

การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของ
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

สารนิพนธ์
ของ
ไพลิน เศวตศิลา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)

พฤษภาคม 2549

การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของ
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

สารนิพนธ์
ของ
ไพลิน เศวตศิลา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)

พฤษภาคม 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของ
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

บทคัดย่อ
ของ
ไพลิน เศวตศิลา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)
พฤษภาคม 2549

ไพลิน เศวตศิลา. (2549). การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา การสอนสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษา สารนิพนธ์ : อาจารย์ณัฏฐิกา โตจินดา.

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาการพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร จำนวน 60 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple random Sampling) ด้วยวิธีการจับฉลาก แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ และกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน ไม่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ดำเนินการวิจัยโดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Control – Group Pretest – Posttest Design และการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test Independent

ผลการวิจัย พบว่า

1. คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.16/80.95
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ กับนักเรียนที่ไม่ได้สอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ อยู่ในเกณฑ์พอใจมาก

A DEVELOPMENT OF ACTIVITY HANDBOOK ON ECOSYSTEM FOR THE FOURTH
KEY STAGE STUDENTS OF KASETSART UNIVERSITY LABORATORY SCHOOL,
CENTER FOR EDUCATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT

AN ABSTRACT
BY
PHAILIN SAWETSILA

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Secondary Environment Education
at Srinakharinwirot University
May 2006

Phailin Sawetsila. (2006). *A Development of Activity Handbook on Ecosystem for the Fourth Key Stage Students of Kasetsart University Laboratory School, Center for Educational Research and Development*. Master Project, M.Ed. (Secondary Education. Environment Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Project Advisor : Nullika Tojinda.

The purposes of this research were to study a development of Activity Handbook on Ecosystem for the Fourth Key Stage students of Kasetsart University Laboratory School, Center for Educational Research and Development.

The sample used in this study was 60 Mathayom Suksa IV Students of Kasetsart University Laboratory School, Center for Educational Research and Development, Juktujuk, Bangkok, during the First Semester of 2005 academic year. They were divide into 2 groups ; the random were Simple random Sampling to caught a label. The experimental group with 30 students was taught through the Activity Handbook on Ecosystem ; the control group with 30 students was not taught through the Activity Handbook on Ecosystem. This study was used the Randomized Control – Group Pretest – Posttest Design. The data was Statistically analyze by the t – test Independent.

The results of this study indicated that ;

1. The effectiveness of Activity handbook on Ecosystem was 83.16/80.95
2. The students were taught by Activity handbook on Ecosystem to develop potential in science learning. Between after learning the students were significantly higher than before learning taught at the .05 level.
3. The science learning achievement between the experimental and control group was not significantly different at the .05 level.
4. The satisfaction of students to Activity handbook on Ecosystem were at the good level.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรและคณะกรรมการ
การสอบได้พิจารณาสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและ
พัฒนาการศึกษา ของ ไพลิน เศวตศิลา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(อาจารย์ณัฏฐิกา ไตจินดา)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บังอร พานทอง)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
(อาจารย์ณัฏฐิกา ไตจินดา)

.....กรรมการสอบสารนิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วินัย วีระวัฒนานนท์)

.....กรรมการสอบสารนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ เบาใจ)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ชูชาติ)
วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2549

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ณัลลิกา โตจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วินัย วีระวัฒนานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ เบาใจ กรรมการสอบสารนิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัยจนมีคุณภาพอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสารัตน์ ภัทรจิตินันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพร บรรพพงศ์ และอาจารย์ประพีร์ วิราพร ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ และให้คำปรึกษา คำแนะนำในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัย และมีคำยืนยันทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์ วิจัยและพัฒนาการศึกษา ตลอดจนคณะครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนทั้งทางด้านการเรียนและการทำสารนิพนธ์ และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่องานวิจัยครั้งนี้

ความสำเร็จในการวิจัยครั้งนี้ ได้แรงผลักดัน และกำลังใจจากบิดา มารดา และน้องๆ ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ และทุกคนที่เกี่ยวข้องซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ทั้งหลายอันพึงบังเกิดขึ้นจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดาและครู – อาจารย์ ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย

ไพลิน เศวตศิลา

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	4
	ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	4
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
	สมมติฐานในการวิจัย.....	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือและหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม.....	8
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์.....	27
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศ.....	31
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	53
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือและหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม.....	58
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์.....	62
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	66
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	70
	การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง.....	70
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	70
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	78
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	85

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	94
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	94
สมมติฐานในการวิจัย.....	94
วิธีดำเนินการวิจัย.....	95
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	96
สรุปผลการวิจัย.....	97
อภิปรายผล.....	97
ข้อเสนอแนะ.....	101
บรรณานุกรม.....	104
ภาคผนวก.....	110
ภาคผนวก ก.....	111
ภาคผนวก ข.....	113
ภาคผนวก ค.....	121
ภาคผนวก ง.....	130
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	219

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	ผลการทดลองชั้นรายบุคคล (1 : 1) ของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ	73
2	ผลการทดลองกลุ่มเล็ก (1 : 10) ของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเรื่องระบบนิเวศ....	73
3	ผลการทดลองภาคสนาม (1 : 30) ของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเรื่องระบบนิเวศ.	74
4	แบบแผนการวิจัย Randomized Control-Group Pretest-Posttest Design.....	78
5	ผลการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ...	87
6	คะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	88
7	เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการ ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ.....	89
8	เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม.....	90
9	แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่องระบบนิเวศ	91
10	การหาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์.....	114
11	การหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	116
12	การหาค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์.....	119
13	ประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ.....	122
14	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน กลุ่มทดลอง.....	124
15	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน กลุ่มควบคุม.....	126
16	เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียน (X_1) และคะแนนทดสอบหลังเรียน (X_2) ของ นักเรียน ซึ่งเรียนโดยการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ.....	128

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2	ขั้นตอนการผลิตหนังสือเรียน.....	10
3	กระบวนการผลิตสื่อการเรียนรู้.....	17
4	ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) ชั้น ม.4 – ม.6.....	26
5	ผังความคิด (Mind Mapping) เรื่อง ระบบนิเวศ.....	31

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ มีบทบาทสำคัญยิ่งในโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์และอาชีพต่างๆ โดยเฉพาะทางด้านอุตสาหกรรม เครื่องมือ อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่างๆ ล้วนเป็นการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ได้ผลงานสิ่งประดิษฐ์มากมายทั้งทางการแพทย์ อุตสาหกรรมและการสื่อสาร เป็นต้น นอกจากนี้ วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ คิดเป็นเหตุเป็นผล มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้และมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 1)

จากการศึกษา ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยในเอกสารการศึกษาไทยในยุคโลกาภิวัตน์ (อาภาพร สิงหาราช. 2545 : 1 – 2) พบว่าความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยมีแนวโน้มต่ำลง มีผลมาจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความสนใจใฝ่รู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนที่ไม่น่าสนใจเท่าที่ควร และนักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก จากผลการวิจัย การประเมินคุณภาพทางการศึกษาของกรมวิชาการปีการศึกษา 2538 และ 2540 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 45.34 และ 44.30 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ผ่าน และจากผลการวิจัยของเกษแก้ว ปวนแดง (2539 : 2) ได้วิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำ พบว่าเกิดจากสาเหตุสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านครู ด้านนักเรียน และด้านหลักสูตร ในด้านครู พบว่าพฤติกรรมการสอนของครูนั้นไม่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากครูยังใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย มุ่งสอนเนื้อหามากกว่ากระบวนการคิด และยังขาดเทคนิควิธีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ในด้านตัวนักเรียนพบว่านักเรียนขาดความสนใจในการเรียน เรียนรู้เนื้อหาด้วยการจำ มองไม่เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาทั้งหมดและยังขาดทักษะในการคิดอีกด้วย และ ในด้านหลักสูตร

พบว่าเนื้อหาบางส่วนมีความซับซ้อน ทำความเข้าใจได้ยาก จากรายงานการวิจัยข้างต้นพบว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนได้ฝึกคิด ปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการและประสบการณ์ตรงทางวิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมจริง ๆ และให้ผลการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความคิด เจตคติและพฤติกรรมที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตในท้องถิ่นของตนเอง ฉะนั้นในด้านหลักสูตรควรมีการปฏิรูปการศึกษา เพื่อพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

จากกระแสความคิดของการปฏิรูปการศึกษา อันมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาย ดังจะเห็นได้จากการออกกฎหมายที่เกี่ยวกับการจัดการศึกษาของชาติ เพื่อใช้เป็นแนวทางการจัดการศึกษา การจัดกระบวนการเรียนรู้ การจัดหลักสูตรการศึกษาในระดับต่างๆ หลักสูตรเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 27 กำหนดให้คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมุ่งพัฒนาคนในชาติให้สมบูรณ์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สติปัญญาและสังคม สามารถพึ่งตนเอง ร่วมมือกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ พัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 นี้ มีความแตกต่างจากหลักสูตรฉบับต่างๆ ที่เคยมีมา กล่าวคือในอดีตการจัดทำหลักสูตรนั้น เป็นการพัฒนามาจากส่วนกลางแล้วกำหนดให้โรงเรียนหรือสถานศึกษานำไปปฏิบัติ ผลจากการใช้หลักสูตรคือ มีข้อวิพากษ์วิจารณ์มากมายว่า ไม่มีความสอดคล้อง ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนและชุมชน ปัจจุบันมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการศึกษาด้วยตนเอง ภายใต้มาตรฐานของหลักสูตรมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มวิชาและมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น แนวคิดนี้ได้มีการนำมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นหลักสูตรแกนกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักสูตรที่กำหนดผลการเรียนรู้เป็นหลัก โดยระบุเนื้อหาในลักษณะสาระหลักและขอบข่ายกว้างๆ เพื่อให้โรงเรียนสถานศึกษาจัดทำสาระ หรือรายละเอียดของหลักสูตรการเรียนการสอนให้สอดคล้อง และเหมาะสมกับผู้เรียนและสภาพของท้องถิ่นยิ่งขึ้น (กรมวิชาการ. 2544 : 1)

ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะที่มีส่วนร่วมในการจัดทำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภายใต้สาระ และ มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เนื่องจากเมื่อทำการศึกษาหนังสือแบบเรียนของนักเรียนแล้ว พบว่าในหนังสือแบบเรียนมีเนื้อหาเรื่องระบบนิเวศยังไม่ครอบคลุมตามมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตร

การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ที่กระทรวงศึกษาธิการจัดทำขึ้นซึ่งได้กำหนดไว้ในสาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนในวงชั้นที่ 4 ไว้ว่าควรมีการวิเคราะห์ อภิปรายและอธิบาย กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายของระบบนิเวศและคุณภาพของระบบนิเวศ (กรมวิชาการ. 2544 : 11) ซึ่ง คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศนี้ นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเองและเป็นคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้ให้สอดคล้อง กับสภาพท้องถิ่นของผู้เรียนตามหลักสูตรท้องถิ่น ในความเห็นของผู้วิจัยต้องการจัดทำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อใช้เป็นคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรในวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) สำหรับนักเรียนในวงชั้นที่ 4 ซึ่งจะช่วยขยายเนื้อหาสาระในบทเรียน เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนรู้สูงสุด และนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ยังนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) ของโรงเรียนตลอดจนแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อสร้างคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงชั้นที่ 4
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวงชั้นที่ 4 ก่อน และหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวงชั้นที่ 4 ที่เรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรและไม่ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากการเรียน โดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีความสำคัญดังต่อไปนี้

1. ได้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบ สำหรับการสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาต่างๆ ได้

2. ผลการศึกษาทำให้ทราบถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จากการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อที่จะได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 เฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวนนักเรียนทั้งหมด 136 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 เฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 แผนการเรียน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ใช้วิธีการจับสลากมาจำนวน 2 แผนการเรียน แผนการเรียนละ 30 คน รวม 60 คน แบ่งเป็น

กลุ่มทดลอง นักเรียนที่เรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

กลุ่มควบคุม นักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

- 1.1 การสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
- 1.2 การสอนโดยไม่ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

- 2.1 ประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
- 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- 2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร หมายถึง หนังสือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องระบบนิเวศ ประกอบไปด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอน บทปฏิบัติการและคำถามในแต่ละเนื้อหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร หมายถึง การทดลองใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

3. ระบบนิเวศ หมายถึง กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในแหล่งที่อยู่แต่ละแห่งนั้นจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทั้งความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิตในสภาพแวดล้อมนั้น ซึ่งเนื้อหาสาระเกี่ยวกับระบบนิเวศเป็นส่วนหนึ่งในกลุ่มสาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานอยู่ในสาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยา ศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 กำหนดหลักสูตรเป็น 4 ช่วงชั้น ตามระดับพัฒนาการของผู้เรียน

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) เรื่อง ระบบนิเวศ โดยวัดความสามารถด้านต่างๆ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ (Knowledge) ด้านความเข้าใจ (Comprehension) ด้านวิเคราะห์ (Analysis) และด้านการนำไปใช้ (Application)

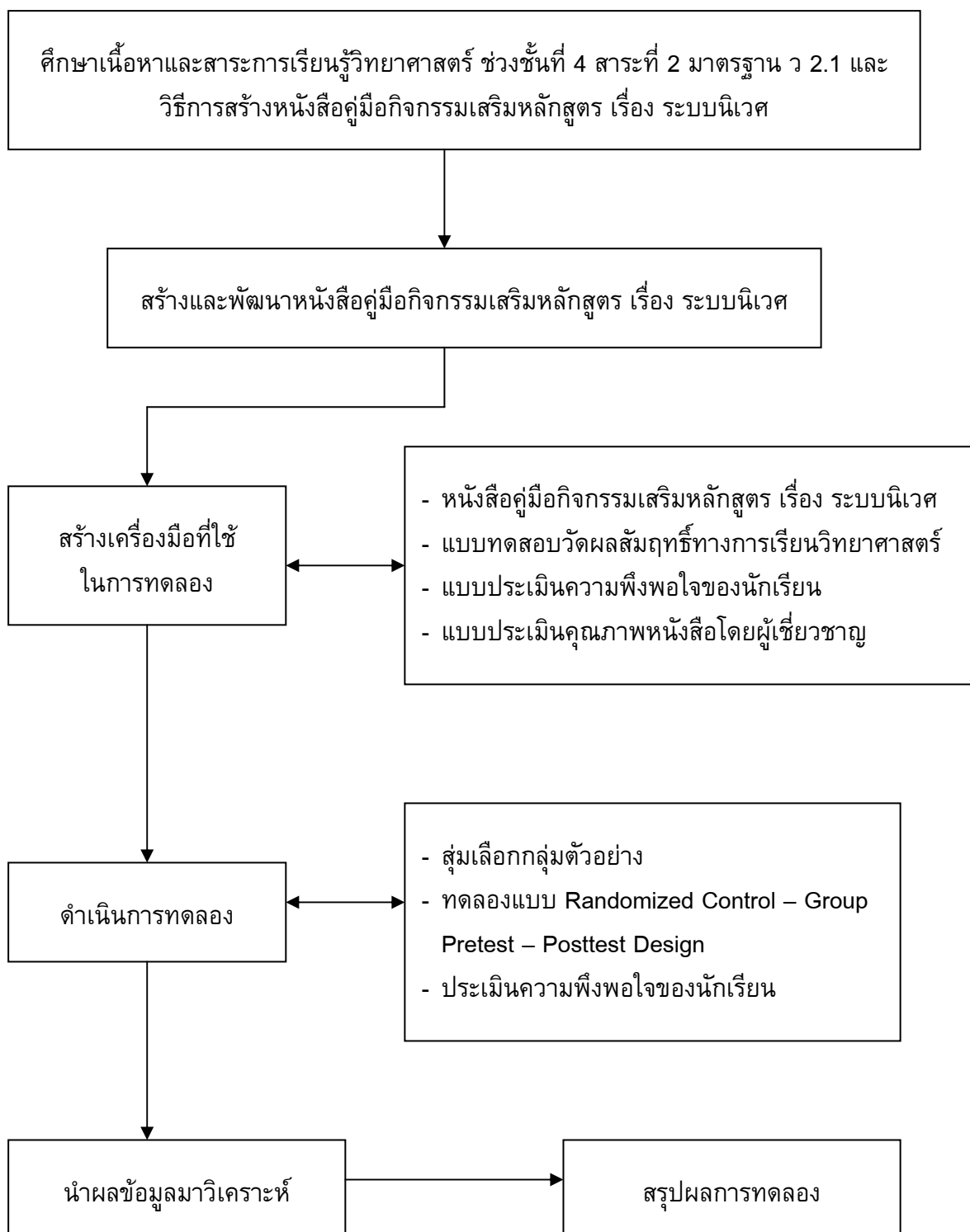
6. ประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร หมายถึง ผลที่ได้จากการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้ได้ผลเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดย

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบฝึกหัดในแต่ละเนื้อหา ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศแล้ว ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

7. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ซึ่งจะแสดงออกในรูปของระดับความรู้สึกพึงพอใจมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุดที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. กลุ่มมือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
2. นักเรียนที่ได้รับการเรียนโดยใช้กลุ่มมือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบนิเวศหลังการเรียนจะสูงกว่าก่อนการเรียน
3. นักเรียนที่ได้รับการเรียนโดยใช้กลุ่มมือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ได้เรียนโดยใช้กลุ่มมือกิจกรรมเสริมหลักสูตร
4. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกลุ่มมือกิจกรรมเสริมหลักสูตรอยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่พึงพอใจมากขึ้นไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือและหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศ
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือและหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือและหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม

1.1 ความสำคัญของการพัฒนาหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษา(2545 : 30 – 33) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียน ได้กำหนดความรู้และทักษะขั้นพื้นฐานสำหรับผู้เรียนทุกคนและให้ความสำคัญต่อการกำหนดมาตรฐานด้านสาระการเรียนรู้ การพัฒนาหนังสือเรียนและสื่อต่างๆ การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนรวมทั้งการวัดผลประเมินผลไว้ด้วย การกำหนดมาตรฐานของหนังสือเรียนและสื่อต่างๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเที่ยงตรงทั้งในส่วนของสาระการเรียนรู้และการสอน ทั้งนี้การพิจารณาว่าสื่อลักษณะใดมีความเหมาะสมต้องพิจารณาว่า 1)หนังสือเรียนได้เน้นการรวบรวมส่วนที่สำคัญไว้มากน้อยเพียงใด 2)การเรียนรู้ของผู้เรียนเหมาะสมกับอายุหรือไม่ 3)การออกแบบการสอนในหนังสือเรียนช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ ผลจากการวิเคราะห์สื่อตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดจะช่วยให้ได้ข้อมูลที่น่าไปใช้แนะนำผู้สอนและโรงเรียน เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับการพัฒนาหนังสือเรียนและการเลือกใช้ต่อไป

