเคลื่อนที่ออกมาเย็นตัวอยู่ภายในหรือนอกผิวโลก ในช่วงที่หินหนืดกำลังแข็งตัว เม็ดแร่ที่ปะปนมากับหินหลอมละลายจะค่อย ๆ ตกตะกอนอย่างช้า ๆ เนื่องจากแร่ธาตุแต่ละชนิดมีน้ำหนักอะตอมที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้แร่ชนิดนั้น ๆ ตกตะกอนรวมกันเป็นกระจุก ในบางครั้งในช่วงที่หินหนืดเริ่มเย็นตัวลง ความชื้นในหินหนืดจะถูกผลักดันให้ระเหยออกไป ทำให้แร่ธาตุที่ปะปนมากับมวลหินหนืดเริ่มตกผลึกขึ้นและแทรกซอนอยู่ในชั้นหินในรูปของสายแร่ซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป เช่น สีนแร่เพ็กมาไตต์ ประกอบด้วยแร่ธาตุสำคัญหลายชนิด เช่น แร่เชียวหนุมาน แร่ฟันม้า ไมก้า โคลัมเบียม และแทนทาลัม แทรกตัวอยู่ในชั้นหิน

2.2 เกิดจากการละลายน้ำร้อนหรือแก๊สร้อน น้ำที่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิปกติของน้ำจะสามารถละลายแร่ธาตุได้หลายชนิด แร่ธาตุที่ละลายได้จะปะปนมากับน้ำร้อนนั้น ด้วยความดันภายใต้เปลือกโลก ทำให้น้ำร้อนที่มีแร่ธาตุละลายอยู่ไหลซึมแพร่กระจายออกมาตามรอยแตกหรือช่องว่างระหว่างหินหรือชั้นหิน หลังจากนั้นน้ำระเหยออกไปหมดแล้วสินแร่เหล่านั้นจะแข็งตัวอยู่ในชั้นหินและกลายเป็น "สายแร่" หรือ "ทางแร่" ต่อไป เช่น สีนแร่ทองแดง



2.3 เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำร้อน แรงดันภายใต้ผิวโลกสามารถผลักดันให้มวลของหินหนืดหรือน้ำที่ร้อนที่มีอยู่ในเปลือกโลกออกมานอกผิวโลก แก๊สหรือแร่ธาตุที่ละลายอยู่เดิมจะออกมาด้วย เมื่อไอของน้ำร้อนระเหยออกไปจะเหลือส่วนของแร่ธาตุบางชนิดไว้ เช่น การเกิดแร่กำมะถันใกล้ปล่องภูเขาไฟ

2.4 เกิดจากการทำปฏิกิริยาเคมีของแร่ที่มีอยู่เดิม แหล่งแร่ชนิดนี้อาจเกิดจากการเย็นตัวของแมกมา หรือเกิดจากสารละลายน้ำร้อนก็ตาม เมื่อเย็นตัวลงกลายเป็นแหล่งแร่ นานเข้าเมื่อน้ำฝนที่ตกลงมาซึ่งมีสภาพเป็นกรดอ่อนได้ไหลซึมลงไปใต้ดินเกิดกระบวนการ "ออกซิเดชัน" หรือปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนขึ้นในชั้นหินที่อยู่รอยต่อระหว่างระดับน้ำบาดาลและชั้นอากาศที่แทรกอยู่ในหิน ทำให้แร่เดิมเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นสินแร่ออกไซด์ขึ้น เช่น ออกไซด์ของสังกะสี ทองแดง เหล็ก เงิน และทองคำ ในบริเวณที่ใต้ผิวโลกมีการผุพังทางเคมีของชั้นหิน แร่ดั้งเดิมก็จะเคลื่อนตัวลงสู่บริเวณชั้นล่างของมวลหิน ซึ่งแร่พวกนี้เป็นแร่ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เช่น แร่เงินทองคำ ตะกั่วที่แทรกซอนกระจายอยู่ภายในชั้นหิน แร่โมโนต์ผุพังมาจากแร่ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ

### 3. ประโยชน์และความสำคัญของแร่

เราสามารถสรุปประโยชน์ของทรัพยากรแร่ได้ดังนี้

3.1 ให้พลังงานและเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ ถ่านหินลิกไนต์ ช่วยในการให้ความร้อนในการหุงต้มในครัวเรือน โรงงานอุตสาหกรรม ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและยานพาหนะต่างๆ

3.2 ใช้ประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องประดับหรือวัตถุสำเร็จรูป ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต เช่น ทองแดงเป็นวัตถุที่มีความสำคัญในการผลิตอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิด ใช้ผลิตอุปกรณ์โทรเลข โทรศัพท์ เงินใช้ผสมทำเหรียญกษาปณ์ เครื่องประดับ เครื่องใช้ ชุบโลหะ ทองคำ เงิน หรือแร่รัตนชาติอื่น ๆ นำมาใช้เป็นเครื่องประดับที่แสดงถึงฐานะความเป็นอยู่

3.3 ใช้ประดิษฐ์เครื่องจักรกล เครื่องมือทุ่นแรงและยานพาหนะ เช่น เหล็ก โมลิบดีนัม ซึ่งใช้ผสมเหล็กเพื่อทำเหล็กกล้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ ใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้า ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องซีปนาวุธ

3.4 ใช้ในการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้เพื่ออุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น แร่แบไรท์ ( $BaSO_4$ ) ใช้ผสมโคลนในการเจาะสำรวจโดยทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นและกันไม่ให้หัวเจาะร้อนจัดกันไม่ให้หลุมเจาะพัง เพชรใช้ตัดหัวสว่านเจาะพื้นดินและหิน ใช้ทำใบเลื่อยสำหรับตัดหินตัดพลอย

3.5 เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตสูงขึ้น เช่น แร่ฟอสเฟตใช้ทำปุ๋ย แร่ฟอสเฟตซึ่งมีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ ใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยเพื่อเพิ่มฟอสฟอรัสให้กับดิน

3.6 ช่วยให้ประชาชนมีอาชีพ การทำเหมืองแร่รูปแบบต่าง ๆ ก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก เป็นแร่ที่ขุดได้เมื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแต่ละประเภท ส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนในการผลิต ทำให้คนมีรายได้มีอาชีพที่มั่นคง รวมไปถึงผู้ที่ประกอบกิจการค้าขายเครื่องมือเครื่องใช้ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีแร่เป็นองค์ประกอบ แม้กระทั่งการกระจายผลิตภัณฑ์สู่ตลาดหรือผู้บริโภค ก่อให้เกิดการสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนเป็นจำนวนมาก

3.7 ประเทศชาติมีรายได้จากการขายแร่ให้กับต่างประเทศ หรือการผลิตเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องใช้ งานศิลปะส่งออกจำหน่าย การมีแร่ธาตุต่าง ๆ มากมายหลายชนิดย่อมทำให้เกิดความมั่นคงของประเทศชาติทางด้านเศรษฐกิจ และการนำเอาทรัพยากรแร่ธาตุไปใช้ในการเสริมสร้างกำลังอาวุธก็มีผลถึงความมั่นคงของประเทศเช่นกัน ประเทศที่เป็นมหาอำนาจของโลก เช่น สหรัฐอเมริกา สหภาพสาธารณรัฐสังคมนิยม โซเวียต ต่างมีทรัพยากรแร่ธาตุเป็นจำนวนมากสามารถพัฒนา เศรษฐกิจและความมั่นคงทางทหารได้มากจนเป็นประเทศมหาอำนาจของโลก ส่วนญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีการแปรรูปแร่ธาตุ ให้เป็นผลผลิตที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ จัดเป็นประเทศที่มั่นคง และร่ำรวยทางเศรษฐกิจประเทศหนึ่งของโลก

#### 4. ชนิดของแร่ตามคุณประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

4.1 แร่ประกอบหิน หมายถึง แร่ที่เป็นส่วนประกอบของหิน ซึ่งใช้ในการบอกชนิดของหิน เช่น หินแกรนิต ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์และไมก้า

4.2 แร่เศรษฐกิจ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

4.2.1 แร่โลหะ (Metalliferous mineral)

- 1) แร่โลหะที่มีค่า เช่น ทองคำ เงิน และทองคำขาว
- 2) แร่โลหะที่ไม่ใช่โลหะเหล็ก เช่น ทองแดง ตะกั่ว ดีบุก สังกะสี อะลูมิเนียม
- 3) แร่โลหะเหล็กและแร่โลหะผสมเหล็ก เช่น แมกนีไทต์ ฮีมาไทต์  
แมงกานีส นิกเกิล โครเมียม
- 4) แร่โลหะอื่น ๆ เช่น พลวง แทนทาลัม แคลเดียม แมกนีเซียม โปรทยูเรเนียม

4.2.2 แร่อโลหะ (Metalliferous mineral)

- 1) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก เช่น แร่ดิน บอไซด์
- 2) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น ยิปซัม หินต่าง ๆ

- 3) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการถลุงโลหะ เช่น ฟลูอไรด์ แกรไฟต์
- 4) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี เช่น เกลือ กำมะถัน โพแทส
- 5) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย เช่น ไนเตรต ฟอสเฟต ยิปซัม หินปูน กำมะถัน
- 6) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมทำวัสดุขุดเจาะ เช่น คอรัันดัม ควอร์ตซ์ เอเมอริ
- 7) แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมและหัตถกรรม เช่น ไยหิน ไมก้า แบไรต์ ทัลก์
- 8) แร่รัตนชาติ เช่น เพชร พลอย หยก นิล มรกต โกเมน บุษราคัม

4.2.3 แร่เชื้อเพลิงหรือแร่พลังงาน (Energy mineral) เช่น ถ่านหิน หินน้ำมัน  
ปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ

## 5. ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองแร่

ผลกระทบที่เกิดจากผลการดำเนินงาน ในการทำเหมืองแร่ทุกชนิดจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้แก่

5.1 ทรัพยากรดิน การทำเหมืองแร่จำเป็นต้องมีการขุด ระเบิด หรือลึคน้ำเพื่อแยกแร่ออกจากดิน ซึ่งก่อให้เกิดการพังทลายของหน้าดิน และเมื่อถูกน้ำชะล้างก็จะทำให้แร่ธาตุในดินถูกชะล้างและไหลไปยังแหล่งน้ำส่งผลให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และสภาพพื้นที่ยังเป็นหลุม บ่อ ไม่เหมาะสมแก่การใช้ประโยชน์เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการปรับสภาพพื้นที่

5.2 ทรัพยากรน้ำและสัตว์น้ำ เนื่องจากตะกอนดินที่มากับการล้างและฉีดแร่ดังกล่าวข้างต้น จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในน้ำ เนื่องจากน้ำจะขุ่นและไปบังแสงอาทิตย์ ทำให้พืชน้ำและแพลงตอนไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตอื่นขาดอาหารที่ใช้ในการบริโภค นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการตื่นเงินของลำน้ำซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระแสน้ำเป็นปัญหาน้ำท่วมติดตามมา

5.3 ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า ในการเปิดหน้าดินหรือระเบิดหิน เพื่อหาแร่จะต้องมีการถางป่าไม้ เพื่อก่อให้เกิดความสะดวกในการดำเนินงาน ผลที่เกิดขึ้นก็คือป่าไม้จะถูกทำลายอย่างถาวรเนื่องจากขาดการปรับหน้าดินและปลูกป่าอย่างจริงจัง ส่งผลให้สัตว์ป่าขาดที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารด้วย นอกจากนี้ในการขนส่งแร่ยังมีการทำถนนผ่านเข้าไปยังเขตป่าสงวน ซึ่งก่อให้เกิดการลักลอบตัดไม้และล่าสัตว์ติดตามมาเนื่องจากขาดการดูแลอย่างจริงจัง

5.4 ทรัพยากรอากาศ การทำเหมืองแร่โดยเฉพาะเหมืองบนบกจะก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองสูงมาก โดยเฉพาะขั้นตอนในการย่อยและการลำเลียง เช่น กรณีของเหมืองหินที่ส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดอันตราย หากมีการสะสมและก่อให้เกิดวิสัยทัศน์ไม่ดีซึ่งเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุได้ ดังปรากฏในจังหวัดสระบุรี เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันรัฐบาลโดยมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2538 ได้กำหนดให้โรงโม่ บดและย่อยหิน เปลี่ยนเทคโนโลยีจาก

การระเบิดและย่อยหินไปเป็นเทคโนโลยีการทำเหมืองหิน ซึ่งผู้ทำเหมืองจะมีกฎระเบียบและต้องทำ  
รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วย และควบคุมฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการผลิต

### กิจกรรมที่ 7.1 เหมืองแร่

เหมืองแร่แห่งหนึ่งได้สัมปทานแร่ดิบๆ เขาได้ทำการขุดดินลึกลงไปถึงระดับสารหนูฝัง  
ตัวอยู่ สารหนูได้ละลายปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำเป็นปริมาณมาก เมื่อประชาชนใช้น้ำนั้นในการ  
อุปโภคหรือรดพืชผักผลไม้และสัตว์เลี้ยงด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ก็เกิดโรคไข้ดำขึ้น ขึ้นตัน  
ผู้ป่วยมีอาการเบื่ออาหาร อ่อนเพลีย ขับถ่ายผิดปกติ ชาบริเวณปลายนิ้วมือ เท้าตก นิ้วเน่า  
ผิวหนังดำ แห้งกร้าน ตกสะเก็ดกระด้างเป็นผื่นหนาแตกลายดำสลับขาว กลายเป็นมะเร็งที่  
ผิวหนัง ในที่สุดต้องเสียชีวิตไป

1. นักศึกษาคิดว่าสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ใครเป็นผู้รับผิดชอบระหว่างเจ้าของสัมปทาน ผู้อนุญาต  
สัมปทาน หรือผู้ที่นำสารหนูไปฝังไว้ในดิน

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. นักศึกษาคิดว่า การสัมปทานเหมืองแร่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## 6. หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรแร่ธาตุ

6.1 การดำเนินงานด้านวิชาการ เป็นการวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการสำรวจ การขุด การแยกแร่และใช้งาน รวมถึงลดจนถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เช่น พลาสติก อะลูมิเนียม เป็นต้น การทำวัสดุสังเคราะห์ (Synthetic materials) และวัสดุทดแทน (Substitute) ด้วย

6.2 การตั้งราคา เป็นแนวคิดทางด้านกลไกตลาดในการตั้งระดับราคาให้เคลื่อนไหวในระดับที่กำหนด แต่ได้กำหนดราคาเดียวตายตัวแบบการควบคุมราคา ซึ่งหากแร่มีราคาดีก็จะมีการผลิตมาก แต่เมื่อราคาตกต่ำลงก็จะส่งผลให้หยุดการผลิต เนื่องจากไม่คุ้มกับต้นทุนการผลิตซึ่งใน การตั้งราคา ดังกล่าว รัฐจำเป็นต้องมีเครื่องมือในการดำเนินการ คือ ต้องมีกองทุนสำรอง การผลิตต้องเป็นไปใน อัตราปกติและมีการควบคุมที่นำเข้าจากต่างประเทศ

6.3 การใช้แร่ธาตุอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการใช้ทรัพยากรแร่ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้คุ้มค่าที่สุดโดยการปรับปรุงขั้นตอนการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น การปรับปรุงสภาพเครื่องยนต์ให้เกิดการเผาไหม้ได้ สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น การปรับปรุงคุณภาพการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้ เช่น จากการเผาจะเกิด พลังงานความร้อน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำความร้อนได้ เป็นต้น

6.4 การนำแร่ไปใช้ประโยชน์แล้วกลับมาใช้อีก โดยการนำวัสดุที่ใช้แล้วมาใช้ซ้ำ (Reuse) เช่น การนำเอาขวดกาแฟที่หมดแล้ว นำมาใส่น้ำตาลแทนที่จะทิ้งไปหรือการแปรรูปกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นการนำกลับมาแปรรูปหรือเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำแก้วแตกมาหลอมเป็นแก้วหรือกระจกใหม่

6.5 การใช้สิ่งอื่นทดแทน เพื่อที่จะรักษาแร่ธาตุเดิมที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและมีการใช้ใน ปริมาณสูงให้คงอยู่โดยใช้สิ่งอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันและสามารถทดแทนกันได้มาใช้แทน เช่น การใช้อะลูมิเนียมและพลาสติกแทนการใช้เหล็ก การใช้พลังงานแสงอาทิตย์แทนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

6.6 การยืดอายุการใช้งานแร่ธาตุให้ยาวนาน เช่น การป้องกันสนิมของเหล็ก ทำได้โดยใช้สีทา ฉาบผิวหรือใช้โลหะอื่นผสม เช่น สเตนเลสซึ่งนำนิกเกิลและโครเมียมหลอมละลายปนกับเหล็ก

6.7 การสำรวจแหล่งแร่ธาตุเพิ่มเติม โดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อทดแทนแหล่งแร่เดิมที่หมดไป เช่น การใช้เครื่องตรวจสอบรังสี การใช้ระบบคลื่นเสียง เป็นต้น ซึ่งจะสามารถค้นพบ แหล่งแร่เพิ่มเติมได้มากขึ้น

## 7. การใช้แร่พลังงานหรือแร่เชื้อเพลิงในประเทศ

ปัจจุบัน พลังงานได้กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง ในการดำรงชีพของประชากร นอกเหนือจากปัจจัย 4 อย่าง พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้มาจากพลังงานจากน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งให้พลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ในรูปแบบของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตมาจากโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ เป็นต้น หลังจากวิกฤติการณ์ทางด้านพลังงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 เป็นต้นมา ราคาน้ำมันได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและบางขณะประสบปัญหาขาดแคลน อันเนื่องจากสถานการณ์ในตะวันออกกลาง ได้ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงต่อระบบเศรษฐกิจของโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย วิกฤติการณ์ทางด้านนี้ทำให้ประเทศผู้ใช้น้ำมันทั้งหลายเริ่มตระหนักและเห็นความสำคัญของพลังงาน หันมาเร่งสำรวจหาแหล่งน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ รวมทั้งการหาพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ มาใช้ทดแทนน้ำมันและนำมาตรรกการประหยัดพลังงานมาใช้

ประเทศไทย เราก็ได้รับผลกระทบเช่นกันและก็เร่งหาแหล่งน้ำมันและแก๊สธรรมชาติมาใช้ โดยการให้สัมปทานบริษัทน้ำมันต่างชาติเข้ามาขุดเจาะสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม ทั้งบนบกและในทะเล ซึ่งก็ปรากฏว่าประเทศไทยได้ค้นพบแหล่งแก๊สธรรมชาติในอ่าวไทยและภาคอีสาน รวมทั้งพบแหล่งน้ำมันดิบในภาคเหนือ นอกจากการสำรวจพัฒนาแหล่งปิโตรเลียมทั้งบนบกและในทะเล ซึ่งทำให้ประเทศไทยสามารถพึ่งพาตนเองทางด้านพลังงานได้มากขึ้นแล้ว ประเทศไทยยังมีพลังงานประเภทอื่น ๆ ที่ผลิตได้เองภายในประเทศ อาทิ พลังงานจากน้ำ ถ่านลิกไนต์ ถ่านไม้ ฟืน แก๊สชีวภาพ ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลิกไนต์ ซึ่งประเทศไทยมีพลังงานสำรองมากพอสมควร

## 8. ประโยชน์ของการประหยัดพลังงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

8.1 การประหยัดพลังงานสามารถยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่มีอยู่ ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์เหล่านั้นเร็วเกินกว่าที่ควร

8.2 การประหยัดพลังงาน เป็นการทำให้อุปกรณ์ที่มีอยู่มีความสามารถในการทำงานเหลือพอที่จะมีการต่อเติมได้โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่ม ได้แก่ หม้อน้ำหรือเครื่องปรับอากาศและหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

8.3 การประหยัดพลังงานช่วยยืดเวลาการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงออกไป เมื่อมีกรณีขาดแคลนเชื้อเพลิง

8.4 การประหยัดพลังงานช่วยลดภาวะมลพิษจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เชื้อเพลิงและอาจช่วยลดค่าติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดภาวะมลพิษลง

8.5 การประหยัดพลังงานช่วยลดค่าใช้จ่ายลงอย่างคุ่มค่า โดยที่ไม่ทำให้มาตรฐานความสบาย สุขภาพอนามัย หรือการบริการของอาคารลดลง

8.6 การจัดการพลังงาน สามารถที่จะลดภาระทางไฟฟ้าในเวลาที่เกิดภาระสูงสุด และทำให้ ค่า demand charge ลดลง

8.7 การประหยัดพลังงานช่วยยืดอายุของแหล่งพลังงานธรรมชาติของประเทศ

8.8 การประหยัดพลังงานช่วยให้เกิดการหมุนเวียนทางเศรษฐกิจ เนื่องจากต้องมีการใช้แรงงานและวัสดุมาปรับปรุงอุปกรณ์หรืออาคาร

8.9 การประหยัดพลังงานช่วยลดความต้องการในการส่งน้ำมันเข้าประเทศ ซึ่งเป็นการลดการเสียเปรียบดุลทางด้านการค้าและในแง่ความมั่นคงนั้น ทำให้ประเทศไม่ต้องพึ่งแหล่งเชื้อเพลิงจากภายนอกมากเกินไป

## 9. ผลกระทบจากการผลิตและการใช้พลังงาน

สภาพความเสื่อมโทรมของสภาวะแวดล้อมส่วนใหญ่ อาจกล่าวได้ว่ามีสาเหตุมาจากการผลิตและการใช้พลังงานของมนุษย์แทบทั้งสิ้น ดังนั้นการแสวงหาทรัพยากรพลังงานมาเพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ จึงควรระมัดระวังและพิจารณาให้รอบคอบก่อนนำมาใช้นักสิ่งแวดล้อมได้กล่าวถึงผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรพลังงาน ดังนี้คือ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยล้มตาย ทำให้สิ่งของและทรัพยากรธรรมชาติเสียหาย ทำลายสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต และเกิดมลภาวะทั้งทางดิน น้ำและอากาศ โดยแบ่งตามประเภทของพลังงานที่ใช้ ดังนี้

### 9.1 ผลกระทบจากการใช้พลังงานนิวเคลียร์

รังสีที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ อาจรั่วไหลซึ่งเป็นอันตรายมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเกิดการระเบิด ฝุ่นรังสีจะฟุ้งกระจายทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทันทีทันใด และเกิดผลกระทบระยะยาวยิ่งไปกว่านั้นน้ำเสียจากการระบายความร้อนที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ ก็จะทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศตามมา

### 9.2 ผลกระทบจากการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

การเผาไหม้ปิโตรเลียม จะก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ โดยการปล่อยไอเสียออกมาจากปล่องควันของโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องจักรไฟฟ้าและจากรถยนต์ สารมลพิษดังกล่าว คือ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ ( $NO_x$ ) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ( $CO$ ) สารไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละออง และเขม่าต่าง ๆ

### 9.3 ผลกระทบจากการใช้ถ่านหินลิกไนต์

การใช้ถ่านหินลิกไนต์มาเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าหรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ ถึงแม้จะได้ประโยชน์อย่างมากมาย แต่การพัฒนาถ่านหินมาใช้ประโยชน์ จะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้าน ทั้งจากการทำเหมืองและการเผาไหม้เนื่องจากสมบัติและองค์ประกอบของถ่านหิน ดังนี้

9.3.1 เกิดน้ำเสียจากบ่อเหมือง น้ำกระด้าง มีสารแขวนลอยและซัลเฟตสูงมาก

9.3.2 ทำให้เกิดฝุ่นละออง ทั้งของแขวนลอยและโลหะหนักลอยอยู่ทั่วไปรอบ ๆ บริเวณ

9.3.3 เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศ กล่าวคือ เมื่อขุดหน้าดินทิ้งไปทำให้สิ่งมีชีวิตเสียสมดุลปลูกพืชไม่ได้ มีการทำลายป่าไม้เสียคุณธรรมชาติ

9.3.4 ต้องอพยพราษฎร เพราะต้องใช้บริเวณกว้างในการเปิดหน้าเหมือง

9.3.5 เกิดแก๊สจากการเผาไหม้ถ่านหิน เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $H_2S$ ) และสารไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ ยังมีออกไซด์ของไนโตรเจน และกำมะถัน ทำให้เกิดภาวะการเป็นกรดต่อสิ่งแวดล้อม

#### 9.4 ผลกระทบจากการใช้กังหันลม

ถึงแม้การใช้พลังงานลมจะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะร้ายแรงใด ๆ ต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากพลังงานลมค่อนข้างเป็นพลังงานบริสุทธิ์ แต่ในการพัฒนาแหล่งพลังงานชนิดนี้มาใช้เป็นพลังงานทดแทนนั้น ควรได้คำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนี้

9.4.1 ผลต่อทัศนียภาพ เนื่องจาก ต้องใช้กังหันขนาดใหญ่ อาจบดบังส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่ไป

9.4.2 การเกิดมลภาวะทางเสียง คือ เมื่อใบพัดขนาดใหญ่ทำงานจะเกิดเสียงดังมารบกวนผู้อยู่ใกล้เคียง

9.4.3 การรบกวนคลื่นวิทยุ ซึ่งเกิดจากใบพัดส่วนใหญ่ทำจากโลหะ เมื่อหมุนทำให้เกิดการรบกวนคลื่นวิทยุและโทรทัศน์ในระยะ 1 - 2 กิโลเมตร

9.4.4 ผลกระทบต่อระบบนิเวศ เมื่อทำการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ อาจทำให้สิ่งมีชีวิตใกล้เคียงอพยพไปอยู่ที่อื่น

#### 9.5 ผลกระทบจากการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ

ถึงแม้ความร้อนใต้พิภพจะเป็นพลังงานได้เปล่าจากธรรมชาติ สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม การนำพลังงานชนิดนี้มาใช้งานอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

9.5.1 สารเคมีอันตรายที่ละลายปนอยู่ อาจปนเปื้อนระบบน้ำบาดาลหรือน้ำผิวดิน เช่น สารหนู ปรอท เป็นต้น

9.5.2 มีแก๊สอันตราย เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สอื่น ๆ ระบายออกมาด้วย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบหายใจ

9.5.3 มีไอน้ำร้อนที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวนมาก จะทำให้เกิดความร้อนตกค้างในอากาศ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศที่อยู่ใกล้เคียง



9.5.4 หากเป็นการตั้งโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ อาจจะทำให้เกิดปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดินได้

#### 9.6 ผลกระทบจากการใช้พลังงานผลิตกระแสไฟฟ้า

การใช้พลังงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจัดเป็นพลังงานบริสุทธิ์ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เหมือนกับการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และมีต้นทุนในการผลิตต่ำ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพลังงานโดยการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำ จะมีปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ควรคำนึงเป็นอย่างมากในเรื่องของการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ เพื่อใช้เป็นอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน ราษฎรในพื้นที่น้ำท่วมต้องอพยพย้ายที่ตั้งถิ่นฐานใหม่ สัตว์ป่าสูญเสที่อยู่อาศัยหรืออาจสูญพันธุ์ไป นอกจากนั้น แร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่อาจถูกทิ้งให้จมอยู่ใต้น้ำ โดยไม่มีโอกาสนำขึ้นมาใช้ประโยชน์ ดังนั้น จึงมีข้อแม้ว่าจะทำการพัฒนาอย่างไร ผลกระทบจึงเกิดขึ้นน้อยที่สุดและให้คุ้มค่ากับสิ่งที่สูญเสียไป

### 10. มาตรการการประหยัดพลังงาน

ในปัจจุบัน เป็นที่น่าวัดกว่าพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ กำลังจะขาดแคลนลง ดังนั้น จึงควรมีมาตรการในการใช้พลังงานต่าง ๆ ดังนี้

10.1 การหาแหล่งพลังงานใหม่ เช่น พัฒนาการใช้พลังงานแสงแดด พลังงานน้ำ และลม ให้มากขึ้น เนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่อย่างจำกัดและจะหมดลงในอนาคตอันใกล้

10.2 การปลูกป่า เพื่อใช้เป็นฟืนและถ่าน ต้นไม้ยังคงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ และสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้รวดเร็วกว่าพลังงานอื่น อีกทั้ง ประเทศไทยก็มีภูมิประเทศที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาป่าไม้ได้เป็นอย่างดี

10.3 พัฒนาระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูง โดยพยายามลดการสูญเสียพลังงาน และความร้อนในกระบวนการผลิตให้น้อยที่สุด

10.4 ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหรือทรัพยากรอย่างประหยัด เช่น ไม่เปิดไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้ในขณะที่ไม่ได้ใช้ การประกอบอาหารควรใช้เตาที่สามารถเก็บความร้อนได้สูง ริดผ้าเป็นจำนวนมากในครั้งเดียวกัน และรวมทั้งการนำเอาวัสดุที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ด้วย

10.5 ปรับปรุงระบบการขนส่ง การขนส่งไม่ว่าจะเป็นบุคคลหรือสินค้า ถ้าจะปรับปรุงให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และบรรทุกได้ครั้งละมาก ๆ จะช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ในยานพาหนะ

10.6 การประชาสัมพันธ์ รัฐบาลหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับพลังงานต้องประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบ เพื่อก่อให้เกิดความร่วมมือในการประหยัดพลังงานให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

**กิจกรรมที่ 7.2 ผลการศึกษาบางประการเกี่ยวกับพลังงานทดแทนในภาคคมนาคมขนส่ง**  
(ที่มา : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550.  
ออนไลน์)



แนวทางการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานทดแทนมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อให้สามารถปรับปรุงหรือหาแหล่งพลังงานอื่น ๆ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในภาคคมนาคมขนส่ง ทั้งนี้มักจะอยู่ภายในขอบเขตหรือหลักเกณฑ์ 3 ประการ ด้วยกันคือ

1. ประการแรก แหล่งพลังงานทดแทนควรจะหาจากภายในประเทศ และปรับปรุงให้ใช้ได้เหมาะสมกับสภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
2. ประการที่สอง การปรับปรุงดังกล่าว ควรจะมีผลในแง่ของการประหยัดเชื้อเพลิงควบคู่ไปด้วย แต่ก็ไม่จำเป็นนักเพราะการปรับปรุงแหล่งพลังงานใหม่มาใช้ทดแทนของเดิม ในเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงเดิม อาจจะไม่ได้ผลในแง่ประหยัดเชื้อเพลิงเลย แต่อย่างไรก็ตามจะได้ผลในแง่ของการใช้เชื้อเพลิงภายในประเทศ และลดการขาดดุลกับต่างประเทศ
3. ประการสุดท้าย คือ การปรับปรุงดังกล่าวต้องดำเนินการให้สามารถปรับได้กับสภาพของขดยานในปัจจุบันและขดยานเก่าที่ต้องถึงเวลาขดเครื่องใหม่ โดยจะต้องมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจควบคู่ไปด้วย

ในปัจจุบันเชื้อเพลิงทดแทนที่ได้มีการศึกษามาบ้างทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ (เน้นภายในประเทศเป็นหลัก) ที่สำคัญ ๆ คือ เอทานอล ปัจจุบันมีการนำเอทานอลผสมน้ำมันเบนซิน หรือที่เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ แก๊สหุงต้ม (LPG) และเชื้อเพลิงอื่น ๆ เช่น หินน้ำมัน และอิมัลชัน (Emulsion) ผสมระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำโดยมีตัวเชื่อมเป็นต้น เชื้อเพลิงเหล่านี้มักจะถูกนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ 2 ประเภท คือ เครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งพอจะสรุปผลการศึกษาที่สำคัญ ๆ ได้ดังนี้

1. แก๊สโซฮอล์สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน โดยมีการนำเอทิลแอลกอฮอล์ (เอทานอล) ผสมกับน้ำมันเบนซินที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน และใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินของรถ FORD รุ่น 2261 E 4 สูบ ความจุ 1098 c.c. ผลปรากฏว่าแก๊สโซฮอล์ใช้ได้โดยให้ประสิทธิภาพต่ำลงเล็กน้อย กำลังลดลง อัตราการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นส่วนของเครื่องยนต์ที่เป็นยางพลาสติกและสีบางชนิดทำปฏิกิริยากับแก๊สโซฮอล์ได้รับความเสียหาย

แก๊สโซฮอล์ 95 มีส่วนผสมของน้ำมันเบนซินกับเอทานอล ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ดังนั้นนอกจากจะคุณสมบัติการใช้งานเทียบเท่าน้ำมันเบนซิน 95 ทั่วไป แต่มีราคาถูกกว่า 1.50 บาท ต่อลิตรแล้ว ยังเป็นพลังงานสะอาดเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยแก๊สโซฮอล์ 95 มีไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าเบนซิน 95 ทั่วไป ช่วยลดควันดำ สารอะโรเมติกส์ สารเบนซิน และช่วยลดปัญหาฝุ่นละอองจากท่อไอเสีย จึงนับได้ว่า แก๊สโซฮอล์ 95 เป็นเบนซินที่สะอาด ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

โครงการแก๊สโซฮอล์ เกิดขึ้นในปี 2528 เนื่องจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงเล็งเห็นว่าประเทศไทย อาจประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน และปัญหาพิษผลทางการเกษตรราคาตกต่ำ จึงทรงมีพระราชดำริให้ โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาศึกษา ถึงการนำอ้อยมาแปรรูปเป็นแอลกอฮอล์ (เอทานอล) ใช้ผสมกับน้ำมันเบนซิน เป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ และได้ทดลองใช้กับรถยนต์ในโครงการส่วนพระองค์ตั้งแต่ปี 2537 โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ได้ผลดีทั้งในห้องปฏิบัติการและท้องถนน

2. เอทานอลกับเครื่องยนต์ดีเซล การใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์ดีเซล ต้องใช้ระบบร่วม (Dual System) คือใช้เอทานอลแทนดีเซลบางส่วนและยังต้องฉีดน้ำมันดีเซลบางส่วนเข้าไปเพื่อจุดระเบิด ในการทดลองทำได้กับเครื่องยนต์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เอทานอลแทนน้ำมันดีเซลได้สูงถึงร้อยละ 70 แต่หากจะนำไปใช้ในรถจริง ๆ อาจเกิดปัญหาเนื่องจากต้องใช้เชื้อเพลิงทั้งสองระบบ จะต้องมีถังเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด อัตราส่วนผสมจะต้องพยายามจัดตั้งให้ดีมาก แต่เวลาขับเคลื่อน ยวดยานจะกระเทือนซึ่งอาจทำให้อัตราส่วนผสมเปลี่ยนไป ซึ่งจะเกิดปัญหากับเครื่องก็ได้

3. เมทานอลสำหรับเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล การนำไปใช้งานคล้ายคลึงกับเอทานอลทั้งหมด แต่ในการผสมเมทานอลกับน้ำมันเบนซิน จำเป็นจะต้องมีตัวเชื่อม (Binder) เพื่อให้เมทานอลผสมกับเบนซินได้เป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกออกเป็นชั้นและในการใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลก็จำเป็นต้องใช้ระบบร่วม ซึ่งก็จะมีปัญหาเช่นเดียวกับเอทานอล เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่ค่าความร้อนต่ำมาก ฉะนั้นประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลงมากและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างมากด้วย

**4. แก๊สหุงต้ม (LPG) สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน** ส่วนใหญ่ดำเนินการใช้แก๊สหุงต้ม LPG ทดแทนน้ำมันเบนซินทั้งหมด ผลการศึกษาปรากฏว่าได้ผลดีมาก กำลังเครื่องยนต์ตกลงไปบ้าง ประมาณร้อยละ 3-5 อัตราเร่งลดลงไปร้อยละ 10-50 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอุปกรณ์แก๊สที่นำมาใช้ ติดตั้งประกอบ ในปัจจุบันแท็กซี่กว่าร้อยละ 95 ในกรุงเทพฯ ใช้แก๊สหุงต้ม LPG เป็นเชื้อเพลิง

**5. แก๊สหุงต้ม LPG สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล** ได้มีการศึกษาเพื่อนำ LPG มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซล (Dual System) ได้ทำการศึกษาระบบเครื่องยนต์ประเภทอยู่กับที่ (Stationary Engine) ได้ผลดีมาก สามารถใช้แก๊ส LPG ทดแทนได้ถึงร้อยละ 30 ไอเสียที่ได้มีมลภาวะทางอากาศลดลงไป แต่หากจะนำมาติดตั้งร่วมกับเครื่องยนต์ในรถจะประสบปัญหาเช่นเดียวกับ เอทานอลกับเครื่องยนต์ดีเซล

ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลมาเป็นเครื่องยนต์ใช้ LPG แทนทั้งหมด (เหมือนกับเครื่องยนต์เบนซิน) ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาและปรับปรุงแล้วเสร็จ โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ร่วมกับฝ่ายวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหน่วยงานราชการอื่น ๆ คือ การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย กทม. ขสมก. (องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ) กรมการขนส่งทางบก การใช้ LPG ทดแทนน้ำมันดีเซลทั้งหมด จำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของเครื่องยนต์ใหม่หมด โดยเปลี่ยนระบบสันดาปแบบ compression ignition มาเป็นแบบ spark ignition และต้องลดกำลังอัดของเครื่องยนต์ลง

## **6. แก๊ส NGV**

### **ข้อดีของแก๊ส NGV**

**6.1 สะอาด** เนื่องจาก NGV มีสัดส่วนของคาร์บอนน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น และมีคุณสมบัติเป็นแก๊สทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น และปริมาณไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ใช้แก๊สธรรมชาติมีปริมาณต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น NGV จึงนับเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดควันดำหรือสารพิษ ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน จึงสามารถลดปัญหาหมอกพิษทางอากาศ ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติจะมีระดับการปล่อยสารพิษที่ต่ำ สามารถลดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ถึงร้อยละ 50-80 ลดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ได้ร้อยละ 60-90 ลดแก๊สไฮโดรคาร์บอนได้ร้อยละ 60-80 และไม่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองหรือเขม่าจากท่อไอเสีย (แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ เป็นแก๊สที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า

**Green House Effect**)

**6.2 ปลอดภัย แก๊ส NGV** นับว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถยนต์ที่มีความปลอดภัยมากที่สุด เพราะแก๊ส NGV เบากว่าอากาศ ในขณะที่แก๊สหุงต้มและน้ำมันเบนซินหรือดีเซลหนักกว่าอากาศ ดังนั้น เมื่อเกิดรั่วไหล แก๊ส NGV จะไม่สะสมอยู่บนพื้นดินจนเกิดการลุกไหม้เหมือนเชื้อเพลิงอื่น ๆ นอกจากนี้ อุณหภูมิที่แก๊ส NGV จะลุกติดไฟในอากาศเองได้ (เมื่อมีความเข้มข้นของเชื้อเพลิงพอ) สูงถึง 650 องศาเซลเซียส ในขณะที่แก๊สหุงต้มจะติดไฟได้เองที่ 481 องศาเซลเซียส น้ำมันเบนซินที่ 275 องศาเซลเซียส และน้ำมันดีเซลที่ 250 องศาเซลเซียส ส่วนความเข้มข้นขั้นต่ำสุดที่จะลุกติดไฟได้เองของแก๊ส NGV จะต้องมีปริมาณสะสมถึง 5% ในขณะที่แก๊สหุงต้มจะอยู่ที่ 2% จากสมบัติข้างต้นแก๊ส NGV จึงมีโอกาสเกิดการลุกไหม้ได้ยากกว่าเชื้อเพลิงอื่น ๆ นอกจากนี้ หากมีการรั่วไหลจะเกิดเสียงดังเนื่องจากมีความดันสูงจึงเป็นสัญญาณเตือนภัยได้อย่างดี

### **ความแตกต่างระหว่าง NGV และ LPG**

**NGV หรือ Natural Gas Vehicles** คือ แก๊สธรรมชาติสำหรับยานยนต์ เกิดขึ้นจากการนำแก๊สธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีองค์ประกอบของแก๊สมีเทนมาอัดจนมีความดันสูง ประมาณ 3,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว แล้วนำไปเก็บไว้ในถัง ที่มีความแข็งแรงทนทานสูงเป็นพิเศษ เช่น เหล็กกล้า เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลในรถยนต์ประเภทต่าง ๆ ซึ่งสากลเรียกว่า **Compressed Natural Gas (CNG)** หรือ แก๊สธรรมชาติอัด

**แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) หรือ “แก๊สหุงต้ม”** เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของ แก๊สโพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นแก๊สที่หนักกว่าอากาศ โดยตัว LPG เองไม่มีสี ไม่มีกลิ่นเช่นเดียวกับแก๊สธรรมชาติ แต่เนื่องจากเป็นแก๊สที่หนักกว่าอากาศจึงมีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้น จึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมีกลิ่น เพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหล LPG ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและกิจการอุตสาหกรรม โดยบรรจุเป็นของเหลวใส่ถังที่ทนความดันเพื่อให้ขนถ่ายง่าย นอกจากนี้ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์ เนื่องจากราคาถูกกว่า และมีค่าออกเทนสูงถึง 105 RON (RON : Research Octane Number เป็นค่าออกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อต้านการน็อกในเครื่องยนต์หลายสูบ ที่ทำงานอยู่ในรอบของช่วงหมุนต่ำ โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐานภายใต้สภาวะมาตรฐาน 600 รอบต่อนาที) LPG เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน หรือการแยกแก๊สธรรมชาติในโรงแยกแก๊ส มีสถานะเป็นของเหลว ต้องทำให้เป็นแก๊สก่อนนำไปใช้งาน ส่วน NGV มีสถานะเป็นแก๊สเพียงผ่านความดันก็นำไปใช้ได้เลย

**คำถาม**

1. จากโฆษณาทางโทรทัศน์ มีคำติดหูเมื่อเกิดความผิดพลาดใด ๆ ก็ตามมักจะโทษว่าเป็นความผิดของแก๊สโซฮอลล์ หรือคำว่า “ เพราะแก๊สโซฮอลล์” นักศึกษาคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักศึกษาคิดว่าการใช้พลังงานทดแทนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

### กิจกรรมที่ 7.3 น้ำหรือน้ำมัน

ท่อดส่งน้ำมันได้ส่งผ่านอำเภอที่นักศึกษาอาศัยอยู่ และรัฐบาลได้รายงานเกี่ยวกับสถานการณ์ของท่อดส่งน้ำมันว่า พนังท่อดส่งน้ำมันมีรอยชำรุดและรั่วลงพื้นดินถึง 85 % และท่อน้ำมันที่ได้ทอดผ่านแม่น้ำที่ผู้คนในเมืองใช้มีโอกาสรั่วถึง 90 % บริษัทเจ้าของท่อดส่งน้ำมันกล่าวว่า บริษัทต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายถึง 4 เท่า ในการถ่าน้ำมันออกจากท่อดเดิมและส่งผลให้น้ำมันมีราคาเพิ่มขึ้นอีก 4 เท่าจากราคาปกติ

#### คำถาม

1. รัฐบาลควรบังคับให้บริษัทซ่อมท่อดส่งน้ำมันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าซ่อมท่อดส่งน้ำมันแล้วทำให้น้ำมันราคาแพง ประชาชนควรทำอย่างไรในสภาวะที่น้ำมันแพง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าบริษัทเจ้าของท่อดส่งน้ำมันปฏิเสธไม่ซ่อมท่อดส่งน้ำมัน จะเกิดอะไรขึ้นกับระบบนิเวศ

.....

.....

.....

.....

.....

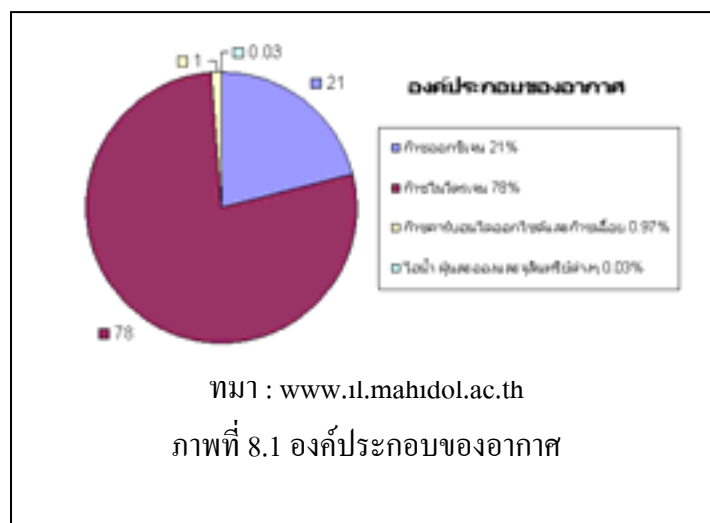
.....

# บทที่ 8

## ทรัพยากรอากาศ

อากาศเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สูญสิ้น มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่ยากลำบากหรือเสียค่าใช้จ่าย เป็นทรัพยากรที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและมีจำนวนมากมายเพียงพอสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก ปัจจุบันคุณภาพอากาศอาจมีความแตกต่างกันออกไปตามสภาพท้องถิ่น กล่าวคือในบริเวณเมืองหลวงจะมีอากาศบริสุทธิ์น้อยกว่าในชนบท เนื่องจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การขนส่ง การอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของคนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นด้วย

### 1. ความหมายและองค์ประกอบของอากาศ



**อากาศ (Air)** หมายถึง : ของผสมที่เกิดจากแก๊สหลายชนิด อากาศบริสุทธิ์จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส ส่วนผสมสำคัญโดยปริมาตร ได้แก่ ไนโตรเจนร้อยละ 78 ออกซิเจนร้อยละ 20.94 แก๊สเฉื่อย ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ แก๊สอาร์กอน ร้อยละ 0.93 คาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 0.03 และส่วนผสมของแก๊สฮีเลียม ไฮโดรเจน นีออน คริปทอน ซีนอน ไอโซน มีเทน ใอน้ำและ สิ่งอื่นรวมกัน ร้อยละ 0.03



## 2. ความหมายของบรรยากาศ

**บรรยากาศ (Atmosphere)** หมายถึง มวลแก๊สที่ห่อหุ้มตั้งแต่ผิวโลกจนสูงขึ้นไปประมาณ 900 กิโลเมตร โดยจะเกิดร่วมกับลักษณะทางกายภาพอื่น ได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้น ลม และอนุภาคฝุ่นผงหรือมลสาร (Pollutant) ซึ่งอยู่ในระดับต่ำและคงอยู่ได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก บรรยากาศที่สูงขึ้นประมาณ 80 กิโลเมตร จะมีส่วนผสมของแก๊สคล้ายคลึงกัน คนในสถานที่ต่าง ๆ จึงหายใจเอาอากาศเข้าไปโดยไม่รู้สึกรู้สึคดีแต่อย่างใด

## 3. การจำแนกบรรยากาศ

บรรยากาศจำแนกตามลักษณะและระดับความสูงได้ 2 ส่วน คือ

**3.1 บรรยากาศส่วนล่าง** เป็นส่วนที่อยู่ใกล้ผิวโลก อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูงทุกระยะที่สูงขึ้น 100 เมตร อุณหภูมิจะลดลง 0.64 องศาเซลเซียส จนกว่าจะถึงบรรยากาศส่วนบน ซึ่งอุณหภูมิจะกลับสูงขึ้น จำแนกได้ 3 ชั้น คือ

**3.1.1 โทรโปสเฟียร์ (Troposphere)** คือ บรรยากาศชั้นล่างสุดสูงจากผิวโลก 8 - 15 กิโลเมตร มีอิทธิพลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด อากาศที่มนุษย์หายใจเข้าไปคืออากาศชั้นนี้ ลมฟ้าอากาศจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีไอน้ำมาก มีลมและฝุ่น

**3.1.2 สตราโตสเฟียร์ (Stratosphere)** ความสูง 15 - 50 กิโลเมตร มีแก๊สโอโซนรวมตัวกันเป็นชั้นบาง ๆ แก๊สชนิดนี้เกิดจากการที่โมเลกุลของแก๊สออกซิเจนแตกตัวและจัดรูปแบบขึ้นใหม่ เมื่อถูกรังสีจากดวงอาทิตย์ช่วยดูดซับรังสีเหนือม่วงหรือรังสีอัลตราไวโอเล็ตของแสงอาทิตย์ทำให้บรรยากาศอุ่นขึ้น เครื่องบินไอพ่นจะบินในชั้นนี้เนื่องจากมีทัศนวิสัยดี

**3.1.3 มีโซสเฟียร์ (Mesosphere)** สูงจากพื้นดิน 50 - 80 กิโลเมตร เนื้อชั้นโอโซน อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น โดยอาจต่ำได้ถึง -83 องศาเซลเซียส อุกกาบาตหรือชิ้นส่วนหินจากอวกาศที่ตกลงมามักถูกเผาไหม้ในชั้นนี้ การส่งคลื่นวิทยุทั่ว ๆ ไปก็ส่งในชั้นนี้เช่นกัน

**3.2 บรรยากาศส่วนบน** มีคุณสมบัติต่างจากชั้นล่าง คือ แทนที่อุณหภูมิจะต่ำลงแต่กลับสูงขึ้นและยิ่งสูงยิ่งร้อนมาก บรรยากาศส่วนนี้จำแนกเป็น 3 ชั้นเช่นกัน คือ

**3.2.1 เทอร์โมสเฟียร์ (Thermosphere)** สูง 80 - 450 กิโลเมตร ความหนาแน่นของอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิจะสูงขึ้นมาก ซึ่งอาจสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส สามารถส่งวิทยุคลื่นยาวกว่า 17 เมตรไปได้ทั่วโลก โดยส่งสัญญาณจากพื้นโลกให้คลื่นสะท้อนกับชั้นไอออนของแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน ซึ่งถูกรังสีเหนือม่วงและรังสีเอ็กซ์ทำให้แตกตัว

**3.2.2 เอกโซสเฟียร์ (Exosphere)** บรรยากาศชั้นนี้สูงจากพื้นโลกประมาณ 450 - 900 กิโลเมตร มีแก๊สอยู่น้อยมาก มนุษย์อวกาศจะต้องควบคุมบรรยากาศให้มีความดันเท่ากับความดันภายในร่างกาย ต้องสวมใส่ชุดที่มีแก๊สออกซิเจนเพื่อช่วยในการหายใจ ดาวเทียมพยากรณ์อากาศจะ

โคจรรอบโลกในชั้นนี้

**3.2.3 แมกเนโตสเฟียร์ (Magnetosphere)** ชั้นนี้มีความสูงมากกว่า 900 กิโลเมตร ไม่มีแก๊สใด ๆ อยู่เลย

#### 4. ความสำคัญของอากาศและบรรยากาศ

- 4.1 มีแก๊สที่จำเป็นต่อการมีชีวิตของมนุษย์ สัตว์และพืช
- 4.2 มีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณ และคุณภาพของทรัพยากรอื่น เช่น ป่าไม้และแร่ธาตุ
- 4.3 ช่วยปรับอุณหภูมิของโลก โดยเฉพาะไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนจากพื้นดิน ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืนและฤดูร้อนกับฤดูหนาวไม่แตกต่างกันมาก และทำให้บริเวณผิวโลกมีความอบอุ่นขึ้น
- 4.4 ทำให้เกิดลมและฝน
- 4.5 มีผลต่อการดำรงชีวิต สภาพจิตใจ และร่างกายของมนุษย์ ถ้าสภาพอากาศไม่เหมาะสม เช่น แห้งแล้งหรือหนาวเย็นเกินไปคนจะอยู่อาศัยด้วยความยากลำบาก
- 4.6 ช่วยป้องกันอันตรายจากรังสีของดวงอาทิตย์ โดยแก๊สโอโซนในบรรยากาศจะกรองหรือดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งทำให้ผิวไหม้เกรียม เป็นโรคมะเร็งผิวหนัง และโรคต่อกระจุก
- 4.7 ช่วยเผาไหม้วัตถุที่ตกมาจากฟ้าหรืออุกกาบาต ให้กลายเป็นอนุภาคเล็ก ๆ จนไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และทรัพย์สิน
- 4.8 ทำให้ท้องฟ้ามีสีสวยงาม โดยอนุภาคของสิ่งอื่นที่ปนอยู่กับแก๊สในบรรยากาศ จะทำให้แสงหักเห เราจึงมองเห็นท้องฟ้ามีแสงสีที่งดงามแทนที่จะเห็นเป็นสีดำมืด นอกจากนี้ แก๊สโอโซนซึ่งมีสีน้ำเงินยังช่วยให้มองเห็นท้องฟ้าเป็นสีครามหรือสีฟ้าสดใสอีกด้วย

#### 5. การเกิดอากาศเสียหรือมลพิษทางอากาศ

สามารถแบ่งกลุ่มตามประเภทของแหล่งกำเนิด ดังนี้

##### 5.1 แหล่งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

**5.1.1 ระบบการคมนาคมขนส่ง** รถยนต์นับว่าเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ที่รถยนต์วิ่งเป็นจำนวนมากและมีการจราจรติดขัด เช่น โตเกียว นิวยอร์ก ลอสแอนเจลิส รวมทั้งกรุงเทพมหานคร เป็นต้น สารมลพิษที่ระบายออกทางท่อไอเสียเป็นส่วนที่มีอันตรายและมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งมาจากการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ออกซิเจน แคนท์ สารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เขม่า แก๊สไนตริกออกไซด์ และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

มลพิษที่ออกมาจากระบบท่อไอเสียนั้นจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของอากาศและน้ำมัน (air fuel ratio) ที่ทำให้เกิดเผาไหม้ได้ค่อนข้างจะสมบูรณ์มากที่สุด โดยจุดที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์จะมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนออกมาน้อยที่สุด แต่จะมีแก๊สไนโตรเจนออกไซด์เกิดขึ้นมากที่สุด ทั้งนี้เพราะที่สภาวะดังกล่าวจะเกิดการเติมออกซิเจนได้ดีที่สุดในทางตรงกันข้ามถ้าอัตราส่วนของอากาศ/น้ำมันลดต่ำลง ในช่วงนี้ผลที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้นและแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งกล่าวได้ว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์

**5.1.2 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในบ้าน** การเผาไหม้เป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีพของมนุษย์ ในการประกอบกิจกรรมประจำวันภายในบ้าน มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อนำมาพลังงานความร้อนไปใช้ในประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การหุงต้มอาหาร เครื่องทำความร้อนในบ้าน ฯลฯ ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าว อาจก่อให้เกิดแก๊สที่ไม่พึงประสงค์หลายชนิด เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และพวกอนุภาคมลสารต่างๆ เช่น ควีน เป็นต้น

**5.1.3 กิจการค้า สถาบัน และหน่วยงานของรัฐ** การประกอบกิจการค้าหรือการดำเนินงานของสถาบันและหน่วยงานของรัฐ ย่อมมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เพื่อก่อให้เกิดพลังงานนำไปใช้ประโยชน์ในรูปต่าง ๆ จะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศหลายชนิดปะปนในอากาศ เช่นเดียวกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในอาคารบ้านเรือน

**5.1.4 โรงงานอุตสาหกรรม** เช่น โรงถลุงและหลอมโลหะ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมผลิตอาหาร ฯลฯ ก่อให้เกิดสิ่งเจือปนในอากาศได้แตกต่างกันทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรม นับว่าเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่สำคัญและเป็นแหล่งที่ถูกกล่าวโทษจากประชาชนเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถมองเห็นควันที่ปล่องออกมาจากปล่องควันได้อย่างชัดเจน สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก ได้แก่ ฝุ่นละออง เหม่า ควีน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ และแก๊สพิษอื่น ๆ อีกหลายชนิด

**5.1.5 โรงไฟฟ้า** การที่โรงงานไฟฟ้า จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งออกมาใช้ได้นั้น จำเป็นต้องมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหินชนิดต่าง ๆ และเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าวทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคของมลสารต่าง ๆ

**5.1.6 จากการเผาขยะและสิ่งปฏิกูล** ในเขตเทศบาลเมืองใหญ่ หรือชุมชนที่มีประชากรอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งบางแห่งอาจจะมีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเผา นอกจากนี้แล้วในกิจการค้าต่าง ๆ การอุตสาหกรรม รวมถึงกิจการของรัฐ ก็มีการเผาขยะเป็นประจำในกิจการของตนด้วย เตาเผาขยะไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม จะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศ อันเนื่องมาจากการเผาขยะนั้น ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถันคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

## 5.2 แหล่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลายอย่างที่เกิดขึ้น มีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้แก่

**5.2.1 ภูเขาไฟระเบิด** เมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟจะมีเถ้าถ่านและควันถูกปล่องลอยออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก ซึ่งอนุภาคสารเหล่านี้อาจลอยขึ้นไปได้สูงมากเป็นหมื่นฟุตและคงอยู่ในอากาศได้นานนับปีกว่าที่จะตกกลับคืนลงสู่พื้นโลก

**5.2.2 ไฟป่า** ควันที่เกิดจากไฟป่า เป็นตัวการที่เพิ่มปริมาณมลพิษให้กับอากาศได้มากอย่างหนึ่ง แต่ก็จำกัดขอบเขตอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้ป่าเท่านั้น ดังนั้น ควันจากไฟไหม้ป่า จึงได้รับการพิจารณาว่าไม่ใช่แหล่งกำเนิดที่สำคัญของมลพิษทางอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม ควันจากไฟป่า อาจทำให้ทัศนวิสัยการมองเห็นเลวลง อันเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุทางรถยนต์หรือเครื่องบินได้

**5.2.3 อนุภาคมลสารต่าง ๆ จากดิน ลมและพายุ** สามารถพัดพาเอาอนุภาคมลสารจากผิวดินให้ขึ้นไปแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผิวดินมีลักษณะที่ไม่จับกันแน่น เช่น ดินที่เพิ่งผ่านการคราดไถ ดินที่ปราศจากต้นไม้ใบหญ้าปกคลุม หรือดินที่ถูกกระบวนกรอื่น ๆ รบกวน เช่น มีรถวิ่งไปมา อนุภาคต่าง ๆ จากดินจะถูกลมพัดพาเข้าสู่บรรยากาศได้ง่าย

**5.2.4 ละอองเกสรจากพืช** เกิดจากวัชพืช หญ้า และต้นไม้ มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา สามารถลอยในบรรยากาศได้ ละอองเกสรเหล่านี้ อาจทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้

**5.2.5 จุลินทรีย์ต่าง ๆ** เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และสปอร์ ซึ่งพบได้เสมอในอากาศ โดยเฉพาะเชื้อราที่พบในอากาศที่ทำให้เกิดโรคได้หลายชนิด สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เหล่านี้ อาจลอยอยู่ตามลำพังด้วยตัวของมันเอง หรืออาจอยู่ติดกับอนุภาคต่าง ๆ เช่น ฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศก็ได้

**5.2.6 สารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยผุพัง** อินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ถูกทิ้งหรือทับถมกันอยู่ เช่น ซากสัตว์ ขยะมูลฝอย เศษอาหาร ฯลฯ จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดิน การย่อยสลายนี้แบคทีเรียบางชนิดจะทำให้เกิดแก๊สต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีกลิ่นเหม็นเป็นที่รบกวนแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง

## 6. ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ

6.1 เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Global Warming) เมื่อประมาณ 10,000 ปีที่ผ่านมา ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นเหตุให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น 1 - 2 องศาเซลเซียส นับแต่ พ.ศ. 2403 เป็นต้นมาพบว่าสูงขึ้นอีกประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส คณะกรรมการระหว่างชาติว่าด้วยความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ (The Inter Governmental Panel on Climate Change : IPCC) สรุปว่า ถ้าหากแก้ปัญหาไม่ได้ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้น 0.2 - 0.5 องศาเซลเซียส ทุก 10 ปี ทำให้เกิดความแห้งแล้งรุนแรง ภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานกว่าปกติและเกิดปัญหาอื่นตามมา

6.2 ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและเกิดน้ำท่วมรุนแรงกว่าเดิม นักวิทยาศาสตร์คำนวณว่า ถ้าอุณหภูมิของโลกเพิ่ม 1.5 - 4.5 องศาเซลเซียส น้ำแข็งขั้วโลกจะละลายเป็นผลให้น้ำทะเลสูงขึ้น 20 - 140 เซนติเมตร โดยคาดว่าน้ำทะเลจะสูงขึ้นอย่างมากใน พ.ศ. 2573 ศตวรรษที่แล้วระดับสูงกว่าเดิม 10 - 15 เซนติเมตร ปัจจุบันสูงขึ้นปีละ 1.2 มิลลิเมตร คณะกรรมการระหว่างชาติว่าด้วยความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ประมาณว่าในปี พ.ศ. 2573 น้ำทะเลจะสูงขึ้น 20 เซนติเมตร พ.ศ. 2633 สูงเพิ่มอีก 60 เซนติเมตร และ พ.ศ. 2683 จะสูงกว่าเดิมถึง 1 เมตร ถ้าน้ำทะเลสูงขึ้นเพียง 50 เซนติเมตร เมืองสำคัญและท่าเรือจะจมน้ำได้ผิวน้ำ คนจำนวนมากต้องอพยพและเกิดปัญหาสังคมมากมาย เช่น กรุงเทพมหานคร มะนิลา โตเกียว กัลกัตตา นิวยอร์ก บัวโนสไอเรส ภาคใต้ของประเทศไทย บังกลาเทศ มัลดีฟส์ เนเธอร์แลนด์ พื้นที่ทางใต้และตะวันออกของสหราชอาณาจักร และชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา

6.3 ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง เมื่อน้ำทะเลขยายตัวพื้นที่ป่าไม้จะลดลง สิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวไม่ได้จะตายและสูญพันธุ์ไป ป่าจะขยายตัวไปทางขั้วโลก 10 กิโลเมตรต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ดินจะพังทลายและเสื่อมโทรมมากขึ้น ภัยธรรมชาติจะมีแนวโน้มรุนแรงและเกิดบ่อยขึ้น ทะเลทรายจะขยายกว้างกว่าเดิม ฤดูหนาวจะอุ่นขึ้นทำให้ศัตรูพืชถูกทำลายน้อยลง ชายฝั่งที่เคยเป็นน้ำกร่อยจะเป็นน้ำเค็มซึ่งมีผลต่อห่วงโซ่อาหาร พืชน้ำจืดจะตาย สัตว์จะอพยพและตะกอนจากชายฝั่งจะถูกพัดพาไปทับถมนอกชายฝั่ง ทำให้ทำให้ไหล่ทวีปสูงขึ้น นอกจากนี้ การที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น จะทำให้ผิวน้ำทะเลมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น และจะมีผลกระทบต่อการเจริญของแนวหินปะการังของโลกด้วย

6.4 ผลกระทบต่อเกษตรกรรม ทำให้ขยายเกษตรไปทางขั้วโลก ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสจะสามารถปลูกธัญพืชสูงขึ้นไปทางขั้วโลกเหนือได้ 150 - 200 กิโลเมตร และปลูกในพื้นที่สูงขึ้นอีก 100 - 200 เมตร พืชที่ปลูกตามขอบทะเลทรายจะเสียหายเพราะทะเลทรายขยายตัว การนำพืชไปปลูกถิ่นอื่นต้องปรับสภาพดินและน้ำ วัชพืชและพืชจะโตเร็วและมีขนาดใหญ่กว่าเดิม เนื่องจากได้รับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ดินจะเสื่อมเร็วเพราะแร่ธาตุจะถูกนำไปใช้มาก

พืชจะขาดไนโตรเจน ความต้านทานโรคและแมลงลดลง ผลผลิตพืชมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีกว่าจะให้ผลผลิตมากกว่า

#### 6.5 ผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชน ได้แก่

6.5.1 มีผลเสียต่ออารมณ์ ร่างกาย และการปฏิบัติกิจกรรม โดยอากาศร้อนทำให้คนรู้สึกหงุดหงิด อ่อนแอ ง่าย เหนื่อยง่าย และประสิทธิภาพการทำงานต่ำ

6.5.2 มีอันตรายต่อผิวหนัง อุณหภูมิที่สูงมากจะทำให้เหงื่อออกมาก โดยเฉพาะตามง่ามเท้า รักแร้ และข้อพับ ทำให้ผิวหนังเปื่อย เกิดผดผื่นคันหรือถูกเชื้อราหรือแบคทีเรียทำให้อักเสบได้ง่าย

6.5.3 ทำให้โรคเขตร้อนระบาดได้มากขึ้น เช่น โรคไข้สำ ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัส โดยุงเป็นพาหะ มีอาการโรคไข้เลือดออก ต่อม้ำเหลืองอักเสบวม ปวดกล้ามเนื้อและข้อ อาจเสียชีวิตได้ ไม่มีวัคซีนและยาที่ใช้รักษาเฉพาะ เมื่อ พ.ศ. 2540 ระบาดในประเทศบราซิล มีผู้ป่วยไม่ต่ำกว่า 24,000 คน และในเวเนซุเอลา มีผู้ป่วยไม่ต่ำกว่า 32,000 คน เสียชีวิต 40 คน หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้โรคนี้อระบาดทั่วแถบร้อนของโลกได้

6.5.4 เป็นอันตรายต่อเด็กและคนชรา โดยจะทำให้มีโอกาสเสียชีวิตจากคลื่นความร้อนและคลื่นความร้อนมากขึ้น

#### 6.6 ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม ที่สำคัญ ได้แก่

6.6.1 ใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มากขึ้น เพราะอากาศร้อนจะทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศและแร่เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชุมชนเมืองซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าชนบท

6.6.2 ราคาพืชผลการเกษตรตกต่ำทั่วโลก เพราะประเทศที่มีกำลังซื้อพืชผลได้เกินความต้องการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบการค้าและสินค้าเกษตรกรรม

6.6.3 เกษตรกรจะเสียต้นทุนการผลิตมากขึ้น เพราะดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์เร็ว ศัตรูพืชเพิ่มขึ้น ความต้านทานของพืชลดลงขณะเดียวกันก็ต้องลดรายจ่ายลง เช่น ลดการจ้างงาน เป็นต้น

6.6.4 ประเทศที่ยากจนจะขาดแคลนอาหารมากขึ้น เนื่องจากการปลูกพืชในบางแห่งได้ผลน้อย ทะเลทรายเพิ่มขนาดและพืชหลักของท้องถิ่น ซึ่งได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และลูกเดือยมีอัตราเพิ่มของผลผลิตน้อยลง

6.6.5 แหล่งท่องเที่ยวชายหาดจะถูกน้ำทะเลท่วม ดินจะพังทลายทำให้เสียงบประมาณเพื่อการปรับปรุงจำนวนมาก

6.6.6 การพัฒนาประเทศทำได้ล่าช้า เนื่องจากต้องใช้งบประมาณเพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

## 7. การอนุรักษ์ทรัพยากรอากาศ

เนื่องจากโลกเรามีความกว้างใหญ่ การแก้ไขปัญหาซึ่งเกิดขึ้นกับบรรยากาศ จึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก ดังนั้น หลักสำคัญในการอนุรักษ์จึงได้แก่การป้องกันมิให้เกิดปัญหา อย่างไรก็ตาม หลักและวิธีการอนุรักษ์ทรัพยากรอากาศรวมถึงการแก้ไขปัญหาสรุปได้ดังนี้

### 7.1 งดหรือลดกิจกรรมที่ก่อมลสาร

7.1.1 ลดปริมาณมลสารที่ทำให้อากาศเสีย เช่น ฝุ่นละอองและสารพิษ

7.1.2 ลดปริมาณแก๊สเรือนกระจก เช่น ไม้เผาป่า ฟางข้าว หรือขยะมูลฝอย เพื่อลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไนตรัสออกไซด์ เพื่อลดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ลดปริมาณขยะเปียกและการทำให้เกิดการหมักหมมของซากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งทำให้เกิดแก๊สมีเทน และไม่ควรรื้อป่าในโตรเจนมากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดแก๊สไนตรัสออกไซด์