1.2 ความหมายของหนังสือเรียน

สื่อถ่ายโยงการเรียนรู้พื้นฐานอย่างหนึ่ง คือ แบบเรียนหรือหนังสือเรียน มีผู้ให้ความหมายของหนังสือเรียน หรือแบบเรียนดังนี้

พรรณงาม แยมบุญเรือง (2535 : 1) ได้กล่าวว่า หนังสือเป็นสื่อการเรียนการสอนที่สำคัญที่สุดสำหรับครูและนักเรียน หนังสือนอกจากจะถือว่าเป็นสื่อหลักในด้านการพัฒนาการเรียนการสอน หนังสือยังเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสม (Appropriate Technology) และเป็นสื่อชนิดเดียวที่มีตัวแกนเชื่อมโยง (Associate Link) ของความคิดรวบยอดและจุดประสงค์ของการเรียนรู้กับกระบวนการเรียนรู้กระบวนการสอนทั้งสองระบบ ซึ่งประกอบด้วยหนังสือเรียนหลายประเภท เช่น ประเภทตำรา (Higher Textbook) หนังสือเรียนพื้นฐาน (Based Textbook) หนังสือเรียนเลือก (Selected Textbook) หนังสือเรียนประเภทกึ่งหนังสือเรียน (Semi Textbook) หนังสือเรียนเสริม (Co – basal Textbook) หนังสืออ่านประกอบ (Supplementary Textbook)

บันลือ พุกกะวัน (2524 : 47) กล่าวว่า แบบเรียน หมายถึง หนังสือที่กระทรวงศึกษาธิการบังคับใช้ โดยกำหนดว่าผู้เรียนในระดับชั้นนั้นๆ ต้องได้ใช้ฝึกอ่านเป็นพื้นฐานของวิชานั้นๆ ตามที่เนื้อหาของหลักสูตรกำหนดไว้ให้ ทั้งนี้โดยรวมทั้งหนังสือที่นอกเหนือจากกระทรวงศึกษาธิการประกาศบังคับใช้ แต่มีลักษณะเนื้อหาปรากฏในหลักสูตรเฉพาะเรื่องที่เด็กสามารถใช้ค้นคว้า และครูอาจใช้เป็นแบบอ้างอิงในการสอนได้

ชอร์ (Shore. 1960 : 54) กล่าวถึงแบบเรียนว่า เป็นเครื่องมือที่ครูกับนักเรียนใช้สื่อความหมายซึ่งกัน และกันเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เรียนเรื่องเดียวกันเพื่อความเข้าใจเรื่องราวต่างๆ ในแนวเดียวกัน

กูด (Good. 1973 : 605) ได้ให้ความหมายของหนังสือเรียนไว้ว่า หนังสือเรียน หมายถึง หนังสือที่เกี่ยวกับการศึกษาวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ มีการจัดเนื้อหาอย่างมีระบบมุ่งที่จะใช้เฉพาะการเรียนการสอนในระดับใดระดับหนึ่ง และเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเรียนการสอน

1.3 ความมุ่งหมายของการสร้างหนังสือเรียน

ความมุ่งหมายของการสร้างหนังสือเรียน หทัย ตันหยง (2532 : 53 – 54) ได้กล่าวในเชิงเป้าหมายไว้ดังนี้

เป้าหมายทั่วไป

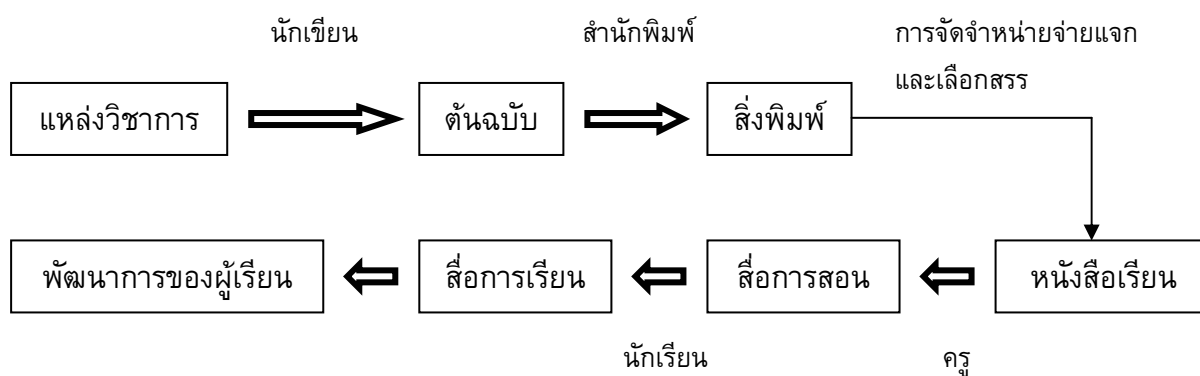
1. เพื่อใช้เป็นวัสดุหลักสูตร
2. เพื่อสร้างเสริมเนื้อหาของบทเรียน ให้ชัดเจนกว้างขวางลึกซึ้งกว่าเดิม
3. เพื่อเป็นสื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

เป้าหมายเฉพาะ

1. เพื่อพัฒนาทักษะทางภาษาโดยเฉพาะในการอ่าน
2. เพื่อพัฒนาสมอง ความคิด ทั้งในเชิงความเข้าใจในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า
3. เพื่อพัฒนาลักษณะนิสัย ในการอ่านอันมีผล ต่อการสร้างเจตคติต่อสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิต ขนบประเพณี วัฒนธรรม ทั้งในส่วนตน สังคมและประเทศชาติ
4. เพื่อพัฒนาจิตใจของผู้เรียน เพื่อให้เกิดสำนึกในคุณธรรม และเป็นพื้นฐานของการสร้างค่านิยมและจริยธรรมอันดีงาม รวมทั้งการเสริมสร้างเจตคติในทางประชาธิปไตย และความเป็นพลเมืองดีของชุมชนและชาติบ้านเมือง
5. เพื่อพัฒนาสุขภาพทางจิตของผู้เรียนให้เรียนรู้ต่างๆ ด้วยความสนุกสนานรื่นเริง เพลิดเพลินบันเทิงใจ
6. เพื่อเป็นสื่อเสริมแรงจูงใจ ล่อใจ เร้าใจ ให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

1.4 ขั้นตอนการผลิตหนังสือเรียน

ครอนบาก (หทัย ตันหยง. 2532 : 55 – 56 ; อ้างอิงจาก Cronbach. 1955 : 94) ได้สรุปกระบวนการผลิตหนังสือเรียน ซึ่งเป็นภาพรวมเพื่อสื่อการเรียนรู้ไว้ ดังนี้



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการผลิตหนังสือเรียน

หทัย ตันหยง (2532 : 56) ได้สรุปขั้นตอนการผลิตหนังสือเรียน เป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดเป้าหมายและจุดประสงค์ในการเขียนหนังสือเรียน
2. กำหนดเกณฑ์ในการวางโครงสร้างต้นฉบับ
3. การกำหนดโครงสร้างต้นฉบับ
4. การกำหนดวิธีการและรูปแบบการนำเสนอเนื้อหา
5. การวางเค้าโครง (Plot) ต้นฉบับ
6. การสร้างต้นฉบับ (Manuscript)
7. การประเมินคุณภาพต้นฉบับ
8. การนำต้นฉบับเข้าสู่กระบวนการพิมพ์
9. การจำแนกแจกจ่ายแบบเรียนไปสู่ผู้เรียน

1.5 ประโยชน์ของหนังสือเรียน

หทัย ตันหยง (2532 : 56 – 60) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของหนังสือเรียนทั้งในด้านตัวผู้เรียนและครูผู้สอน ซึ่งถือว่าได้ผลคุ้มค่าในการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ประโยชน์ทั่วไป

1. หนังสือเรียนเป็นหนังสือที่ใช้อ่านได้เช่นเดียวกับหนังสือทั่วไปตามห้องสมุดต่าง ๆ
2. หนังสือเรียนเปรียบได้กับห้องสมุดเคลื่อนที่ที่สามารถค้นคว้าหาความรู้ต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ
3. หนังสือเรียนทุกเล่มให้ทั้งสาระ ความรู้และความบันเทิงแก่ผู้อ่าน
4. หนังสือเรียนให้ข้อมูลความรู้ที่แน่นอน มีหลักฐานอ้างอิงเชื่อถือได้มากกว่าหนังสือประเภทอื่นๆ
5. หนังสือเรียนเป็นหนังสือที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่าหนังสือประเภทอื่นๆ เพราะมีมาตรฐานในการผลิตและการควบคุมราคา

ประโยชน์ทางด้านครูผู้สอน

1. หนังสือเรียน เป็นสื่อการสอนประเภทสิ่งพิมพ์ที่มีลักษณะเอนกประสงค์อย่างหนึ่ง
2. หนังสือเรียนเป็นเครื่องมือ หรือวัสดุหลักสูตร ที่ครูสามารถใช้ตรวจสอบเนื้อหาที่หลักสูตรกำหนดไว้อย่างแม่นยำถูกต้อง

3. หนังสือเรียนจะช่วยให้ครูเข้าใจขอบเขตเนื้อหาสาระของบทเรียน
4. หนังสือเรียนจะช่วยให้ครูสามารถวางจุดประสงค์ในการสอน โดยเฉพาะจุดประสงค์เฉพาะวิชาได้เป็นอย่างดี
5. หนังสือเรียนจะช่วยเป็นแนวทางการจัดกิจกรรม และประสบการณ์สำหรับผู้เรียนให้บรรลุจุดประสงค์ที่คาดหวังไว้
6. หนังสือเรียนสามารถใช้แทนแผนการสอนในยามจำเป็นอย่างดี
7. หนังสือเรียน เป็นแหล่งวิชาการที่สามารถใช้เป็นจุดเริ่มต้นสร้างสรรค์สื่อการเรียนการสอนประเภทอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ประโยชน์ทางด้านตัวผู้เรียน

1. หนังสือเรียนเป็นคู่มือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่ง
2. หนังสือเรียนเป็นแหล่งค้นคว้าหาความรู้ของประสบการณ์ จากบทเรียนในหลักสูตรให้กว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น
3. หนังสือเรียนเป็นเครื่องมือที่ช่วยเตรียมตัวเพื่อจะเรียนในบทเรียนต่อไป
4. หนังสือเรียนช่วยพัฒนาทักษะทางภาษาได้เป็นอย่างดี
5. หนังสือเรียนเป็นแหล่งวิชาการสำหรับจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบทเรียนได้อย่างกว้างขวาง
6. หนังสือเรียนเป็นสื่อพัฒนาผู้เรียน ซึ่งเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างครูและผู้ปกครองในส่วนที่เกี่ยวกับการศึกษาเล่าเรียนให้ดำเนินไปด้วยดี
7. หนังสือเรียนจะมีแบบฝึกหัดคำถาม ข้อเสนอแนะเพิ่มพูนทักษะในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง
8. หนังสือเรียนช่วยแก้ปัญหาภาวะขาดแคลนหนังสืออ่าน สำหรับเด็กได้เป็นอย่างดี
9. หนังสือเรียนในยุคปัจจุบัน ส่งเสริมให้มีเนื้อหาที่น่าสนใจ เช่น ภาพประกอบที่สวยงาม มีเนื้อหาเสริมด้วยนิทาน นิยาย เพื่อให้บทเรียนน่าสนใจไม่น่าเบื่อหน่าย

ประโยชน์ของหนังสือเรียนทั้ง 3 ด้าน ดังกล่าวอาจสรุปเป็นประเด็นได้ว่า หนังสือเรียนเป็นสิ่งที่ให้ความรู้แก่บุคคลทั่วไปรวมทั้งผู้สอนและผู้เรียน และเป็นสื่อที่หาง่าย สามารถใช้แทนแผนการสอนในยามจำเป็นได้ ตลอดจนช่วยพัฒนาทักษะทางภาษา ทักษะการคิดให้เหตุผลได้เป็นอย่างดี

1.6 ประเภทและการจัดทำสื่อการเรียนการสอน

1.6.1 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

กรมวิชาการ (2539 : 17 – 18) ได้กล่าวถึงประเภทของสื่อการเรียนการสอนไว้ว่า สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในโรงเรียน จำแนกประเภทตามลักษณะของสื่อการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1.6.1.1 หนังสือเรียน เป็นหนังสือที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนดให้ใช้สำหรับการเรียน มีสาระตรงตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรอย่างถูกต้อง อาจมีลักษณะเป็นเล่ม เป็นแผ่น หรือเป็นชุดก็ได้

1.6.1.2 คู่มือครู แผนการสอน แนวการสอน หรือเอกสารอื่นๆ ที่จัดทำขึ้นเพื่อช่วยครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละรายวิชา ให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของหลักสูตร

1.6.1.3 หนังสือเสริมประสบการณ์ เป็นหนังสือที่จัดทำขึ้น โดยคำนึงถึงประโยชน์ในด้าน ต่อไปนี้

- การศึกษาหาความรู้ของตนเอง
- ความสนุกสนานเพลิดเพลิน ความซาบซึ้งในคุณค่าของภาษา
- การเสริมสร้างทักษะและนิสัยรักการอ่าน
- การเพิ่มพูนความรู้ ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ตามหลักสูตรให้กว้างขวางขึ้น

หนังสือประเภทนี้โรงเรียนควรจัดหาไว้บริการครูและนักเรียนในโรงเรียน ซึ่งหนังสือเสริมประสบการณ์ จำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. หนังสืออ่านนอกเวลา เป็นหนังสือที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนดให้ใช้ในการเรียนวิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตรนอกเหนือจากหนังสือเรียน สำหรับให้นักเรียนอ่านนอกเวลาเรียน โดยถือว่ากิจกรรมการเรียนเกี่ยวกับหนังสือนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนตามหลักสูตร

2. หนังสืออ่านเพิ่มเติม เป็นหนังสือที่มีสารบัญหลักสูตร สำหรับให้นักเรียนอ่าน เพื่อศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง ตามความเหมาะสมกับวัยและความสามารถในการอ่านของแต่ละบุคคล หนังสือประเภทนี้เคยเรียกว่า หนังสืออ่านประกอบ

3. หนังสืออุเทศ เป็นหนังสือสำหรับใช้ค้นคว้าอ้างอิงเกี่ยวกับการเรียนโดยมีการเรียบเรียงเชิงวิชาการ

4. หนังสือส่งเสริมการอ่าน เป็นหนังสือที่จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เน้นไปในทางส่งเสริมให้อ่านเกิดทักษะในการอ่าน และมีนิสัยรักการอ่านมากยิ่งขึ้น อาจเป็นหนังสือสารคดี นวนิยาย นิทาน ฯลฯ ที่มีลักษณะไม่ขัดต่อวัฒนธรรม ประเพณีและศีลธรรมอันดีงาม ให้ความรู้ มีคติและสาระประโยชน์

1.6.1.4 แบบฝึกหัด เป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ เพื่อช่วยเสริมให้เกิดทักษะและความแตกฉานในบทเรียน

1.6.2 การจัดทำสื่อการเรียนการสอน

กรมวิชาการ (2539 : 21 – 23) ได้กล่าวถึงการจัดทำสื่อการเรียนการสอนไว้ว่า เมื่อท้องถิ่นได้วิเคราะห์สื่อการเรียนการสอน เพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น แล้วพบว่ามีความจำเป็นที่ท้องถิ่นจะต้องจัดทำสื่อการเรียนการสอนขึ้นใหม่ เพื่อให้สามารถนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งมีแนวปฏิบัติ ดังนี้

1.6.2.1 ประเภทของสื่อการเรียนการสอนที่ท้องถิ่นจัดทำ

1. สื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสือเรียน หนังสือเรียนที่ท้องถิ่นจัดทำได้ คือ

- รายวิชาหรือเนื้อหาวิชาที่ท้องถิ่นจัดทำขึ้นใหม่และได้รับอนุญาตให้ใช้ได้แล้ว
- รายวิชาในวิชาบังคับเลือก และวิชาเลือกเสรี และเนื้อหาในกลุ่มประสบการณ์ต่างๆ ที่ท้องถิ่นได้มีการวิเคราะห์แล้ว เห็นว่าจำเป็นต้องจัดทำหนังสือเรียน เพื่อให้มีเนื้อหาสอดคล้องตามความต้องการของท้องถิ่น ทั้งนี้ให้เป็นไปตามนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ

2. สื่อการเรียนการสอนประเภทคู่มือครู แผนการสอน แนวการสอน หนังสือเสริมประสบการณ์ แบบฝึกหัดและสื่อการเรียนการสอนอื่นๆ ท้องถิ่นสามารถจัดทำขึ้นได้และนำมาใช้ในการจัดกิจกรรม โดยอยู่ในดุลพินิจของผู้บริหารสถานศึกษา

1.6.2.2 ขั้นตอนการจัดทำสื่อการเรียนการสอน

1. ขั้นเตรียมการ

- วิเคราะห์จุดประสงค์ของหลักสูตร
- วิเคราะห์ขอบเขตเนื้อหาสาระ
- พิจารณาคาบเวลาเรียน
- วิเคราะห์ความรู้ความสามารถของผู้เรียน

2. ขั้่นวางแผน

- กำหนดจุดประสงค์ของสื่อการเรียนการสอน
- กำหนดขอบเขต/หัวข้อเนื้อหาสาระของสื่อการเรียนการสอน
- จัดทำโครงร่าง (outline) ของสื่อการเรียนการสอน
- กำหนดแนวทางการเสนอเนื้อหาสาระของสื่อการเรียนการสอน
- เตรียมการเกี่ยวกับข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่จะต้องใช้ในการยกร่างต้นแบบ สื่อการเรียนการสอน

3. ขั้่นยกร่างต้นแบบสื่อการเรียนการสอน

- ลงมือเขียนต้นแบบ ครั้งที่ 1
- ตรวจสอบต้นแบบ ครั้งที่ 1 และปรับปรุง
- ตรวจสอบต้นแบบ ครั้งที่ 2 และปรับปรุง