7.1.3 ลดปริมาณแก๊สที่ทำลายชั้นโอโซน ตามข้อตกลงของประชาคมโลกใน " พิธีสารมอนทรีออล " ซึ่งระบุว่าแต่ละประเทศจะต้องควบคุมการใช้สารที่มีผลทำลายชั้นโอโซน โดยลดการใช้สารซีเอฟซี ตั้งแต่ พ.ศ. 2542 และจะต้องเลิกใช้ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 เป็นต้นไป ประเทศไทยได้ตอบสนองข้อตกลงนี้เป็นอย่างดี เช่น กระทรวงพาณิชย์ได้ออกประกาศฉบับที่ 120 กำหนดมิให้ผู้ใดนำผู้ยื่นสำเร็จรูปประเภทที่ใช้ในบ้านเรือน โดยใช้สารซีเอฟซีในกระบวนการผลิตเข้ามาในราชอาณาจักร นับตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2542 เป็นต้น ในฐานะที่เราเป็นส่วนหนึ่งของสังคมจึงควรให้ความร่วมมือด้วยการเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารซีเอฟซีทุกชนิด เช่น โฟม กระจกสเปรย์ ครีมโกนหนวด ใช้เครื่องปรับอากาศรถยนต์ที่ใช้สาร R134a แทนซีเอฟซี ตลอดจนผลิตสารอื่นเพื่อใช้แทนซีเอฟซี

7.2 อนุรักษ์ป่าไม้เพื่อช่วยลดปัญหาอากาศเสียและวาทภัย ทั้งนี้เพราะต้นไม้จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การมีต้นไม้มากจึงช่วยลดปัญหาภาวะเรือนกระจกที่เกิดจากแก๊สนี้ได้ นอกจากนี้ ต้นไม้ยังช่วยกรองฝุ่นผงและละอองต่าง ๆ ที่ทำให้อากาศเสีย รวมทั้งช่วยปะทะและลดความรุนแรงของลมพายุอีกด้วย

7.3 ตรวจสอบอากาศเพื่อเตรียมแก้ไขปัญหา การตรวจสอบคุณภาพอากาศอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถทราบ และหาทางแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วขึ้น

7.4 สนับสนุนให้มีการศึกษา วิจัยและสัมมนา เกี่ยวกับมลพิษที่เกิดขึ้นกับอากาศอย่างกว้างขวาง รวมทั้งมีการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้ทราบถึงพิษภัยที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ และขอความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม เพื่อลดมลพิษและแก๊สที่ปล่อยออกสู่อากาศให้น้อยลง









4. นักศึกษามีแนวทางใดบ้างที่ช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหอากาศเป็นพิษ วาดภาพประกอบ

# บทที่ 9

## มลพิษสิ่งแวดล้อม

### 1. ความหมายมลพิษสิ่งแวดล้อม

มลพิษสิ่งแวดล้อม (Pollution Environment) คือ ภาวะที่มีสารมลพิษ (Pollutants) หรือภาวะแปลกปลอมอื่น ๆ ปะปนในสิ่งแวดล้อมในระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เป็นภาวะที่ผิดปกติไปจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติเดิม เกินขีดมาตรฐานที่ชีวิตจะทนได้

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535 ได้ให้ความหมายของมลพิษไว้ว่า “ของเสีย วัตถุอันตรายและมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่ปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษหรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้และให้หมายความถึงรังสี ความร้อน แสง เสียง คลื่น ความสั่นสะเทือนหรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษด้วย”

### 2. ลักษณะของปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม

- 2.1 เป็นผลจากการกระทำของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่
- 2.2 มีสิ่งเจือปนหรือปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั้งในรูปของสสารและพลังงาน
- 2.3 มีปริมาณมากพอที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในระบบนิเวศ
- 2.4 การเกิดมลพิษจะดำเนินไปตามวิถีทางของสารมลพิษจากแหล่งที่ผ่านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ จนกระทั่งถึงมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ
- 2.5 ขนาดหรือระดับของปัญหาจะขึ้นอยู่กับผลกระทบต่อกลุ่มเป้าหมายต่าง ๆ ได้แก่ มนุษย์ ทรัพยากรธรรมชาติหรือระบบนิเวศ

### 3. ประเภทของสารมลพิษ

สารมลพิษต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่

**3.1 พวกที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีการทางชีววิทยา (Degradable or Bio Degradable Pollutants)** สารมลพิษประเภทนี้ ได้แก่ ของทิ้งเสีย (Waste) ทั้งของแข็งและของเหลวที่เป็นอินทรีย์สารต่าง ๆ เช่น ขยะมูลฝอยที่เป็นอินทรีย์สาร น้ำทิ้งจากชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหาร เป็นต้น

3.2 พวกที่ไม่สามารถจะย่อยสลายได้โดยขบวนการทางชีววิทยา (Nondegradable or Nonbio Degradable Pollutants) สารมลพิษเหล่านี้ ได้แก่ สารปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม ดีดีที เป็นต้น

3.3 สารมลพิษที่เป็นแก๊ส ได้แก่ แก๊สพิษต่าง ๆ เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คลอรีน เป็นต้น

#### 4. มลพิษทางอากาศ (Air pollution)

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า แก๊สธรรมชาติ อากาศเสียที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและปริมาณที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย กรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ จากโรงงานอุตสาหกรรม จากขบวนการผลิต จากกิจกรรมด้านการเกษตร จากการระเหยของแก๊สบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น

##### 4.1 แหล่งที่มาของมลสาร (Sources of Air Pollution)



สามารถแบ่งแหล่งกำเนิดสารมลพิษในอากาศเป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่

4.1.1 เกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละออง ลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด ไฟไหม้ แก๊สธรรมชาติ สารมลพิษที่เกิดจากธรรมชาติจะมีผลกระทบต่อมนุษย์น้อยมาก

#### 4.1.2 เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ได้แก่

1) การคมนาคมขนส่ง เกิดจากพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน เรือยนต์ สารมลพิษที่สำคัญออกจากท่อไอเสียรถยนต์ ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เหม่า ควีน ฟูละออง และ โลหะหนัก

2) เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม เป็นแหล่งสำคัญมากที่สุดที่ปล่อยสารพิษออกสู่อากาศ ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ในขบวนการผลิตจะมีสารพิษออกมา เช่น ฟูละออง เหม่า ควีน ไอกรด ไอของสารประกอบตะกั่ว ออกไซด์ของกำมะถัน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของคาร์บอน เป็นต้น

3) เกิดจากกิจกรรมด้านการเกษตร การเผาเศษเหลือทางการเกษตร การฉีดสารปราบศัตรูพืช ทำให้ละอองสารปราบศัตรูพืช ฟูละอองลอยไปตามกระแสลม

4) เกิดจากกิจกรรมกำจัดขยะมูลฝอย เมืองที่ไม่มีมาตรฐานในการกำจัดของเสีย แก๊สมลพิษจากกองขยะ หรือ เหม่า ควีน ฟูละอองการเผาขยะมูลฝอยจะปนเปื้อนไปในอากาศ และเป็นอันตรายได้

5) เกิดจากกิจกรรมการก่อสร้าง อาคารสถานที่ ถนน ทางคมนาคม การถมดิน การผสมปูน การทาสี การบด ฯลฯ ทำให้เกิดฝุ่น ละอองสีที่มีพวกโลหะหนัก น้ำมันระเหย เช่น เบนซีน แล็กเกอร์ ฯลฯ เป็นต้น

#### 4.2 ผลกระทบจากมลสารบางชนิด

4.2.1 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ตามปกติธรรมชาติมีกลไกในการควบคุมปริมาณในบรรยากาศ แต่ถ้าปริมาณมากเกินไป ทำให้เกิดอาการมีง่วง ปวดศีรษะ อึดอัด

4.2.2 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีรสและไม่มีกลิ่น เบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ เป็นแก๊สที่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ เพราะจะไปรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงเป็นสารประกอบ "คาร์บอกซีฮีโมโกลบิน" (Carboxyl hemoglobin : CoHb) สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าออกซิเจนประมาณ 200 - 250 เท่า ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยทั่วไป องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิด CoHb ในเลือดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศ ที่สูดหายใจเข้าไปและระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะนั้น สำหรับอาการตอบสนองของมนุษย์ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ CoHb และความรู้สึกรุนแรงของแต่ละบุคคลที่ไวต่อแก๊สชนิดนี้

snag. คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานในบรรยากาศไม่เกิน  $20 \text{ mg/m}^3$

**4.2.3 แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ )** เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีไอไฟ ที่ระดับความเข้มข้นสูงจะมีกลิ่นฉุนแสบจมูก เมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศ ได้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แอมโมเนีย เกล็ด และวานาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเคมีออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอนุภาคมลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก็เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน แก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และละอองกรดกำมะถัน ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้แก๊สนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีกด้วย

ประเทศไทยกำหนดไม่เกิน 300 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับองค์การอนามัยโลก (World Health Organization : WHO) เป็นหน่วยงานระหว่างประเทศ ในสังกัดสหประชาชาติ ทำหน้าที่ดูแลประสานงานด้านสาธารณสุข กำหนดไม่เกิน 100-150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

**4.2.4 แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ )** ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วย ไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) ไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) และไดไนโตรเจนเพนตะออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ NO และ  $\text{NO}_2$  เนื่องจากเป็นแก๊สที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าออกไซด์ของไนโตรเจนตัวอื่น ๆ ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นแก๊สไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) มีสภาพเป็นแก๊สที่อุณหภูมิปกติ แก๊สทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิด ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน การชุบโลหะและการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น

**4.2.5 อนุภาคสารต่าง ๆ** เช่น เหม่า ผุ่นละออง โลหะหนัก ควันทันไฟ ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจ และทัศนวิสัยของอากาศ ได้แก่

1) **ควันดำ** คืออนุภาคของถ่านหรือคาร์บอน เป็นผงเขม่าเล็ก ๆ ที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นส่วนใหญ่ เช่น รถเมล์ รถปิกอัพดีเซล รถขนาดใหญ่ โดยทั่วไป และจากโรงงานอุตสาหกรรม ควันดำนอกจากจะบดบังการมองเห็นและเกิดความสกปรกแล้ว ยังสามารถเข้าสู่ปอดโดยการหายใจเข้าไป และสะสมในถุงลมปอดเป็นสารทำให้เกิดโรคมะเร็งหรือเป็นตัวนำสารให้เกิดโรคมะเร็งปอดและทำให้หลอดลมอักเสบได้

2) **ควันขาว** เกิดจากเครื่องยนต์ที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างดี โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์เก่า ควันขาวคือสารไฮโดรคาร์บอนหรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่ถูกเผาไหม้ แล้วถูกปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย สารไฮโดรคาร์บอนเมื่อโดนแสงอาทิตย์จะเกิดปฏิกิริยาสร้างแก๊สโอโซนอันเป็นพิษภัยแรงขึ้น ในปัจจุบันรถจักรยานยนต์ที่ใช้งานที่อยู่ 2 ประเภท คือรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ซึ่งรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากให้สมรรถนะเป็นที่พอใจแก่ผู้ขับขี่ มีขนาดกะทัดรัดซ่อมแซมได้ง่าย แต่ในทางตรงข้ามพบว่ารถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ จะปล่อยมลพิษออกมามากกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ โดยเฉพาะแก๊สไฮโดรคาร์บอนและควันขาว

#### **อันตรายของควันขาว**

**ต่อร่างกาย :** ทำให้มีอาการแสบและระคายเคืองตา ระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดโรคมะเร็ง

**ต่อสภาพแวดล้อม :** ทำให้เกิดสภาพหมอกควัน บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็น เป็นสารตั้งต้นของการเกิดแก๊สโอโซนในบรรยากาศ

**ต่อเครื่องยนต์ :** เกิดการอุดตันที่ช่องระบายไอเสียในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้ไอเสียระบายออกได้ลำบาก จังหวะการระบายไอเสียผิดไปจากเดิม เครื่องยนต์มีสมรรถนะต่ำ แรงม้าลดลง ต้องทำการซ่อมบำรุงบ่อย

#### **วิธีการลดปริมาณควันขาว**

- การปรับปรุงคุณภาพของเครื่องยนต์ให้สามารถควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันหล่อลื่นได้อย่างเหมาะสมกับการทำงานทุกความเร็ว

- การลดอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันหล่อลื่นต่อน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ยังคงรักษาสมรรถนะในการหล่อลื่นให้คงที่ ซึ่งทำให้ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นและวัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องยนต์ให้ดีขึ้นตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

- การลดหรือเปลี่ยนองค์ประกอบหลักส่วนที่เป็นน้ำมันตามธรรมชาติ (mineral oil) โดยใช้สารหล่อลื่นสังเคราะห์ตัวใหม่ เช่น สาร polyisobutene (PIB) ซึ่งสามารถทำหน้าที่ในการหล่อลื่นได้เหมือนกับ mineral oil และเผาไหม้ได้ง่ายกว่าก่อให้เกิดควันขาวน้อย



3) **ฝุ่นละออง** เป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (เป็นกลุ่มของโมเลกุลที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำและจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กโดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นละอองซึ่งเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่นการรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี

#### **แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละออง**

แหล่งที่มีของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. **ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)** ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟฟ้า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

2. **ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle)** ได้แก่

2.1 ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนน ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้า หรือบนเส้นทางการจราจร

2.2 ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค

2.3 ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดหรือทราย

2.4 ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

## ผลกระทบของฝุ่นละออง

### 1. ต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

### 2. ต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ ความสกปรกเลอะเทอะของวัตถุ เป็นต้น

### 3. ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหาหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้น ๆ เช่นเนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือในช่วงเวลานาน จะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ และทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลงทำให้หลอดลมอักเสบ เกิดหอบหืดถุงลมโป่งพอง และโอกาสเกิดโรกระบบทางเดินหายใจเนื่องจากติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้

4) สารตะกั่ว เป็นโลหะสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในเปลือกโลกพบตะกั่วในพื้นที่ดิน สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ด้วยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจเอาอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไป ในบางกรณีร่างกายอาจดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ที่ไม่ใช่สารตะกั่วในบรรยากาศเข้าทางผิวหนังได้ สารตะกั่วมีพิษมากโดยเฉพาะในเด็กซึ่งอาจมีผลทำให้สมองพิการ ส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้น ทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ มนุษย์ได้นำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ลักษณะ เช่น

ก. ใช้ทำแบตเตอรี่รถยนต์ทั่วไป

ข. ใช้ผสมน้ำมันเบนซินเพื่อกันเครื่องยนต์กระตุก (nock)

ค. ใช้ในงานบัดกรี ทำลูกกระป๋อง ทำโลหะผสม ทำท่อ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และผสมสีทาต่าง ๆ จะทำให้สีติดแน่นทนไม่ลอกง่าย อย่างไรก็ตามตะกั่วมีโทษแก่มนุษย์มากมาย เช่น

- เมื่อ พ.ศ. 2512 พิษของตะกั่วได้เกิดขึ้นกับประชาชนที่ตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 31 คน ใน 6 ครอบครัว ซึ่งได้รับสารตะกั่วจากการเอา

แบคทีเรียเก่า มาเป็นเชื้อเพลิงในการเลี้ยงน้ำตาลมะพร้าว ขี้เถ้าและเศษเหลือใช้ถมดินบริเวณบ้าน เป็นที่วิ่งเล่นของเด็ก ๆ อย่างรู้เท่าไม่ถึงการณ์

- ในปี พ.ศ. 2520 โรงงานนำแบคทีเรียเก่าไปฝังกลบถมทำเป็นถนน บริเวณที่พักคนงาน ทำให้เด็กหญิงอายุ 2 ขวบตายไป จากการศึกษพบว่าดินบริเวณถนนที่ฝังซากแบคทีเรีย มีปริมาณตะกั่วสูงมากกว่าปกติถึง 25 เท่า และยังพบตะกั่วในน้ำ ฟืช ผัก ปลา บริเวณใกล้เคียง ในเส้นผมและเส้นเลือดของประชาชนที่อยู่ในบริเวณนั้นสูงกว่าปกติอย่างมาก เมื่อมนุษย์ได้รับสารตะกั่วเข้าไปในร่างกายโดยการสูดเข้าไปกับลมหายใจ หรือเข้าไปกับอาหาร สารตะกั่วบางส่วนจะสะสมในเส้นผมและกระดูก บางส่วนจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะและอุจจาระ

**มาตรฐานที่ยอมรับให้มีตะกั่วโดยไม่เป็นอันตรายกับมนุษย์ ดังนี้**

1. ในเลือดไม่เกิน 0.08 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร
2. ในปัสสาวะประมาณ 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร
3. ในอากาศไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

#### **4.3 การแก้ไขและป้องกันมลพิษทางอากาศ**

##### **4.3.1 ควบคุมแหล่งต้นตอของอากาศเป็นพิษโดยตรง**

- 1) ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนผู้เป็นเจ้าของและขับจักรยานพาหนะ ให้มีการเอาใจใส่ดูแลรักษาและปรับแต่งเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดี
- 2) การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกวัสดุก่อสร้าง หิน ดิน ทราย หรือฝุ่นละอองจากกิจกรรมการก่อสร้างอาคารและถนน โดยใช้ผ้าใบหรือวัสดุคลุมรถให้มีฉิดและทำความสะอาดล้อรถบรรทุก จำกัดเขตก่อสร้างให้ชัดเจนพร้อมทั้งมีวัสดุคลุมหรือกั้นบริเวณก่อสร้างให้เรียบร้อย
- 3) การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงให้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ และ โรงงานอุตสาหกรรมดีขึ้น

##### **4.3.2 ออกกฎหมายควบคุม**

เข้มงวดกับการใช้กฎหมาย เช่น การกวดขันตรวจจับยานพาหนะที่มีการระบายควันดำเกินมาตรฐาน การปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ มาตรฐานอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม มาตรฐานอากาศเสียจากยานพาหนะ เป็นต้น

### 4.3.3 เผยแพร่และรณรงค์ความรู้ เช่น



#### "22 กันยายน จอดรถไว้บ้าน ลดการใช้พลังงาน ลดมลพิษ"

จากการที่องค์กรมากกว่า 50 องค์กรในประเทศต่าง ๆ กว่า 20 ประเทศ กำหนดให้ วันที่ 22 กันยายน ของทุกปีเป็นวัน “World Car Free Day” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลหันมาใช้รถขนส่งมวลชนและรถจักรยานเพิ่มขึ้น เพื่อลดปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปัญหาการจราจรและลดการเกิดอุบัติเหตุ ตลอดจนลดการใช้พลังงานและได้เชิญประเทศไทยเข้าร่วมโครงการฯ กรมควบคุมมลพิษและหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้มีการประชุมหารือร่วมกัน และเห็นว่าโครงการดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศ ในการรักษาสิ่งแวดล้อมและประหยัดทรัพยากร จึงกำหนดจัดโครงการ Car Free Day ของประเทศไทยขึ้นในวันที่ 22 กันยายน 2546 ภายใต้ชื่อ "22 กันยายน จอดรถไว้บ้าน ลดการใช้พลังงาน ลดมลพิษ"

## 5. มลพิษทางน้ำ

มลพิษทางน้ำ หมายถึง สภาวะที่น้ำตามธรรมชาติถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม (pollutants) และทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงหรือคุณภาพเสื่อมโทรมลง ยังผลให้การใช้ประโยชน์จากน้ำนั้นลดลงหรืออาจใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย

### 5.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำเสีย

#### 5.1.1 น้ำเสียด้านกายภาพ (Physical waste water)

คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพด้านกายภาพของน้ำ มีดังนี้

1) อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำที่สิ่งมีชีวิตจะอยู่ได้อย่างปกติขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ปลาในเขตอบอุ่นอาจจะอยู่ในอุณหภูมิสูงสุด 15 องศาเซลเซียส และต่ำสุดอาจเพียง 3 องศาเซลเซียสก็ได้ ส่วนสัตว์ในประเทศไทยอยู่ได้ระหว่าง 20 - 35 องศาเซลเซียส ถ้าร้อนหรือเย็นกว่านี้อาจทำให้ตายได้ เนื่องจากมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเคมี และมีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำและมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมอุณหภูมิในน้ำต้องไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส

2) สีและความขุ่น (Color and turbidity) สีของน้ำสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ง่ายและบ่งชี้ที่สุด ปกติแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปจะมีสีใส เหลืองอ่อน จนถึงสีน้ำตาลอ่อน แต่การที่สีของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติจนมีสีดำ สีแดง สีเขียว หรือสีอื่น ๆ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีสารแขวนลอยและสารละลาย รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ละลายอยู่ หรืออาจเกิดจากพืช ในน้ำอาจทำให้สีของน้ำเปลี่ยนไป โดยที่น้ำนั้นไม่ได้เป็นน้ำเสียแต่อย่างใด

3) กลิ่น (Odor) น้ำธรรมชาติเป็นน้ำที่ไม่มีกลิ่น น้ำที่มีกลิ่นมักเป็นน้ำเสียซึ่งอาจจะมีสารเคมีหรือสิ่งเน่าเปื่อยปะปนอยู่จนทำให้มีกลิ่น โดยมากจะเกิดจากกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ กลิ่นของน้ำจึงขึ้นอยู่กับปริมาณสิ่งปฏิกูลที่ละลายอยู่ในน้ำ

4) การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) การนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึงความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า ตัวกลางที่เป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าในแหล่งน้ำคือสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายน้ำแล้วให้อิออน เช่น กรดอนินทรีย์ต่าง และเกลือ การวัดการนำไฟฟ้า สามารถอธิบายถึงความเข้มข้นของแร่ธาตุหรือสารประกอบต่าง ๆ หรือปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำได้ ถ้ามีสารละลายปะปนอยู่ในปริมาณมากจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามากขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าน้ำจะมีสารที่ทำให้เกิดน้ำเสียมากขึ้นด้วยเช่นกัน แหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าการนำไฟฟ้าได้ระหว่าง 0.10 - 50 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

5) ของแข็งในน้ำ (Total Solids) หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย (Suspended Solids) เช่น ตะกอนและสารที่ละลายน้ำได้ (Dissolved Solids) ปกติน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคจะมีของแข็งในน้ำระหว่าง 20 - 1,000 มิลลิกรัม / ลิตร อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งถ้ามีของแข็งเกินกว่า 1,000 มิลลิกรัม / ลิตร และนำไปใช้ผลิตน้ำประปาแล้วจะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

6) ลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่น และความหนืด ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศ ความลึก ความเข้มข้นของสารแขวนลอย หรือความเค็มของน้ำ

### 5.1.2 น้ำเสียทางเคมี (Chemical Waste Water)

คุณลักษณะทางเคมีของน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำด้านเคมีของน้ำ มีดังนี้

1) ความกระด้างของน้ำ (Hardness) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความกระด้างชั่วคราว ซึ่งมีสาเหตุมาจากมีสารพวกคาร์บอนและไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายอยู่ ส่วนความกระด้างถาวร เกิดจากมีสารพวกซัลเฟตและคลอไรด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายอยู่ น้ำที่มีความกระด้างมากกว่า 300 มิลลิกรัม / ลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต (mg/ l CaCO<sub>3</sub>) ไม่ควรใช้เป็นน้ำดื่ม

2) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH Value of Water) น้ำใช้ปกติมีค่าความเป็นกรด - ด่าง อยู่ระหว่าง 6.5 - 8.5 หรืออาจจะอยู่ในช่วง 5 - 9 แล้วสิ่งมีชีวิตในน้ำนั้นจะได้รับอันตรายสำหรับน้ำดื่ม pH ควรอยู่ระหว่าง 6 - 8

3) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำอย่างมาก น้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมักมี DO อยู่ประมาณ 5 - 7 ppm หากน้ำเสียจะมี DO น้อยกว่า 3 ppm แต่มาตรฐานคุณภาพน้ำ ที่ทำให้ปลาและสัตว์น้ำมีชีวิตอยู่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 2 ppm ออกซิเจนจะละลายได้น้อยมาก ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นและ DO จะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ามีสารอินทรีย์อยู่ในแหล่งน้ำมาก

4) บีโอดี (Bio-chemical oxygen demand หรือ BOD)

การวิเคราะห์หาค่า BOD (Bio-chemical oxygen demand) เป็นการวิเคราะห์ความสกปรกของน้ำเสีย ในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการชีวเคมีนี้จุลินทรีย์จะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวไปต่อไป ผลกระทบขั้นสุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ จะให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือ แอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำ ถ้าวัดค่า BOD ในน้ำเสียสูง แสดงว่าน้ำถูกปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์มาก ในทางกลับกันถ้าวัดค่า BOD ต่ำ แสดงว่าน้ำถูกปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์น้อย

5) ซีโอดี (Chemical oxygen demand หรือ COD)

ค่า COD (Chemical oxygen demand) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในรูปของปริมาณออกซิเจนทั้งหมด ที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำโดยอาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดภายใต้สภาวะที่เป็นกรดพวกอะมิโน ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท ค่า COD ของน้ำจะสูงกว่าค่า BOD เสมอ ทั้งปริมาณและชนิดของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำ

6) สารเคมีที่กำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides) ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวางในการเกษตร ได้แก่ กลุ่มคลอโรไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสลายตัวช้าตกค้างใน

สิ่งแวดล้อมได้นาน เช่น ดิถีที เอ็บตาคลอร์ ส่วนกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต นอกจากมีพิษต่อแมลงศัตรูพืช แล้วยังมีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูงมากแต่สลายตัวเร็วกว่ากลุ่มแรก

7) โลหะหนัก (Heavy Metals) โลหะหนักที่มีบทบาทต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู มนุษย์ได้รับโลหะหนักเข้าไปในร่างกาย อาจจะเนื่องมาจากโลหะหนักสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารและในกระบวนการทางชีวภาพ มนุษย์อาจจะบริโภคเข้าไปโดยตรงหรือได้สัมผัส หรือได้รับโดยทางอ้อม มักพบโลหะหนักปนเปื้อนในตะกอนมากกว่าในน้ำเสมอ เพราะตะกอนมีประจุเป็นลบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนโลหะหนักมีประจุเป็นบวก จึงมีความสามารถเกาะยึดกันได้ดีกว่าในน้ำ

### 5.1.3 น้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Waste Water)

สภาพน้ำเสียทางชีววิทยา หมายถึง น้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเป็นพิษเป็นภัยต่อมนุษย์ สัตว์และพืชไม่ว่าทางใดก็ตามหนึ่ง โดยสิ่งมีชีวิตนั้นอาจจะไม่ทำให้น้ำเน่าเสียเพียงแต่ตัวมันเองอาศัยอยู่แล้วทำให้เกิดพิษขึ้น เมื่อถูกนำไปบริโภคหรือจากกิจกรรมการดำรงชีพของมัน ทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำได้ เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว ไวรัส พยาธิ เป็นต้น โดยปกติการตรวจวัดความสกปรกของน้ำทางด้านชีววิทยา มักจะตรวจสอบลักษณะของน้ำทางจุลชีววิทยา ด้วยการตรวจหาปริมาณของโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีและมีอยู่ในอุจจาระประมาณ 95 % ตามแหล่งน้ำธรรมชาติประมาณ 5 % วิธีการตรวจสอบคือใช้แบคทีเรียชี้แนะแทน (Bacteriological indicator) แล้วนำไปอ่านค่าในตารางดัชนี MPN (Most Probable Number per 100 ml. of sample) ถ้าพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเกิน 10 MPN/100 ml ไม่ควรใช้เป็นน้ำดื่ม ถ้าเกิน 10,000 x 10 MPN/100 ml ไม่ควรนำมาใช้ทำน้ำประปา และถ้าเกิน 25,000 x 10 MPN/100 ml ไม่ควรลงไปอาบในแหล่งน้ำนั้น ๆ

## 5.2 ประเภทของสารมลพิษในน้ำ

คุณลักษณะของสารมลพิษในน้ำมีดังนี้

5.2.1 จุลินทรีย์ (Micro Organism) เป็นสิ่งมีชีวิตที่พบได้ทั่วไป ทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งน้ำใต้ดิน ตลอดจนน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ไวรัส โปรโตซัว แบคทีเรีย เป็นสาเหตุของโรคไข้รากสาด โรคบิด อหิวตโรค ไข้ไทฟอยด์ ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยา เพื่อนำน้ำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบก่อนทิ้ง เพื่อหาปริมาณของสิ่งสกปรกของน้ำที่เกิดจากของเสียที่มนุษย์และสัตว์ นิยมใช้แบคทีเรียชี้แนะมลภาวะมลพิษ (Indicator of pollution) ที่สำคัญที่สุดคือ Coliform group ได้แก่ Escherichia coil พบจำนวนมากในสิ่งแวดล้อมและพบได้ในอุจจาระสัตว์เลือดอุ่น

**5.2.2 สารอินทรีย์ (Organic substance)** รวมความถึงสารอินทรีย์สังเคราะห์ ซึ่งได้แก่ ยาฆ่าแมลง สารเคมีที่ใช้ตามโรงงานต่าง ๆ ผงซักฟอกและสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่เป็นภัยต่อคน สัตว์ และพืช เช่น ฟีนอล สารอินทรีย์พวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ยูเรีย เป็นต้น สารอินทรีย์เหล่านี้ มีทั้งพวกที่สามารถสลายได้ด้วยการกระทำของจุลินทรีย์ และที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ พวกที่ย่อยสลายได้การย่อยสลายต้องอาศัยแบคทีเรียในน้ำที่ใช้ออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำ เมื่อออกซิเจนในแหล่งน้ำหมดไปจะทำให้แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดน้ำเน่ามีกลิ่นเหม็น สารอินทรีย์พวกนี้ได้จากโรงงานน้ำตาล โรงงานกระดาษ สุรา เบียร์ น้ำทิ้งชุมชน ฯลฯ สำหรับปรอทเมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำ ปรอทจะเกาะติดกับอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยในน้ำ ในรูปของปรอทไอออน และตกตะกอนลงสู่พื้นแหล่งน้ำ ปรอทในรูป divalent ในโคลนตมจะถูกเปลี่ยนเป็นปรอทอินทรีย์ในรูปของ methyl mercury โดย Methanogenic bacteria มากขึ้นได้ ปรอทที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ในน้ำ เช่น  $HgCl_2$ ,  $Hg_2Cl_2$  จากโรงงานผลิตพลาสติกพีวีซี เมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะมีโอกาสเข้าสู่ระบบของห่วงโซ่อาหารเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ อย่างไรก็ตามปรอทที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ในรูปของ methyl หรือ ethyl จะมีความเป็นพิษมากกว่าอยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ สำหรับปรอทอินทรีย์จะไม่มีในธรรมชาติ แต่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ เปลี่ยนปรอทอนินทรีย์เป็นปรอทอินทรีย์ได้ เช่น  $HgCl_2$  จะถูกเปลี่ยนเป็น  $CH_3HgCH_3$  โดยจุลินทรีย์ เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและไปสะสมในปลา เนื้อ หรือสัตว์น้ำ เมื่อมนุษย์บริโภคปลาที่มีสารประกอบดังกล่าวปนเปื้อน จะทำให้มีโอกาสเกิดโรคมินามาตะหรือโรคแพ้พิษปรอทได้

**5.2.3 สารอนินทรีย์ (Inorganic substances)** รวมทั้งแร่ธาตุต่าง ๆ ตัวอย่าง เช่น เกลือของโลหะต่าง ๆ กรด เบสและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ เกลือคลอไรด์ซัลเฟตและไบคาร์เนตของโลหะ แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม หากมีปริมาณมากเกินไปก็ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำได้ แต่บางครั้งแม้ไม่เป็นอันตรายต่อการดำรงชีพของมนุษย์และสัตว์ แต่อาจไม่เหมาะที่จะใช้ในขบวนการอุตสาหกรรมเพราะอาจเกิดตะกอนในหม้อน้ำได้ สารอนินทรีย์ต่าง ๆ อาจจะมาจกน้ำทิ้งจาก โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานผลิตปิโตรเคมีคัด การทำเหมืองแร่ แต่งแร่ และน้ำทิ้งจากแหล่งเกษตรกรรม อาจจะมีกำจัดวัชพืชพวกสารหนู ไชยาไนต์ ซึ่งอาจมีปรอท ตะกั่ว เป็นองค์ประกอบ สารประกอบดังกล่าวอาจมาจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทได้

**5.2.4 สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Nitrogen and phosphorus compounds)** สารประกอบพวกนี้เป็นอาหารหลักของพืช ซึ่งพบมีอยู่ปริมาณเล็กน้อยในน้ำธรรมชาติ สารเหล่านี้อาจปะปนอยู่ในน้ำทิ้ง น้ำเสียที่ออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือการชะล้างจากกิจกรรมทางเกษตร สารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นปุ๋ยของพืชน้ำทุกชนิด



โดยเฉพาะพวกอัลจี (Algae) เมื่อสารประกอบดังกล่าว ทำให้เกิดสภาวะการเจริญของอัลจีมากขึ้นไป Algae bloom หรือ Eutrophication algae ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง จนที่สู้อาจเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำได้

**5.2.5 ความร้อน (Thermal)** ส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำหล่อเย็นจาก โรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำมันหรือถ่านหิน โรงงานถลุงเหล็กสูงแหล่งน้ำ ทำให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตและการแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำ พืชน้ำ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

**5.2.6 น้ำมันและสิ่งสกปรก (Oil and floating material)** เช่น ขยะมูลฝอยทำให้แหล่งน้ำไม่เหมาะที่จะนำมาใช้และน่ารังเกียจ น้ำมันทำให้ออกซิเจนจากอากาศละลายลงสู่น้ำได้น้อยลง ส่งผลต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยตรงอีกด้วย

**5.2.7 สารกัมมันตรังสี** ได้แก่ สารมลพิษที่มีการสลายตัวให้รังสีแอลฟา เบตา แกมมา หรือรังสี X ส่วนมากสารมลพิษเหล่านี้ได้มาจากแร่เชื้อเพลิงปรมาณูและกระบวนการผลิตหรือจากโรงงานปรมาณูที่มีการใช้สารกัมมันตรังสี แล้วปล่อยสารมลพิษเหล่านี้ไปในแหล่งน้ำ

### 5.3 วันอนุรักษ์และพัฒนาแม่น้ำ คู คลอง แห่งชาติ “20 กันยายน”

คณะรัฐมนตรี ได้มีมติเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2544 เห็นชอบตามข้อเสนอของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดให้ วันที่ 20 กันยายน ของทุกปีเป็น “วันอนุรักษ์และพัฒนาแม่น้ำ คู คลอง แห่งชาติ” ทั้งนี้เพื่อเป็นการน้อมรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เมื่อครั้งเสด็จประพาสทางชลมารคเพื่อตรวจสภาพคลองแสนแสบและเยี่ยมชมประชาชนสองฝั่งคลองจากกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2537 เพื่อเป็นการสร้างสรรค์และสนับสนุนให้สภาพชุมชนริมฝั่งแม่น้ำ คู คลอง มีความสะอาดสวยงามเพราะวิถีชีวิตชุมชนในชนบทมีความผูกพันและอยู่อาศัยใกล้ชิดกับแม่น้ำ คู คลอง ทั้งการตั้งถิ่นฐาน การคมนาคมขนส่ง การอุปโภคบริโภค การเป็นที่รองรับหรือระบายน้ำฝนหรือน้ำเสีย เป็นแหล่งผลิตอาหารจากพืชและสัตว์น้ำ แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร อุตสาหกรรม ตลอดจนเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ นอกจากนี้แม่น้ำ คู คลอง ยังเป็นแหล่งรวมของศิลปวัฒนธรรมขนบธรรมเนียมประเพณีวิถีชีวิตที่สร้างสมสืบต่อกันมาแต่โบราณ ซึ่งส่งเหล่านี้นับเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนนั้น ๆ ซึ่งมีคุณค่าอย่างยิ่ง เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันบทบาทของแม่น้ำลำคลองได้ลดความสำคัญลงไป เพราะมีการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในการเป็นอยู่ทำให้มีการใช้ประโยชน์แม่น้ำลำคลองลดน้อยลง นอกจากนี้ยังมีการบุกรุกและถมคลองเพราะเห็นว่าคลองเป็นเพียงที่รองรับน้ำทิ้งเท่านั้น

## 6. มลพิษทางเสียง (Noise Pollution)

**เสียง (Sound)** คือ เป็นพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดผ่านตัวกลางไปสู่อวัยวะรับฟัง เป็นเสียงที่ฟังแล้วเกิดความสุขใจ มีความสุข สามารถปฏิบัติงานได้ดีขึ้น

**เสียงรบกวน หรือ เสียงอึกทึก (Noise)** คือ เสียงที่มนุษย์ไม่พึงปรารถนา อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย

### ระดับเสียง

\* **เดซิเบลเอ dB(A)** คือ สเกลของเครื่องวัดเสียงที่สร้างเลียนแบบลักษณะการทำงานของหูมนุษย์ โดยจะกรองเอาความถี่ต่ำและความถี่สูงของเสียงที่เกินกว่ามนุษย์จะได้ยินออกไปเสียงที่เป็นอันตราย องค์การอนามัยโลกกำหนดว่า เสียงที่เป็นอันตราย หมายถึง เสียงที่ดังเกิน 85 เดซิเบลเอ ที่ทุกความถี่ ส่วนใหญ่พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมมีระดับเสียงที่ดังเกินมากกว่า 85 เดซิเบลเอ เป็นจำนวนมากซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทางกายและจิตใจ

### ตารางที่ 9.1 ระดับความดังของเสียง

ประเภทของเสียง	ความดังของเสียง (เดซิเบลเอ)
เสียงลมหายใจ	10
เสียงน้ำหยดจากก๊อก	20
เสียงกระซิบ	30
เสียงตู้เย็น	40
เสียงดนตรีจากวิทยุเบา ๆ	50
เสียงสนทนาธรรมดา	60
เสียงเครื่องตัดหญ้า	70
เสียงรถยนต์	80
เสียงรถบรรทุก	90
เสียงขูดเจาะถนน	100
เสียงใน โรงงานอุตสาหกรรม	60-120
เสียงค้อนเครื่องปั๊มโลหะ	120
เสียงเครื่องบินขึ้น	140

## 6.1 แหล่งที่มาของเสียง



**6.1.1** เสียงจากบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ซึ่งควรมีความเงียบสงบ แต่ในบางครั้งอาจมีเสียงรบกวนจากสัตว์เลี้ยง โทรทัศน์ วิทยุ และอื่น ๆ ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญให้กับเพื่อนบ้านใกล้เคียง

**6.1.2** เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม เกิดจากเสียงเครื่องจักรขณะกำลังทำงาน

**6.1.3** เสียงจากยานพาหนะ ในบางครั้งเกิดจากการตัดแปลงท่อไอเสียเพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจ

## 6.2 ผลเสียของมลพิษทางเสียง

การทำงานในที่ที่มีเสียงดังเกิน 85 เดซิเบลเอ เป็นเวลาติดต่อกันมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน นานนับปีจะมีผลต่อมนุษย์ดังนี้

**6.2.1** ผลเสียทางกายภาพ ผลเสียโดยตรงต่อประสาทหู ก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยิน ทั้งแบบชั่วคราวและแบบถาวร จนกลายเป็นความพิการได้

**6.2.2** ผลเสียทางจิตใจ เกิดความเครียดเป็นโรคจิต โรคประสาทได้ การเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ มีผลทำให้เกิดโรคกระเพาะ ความดันโลหิตสูง

**6.2.3** ผลเสียต่อประสิทธิภาพการทำงาน เสียงที่ดังมาก ๆ จะรบกวนการทำงาน ทำให้เสียสมาธิเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ และยังคงลดประสิทธิภาพการทำงานอีกด้วย

### 6.3 การป้องกันและแก้ไข

6.3.1 การลดความดังของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง เพิ่มระยะห่างระหว่างเครื่องจักรและผู้รับเสียงทำให้มีผลต่อระดับเสียง โดยระดับเสียงจะลดลง 6 เดซิเบลเอ ทุก ๆ ระยะทางที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า การทำห้องหรือกำแพงกั้นทางเดินของเสียง โดยออกแบบวัสดุเก็บเสียง หรือดูดซับเสียงที่สัมพันธ์กับความถี่ของเสียง การปลูกต้นไม้ยืนต้นที่มีใบดกบริเวณริมรั้ว ช่วยในการลดเสียงได้

6.3.2 ป้องกันบุคลากรที่มีโอกาสได้รับฟังเสียงที่เป็นอันตรายในขณะปฏิบัติงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันต่อหู เพื่อลดความดังของเสียงมี 2 แบบคือ



- 1) ที่ครอบหู จะปิดหูและกระดูกรอบ ๆ ใบหูไว้ทั้งหมด สามารถลดระดับความดังของเสียงได้ 20-40 เดซิเบลเอ
- 2) ปลั๊กอุดหู ทำด้วยยาง หรือพลาสติก ใช้สอดเข้าไปในช่องหูสามารถลดระดับความดังของเสียงได้ 10-20 เดซิเบลเอ

#### 6.3.3 ใช้กฎหมายเกณฑ์กำหนดของระดับเสียงที่เป็นอันตราย

1) กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทยได้กำหนดมาตรฐานของระดับเสียงในสถานประกอบการต่าง ๆ ไว้ดังนี้คือ

- ก. ได้รับเสียงไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงติดต่อกันไม่เกิน 91 เดซิเบลเอ
- ข. ได้รับเสียงวันละ 7-8 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียง ติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ
- ค. ได้รับเสียงเกินวันละ 8 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียง ติดต่อกันไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ
- ง. นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ ๆ มีระดับเสียงเกิน 140 เดซิเบลเอ ไม่ได้

2) องค์การอนามัยโลก ได้กำหนดว่าระดับเสียงที่ดังเกินกว่า 85 เดซิเบลเอ ถือว่าเป็นอันตรายต่อมนุษย์

## 7. มลพิษทางขยะ

**มูลฝอย (Waste)** หมายถึง สิ่งของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและอุปโภค ซึ่งเสื่อมสภาพจนใช้การไม่ได้หรือไม่ต้องการใช้แล้ว บางชนิดเป็นของแข็งหรือกากของเสีย (Solid waste) มีผลเสียต่อสุขภาพทางกายและจิตใจ เนื่องจากความสกปรก เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ทำให้เกิดมลพิษและทัศนียภาพ

**มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย (Waste pollution)** หมายถึง สภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอันเนื่องมาจากขยะมูลฝอย เช่น การทิ้งขยะลงในแหล่งน้ำ และการเกิดกลิ่นเหม็นจากกองขยะ

### 7.1 ประเภทของขยะมูลฝอย

7.1.1 จำแนกตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มี 2 ประเภท คือ

1) ขยะทั่วไป (General waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้าและใบไม้ ฯลฯ

2) ขยะอันตราย (Hazardous waste) เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็กแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ หรืออาจเป็นพวกสารเคมีและผ้าพันแผลจากสถานพยาบาลที่มีเชื้อโรค

7.1.2 จำแนกตามลักษณะของขยะ มี 2 ประเภท คือ

1) ขยะเปียกหรือขยะสด (Garbage) มีความชื้นปนอยู่มากกว่าร้อยละ 50 จึงติดไฟได้ยาก ส่วนใหญ่ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผัก และผักผลไม้จากบ้านเรือน ร้านจำหน่ายอาหาร และตลาดสด รวมทั้งซากพืชและสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย ขยะประเภทนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเนื่องจากแบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สาร นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคโดยติดไปกับแมลง หนู และสัตว์อื่นที่มากดมหรือกินเป็นอาหาร

2) ขยะแห้ง (Rubbish) คือ สิ่งเหลือใช้ที่มีความชื้นอยู่น้อยจึงไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จำแนกได้ 2 ชนิด คือ

ก. ขยะที่เป็นเชื้อเพลิง เป็นพวกที่ติดไฟได้ เช่น เศษผ้า เศษกระดาษ หญ้า ใบไม้ กิ่งไม้แห้ง

ข. ขยะที่ไม่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ เศษโลหะ เศษแก้ว และเศษก้อนอิฐ

## 7.2 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย

แบ่งออกเป็น 8 ประเภท ตามลักษณะการใช้ที่ดิน ดังนี้

- 7.2.1 ย่านที่พักอาศัย (Residential area)
- 7.2.2 ย่านพาณิชยกรรม (Commercial area)
- 7.2.3 สถานที่ราชการและสถาบันการศึกษา (Institutional area)
- 7.2.4. แหล่งที่มีการก่อสร้างหรือทุบทำลายอาคารสิ่งก่อสร้าง (Construction and Demolition area)
- 7.2.5 พื้นที่สาธารณะที่รัฐดูแล (Municipal service area)
- 7.2.6 ระบบบำบัดต่างๆ (Treatment plant)
- 7.2.7 ย่านอุตสาหกรรม Industrial area)
- 7.2.8 ย่านเกษตรกรรม (Agricultural area)

## 7.3 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ในประเทศไทยตัวอย่างขยะมูลฝอยที่ส่งออกมา จะนำมาแยกองค์ประกอบเป็นประเภทต่าง ๆ 10 ประเภท ได้แก่

**7.3.1 ผัก ผลไม้และเศษอาหาร** หมายถึง เศษผัก เศษผลไม้ เศษอาหารที่เหลือจากการเตรียมการปรุงและการบริโภค ( ยกเว้น เปลือกหอย กระจุก ก้างปลา ชังข้าวโพด ก้านกระถิน ) เช่น ข้าวสุก เปลือกผลไม้ เนื้อสัตว์ ฯลฯ

**7.3.2 กระดาษ** หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเยื่อกระดาษ ตัวอย่างเช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ แมกกาซีน หนังสือต่างๆ ใบปลิว การ์ด ถุงกระดาษ กล่องกระดาษ กระดาษอัด ฯลฯ

**7.3.3 พลาสติก** หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติก ตัวอย่างเช่น ถุงพลาสติก ภาชนะพลาสติก ของเล่นเด็กที่ทำด้วยพลาสติก ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส ฯลฯ

**7.3.4 ผ้า** หมายถึง สิ่งทอต่าง ๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้าย ลินิน ผ้าไนลอน ตัวอย่างเช่น ด้าย เสื้อผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ฯลฯ

**7.3.5 ไม้** หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ รวมทั้งดอกไม้

**7.3.6 ยางและหนัง** หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากยางหรือหนัง ตัวอย่างเช่น เครื่องหนัง รองเท้า ลูกบอลหนัง กระเป๋าหนัง ฯลฯ

**7.3.7 แก้ว** หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแก้ว ตัวอย่างเช่น กระจก ขวดแก้ว หลอดไฟ เครื่องแก้ว ฯลฯ

**7.3.8 โลหะ** หมายถึง วัสดุและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทำจากโลหะ ตัวอย่างเช่น กระจังโลหะ สายไฟ foil ภาชนะต่าง ๆ ตะปู ฯลฯ

### 7.3.9 หิน กระเบื้อง กระจกสั้วและเปลือกหอย หมายถึง เศษหิน เศษกระจกสั้ว

เปลือกหอย ตัวอย่างเช่น ceramics เปลือกหอย กุ้ง ปู กระจกสั้ว ก้างปลา ฯลฯ

### 7.3.10 อื่น ๆ หมายถึง วัสดุอื่นใดที่ไม่สามารถจัดกลุ่มเข้ากลุ่มต่างๆ ข้างต้น รวมถึง ฟัน ทราย ถ้ำ

## 7.4 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอย

7.4.1 ความมั่งง่ายและขาดความสำนึกถึงผลเสียที่จะเกิดขึ้น เป็นสาเหตุที่พบบ่อยมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการทิ้งขยะลงตามพื้นหรือแหล่งน้ำ โดยไม่ทิ้งลงในถังรองรับที่จัดไว้ให้ และโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งลักลอบนำสิ่งปฏิกูลไปทิ้งตามที่ว่างเปล่า

7.4.2 การผลิตหรือใช้สิ่งของมากเกินไปจนเกินความจำเป็น เช่น การผลิตสินค้าที่มีกระดาษหรือพลาสติกหุ้มหลายชั้นและการซื้อสินค้าโดยห่อแยกหรือใส่ถุงพลาสติกหลายถุง ทำให้มีขยะปริมาณมาก

7.4.3 การเก็บและทำลายหรือนำขยะไปใช้ประโยชน์ไม่มีประสิทธิภาพ จึงมีขยะตกค้างกองหมักหมม และส่งกลิ่นเหม็นไปทั่วบริเวณจนก่อปัญหามลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม

## 7.5 ผลเสียที่เกิดจากขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยก่อให้เกิดปัญหาต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมหลายประการ คือ



ที่มา : [www.energyfantasia.com](http://www.energyfantasia.com)

ภาพที่ 9.5 ปัญหาขยะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อม

7.5.1 ทำให้เกิดทัศนะอูจาด คือแลดูสกปรก ขาดความเป็นระเบียบเรียบร้อย เป็นที่น่ารังเกียจแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงรวมทั้งผู้พบเห็น โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ

7.5.2 เป็นแหล่งเพาะและแพร่เชื้อโรค โดยเฉพาะขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาล และขยะเปียก ที่แบคทีเรียทำหน้าที่ย่อยสลาย เชื้อโรคตามขยะจะแพร่ไปกับน้ำ แมลง หนู และสุนัขที่มากดมหรือคุ้ยเขี่ย เช่น เชื้อที่ทำให้เกิดโรคอหิวาต์ ไทฟอยด์และโรคบิด

**7.5.3 ทำให้ดินเสื่อมและเกิดมลพิษ** เพราะจะทำให้พื้นดินสกปรกดินมีสภาพเป็นเกลือต่างหรือกรด หรือมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ตลอดจนทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น โขเคียมทำให้เนื้อดินแตกร่วน

#### 7.5.4 ทำลายแหล่งน้ำ

1) ขยะที่ตกในแหล่งน้ำลำคลองและท่อระบายน้ำ จะทำให้แหล่งน้ำต้นเงินการไหลของน้ำไม่สะดวกจึงเกิดสภาวะน้ำท่วมได้ง่าย

2) ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำในลักษณะต่าง ๆ เช่น ทำให้น้ำเน่า น้ำเป็นพิษ น้ำที่มีเชื้อโรคและน้ำที่มีคราบน้ำมัน ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้อุปโภคบริโภค สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืชและสัตว์น้ำ

3) ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เพราะการเผาขยะทำให้เกิดควันและก๊าซพิษ การหมักหมมและเน่าสลายของขยะ จะก่อให้เกิดแก๊สพิษและกลิ่นเหม็น

4) ก่อความรำคาญและบั่นทอนสุขภาพของมนุษย์ เป็นผลจากการเกิดทัศนยะจากแก๊สพิษ กลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคตลอดจนการเกิดมลพิษทางน้ำและอากาศ

5) ทำให้เกิดอัคคีภัย เนื่องจากขยะหลายชนิดติดไฟได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อแห้ง

6) สร้างปัญหาในการจัดการ เช่น ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมและกำจัด

#### 7.6 ของเสียอันตราย

ในประเทศไทย มีการให้นิยามโดยหลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (เดิม) เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2535 ได้ให้คำนิยาม "ของเสียที่เป็นอันตราย" หมายถึง สารหรือวัตถุที่ไม่ใช้หรือใช้ไม่ได้ ที่มีส่วนประกอบหรือเจือปนด้วยสารไวไฟ สารกัดกร่อน สารพิษ สารที่สามารถชะล้างได้ สารกัมมันตรังสี และ/หรือสิ่งที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรม ชุมชน เกษตรกรรม การให้คำนิยามของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาตินี้อ้างอิงมาจากนิยามของสหรัฐอเมริกา

ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย หมายความว่า ของเสียในสถานะของแข็งหรือกึ่งของแข็งหรือของเหลวหรือแก๊สที่มีลักษณะสมบัติหรือปนเปื้อนกับวัตถุอันตรายแล้ว ปรากฏลักษณะสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ และวัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุกัดกร่อน วัตถุทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี และวัตถุมีพิษร้ายแรง ได้แก่ สารก่อมะเร็ง วัตถุก่อให้เกิดอาการระคายเคือง อาการภูมิแพ้ การกลายพันธุ์ และก่อให้เกิดความบกพร่องของการพัฒนาของทารกในครรภ์ เป็นต้น

คำนิยามของกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ในการควบคุมเฉพาะปัญหามลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531) ให้คำจำกัดความ



"ของเสียอันตราย" ว่าเป็นวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้วที่มีคุณสมบัติเป็นสารไวไฟ กัดกร่อน เกิดปฏิกิริยาได้ง่าย มีสารพิษปะปน หรือมีตัวทำละลาย เสื่อมคุณภาพตามรายชื่อที่ระบุไว้ หรือกากตะกอนที่เกิดจากการผลิต หรือเกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย



ที่มา : [www.vironnet.in.th/evdb/info/waste/index.html](http://www.vironnet.in.th/evdb/info/waste/index.html) - 28k -  
ภาพที่ 9.6 ของเสียอันตราย

#### 7.6.1 ประเภทของเสียอันตราย ได้แก่

- 1) กากตะกอนจากการละลายเกลือ และกากตะกอนจากโรงผลิตโซดาไฟด้วยวิธีใช้เซลล์ปรอท
- 2) กากวัตถุมีพิษ และกากตะกอนจากโรงงานผลิตและบรรจุยาฆ่าแมลง
- 3) ฝุ่นจากระบบกำจัดตะกั่วในอากาศ และกากตะกอนจากโรงงานหลอมตะกั่ว
- 4) ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสื่อมหรือไม่ได้คุณภาพ
- 5) น้ำขุ่นมีจากถังชุบโลหะ กากที่เหลือจากการชุบโลหะ รวมทั้งกากตะกอนจากโรงงานชุบโลหะ
- 6) ของเสียจากโรงงานผลิตวัตถุระเบิด
- 7) ปลายขั้วหลอดที่ผลิตไม่ได้คุณภาพที่ปนเปื้อนสารปรอท จากโรงงานผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์
- 8) ถ่านไฟฉายที่ผลิตไม่ได้คุณภาพ ฝุ่นจากระบบกำจัดอากาศ กากตะกอนจากโรงงานผลิตถ่านไฟฉาย
- 9) กากสีจากห้องพ่นสีของโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์และจักรยานยนต์

#### 7.6.2 แหล่งกำเนิดของเสียอันตราย มี 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

- 1) แหล่งชุมชน อันประกอบด้วย บ้านเรือน สถาบันการศึกษา โรงพยาบาล และแหล่งพาณิชยกรรม
- 2) โรงงานอุตสาหกรรม
- 3) แหล่งเกษตรกรรม

แหล่งกำเนิดของเสียทั้ง 3 แหล่ง สามารถก่อให้เกิดทั้งของเสียที่ไม่อันตราย (non-hazardous waste) และของเสียอันตราย (hazardous waste)

### 7.6.3 ผลกระทบของเสียอันตราย

ของเสียอันตรายเหล่านี้หากไม่ได้รับการควบคุมดูแลอย่างถูกวิธีแล้วจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมามากมาย ถ้าของเสียเหล่านี้ถูกกองทิ้งในที่ว่างเปล่า โดยปราศจากการดูแลอาจทำให้สารเคมีผสมปนกัน จนอาจเกิดการลุกติดไฟเอง เกิดการระเบิด หรือเกิดปฏิกิริยาเคมีกลายเป็นไอหรือควันระเหยออกมาได้ นอกจากนี้ ของเสียอันตรายหากหมักหมมทิ้งกองไว้มาก ๆ เป็นเวลานาน ภาชนะจะเกิดการผุกร่อน ทำให้ถูกลมพัดฟุ้งกระจาย ของเสียบางส่วนจะถูกน้ำฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำผิวดินหรือซึมลงสู่พื้นดินไปสู่ชั้นน้ำบาดาล ซึ่งอาจนำไปใช้เพื่อการผลิตน้ำประปาหรือการเกษตรกรรม ทำให้เกิดการสะสมของสารเหล่านี้ในห่วงโซ่อาหารได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

#### ตัวอย่างผลของการทิ้งของเสียอันตรายอย่างไม่ถูกวิธี ได้แก่

1) กรณีโรคมินามาตะของญี่ปุ่น เกิดจากโรงงานทิ้งสารปรอทในรูปสารปรอทอนินทรีย์ลงในอ่าวมินามาตะ เพราะมีรายงานว่า สารปรอทในรูปนี้จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตน้อยมาก เมื่อเวลาผ่านไปแบคทีเรียจะเปลี่ยนสภาพปรอทอนินทรีย์เป็นสารประกอบอินทรีย์ (รูปปรอทเมทิล) ซึ่งมีความเป็นพิษอย่างรุนแรงต่อสิ่งมีชีวิต สารนี้สะสมในสัตว์น้ำต่างๆ ที่อาศัยอยู่บริเวณอ่าวและคนบริโภคสัตว์น้ำเหล่านั้น ก็เกิดอาการพิษจากสารปรอท ผู้ป่วยจะมีอาการตามัวหูตึง ยืนไม่ถนัด

2) กรณีพิษของสารแคดเมียมก่อให้เกิดโรคอิไต-อิไต ซึ่งเกิดจากการทิ้งขี้แร่จากการทำเหมืองสังกะสีลงในแม่น้ำแห่งหนึ่งในญี่ปุ่น ขี้แร่ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในน้ำในแม่น้ำแห่งนี้ถูกใช้ไปเป็นแหล่งน้ำ เพื่อการประปา รวมทั้งใช้เป็นแหล่งสำหรับการเกษตร ประชากรที่ใช้น้ำจากแม่น้ำสายที่เกิดเป็นโรคไต กระดูกผุ และการมีเด็กพิการในอัตราสูงผิดปกติ

3) กรณีเพลิงไหม้คลังสินค้าบริเวณท่าเรือคลองเตย ซึ่งเป็นคลังเก็บสารเคมีขนาดใหญ่ เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2534 ทำให้เกิดควันไฟ และไอระเหยของสารพิษปกคลุมทั่วบริเวณ นอกจากนั้น สารเคมีบางส่วนยังถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยในบริเวณนั้น ซึ่งมีประชาชนอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่นแออัด หลังจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ ได้มีการนำสารเคมีและกากที่เหลือบรรจุภาชนะและนำไปทำการฝังกลบบริเวณกองพลทหารราบที่ 9 กองทัพภาคที่ 1 ห่างจากตัวเมืองกาญจนบุรี 25 กิโลเมตร สารเคมีที่เหลือจากไฟไหม้และนำมาทำการฝังกลบ ได้แก่ คาร์บอนเนต เรซิน โทลูอิน ทินเนอร์ โซดาแอส สารที่ก่อให้เกิดการกักร่อน สารประกอบไซยาไนด์ ปุ๋ยและสารปราบศัตรูพืช สารเมทิลโบรมา

สารพาราฟอร์มมาดิยาขย ปริมาตรรวม 100 ตัน ทั้งในรูปของแข็ง ทราขและเ้าถ่าน ก่อนการฝงกลบ มีการใช้ปูนขาวทำลาขฤทธิ การเลือกพื้นที่บริเวณนี้เป็นที่ฝงกลบมีความไม่เหมาะสมอย่างย้ง เนื่องจากบริเวณใกล้เคียงเป็นแหล่งน้ำซับ ซึ่งเป็นต้นน้ำของลำห้วยกระคค และลำห้วยพุมะนาค ซึ่งไหลบรรจบกันที่บ้านท่าแฉ้ง และในที่สุด ก็ไหลลงสู่แม่น้ำแควใหญ่ หมู่บ้านโดยรอบมีโอกาสที่จะได้รับอันตราย เพราะมีการใช้น้ำในลำห้วยในการเพาะปลูกและเลี้ยงวัว รวมทั้ง ใช้น้ำบ่อในการอุปโภคบริโภคด้วย นอกจากนั้น จากการติดตามตรวจสอบของสื่อมวลชน พบว่า บ่อฝงกลบมีรอยแตก รวมทั้งไม่มีการติดตามตรวจสอบจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ องค์การสิ่งแวดล้อมจังหวัดกาญจนบุรี ได้ทำเรื่องร้องทุกข์ต่อสำนักงานเลขาธิการนายกรัฐมนตรี ขอให้มีการแก้ไขปัญหาผลกระทบนี้ กรมควบคุมมลพิษซึ่งได้รับมอบหมายให้ดำเนินการตรวจสอบและเสนอมาตรการแก้ไข ได้เสนอให้ทำการขุดถึงสารเคมีออกแล้วทำการขนย้ายไปฝงกลบ ณ หลุมใหม่ซึ่งมีการแยกสารเคมีแต่ละชนิดออกจากกัน โดยที่สารเคมีแต่ละชนิดจะต้องบรรจุในถังเหล็กทา epoxy กันสนิม แล้วจึงทำการฝงกลบแบบปลอดภัย (secure landfill)

4) กรณีโรงงานหลอมโลหะในจังหวัดสมุทรปราการ นำเศษตะกรันโลหะในขณะยังร้อนไปทิ้งบนพื้นที่ที่เคยใช้ทิ้งสารเคมีมาก่อน ทำให้เกิดไอรยะเหยขของสารเคมีจนมีผู้เสียชีวิต 2 ราย เนื่องจาก เกิดอาการแน่นหน้าอก หายใจไม่ออกจากการสูดดมสารพิษ

5) กรณีการลักลอบนำกากอุตสาหกรรมประเภทแผงวงจรไฟฟ้า ไปเผาในป่าสงวนแห่งชาติป่าท่าควาย-ห้วยกระเวน อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี เพื่อแกะลอกแผ่นทองแดงที่เคลือบอยู่ไปใช้ประโยชน์ ทำให้ชาวบ้านได้รับความเดือดร้อน เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง และมีเขม่าควันฟุ้งกระจายไปทั่ว ทำให้มีผู้ป่วยเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง และระบบประสาท

#### 7.6.4 แนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากชุมชนในกรุงเทพมหานคร

1) ครงรค้ ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนร่วมมือกันในการคัดแยกของเสียอันตรายจากชุมชนทั่วไปก่อนนำไปทิ้ง โดยใช้สื่อประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้แก่ แผ่นพับ โปสเตอร์ สปอร์ตวิทยุ-โทรทัศน์ นิทรรศการ ป้ายประชาสัมพันธ์ และหนังสือเสริมสร้างความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

#### 2) ระบบการแยกทิ้งของเสียอันตรายจากชุมชน

- จัดหาถังขยะรองรับของเสียอันตรายให้ประชาชนในพื้นที่เป้าหมายในเขตทดลอง 9 เขต ได้แก่ คลองเตย สวนหลวง บางกะปิ บึงกุ่ม ห้วยขวาง ราชเทวี สาทร และธนบุรี โดยใช้ถังรองรับมูลฝอยขนาดใหญ่ความจุไม่ต่ำกว่า 240 ลิตร และใช้รถเก็บขนจัดเก็บ 2 สัปดาห์/ครั้ง

- จัดหาถังขยะรองรับของอันตรายขนาดความจุไม่น้อยกว่า 240 ลิตร สำหรับรองรับของอันตรายประเภทต่างๆ โดยตั้งวางไว้ตามจุดต่างๆ เช่น สถานีบริการน้ำมัน ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการ และสำนักงานเขตทั่วกรุงเทพมหานคร โดยใช้รถเก็บขนขยะสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

3) การเก็บขนของเสียอันตราย ใช้รถเก็บขนขยะจากเขตทดลอง 9 เขตและจุดตั้งถังขยะรองรับขยะอันตรายทั่วกรุงเทพมหานคร

4) การเก็บรวบรวมและเก็บกักของเสียอันตราย ขยะที่เก็บขนได้จะถูกนำไปเก็บรวบรวมไว้ยังสถานีเก็บกัก บริเวณ โรงงานกำจัดขยะของกรุงเทพมหานคร โดยต้องแยกบริเวณออกจากบริเวณเก็บกักขยะทั่วไป กรุงเทพมหานครได้ขอความร่วมมือไปยังกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อส่งผู้เชี่ยวชาญจากบริษัท GENCO มาทำการตรวจสอบและดำเนินการกำจัดต่อไป นอกจากนี้ กรุงเทพมหานครยังได้จัดทำโครงการ เตรียมการจัดทำระบบการเก็บกักและบำบัดเบื้องต้นอีกด้วย

5) การกำจัดมูลของเสียอันตราย กรุงเทพมหานครได้ทำบันทึกข้อตกลงร่วมกับกระทรวงอุตสาหกรรม เมื่อวันที่ 22 มกราคม 2540 โดยกรุงเทพมหานครจะรับผิดชอบในส่วนการเก็บขนและเก็บรวบรวมของเสียอันตรายจากชุมชน แล้วส่งต่อไปให้บริษัท GENCO เป็นผู้นำไปบำบัดและกำจัดต่อไป

ในส่วนของการของเสียจากโรงพยาบาลซึ่งจัดว่าเป็นของเสียอันตรายนั้น แต่ละโรงพยาบาลก็ต้องมีการบำบัด กำจัดน้ำเสียและขยะอย่างถูกต้อง การบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลจะทำโดยการย่อยสลายสารปนเปื้อนในน้ำ ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ต่อจากนั้นจะทำการฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยน้ำทิ้งไป สำหรับขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นจะต้องทำการรวบรวมลงใน "ถุงแดง" ซึ่งเป็นพลาสติกสีแดงและมีตัวอักษรแสดงชัดเจนว่า เป็นขยะติดเชื้ออันตราย เมื่อรวบรวมได้แล้วจะทำการกำจัดขยะติดเชื้อ โดยการเผาด้วยเตาเผาชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เตาเผาเหล่านี้จะมีแบบมาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ กองสุขาภิบาล กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข หลังจากการเผาแล้วจะต้องนำเถ้าที่ได้ไปทำการฝังกลบอย่างถูกต้องต่อไป

#### 7.6.5 การณรงค์ให้ใช้หลักในการกำจัดขยะ 6R

- 1) **Reduce** การลดการเกิดขยะ เช่น ไม่ใช้โฟม ขวดพลาสติก เปลี่ยนมาใช้บรรจุกระดาษแทน
- 2) **Reuse** การใช้ซ้ำ เช่น ถุงพลาสติกใช้แล้วนำมากลับมาใช้อีก
- 3) **Repair** การซ่อมแซมใช้ใหม่ เช่น โต๊ะหัก จักรยานชำรุด
- 4) **Recycle** การแปรรูปกลับมาใช้ใหม่ เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ
- 5) **Reject** การหลีกเลี่ยงการใช้ที่มีพิษ เช่น ยาฆ่าแมลง สเปรย์ฉีดผม ถ่านไฟฉาย
- 6) **Recovery** การได้ประโยชน์กลับคือ เช่น การนำขยะมูลฝอยไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า

## ตัวอย่างการรณรงค์เพื่อลดขยะ

### 1. เชิญบริจาคกระดาษใช้แล้ว 2 หน้า ให้มูลนิธิคนตาบอด

กระดาษที่ไม่ใช้แล้วทั้ง 2 หน้า นำไปทำอะไรได้บ้าง ช่วยคิดหน่อย

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....กระดาษที่พิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร....ไปหนึ่งหน้าแล้ว เอาหน้าเปล่าไปเขียนทดเป็นหน้าที่สองแล้ว... ยังใช้ได้ อีก ด้วยการเก็บรวบรวมในสภาพแผ่นเรียบ แล้วนำไปให้ที่มูลนิธิช่วยคนตาบอด กระดาษเหล่านี้มีประโยชน์สำหรับคนตาบอดมาก เพราะเขาจะไปจัดพิมพ์อักษรเบลล์ ให้ผู้พิการทางสายตาได้ใช้ฝึกฝน เพื่อการศึกษาและเอาไว้อ่านหนังสือด้วยตัวเองได้ เท่ากับเป็นการ Reuse ซ้อน Reuse ให้ได้ใช้ประโยชน์อีกต่อหนึ่ง ก่อนที่จะส่งไปซึ่งก็โยนไป Recycle .....

.....ช่วยลดขยะ แล้วยังเพิ่มปัญญา ลดโลกร้อน แล้วยังเพิ่มหนังสือเบลล์ .....