4. ขั้่นทดลองใช้ต้นแบบสื่อการเรียนการสอน

- ทดลองใช้ต้นแบบกับตัวแทนผู้เรียนหลายๆ คนแล้วปรับปรุง
- ทดลองใช้ต้นแบบกับกลุ่มตัวแทนผู้เรียนตามสภาพการเรียนการสอนแล้วปรับปรุง

5. จัดทำต้นแบบสื่อการเรียนการสอนให้สมบูรณ์

1.6.2.3 เกณฑ์การพิจารณาจัดทำสื่อการเรียนการสอน

ในการจัดทำสื่อการเรียนการสอนท้องถิ่น ควรใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ประกอบการพิจารณาในการจัดทำ คือ

1. สอดคล้องกับจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชา
2. ถูกต้องตามหลักวิชาและมีเนื้อหาเป็นปัจจุบัน
3. เสนอเนื้อหาเป็นไปตามลำดับขั้นของการเรียนรู้
4. เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน
5. เนื้อหาความยากง่ายเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
6. เนื้อหาไม่ลบหลู่สถาบันชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ ไม่ขัดต่อหลักศีลธรรมอันดีและความมั่นคงของชาติ
7. เนื้อหาสอดคล้องกับลักษณะเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรมของท้องถิ่น

8. ใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจน สละสลวย เป็นแบบอย่างได้
9. ภาพประกอบ แผนภูมิ แผนที่ ฯลฯ มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา
10. กิจกรรมมีความเหมาะสม ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ วิวิจารณ์ ฝึกปฏิบัติ และส่งเสริมให้นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

1.7 กระบวนการผลิตสื่อการเรียนรู้

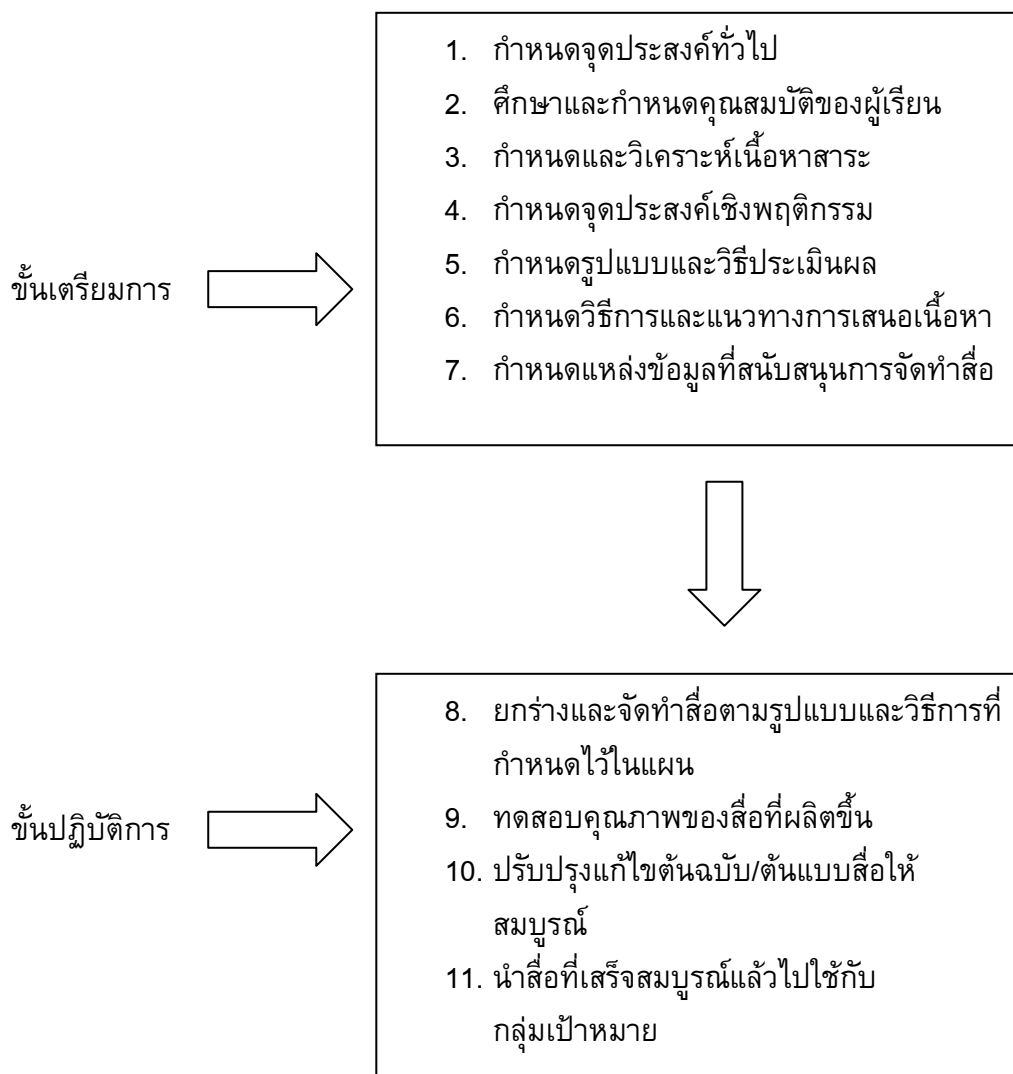
กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ. (2545 : 37 – 39) การผลิตสื่อการเรียนรู้แต่ละประเภทอาจมีขั้นตอนวิธีผลิตที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไป ในที่นี้จะนำเสนอกระบวนการผลิตสื่อการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้กับการผลิตสื่อการเรียนรู้ทั่วไป ซึ่งมีกระบวนการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการผลิตสื่อ
2. ศึกษาและกำหนดคุณสมบัติของผู้เรียน โดยพิจารณาว่าผู้ที่จะใช้สื่อ นั้นคือใคร มีความรู้และประสบการณ์เดิมมาอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดคุณสมบัติส่วนอื่นๆ ของสื่อให้เหมาะสมต่อไป
3. กำหนดและวิเคราะห์เนื้อหาสาระว่าจะต้องประกอบด้วยเนื้อหาสาระอะไรบ้าง ทั้งนี้ควรจะต้องพิจารณากำหนดเนื้อหาสาระให้สัมพันธ์กับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และให้เหมาะสมกับผู้เรียนด้วย
4. กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยการตีความและจำแนกแยกย่อยจุดประสงค์ทั่วไปให้ละเอียดลงไปถึงขั้นที่ทราบได้ว่า เมื่อผู้เรียนเรียนรู้จากสื่อ นั้นแล้วสามารถทำอะไรได้บ้าง ซึ่งจะเป็นแนวทางสำคัญในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป
5. กำหนดรูปแบบและวิธีประเมินผล
6. กำหนดวิธีการและแนวทางการเสนอเนื้อหา เป็นการวางแผนว่าจะเสนอเนื้อหาสาระในรูปแบบใด เรียงลำดับหัวข้อและเนื้อหาอย่างไร มีตัวอย่าง มีการนำเรื่อง สรุปเรื่อง หรือทบทวนเรื่องอย่างไร ควรมีแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมแทรกอยู่ด้วยหรือไม่ ทั้งนี้ ก็เพื่อที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั่นเอง
7. กำหนดแหล่งข้อมูลที่สนับสนุนการจัดทำสื่อการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นผลิตสื่อการเรียนรู้ชนิดใด อาจจะเป็นสื่อสิ่งพิมพ์หรือสื่อเทคโนโลยี ผู้ผลิตจะต้องกำหนดว่าจะหาข้อมูลสนับสนุนได้จากแหล่งใด เช่น แหล่งค้นคว้าเกี่ยวกับเนื้อหา ภาพประกอบ แผนภูมิ เป็นต้น
8. ยกร่างและจัดทำสื่อการเรียนรู้ตามรูปแบบ และวิธีการที่กำหนดไว้

9.ทดสอบคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ที่ผลิตขึ้น โดยนำสื่อต้นแบบไปทดลองใช้กับกลุ่มบุคคลที่เป็นตัวแทนของผู้เรียนที่จะต้องใช้อนั้น ใช้สื่อต้นแบบนี้จัด การเรียนการสอนจริงๆ เพื่อศึกษาข้อบกพร่องต่างๆ สำหรับนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงสื่อให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

10. ปรับปรุงสื่อการเรียนรู้ตามข้อมูลที่ได้ศึกษาไว้

11. นำสื่อที่ปรับปรุงแก้ไขสมบูรณ์แล้วไปใช้



ภาพประกอบ 3 กระบวนการผลิตสื่อการเรียนรู้

1.8 แนวทางการใช้มาตรฐานสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษา (2545 : 2 – 3) การประเมินสื่อสิ่งพิมพ์มีแนวทางที่ประกอบด้วย วิธีการหรือกรอบการประเมิน การนำผลประเมินไปใช้ และแนวทางของการเลือกใช้สื่อสิ่งพิมพ์ที่ประเมินผลแล้ว มีรายละเอียดดังนี้

1.8.1 วิธีการประเมิน มีลำดับขั้นตอนการประเมิน ดังนี้

- 1) ศึกษามาตรฐานสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นกรอบในการประเมินและศึกษาบทเรียนหรือกิจกรรมที่ต้องการจะประเมิน
- 2) พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาสาระของบทเรียนหรือกิจกรรมกับจุดมุ่งหมาย ของบทเรียน
- 3) วิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ของบทเรียนหรือกิจกรรมเพื่อพิจารณาถึงความตรงกันกับแนวคิดและทักษะตามมาตรฐานการเรียนรู้
- 4) วิเคราะห์และตัดสินคุณภาพของบทเรียนหรือกิจกรรมว่าเป็นไปตามเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยข้อใดในมาตรฐานสื่อสิ่งพิมพ์
- 5) ให้คะแนนบทเรียนหรือกิจกรรมตามระดับของคุณภาพสำหรับเกณฑ์ย่อย แต่ละข้อโดยพิจารณาว่าเป็นไปตามตัวชี้บ่งที่ข้อและข้อใดบ้าง

1.8.2 ผลการประเมิน สื่อสิ่งพิมพ์ที่มีเนื้อหาสาระเป็นไปตามตัวชี้บ่งทุกข้อจะมีคุณภาพระดับดี สามารถนำไปใช้ได้ แต่ถ้าประเมินแล้วอยู่ในระดับพอใช้ แสดงว่าสื่อสิ่งพิมพ์นั้นมีคุณภาพลดต่ำลงมา ซึ่งอาจนำไปใช้ในกรณีที่ไม่มีสื่อสิ่งพิมพ์อื่นที่ดีกว่า และอาจต้องนำสื่อสิ่งพิมพ์อื่นที่บางตอนมีคุณภาพสูงมาใช้เสริม สำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับต้องปรับปรุงถือว่ามีความต่ำมากและไม่ควรนำมาใช้ในการเรียนการสอน

1.8.3 การเลือกใช้สื่อสิ่งพิมพ์ตามผลการประเมิน เมื่อประเมินสื่อสิ่งพิมพ์ทั้งเล่มแล้วผู้ประเมินสามารถนำผลจากการประเมินมาใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้สื่อสิ่งพิมพ์ใน 2 ลักษณะต่อไปนี้

- 1) เลือกใช้เป็นหนังสือเรียนประจำรายวิชาหรือใช้ในห้องเรียนโดยตรง
- 2) เลือกใช้เป็นเอกสารอ้างอิงเพื่อค้นคว้าเพิ่มเติมหรือใช้เพิ่มเติมประกอบกับหนังสือเรียนของผู้เรียนในส่วนที่บกพร่องหรือขาดหายไป

กรณีที่ 1 การเลือกหนังสือเรียนเพื่อใช้ในชั้นเรียนจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ โดยอาจตั้งเป็นกรรมการของโรงเรียนหรือกรรมการของเขตพื้นที่การศึกษา การพิจารณาเลือกใช้ให้ดูจากผลการประเมินในภาพรวมของหนังสือแต่ละเล่ม โดยเนื้อหาแต่ละบทจะต้องอยู่ในระดับผ่านการประเมินคือไม่ต่ำกว่าระดับพอใช้ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับที่สามารถนำไปใช้เป็นหนังสือเรียนได้ ทั้งนี้ควรพิจารณาผลการประเมินของกรรมการทุกคนร่วมกันและลงมติเลือกหนังสือเรียนที่ดีที่สุดให้ผู้เรียนใช้เรียน

กรณีที่ 2 ผู้สอนต้องการเลือกหนังสือเพื่ออ้างอิงหรือใช้เป็นเอกสารเสริมหนังสือเรียนในส่วนที่ไม่ครบถ้วนขาดหายไป หรือบางตอนบางเรื่องที่มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์ การพิจารณาเลือกกรณีนี้จะดูเป็นตอนหรือบทของเอกสารแต่ละเล่ม โดยแต่ละเล่มอาจมีจุดเด่นหรือผ่านเกณฑ์ต่างกัน บางเล่มอาจมีส่วนของกิจกรรมดี บางเล่มอาจประกอบด้วยเนื้อหาตรงตามต้องการ บางเล่มอาจมีแบบฝึกหัดหรือมีข้อทดสอบที่ดี การประเมินลักษณะนี้ ยังช่วยให้ผู้สอนได้เอกสารเฉพาะเรื่องอย่างครบถ้วนตามแนวคิดหรือหัวข้อที่ต้องการ

1.9 กระบวนการประเมินและขั้นตอนการประเมินสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์

1.9.1 กระบวนการประเมินสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์

การประเมินหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานที่จะประเมินต่อไปนี้อยู่บนเงื่อนไขที่ประกอบด้วย

1. หนังสือเรียนที่ดีจะมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความรู้ของผู้เรียน
2. คุณภาพของหนังสือเรียนจะตัดสินได้ โดยพิจารณาจากการช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนตามเป้าหมายที่วางไว้
3. การวิเคราะห์หนังสือเรียน จะพิจารณาความลึกซึ้งของเนื้อหาเป็นหลักมากกว่าความครอบคลุมเนื้อหา และต้องประเมินด้วยว่าหนังสือเรียนนั้นมีศักยภาพที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ด้วย

1.9.2 ขั้นตอนการประเมินสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์สื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนวิธีดำเนินการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์จุดมุ่งหมายการเรียนรู้และเลือกใช้เป็นพื้นฐานในการประเมิน

ขั้นแรก ผู้ประเมินจะต้องเลือกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้บางจุดมุ่งหมายเพื่อใช้เป็นกรอบในการประเมิน แล้วจึงพิจารณาหนังสือที่จะประเมินเพื่อจัดทำรายการของจุดมุ่งหมายที่เน้นในหนังสือเล่มนั้น เพื่อใช้เป็นเป้าหมายในการประเมินต่อไป

เมื่อจะประเมินสาระการเรียนรู้เพียงหน่วย หรือบทเดียวเพื่อใช้ในการเรียนรู้สำหรับตอนสั้นๆ ควรจะวิเคราะห์จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่เป็นเป้าหมายของบทเรียนนั้นด้วย แต่การประเมินสาระการเรียนรู้ทั้งปี (หรือหลายปีต่อเนื่องกัน) จะไม่สามารถประเมินทุกจุดมุ่งหมายได้พร้อมกันจึงต้องดำเนินตามขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการประเมินด้วยการสุ่มจุดมุ่งหมายเพียง 2-3 ข้อ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของจุดมุ่งหมายทั้งหมดที่ใช้เป็นกรอบในการประเมินในขั้นแรก เช่น ถ้าคณะกรรมการประเมินเลือกสาระการเรียนรู้เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อมในมัธยมศึกษาตอนปลาย จะต้องจำแนกตัวอย่างจุดมุ่งหมายการเรียนรู้จากหัวข้อที่สำคัญตามมาตรฐานการเรียนรู้ คือ คุณลักษณะของระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ และปัญหาสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติรวมทั้งจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่สะท้อนความคิดระดับสูงและทักษะต่างๆ เช่น ทักษะปฏิบัติ ความเข้าใจแนวคิดที่สำคัญ การแก้ปัญหา แต่ถ้าจะประเมินสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่ต้องตรวจสอบจะต้องครอบคลุมหัวข้อสำคัญตามมาตรฐานการเรียนรู้ คือ ห่วงโซ่อาหาร ระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน วัฏจักรของสาร เป็นต้น

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบขั้นต้นเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่ต้องการประเมิน

เมื่อเลือกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่จะใช้ประเมินตามขั้นที่ 1 แล้ว ขั้นต่อไปเป็นการตรวจสอบเบื้องต้น เพื่อวิเคราะห์ความตรงตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ของสาระการเรียนรู้ที่ปรากฏในหนังสือ หนังสือเล่มใดที่ไม่ผ่านเกณฑ์นี้ก็ไม่จำเป็นต้องนำมาประเมินต่อไป จากนั้นให้พิจารณาอย่างระมัดระวังทีละหน้า เพื่อตรวจสอบกิจกรรม บทเรียน แบบฝึกหัดและโอกาสในการเรียนรู้อื่นๆ แล้วบันทึกว่าส่วนของสื่อสิ่งพิมพ์ตรงกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่เลือกมาใช้ประเมิน การวิเคราะห์จะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของแต่ละกิจกรรมหรือบทเรียนพร้อมทั้งอธิบายว่ากิจกรรมหรือบทเรียนนั้นเป็นไปตามจุดมุ่งหมายใดและอย่างไร ผลการวิเคราะห์อาจเก็บรวบรวมไว้ในคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะเรียกมาใช้พิจารณาร่องรอยของผลการวิเคราะห์ในภายหลังได้ ถ้ามีส่วนที่ตรงตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้หลายแห่งก็ต้องตรวจสอบอย่างระมัดระวังในขั้นตอนการวิเคราะห์อย่างละเอียดต่อไป ในทางตรงกันข้าม ถ้าตรวจแล้วพบว่ามีส่วนที่ไม่ตรงกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่ใช้ประเมินในจำนวนที่มีนัยสำคัญก็คัดแยกหนังสือเล่มนั้นออกจาก การประเมินได้เพราะผลการประเมินขั้นต้นได้แสดงแล้วว่า *ไม่ผ่านการประเมิน*

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ของบทเรียนหรือกิจกรรมที่ตรงกับแนวคิดและทักษะตามมาตรฐานการเรียนรู้