ติดต่อสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

มูลนิธิช่วยคนตาบอดแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์

เลขที่ 420 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท

เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 0-2345-8365-68, 0-2354-8370-71

โทรสาร 0-2345-8369

### 2. ร่วมบริจาคกระป๋องอะลูมิเนียมเพื่อจัดทำ " ขาเทียมพระราชทาน"

กรมควบคุมมลพิษ ได้ดำเนินโครงการ “การเรียกคืนวัสดุอะลูมิเนียมเพื่อจัดทำขาเทียมพระราชทาน” เพื่อรณรงค์เรียกคืนขยะประเภทอะลูมิเนียมกลับมาใช้ใหม่ เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2548 ในวโรกาสมหามงคลสมัยที่ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ทรงเจริญพระชนมพรรษา ครบ 72 พรรษา และในปี พ.ศ. 2549 ในโอกาสฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว กรมควบคุมมลพิษ ร่วมกับ มูลนิธิขาเทียม ในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี บริษัท บางกอกแคน แมนูแฟกเจอร์ริง จำกัด และ บริษัท ไทยเบเวอเรจเรจิน์แคน จำกัด โดยได้รับความร่วมมือจาก ห้างบิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จัดทำโครงการ "การใช้วัสดุอะลูมิเนียมเพื่อจัดทำขาเทียมพระราชทาน" โดยมีเป้าหมายไม่น้อยกว่าในการเรียกคืน 80 ตันจากเดิม 72 ตัน

เพื่อถวายเป็นพระราชกุศลแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี และเทิดพระเกียรติแด่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ อีกทั้งเป็นการลดปัญหาขยะมูลฝอยจากอะลูมิเนียม ตลอดจนเป็นการช่วยเหลือผู้พิการ รวมทั้งลดการนำเข้าขาเทียมจากต่างประเทศซึ่งมีมูลค่าประมาณ 10,000 บาทต่อขาเทียม 1 ข้าง ซึ่งถ้าใช้ห้วงดิ่งฝากระป๋อง จะใช้ประมาณ 2,500 ชิ้น หรือ 1 กิโลกรัม ต่อขาเทียม 1 ขา และมีต้นทุนเพียง 700 บาทเท่านั้น

#### 4 ขั้นตอนง่ายๆ ก่อนนำมาบริจาค

 <p>ขั้นตอนที่ 1 ล้างให้สะอาด</p>	 <p>ขั้นตอนที่ 2 ใช้มือบีบตรงกลาง</p>
 <p>ขั้นตอนที่ 3 กดหรือทับให้แบน</p>	 <p>ขั้นตอนที่ 4 ใส่ตู้บริจาค</p>

จึงขอเชิญชวนประชาชนทุกท่านร่วมบริจาคกระป๋องอะลูมิเนียมและห้วงดิ่งฝากระป๋องอะลูมิเนียมโดยการทำ ความสะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วบีบให้มีขนาดเล็กลง และบริจาคได้ที่ห้างบิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ ทุกสาขาทั่วประเทศ และหน่วยงานในสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่วันนี้เป็นต้นไป

### 3. โครงการเรียกคืนซากหลอดฟลูออเรสเซนต์

มุ่งเน้นการเรียกคืนซากหลอดฟลูออเรสเซนต์จากอาคารและสถานประกอบการขนาดใหญ่ รวมถึงอาคารสำนักงานของหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดอันตรายการเกิดซากหลอดมากที่สุด เพื่อเป็นต้นแบบนำร่องสำหรับกระบวนการจัดการที่เหมาะสม โดยมีเป้าหมายให้ซากหลอดได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมไม่น้อยกว่า 80 ตัน ภายในปี 2550 ภายใต้การสนับสนุน

จากบริษัท ไทยโตชิบา ไลต์ติ้ง จำกัด และบริษัทฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในการ  
รับเป็นผู้เก็บรวบรวมซากหลอดจากอาคารและสถานประกอบการที่สมัครเข้าร่วมโครงการที่อยู่ใน  
พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ส่วนอาคารที่เข้าร่วมโครงการที่อยู่นอก  
พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลให้ประสานและขนส่งซากหลอด (เฉพาะหลอดชนิดตรงที่ไม่  
แตก) ไปยังโรงงานรีไซเคิลของผู้สนับสนุนทั้งสองแห่ง ซึ่งนับตั้งแต่การเปิดตัวอย่างเป็นทางการ  
เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2549 จนถึงสิ้นเดือนธันวาคม 2549 มีผู้สมัครเข้าร่วมโครงการแล้วทั้งสิ้น 172  
ราย คิดเป็นปริมาณซากหลอดที่จะเกิดขึ้นประมาณ 200,000 หลอด/ปี โดยในจำนวนนี้มีซากหลอดที่  
ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมแล้วทั้งสิ้นประมาณ 32,000 หลอด หรือคิดเป็นประมาณ 6.4 ตัน

**กิจกรรมที่ 9.1 พิจารณารูปแล้วตอบคำถาม**

1. นักเรียนจะมีวิธีกำจัดขยะ โดยเริ่มต้นจากตัวเองที่บ้านอย่างไร

.....  
.....  
.....

2. จากรูป นักศึกษาใครคือผู้ที่สามารถป้กรงพิชิตภูเขาขยะ

.....  
.....

3. จากรูปทำไมต้องมีคนหลายคนที่จะช่วยกันพิชิตขยะ

.....  
.....  
.....



**กิจกรรม 9.2 ธรรมชาติที่อยากเห็น**

**พิจารณารูปแล้วตอบคำถาม**

ถ้านักศึกษาคือเด็กที่นั่งฝันถึงธรรมชาติ นักศึกษาอยากเห็นธรรมชาติเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**กิจกรรม 9.3 น้ำเสียเกิดจากอะไร**

**พิจารณารูปแล้วตอบคำถาม**

1. จากรูปโรงงานนี้ก่อให้เกิดมลพิษทางใดบ้าง

.....  
.....  
.....

2. ถ้านำน้ำจากคลองมาตรวจสอบค่า DO และ BOD จะมีค่าเท่าไร

.....  
.....  
.....

3. สาเหตุที่ทำให้ให้น้ำเน่าเสีย

.....  
.....  
.....

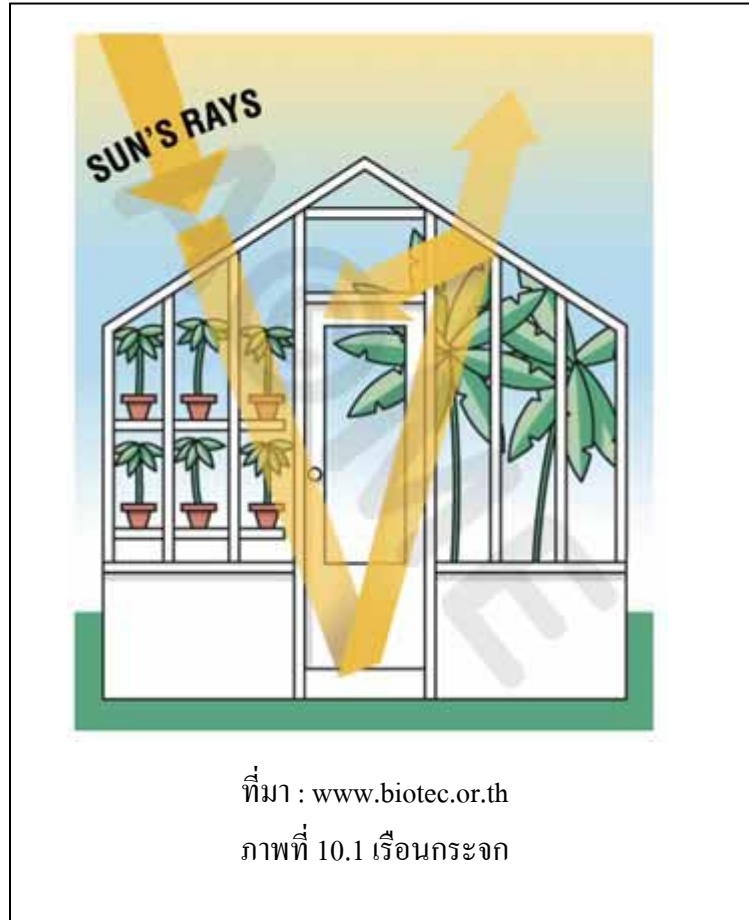
4. โรงงานนี้มีความผิดหรือไม่ต่อการกระทำเช่นนี้ และควรมีมาตรการอย่างไร

.....  
.....  
.....

# บทที่ 10

## กรณีศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อม

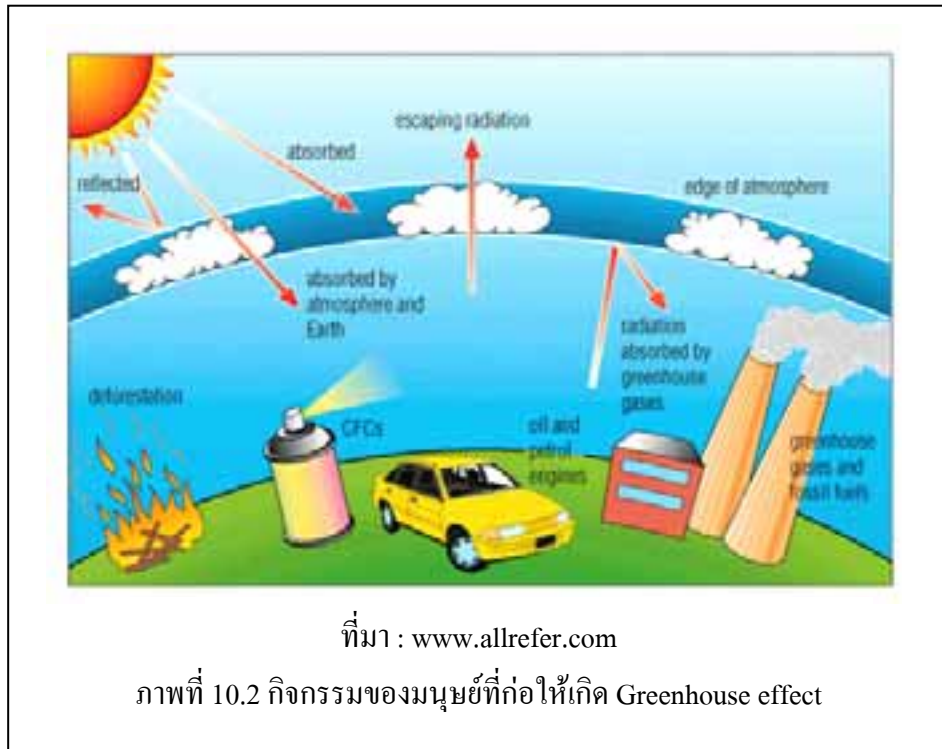
### กิจกรรมที่ 10.1 ศึกษาผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming)



#### 1. ผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) มีคุณสมบัติในการดูดและสะท้อนความร้อนที่ถูกส่งออกไปจากโลกกลับสู่ผิวโลกอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้น  $\text{CO}_2$  จึงมีบทบาททำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “Greenhouse effect” ที่เรียกเช่นนี้เพราะปรากฏการณ์ ดังกล่าวเกิดขึ้นเหมือนกับกรีนเฮาส์ คือ เรือนกระจกสำหรับปลูกหรือเพาะชำต้นไม้ในประเทศหนาว  $\text{CO}_2$  ทำหน้าที่เหมือนกระจกเมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าไปในเรือนคือทำให้เกิดความร้อนภายใน แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่สามารถกระจายผ่านออกไปได้ จึงเกิดการสะสมความร้อนภายในเรือนกระจก

## 2. กิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิด Greenhouse effect



### ตารางที่ 10.1 ชนิดและแหล่งที่มาของแก๊สเรือนกระจก

ชนิดแก๊สเรือนกระจก	แหล่งที่มาของแก๊ส
1. คาร์บอนไดออกไซด์	การเผาไหม้ถ่านหินและปิโตรเลียมร้อยละ 80 การเผาอินทรีย์วัตถุร้อยละ 20
2. มีเทน	การหมักเน่าข้าว คอกสัตว์และแก๊สธรรมชาติ
3. ไนตรัสออกไซด์	การเผาไหม้ถ่านหินและปิโตรเลียม ปุ๋ย
4. คลอโรฟลูออโรคาร์บอน	แก๊สขั้บฉนวนทำความเย็นและการผลิตโฟม
5. คาร์บอนเตตระคลอไรด์	น้ำยาดับเพลิง ตัวทำละลาย
6. เมทิลคลอโรฟอร์ม	สารที่ใช้ทำความเย็น
7. คาร์บอนมอนอกไซด์	ไอเสียเครื่องยนต์

### 3. ปปรากฏการณ์ประหลาดจากผลกระทบโลกร้อน

#### 3.1 อุณหภูมิและระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น



เมื่อประมาณ 2 หมื่นปีมาแล้วโลกเป็นยุคน้ำแข็ง ร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมดถูกปกคลุมด้วยแผ่นน้ำแข็ง นับตั้งแต่ขั้วโลกเหนือลงมาจรดตอนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และเอเชีย ระดับน้ำทะเลในยุคนั้นต่ำกว่าปัจจุบันประมาณ 110 – 140 เมตร ในเอเชียอาคเนย์ บริเวณทะเลอันดามัน และทะเลจีนใต้เกือบทั้งหมดเคยแห้งกลายเป็นแผ่นดิน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำทะเลที่ระเหยขึ้นไปเป็นไอน้ำในบรรยากาศ ไปควบแน่นเป็นหิมะและตกลงมา สะสมตัวกันบนยอดเขาและพื้นที่ตอนเหนือ กลายเป็นแผ่นน้ำแข็ง ต่อมาเมื่อโลกอุ่นขึ้น เนื่องจากปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปรับตัวเองตามธรรมชาติ ระดับน้ำทะเลจึงสูงขึ้นจนมีระดับใกล้เคียงกับทุกวันนี้ แต่ทว่าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา ได้มีการตัดไม้ทำลายป่าและทำอุตสาหกรรมหนัก ทำให้ปริมาณแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Global warming) และหากอัตราการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกยังคงเป็นเช่นนี้ แผ่นน้ำแข็งขั้วโลกจะละลายทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น การละลายของแผ่นน้ำแข็งขั้วโลกนอกจากจะส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น บริเวณพื้นที่เกาะและที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล เช่น ตอนใต้ของประเทศไทยและประเทศกัมพูชาจะถูกน้ำท่วม ดังภาพที่ 10.3 ความเค็มของน้ำทะเลซึ่งเจือจางลงเนื่องจากการละลายของน้ำแข็ง จะส่งผลให้การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนทิศทางและความจุความร้อนเปลี่ยนไป ส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง

จากการรวบรวมผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1.1 ได้มีการตรวจพบว่าอุณหภูมิระดับผิวโลกสูงขึ้นประมาณ 0.3 ถึง 0.6 องศาเซลเซียส นับตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 โดยได้พบว่าบริเวณพื้นที่ระหว่างละติจูด 40 ถึง 70 องศาเหนือ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันที่บางแห่งเช่นบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ ได้มีอุณหภูมิลดลงในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา

3.1.2 โดยทั่วไปพิสัยของอุณหภูมิในรอบวันบนพื้นทวีปมีแนวโน้มลดลง ตั้งแต่ประมาณกลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเมฆในท้องฟ้า ทำให้ช่วงกลางวันมีอุณหภูมิลดลงและอุณหภูมิในช่วงกลางคืนสูงขึ้นและคาดว่าอุณหภูมิตอนล่างของบรรยากาศ ชั้นสตราโตสเฟียร์ (สูงจากผิวโลกระหว่าง 14 -20 กิโลเมตร) ลดลงเนื่องจากการลดลงของโอโซน และการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3.1.3 สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยในภาคพื้นทวีปในคริสต์ศตวรรษที่ 20 นั้นยังไม่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง

3.1.4 การระเหยของน้ำในมหาสมุทรเขตร้อนสูงขึ้น สัมพันธ์กับปริมาณไอน้ำในเขตร้อนที่ตรวจวัดได้สูงขึ้น

### 3.2 พื้นที่หิมะปกคลุมอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987



ที่มา : [www.oknation.net](http://www.oknation.net)

ภาพที่ 10.4 เปรียบเทียบธารน้ำแข็งในอาร์เจนตินา

ผลที่เกิดขึ้นน้ำแข็งทั่วโลกเริ่มละลาย ซ้ำคือธารน้ำแข็งในอาร์เจนตินาเมื่อ 20 ปีก่อน กับด้านขวาในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลทั่วโลกสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 2.5 มิลลิเมตรต่อปี

ซึ่งเป็นผลกระทบโดยตรง จากการที่อุณหภูมิของบรรยากาศสูงขึ้น ทำให้น้ำทะเลและมหาสมุทรขยายตัวพร้อมกับการละลายของธารน้ำแข็ง การประเมินผลกระทบที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศ โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่า ถ้าหากปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลกในปี ค.ศ.2100 เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากระดับปัจจุบัน พบว่าอุณหภูมิผิวพื้นทั่วโลกสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 3.5 องศาเซลเซียส ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นประมาณ 15 ถึง 95 เซนติเมตร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งด้านอุทกวิทยาหรือการจัดการแหล่งน้ำ ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานและสุขภาพของมนุษย์

พื้นที่น้ำแข็งปกคลุม ประมาณการว่าประมาณหนึ่งในสามถึงครึ่งหนึ่งของภูเขาน้ำแข็งที่มีอยู่ในปัจจุบันจะหายไปภายในอีก 100 ปีข้างหน้า การลดลงของภูเขาน้ำแข็งและความหนาของชั้นหิมะที่ปกคลุมพื้นโลกจะส่งผลกระทบต่ออัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำในแต่ละฤดูกาลและการจ่ายน้ำของเขื่อนที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ ตลอดจนการเกษตรกรรม

### 3.3 น้ำแข็งใต้พื้นโลกละลาย



ภาวะโลกร้อนไม่ได้เพียงแต่ทำให้ธารน้ำแข็งขั้วโลกละลายอย่างต่อเนื่องเท่านั้นแต่ยังส่งผลให้ชั้นน้ำแข็งถาวรที่มีอยู่ใต้พื้นผิวโลกค่อย ๆ ละลายลดปริมาณลงไปเช่นกัน ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นตามมาในอนาคตก็คือ จุดใต้พื้นโลกซึ่งเคยเป็นน้ำแข็งหายไปจนเกิดเป็น "รูรั่ว" ใต้ดินขึ้นมาเมื่อเป็นเช่นนี้สภาพทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่ย่อมเปลี่ยนแปลงไป สิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งก่อสร้างของ

มนุษย์ เช่น ทางรถไฟ ถนน บ้านเรือน ฯลฯ ซึ่งตั้งอยู่เหนือจุดดังกล่าวมีโอกาสได้รับความเสียหายตามไปด้วย ถ้าปรากฏการณ์น้ำแข็งละลายเกิดขึ้นบนที่สูง เช่น ภูเขา จะก่อให้เกิดภัยธรรมชาติตามมา อาทิ หินถล่มและโคลนถล่ม เป็นต้น

### 3.4 ป่าไม้

ประมาณการว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการฟื้นฟูสภาพป่าในหลายแห่งของโลก เป็นที่คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของป่าที่มีอยู่ทั่วโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวางด้านชนิดพันธุ์พืช โดยการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเกิดขึ้นในบริเวณละติจูดสูง ๆ ส่วนบริเวณเขตร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

### 3.5 ระบบนิเวศชายฝั่ง

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น หรือการเกิดพายุและคลื่นซัดฝั่งจะส่งผลให้เกิดการกัดเซาะ การพังทลาย และเกิดน้ำท่วมบริเวณชายฝั่งมากขึ้น ความเค็มของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำและในชั้นน้ำจืดใต้ดินจะเพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงในแม่น้ำและอ่าวต่าง ๆ รวมทั้งการพัดพาของตะกอนและสารอาหารในน้ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศชายฝั่งจะส่งผลกระทบต่อที่อยู่อาศัยของผู้คนบริเวณนี้ และส่งผลกระทบในทางลบต่อการท่องเที่ยว การจัดหา น้ำจืด การประมง และความหลากหลายทางชีวภาพ

### 3.6 ด้านโครงสร้างพื้นฐานของมนุษย์

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น จะมีผลกระทบในทางลบต่อการพลังงาน การอุตสาหกรรม การขนส่ง การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ การประกันทรัพย์สิน และการท่องเที่ยว ภัยที่เห็นได้ชัดเจนคือ ประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง

ซึ่งได้มีการประมาณการว่า จะมีประชากรประมาณ 46 ล้านคนต่อปีในปัจจุบันที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมเนื่องจากคลื่น พายุซัดฝั่งและหาคระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 50 เซนติเมตร จำนวนประชากรที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจะเพิ่มขึ้นเป็น 92 ล้านคน และถ้าระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 1 เมตร จำนวนผู้เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมจะสูงถึง 118 ล้านคน โดยประชากรของประเทศที่เป็นเกาะเล็ก ๆ หรือประเทศด้อยพัฒนาจะได้รับผลกระทบที่รุนแรงกว่า เนื่องจากระบบป้องกันชายฝั่งไม่ดีเพียงพอ และประเทศที่มีประชากรหนาแน่นกว่าก็ย่อมได้รับผลกระทบมากกว่า ทำให้เกิดการอพยพทั้งภายในประเทศและข้ามประเทศจากการศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการที่ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 1 เมตร ซึ่งเป็นค่าสูงสุดตามที่ประมาณการสำหรับปี ค.ศ. 2100 พบว่าเกาะเล็ก ๆ และพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่เสี่ยงภัยสูงโดยได้ประเมินการสูญเสียแผ่นดินของประเทศต่าง ๆ ถ้าระบบป้องกันภัยมีอยู่เช่นปัจจุบัน ดังนี้ ประเทศอูรุกวัย สูญเสีย 0.05% อียิปต์ 1% เนเธอร์แลนด์ 6% บังคลาเทศ 17.5% และประมาณ 80%



สำหรับเกาะปะการังมาจуро (Majuro) ในหมู่เกาะมาร์แชล และประชากรที่ได้รับผลกระทบจะมีมากประมาณ 70 ล้านคนในจีนและบังคลาเทศ เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยย่อมได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่วนจะมากน้อยเพียงใด จะต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป แต่อย่างน้อยก็พอประมาณได้ว่าเมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งของประเทศไทย จะมีการเกิดน้ำท่วมเพิ่มพื้นที่ขึ้นและความรุนแรงมากขึ้น อัตราการกัดเซาะและการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่งจะเพิ่มขึ้น น้ำทะเลจะรุกเข้ามาในแผ่นดินและแม่น้ำมากขึ้น ทำให้ความเค็มในดินและบริเวณตอนล่างของแม่น้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบในทุก ๆ ด้าน เช่นด้านที่อยู่อาศัย การเกษตรกรรม การจัดหา น้ำจืด การประมง การท่องเที่ยว เป็นผลให้กระทบต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก ดังนั้นทุกฝ่ายควรร่วมมือและหาวิธีการบรรเทาผลกระทบ เพื่อไม่ให้ประชากร โลกรวมทั้งประเทศไทยได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงของโลกที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวแล้ว



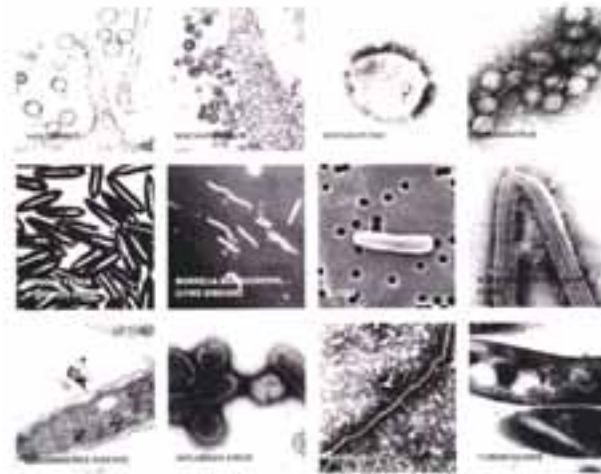
ที่มา : gotoknow.org

ภาพที่ 10.6 น้ำท่วมที่บางขุนเทียน

### 3.7 สารภูมิแพ้แพร่ระบาด

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้เกิดปรากฏการณ์ประหลาดขึ้นทุก ๆ ช่วงฤดูใบไม้ผลินั้นคือ ประชาชนไอ จาม เป็นภูมิแพ้ และหอบหืดกันง่ายขึ้นและบ่อยขึ้น โดยไม่ทราบสาเหตุ

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า วิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปกับสภาพมลพิษในอากาศ เป็นสาเหตุสำคัญของอาการดังกล่าว อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยใหม่ ๆ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า วิกฤตอุณหภูมิ โลก ร้อนขึ้นและมีระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมากขึ้น คือต้นเหตุทำให้พืชพรรณต่าง ๆ ผลิใบเร็วกว่าเดิม ขณะเดียวกันปริมาณละอองเกสรที่ฟุ้งกระจายไปตามอากาศก็มากขึ้นเช่นกัน คนที่เป็นภูมิแพ้หรือหอบหืดเมื่อสูดละอองเหล่านี้เข้าไปมาก ๆ อาการจึงกำเริบง่าย และเมื่ออุณหภูมิ ร้อนขึ้นก็ได้เกิดเชื้อโรคสายพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้นมากมาย



ที่มา : [www.sarakadee.com/web/modules.php?](http://www.sarakadee.com/web/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=685)

[name=Sections&op=viewarticle&artid=685](http://www.sarakadee.com/web/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=685) - 117k -

ภาพที่ 10.7 สารภูมิแพ้

### 3.8 สัตว์อพยพไร้ที่อยู่

ผลกระทบจากปัญหาโลกร้อน ทำให้สัตว์บางชนิด เช่น กระจอก ตัวชิปมังก์ หรือแม่กระทิงหนูลองอพยพหนีขึ้นไปอยู่บนที่สูงขึ้น สัตว์ที่กำลังเผชิญปัญหาใหญ่ ได้แก่ "หมีขั้วโลก" ที่ในอนาคตอาจมีชีวิตอยู่ในถิ่นฐานเดิมแถบอาร์กติก ขั้วโลกเหนือไม่ได้ เนื่องจากธารน้ำแข็งละลาย อย่างรวดเร็ว



### 3.9 ชนวนเกิดไฟป่า

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยืนยันตรงกันทั่วโลกว่า ภัยโลกร้อนเป็นสาเหตุให้ธารน้ำแข็งละลายและพายุก่อตัวบ่อย และรุนแรงขึ้นกว่าในอดีต ยิ่งไปกว่านั้นภาวะโลกร้อนยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิด "ไฟป่า" ได้ง่ายขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก และชาติเมืองหนาวในซีกโลกตะวันตก ซึ่งตามปกติไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องไฟป่าก็เริ่มรู้สึกถึงความเปลี่ยนแปลงนี้กันแล้ว เหตุเพราะสภาพป่าแห้งกว่าเดิม จึงเป็นเชื้อไฟอย่างดี

### 3.10 ผู้แข็งแรงเท่านั้นถึงอยู่รอด

โลกร้อนส่งผลให้น้ำหนาวหดสั้นลง และน้ำร้อนมาถึงเร็วขึ้น บรรดา "นกอพยพ" หลายสายพันธุ์ต่างมีงบประมาณ "นาฬิกาชีวภาพ" ในตัวของมันให้เข้ากับสภาพความผันแปรของฤดูกาลที่บิดเบี้ยวไปไม่ทัน สัตว์ที่จะเอาชีวิตรอดจากสภาพภูมิอากาศแปรปรวนในทุกวันนี้ได้ต้องเป็นสายพันธุ์ที่แข็งแรงที่สุดเท่านั้น ในที่สุดสัตว์ที่อยู่รอดจะต้อง "กลายพันธุ์" หรือปรับพันธุกรรมในตัวมันเสียใหม่ เพื่อรับมือภัยโลกร้อนให้ได้ และมีสัตว์หลายชนิดกำลังวิวัฒนาการตัวเองเช่นนั้นอยู่

### 3.11 "พีช" ขั้วโลกกินพีช

ช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ผลจากภาวะน้ำแข็งขั้วโลกละลายเพราะโลกร้อน ส่งผลต่อการดำรงอยู่ของพีชและสัตว์จำนวนมาก ตามปกติพีชแถบอาร์กติกจะถูกปกคลุมอยู่ในน้ำแข็งตลอดทั้งปี แต่ปัจจุบัน เมื่อน้ำแข็งละลายมากขึ้นเรื่อย โดยเฉพาะในช่วงก่อนฤดูใบไม้ผลิ จึงทำให้พีชที่เคยถูกห่อหุ้มด้วยน้ำแข็งกลายเป็นอิสระ สามารถเริ่มกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกลับมาเติบโตขึ้นอีกครั้ง กลายเป็นอีก 1 ปรากฏการณ์ใหม่ของพื้นที่ขั้วโลกเหนือ

### 3.12 ทะเลสาบหายสาบสูญ



เรื่องประหลาด ๆ ที่เกิดขึ้นในเขตอาร์กติก หรือ ขั้วโลกเหนือยังไม่หมดแค่นั้น มีงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมา "ทะเลสาบ" ประมาณ 125 แห่ง ได้หายสาบสูญไปจากเขตอาร์กติก เป็นสัญญาณหนึ่งที่ช่วยให้เห็นว่า ภัยโลกร้อนส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมแถบขั้วโลก สาเหตุที่ทะเลสาบหายไปก็เพราะ "เพอร์มาฟรอส" ที่เป็นน้ำแข็งแข็งตัวอยู่ใต้พื้นทะเลสาบนั้นละลายหมดสิ้นไป ดังนั้น น้ำในทะเลสาบจึงซึมเข้าสู่พื้นดินข้างใต้ได้ เหมือนกับเวลาเราดึงจุกปิดน้ำออกจากอ่างอาบน้ำแล้วน้ำจึงไหลหมดไปจากอ่างนั่นเอง นอกจากนี้ การที่ทะเลสาบขั้วโลกหายวับไป ยังส่งผลลูกโซ่ปั่นป่วนไปถึงระบบนิเวศในพื้นที่ที่พึ่งพิงน้ำจากทะเลสาบอีกด้วย

### 3.13 ดาวเทียมโคจรเร็วกว่าเดิม



การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จาก โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้าถ่านหิน ยวดยานพาหนะ ฯลฯ คือ ตัวการสำคัญของวิกฤต โลกร้อน ล่าสุดพบว่าแก๊สตัวเดียวกันนี้เองที่ขึ้นไป สะสมมากขึ้นในชั้นบรรยากาศโลก ได้กลายเป็น ต้นเหตุทำให้ "ดาวเทียม" ที่อยู่ในวงโคจรโลก เคลื่อนที่เร็วกว่าเดิม ตามปกติอากาศในบรรยากาศ ชั้นนอกสุดของโลกจะเบาบาง แต่โมเลกุลของ อากาศจะยังคงมีแรงดึงดูดมากพอ ในการทำให้ ดาวเทียมโคจรช้า ๆ ดังนั้น เราอาจเคยได้ยินข่าวกัน

มาบ้างว่า ผู้ควบคุมต้องจิงระเบิดดาวเทียมเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ดาวเทียมโคจรต่อไปอย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ลอยไปสะสมในบรรยากาศชั้นล่างมากไป จะทำแรงดึงดูด ของบรรยากาศชั้นนอกสุดลดกำลังลง ดาวเทียมจึงโคจรเร็วกว่าปกติ

### 3.14 ภูเขากระเด็นตัวเหนือพื้นโลก

ภูเขาและเทือกเขาสูงหลายแห่งทั่วโลกกำลังขยายตัว "สูง" ขึ้น เพราะผลจากโลกร้อน นั้นเป็นเพราะตามธรรมชาติที่ผ่าน ๆ มานับพันปี ยอดภูเขาในเขตนาวเย็นโดยทั่วไปจะมี "น้ำแข็ง" ปกคลุมอยู่ ทำหน้าที่เป็นเหมือนกับค้อนน้ำหนักรักษาที่คอยกดทับให้ฐานล่างของภูเขาทรุดต่ำลงไปใต้ พื้นผิว เมื่อน้ำแข็งบนยอดเขามลายสูญสิ้นไป ส่วนฐานล่างที่เคยถูกกดจมดินลงไป จะค่อย ๆ กระเด็นคืนตัวกลับมาเหนือผิวโลกอีกครั้ง

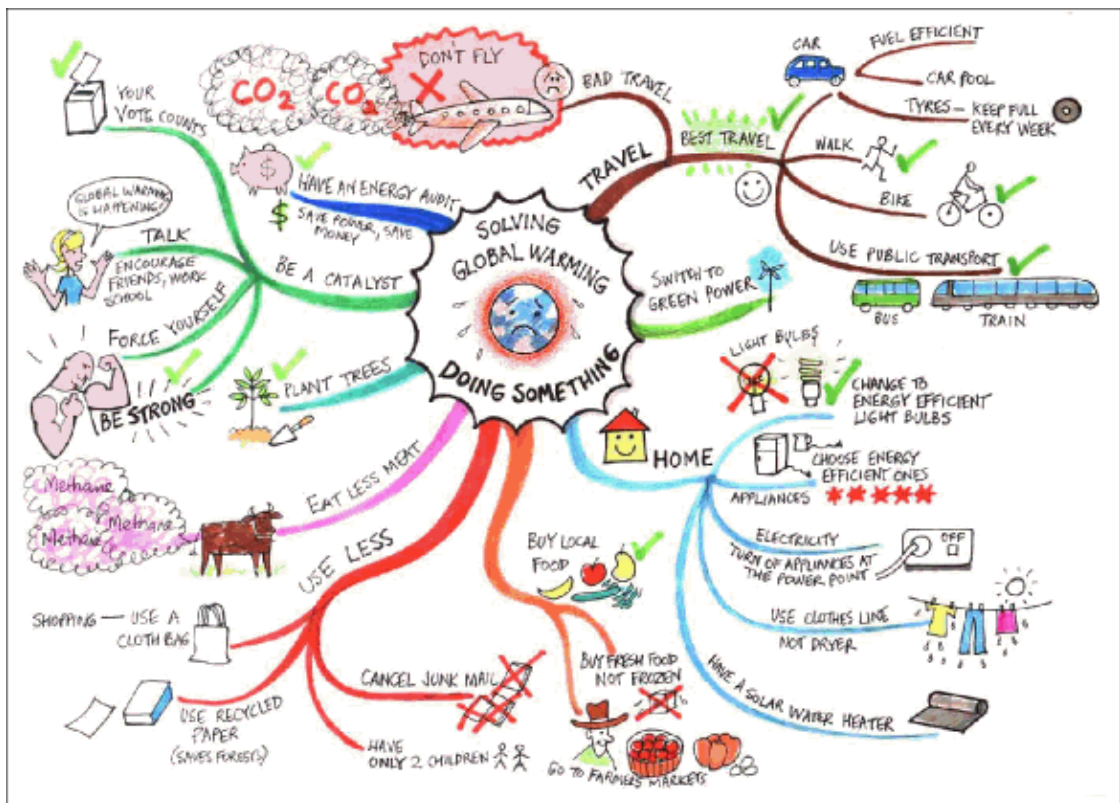
### 3.15 โบราณสถานเสียหาย

โบราณสถาน เมืองเก่าแก่ ซากปรักหักพังทางประวัติศาสตร์ ฯลฯ อันเป็นสิ่งแสดงถึง วัฒนธรรมอันรุ่งเรืองของมนุษย์ในอดีตได้รับผลกระทบจากโลกร้อน เหตุเพราะโลกร้อน ทำให้อากาศทั่วโลกแปรปรวน ทั้งเกิดพายุ น้ำท่วม ภัยแล้ง ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูง และล้วนแต่สร้างความเสียหายให้กับมรดกตกทอดทางประวัติศาสตร์ดังกล่าว ซึ่งมีสภาพทรุดโทรมอยู่แล้ว โบราณสถานอายุ 600 ปีในจังหวัดสุโขทัยของประเทศไทยเรา ก็เคยเสียหายอย่างหนักเพราะ ภัยน้ำท่วมใหญ่ซึ่งเป็นผลจากภัยโลกร้อน

### 3.16 การเกิดพายุมากขึ้น

หนังสือ An Inconvenient Truth ของอัล กอร์ เขียนระบุว่า ยิ่งอุณหภูมิมหาสมุทรอุ่นขึ้นมากเท่าไร ก็จะก่อให้เกิดพายุถล่มรุนแรงขึ้นเท่านั้น จากผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่ยืนยันว่า น้ำอุ่นบนผิวน้ำของมหาสมุทรสามารถถ่ายทอดพลังงานความร้อนได้มากขึ้น จนก่อให้เกิดเฮอริเคนที่มีกำลังมหาศาลขึ้น แนวคิดที่ว่าภาวะโลกร้อนนั้นเชื่อมโยงกับพายุเฮอริเคนที่จะทวีความรุนแรงขึ้นและเกิดถี่ขึ้น จึงได้รับการยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากผลกระทบดังกล่าวข้างต้น มีตัวอย่างหลากหลายวิธีลดภาวะโลกร้อนด้วยตนเองดังนี้



ที่มา : gotoknow.org

ภาพที่ 10.11 วิธีการลดโลกร้อนด้วยการเขียน Mind Mapping

กิจกรรม นักศึกษามีวิธีการอย่างไรบ้าง ในการดูแลรักษาโลกของเราให้คงอยู่ตราบนานเท่านาน  
ยกตัวอย่างพร้อมวาดรูปประกอบด้วย



ปัจจุบันทั่วโลกได้ฉันทนงค์เพื่อลดปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกันอย่างกว้างขวางและจริงจัง ซึ่งล่าสุดได้มีการประชุมของตัวแทนจากนานาชาติ 160 ประเทศ เพื่อหาทางลดปัญหาโลกร้อนเมื่อวันที่ 1 - 10 ธันวาคม 2540 ที่ประเทศญี่ปุ่น เรียกว่า **พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)**

เป็นมาตรการทางกฎหมายที่ดำเนินการเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายในการรับมือกับภาวะโลกร้อน โดยประกาศในข้อตกลงครั้งประวัติศาสตร์ว่า

ด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกขององค์การสหประชาชาติ (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) ซึ่งมีมติของที่ประชุมลงความเห็นทำให้ประเทศอุตสาหกรรม 39 ประเทศลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตั้งแต่ปัจจุบัน จนกระทั่งถึงช่วง พ.ศ. 2551 -2555 สามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ย 5.2% ของแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกทั้งหมดในปี 2533 เช่นประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสมาคมยุโรป ถูกกำหนดให้ลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 6% ,7% และ 8% ตามลำดับ และได้จัดทำเป็นสนธิสัญญาว่าด้วยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้น เพื่อให้ทุกประเทศถือปฏิบัติ อย่างไรก็ตามการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่กํานตามสนธิสัญญาดังกล่าวนั้นยังน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นปัญหาโลกร้อนอันเกิดจากแก๊สเรือนกระจกยังคงอยู่ต่อไปหรือเพิ่มขึ้นกว่าเดิมก็อาจเป็นไปได้ ถ้าทุกคนยังไม่เข้าใจปัญหาและร่วมแก้ไขอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามประเทศพัฒนาแล้วอย่าง สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย ก็เป็นตัวตั้งตัวตีในการต่อต้านสนธิสัญญาดังกล่าว ผู้เชี่ยวชาญด้านนโยบายสาธารณะบางท่านได้มองพิธีสารเกียวโตว่าเป็นตัวการที่ถ่วงการเติบโตของประชาธิปไตยอุตสาหกรรมโลก (world's industrial democracies)



## กิจกรรมที่ 10.2

เรื่อง แบบจำลองภาวะเรือนกระจก

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเข้าใจถึงการเกิดภาวะเรือนกระจก

วัสดุและอุปกรณ์

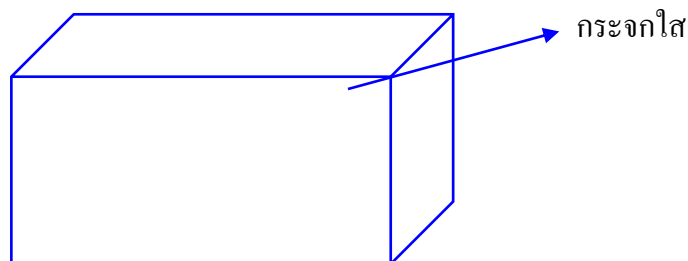
1. กล่องกระจก 1 กล่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน

ใบความรู้

เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบถึงผิวโลก พื้นดินจะดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์เอาไว้ ส่วนหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานของแสงในช่วงที่ตามองเห็น หรือ แสงขาว พลังงานแสงอาทิตย์ อีกส่วนหนึ่งจะถูกพื้นดินสะท้อนกลับเข้าสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวในช่วงอินฟราเรด หรือ รังสีความร้อน รังสีอินฟราเรดเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนโดยไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งแก๊สอื่น ๆ ในบรรยากาศชั้นล่างสุด ทำให้บรรยากาศชั้นล่างสุดอบอุ่นขึ้น นอกจากนี้รังสีอินฟราเรดบางส่วน ที่ถูกแผ่ออกมาจากพื้นผิวโลกสู่บรรยากาศยังถูกสะท้อนกลับมายังผิวโลกอีก จึงทำให้พื้นผิวโลกอบอุ่นขึ้นอีก เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "ภาวะเรือนกระจก" (greenhouse effect)

วิธีทำ

1. นำกล่องกระจกจำลองจำนวน 1 กล่อง
2. นำเทอร์โมมิเตอร์มาวางไว้ภายในกล่องกระจกจำลอง จำนวน 1 อัน และภายนอกกล่องกระจกจำลอง จำนวน 1 อัน และนำกล่องกระจกจำลองไว้กลางแดด อ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ บริเวณในกล่องกระจกจำลองและนอกกล่องกระจกจำลอง ทุกๆ 30 นาที ประมาณ 4 ครั้ง บันทึกผล
3. นำผลการทดลองที่ได้มาแสดงเป็นกราฟเส้น โดยกำหนดให้แกนนอนเป็นเวลา และแกนตั้งเป็นอุณหภูมิ



ตารางบันทึกผลกิจกรรม

การวัดอุณหภูมิ	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง			
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
อุณหภูมินอกกล่องกระจก ( $^{\circ}\text{C}$ )				
อุณหภูมิในกล่องกระจก ( $^{\circ}\text{C}$ )				

คำถาม

1. กล่องกระจกเปรียบเสมือนอะไรและทำหน้าที่อะไร

.....

.....

.....

2. ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ระหว่างอุณหภูมิภายในกล่องกระจกจำลองและอุณหภูมินอกเรือนกระจกจำลอง เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการให้อุณหภูมิที่อ่านได้ภายในกล่องกระจกลดลง จะมีวิธีการทำอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

4. ถ้ายังปล่อยให้ให้อุณหภูมิภายในกล่องกระจกเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ นักศึกษาคิดว่าจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายในกล่องกระจกอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

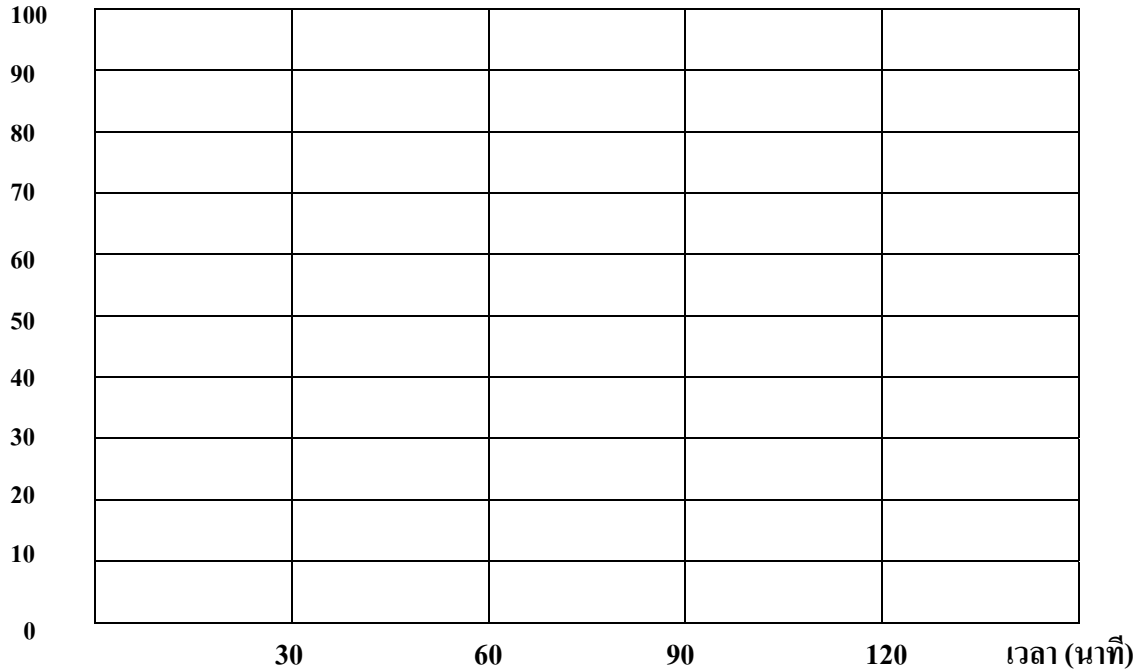
.....

.....

.....

5. เขียนกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในกอล่งกระจกจำลองและอุณหภูมิในกล่องกระจกจำลอง

อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )



หมายเหตุ

- สีแดงแทนอุณหภูมิในกล่องกระจก
- สีน้ำเงินแทนอุณหภูมิในอกกล่องกระจก

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### กิจกรรมที่ 10.3

เรื่อง การเกิดเอลนีโญ (El Niño) และ ลานีญา (La Niña)

#### วัตถุประสงค์

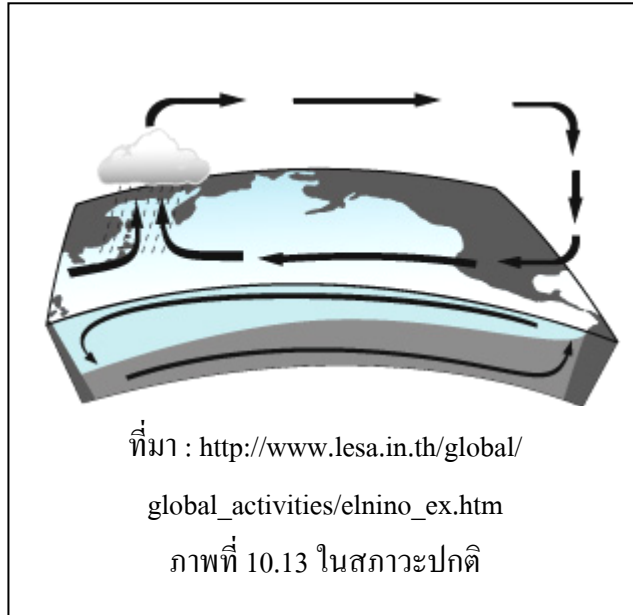
1. เพื่อศึกษาและเข้าใจถึงการเกิดภาวะความเปลี่ยนแปลงของโลกเนื่องจากภาวะโลกร้อน
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับสูงของน้ำทะเลขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ

#### ใบความรู้

**เอลนีโญ (El Niño)** เป็นคำภาษาสเปน แปลว่า บุตรพระคริสต์ หรือพระเยซู เป็นชื่อของ กระแสน้ำอุ่นที่ไหลเวียนชายฝั่งทะเลของประเทศเปรูลงใต้ทุก 2 – 3 ปี โดยเริ่มประมาณช่วง เทศกาลคริสต์มาส กระแสน้ำอุ่นนี้จะไหลเข้าแทนที่กระแสน้ำเย็นที่อยู่ตามชายฝั่งเปรูนานประมาณ 2 – 3 เดือน และบางครั้งอาจจะยาวนานข้ามปีถัดไป เป็นคาบเวลาที่ไม่แน่นอน และมีผลทางระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร ปริมาณปลาน้อย นกกินปลาขาดอาหาร ชาวประมงขาดรายได้ รวมทั้งเกิดฝนตกและดินถล่มอย่างรุนแรงในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ เอลนีโญเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของกระแสอากาศ และกระแสน้ำในมหาสมุทร ทั้งบนผิวพื้นและใต้มหาสมุทร ปรากฏการณ์เอลนีโญมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า **“El Niño – Southern Oscillation”** หรือเรียกอย่างสั้นๆ ว่า ENSO ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้

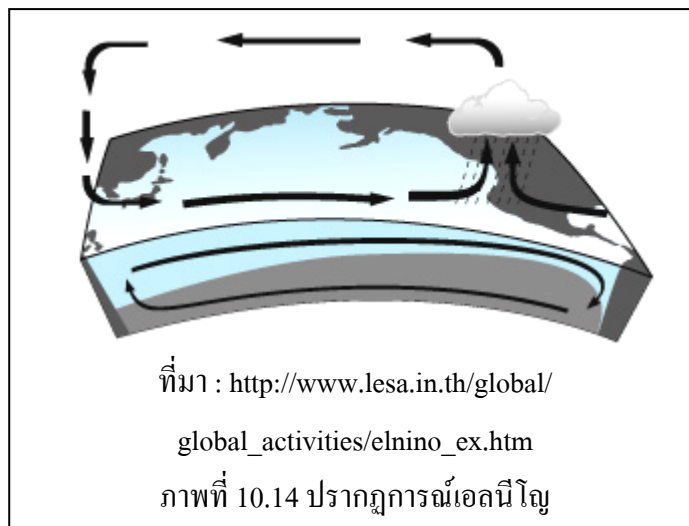
#### สถานะปกติ

โดยปกติบริเวณเส้นศูนย์สูตรโลกเหนือมหาสมุทรแปซิฟิก ลมสินค้าตะวันออก (Easterly trade winds) จะพัดจากประเทศเปรู ชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ไปทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก แล้วยกตัวขึ้นบริเวณเหนือประเทศอินโดนีเซีย ทำให้มีฝนตกมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทวีปออสเตรเลียตอนเหนือ กระแสลมสินค้าพัดให้กระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกันทางตะวันตกจนมีระดับสูงกว่าระดับน้ำทะเลปกติประมาณ 60 – 70 เซนติเมตร แล้วจมตัวลง กระแสน้ำเย็นใต้มหาสมุทรซีกเบื้องล่างเข้ามาแทนที่กระแสน้ำอุ่นพื้นผิวซีกตะวันออก นำพาธาตุอาหารจากก้นมหาสมุทรขึ้นมาทำให้ปลาชุกชุม เป็นประโยชน์ต่อนกทะเล และการทำประมงชายฝั่งของประเทศเปรู (ภาพที่ 10.13)



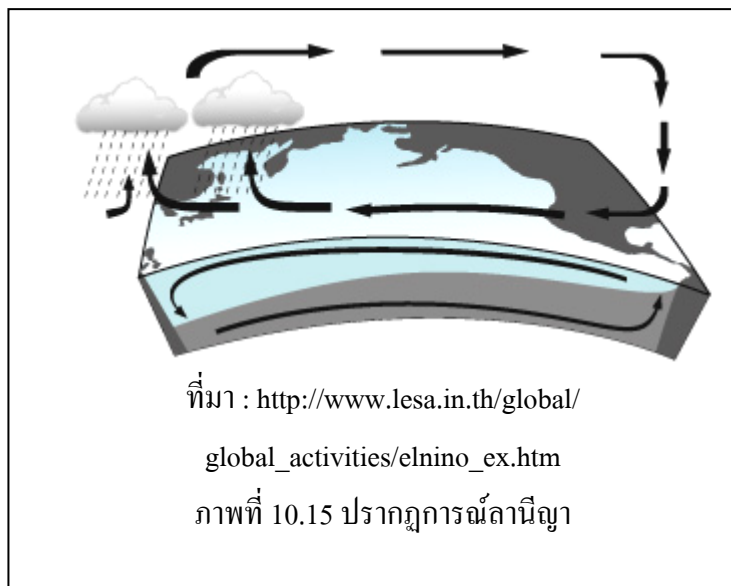
### ปรากฏการณ์เอลนีโญ

เมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ กระแสลมสินค้าตะวันออกอ่อนกำลัง กระแสลมพื้นผิวเปลี่ยนทิศทาง พัดจากประเทศอินโดนีเซีย และออสเตรเลียตอนเหนือไปทางตะวันออก แล้วยกตัวขึ้นเหนือชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ก่อให้เกิดฝนตกหนักและแผ่นดินถล่มในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ กระแสลมพัดกระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกัน บริเวณชายฝั่งประเทศเปรู ทำให้กระแสน้ำเย็นใต้มหาสมุทรไม่สามารถลอยตัวขึ้นมาได้ ทำให้บริเวณชายฝั่งขาดธาตุอาหารสำหรับปลา และนกทะเล ชาวประมงจึงขาดรายได้ ปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้ฝนตกหนักในตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ แต่ยังคงก่อให้เกิดความแห้งแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และออสเตรเลียตอนเหนือ การที่เกิดไฟไหม้ป่าอย่างรุนแรงในประเทศอินโดนีเซีย ก็เป็นเพราะปรากฏการณ์เอลนีโญนั่นเอง (ภาพที่ 10.14)

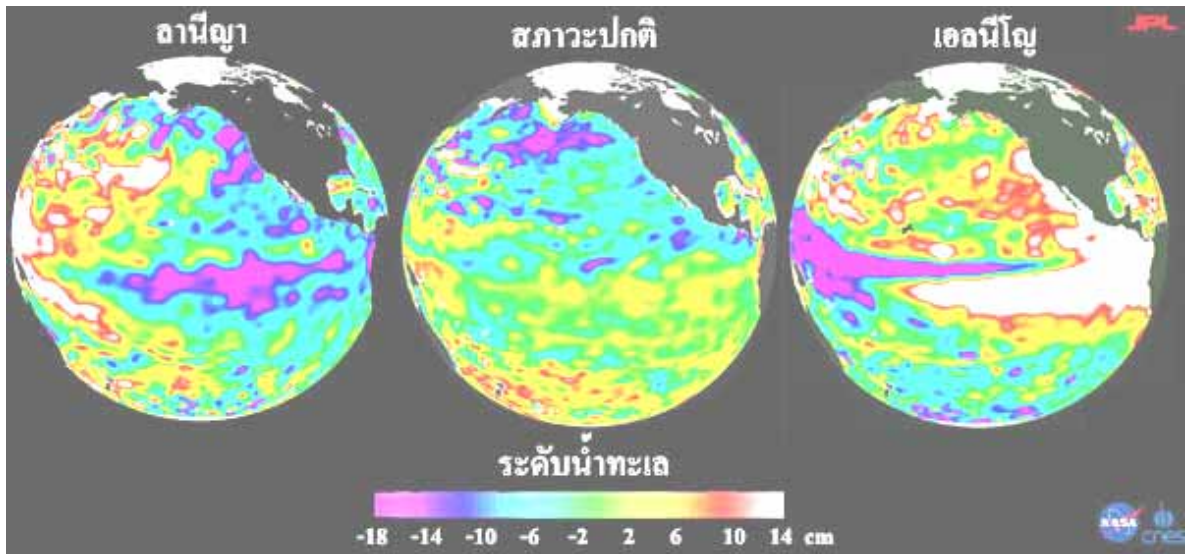


## ปรากฏการณ์ลานีญา

ลานีญา (La Niña) แปลว่า บุตรธิดา เป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะตรงข้ามกับเอลนีโญ คือมีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาวะปกติ แต่ทว่ารุนแรงกว่า กล่าวคือ กระแสลมสินค้าตะวันออกมีกำลังแรง ทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณทางซีกตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกสูงกว่าสภาวะปกติ ลมสินค้ายกตัวเหนือประเทศอินโดนีเซีย ทำให้เกิดฝนตกอย่างหนัก น้ำเย็นใต้มหาสมุทรยกตัวขึ้นแทนที่ กระแสน้ำอุ่นพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกทางซีกตะวันตก ก่อให้เกิดธาตุอาหาร ผุงปลาชุกชุมตามบริเวณชายฝั่งประเทศเปรู (ภาพที่ 10.15)



เราอาจกล่าวอย่างง่าย ๆ ว่า เอลนีโญทำให้เกิดฝนตกหนักในตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และเกิดความแห้งแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในทางกลับกันลานีญาทำให้เกิดความแห้งแล้งทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และเกิดฝนตกหนักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทั้งเอลนีโญและลานีญาเกิดจากความผกผันของกระแสอากาศโลก บริเวณเส้นศูนย์สูตร เหนือมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ก็ยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด ภาพถ่ายจากดาวเทียมโทเพ็กซ์/โพซิดอน (TOPEX/Poseidon) จาก NASA ในภาพที่ 10.16 แสดงให้เห็นความต่างระดับของน้ำทะเลบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิก สีขาวแสดงระดับน้ำซึ่งสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 14 เซนติเมตร สีม่วงหรือสีเข้มแสดงระดับน้ำซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ -18 เซนติเมตร ขณะเกิดลานีญา - เอลนีโญ



ที่มา : [http://www.lesa.in.th/global/global\\_activities/el\\_nino\\_ex.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_activities/el_nino_ex.htm)

ภาพที่ 10.16 ระดับน้ำพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิก

**อุปกรณ์**

- ภาพการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา
- ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงระดับสูงของน้ำทะเล ขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา

**วิธีทำ**

1. แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละ 2 คน
2. ให้นักศึกษาสรุปความสัมพันธ์ระหว่างกระแสน้ำและระดับน้ำทะเล จากใบความรู้
3. สุ่มตัวอย่างนักศึกษา นำเสนอความคิดเห็นให้แก่เพื่อนในห้อง
4. คุณครูอธิบายถึงการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ที่มีอิทธิพลต่อสภาพภูมิอากาศ

**จงอธิบายความสัมพันธ์ของกระแสน้ำและระดับน้ำทะเล**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมที่ 10.4 ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน

**ใบความรู้** ความวิตกเรื่องปัญหาโลกร้อนกระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์หลายคนคิดค้นหนทางแก้ไข

แบบสุดแหวกแนว อาทิ

1. การเทศารเจริตอล (Geritol) ลงสู่มหาสมุทร
2. การสร้างจากกันแดดนอกโลก
3. การทดลองพันสารแบบภูเขาไฟระเบิด
4. การสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ถึงแม้นักวิจารณ์จะออกมาโต้เสียงดังว่าวิธีการเหล่านี้ "หลุดโลก" แต่ปรากฏว่าได้มีการทดลองใช้วิธีการดังกล่าวกันไปบ้างแล้ว

### 1. การเทศารเจริตอล (Geritol) ลงสู่มหาสมุทร

**สารเจริตอล** คือ สารเหล็กที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงตอน เนื่องจากแพลงตอนต้องอาศัยสารดังกล่าวในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะช่วยลดแก๊สเรือนกระจกและสร้างสาหร่ายทะเลที่ดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย ถึงแม้การทดลองใช้สารเหล็กเพื่อลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะประสบความสำเร็จมาแล้วหลายครั้งหลายหนในรอบทศวรรษที่ผ่านมา แต่นักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมหลายคนก็ยังห่วงว่าหากมีการใช้สารเหล็กในปริมาณมาก ระบบนิเวศของมหาสมุทรอาจจะได้รับผลกระทบร้ายแรง เฉพาะแค่ช่วงต้นเดือนมีนาคมที่ผ่านมา บริษัท "แพลงโตส อิงค์" จากรัฐแคลิฟอร์เนีย ได้เทผงเหล็กรวม 50 ตันลงมหาสมุทรแปซิฟิกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

"ถ้าเราเทศารแบบนี้ลงไปมาก อุณหภูมิพื้นผิวมหาสมุทรกับใต้มหาสมุทรจะต้องต่างกันแน่ ๆ แล้วสัตว์ทะเลก็จะเดือดร้อน" นายทิม บาร์เน็ตต์ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบนิเวศทางทะเลประจำสถาบันสมุทรศาสตร์สคริปป์ส แสดงความวิตก

อย่างไรก็ตาม แพลงโตส อิงค์ ยืนยันว่า สารเหล็กที่เทลงสู่ทะเลนั้นน้อยนิดเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำของห้วงมหาสมุทร จึงเป็นหลักประกันได้ว่าสารเหล็กจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในห้วงสมุทร

"ที่สำคัญ เราคาดว่าเหล็ก 1 ตันที่ลงสู่ห้วงสมุทรจะช่วยกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศไปได้ 1 แสนตันทีเดียว" เจ้าหน้าที่ของบริษัทกล่าวอย่างมั่นใจ



## ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการเทศารเจริตอล (Geritol) ลงสู่มหาสมุทร

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### 2. การสร้างจากกันแดดนอกโลก

ขณะเดียวกัน องค์การนาซา ทุ่มเงินจำนวน 7.5 หมื่นดอลลาร์สหรัฐ (ราว 2.44 ล้านบาท) เพื่อเติมเต็มรายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดการสร้างจากกันแดดนอกโลก แนวคิดดังกล่าวมาจาก นายโรเจอร์ แองเจิล นักดาราศาสตร์ประจำมหาวิทยาลัยอริโซนา ที่เชื่อว่าหากสร้างแผ่นกันแดด กางกั้นระหว่างดวงอาทิตย์และโลกได้ ปัญหาโลกร้อนก็จะคลี่คลายไปได้

"ผมคิดว่าจากกันแดดดังกล่าวน่าจะลดความร้อนจากดวงอาทิตย์ไปได้ราวร้อยละ 2" นักดาราศาสตร์รายนี้ย้ำ

นายแองเจิล มั่นใจว่า แนวคิดนี้มีความเป็นไปได้เพราะโลกมีวิทยาการเพียงพอที่จะจัดทำ แผ่นกันแดดแล้วส่งแผ่นเหล่านี้ออกไปติดตั้งนอกโลกได้

หากต้องการสร้างจากกันแดดนอกโลก นายแองเจิล ประเมินไว้ว่า จะต้องสร้างแผ่น กันแดดขนาด 1 ยาร์ดต่อแผ่น จำนวนทั้งสิ้น 16 ล้านล้านแผ่น

"จรวดแต่ละลูกน่าจะบรรจุได้ 8 แสนแผ่น ซึ่งหมายความว่าเราน่าจะต้องยิงจรวดประมาณ 20 ล้านครั้ง" นักดาราศาสตร์รายเดิม อธิบาย

นายแองเจิลชี้ว่าโครงการนี้อาจจะต้องใช้งบประมาณราว 4 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ (ราว 130 ล้านล้านบาท) และใช้เวลาดำเนินการอย่างน้อย 30 ปี

"อย่าไปคิดว่าโครงการนี้ใหญ่เกินกว่าจะทำได้เพราะการที่เราส่งคนออกไปดาวอังคารก็ใช้ งบประมาณประมาณนี้แหละ ถ้าเราตระหนักถึงอันตรายของภาวะโลกร้อนอย่างแท้จริง ผมเชื่อว่า โครงการสร้างจากกันแดดนอกโลกจะได้รับการยอมรับ" นายแองเจิล กล่าวปิดท้าย

ด้านศูนย์วิจัยชั้นบรรยากาศแห่งชาติอเมริกากำลังหันมาสนใจแนวคิดการสร้างจากกันแดด นอกโลกด้วยเหมือนกัน โดยมีแผนไว้ว่าจะเริ่มศึกษาแนวคิดดังกล่าวอย่างจริงจัง

### ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการสร้างฉากกันแดดนอกโลก

.....

.....

.....

.....

.....

### 3. การทดลองฟ่นสารแบบภูเขาไฟระเบิด

ก่อนหน้านี้ ทางศูนย์ได้ลงศึกษาการฟ่นผงซัลเฟตสู่ชั้นบรรยากาศด้านบนมาแล้วเพราะเคยเห็นว่าผงดังกล่าวจากเหตุภูเขาไฟพินาตุโอบระเบิดในฟิลิปปินส์เมื่อ 16 ปีก่อนช่วยให้อุณหภูมิโลกเย็นอยู่ได้นานถึง 1 ปีทีเดียวเนื่องจากผงซัลเฟตช่วยสะท้อนแสงแดดออกสู่นอกโลกไปบางส่วน

"เราสามารถใส่เครื่องฟ่น ปืนใหญ่หรือบอลลู่นส่งเอาซัลเฟตขึ้นไปอยู่ในอากาศได้ เมื่อทำแล้ว โลกจะร้อนน้อยลงเพราะกันแสงอาทิตย์ไปได้บางส่วน แต่มลพิษในอากาศจะเพิ่มขึ้นไปเล็กน้อย ถ้าเราเลือกใช้วิธีนี้ เราก็ต้องชั่งใจว่าปัญหาโลกร้อนกับมลพิษทางอากาศนั้นอย่างไหนร้ายแรงกว่ากัน" นายทอม วิลลีย์ นักวิทยาศาสตร์ประจำศูนย์วิจัยชั้นบรรยากาศแห่งชาติอเมริกาให้ความเห็น

อย่างไรก็ตาม เพื่อนร่วมงานอย่าง "นายคาสปาร์ อัมมานน์" ค้านหัวชนฝาว่าแนวคิดนี้สมควรทิ้งไปได้เลยเพราะหากจะให้เกิดปฏิกิริยาสะท้อนแสงมากในระดับเดียวกับที่ภูเขาไฟพินาตุโอบทำได้ ผู้ลงมือปฏิบัติจะต้องฟ่นสารซัลเฟตมากหลายหมื่นตันขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศต่อเดือน

"ผมคิดว่าถ้าวิธีการยุ่งยากขนาดนี้ ผมว่าน่าจะไปหาทางแก้ปัญหาโลกร้อนที่ต้นเหตุจะดีกว่า" นายอัมมานน์ แสดงความคิดเห็น

### ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการทดลองฟ่นสารแบบภูเขาไฟระเบิด

.....

.....

.....

.....

.....

#### 4. การสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

อีกแนวคิดหลุดโลกกว่าด้วยการแก้ปัญหาโลกร้อน คือ การสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากมันสมองของนายเคลาส์ แล็กเนอร์ อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยโคโลัมเบีย

เกือบสิบปีที่แล้ว นายแล็กเนอร์คิดค้นเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นเพื่อช่วยลูกสาววัยเรียนทำสิ่งประดิษฐ์ไปจัดแสดงในนิทรรศการงานวิทยาศาสตร์ หลังจากโครงการของลูกสาวประสบความสำเร็จ นายแล็กเนอร์เลยเกิดแนวคิดที่เครื่องดังกล่าวอาจจะนำไปใช้แก้ปัญหาในระดับโลกได้

มหาเศรษฐีอย่างนายริชาร์ด แบรนสัน ก็เห็นด้วยว่าเครื่องดักจับคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะเป็นทางออกในการแก้ปัญหา จึงยินดีมอบเงินรางวัลถึง 25 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (ราว 814 ล้านบาท) ให้แก่การพัฒนาแนวคิดดังกล่าวเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ที่ผ่านมา

นายแล็กเนอร์ มั่นใจว่าสิ่งประดิษฐ์นี้จะดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยอมรับว่าการหาทางกำจัดแก๊สดังกล่าวจะมีต้นทุนมากสักหน่อย แต่ไม่ว่านักคิดหัวใสจะพูดว่าอย่างไร นักวิจารณ์บางส่วนยังเห็นว่าการแก้ปัญหาทางธรรมชาติไม่ควรจะใช้วิธีการแบบสุดขั้วอย่างนี้

"ผมมองว่านี่เป็นการกระทำที่เกิดจากความสิ้นหวัง เกิดจากความเชื่อของคนบางคนว่าโลกไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตัวเอง" นายสตีเฟน ชไนเดอร์ อาจารย์จากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด กล่าว

**ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์**

.....  
.....  
.....  
.....

#### **สรุปความคิดเห็น**

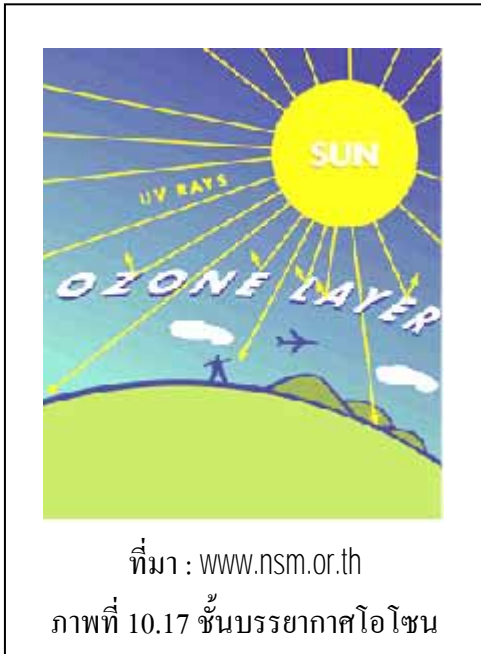
**จากทั้งหมด 4 วิธีข้อเสนอแนะแนวเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน นักศึกษาขอวิธีใดมากที่สุด**

**เพราะเหตุใด**

.....  
.....  
.....  
.....