การวิเคราะห์ในขั้นนี้ เป็นการตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนหรือกิจกรรมตามสาระการเรียนรู้ในสื่อสิ่งพิมพ์กับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่เลือกมาประเมินอย่างละเอียด และระมัดระวัง โดยพิจารณาตรวจสอบทั้งสองทางคือ ความถูกต้องแม่นยำของจุดมุ่งหมาย การเรียนรู้ตามมาตรฐาน และรายละเอียดสาระการเรียนรู้ที่บทเรียนนั้นนำเสนอ ผู้ประเมินควรใช้วิธีการต่อไปนี้ในการตรวจสอบ

1. พิจารณาแต่ละบทเรียน หรือกิจกรรมว่าตรงกับสาระการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้จำเพาะ หรือเพียงแต่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ทั่วไปหรือหัวข้อเท่านั้น
2. บทเรียน หรือกิจกรรมได้สะท้อนถึงระดับความลึกซึ้งของจุดมุ่งหมายการเรียนรู้จำเพาะหรือเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับเป้าหมายของจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่เพิ่ม ขึ้นตามลำดับของระดับการเรียนรู้ก่อนหน้าหรือภายหลังระดับที่กำลังพิจารณาอยู่
3. บทเรียน หรือกิจกรรมเป็นไปตามแนวคิดตามมาตรฐานการเรียนรู้และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้จำเพาะโดยรวมหรือเพียงบางส่วน (ไม่จำเป็นที่แต่ละบท เรียนจะต้องมีแนวคิดโดยรวมเป็นไปตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ เพื่อเตรียมการพิจารณารายละเอียดของแนวคิดให้นำมาใช้ได้อย่างถูกต้อง)

การวิเคราะห์ขั้นนี้ ยังเป็นการตรวจสอบความตรงกัน ระหว่างสาระการเรียนรู้ในบทเรียน และจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่ใช้ประเมิน การวิเคราะห์ขั้นนี้จึงต้องพิจารณาว่าสื่อสิ่งพิมพ์นั้นมีองค์ประกอบของสาระการเรียนรู้ที่ไม่จำเป็นต่อการรู้วิทยาศาสตร์หรือไม่ และบทเรียนสามารถแยกสาระการเรียนรู้ที่จำเป็นต่อการรู้วิทยาศาสตร์ออกจากสาระการเรียนรู้ที่ไม่จำเป็นได้อย่างชัดเจนหรือไม่

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์เพื่อตัดสินว่าบทเรียนหรือกิจกรรมในสื่อสิ่งพิมพ์ทั้งเล่มเป็นไปตามเกณฑ์ข้อใด

ในขั้นนี้ มีจุดประสงค์ เพื่อประเมินว่าบทเรียน หรือกิจกรรมตรงตามเป้าหมายในมาตรฐานหรือไม่ โดยการตรวจสอบสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของผู้เรียนและประสิทธิภาพในการใช้สอน ไม่เน้นการออกแบบการสอนของสื่อสิ่งพิมพ์ในลักษณะของภาพรวม แต่การวิเคราะห์จะต้องพิจารณาว่า กลยุทธ์การสอนที่สัมพันธ์ กับกิจกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิด และทักษะเฉพาะเรื่องที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งหรือไม่

ขั้นที่ 5 การให้คะแนนบทเรียนหรือกิจกรรมตามระดับของคุณภาพ สำหรับเกณฑ์แต่ละข้อโดยพิจารณาถึงความตรงตามตัวชี้บ่ง

ในแต่ละเกณฑ์จะมีตัวชี้บ่งแตกต่างกัน การให้คะแนนที่แนะนำไว้ในแต่ละเกณฑ์จะใช้จำนวนของตัวชี้บ่งเป็นตัวกำหนดการให้คะแนนว่าตรงตามตัวชี้บ่งกี่ข้อและข้อใดบ้าง ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนมี 3 ระดับ คือ ดี (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1) และถ้าผลการประเมินอยู่นอกเหนือเกณฑ์ที่กำหนดก็ให้ถือว่าสื่อสิ่งพิมพ์นั้นอยู่ในระดับต้องปรับปรุงเช่นกัน

1.10 การทดสอบประสิทธิภาพของหนังสือเรียน

การทดสอบประสิทธิภาพ เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างหนังสือเรียน ถึงแม้ว่า ผู้ผลิตหนังสือเรียนดำเนินการผลิตตามขั้นตอนข้างต้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วดีเพียงใดก็ตาม ถ้าปราศจากการทดสอบประสิทธิภาพหนังสือเรียนที่ผลิตมา ย่อมไม่เป็นที่เชื่อถือ ดังนั้น เมื่อได้ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขหนังสือเรียนฉบับร่างในด้านภาษา ภาพ ความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญ และครูผู้สอนจำเป็นต้องนำไปตรวจสอบคุณภาพหรือทดสอบหาประสิทธิภาพ โดยอาศัยข้อมูลจากการนำแบบเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ว่าหนังสือเรียนที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพตามวัตถุประสงค์และตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ในการทดสอบหาประสิทธิภาพนี้อาศัยการทดลองโดยมีลำดับขั้นต่อไปนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2532 : 496 – 497)

1. การทดสอบแบบเดี่ยว (1 : 1) เป็นการทดลองใช้หนังสือเรียนฉบับร่างกับนักเรียนที่เป็นตัวแทนของผู้ที่จะเรียนจากหนังสือเรียน

2. การทดสอบแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10) เป็นการทดลองใช้หนังสือเรียนที่ปรับปรุงแล้วจากขั้นตอนที่ 1 กับนักเรียนที่เป็นตัวแทนของผู้ที่จะเรียนจากหนังสือเรียน 1 : 10 หมายความว่า ในการทดลอง ประกอบด้วยผู้ทดสอบ 1 คน และนักเรียนประมาณ 10 คน

3. การทดสอบภาคสนาม (1 : 30) เป็นการทดสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพของหนังสือเรียนการทดสอบในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้สร้าง มั่นใจได้ว่าหนังสือเรียนที่สร้างขึ้นมานั้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และสามารถนำไปใช้ในการสอนได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ในการหาประสิทธิภาพโดยการหามาตรฐานด้วยวิธี “มาตรฐาน 80/80”
(ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2532 : 496 – 497)

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียน คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบท้ายเล่ม

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\sum X \times 100}{\frac{N}{A}}$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ คิดเป็นร้อยละจากการปฏิบัติกิจกรรม

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\sum F \times 100}{\frac{N}{B}}$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังการเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการเรียน

1.11 สารของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กรมวิชาการ (2544 : 9 – 34) ได้กล่าวถึงสารของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. สาระการเรียนรู้และองค์ความรู้

สารที่เป็นองค์ความรู้ของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 : พลังงาน

สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐาน

สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 : เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศและโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

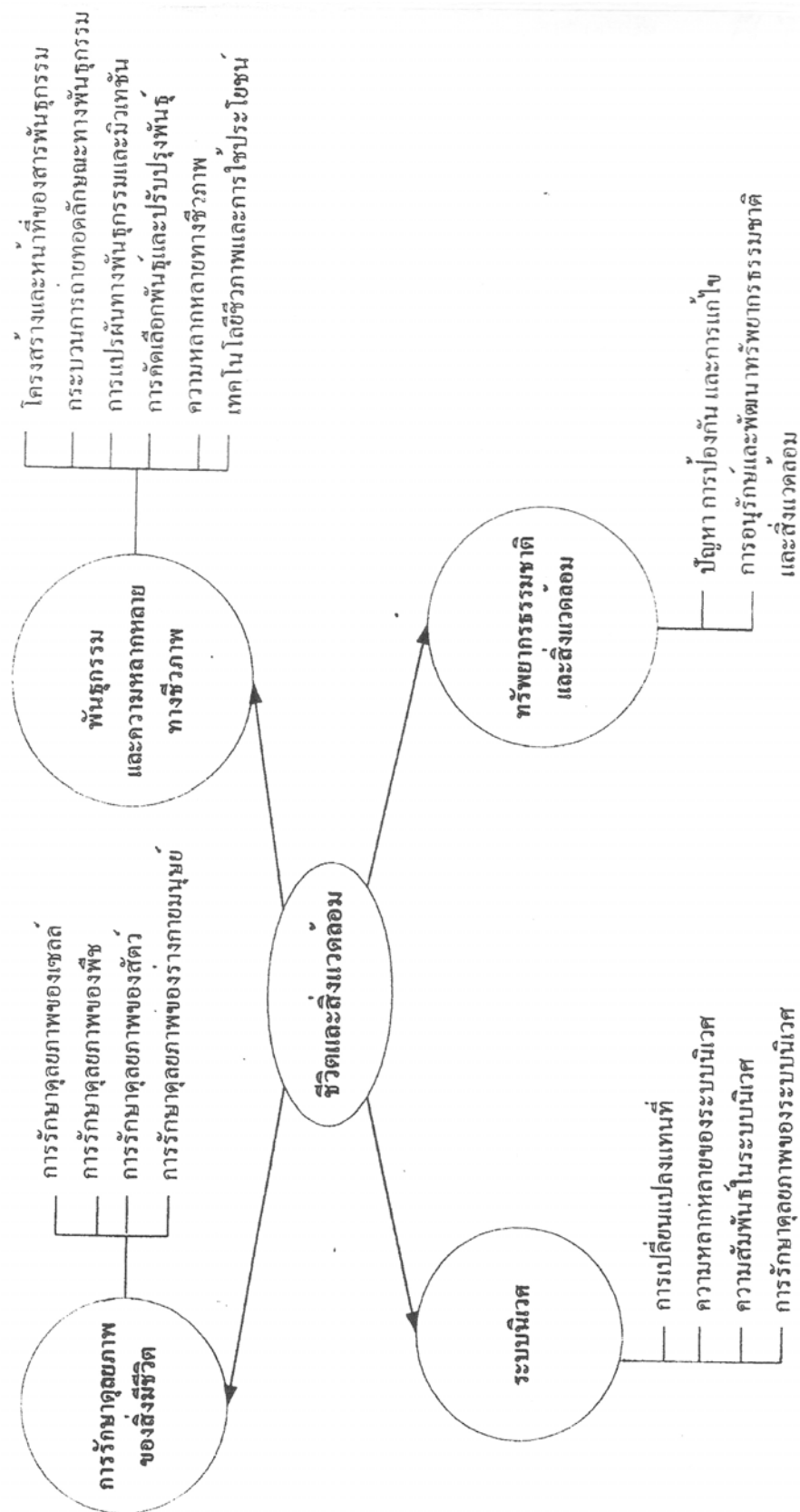
3. มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 4 (ม. 4 – 6)

สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม	
มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 1. วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายของระบบนิเวศและคุณภาพของระบบนิเวศ	มาตรฐาน ว 2.2 : เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศและโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 1. สำรวจ วิเคราะห์สภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศและระดับโลก วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาวางแผนและลงมือปฏิบัติร่วมกับชุมชน ป้องกัน แก้ไขปัญหา เฝ้าระวัง อนุรักษ์ และพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมวิชาการ (2546 : 112) ได้กล่าวถึง ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายภาค ช่วงชั้นที่ 4 (ชั้น ม.4 – 6) ไว้ดังนี้

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายภาค ชั้น ม.4-6
1. วิเคราะห์ อภิปรายและอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายของระบบนิเวศ และคุณภาพของระบบนิเวศ	1. สำรวจ วิเคราะห์ และอธิบายหลักการของกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในท้องถิ่น (ว 2.1-1) 2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายความสำคัญของความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของระบบนิเวศและคุณภาพของระบบนิเวศ (ว 2.1-1)

จากการศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาระของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ม. 4 – 6) ในสาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม กล่าวไว้ว่า ควรมีการวิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายของระบบนิเวศและคุณภาพของระบบนิเวศ



ภาพประกอบ 4 ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) ชั้น ม.4 - ม.6

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของกิจกรรมเสริมหลักสูตร

กิจกรรมเสริมหลักสูตรมีการเรียกชื่อในภาษาไทยแตกต่างกันออกไป เช่น กิจกรรมนอกหลักสูตร กิจกรรมร่วมหลักสูตร กิจกรรมนักเรียน กิจกรรมนิสิต กิจกรรมนักศึกษา นักการศึกษาได้ให้ความหมายของกิจกรรมเสริมหลักสูตรไว้ดังต่อไปนี้

นพพงษ์ บุญจิตราดุลย์ (2527 : 38) กล่าวว่ากิจกรรมนักเรียน หมายถึงบรรดา กิจกรรมประกอบ หรือนอกหลักสูตรทั้งหลายที่ให้การศึกษากับนักเรียนนอกห้องเรียนจัดขึ้นโดยนักเรียนสมัครใจที่เข้าเรียนและดำเนินการเอง โดยความเห็นชอบและสนับสนุนจากคณาจารย์ และไม่มีการให้คะแนนใดๆ ในอันที่จะส่งเสริมให้เด็กเลื่อนชั้นหรือสำเร็จการศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ (2528 : 13) กล่าวว่ากิจกรรมนักเรียน หมายถึง กิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในหลักสูตรให้กว้างขวางยิ่งขึ้น นอกเหนือจากที่หลักสูตรกำหนด เนื้อหาวิชาไว้เพื่อสนองความสนใจและเพื่อส่งเสริมพัฒนาบุคลิกภาพ และอุปนิสัยของนักเรียน

สมหมาย วัฒนศิริ (2535 : 5) กล่าวว่ากิจกรรมเสริมหลักสูตร หรือกิจกรรมนักเรียน เป็นกิจกรรมทุกอย่างที่ทางโรงเรียนจัดให้มีขึ้น เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้เขียนไว้ในหลักสูตรและไม่บังคับให้นักเรียนเรียน แต่เป็นความสมัครใจของนักเรียนเองที่จะเลือกเข้ากิจกรรมตามความสนใจเพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ซึ่งอาจจะดำเนินงานโดยนักเรียนหรือครูก็ได้ กิจกรรมดังกล่าวไม่มีคะแนนหรือหน่วยกิตที่จะช่วยให้นักเรียนเลื่อนชั้นการศึกษา

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่ากิจกรรมเสริมหลักสูตร หมายถึง กิจกรรมที่สถานศึกษาจัดและสนับสนุนให้ผู้เรียนจัดขึ้นเพื่อสนองความสนใจ และส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน นอกเหนือจากหลักสูตรปกติ ไม่มีการให้คะแนนทางวิชาการ

2.2 กิจกรรมวิทยาศาสตร์และประเภทของกิจกรรมวิทยาศาสตร์

2.2.1 กิจกรรมวิทยาศาสตร์

เป็นกิจกรรมที่เสริมความรู้วิทยาศาสตร์ และความสนใจของนักเรียนในสิ่งที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ปัญญาและอรรถศิษฐ์. 2527 : 337) เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และ อาจนำไปประกอบอาชีพได้ นอกจากนี้ยังให้มีการศึกษาการทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ การคิดอย่างมีเหตุผลตลอดจนรู้จักใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ. 2528 : 149)

เดอวีโต และครอกโกเวอร์ (Devito and Krockover. 1976 : 388) ได้จัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มีชื่อว่า (Creative Sciencing Ideas and Activities for Teacher and Children) กิจกรรมที่สร้างขึ้นได้นำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมแต่ละกิจกรรมสร้างขึ้นเพื่อกระตุ้นให้ผู้อ่านเกิดความคิดและเพื่อให้เกิดกิจกรรมอื่นๆ ตามมาอีก ชุดการเรียนนี้จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ช่วยให้ครูมีทักษะและเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

1. ปัญหาเพื่อไปสู่กิจกรรม
2. กำหนดสถานการณ์ที่เป็นการบรรยายหรือกิจกรรมการทดลอง
3. คำถามจากการใช้สถานการณ์หรือกิจกรรมการทดลอง
4. ข้อเสนอแนะเพื่อให้ นักเรียนมีแนวทางในการทำกิจกรรมต่อไป
5. คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดเจตคติ และความสนใจที่จะประกอบกิจกรรม หรือ ดำเนินการหาข้อเท็จจริง ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

2.2.2 ประเภทของกิจกรรมวิทยาศาสตร์

ปัญญา อุทัยพัฒน์และอรรถศิษฐ์ สมรรถการอักษรกิจ (2527 : 343 – 390) ได้แบ่งกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เป็น 2 ประเภท คือ

1. กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์นอกห้องเรียน เป็นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้เวลาศึกษาและค้นคว้าทดลองนอกเหนือจากชั่วโมงที่เรียนตามปกติ เช่น ในเวลาพักกลางวันก่อนเข้าเรียน หรือตอนเย็นหลังเลิกเรียน วันหยุดสุดสัปดาห์หรือระหว่างปิดภาคเรียน เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าหรือทดลองตัวอย่างของกิจกรรมเสริมหลักสูตรนอกห้องเรียน ได้แก่

1.1 ชุมนุมวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นในรูปของชุมนุม กิจกรรมที่จัดโดยชุมนุมวิทยาศาสตร์มีหลายประเภท เช่น กิจกรรมทำอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ การทำโครงการวิทยาศาสตร์

1.2 การจัดค่ายพักแรมวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่โรงเรียนจัดให้นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนได้รับความรู้กว้างขวาง ศึกษาวิทยาศาสตร์จากของจริงในธรรมชาติ

1.3 การจัดอบรมทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่โรงเรียนจัดขึ้นเพื่อมุ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับความรู้กว้างขวางขึ้น

1.4 การฝึกวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ทางโรงเรียนจัดขึ้นเพื่อมุ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใกล้ชิดกัน และเรียนรู้วิธีการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการจริง

2. กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ภายในห้องเรียน เป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นภายในห้องเรียนโดยใช้เวลาสั้นๆ สิ่งที่เป็นสิ่งที่นักเรียนสนใจ และมีความรู้ความเข้าใจ ตัวอย่างกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ภายในห้องเรียน ได้แก่

2.1 การจัดทำมุมวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่จัดเป็นส่วนหนึ่งของห้องเรียน โดยจัดเป็นที่วางหนังสือ อุปกรณ์การทดลอง เพื่อให้นักเรียนรับผิดชอบและศึกษา

2.2 การจัดป้ายนิเทศวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่มอบหมายให้นักเรียน จัดหาข่าวสารหรือเรื่องราวที่น่าสนใจ หรือความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ มาแสดงที่ป้ายนิเทศเป็นประจำ

2.3 การจัดสื่อการเรียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียน ได้จัดสื่อการเรียนทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะส่งเสริมความรู้ตามหลักสูตรมาแสดงให้เพื่อนๆ ชม เช่น จัดหาฟิล์ม สไลด์ ฟิล์มสตริป หรือหารูปภาพที่เกี่ยวข้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์

2.4 การฟังอภิปรายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นให้นักเรียนได้ แสดงความคิดเห็นโต้แย้ง หรือสนับสนุนด้วยเหตุผล และหลักฐานในหมู่นักเรียนด้วยกันโดยมีครูแนะนำ

2.3 แนวทางการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์

หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา สำนักงานศึกษาธิการเขต 1 (2526 : 15 – 16) ได้กำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ คือ

กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรมี

1. กิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ (Science Club) ที่จัดขึ้นอาจเป็นกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

1.1 การจัดบอร์ดวิทยาศาสตร์

1.2 การจัดมุมวิทยาศาสตร์

1.3 การจัดทัศนศึกษา

1.4 การจัดประกวดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์หรือสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์

1.5 การจัดค่ายพักแรม (เน้นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์)

1.6 การจัดบทยุติบัติการนอกห้องเรียน เช่น การเพาะชำ การเลี้ยงสัตว์

1.7 การโต้วาที

1.8 การละเล่น (เกมวิทยาศาสตร์)

1.9 กิจกรรมที่ส่งเสริมวิชาการตามหลักสูตร เช่น ธรรมชาติของสิ่งแวดล้อม พลังงานการสงวนทรัพยากรธรรมชาติ

2. โครงการวิทยาศาสตร์
3. นิทรรศการทางวิทยาศาสตร์

2.4 ประโยชน์ของการร่วมกิจกรรมเสริมวิทยาศาสตร์

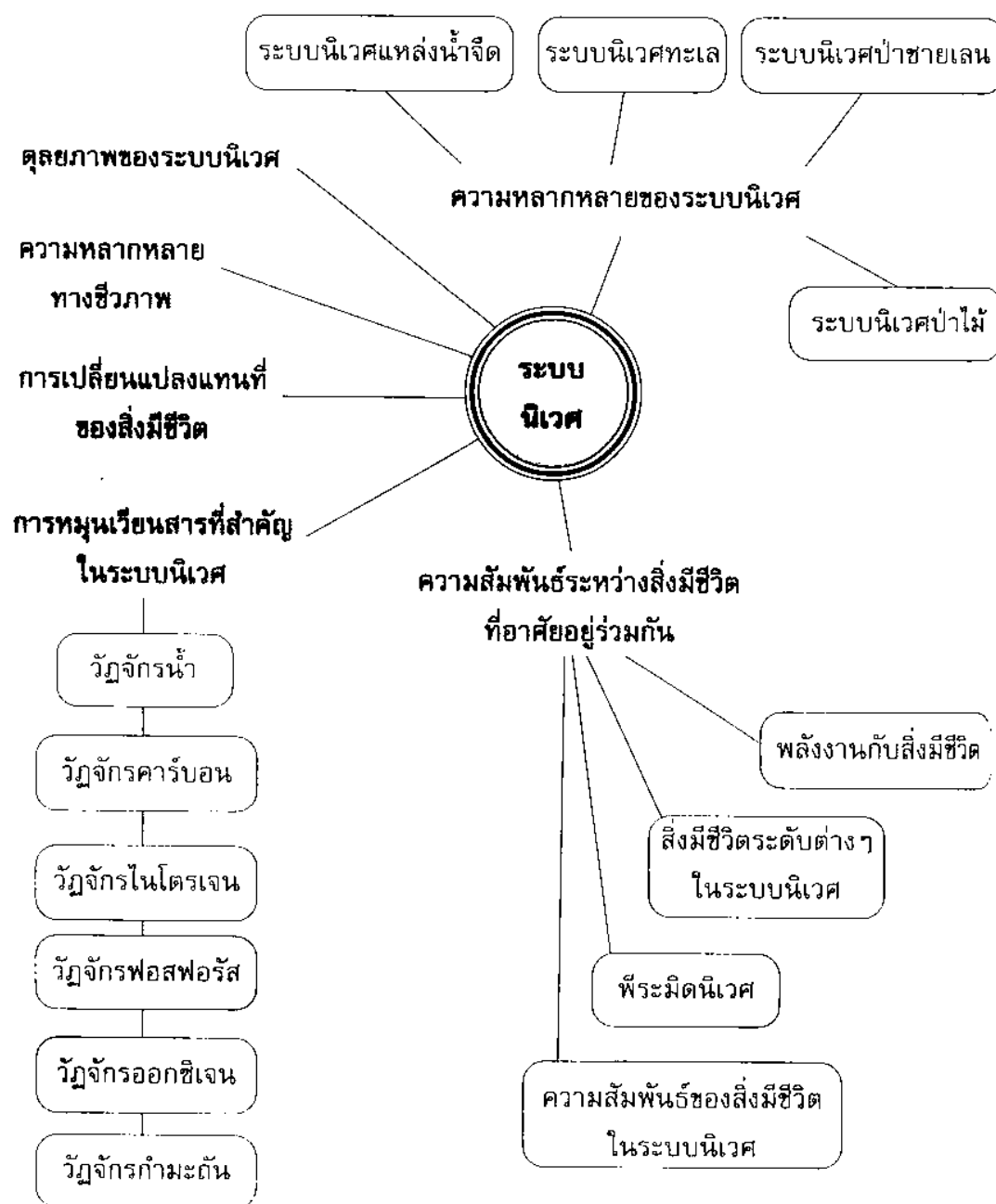
สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย (2526 : 339 – 340) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของการร่วมกิจกรรมเสริมวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีประสบการณ์ตรง ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนความรู้และความเข้าใจในวิธีการทางวิทยาศาสตร์
2. ได้เรียนรู้เหตุการณ์ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งได้รับเทคโนโลยีสมัยใหม่ในชีวิตประจำวัน
3. ได้เรียนรู้ประโยชน์และโทษทางวิทยาศาสตร์เพื่อสามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกนี้ได้ อย่างสะดวกปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีขอบเขตไกลไปถึงการแก้ปัญหา การป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาอื่น เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกด้วย
4. เพื่อฝึกให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งเป็นการทดลองในชีวิตประจำวัน ทำให้มีโอกาสใกล้ชิด และเรียนรู้ข้อเท็จจริง นอกเหนือจากการเรียนในห้องเรียน
5. เพื่อได้เรียนรู้ถึงวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ จากอดีตจนถึงปัจจุบันว่าเป็นมาอย่างไร ได้เรียนรู้ผลงานของนักวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น ๆ เพื่อช่วยในการพัฒนาประเทศ
6. เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความสามารถของตนเอง
7. เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
8. ให้ฝึกเป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อตนเองและหมู่คณะ
9. เป็นการฝึกให้เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี
10. ให้เป็นศูนย์รวมของนักเรียนที่สนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่า การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นการช่วยส่งเสริมความรู้ความสามารถของนักเรียน โดยกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้น การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี หลายแนวทางขึ้นอยู่กับความพร้อมทางด้านวัสดุอุปกรณ์ เวลา วัตถุประสงค์และขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมด้วย

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศ

ผังความคิด (Mind Mapping) เรื่อง ระบบนิเวศ



ภาพประกอบ 5 ผังความคิด (Mind Mapping) เรื่อง ระบบนิเวศ

ที่มา : สุพจน์ แสงมณี. (2546). *กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 – 6)*. กรุงเทพฯ :
 ประสานมิตร. หน้า 150.

3.1 ความหลากหลายของระบบนิเวศ

3.1.1 ความหมายของระบบนิเวศ

เกษม จันทรแก้ว (2544 : 27) กล่าวว่า ระบบนิเวศ หมายถึง ระบบที่มีความสลับซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ร่วมกันและกระทำต่อกัน ไม่ว่าจะเป็นระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันหรือกับสิ่งที่ไม่มีชีวิตในพื้นที่หรืออาณาเขตหนึ่งอาณาเขตใด มีการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนธาตุอาหารทั้งภายในระบบเองหรือสู่นอกระบบก็ได้ ซึ่งอาจแบ่งประเภทของระบบนิเวศออกได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศในน้ำ ซึ่งแต่ละระบบจะมีองค์ประกอบและหน้าที่ของตนเอง

ยุพดี เสตพรธณ (2544 : 10) ระบบนิเวศ (Ecosystem) หมายถึง ระบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ กับบริเวณสิ่งแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ดำรงอยู่

ระบบนิเวศหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอีกระบบนิเวศหนึ่งที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ระบบนิเวศปะการัง สัมพันธ์กับระบบนิเวศทะเลและมหาสมุทร ระบบนิเวศสัตว์ป่าสัมพันธ์กับระบบนิเวศป่าไม้ เป็นต้น ระบบนิเวศแต่ละแห่ง อาจเป็นหน่วยเล็กๆ เช่น บึง สระน้ำ หรือระบบนิเวศที่มีขนาดใหญ่ระดับโลก เรียกว่า *ชีวมณฑล (biosphere)* ระบบนิเวศแต่ละระบบสามารถควบคุมประชากรของมันให้อยู่ในภาวะที่สมดุล เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น พืชและสัตว์ชนิดต่างๆ ในสระน้ำจะมีปริมาณมาก หากสระน้ำนั้นมีอาหารการกินที่อุดมสมบูรณ์ เช่น เมื่อมีสารแร่ธาตุเข้ามาเพิ่มในสระน้ำพืชก็เติบโตได้ดี สัตว์กินพืชก็จะมีปริมาณมากขึ้น และในที่สุดพืชจะลดจำนวนลง ทำให้สัตว์ลดจำนวนลงด้วย เนื่องจากเกิดภาวะการขาดแคลนอาหาร นอกจากนี้ยังมีการปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมได้อย่างดี เช่น ในทะเลทราย พืชหรือสัตว์ฝังตัวอยู่ในดินเมื่อมีฝนตกมันจะเติบโตและแพร่พันธุ์ทันที ทำให้สามารถดำรงคงเผ่าพันธุ์อยู่ได้

3.1.2 ประเภทของระบบนิเวศ

3.1.2.1 ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

สุพจน์ แสงมณี (2546 : 152 – 154) ได้กล่าวไว้ว่า แหล่งน้ำจืดจัดเป็นระบบนิเวศขนาดเล็กเมื่อเทียบกับทะเลและพื้นดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ สระน้ำจืด เป็นต้น แหล่งน้ำจืดเป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เพราะมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะที่จะเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ พืชนานาชนิดทั้งที่มีขนาดเล็กและมีขนาดใหญ่ รวมทั้งเป็นที่ประกอบอาชีพและเป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์ต้องใช้น้ำจืดในการดำรงชีวิตโดยตรง

1) สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำจืด

สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำจืดมีความแตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ แหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล แหล่งน้ำทั้งสองแบบนี้มีปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ คือ

1. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมาจากบรรยากาศและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชใต้น้ำ ปกติแล้วน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะสามารถละลายออกซิเจนไว้ได้มากกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น ปริมาณแสงในช่วงเวลากลางวัน น้ำจะมีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากในเวลากลางคืนพืชไม่มีการสังเคราะห์ด้วยแสง การไหลของกระแส น้ำก็มีส่วนช่วยให้ออกซิเจนละลายลงไปในน้ำได้มากขึ้น จากการที่เราทราบแล้วว่าปริมาณออกซิเจนเป็นปัจจัยจำกัดในแหล่งน้ำที่สำคัญ ภาวะขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำมักเกิดจากการมีของเสียถ่ายเทลงไปมาก ทำให้แบคทีเรียย่อยสลายไม่ทัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน อย่างไรก็ตาม สัตว์ที่ดำรงชีวิตในแหล่งน้ำจืดจะต้องมีการปรับตัวเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของแหล่งน้ำที่มันอาศัยอยู่ เช่น ตัวอ่อนของแมลงที่อาศัยอยู่ได้ก่อนหินในบริเวณแหล่งน้ำไหล มีลำตัวบางแผ่ออกกว้าง เพื่อให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากน้ำได้โดยตรง หรือบางชนิดมีเหงือกที่เจริญดีสามารถรับออกซิเจนได้ในปริมาณสูง เป็นต้น

2. อุณหภูมิ น้ำในแหล่งน้ำจืดมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เพราะน้ำมีคุณสมบัติที่มีความร้อนจำเพาะสูง จึงควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ นอกจากนี้การที่น้ำแข็งลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตยังดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำส่วนที่ลึกลงไป

3. ปริมาณแร่ธาตุ นอกจากการละลายของก๊าซในแหล่งน้ำแล้ว แหล่งน้ำยังได้รับแร่ธาตุจากป่าและแผ่นดิน โดยการชะล้างทำให้แร่ธาตุในดินไหลลงสู่แหล่งน้ำ แร่ธาตุต่างๆ ในแหล่งน้ำจืดส่วนใหญ่ถูกชะล้างมาจากพื้นดินรอบๆ แหล่งน้ำ หรือบางส่วนได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของตะกอนใต้น้ำ ธาตุส่วนใหญ่ที่พบในแหล่งน้ำในปริมาณมากกว่าธาตุชนิดอื่น ได้แก่ โซเดียม แคลเซียม และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถละลายน้ำได้ดี ซึ่งได้มาจากการที่แบคทีเรียในน้ำสลายสารอินทรีย์ การหายใจของสิ่งมีชีวิตและได้มาจากบรรยากาศโดยตรง เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid) ซึ่งเป็นกรดอ่อนแต่สามารถทำปฏิกิริยากับหินปูนได้ แคลเซียมไบคาร์บอเนต ถ้าในแหล่งน้ำมีแคลเซียมไบคาร์บอเนตมากจะส่งผลให้น้ำกระด้างและมีความเป็นด่างสูง แต่ก็ยังเป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้ำที่ต้องใช้แคลเซียมในการสร้างเปลือก เช่น ปู กุ้ง หอย เป็นต้น

ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลักที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะสาหร่ายและแพลงก์ตอน เนื่องจากธาตุไนเตรตและฟอสเฟต ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างผนังเซลล์ของไดอะตอมและมีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญของสิ่งมีชีวิต แหล่งน้ำธรรมชาติตามปกติจะได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมาจากการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์และได้มาจากการชะล้างของดิน แต่หากแหล่งน้ำได้รับธาตุเหล่านี้มากเกินไป จะก่อให้เกิดการเจริญของแพลงก์ตอนจนเกินสมดุล (Plankton Bloom) ทำให้น้ำเน่าเสียได้

การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำมีปัญหาที่สำคัญ คือ การรักษาสมดุลของปริมาณเกลือแร่ภายในร่างกาย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำจืดจะเกิดปัญหาน้ำออสโมซิสเข้าไปในเซลล์มากเกินไป เช่น โปรโทซัวและปลา สัตว์เหล่านี้จึงต้องปรับตัวโดยการมีช่องขจัดน้ำหรือไตที่มีประสิทธิภาพในการขจัดน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์ และรักษาปริมาณเกลือแร่ในร่างกายไว้ด้วย ส่วนสัตว์ที่อยู่ในทะเลจะเกิดปัญหาน้ำแพร่งจากเซลล์ออกสู่ภายนอก ดังนั้นปลาทะเลจึงมีไตที่มีประสิทธิภาพในการขับเกลือแร่ออกจากร่างกายและรักษาปริมาณน้ำในร่างกายไว้

4. ความขุ่นใสของน้ำ สิ่งที่มีอิทธิพลหรือเป็นตัวกำหนดความขุ่นใสของน้ำ คืออนุภาคของดินเหนียวและอาจเกิดจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชที่ล่องลอยอยู่ในแหล่งน้ำ ถ้ามีการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดการบดบังแสงบริเวณผิวน้ำ น้ำจืดจะส่งแสงลงไปใต้น้ำได้น้อยลงหรือไม่ได้เลย และส่งผลต่อพืชและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ใต้น้ำด้วย

5. กระแสน้ำ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้านต่างๆ อีกทั้งยังเป็นปัจจัยจำกัดทั้งโดยตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตด้วย กระแสน้ำจะเป็นตัวกำหนดการแพร่ของก๊าซและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำหนึ่ง เช่น ทะเลสาบ น้ำจะเคลื่อนที่โดยลมและโดยการหมุนวนของน้ำเอง การเกิดลมรุนแรงทำให้กระแสน้ำเกิดเป็นคลื่นกัดเซาะพังทลายดินลงมาทำให้เกิดการทับถมจนตื้นเขิน และในที่สุดน้ำก็จะไหลช้าลงด้วย

2) สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืด

สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืดมีทั้งผู้ผลิตที่สำคัญของระบบนิเวศ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช และพืชมีดอก เป็นต้น นอกจากนี้ก็พบผู้บริโภคในลำดับต่างๆ รวมทั้งผู้ย่อยสลายโดยที่สิ่งมีชีวิตต่างๆ เหล่านี้ต่างก็มีบทบาทในการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศด้วย นอกจากนี้ เรายังสามารถแบ่งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดออกตามถิ่นอาศัยที่แตกต่างกันเป็นกลุ่มๆ ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตที่ลอยตัวอยู่ที่ผิวน้ำ (Neuston) เช่น ไข่ น้ำ จอก แหน มวนแมงป่องน้ำ แมลงจิงโจ้น้ำ และพืชหรือสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่ว่ายน้ำ พักตัวหรือลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ เป็นต้น
2. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ที่ผิวน้ำดิน (Benthos) เช่น ตัวอ่อนของพวกแมลง หอยขม หอยโข่ง หอยกาบ ไส้เดือนดิน เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเกาะพักตัวหรือฝังตัวที่ผิวดิน บริเวณพื้นท้องน้ำ
3. พวกที่ว่ายน้ำเป็นอิสระ (Nekton) ส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่และสามารถว่ายน้ำได้ดี เช่น ตัวตืด แมงดา ปลา และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก
4. พวกแพลงก์ตอน (Plankton) มีทั้งแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) และแพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถลอยตัวอยู่ในน้ำหรือลอยไปตามกระแสน้ำได้ เช่น ไดอะตอม สาหร่าย เป็นต้น
5. พวกที่แขวนตัวอยู่กับวัตถุในน้ำ (Periphyton) เช่น ตัวอ่อนของแมลง หอยฝาเดียว และโปรโตซัวชนิดต่างๆ ที่เกาะหรือแขวนตัวอยู่ตามรากและใบของพืชน้ำ