## กิจกรรมที่ 10.5 โอโซน

### ใบความรู้การเกิดโอโซน



ในบรรยากาศมีแก๊สออกซิเจนประมาณ 21 % เริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อประมาณ 2 พันล้านปีก่อน เนื่องจากเซลล์โพรคาริโอตบางสายพันธุ์ ได้พัฒนาเป็นเซลล์ยูคาริโอต โดยการสร้างเนื้อเยื่อห่อหุ้มโครโมโซม และสร้างคลอโรพลาสต์เพื่อสังเคราะห์พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศให้เป็นอาหาร และปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมา เมื่อแก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) ลอยตัวสู่บรรยากาศชั้นบน มันจะควบกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต และแตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (O) จากนั้นจะรวมตัวกับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนอีกครั้งเกิดเป็นแก๊สโอโซน ( $O_3$ ) เมื่อบรรยากาศของโลกมีแก๊สโอโซนห่อหุ้มแล้ว รังสี

อัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถแผ่ลงมาถึงพื้นผิวได้ สิ่งมีชีวิตซึ่งเคยอาศัยอยู่ในท้องทะเลก็เริ่มอพยพขึ้นบก

ชั้นโอโซนอยู่ห่างจากผิวโลกประมาณ 20 ไมล์ โดยอยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ชั้นโอโซนจะช่วยป้องกันไม่ให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ส่องมาถึงโลกของเรา ดวงอาทิตย์ทำให้ชีวิตบนโลกดำรงอยู่ได้ ความอบอุ่นและพลังงานของดวงอาทิตย์ส่งผลต่อดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง แต่ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดรังสีที่เป็นอันตรายต่อชีวิตด้วย ชั้นโอโซนมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะทำหน้าที่เป็นเกราะคุ้มกัน ปกป้องพืชและสัตว์จากรังสีที่เป็นอันตรายของดวงอาทิตย์ ดังนั้นเมื่อใดที่โอโซนบางลงเราก็ได้รับการปกป้องน้อยลงด้วย เราเรียกรังสีที่เป็นอันตรายจากดวงอาทิตย์ว่า “อัลตราไวโอเล็ต” เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็นได้ หากมีปริมาณน้อยรังสีอัลตราไวโอเล็ต จะปลอดภัยและมีประโยชน์ โดยช่วยให้ร่างกายของเราได้รับวิตามินอี แต่รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มากเกินไป เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ

## ผลเสียที่เกิดจากการทำลายชั้นโอโซน



1. ทำให้คนเป็นโรคหรือมีอาการผิดปกติ ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผิวหนังและดวงตา อาการของผิวหนังในระยะสั้น ได้แก่ ผิวไหม้เกรียม หากได้รับแสงแดดที่ร้อนแรงนาน 9 - 12 ชั่วโมง จะรู้สึกคัน อาจพองเป็นตุ่มเล็ก มีน้ำใส ปวดและผิวหนังอักเสบติดเชื้อ อาการในระยะยาวคือ สีผิวไม่สม่ำเสมอโดยจะมีลักษณะเป็นกระดำหรือกระขาว เมื่อผิวหนังถูกทำลายนานๆ จะหยาบกระด้าง เกิดรอยเหี่ยวย่นก่อนวัยอันสมควรและอาจเป็นเนื้องอกหรือมะเร็งผิวหนัง melanoma ซึ่งเกิดน้อยแต่อัตราการตายสูง

ผู้เสียชีวิตจากมะเร็งผิวหนังทั่วโลกมีประมาณ 10,000 คน คนผิวขาวเป็นได้ง่ายกว่าคนผิวสี และเกิดกับผู้ที่อาศัยอยู่ก่อนมาทางอิกเวเตอร์มากกว่าทั่วโลก เช่น ในรัฐเท็กซัส มีผู้เป็นมะเร็งผิวหนังปีละ 379 คน ต่อประชากร 100,000 คน ขณะที่รัฐโอไออามีเพียง 124 คนต่อประชากร 100,000 คนเท่านั้น สำหรับอาการผิดปกติที่เกิดกับตา ได้แก่ ตาพร่า และโรคต้อกระจก

2. ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง จากการทดลอง พบว่า พืชหลายชนิด เช่น ข้าว ฝ้าย ถั่ว แดง โสม และกะหล่ำปลี มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง พืชโตช้า ผสมเกสรไม่ติดทำให้ผลผลิตลดลง

3. ทำลายระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยรังสี UV-B จะส่องทะลุน้ำและทำลายสาหร่ายเซลล์เดียวในทะเล ปลาที่กินสาหร่ายจะลดปริมาณ ลูกกุ้งเคยจะตายเพราะถูกรังสี ความอุดมสมบูรณ์ของทะเลรอบทวีปแอนตาร์กติก ซึ่งโอโซนถูกทำลายจะลดลงโดยใน พ.ศ. 2535 พบว่า แพลงตอนพืชลดลงร้อยละ 6-12 ทำให้เกิดปัญหาสายใยอาหารของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

4. ทำให้ทรัพย์สินเสื่อมเสียเร็วขึ้น ที่พบบ่อยได้แก่ ทำให้สีบ้านซีดจาง กระจกหน้าต่างเป็นสีเหลือง หลังคารถยนต์เป็นขุย และทำให้พลาสติกหรือวัสดุสังเคราะห์ เช่น ท่อพีวีซีแตกง่าย

5. ทำให้เกิดหมอกควันโอเลียรถยนต์ที่ทำปฏิกิริยากับแสงแดด และโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ จะทำให้เกิดหมอกควันบดบังทัศนวิสัยและทำให้พืชได้รับแสงแดดน้อยลง

**คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbons) หรือเรียกย่อว่า CFCs** คือแก๊สที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาราว ค.ศ. 1920 เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติพิเศษยอดเยี่ยม คือเป็นแก๊สเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากันสารอื่น ๆ ไม่ติดไฟ ไม่กัดกร่อนวัสดุ ไม่นำความร้อน ไม่ละลายน้ำ มนุษย์ได้นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตโฟม ฉนวนกันความร้อนตามอาคาร โรงงาน สารทำความเย็นในตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ กระป๋องสเปรย์ น้ำยาดับเพลิง เป็นตัวทำละลายใช้ทำความสะอาดแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

แก๊สนี้ไม่ได้เกิดขึ้นในอากาศตามธรรมชาติ CFCs คือมลพิษในอากาศที่เป็นเคมี แหล่งกำเนิดของสารคลอรีนมาจากสารกลุ่มซีเอฟซี (CFCs) ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าฟรอนซึ่งเป็นสารที่ใช้เพื่อทำความเย็น เช่น ในตู้เย็น สารกลุ่มนี้จะคงตัวได้นาน เมื่อกระจายสู่บรรยากาศจะลอยตัวขึ้นสูง ไปในชั้นสตราโตสเฟียร์ทะลุผ่านชั้นโอโซน ขึ้นไปยังบริเวณที่รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ตกกระทบบ่อยอย่างหนาแน่น รังสีอัลตราไวโอเล็ตจะแตกตัว CFCs ให้อะตอมอิสระของคลอรีน (Cl) ตกลงสู่ชั้นโอโซนและทำปฏิกิริยากับโอโซนทันที ทำให้เกิดเป็นสารประกอบโมโนออกไซด์ชั้น (CIO) กระบวนการจะเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ นักวิทยาศาสตร์คาดว่าทุก ๆ อะตอมของคลอรีนจะทำลายโอโซนได้ถึง 100,000 โมเลกุล การทำลายโอโซนจะเกิดขึ้นหลังจาก CFCs ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมขึ้นไปสู่ชั้นสตราโตสเฟียร์เป็นระยะเวลาจนถึง 15 ปี และคงอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ประมาณ 40-150 ปี

การวัดโอโซนในบรรยากาศ เป็นการวัดปริมาณโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ โดยวัดความหนาแน่นของพื้นที่คอลัมน์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสและที่ความกดอากาศ 1 บรรยากาศ หน่วยเป็น มิลลิ-บรรยากาศ-เซนติเมตร (milli-atmosphere-centimetre or m-atm-cm) หรือ หน่วยด็อบสัน (Dobson Unit : DU) โดยที่ 1 m-atm-cm = 1 DU โดยอนุมานว่า 1 DU คือความหนาของโอโซน ถ้าตัดโอโซนทั้งชั้น 20-30 กม.นั้นลงมาให้แบนเหมือนแผ่นกระดาษ ที่ STP แล้วได้ความหนา 10 ไมครอน (1 part per million metre : 1 ppm at STP)

ข้อมูลจากการสำรวจจากเครื่องบิน บอลลูนและดาวเทียมและข้อมูลจากนาซ่า และ National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) ในปลายปี ค.ศ. 1970 แสดงให้เห็นว่าบริเวณโอโซนในอวกาศมีปริมาณลดลงเรื่อยมา ในปี ค.ศ. 1986 นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสำรวจโอโซนในช่วงฤดูใบไม้ผลิซีกโลกใต้เหนือทวีปแอนตาร์กติกา (Antarctica) พบว่าปริมาณโอโซนลดลงเหลือเพียง 88 Dobson Unit (DU) เท่านั้น และพบว่ามีสารประกอบของคลอรีนโมโนออกไซด์ (CIO) ปริมาณสูงมาก สารกลุ่มนี้จะเป็นตัวทำลายชั้นโอโซน ปฏิกิริยานี้เรียกว่า **รูโอโซน** ซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณโอโซนในบรรยากาศต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 220 DU

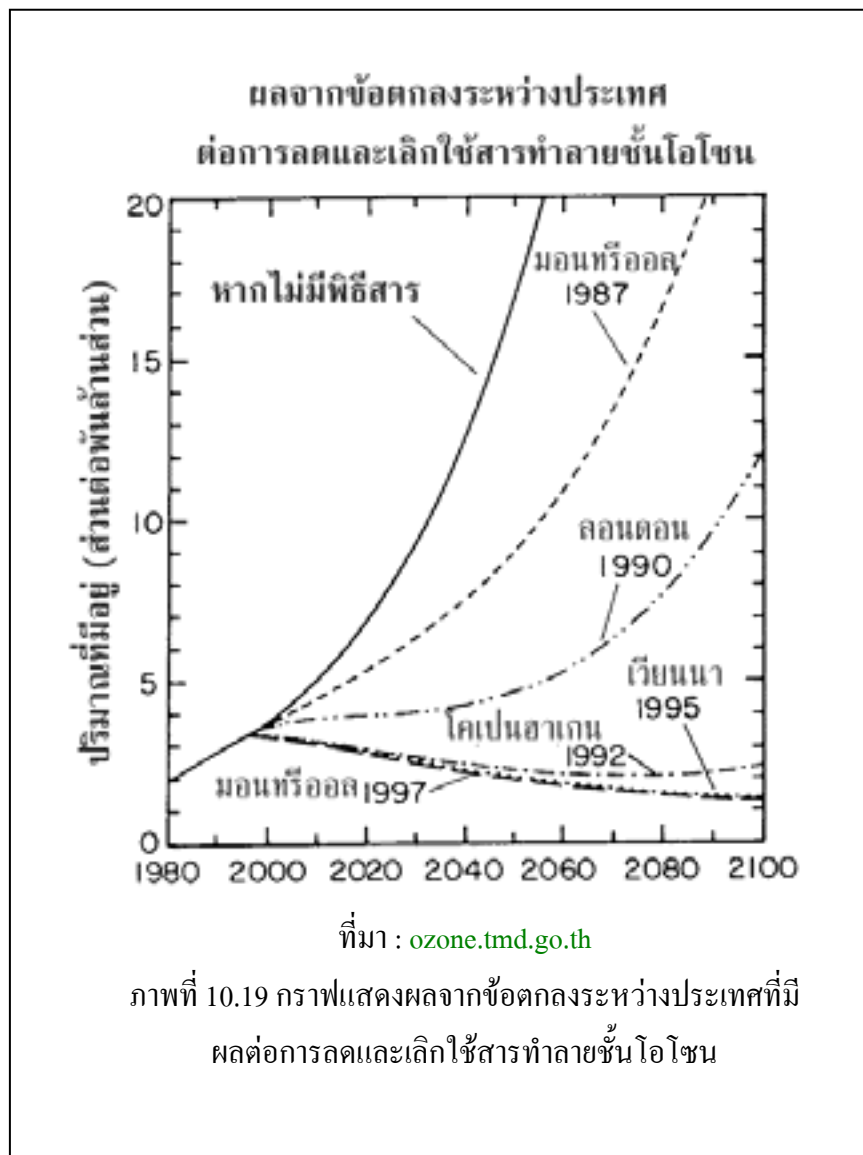
**ปัญหาที่เกิดกับโอโซนจากสารทำลายชั้นโอโซน มี 2 ประเด็น คือ**

1. สามารถฟื้นฟูโอโซนที่เสียไปได้หรือไม่
2. หาแนวทางป้องกันปัญหาที่จะเกิดในอนาคตได้หรือไม่

เนื่องจากโอโซนเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย จึงไม่เสถียรพอที่จะสร้างขึ้นและส่งกลับเข้าสู่บรรยากาศ การฟื้นฟูจึงทำได้เพียงการมีมาตรการและวิธีการที่สนับสนุนด้านการลดการใช้สารทำลายชั้นโอโซนที่เกิดจากสาร CFCs ซึ่งก็คือ การมีข้อกำหนดในพิธีสารมอนทรีออล

**พิธีสารมอนทรีออลว่าด้วยสารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer)** คือสนธิสัญญาสากลที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อควบคุม

ยับยั้ง และรณรงค์ให้ลดการผลิตและการใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน เพื่อรักษาระดับชั้นบรรยากาศโอโซนที่เริ่มจะสูญสลายไปเนื่องจากสารเหล่านี้ โดยพิธีสารได้เปิดให้ประเทศต่าง ๆ ลงนามเป็นประเทศภาคีสมาชิกในวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2530 และเริ่มการบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2532 เป็นต้นมา ตั้งแต่นั้นมาได้มีการแก้ไขปรับปรุงพิธีสาร 5 ครั้งด้วยกัน ครั้งที่ 1 ณ กรุงลอนดอน สหราชอาณาจักร เมื่อ พ.ศ. 2533 ครั้งที่ 2 ณ กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก เมื่อ พ.ศ. 2535 ครั้งที่ 3 ณ กรุงเวียนนา สาธารณรัฐออสเตรีย เมื่อ พ.ศ. 2538 ครั้งที่ 4 ณ เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา เมื่อ พ.ศ. 2540 และครั้งที่ 5 ณ กรุงปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน เมื่อ พ.ศ. 2542 เนื่องจากการนำไปใช้อย่างกว้างขวางและเสียงสนับสนุนและชื่นชมจากนานาประเทศและหลาย ๆ องค์กรทำให้พิธีสารมอนทรีออลถูกยกย่องให้เป็นตัวอย่างของการร่วมมือกันระหว่างประเทศในการแก้ไขปัญหาในระดับนานาชาติ



## ข้อสัญญาและจุดประสงค์

สนธิสัญญานี้มุ่งไปที่การจำกัดการใช้กลุ่มสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน-ฮาโลเจน ซึ่งพบว่ามีส่วนสำคัญในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน โดยสารทำลายชั้นโอโซนทั้งหมดนี้มีส่วนผสมของคลอรีนหรือโบรมีนประกอบอยู่ด้วย (ในขณะที่สารที่ประกอบด้วยฟลูออรีนเท่านั้นจะไม่ทำลายชั้นโอโซน) สนธิสัญญาได้จำแนกสารทำลายชั้นโอโซนออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยแบ่งเป็นตารางเวลาที่ระบุถึงจำนวนปีที่มีการผลิตสารเหล่านี้จะต้องยุติลงและหมดสิ้นลงไปในที่สุด จุดประสงค์ของสนธิสัญญานี้ได้ถูกระบุไว้ในข้อสัญญาพิธีสาร โดยบรรดาประเทศที่ลงนามในพิธีสารได้แถลงว่า

...ผู้ลงนามในสัญญาทราบดีว่าการแพร่กระจายของสารประกอบหนึ่ง ๆ (สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน) ทั่วโลก ได้ทำให้ชั้นโอโซนหมดไปหรือเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในระดับที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมวลมนุษยชาติและสิ่งแวดล้อมได้ ผู้ลงนามในสัญญาจึงตกลงที่จะปกป้องชั้นบรรยากาศโอโซน โดยการวางมาตรการล่วงหน้าเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของสารประกอบที่ทำลายชั้นโอโซนทั่วโลกให้เท่ากับปริมาณโอโซนที่หมดไป พร้อมด้วยจุดมุ่งหมายสูงสุดในการกำจัดสารเหล่านี้ ซึ่งจะเป็นไปตามพัฒนาการในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่กำลังก้าวไปข้างหน้า และผู้ลงนามในสัญญาก็รับรู้ด้วยว่าข้อกำหนดพิเศษจะต้องถูกร่างขึ้นเพื่อให้ตรงกับความเป็นของประเทศที่กำลังพัฒนา...

บรรดาประเทศที่ลงนามในสัญญาฯ ยินยอมที่จะดำเนินการจำกัดการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ประกอบอยู่ด้วยรวมไปถึงภายใน พ.ศ. 2534-2535 : ควบคุมระดับการใช้และการผลิตสารที่อยู่ในประเภทที่ 1 ของ Annex A ไม่ให้เกิน 150% ของระดับการใช้และการผลิตสารดังกล่าวในปี พ.ศ. 2529 ภายใน พ.ศ. 2537 : ควบคุมระดับการใช้และการผลิตสารที่อยู่ในประเภทที่ 1 ของ Annex A ไม่ให้เกิน 25% ของระดับการใช้และการผลิตสารดังกล่าวในปี พ.ศ. 2529 ภายใน พ.ศ. 2539 : ยุติการใช้และการผลิตสารที่อยู่ในประเภทที่ 1 ของ Annex A ส่วนในสารชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มสารประเภทที่ 1 ของ Annex A (เช่น สารฮาโลน 1211, 1301, 2402; สาร CFC 13, 111, 112 ฯลฯ) และสารเคมีบางชนิดที่ต้องการมาตรการเฉพาะในการจำกัดการใช้และการผลิต (เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์) นั้นจะถึงกำหนดยุติการใช้และผลิตช้ากว่ากลุ่มสารข้างต้น โดยคาดว่าจะสามารถยุติการใช้ได้ภายใน พ.ศ. 2553 ในขณะที่การยุติการใช้สาร HCFC ที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมน้อยกว่าเพิ่งเริ่มขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2539 โดยคาดว่าจะสามารถหยุดการใช้และการผลิตสารนี้ได้อย่างสมบูรณ์ภายใน พ.ศ. 2573



มีข้อยกเว้นให้กับการใช้สารเหล่านี้ในกรณีที่เป็น "การใช้ที่สำคัญยิ่งยวด" และยังไม่สามารถหาตัวทดแทนได้ เช่นยาแบบพ่นเพื่อรักษาอาการหอบหืดและความผิดปกติอื่น ๆ ของระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น สารประกอบที่อยู่ในกลุ่มสารประเภทที่ 1 ของ Annex A ได้แก่

1.  $\text{CFCl}_3$  (CFC-11)
2.  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (CFC-12)
3.  $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$  (CFC-113)
4.  $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$  (CFC-114)
5.  $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$  (CFC-115)

#### การเฝ้าสังเกต

หลังจากการยอมรับอนุสัญญาเวียนนาเพียง 2 เดือน ได้มีการตีพิมพ์ความรายงานการสำรวจทวีปแอนตาร์กติกของคณะสำรวจชาวอังกฤษที่มี ดร. โจ ฟาร์แมน เป็นหัวหน้าคณะในรายงานได้เปิดเผยถึงปริมาณโอโซนที่ลดลงอย่างน่าวิตกในฤดูใบไม้ผลิ จนเกิดลักษณะที่เรียกว่า "หลุมโอโซน" (Ozone Hole) ขึ้นเหนือทวีปแอนตาร์กติก ซึ่งลักษณะการเกิดหลุมโอโซนดังกล่าวนี้ ได้ถูกตรวจพบ โดยดาวเทียมสำรวจของประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2523 แต่มิได้มีการนำข้อมูลมาพิจารณาเนื่องจากความเข้าใจผิดว่า ข้อมูลที่พบโดยบังเอิญนั้นเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือและอุปกรณ์ แม้ในขณะนั้นสาเหตุของการเกิดหลุมโอโซนยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่ก็ได้มีการตั้งข้อสงสัยว่าสาร CFCs อาจเป็นต้นเหตุของการเกิดหลุมโอโซน

#### ทำไมรูรั่วโอโซนเกิดขึ้นเหนือทวีปแอนตาร์กติกในซีกโลกใต้มากกว่าซีกโลกเหนือ

บริเวณซีกโลกใต้ ส่วนใหญ่เป็นมหาสมุทร ในฤดูหนาวมีอากาศหนาวมากอุณหภูมิต่ำถึง -112 องศาฟาเรนไฮต์ ทำให้เกิดเมฆในชั้นสตราโตสเฟียร์ (polar stratospheric clouds) เมฆนี้จะทำให้สารประกอบคลอรีนและโบรมีนอยู่ในรูปที่ไม่ทำลายชั้นโอโซน เมื่อเปลี่ยนฤดู ไปเป็นฤดูใบไม้ผลิอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เปลี่ยนรูปคลอรีนให้อยู่ในรูปที่ทำลายโอโซนได้คือ สารประกอบกลุ่มคลอรีนโมโนออกไซด์ (ClO) และโบรมีนโมโนออกไซด์ (BrO) เพิ่มขึ้นสูง ปฏิกิริยานี้ก็เกิดที่ขั้วโลกเหนือด้วย แต่อุณหภูมิจะเย็นน้อยกว่าและเกิดเมฆน้อยกว่าจึงเกิดสารประกอบที่ทำลายชั้นโอโซนน้อยกว่านั่นเอง

#### กิจกรรมที่ 10.5

เรื่อง การสังเกตรูโอโซน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดรูโอโซน

#### ใบความรู้

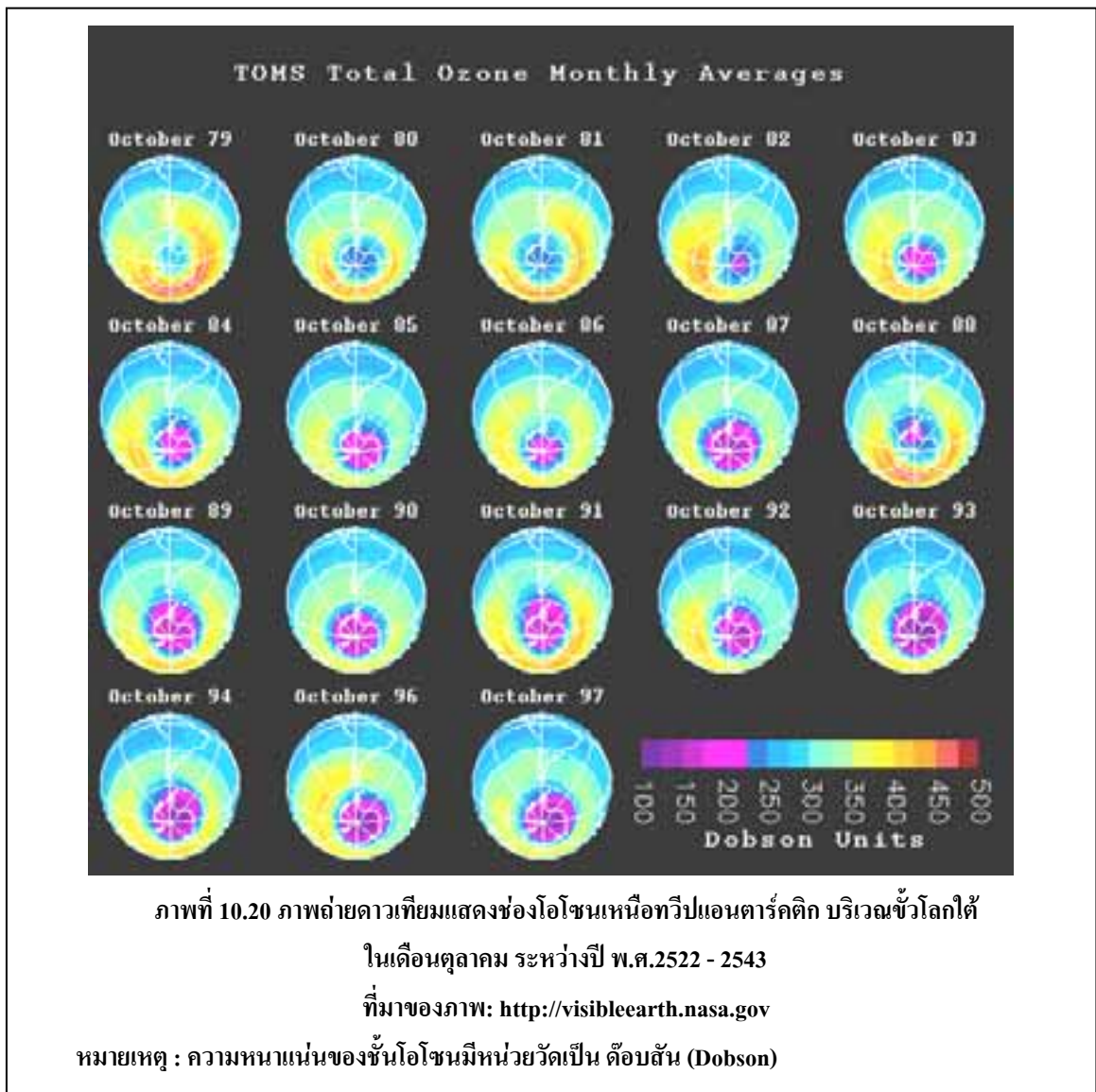
แก๊สโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตไม่ให้เกิดกระทบถึงพื้นผิวโลก ในปี พ.ศ.2525 นักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจพบรูโหว่ขนาดใหญ่ของชั้นโอโซน เหนือทวีปแอนตาร์กติกขั้วโลกใต้ ซึ่งเกิดจากกระแสลมพัดคลอรีนจากสาร CFCs เข้ามาสะสมในก้อนเมฆในชั้นสตราโตสเฟียร์ ในช่วงฤดูหนาวเดือนพฤษภาคม – กันยายน (ขั้วโลกเหนือไม่มีเมฆในชั้นสตราโตสเฟียร์ เนื่องจากอุณหภูมิไม่ต่ำพอที่จะทำให้เกิดการ

ความหนาแน่นของโอโซนในอากาศ) เมื่อถึงเดือนตุลาคมแสงอาทิตย์กระทบเข้ากับก้อนเมฆปลดปล่อย คลอรีนอะตอมอิสระให้ทำปฏิกิริยากับโอโซนทำให้เกิดรูโหว่

วัสดุและอุปกรณ์ ภาพถ่ายดาวเทียมรูโอโซน

### วิธีทำ

1. แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละ 4 – 5 คน
2. นักศึกษาแต่ละกลุ่ม ร่วมกันพิจารณาและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพรูโอโซน
3. นักศึกษาแต่ละกลุ่ม อภิปรายถึงแนวโน้มการลดลงของโอโซน บันทึกผลการทำกิจกรรม
4. สุ่มตัวอย่างนักศึกษานำเสนอความคิดเห็นให้แก่เพื่อนในห้อง
5. คุณครูอธิบายถึง ประโยชน์ของแก๊สโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ และการทำลายโอโซนด้วยสาร CFCs



**ผลการทำกิจกรรม**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันพิจารณา แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพรูโอโซน และอภิปรายถึงสาเหตุและแนวโน้มการลดลงของโอโซน ตลอดจนแนวทางแก้ไข

.....  
.....

2. ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงช่องโหว่โอโซนเหนือทวีปแอนตาร์กติกา บริเวณขั้วโลกใต้ในเดือนตุลาคมระหว่างปี พ.ศ.2522 – 2543 แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....  
.....

3. นักศึกษาคิดว่าในอนาคตช่องโหว่โอโซนจะเป็นอย่างไร หากเรายังคงใช้สาร CFCs มากขึ้น และจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไรบ้าง

.....  
.....

4. นักศึกษาจะมีวิธีการลดการเกิดช่องโหว่โอโซนได้อย่างไร

.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## กิจกรรมที่ 10.6 ผลกระทบฝนกรด

### ใบความรู้

**ฝนกรด (acid rain)** เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอันเกิดเนื่องมาจากมลภาวะทางอากาศ กระบวนการที่ก่อให้เกิดฝนกรดนั้น เริ่มต้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่าง ๆ การเผาไหม้ คือ ปฏิกิริยาเคมีที่ออกซิเจน (oxygen :  $O_2$ ) ในอากาศรวมตัวกับคาร์บอน (carbon : C), ไนโตรเจน (nitrogen : N), ซัลเฟอร์ (sulfur : S) และสารอื่น ๆ ที่ประกอบอยู่ในสารที่เกิดการเผาไหม้ โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สนั้นเราเรียกว่าแก๊สออกไซด์ โดยเมื่อใดก็ตามสิ่งที่ถูกเผาไหม้นั้น มีไนโตรเจนหรือซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบด้วยแล้ว ก็จะเป็นผลทำให้สารออกไซด์เหล่านี้ก่อกำเนิด ขึ้นมาได้ แก๊สทั้งสองชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำ (water :  $H_2O$ ) และสารเคมีอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศ เพื่อก่อให้เกิด กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid :  $H_2SO_4$ ) กรดไนตริก (nitric acid :  $HNO_3$ ) และสาร มลพิษอื่น ๆ แก๊สเหล่านี้มักจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีจะส่งผลทำให้อากาศอบอ้าวอากาศร้อนขึ้น ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เมื่อไปโดนกับออกซิเจนอาจถูกกระแสลมพัดพาไปหลายร้อยกิโลเมตร และมักจะกลับสู่พื้นโลกโดยฝน หิมะ หมอก หรือแม้แต่ในรูปฝุ่นผงละออง ความเสียหายอันเกิดมา จากฝนกรดได้แพร่ขยายไปทั่วอเมริกาเหนือ ยุโรป ญี่ปุ่น จีน และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

- ในประเทศอเมริกา 70% ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดมาจากโรงงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

- ในแคนาดา อุตสาหกรรมบางอย่าง เช่นการกลั่นน้ำมัน การหลอมโลหะ ก่อสารซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ในบรรยากาศสูงถึง 61% ส่วนไนโตรเจนออกไซด์นั้น เกิดได้จากมากมายหลายแหล่ง เนื่องจากสารอินทรีย์หลาย ๆ ชนิดมักจะมีไนโตรเจนประกอบอยู่ โดยควันพิษจากรถยนต์นั้นกิน ส่วนแบ่งเยอะที่สุด อย่างไรก็ตามแหล่งการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ที่สำคัญอีกแหล่งก็คือ การเผาศพ

### ผลกระทบจากฝนกรด (sulfuric acid : $H_2SO_4$ )

ฝนกรดจะทำปฏิกิริยาเคมีกับวัตถุใด ๆ ที่มันสัมผัส กรดคือสารเคมีใด ๆ ที่ทำปฏิกิริยากับ สารอื่น ๆ โดยจะจ่ายอะตอมไฮโดรเจน (hydrogen : H) ออกไป ความเป็นกรดของสารใด ๆ เกิดจาก การที่มีอะตอมไฮโดรเจนอิสระมากมายเกิดขึ้นจากการละลายสารนั้น ๆ ในน้ำ การวัดค่าสารที่เป็น กรดเราใช้มาตรา pH เป็นหน่วยในการวัด โดยจะมีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ 0 ถึง 14 การที่สารใด ๆ นั้นจะ เป็นกรดได้ นั้นหมายถึงสารนั้น ๆ จะต้องมีค่า pH ตั้งแต่ 1 ถึง 6 โดยค่ายิ่งน้อยเท่าไร หมายถึงยิ่งเป็น กรดแก่มากขึ้น ในทางกลับกัน สารที่มีค่า pH ตั้งแต่ 8 ถึง 14 เราจะเรียกว่าเบส (bases หรือ alkalis) โดยสารเหล่านี้จะทำการรับอะตอมไฮโดรเจนแทน น้ำบริสุทธิ์มีค่า pH เป็น 7 กล่าวคือไม่ได้ เป็นกรด และเป็นเบส เราเรียกสารแบบนี้ว่า สารที่เป็นกลาง โดยทั่วไปแล้วถ้าฝน หิมะ หรือหมอกที่ มีค่า pH น้อยกว่า 5.6 เราจะถือว่าฝน หิมะ หรือหมอกเหล่านี้เป็นพิษ เมื่อใดก็ตามที่กรดรวมตัวกับ

เบส เบสจะทำให้ความเป็นกรดลดน้อยลงลงมาได้ ซึ่งฝนในบรรยากาศปกติจะมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ๆ อยู่แล้ว มักจะทำปฏิกิริยากับเบสอื่น ๆ ในธรรมชาติทำให้เกิดสมดุลขึ้น แต่เมื่อใดก็ตามที่ปริมาณกรดในบรรยากาศเพิ่มขึ้น จึงทำให้สมดุลตรงนี้เสียหายไป จึงทำให้เกิดความเสียหายต่าง ๆ กับสภาพแวดล้อมมากมาย ตั้งแต่ดิน น้ำ สัตว์ต่าง ๆ รวมไปถึงสิ่งก่อสร้างของมนุษย์เอง

### ผลกระทบที่มีต่อดิน

ฝนกรดจะทำการละลายและพัดพาปุ๋ยและสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของต้นไม้ไป นอกจากนี้แล้วอาจจะยังละลายสารพิษอื่น ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในดิน เช่นอะลูมิเนียม (aluminum : Al) และปรอท (mercury : Hg) โดยพัดพาสารเหล่านี้ลงไปในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดอันตรายกับระบบนิเวศในน้ำต่อไป

### ผลกระทบที่มีต่อต้นไม้



ที่มา : [http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge\\_detail.php?id=10](http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10).