3.1.2.2 ระบบนิเวศทะเล

ระบบนิเวศในทะเล ระบบนิเวศในทะเลมีความเก่าแก่และกว้างใหญ่ที่สุด บริเวณที่อุดมสมบูรณ์ด้วยสารอาหารและพืช สัตว์ทะเล ได้แก่ ชายฝั่งอันเป็นที่ที่มนุษย์ทำการประมง และก่อกมลภาวะมากที่สุด ระบบนิเวศในทะเลมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาด้วยพลังงานจากดวงอาทิตย์ แสงดึงดูดจากดวงจันทร์และดวงอาทิตย์และการหมุนของโลก เกิดเป็นกระแสน้ำ คลื่นและน้ำขึ้นน้ำลง แพลงก์ตอนพืชที่เหมือนกับหญ้าบนพื้นดินมีได้ยู่หนึ่งแต่ลอยไปตามกระแสน้ำและคลื่นลม จึงเป็นสาเหตุให้ระบบนิเวศทะเลต่อเนื่องกันเป็นระบบนิเวศขนาดมหึมา ระบบนิเวศในทะเลส่วนใหญ่มีความลึกไม่เกิน 100 เมตร เราสามารถอธิบายระบบนิเวศทางทะเลจากห่วงโซ่อาหารได้ดังนี้ “เริ่มจากแพลงก์ตอนพืช (ไฟโตแพลงก์ตอน) นานาชนิดผลิตอาหารในรูปคาร์บอนให้แก่สิ่งมีชีวิต เช่นเดียวกับแพลงก์ตอน ปลาที่กินแพลงก์ตอนนี้ ได้แก่ หมึก แมงกะพรุน ปลาขนาดเล็ก ปลาวาฬบาลีน ปลาฉลามเบสกิน ปลาที่กินประหลาดด้วยกัน เช่น ปลาทูนา ปลาคอด ปลาพวกนี้ตกเป็นอาหารของปลาใหญ่ขึ้นอีก เช่น ปลาลาบิน ปลาฉลาม นากทะเล แมวน้ำ ในแต่ละห่วงโซ่อาหารมีการสูญเสียพลังงานไปถึงร้อยละ 90 พืชและสัตว์น้ำที่ตายลงจะเป็นอาหารของพวกฟองน้ำ ปู และปลับปลิงทะเลที่อยู่ตามพื้นทะเลอีกต่อหนึ่ง”(ยุพดี เสดพรพรณ. 2544 : 15)

3.1.2.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ยุพดี เสตพรณ (2544 : 164 – 165) ได้กล่าวไว้ว่า

1. ความหมายของป่าชายเลนหรือป่าโกงกาง คือกลุ่มของสังคมพืช ซึ่งขึ้นอยู่ในเขตน้ำลงต่ำสุดและน้ำขึ้นสูงสุดบริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ หรืออ่าว ป่าชายเลนเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ทั้งพืชและสัตว์

2. แหล่งป่าชายเลน ประเทศไทยมีแนวฝั่งทะเลยาวประมาณ 2,600 กิโลเมตร มีป่าชายเลนขึ้นอยู่ประมาณร้อยละ 36 ของความยาวชายฝั่งเท่านั้น มีจังหวัดที่ติดทะเล 23 จังหวัด จังหวัดที่มีเนื้อที่ป่าชายเลนสูงสุด 10 จังหวัดแรกใน พ.ศ. 2539 ได้แก่ พังงา สตูล กระบี่ ตรัง ระนอง นครศรีธรรมราช ตรัง จันทบุรี ชุมพรและสุราษฎร์ธานี เนื้อที่ป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออก 126.58 ตารางกิโลเมตร บริเวณกันอ่าวไทยและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก 220.2 ตารางกิโลเมตร บริเวณฝั่งทะเลอันดามัน 1,329.04 ตารางกิโลเมตร

3. ประโยชน์ของป่าชายเลน

3.1 ด้านป่าไม้ ไม้จากป่าชายเลนโดยเฉพาะไม้โกงกางนำมาทำฟืน เผาถ่านให้ถ่านที่มีคุณภาพดี ไม้ป่าชายเลนหลายชนิดนำไปทำสิ่งก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์และกลั่นเอาสารเคมีที่เป็นประโยชน์ เช่น แทนนิน แอลกอฮอล์ กรดน้ำส้มและน้ำมันดิน

3.2 ด้านการประมง ป่าชายเลนเป็นแหล่งขยายพันธุ์และที่อยู่อาศัยของสัตว์นานาชนิด เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย มีผู้ศึกษาพบว่าป่าชายเลนมีกุ้งชนิดต่างๆ ประมาณ 16 ชนิด กุ้งบางชนิดอาจมีชีวิตรวมอยู่ในทะเลเล็กแล้วเข้ามาเติบโตในชายฝั่ง ขณะที่สัตว์น้ำบางชนิดอาจใช้ป่าชายเลนเป็นทั้งแหล่งเกิดและอาศัยจนเติบโตสืบพันธุ์ต่อไป และพบปลาในวัยอ่อนอาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่งมากที่สุด เช่น ปลากะพงขาว ปลาเก๋า ปลากระบอก และปลานวลจันทร์ทะเล สัตว์น้ำประเภทหอยที่พบบริเวณป่าชายเลนและพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ที่ราบบนดินเลน ที่ราบดินทรายปนเลน ได้แก่ หอยนางรม หอยแมลงภู่ หอยแครงและหอยกะพง นอกจากนี้สัตว์น้ำประเภทปูจะพบมากชนิด เช่น ปูแสม ปูทะเล และปูม้า สำหรับปูทะเลสามารถนำมาเลี้ยงให้มีเนื้อแน่นหรือจับมากบริเวณป่าชายเลน ปูทะเลไม่มีวงจรชีวิตออกสู่ทะเลเล็กเลย ตลอดชีวิตจะอยู่อาศัยในบริเวณป่าชายเลนและพื้นที่ใกล้เคียงเท่านั้น แต่ปูม้าในวัยอ่อนจะหากินบริเวณที่ราบดินเลนใกล้ฝั่งป่าชายเลน แต่พอโตขึ้นจะว่ายออกไปหากินและดำรงชีวิตในทะเลห่างออกไป

3.3 ด้านการอนุรักษ์พื้นที่ชายฝั่งทะเล

3.3.1 ป่าชายเลนเป็นฉากกำบังภัยธรรมชาติ ป้องกันพายุมรสุมพัดถล่มดินตามชายฝั่งทะเล

3.3.2 ป่าชายเลนช่วยป้องกันสิ่งแวดลอมเป็นพืช รากของต้นไม้ในป่าชายเลน ที่งอกออกมาเหนือพื้นดิน ทำหน้าที่คล้ายตะแกรงธรรมชาติ คอยกั้นกรองสิ่งปฏิกูลที่มากับ กระแสน้ำ ทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลองและชายฝั่งทะเลสะอาดขึ้น

3.3.3 ป่าชายเลนช่วยทำให้พื้นดินบริเวณชายฝั่งทะเลงอกขยายออกไปใน ทะเล โดยช่วยทำให้ตะกอนที่แขวนลอยมากับน้ำทับถมเกิดเป็นแผ่นดินงอกใหม่ เมื่อระยะเวลา นานก็จะขยายออกไปในทะเลเกิดเป็นหาดเลนเหมาะแก่การเกิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลน

4. ระบบนิเวศป่าชายเลน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในบริเวณ ป่าชายเลน เมื่อพืชพรรณธรรมชาติได้รับแสงอาทิตย์ก็จะสังเคราะห์แสง ทำให้เกิดอินทรีย์วัตถุ และการเจริญเติบโตกลายเป็นผู้ผลิตของระบบต่างๆ ของต้นไม้ มนุษย์ก็จะนำไม้ไปใช้ให้เกิด ประโยชน์ เช่น ไม้ กิ่งไม้ ที่ร่วงหล่นจะทับถมในน้ำ ในดิน จะกลายเป็นแร่ธาตุของพวกจุลชีวัน เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา แพลงก์ตอน ตลอดจนสัตว์เล็กๆ หน้าดินเรียกพวกกลุ่มนี้ว่า ผู้บริโภคของ ระบบ พวกจุลชีวันเหล่านี้จะเติบโตเป็นอาหารของกุ้ง ปู ปลา ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับของ อาหาร และใบไม้ที่หล่นจากต้น อาจเป็นอาหารโดยตรงของสัตว์น้ำ เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ ปู ไส้เดือนทะเลและปลาบางชนิด ซึ่งทั้งหมดจะเกิดเป็นห่วงโซ่อาหารขึ้นในระบบนิเวศป่าชายเลน การเสียสมดุลในขั้นตอนใดๆ จะทำให้ระบบความสัมพันธ์นี้ถูกทำลายลง

5. ผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลน จำแนกได้เป็น 3 ประการ ดังนี้

5.1 ผลกระทบด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณของออกซิเจน ที่ละลายในน้ำ ปริมาณธาตุอาหาร ความเค็ม สภาพทางอุทกวิทยา (การขึ้นลงของน้ำทะเลและ ปริมาณน้ำจืด) การตกตะกอน น้ำขุ่นข้น ปริมาณสารพิษในน้ำและการพังทลายของดิน เป็นต้น

5.2 ผลกระทบด้านชีววิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงชนิด ปริมาณ และลักษณะ โครงสร้างของพืชและสัตว์น้ำ

5.3 ผลกระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศ เช่น การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต การ เปลี่ยนแปลงทำลายที่อยู่ การเปลี่ยนแปลงห่วงโซ่อาหารที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศป่าชายเลนเอง และระบบนิเวศอื่นๆ ในบริเวณชายฝั่งทะเลใกล้เคียงป่าชายเลน

6. สาเหตุสำคัญของการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลน

6.1 การบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง ที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพราะมีผลตอบแทนการลงทุนค่อนข้างสูง

6.2 การใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าชายเลนโดยการทำเหมืองแร่ ทำนาเกลือ ทำ เกษตรกรรม การขยายตัวของชุมชน การสร้างท่าเทียบเรือ การสร้างถนนและสายส่งไฟฟ้า การ สร้างโรงงานอุตสาหกรรม การขุดลอกร่องน้ำ

3.1.2.4 ระบบนิเวศป่าไม้

ยุพดี เสตพรรณ (2544 : 121 – 125) ได้กล่าวไว้ว่า

1. ความหมายของป่าไม้ หมายถึง สังคมของต้นไม้ และสิ่งมีชีวิตทั้งหลายตลอดจนทุกสิ่งทุกอย่างในสังคมนั้นที่มีผลทำให้ป่าไม้สามารถอำนวยประโยชน์ในทุกๆ ด้านแก่สังคมของมนุษย์

สภาพป่าในภูมิภาคแต่ละแห่งจะมีพรรณไม้ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของภูมิอากาศ เช่น ฤดูกาล ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่างหรืออิทธิพลด้านภูมิประเทศ เช่น ความลาดชัน ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลหรืออิทธิพลของดิน เช่น ความชุ่มชื้น ระดับน้ำหรือระดับแร่ธาตุในดิน และขึ้นกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เช่น คน สัตว์ พืช ปัจจัยดังกล่าวทำให้ป่ามีสภาพแตกต่างกันไป

2. ชนิดของป่าไม้ จากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมดังกล่าวมาแล้ว จึงแบ่งป่าไม้ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือป่าไม้ผลัดใบ และป่าผลัดใบ

2.1 ป่าไม้ผลัดใบ (Evergreen Forest) เป็นป่าที่เขียวชอุ่มตลอดปี มีปริมาณร้อยละ 30 ของเนื้อที่ป่าของประเทศ แบ่งเป็น 7 ประเภท

2.1.1 ป่าดงดิบ ป่าดิบ หรือป่าดิบชื้น (Tropical Rain Forest) มีลำต้นใหญ่แน่นทึบสูง 30 – 50 เมตร ไม้สำคัญและมีค่าสูงได้แก่ ไม้ตระกูลยาง ไม้ตะเคียน ตะแบก มะหาด ยม หอม กระบาก พุง บนต้นไม้ใหญ่จะมีมอสส์ หรือ ตะไคร่น้ำ กล้วยไม้ เกาติดยู ไม้พื้นล่างรกทึบเป็นพวกบุก บอน ผักกูด เฟิร์น ไม้ หวาย เถาวัลย์ บุกป่าเข้าไปได้ยาก ประโยชน์จากพรรณไม้เช่น หวายใช้ทำเครื่องจักสาน หวายตะกร้าทอง จากนราธิวาสมีคุณภาพดีมาก ชนใช้ในการยาเรือหรือทำน้ำมันชักเงา รงซึ่งเป็นยางของต้นรงให้สีเหลืองใช้เป็นสีย้อมผ้าและการวาดเขียน ให้น้ำมันไม้ เช่น น้ำมันยางใช้ในการยาเรือ ให้เครื่องเทศ เช่น กระวาน เร่ว ใ้ยางเยลูดองที่เป็นยางจากต้นดินเบ็ดแดงใช้ในการทำหมากฝรั่ง ใ้ไม้หอมจากต้นกฤษณา ทำรูปจากไม้จันทร์หอมหรือผสมเครื่องสำอางหรือกลั่นน้ำมันหอม ไม้ใ้ใช้ก่อสร้างหรือจักสาน ผลจากต้นพุททะลาย ซึ่งมีมากที่จันทบุรีและตราดใช้ทำเป็นของหวาน

2.1.2 ป่าดงดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ พื้นล่างโปร่งกว่า ไม้มีขนาดเล็กกว่า ปริมาณน้อยกว่าป่าดงดิบชื้น พรรณไม้เป็นชนิดเดียวกันกระจายทั่วไปในอีสานที่ดินไม่ค่อยสมบูรณ์หรือในภาคกลางแถบจังหวัดนครสวรรค์

2.1.3 ป่าดงดิบเขาหรือป่าดิบเขา (Mountain Forest) สูงเหนือระดับน้ำทะเลราว 1,100 เมตรขึ้นไป อากาศเย็นมีความชื้นสูง มีไม้ในวงศ์ไม้ก่อ หรือเรียกว่า ไม้โอ๊ค ไม้พื้นล่างเช่น กุหลาบป่า ผักกูดและกล้วยไม้ดิน มอสส์ชนิดต่างๆ หรือข้าวตอกฤๅษี เป็นต้น มีมากในภาคเหนือ ไม้มีคุณค่าทางเศรษฐกิจน้อยเพราะไม้ทนทาน ฝู่งาย แต่ชนิดที่ลวดลายสวยมีความ

ทนทานพอสมควร เช่น ไม้จำปาป่า เปลือกก่อก่อนใช้ฟอกหนังและกินกับหมาก ป่าดิบเขามีความจำเป็นต่อมนุษย์เพราะเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร

2.1.4 ป่าสนเขา (Coniferous Forest) พบตามภูเขาสูงเกิน 600 เมตรขึ้นไป อาจขึ้นเป็นหมู่เดี่ยวๆหรือปะปนกับป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ มีมากในภาคเหนือ ในภาคกลางที่พิษณุโลก เพชรบูรณ์ ในอีสานมีที่ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี เลย ไม้สำคัญคือไม้สนสองใบ และสนสามใบ สนสองใบบางแห่งเรียกว่าสนเขา สนหางม้า เกียะเปลือกหนา จ้วง ขึ้นในที่สูง 600 – 1,000 เมตร มีเปลือกหนาแตกเป็นร่องลึกให้น้ำมันสนมากกว่า ส่วนสนสามใบหรือไม้เกียะเปลือกบางและเปลือกแดง ขึ้นในที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไป เนื้อไม้สนมีลวดลายงดงามใช้ทำเครื่องเรือน ไม้สนมีเส้นใยยาวจึงทำกระดาษที่มีคุณภาพดี ยางสนใช้ทำน้ำมันสนและชันสน ทำยา ทำน้ำมันผสมสี ทำสบู่ ฯลฯ

2.1.5 ป่าชายเลน (Mangrove Forest) ขึ้นตามดินริมฝั่งทะเล ปากแม่น้ำที่น้ำเค็มขึ้นถึง เช่น โกงกาง มีรากออกมาจากส่วนของลำต้น ลำพู ลำแพน มีรากอากาศ ไม้พื้นล่างประกอบด้วย จาก ปอทะเล พรุนทะเล เหงือกปลาหมอ ป่าชายเลนมีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง เป็นไม้ที่เปื่อยเสียด ตัดฟันสะดวก ขนส่งทางน้ำสะดวก ใช้ทำฟืน ถ่านที่มีคุณภาพ ทำหลักหอยหลักไผ่ ให้น้ำฟาดใช้ฟอกหนังย้อมแหวนให้ทนทาน ป่าชายเลนช่วยกันคลื่นลม ป้องกันดินพังทลายตามชายฝั่ง ช่วยกรองปฏิจุล เป็นที่อยู่ของสัตว์น้ำและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เป็นแหล่งอาหารของคน ปัจจุบันป่าชายเลนถูกทำลายมากจากการเผาถ่านไม้ถูกวิธี การทำนา กุ้ง ทำบ่อเลี้ยงปลา การสร้างท่าเรือ การตั้งโรงงานอุตสาหกรรม การตัดถนนผ่านป่าชายเลน หรือทำเหมืองแร่บริเวณป่าชายเลน

2.1.6 ป่าพรุ (Peat Swamp Forest) ขึ้นตามบริเวณที่มีน้ำจืดท่วมขังอยู่ตลอดปี มีอินทรีย์วัตถุทับถมเป็นเวลานานแต่มีการสลายตัวน้อย เรียกว่า ดินอินทรีย์ หรือดินพีท ไม้สำคัญ ได้แก่ โกงกาง ชุมแสง อินทนิลน้ำ เสม็ด ตังหน ฯลฯ ไม้ใช้ทำฟืนเผาถ่าน หวายใช้ทำเครื่องเรือน เครื่องจักสาน ยานลิเกาทำกระเป๋ ทำของชำร่วย กันเกราและตังหนกันเป็นไม้แข็ง ใช้ทำเครื่องเรือน ทำเรือ เปลือกเสม็ดใช้ห่อได้ และใช้ใบกลั่นน้ำมันทาแก้ปวดเรียกว่าน้ำมันเขียว ป่าพรุเป็นแหล่งที่มีสัตว์ป่าอาศัยอยู่นานชนิด เป็นที่เก็บหาของป่า เป็นแหล่งรองรับน้ำที่ไหลบ่ามาจากที่สูง ป่าพรุมีอยู่ทั่วไปเป็นหย่อมๆ ตามภูมิภาคต่างๆ แต่มีมากที่สุดในจังหวัดนราธิวาสมีเนื้อที่ประมาณ 283,250 ไร่ แบ่งเป็น 2 พรุใหญ่ๆ คือ พรุบาเจาะและพรุโต๊ะแดง