ภาพที่ 10.21 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อต้นไม้

นอกจากต้นไม้จะได้รับผลกระทบจากการที่สารอาหารในดินถูกชะล้างไปแล้ว ฝนกรดเหล่านี้ยังเป็นอันตรายต่อใบของพืชด้วย โดยการกัดกร่อนใบ ทำให้เกิดรูโหว่ ทำให้พืชขาดความสามารถในการผลิตอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) นอกจากนี้แล้วเชื้อโรคต่าง ๆ อาจทำอันตรายกับพืชได้โดยเข้าผ่านทางแผลที่ใบ ทำให้ต้นไม้อ่อนแอต่อสภาวะอื่น ๆ อีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นความร้อน ความเย็น หรือความแห้งแล้ง

### ผลกระทบต่อการเกษตร

สำหรับปัญหาเกี่ยวกับพืชผลทางการเกษตรถือได้ว่าน้อยกว่าที่พืชในป่าทั่วไปได้รับ เพราะโดยทั่วไปปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรมีความสามารถในการรองรับกรดได้มากกว่าปกติเล็กน้อยอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรตรวจสอบสภาพของดินอย่างสม่ำเสมอ หากบางพื้นที่ประสบปัญหาสภาพดินเป็นกรด สามารถเติมปูนขาวลงไปดินเพื่อให้เกิดสมดุลได้ โดยไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ

### ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ



ที่มา : [www.baanjommyut.com](http://www.baanjommyut.com)

ภาพที่ 10.22 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อแหล่งน้ำ

เมื่อฝนกรดตกลงมาและถูกดูดซึมลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ได้โดยง่าย น้ำบริสุทธิ์ในธรรมชาติทั่วไป มักเป็นกรดอ่อน ๆ หรือเบสอ่อน ๆ โดยค่า pH จะอยู่ที่ประมาณ 6 – 8 อย่างไรก็ตามฝนกรดอาจทำให้ค่า pH ในแหล่งน้ำบางแหล่งลดลงต่ำกว่านั้น ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ๆ รวมไปถึงความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำที่ลดน้อยลง เมื่อน้ำไม่สามารถละลายออกซิเจนไว้ได้ สิ่งมีชีวิตใต้น้ำก็ไม่สามารถหายใจได้ตามปกติ จึงต้องล้มตายไป ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงกับระบบนิเวศ โดยสิ่งมีชีวิตทั่วไปจะเริ่มล้มตายเมื่อค่า pH เริ่มลดลงต่ำกว่า 6.0 ไข่ปลาจะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้เมื่อค่า pH ลดลงถึง 5.0 และเมื่อใดก็ตามที่ค่า pH ของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5 แหล่งน้ำนั้นจะไม่สามารถค้ำจุนสิ่งมีชีวิตใด ๆ ได้อีก สัตว์บกเองก็เชื่อว่าจะไม่ได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำที่เป็นกรด หอยทากที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่เป็นกรดจะเกิดปัญหากับเปลือกหอย ทำให้เปลือกไม่แข็งแรงและเมื่อนกกินหอยทากเหล่านี้เข้าไปส่งผลให้นกขาดสารแคลเซียมก่อให้เกิดปัญหาเปลือกไข่บางในนกบางชนิดอีกด้วย

## ผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์



ที่มา : th.wikipedia.org และ [http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge\\_detail.php?id=10](http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10).

ภาพที่ 10.23 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์

ฝนกรดอาจทำความเสียหายอย่างรุนแรงกับสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยสิ่งที่เห็นได้ชัดที่สุดคือปูนที่ถูกฝนกรดละลายออกมา ทำให้เกิดความเสียหายที่ยากจะซ่อมแซมได้ ในบางกรณีซึ่งสิ่งนี้กำลังเป็นปัญหาใหญ่ในการปกป้องสิ่งปลูกสร้างเก่า ๆ และสถานที่สำคัญของประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ ภาพความเสียหายจากฝนกรดที่ปราสาทลินคอล์นในอังกฤษ ทำให้เกิดก้อนปูนปูนขึ้นมาจากเนื้อหิน วิหารพาร์เธนอน (Parthenon)

## ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

แหล่งน้ำที่เป็นกรดไม่ก่อให้เกิดปัญหากับมนุษย์เท่าไรนัก ไม่มีปัญหาอะไรถ้าเราจะว่ายน้ำในทะเลสาบที่เป็นกรด แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญไม่ได้อยู่ที่ความเป็นกรดของน้ำ หากแต่เป็นเพราะสารพิษที่ละลายมาจากดินลงสู่แหล่งน้ำต่างหาก ในสวีเดน มีทะเลสาบมากกว่าหนึ่งหมื่นแห่งที่ได้รับผลกระทบจากฝนกรด ทำให้มีสารปรอทละลายอยู่เป็นจำนวนมาก ประชาชนบริเวณแถบนั้นได้รับการเตือนโดยทางการไม่ให้รับประทานปลาที่จับมาจากแหล่งน้ำเหล่านั้น สำหรับในอากาศกรดเหล่านี้อาจรวมตัวกับสารเคมีอื่น ๆ ก่อให้เกิดหมอกควันพิษ (smog) ที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและทำให้หายใจได้ลำบาก โดยเฉพาะกับคนที่มีโรคหอบหืด หรือโรคทางเดินหายใจอื่น ๆ อยู่แล้ว อาการอาจกำเริบรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้

## ฝนกรด และสภาวะโลกร้อน

เป็นที่น่าแปลกใจที่ฝนกรดกลับมีประโยชน์ให้กับสิ่งแวดล้อมในจุดนี้ สารซัลเฟตที่ละลายอยู่ในบรรยากาศสามารถที่จะสะท้อนแสงอาทิตย์ออกไปจากโลกได้ ทำให้ความร้อนของโลกนั้น

เพิ่มขึ้นข้าง นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ามลภาวะฝนกรดสามารถช่วยชะลอจุดวิกฤตของสภาวะโลกร้อนออกไปได้หลายสิบปีเลยทีเดียว

### การแก้ไขและป้องกันปัญหาฝนกรด

การลดปัญหาฝนกรดสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยวิธีการ

1. ลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ที่จะเข้าสู่บรรยากาศจากโรงงานไฟฟ้า ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป วิธีที่ง่ายที่สุดคือการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยการประหยัดพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นใครก็สามารถช่วยโลกด้วยวิธีนี้ได้ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน การใช้ระบบขนส่งมวลชน

2. การคัดเลือกเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ ถ่านหินจากแหล่ง ๆ หนึ่ง อาจมีปริมาณซัลเฟอร์และไนโตรเจนน้อยกว่าอีกแหล่ง ๆ หนึ่งอย่างเห็นได้ชัด และถ่านหินบางแหล่งอาจสามารถล้างกำจัดสารซัลเฟอร์และไนโตรเจนออกไซด์ก่อนได้อย่างง่ายดาย ด้วยการใส่เชื้อเพลิงที่ปลอดสารซัลเฟอร์และไนโตรเจนแล้ว ก็จะสามารถลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ได้เป็นปริมาณมาก

3. การใช้น้ำมันดีเซลหรือเบนซินในยานพาหนะทั่วไปก็ผลิตแก๊สไนโตรเจนออกไซด์น้อยกว่าเชื้อเพลิงอื่น ๆ อีกด้วย สำหรับเชื้อเพลิงที่น่าจับตามองในการป้องกันปัญหาฝนกรดมากที่สุดเห็นจะเป็นแก๊สธรรมชาติ เนื่องจากแก๊สธรรมชาติปลอดจากซัลเฟอร์และมีไนโตรเจนอยู่เพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามจุดอ่อนของแก๊สธรรมชาติ คือความที่มีราคาค่อนข้างแพง มีปริมาณน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ จึงเป็นปัญหาสำหรับประเทศที่มีปัญหาทางเศรษฐกิจในการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่ช่วยรักษาโลกชนิดนี้

4. มลภาวะยังสามารถลดได้ในระหว่างที่กำลังมีการเผาไหม้ เตาเผาไหม้ ๆ สามารถลดปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ได้ โดยการทำให้ไนโตรเจนเหล่านั้นจับตัวเป็นไนโตรเจนอิสระซึ่งไม่มีอันตรายใด ๆ นอกจากนี้การใส่ปูนขาวหรือหินทรายลงไปในช่วงการเผาเพื่อช่วยในการจับซัลเฟอร์บางส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาให้ลดน้อยลงไปได้

แต่เมื่อใดที่แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ที่ถือกำเนิดขึ้นแล้ว วิธีการแก้ไขคือการป้องกันสารทั้งสองออกจากการเข้าสู่บรรยากาศ ในปล่องควันจะมีอุปกรณ์อย่างหนึ่งเป็นเครื่องฟอกอากาศโดยใช้ละอองน้ำ (scrubbers spray) โดยให้แก๊สเหล่านี้ผ่านละอองน้ำและละอองหินปูนเพื่อละลายสารพิษออกมา แล้วกักเก็บไว้บำบัดต่อไป นอกจากนี้แล้ว เรายังสามารถเปลี่ยนแก๊สที่มีพิษเหล่านี้ให้เป็นแก๊สอื่น ๆ ที่มีพิษน้อยกว่าได้ โดยผ่านสารไปในกลุ่มของเม็ดโลหะพิเศษ ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสารพิษให้เป็นสารที่ปลอดภัยขึ้น (catalytic converters) โดยอุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในรถยนต์ แต่กลับไม่นิยมในอุตสาหกรรมทั่วไป



5. การลดปัญหาเมื่อเกิดฝนกรดขึ้นแล้วก็นับว่าได้ผลเช่นกัน ที่นอร์เวย์และสวีเดน ปัญหาเหล่านี้ได้ถูกแก้ไขโดยการเติมปูนขาวลงในแหล่งน้ำต่าง ๆ และยังมีการเติมปูนขาวลงในถังเก็บน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้กรดทำความเสียหายกับท่อประปาในตัวเมืองเอง

6. การใช้สีหรือสารอื่น ๆ ที่สามารถป้องกันฝนกรดได้เคลือบทาไว้บนสิ่งปลูกสร้างก็สามารถลดปัญหาได้อย่างชะงัด

### กิจกรรมที่ 10.6 ตอน 1 เรื่อง ภัยอันตรายจากฝนกรด

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของฝนกรดต่อสิ่งแวดล้อม
2. สามารถออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่าฝนกรดมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

#### ใบความรู้

แก๊ส  $\text{SO}_2$  และ  $\text{NO}$  เกิดในบรรยากาศจากธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม แก๊สดังกล่าวจะรวมกับน้ำฝนเป็นกรด ( $\text{pH} < 5.6$ ) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสามารถกัดกร่อนสิ่งก่อสร้าง จึงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

#### วิธีทำ

1. แบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน
2. เก็บตัวอย่างน้ำฝน 5 จุด ในกรุงเทพมหานคร เช่น ลาดกระบัง อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สะพานควาย ลาดพร้าว และ สีลม หรือสถานที่อื่น แล้วนำมาตรวจสอบค่า pH ของน้ำฝนโดยใช้กระดาษ pH และ pH meter

หมายเหตุ แบ่งกลุ่มนักศึกษาล่วงหน้า และให้นักศึกษาเตรียมน้ำฝนมาจากบ้าน

#### ตารางบันทึกผลกิจกรรม

สถานที่	ค่า pH
1. ลาดกระบัง	
2. อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	
3. สะพานควาย	
4. ลาดพร้าว	
5. สีลม	

**คำถาม**

1. จงเรียงลำดับสถานที่ที่มีค่า pH สูงสุดไปยังต่ำสุด

.....  
.....  
.....

2. นำฝนจากสถานที่ใดมีค่า pH ที่เหมาะสม และสถานที่ใดมีค่า pH ไม่ที่เหมาะสม

.....  
.....  
.....

3. จากคำตอบข้อ 2. นักศึกษาคิดว่าฝนที่เก็บตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด ชนิดใดเหมาะสมนำมาใช้ประโยชน์ และชนิดใดถ้านำมาใช้ประโยชน์จะเกิดโทษ

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. ทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของฝนกรดต่อสิ่งมีชีวิต ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของฝนกรดเทียบต่อการเจริญเติบโตของพืช (ฝนกรดเทียมใช้กรด ซัลฟิวริกและกรดไนตริกที่ค่า pH ต่างกัน)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## กิจกรรมที่ 10.6 ตอน 2 เรื่อง ซอล์กหายไปไหน

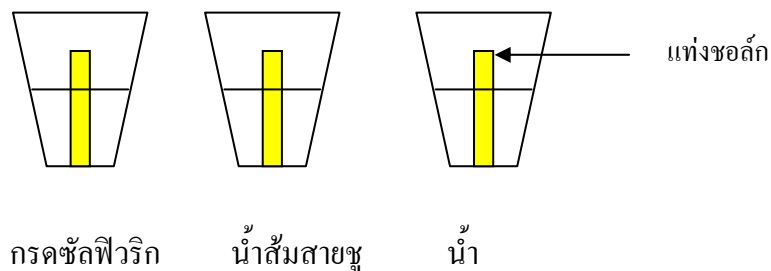
วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบของสารละลายที่มีความเป็นกรดกับแคลเซียมคาร์บอเนต

### วัสดุและอุปกรณ์

1. กรดซัลฟิวริก
2. น้ำส้มสายชู
3. น้ำ
4. ซอล์ก 3 แท่ง
5. บีกเกอร์ 3 ใบ
6. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์

### วิธีทำ

1. เทกรดซัลฟิวริกใส่บีกเกอร์ ใบที่ 1 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เทน้ำส้มสายชูใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเทน้ำใส่บีกเกอร์ใบที่ 3 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดค่า pH ของสารแต่ละชนิดโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์



2. นำแท่งซอล์กใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุของเหลวแต่ละชนิดใบละ 1 แท่ง ทิ้งไว้สักครู่ สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับแท่งซอล์กและบันทึกผล

หมายเหตุ ซอล์กที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น คือ หินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต

### ตารางบันทึกผลกิจกรรม

บีกเกอร์ที่บรรจุสารต่าง ๆ	ค่า pH	ผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแท่งซอล์ก
ใบที่ 1 กรดซัลฟิวริก		
ใบที่ 2 น้ำส้มสายชู		
ใบที่ 3 น้ำ		

**คำถาม**

1. สารในบีกเกอร์ใด มีความเป็นกรดมากที่สุด ทราบได้อย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

2. ค่า pH ที่แตกต่างกันมีผลต่อการกัดกร่อนแท่งซอลล์แตกต่างกันหรือไม่

.....  
.....  
.....

3. แท่งซอลล์เป็นหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดหนึ่ง ดังนั้นแท่งซอลล์ที่วางในบีกเกอร์ที่บรรจุสารชนิดใดทำให้เกิดกัดกร่อนได้บ้าง

.....  
.....  
.....

4. นักศึกษาคิดว่าความเป็นกรดของสารละลายในธรรมชาติ มาจากแหล่งใดได้บ้าง

.....  
.....  
.....

5. ถ้าแท่งซอลล์เปรียบเสมือนโบราณสถานที่ทำด้วยหินอ่อนซึ่งเป็นหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต และได้รับสารละลายที่เป็นกรดจากธรรมชาติ จะก่อให้เกิดผลกระทบอย่างไร

.....  
.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....

กิจกรรมที่ 10.7 กรณีศึกษา “สนามบินสุวรรณภูมิและปัญหามลพิษทางเสียง”  
วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบของปัญหามลพิษทางเสียงที่มีต่อชีวิตประจำวัน  
ใบความรู้



ภายหลังจากการเปิดใช้ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 28 กันยายน 2549 โดยมีจำนวนเที่ยวบินที่เข้ามาใช้สนามบินประมาณ 700 เที่ยวบิน/วัน (จำนวนเที่ยวบินสูงสุด 46 เที่ยวบิน/ชั่วโมง) ส่งผลให้เกิดปัญหาเสียงดังรบกวนจนเป็นเหตุร้องเรียนยังกรมควบคุมมลพิษและสื่อต่าง ๆ โดยบริเวณที่ได้รับผลกระทบอย่างมาก อาทิ ทิศเหนือของท่าอากาศยาน ได้แก่ วัดลาดกระบัง วัดบำรุงริน และหมู่บ้านร่มสุขวิลล่า ทิศใต้ของท่าอากาศยาน ได้แก่ เกरिकวิทยาลัย หมู่บ้านกรีนวัลเลย์ และวัดบางโกลงใน เป็นต้น โดยสาเหตุของปัญหามลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชน โดยรอบเกิดขึ้นจากลักษณะการบิน เส้นทางการบิน จำนวนเที่ยวบิน และเวลาการบิน

กรมควบคุมมลพิษและกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ตรวจสอบระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ หลังเปิดให้บริการตั้งแต่วันที่ 4 ตุลาคม 2549 โดยมีผลการตรวจวัดระดับเสียงแบ่งเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะแรก ระหว่างวันที่ 4-10 ตุลาคม 2549 เมื่อเปรียบเทียบระดับเสียงก่อนและหลังเปิดใช้ท่าอากาศยานอย่างเป็นทางการ พบว่ามีค่าระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมงสูงขึ้น 3-20 เดซิเบลเอ (dBA) โดยหมู่บ้านร่มสุข บ้านเดี่ยวริมถนนอ่อนนุช และโรงเรียนวัดบางโกลงใน มีระดับเสียงเกินมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป (70 dBA) และบางจุดตรวจวัดมีค่า NEF > 40 (NEF=Noise

Exposure Forecast :ซึ่งใช้ประเมินระดับการรบกวนที่เกิดจากเสียงของเครื่องบิน บริเวณโดยรอบ สนามบิน) ได้แก่ หมู่บ้านร่วมสุขและชุมชนริมถนนอ่อนนุช ส่วนการประเมินการรบกวน พบว่าทุกจุดตรวจวัดมีระดับการรบกวนเกินมาตรฐานเสียงรบกวน (10 dBA) นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างระดับเสียงสูงสุดของเครื่องบินขณะผ่านจุดตรวจวัดระดับเสียงทางทิศเหนือและทิศใต้ของท่าอากาศยานที่ระยะห่างจากทางวิ่ง 2.2-7.6 กิโลเมตร พบว่ามีค่าระดับเสียงอยู่ระหว่าง 76.4-99.7 dBA

2. ระยะที่สอง ระหว่างวันที่ 10 พฤศจิกายน-31 ธันวาคม 2549 ซึ่งเป็นช่วงที่ลมเปลี่ยนทิศ ทำให้เครื่องบินต้องร่อนลงทางทิศใต้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระดับเสียงก่อนและหลังเปิดใช้ท่าอากาศยานอย่างเป็นทางการ พบว่ามีค่าระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมงสูงขึ้น 4-19 dBA โดยบริเวณที่มีระดับเสียงเกินมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ได้แก่ ชุมชนซอยร่มเกล้า 27 ซึ่งบริเวณที่มีค่า NEF 35-40 ได้แก่ บ้านเดี่ยวซอยร่มเกล้า 27 หมู่บ้านร่วมฤดี วัดบางโกลนใน และอาคารชุด ธนาเพลส ส่วนการประเมินการรบกวน พบว่าทุกจุดตรวจวัดมีระดับการรบกวนเกินมาตรฐานเสียงรบกวน

#### **การบรรเทาปัญหาในระยะเร่งด่วน**

ให้มีการเปลี่ยนการบินลงทางทิศเหนือใช้ทางวิ่งตะวันออกมากขึ้น เช่นเดียวกับการบินขึ้นทางทิศใต้ ให้เปลี่ยนขึ้น โดยใช้ทางวิ่งตะวันตกมากขึ้น รวมทั้งวิธีการบินขึ้นและลง ซึ่งกรมการขนส่งทางอากาศได้ประกาศใช้แล้วตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2549

#### **การแก้ไขปัญหาระยะยาว**

เมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2549 คณะรัฐมนตรีได้พิจารณามาตรการจัดการมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่กระทรวงคมนาคม (คค.) และกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) นำเสนอและมีมติที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เห็นชอบตามมาตรการทางเทคนิคเพื่อลดมลพิษจากอากาศยานตามที่ คค. นำเสนอ โดยการกำหนดการบินขึ้น-ลง การปรับเปลี่ยนเส้นทางการบินให้มีผลกระทบต่อชุมชนน้อยที่สุด และการกำหนดประเภทของอากาศยานที่จะใช้สนามบินให้มีระดับเสียงไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้

2. สำหรับมาตรการชดเชยผู้ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มอบหมายให้ คค. ดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 เร่งรัด บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) หรือ ทอท. เสร็จซื้อที่ดินและสิ่งปลูกสร้างจากผู้ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงในระดับเสียงตั้งแต่ NEF 40 ขึ้นไป

2.2 ร่วมกับ ทส. และ ทอท. ตรวจสอบและจัดทำฐานข้อมูลผู้ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงเพิ่มเติมในกรณีที่มีการขึ้น-ลง ของเครื่องบินเต็มขีดความสามารถสูงสุดของทางวิ่งที่ 1 และ 2

2.3 ให้ ทอท. รับผิดชอบดูแลพื้นที่ที่มีการซื้อที่ดินและสิ่งปลูกสร้างไปแล้ว เพื่อให้ไม่มีผู้ย้อนกลับเข้ามาอยู่ใหม่หรือบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์โดยไม่ได้รับอนุญาต

2.4 ให้ คค. ร่วมกับ ทส. พิจารณาแนวทางในการออกกฎ ระเบียบ เพื่อควบคุมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อไม่ให้เกิดการสร้างสิ่งปลูกสร้างใหม่ที่มีความอ่อนไหวต่อมลพิษทางเสียงในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง

2.5 ให้ ทอท. เร่งรัดในการติดตั้งสถานีตรวจวัดระดับเสียง จำนวน 13 สถานี เพื่อติดตามสถานการณ์และจัดทำรายงานผลการตรวจวัดตามรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment:EIA) รวมทั้งดำเนินการติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศตามที่ ทส. กำหนด

2.6 ให้ ทอท. ดำเนินการจัดทำ EIA ในกรณีจะมีการเพิ่มทางวิ่งที่ 3 และ 4 โดยเร่งด่วน โดยเฉพาะการประเมินพื้นที่ที่มีความเสี่ยง

2.7 ให้ ทอท. ร่วมกับ ทส. ตรวจวัดระดับมลพิษทางอากาศและมลพิษอื่น ๆ นอกเหนือมลพิษทางเสียง สำหรับประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

2.8 ให้ คค. แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับการดำเนินงานตามมาตรการทางเทคนิค และการชดเชยผู้ได้รับผลกระทบ โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมเพื่อให้การดำเนินงานสัมฤทธิ์ผลอย่างเป็นรูปธรรม

### วิธีทำ

ให้นักศึกษาตอบคำถามจากใบความรู้ที่กำหนดให้ และบันทึกลงในผลการทำกิจกรรม

### ผลการทำกิจกรรม

1. ที่อยู่อาศัยนักศึกษาได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษทางเสียงหรือไม่

.....  
.....  
.....

2. สนามบินควรตั้งอยู่บริเวณใด จึงจะเหมาะสมที่สุด

.....  
.....

แห่งชาติ โดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จึงได้นำเสนอความเห็น ขอมติ คณะรัฐมนตรีเห็นควรถือเป็นนิมิตหมายอันดีที่จะกำหนดให้ วันที่ 4 ธันวาคม ของทุกปี เป็นวัน สิ่งแวดล้อมไทย เพื่อให้พสกนิกรชาวไทยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวและตระหนักถึงความสำคัญได้ร่วมกันผนึกกำลังในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้คงอยู่ต่อไปและคณะรัฐมนตรีได้มีมติ เมื่อ วันที่ 12 พฤศจิกายน 2534 ประกาศให้ “วันที่ 4 ธันวาคม” ของทุกปีเป็นวันสิ่งแวดล้อมไทย (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม : 2550)

## 1. ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources)

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ระบุความหมายทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง ทรัพยากรอันเกิดขึ้นเองหรือมีอยู่ตามธรรมชาติ

ความหมายโดยทั่วไป ทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมนุษย์สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการดำรงชีวิต หรือนำมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้ไม่ว่าทางใดก็ตาม เช่น ดิน น้ำ อากาศ ป่าไม้ สัตว์ป่า แร่ธาตุ เป็นต้น

### 1.1 ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ แบ่งตามลักษณะของความสิ้นเปลืองแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1.1.1 ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สูญสิ้น (Non-exhausting) เป็นทรัพยากรที่ไม่หมดสิ้นแม้ว่ามนุษย์จะนำไปใช้ประโยชน์ทุกวันก็ตาม เนื่องจากธรรมชาติสร้างให้มีใช้อยู่ตลอดเวลา เช่น อากาศ ลม น้ำ ดิน พลังงานจากดวงอาทิตย์

1.1.2 ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดเปลืองไป แต่สามารถสร้างทดแทนและรักษาสภาพเอาไว้ได้ (Renewable resources) การใช้ประโยชน์ต้องเป็นไปอย่างระมัดระวัง มิฉะนั้นอาจร่อยหรอ เสื่อมโทรมลงและสูญสิ้นไป เช่น ป่าไม้ ทุ่งหญ้า สัตว์ป่า

1.1.3 ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดสิ้นไป ไม่สามารถสร้างทดแทนได้ในเวลาอันสั้น (Exhausting natural resources) เนื่องจากการหมุนเวียนของทรัพยากรต้องใช้เวลานานมาก โดยธรรมชาติไม่อาจจะสร้างขึ้นทดแทนได้ในชั่วอายุของคนรุ่นปัจจุบัน ทรัพยากรประเภทนี้ควรใช้โดยประหยัดที่สุด คุ่มค่า และไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เช่น น้ำมัน ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ

### 1.2 ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติ

1.2.1 มนุษย์อาศัยทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการดำเนินชีวิตโดยตรง ในด้านที่ใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและนันทนาการ

1.2.2 ใช้ประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องผ่อนแรง เครื่องจักร เครื่องยนต์ ตลอดจน เครื่องอำนวยความสะดวกสบายต่าง ๆ ทรัพยากรธรรมชาติไม่ว่าจะอยู่ในสภาพที่เป็น



3. ปัญหาลพิษทางเสียงที่ชาวบ้านได้รับ ถ้าบ้านของนักศึกษาเป็นหนึ่งในจำนวนหลายร้อยหลังคา  
เรือนที่ได้รับผลกระทบ นักศึกษาจะทำอย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....  
.....

### บทส่งท้าย

การแก้ไขปัญหาสถานะแวดล้อมที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ที่ถูกต้อง การสร้าง  
จิตสำนึกที่ดีของแต่ละบุคคลและความรับผิดชอบของทุกคนร่วมมือกันแก้ไขปัญหาสถานะแวดล้อมและ  
ทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นนักศึกษาทุกคนซึ่งมีความรู้ในเรื่องสถานะแวดล้อมแล้ว จะมีส่วน  
เผยแพร่และนำความรู้ไปปฏิบัติอย่างจริงจัง เพื่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีในทุกท้องถิ่น ทั่วประเทศไทย  
จะคงอยู่ตลอดไป

“ร่วมมือกันคนละนิด เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม ที่ดีสำหรับทุกคน”

-----

## บรรณานุกรม

- .... 2550. 10 ปราบปรามการประหลาด ผลกระทบวิกฤต "โลกร้อน!". [online]. Available.  
[http://www.yenta4.com/webboard/viewtopic.php?cate\\_id=64&post\\_id=1088993](http://www.yenta4.com/webboard/viewtopic.php?cate_id=64&post_id=1088993).
- .... 2550. ความหมายของระบบนิเวศ. [online]. Available. <http://www.school.net.th/library/snet6/envil/ecosystem/b2.htm>.
- ....25550. ชีวิตและความตายของสัตว์ นาคะเสถียร. [online]. Available. [www.nsruc.ac.th/oldnsru/data/forest/htm-7k](http://www.nsruc.ac.th/oldnsru/data/forest/htm-7k).
- .... 2551. พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ และ ทรัพยากรดิน. [online]. Available.  
[203.146.122.12/web\\_arc/Nailoung9.htm](http://203.146.122.12/web_arc/Nailoung9.htm) - 34k -.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ขยะและของเสียอันตราย. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/waste/waste8.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรดิน. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/soil/index.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรน้ำ. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/water/water02.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรป่าไม้. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/forest/forest13.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรแร่ธาตุและพลังงาน. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/mineral/mineral7.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรสัตว์ป่า. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/wildlife/index.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรอากาศ. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/air/index.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ปฏิทินวันสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม. [online]. Available. <http://www.deqp.go.th/info/envDayDetail.jsp?id=57&languageID=>.

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. กฎหมายสิ่งแวดล้อมไทย. [online]. Available. <http://www.environnet.in.th/evdb/law/national/managment/21101.html>.
- โครงการ การเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2550. การเกิดเอลนีโญและลานีญา. [online]. Available. [http://www.lesa.in.th/global/global\\_activities/el\\_nino\\_ex.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_activities/el_nino_ex.htm).
- โครงการ การเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2550. ปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming). [online]. Available. [http://www.lesa.in.th/global/global\\_warming/global\\_warming.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_warming/global_warming.htm).
- โครงการ การเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2550. รูโอโซน. [online]. Available. [http://www.lesa.in.th/global/global\\_activities/ozone\\_ex.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_activities/ozone_ex.htm).
- ชมรมอนุรักษ์สภาพแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2550. ฝนกรด. [online]. Available. [http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge\\_detail.php?id=10](http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10).
- ทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2533. ปากของแมลง. [online]. Available. <http://pmc04.doae.go.th/mouthtype.htm>.
- ทีมงาน chemtrack. 2550. โครงการเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับสารเคมีและสิ่งแวดล้อมสำหรับเด็ก. [online]. Available. <http://www.chemtrack.org/EnvForKids/Cartoon/Cartoon.htm>.
- นาถดา สาลีบุญกุล. 2530. นิเวศวิทยา. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์. เอกสารอัดสำเนา.
- บัญชา แสนทวี และคณะ. 2549. หนังสือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เล่ม 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- ปรีชา สุวรรณพินิจ และนางลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2544. ชีวิตในระบบนิเวศ. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำของคุรุสภา.
- ปรีชา สุวรรณพินิจ และนางลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2537. คู่มือประกอบการเรียนและเตรียมตัวสอบ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ธีรพงษ์การพิมพ์.
- ปิยะนาถ กลิ่นภักดี. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. [www.tungsong.com/Important\\_Day/Animal/index.asp](http://www.tungsong.com/Important_Day/Animal/index.asp) - 34k -.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2550. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๔๒. [online]. Available. <http://rirs3.royin.go.th/dictionary.asp>.
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. ชั้นของบรรยากาศ. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter2/chapter2\\_airpollution1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter2/chapter2_airpollution1.htm).

- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **ชนิดของระบบนิเวศ**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2/chapter5/eco2.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2/chapter5/eco2.htm).
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **ปฏิสัมพันธ์ในระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเองและปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2/chapter5/eco1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2/chapter5/eco1.htm)
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **องค์ประกอบของระบบนิเวศ**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2//chapter5/eco3.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2//chapter5/eco3.htm).
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **ขีดความอดทนและปัจจัยจำกัด การเปลี่ยนแปลงแทนที่**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2/chapter5/eco6.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2/chapter5/eco6.htm).
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **การถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter1/chapter1\\_foodchain1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter1/chapter1_foodchain1.htm).
- มูลนิธิชัยพัฒนา. 2550. **ป่า**. [online]. Available. [http://www.chaipat.or.th/chaipat/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=0&Itemid=111&limit=1&limitstart=2](http://www.chaipat.or.th/chaipat/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=0&Itemid=111&limit=1&limitstart=2).
- ราตรี ภารา. 2538. **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : อักษรวิพัฒน์.
- วิชัย เทียนน้อย. 2533. **การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : อักษรวัฒนา.
- วินัย วีระวัฒนานนท์. 2530. **สิ่งแวดล้อมศึกษา**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2550. **ฝนกรด**. [online]. Available. <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9D%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%94>.
- สรรพศิลป์ศาสตราธิราช สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **การพัฒนาและการอนุรักษ์ดิน**. [online]. Available. <http://web.ku.ac.th/king72/2539/kaset2.htm> .
- สมิทธิ์ สระอุบล. 2539. **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. **พลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์สภาพแวดล้อม.
- สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **พระปริชาญาณในการจัดการทรัพยากรน้ำ**. [online]. Available. [www.geocities.com/wrdlp1/trip/prapreechayan.htm](http://www.geocities.com/wrdlp1/trip/prapreechayan.htm) - 24k .
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. **พลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์สภาพแวดล้อม.

- สำนักสารนิเทศร่วมกับสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. <http://www.sirikitdam.egat.com/days/12december/0712.html>.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักสารนิเทศร่วมกับสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. <http://www.sirikitdam.egat.com/days/12december/0712.html>.
- สามารถ พงศ์ไพบูลย์ และคณะ. 2537. คู่มือประกอบการเรียนและเตรียมตัวสอบ วิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ชีรพงษ์การพิมพ์.
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 15. 2550. สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาหมอกควันแม่ฮ่องสอน. [online]. Available. [www.yupparaj.ac.th/DigitalLibrary/snet6/envi3/subwater1/why.htm](http://www.yupparaj.ac.th/DigitalLibrary/snet6/envi3/subwater1/why.htm) - 18k -.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักสารนิเทศร่วมกับสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. <http://www.sirikitdam.egat.com/days/12december/0712.html>.
- สุขเมธ เดชะตันตระกุล และคณะภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. นิเวศวิทยาและระบบนิเวศ. [online]. Available. <http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/forest/fo22/chap1/c1-1.htm>.
- องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาาสตร์แห่งชาติ. 255. ศัพทวิทยาาสตร์: โอโซน (O3). [online]. Available. <http://www.nsm.or.th/modules.php?name=News&file=article&sid=484>.
- อัญชลี เลหาเลิศชัย. 2547. วิทยาศาสตร์พื้นฐาน. กรุงเทพฯ : วังอักษร.
- อัล กอร์. 2550. โลกร้อน. แปลจาก **AN INCONVENIENT TRUTH the crisis of global warming**. โดย พลอยแสง เอกญาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มติชนปากเกร็ด.
- อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2530. ปากของแมลง. [online]. Available. <http://pmc04.doae.go.th/mouthtype.htm>.
- Jack Hassard. 2550. วิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้. แปลจาก **Science as Inquiry**. โดย จริยา สุจารีกุล. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- Parrmon's Editorail Team. 2550. นิเวศวิทยา. แปลจาก **Essentail Atlas of Ecology**. โดย กฤตยา รามโกมุต. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.