2.1.7 ป่าชายหาด (Beach Forest) ขึ้นตามชายทะเลทั่วไป ได้แก่ สนทะเล หูกวาง กะทิงทะเล จ๊กทะเล ใช้ทำเสาเข็ม เสาโป๊ะ ค้ำยันทาสี ทำฟืน บริเวณที่มีสนทะเลล้วนๆ จะทำให้เกิด ทิวทัศน์ที่สวยงามเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจอย่างดี ป่าชายหาดช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง เป็นแนวปะทะลม ป้องกันพายุ

2.2 ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest) ทิ้งใบในฤดูแล้งเพื่อป้องกันการคายน้ำ และจะแตกใบใหม่ในฤดูฝน แบ่งเป็น

2.2.1 ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest) เป็นป่าโปร่งมีไม้ปะปนกันหลายชนิด มีทั่วไป แต่ไม่พบในภาคใต้ ไม้สำคัญได้แก่ ไม้สัก แดง ประดู่ มะค่า ไม้สักเป็นไม้มีค่าสูงมาก เพราะทำสวยงามคงทน ย่อยต่อการตกแต่งไม้ขัดหดย่าง ไม้ไผ่ใช้จักสาน และทำเยื่อกระดาษ ผลมะเกลือใช้ย้อมผ้าและแพร ให้เป็นสีดำ ไม้ฝางให้สีแสด พวกเปลือกไม้เหวปู้เจ้าแก่นไม้สีเสียด ผลสมอไทย ผลสมอพิเภกใช้ในการฟอกหนัง เป็นสมุนไพร เช่น รากระย่อม ผลสมอไทย ป่าเบญจพรรณถูกทำลายมากเพราะการทำไร่เลื่อนลอย การลักลอบตัดไม้มีค่าและไฟป่า

2.2.2 ป่าแดง ป่าโคก ป่าแพะหรือป่าเต็งรัง (Dry Deciduous dipterocarp Forest) พบมากเขตดินแดงอากาศแห้งแล้งของทุกภาคยกเว้นภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดจันทบุรี ป่าแดงมีมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวบรวมได้ 70 – 80 ของป่าชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในภาคนี้ ไม้สำคัญได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง ยอป่า มะขามป้อม คนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกป่าแดงว่า ป่าโคก มีสภาพเป็นป่าโปร่งทนไฟป่าได้ดี มักปะปนด้วยทุ่งหญ้า ป่าแดงในภาคเหนือ เรียกว่า ป่าแพะ แต่คุณภาพของไม้ด้อยกว่า ไม้ในป่าแดงมีความทนทาน เหมาะสำหรับทำเสาไฟฟ้า ไม้หมอนรางรถไฟ ทำสะพาน ทำรอด ทำตง ทำพื้น ทำฟืน ทำฟืนชันไม้เต็งรังและน้ำมันจากต้นพลวง เหียง กรวด ไซยาเรื่อ น้ำมันจากเมล็ดหมักเมื่อใช้ผสมสีใช้ทาถนน น้ำยางรักจากต้นรักใช้ทำเครื่องเขิน เมล็ดแสลงใจให้สีดึกนินใช้ผสมยาบำรุงหัวใจ ป่าแดงเป็นป่าโปร่งเข้าถึงได้ง่าย จึงถูกบุกรุกทำลายง่ายกลายเป็นป่าเสื่อมโทรมที่ปรับปรุงยากเพราะสภาพดินค่อนข้างเลวมาก

2.2.3 ป่าหญ้า (Savanna Forest) เกิดจากป่าธรรมชาติชนิดต่างๆ ถูกทำลายดินเสื่อมโทรมมีไฟไหม้เป็นประจำจึงมีหญ้าขึ้นแทน เช่น หญ้าคา แฝก หอม หญ้าพง สาบเสือ เป็นต้น อาจมีต้นไม้ขึ้นอยู่ห่างๆ เช่น เปล้า กระโดน ประดู่

2.2.4 ป่าละเมาะ (Scrub Forest) เป็นพืชที่เติบโตขึ้นมาแทนป่าเดิมที่ถูกบุกรุกทำลาย ทนทานต่อความแห้งแล้ง เติบโตได้แม้แรธาตุและน้ำในดินมีจำกัด เช่น ไม้แดง ตะแบก มะลิ้ง เปล้า เต็ง รัง เหียง พลวง ตั้ว ตั้ว

3.2 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

3.2.1 องค์ประกอบของระบบนิเวศ

ยूपดี สเตพรรณ (2544 : 10 - 13) ได้แบ่งองค์ประกอบของระบบนิเวศ ออกเป็น

2 ส่วน

1. ส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิต (abiotic component) แบ่งเป็น 3 พวก

1.1 อินทรีย์สาร เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และออกซิเจน เป็นต้น

1.2 อินทรีย์สาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน

1.3 สภาพแวดล้อมทางกาย เช่น แสงสว่าง เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง อุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สภาพความเค็ม ความเป็นกรดหรือด่าง

2. ส่วนประกอบที่มีชีวิต (biotic component) แบ่งออกเป็น 3 พวก คือ

2.1 ผู้ผลิต (producer) เป็นพวกที่สังเคราะห์อาหารได้เองจากแสงอาทิตย์ แร่ธาตุ และสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ได้แก่ พืชสีเขียว แพลงก์ตอนพืช แบคทีเรียบางชนิด พวกผู้ผลิตนี้มีความสำคัญมาก เพราะเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิตกับส่วนที่มีชีวิตอื่นๆในระบบนิเวศ

2.2 ผู้บริโภค (consumer) พวกนี้ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องกินสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ผู้บริโภคแบ่งได้เป็น 3 พวก

1. พวกกินเฉพาะพืชเป็นอาหาร เรียกว่า ผู้บริโภคขั้นต้น (primary consumer) เช่น กระต่าย แพะ แกะ วัว ควายและปลา ที่กินพืชเล็กๆ

2. พวกกินสัตว์เป็นอาหาร เรียกว่า ผู้บริโภคขั้นสอง (secondary consumer) เช่น เสือ สิงโต สุนัขจิ้งจอก ปลาบางชนิด

3. พวกที่กินทั้งสัตว์กินสัตว์และสัตว์กินพืช เรียกว่า ผู้บริโภคขั้นสามหรือขั้นสุดท้าย (tertiary consumer) เป็นพวกที่อยู่ในระดับการกินสูงสุด ไม่ถูกผู้อื่นกินอีกต่อไป เช่น มนุษย์ จัดเป็น ผู้บริโภคอันดับสุดท้าย

ในห่วงโซ่การถ่ายเทอาหารมีสิ่งที่มีชีวิตทั้งที่เป็นผู้บริโภค และผู้ถูกบริโภคในระดับที่แตกต่างกันระดับต่างๆ เหล่านี้รวมเรียกในทางนิเวศวิทยาว่า ระดับขั้นการบริโภค และสิ่งที่มีชีวิต ในแต่ละระดับของการบริโภคต้องอาศัยพลังงานจากสิ่งมีชีวิตในระดับขั้นที่ต่ำกว่าเสมอ แหล่งอาหารสุดท้ายของสิ่งที่มีชีวิตทุกชนิดคือ พืชสีเขียว ซึ่งเป็นสิ่งที่มีชีวิตประเภทเดียวที่สามารถเปลี่ยนพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานอาหารได้

2.3 ผู้ย่อยสลาย (decomposer) พวกนี้ไม่สามารถปรุงอาหารได้ แต่จะกินอาหารโดยผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายแร่ธาตุต่างๆ ในส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต ให้เป็นสารโมเลกุลเล็กลงแล้วดูดซึมเข้าไปใช้เป็นอาหารบางส่วน ที่เหลือบางส่วนให้ผู้ผลิตนำไปใช้ต่อไป ผู้ย่อยสลายจึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สารอาหารหมุนเวียนเป็นวัฏจักรอยู่ในระบบนิเวศ

3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

สวัสดี โนนสูง (2543 : 65 – 66) ได้แบ่งความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

3.2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน ซึ่งดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันเป็นหมู่ เป็นกลุ่ม เป็นฝูง มีความสัมพันธ์ทั้งในด้านบวกและลบ ผลดีก็คือ การอยู่ร่วมกันเป็นฝูง จะทำให้มีการปกป้องอันตรายให้กัน มีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็วขึ้น มีการแบ่งหน้าที่ เป็นผู้นำฝูง เช่น การรวมฝูงของช้าง ลิง ผีเสื้อ ต่อ แตนและนก ขณะเดียวกันก็มีผลในทางลบ เพราะการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มและดำรงชีวิตแบบเดียวกันนั้น ก่อให้เกิดการแก่งแย่งแข่งขัน และเกิดความหนาแน่นของประชากรมากเกินไป

3.2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. ภาวะการเป็นผู้อาศัย เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกัน ฝ่ายผู้อาศัยเป็นผู้ได้รับประโยชน์ ผู้ให้อาศัยเป็นผู้เสียประโยชน์ เช่น ต้นกาฝาก ซึ่งเกิดบนต้นไม้ใหญ่ มีรากพิเศษที่เจาะลงไปยังท่อน้ำและท่ออาหารของต้นไม้เพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารจากต้นไม้ใหญ่ หรือสัตว์ประเภทหมัด เรือด เห็บ ปลิง ทาก เหา ไร ที่เกาะอาศัยกินเลือดจากสัตว์เป็นต้น

2. การล่าเหยื่อ เป็นการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตที่มีชีวิตหนึ่งต้องตกเป็นอาหารของอีกชีวิตหนึ่ง เช่น กวางเป็นอาหารของเสือ ปลาเป็นอาหารของมนุษย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตล่าชีวิตอื่นเป็นอาหาร เรียกว่า ผู้ล่า และชีวิตที่ต้องตกเป็นอาหารนั้น เรียกว่า เหยื่อ

3. การได้ประโยชน์ร่วมกัน เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ที่ต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ แต่ไม่จำเป็นต้องอยู่ด้วยกันตลอดเวลา นั่นคือบางครั้งอาจอยู่ด้วยกัน บางครั้งก็อาจแยกใช้ชีวิตอยู่ตามลำพังได้ เช่น นกเอี้ยงกับควาย การที่นกเอี้ยงเกาะอยู่บนหลังควายนั่นมันจะจิกกินเห็บให้กับควาย ขณะเดียวกันก็จะส่งเสียงเตือนภัยให้กับควายเมื่อศัตรูมาทำอันตรายควาย หรือแมลงที่ดูดกินน้ำหวานจากดอกไม้ มันก็จะช่วยผสมเกสรให้กับดอกไม้ไปด้วยพร้อมกัน

4. ภาวะแห่งการเกื้อกูล เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ที่ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายไม่เสียประโยชน์ แต่ก็ไม่ได้ประโยชน์ อย่างเช่น กล้วยไม้ป่า ที่เกาะอยู่ตามเปลือกของต้นไม้ใหญ่ในป่า อาศัยความชื้นและธาตุอาหารจากเปลือกไม้ แต่ก็ไม่ได้ซอซหารากเข้าไปทำอันตรายกับลำต้นของต้นไม้ ต้นไม้จึงไม่เสียประโยชน์ แต่ก็ไม่ได้ประโยชน์จากการเกาะของกล้วยไม้นั้น

5. ภาวะที่ต้องพึ่งพากันและกัน เป็นการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ถ้าแยกจากกัน เช่น

5.1 ไโลเคนที่ประกอบด้วยราและสาหร่าย สาหร่ายนั้นสามารถสร้างอาหารได้เอง แต่ต้องอาศัยความชื้นจากราและรากก็ได้อาหารจากสาหร่าย

5.2 ปลวกกินไม้เป็นอาหาร ในลำไส้ของปลวกไม่มีน้ำย่อยสำหรับย่อยเซลลูโลส ต้องอาศัยโปรโตซัว ซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้ปลวกเองเป็นตัวช่วยย่อยเซลลูโลส และโปรโตซัวเองก็ได้อาหารจากการย่อยนี้ด้วย

6. ภาวะของการสร้างสารปฏิชีวนะ เป็นการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต ที่ฝ่ายหนึ่งไม่ได้รับประโยชน์ แต่อีกฝ่ายหนึ่งต้องเสียประโยชน์เกิดขึ้น เนื่องจากสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้สกัดสารออกจากร่างกาย แล้วสารนั้นมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ราเพนิซิลเลียม สร้างสารเพนิซิลินออกมาแล้วไปมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

7. ภาวะการกีดกัน เป็นภาวะที่การดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต ไปมีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เช่น ต้นไม้ใหญ่บังแสงไม่ให้ส่องถึงต้นไม้เล็กที่อยู่ข้างล่าง ทำให้ต้นไม้เล็กไม่อาจเติบโตได้

8. ภาวะของการแข่งขัน เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน ที่มีความต้องการที่อยู่อาศัยหรืออาหารอย่างเดียวกันในการดำรงชีวิต และปัจจัยดังกล่าวนั้นมีจำกัด จึงเกิดการแข่งขันเพื่อครอบครองที่อยู่อาศัยหรือแย่งชิงอาหารนั้น เช่น ต้นไม้สองต้นที่ขึ้นอยู่ในกระถางเดียวกัน

9. ภาวะการเป็นกลาง เป็นการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดในชุมชนเดียวกัน แต่ต่างดำรงชีวิตเป็นอิสระแก่กันโดยไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ต่อกัน

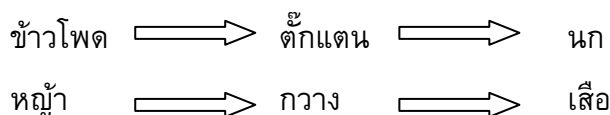
10. ภาวะการย่อยสลาย เป็นการดำรงชีวิตของพวกเห็ด รา แบคทีเรีย ที่มีชีวิตอยู่ด้วยการหลั่งสารเอนไซม์ออกมาออกร่างกาย เพื่อย่อยซากสิ่งมีชีวิตให้เป็นรูปของเหลว แล้วดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ในรูปของเหลว ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารขึ้นในระบบนิเวศ

3.2.3 ห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ (Food chain)

สวัสดี โนนสูง (2543 : 67) ได้กล่าวถึงห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ ไว้ว่า

เมื่อสิ่งมีชีวิตหนึ่งกินสิ่งมีชีวิตหนึ่งเป็นอาหารแล้วก็อาจถูกสัตว์อื่นๆ กินเป็นอาหารต่อไปอีก ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานและวัฏจักรของธาตุอาหารผ่านจากชีวิตหนึ่งไปสู่ชีวิตหนึ่ง การถ่ายทอดนี้ก็คือระบบของห่วงโซ่อาหารที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศซึ่งเป็นการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนธาตุอาหารไปตามลำดับขั้นตอนของการบริโภค

ตัวอย่างเช่น



เป็นขั้นตอนของโซ่อาหารจากพืชชั้นต่ำและจากสัตว์เล็กไปยังสัตว์ที่ใหญ่กว่า เป็นลักษณะของผู้บริโภคที่เป็นสัตว์กินเหยื่อแบบกัดกินหรือฆ่ากิน ผู้ล่าจะมีขนาดใหญ่กว่าเหยื่อเสมอและหากผู้ล่าเหยื่อมีขนาดเล็กกว่าเหยื่อก็จะมีเขี้ยวเล็บแหลมคม ที่ช่วยให้มีความสามารถในการตะปบกัดหรือออกไล่เหยื่อเป็นกลุ่ม

ในระบบของห่วงโซ่อาหารการถ่ายทอดพลังงานจะถ่ายทอดโดยตรงจากชีวิตหนึ่งไปสู่อีกชีวิตหนึ่ง เนื่องจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งอาจกินอาหารหลายชนิด หลายระดับและเหยื่อชนิดเดียวกันก็อาจถูกสิ่งมีชีวิตหลายชนิดกิน จนไม่อยู่ในระดับและขั้นตอนของห่วงโซ่อาหาร (Food web) ซึ่งสายใยของห่วงโซ่อาหารจะประกอบด้วย ห่วงโซ่อาหารหลายสายที่เชื่อมโยงกันอันแสดงถึงความสัมพันธ์อันสลับซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตในชุมชนของระบบนิเวศ ยิ่งสายใยของห่วงโซ่อาหารมีความสลับซับซ้อนมากเพียงใด ก็ได้แสดงให้เห็นถึงระบบนิเวศที่มีระบบความสมดุลสูง อันเนื่องมาจากมีความหลากหลายของชีวิตในระบบ

3.2.4 การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานของระบบนิเวศโลก โดยผู้ผลิตซึ่งเป็นพืชที่มีคลอโรฟิลล์สังเคราะห์แสง ได้คาร์โบไฮเดรตที่เป็นสารอาหาร อาหารคือพลังงานเคมีรูปหนึ่ง การหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศจึงเป็นการถ่ายทอดพลังงานนั่นเอง เช่น การถ่ายเทพลังงานอาหารจากต้นหญ้าไปสู่กวางและจากกวางไปสู่เสือ มีลักษณะเป็น “โซ่อาหาร” (food chain) ถ้าระบบนิเวศใดสิ่งมีชีวิตบางชนิดถูกทำลาย จะทำให้เสียสมดุลได้ โดยเฉพาะระบบนิเวศที่ไม่ซับซ้อน เช่น เขตทุ่งหิมะและขั้วโลกที่มีพืชและสัตว์อยู่ไม่กี่ชนิด เช่น มีตะไคร่น้ำ ไลเคนและหญ้าบางชนิดเป็นอาหารของกวางเรนเดียร์ กวางเป็นอาหารของสุนัขป่าและคน การเลือกอาหารไม่อาจทำได้ หากเกิดการขาดแคลนอาหารขึ้น อาจทำให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดในเขตนี้สูญพันธุ์ได้ ต่างกับระบบนิเวศในเขตร้อน ซึ่งมีความอุดมทั้งพืชและสัตว์ทำให้ระบบนิเวศเขตร้อนมีความมั่นคงกว่าเขตอื่นๆ เมื่อสัตว์และพืชบางชนิดลดน้อยลงก็ยังมีอีกหลายชนิดให้เลือก แต่กระนั้นมนุษย์ก็ได้ทำลายสภาพนิเวศอันอุดมสมบูรณ์นี้ ให้เสื่อมโทรมและสูญหายอย่างน่าหวาดหวั่น (ยุพดี เสดตพรรณ. 2544 : 13)

3.2.5 พีระมิดนิเวศ

ปรีชาและนงลักษณ์ สุวรรณพิณิจ (2546 : 886 – 888) ได้กล่าวถึง ลักษณะของ พีระมิด แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. พีระมิดแสดงจำนวน (Pyramid of numbers) เป็นพีระมิดที่บอกจำนวนสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับชั้นอาหารใช้หน่วยต้น หรือตัว ต่อ หน่วยพื้นที่ หรือปริมาตร วิธีนี้วัดได้ง่าย โดยการนับแต่มีข้อเสียที่ขนาดร่างกายของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันมาก แต่ต้องนับเป็น 1 หน่วยเหมือนกัน จึงทำให้รูปร่างพีระมิดแสดงจำนวนของระบบนิเวศแตกต่างกันมากจนยากที่จะเปรียบเทียบได้ เพราะให้ความสำคัญกับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเกินความเป็นจริง เช่น ต้นสักขนาดใหญ่แต่ละต้นจะนับเป็น 1 หน่วยเหมือนกับต้นหญ้าเล็กๆ ทั้งๆ ที่ต้นสักมีพลังงานศักย์สะสมในเนื้อเยื่อมากกว่าหลายเท่า

2. พีระมิดแสดงน้ำหนัก (Pyramid of biomass) เป็นพีระมิดแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับชั้นอาหารในหน่วยน้ำหนักแห้ง (dry weight) หรือน้ำหนักสดของสิ่งมีชีวิตที่ยังไม่อบแห้ง (wet weight) หรือจำนวนแคลอรี (Calory value) ต่อหน่วยพื้นที่ หรือปริมาตร

พีระมิดแบบนี้ให้ภาพความสัมพันธ์ของปริมาณพลังงานในแต่ละลำดับชั้นอาหารดีขึ้น

น้ำหนัก (biomass) เป็นน้ำหนักเนื้อเยื่อที่ยังคงมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร หรืออาจเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่ตายแล้ว (เช่นท่อลำเลียงน้ำของพืช) แต่ยังสามารถทำหน้าที่คำนวณให้เนื้อเยื่อส่วนที่มีชีวิตยังคงทำหน้าที่เกี่ยวกับการดำรงชีวิตได้ตามปกติ

น้ำหนักแห้ง คือ การเอาสิ่งมีชีวิตมาอบแห้งจนน้ำหนักคงที่เช่นน้ำหนักแห้งของข้าว ต้องอบจนน้ำหนักไม่เปลี่ยนไป

น้ำหนักสด เป็นน้ำหนักสิ่งมีชีวิตที่เก็บเกี่ยวมาชั่งในช่วงนั้น ดังนั้นน้ำหนักสดจะมากกว่าน้ำหนักแห้งเสมอ

3. พีระมิดแสดงพลังงาน (Pyramid of Energy) เป็นพีระมิดแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตในอัตราของการถ่ายทอดพลังงาน หรือ อัตราผลิตของแต่ละลำดับชั้นอาหาร โดยใช้หน่วยของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรต่อหน่วยเวลา เช่น กิโลแคลอรี/ตารางเมตร/ปี

3.3 การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ

3.3.1 วัฏจักรของน้ำ กฤษณ์ มงคลปัญญาและอมรา ทองปาน (2546 : 334) ได้กล่าวถึงวัฏจักรของน้ำ ดังนี้

การหมุนเวียนของน้ำ เป็นแบบอย่างพื้นฐานของการหมุนเวียนของแร่ธาตุทุกชนิด กล่าวคือ จะมีความสมดุลอยู่ในระดับโลก และมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง

น้ำหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศโดย 3 กระบวนการ คือ การระเหย (evaporation) การคายน้ำ (transpiration) และการตกของหยาดน้ำฟ้า (precipitation) สำหรับการระเหยและการคายน้ำจะเกิดขึ้นคล้ายกับการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) คือ พลังงานแสงถูกดูดซับ (absorb) เอาไว้ใช้ทำให้น้ำระเหยเข้าไปอยู่ในบรรยากาศ แล้วเกิดการควบแน่น (condensation) ของไอน้ำในบรรยากาศก่อนตกลงเป็นฝน ปล่อยพลังงานที่อยู่ในไอน้ำให้ออกมาในรูปพลังงานความร้อน โดยทั่วไป บนพื้นดิน ปริมาณฝนตกจะสูงกว่าปริมาณการระเหยและคายน้ำ ส่วนในมหาสมุทร ปริมาณฝนตกจะต่ำกว่าปริมาณการระเหยของน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินมีคุณสมบัติในการดูดและคายความร้อนได้เร็ว จึงทำให้เกิดกระแสอากาศในแนวตั้ง มีผลให้ไอน้ำที่ถูกกลุมพัดจากมหาสมุทรเกิดการกลั่นตัวบนพื้นดินตรงบริเวณที่เป็นภูเขา แต่อย่างไรก็ตาม น้ำส่วนเกินที่อยู่บนพื้นดินจะไหลกลับลงไปยังมหาสมุทร หรือซึมลงไปเป็นน้ำใต้ดิน ทำให้ปริมาณน้ำ 2 แห่งอยู่ในสมดุล

3.3.2 วัฏจักรของคาร์บอน มนัส สุวรรณ (2530 : 25 – 27) ได้กล่าวไว้ว่า การหมุนเวียนของคาร์บอนประกอบไปด้วยระบบการหมุนเวียนย่อยหลายระบบ และที่สำคัญระบบหนึ่งคือการแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างสิ่งมีชีวิตกับบรรยากาศ คาร์บอนหมุนเวียนเข้าสู่โครงข่ายการถ่ายทอดอาหารจากบรรยากาศ พืชสีเขียวเมื่อได้คาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ ประกอบกับน้ำจะทำการปรุงอาหาร ที่เรียกกันว่า กระบวนการสังเคราะห์แสง ธาตุอาหารที่พืชผลิตได้ส่วนหนึ่งจะถ่ายเทไปยังผู้บริโภค ทั้งพืชซึ่งเป็นผู้ผลิต และสัตว์ซึ่งเป็นผู้บริโภคจะเปลี่ยนคาร์บอนส่วนหนึ่งที่อยู่ในอาหารกลับคืนสู่บรรยากาศ โดยรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจ ส่วนของคาร์บอนที่ยังค้างอยู่ในพืชและสัตว์จะถูกถ่ายออกสู่บรรยากาศเมื่อพืชและสัตว์ตายทับถม และเน่าเปื่อยด้วยการหายใจของตัวการแยกย่อย เป็นที่น่าสังเกตอยู่อย่างหนึ่ง คือ การแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างสิ่งมีชีวิตกับบรรยากาศมีแนวโน้มที่เป็นสมดุล กล่าวคือ ปริมาณคาร์บอนที่ถ่ายเทเข้าสู่พืชในทุกๆ ปี จะเท่ากับ ปริมาณคาร์บอนที่ถูกคายออกสู่บรรยากาศด้วยกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์

3.3.3 วัฏจักรของไนโตรเจน มนัส สุวรรณ (2530 : 29 – 30) ได้กล่าวไว้ว่า เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของธาตุอาหารประเภทโปรตีน ไนโตรเจนจึงมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า แม้ในบรรยากาศจะมีไนโตรเจนประกอบอยู่ถึงร้อยละ 79 แต่พืชก็ไม่สามารถใช้ไนโตรเจนจากบรรยากาศได้โดยตรง ไนโตรเจนในบรรยากาศต้องถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นไนเตรต (Nitrate : NO_3) เสียก่อน พืชจึงจะนำไปใช้ได้ มีกระบวนการทางธรรมชาติสองกระบวนการที่เปลี่ยนไนโตรเจนในบรรยากาศให้เป็นไนเตรต คือ กระบวนการตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศ (Atmospheric Fixation) และกระบวนการตรึงไนโตรเจนเชิงชีววิทยา (Biological Fixation)

การตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศให้เป็นไนเตรต เกิดขึ้นในเวลาที่มีพายุฝนฟ้าคะนอง พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าในบรรยากาศ เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ไนโตรเจนมีปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศและกลายเป็นไนเตรต สารวัตถุไนโตรเจนที่เปลี่ยนเป็นไนเตรตด้วยกระบวนการนี้จะถูกชะโดยน้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดิน และจะถูกดูดซึมโดยพืชต่อไป

อีกกระบวนการหนึ่ง ของการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนให้เป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือกระบวนการตรึงไนโตรเจนเชิงชีววิทยา สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Microorganisms) ในดินเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดการรวมตัวระหว่างก๊าซไนโตรเจนกับไฮโดรเจน และทำให้เกิดเป็นแอมโมเนีย ($\text{Ammonia} : \text{NH}_3$) นอกเหนือจากสัตว์ขนาดเล็กในดินดังกล่าวแล้ว แบคทีเรียซึ่งอาศัยอยู่ในปมรากของพืชตระกูลถั่ว และหญ้ายังเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียด้วย แอมโมเนียจากกระบวนการตรึงไนโตรเจนทางชีววิทยานี้จะถูกแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่งเปลี่ยนให้เป็นไนเตรต

นอกเหนือจาก การหมุนเวียนของไนโตรเจนตามกระบวนการดังกล่าวแล้ว แอมโมเนีย และไนเตรตยังสามารถสูญเสียไปจากระบบนิเวศภาคพื้นดิน โดยสองลักษณะด้วยกัน กล่าวคือกระบวนการที่สูญเสียไปโดยการกระทำของแบคทีเรียบางจำพวก แบคทีเรียพวกนี้จะเปลี่ยนแอมโมเนียและไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจนกลับคืนสู่บรรยากาศ กระบวนการนี้เรียกว่า การปลดปล่อยไนโตรเจน (*Denitrification*) อีกลักษณะหนึ่งของการที่แอมโมเนียและไนเตรตสูญเสียไปจากระบบนิเวศภาคพื้นดินคือการที่ถูกพัดพาไปโดยกระแส น้ำ เนื่องจากทั้งแอมโมเนียและไนเตรตเป็นธาตุที่ละลายในน้ำได้ จึงไม่เป็นการยากที่จะถูกชะล้างและพัดพาไป

3.3.4 วัฏจักรของฟอสฟอรัส มนัส สุวรรณ (2530 : 27 – 29) ได้กล่าวไว้ว่า ในขณะที่แหล่งของสารวัตถุคาร์บอนที่สำคัญของพืช คือ บรรยากาศ แหล่งสำคัญของสารวัตถุฟอสฟอรัสสำหรับพืช คือพื้นดินซึ่งยังเป็นแหล่งของสารวัตถุจำเป็นสำหรับพืชอย่างอื่น เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมและกำมะถัน แร่ธาตุอาหารดังกล่าวนี้ มีประโยชน์อย่างมากแก่พืชและสัตว์ในแง่ของการให้ความเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสในพื้นดินถูกพืชดูดไปใช้ในรูปแบบของฟอสเฟต โดยผ่านทางรากของพืช ฟอสเฟตจะถูกลำเลียงผ่านลำต้นไปสู่ส่วนที่จะช่วยเสริมสร้างความเจริญเติบโต ในส่วนนี้เองที่ฟอสเฟตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งไขมัน สำหรับฟอสเฟตเมื่อถูกบริโภคโดยสัตว์แล้วจะถูกนำไปเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเสริมสร้างกระดูกและฟัน รวมทั้งไขมันด้วย ฟอสฟอรัสในพืชและสัตว์จะถูกหมุนเวียนนำมาใช้กับธาตุอาหารที่สำคัญของพืชและสัตว์อีก เมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมและเน่าเปื่อย ในที่สุดจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียในดินซึ่งพืชพร้อมที่จะดูดไปใช้

3.3.5 วัฏจักรของกำมะถัน กฤษณ์ มงคลปัญญาและอมรา ทองปาน (2546 : 334) ได้กล่าวถึงกำมะถันไว้ว่า

ธาตุกำมะถัน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนและมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในธรรมชาติ กำมะถันอยู่ในรูปของธาตุ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และสารประกอบซัลเฟต (SO_4) โดยที่พืชจะดูดซึมกำมะถันในรูปสารประกอบซัลเฟต เมื่อพืชและสัตว์ตายลง กำมะถันที่สะสมอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ถูกแบคทีเรียบางชนิดย่อยสลาย ได้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สนี้จะถูกแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่ง คือ sulfur oxidizing bacteria เปลี่ยนให้เป็นซัลเฟต ซึ่งพืชจะดูดกลับไปใช้อีกในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ซัลเฟตบางส่วนถูกกริทธิวิธ เป็นธาตุกำมะถันและแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ธาตุกำมะถันอาจสะสมอยู่ในถ่านหินและน้ำมัน เมื่อเกิดการเผาไหม้ แร่เชื้อเพลิงหรือภูเขาไฟระเบิดจะได้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขณะเดียวกัน แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ อาจทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในบรรยากาศได้เป็นกรดซัลฟิวริก ซึ่งตกลงมาเหมือนฝน เรียกว่า ฝนกรด

3.4 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ (Succession)

3.4.1 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา

ปริชาและนงลักษณ์ สุวรรณพินิจ (2546 : 930 – 934) ได้กล่าวถึง การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา (Ecological Succession) ไว้ดังนี้

กลุ่มสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ (Community) ในที่ใดที่หนึ่งจะถูกแทนที่โดยกลุ่มใหม่อยู่เรื่อย ๆ ถ้าสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่อาศัยเดิม เปลี่ยนแปลงและการแทนที่กันจะหยุดลงเมื่อกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มสุดท้ายมีผลทำให้สิ่งแวดล้อมของแหล่งที่อยู่อาศัยนั้น ๆ อยู่ตัวไม่เปลี่ยนแปลงต่อไปอีก จึงเรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มสุดท้ายที่อยู่ตัวที่สุดนี้ว่า กลุ่มสิ่งมีชีวิตขั้นสุด หรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อยู่ตัว (Climax community or stable community) กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่จนกระทั่งได้ถึงระยะสุดนี้คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ (Succession) เนื่องจากการแทนที่กันทางนิเวศวิทยา มีขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงจากสภาพที่ถาวรน้อยไปยังสภาพที่ถาวรมากขึ้นตามลำดับอย่างมีระเบียบ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบ “ปฐมภูมิ” (Primary succession)

ถ้าบริเวณดั้งเดิมที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตอยู่ก่อนเลย ต่อมาจะมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตปรากฏขึ้น และมีการแทนที่กันตามลำดับจนได้กลุ่มสิ่งมีชีวิตขั้นสุด ซึ่งเรียกกลุ่มขั้นสุดปฐมภูมิ (Primary climax) สภาพการณ์ดังกล่าวนี้คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ปฐมภูมิ เช่นจากหินซึ่งปราศจากชีวิต (Rock-virgin stage) ผ่านระยะเปลี่ยนแปลงต่างๆ จนกระทั่งถึงระยะขั้นสุด ซึ่งเป็นช่วงที่เป็นป่า

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบ “ทุติยภูมิ” (Secondary succession)

เมื่อการเปลี่ยนแปลงแทนที่ชนิดปฐมภูมิ หรือระยะขั้นสุดชนิดปฐมภูมิ ถูกทำลายหรือถูกเปลี่ยนแปลงสภาพไป เช่น ป่าไม้ดั้งเดิมถูกทำลายหรือถูกถาง เพื่อทำไร่ของพวกชาวภูเขา ต่อมาปล่อยให้ทิ้งให้ร้างไว้ หญ้าจะเข้าไปแทนที่ตามลำดับ ในที่สุดอาจกลับไปเป็นป่าไม้เหมือนป่าไม้ดั้งเดิม ถ้าอาณาเขตที่ถูกทำลายไม่ใหญ่มากนัก การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบนี้เรียก การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ กล่าวง่ายๆ ก็คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นในบริเวณที่เคยมีสิ่งมีชีวิตปรากฏมาก่อนแล้ว

3.4.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ แบ่งได้ 2 ประการ ดังนี้

1) ปัจจัยทางกายภาพที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่

1.1 ภูเขาไฟระเบิด เช่น เมื่อภูเขาไฟบนเกาะครากะตั่ว (Krakatoa) ประเทศอินโดนีเซียระเบิด ทำให้ชีวิตต่างๆ ที่มีอยู่เดิมตายหมด ต่อมาก็มีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้น จนปัจจุบันมีสภาพกลับมาเป็นป่าครั้งที่สอง จึงเรียกป่าครั้งนี้ว่าเป็น ขั้นสุดทุติยภูมิ (Secondary climax)

1.2 แผ่นดินไหว แผ่นดินแยก แผ่นดินถูกกัดเซาะ การเคลื่อนที่ของภูเขาน้ำแข็ง ปรากฏการณ์ต่างๆ เหล่านี้ก็มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ ในลักษณะต่างๆ อาจเปลี่ยนสภาพจากบริเวณที่เป็นบกกกลายเป็นแหล่งน้ำ หรือแหล่งน้ำกลายเป็นบกกได้

2) ปัจจัยทางชีวภาพทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่

2.1 มนุษย์มีผลอย่างมากต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ ธรรมชาติของมนุษย์มักต้องการผลผลิตสูงสุดเสมอ (maximum production) โดยไม่คำนึงถึงผลที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมถอยของธรรมชาติ เช่น การกอบโกยผลผลิตจากป่าไม้จนกลายเป็นการทำลายป่า ทำลายต้นน้ำลำธาร และเป็นการทำลายสัตว์ป่าด้วย มนุษย์ใช้สารพิษ เช่น ยาปราบศัตรูพืชมากเกินไป และไม่ถูกวิธีจะมีผลทำให้เกิดมลภาวะของดิน และอากาศได้ การทิ้งขยะมูลฝอย และระบายสิ่งโสโครกต่างๆ ก็ก่อให้เกิดมลภาวะเช่นกัน ดังนั้นมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่

2.2 สัตว์ในธรรมชาติก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ได้ แต่ไม่รุนแรงเหมือนมนุษย์ เช่น ตัวบีเวอร์ (beaver) อาศัยอยู่ในป่าที่มีลำธารไหลผ่าน นิศัยของบีเวอร์ชอบกัดต้นไม้มากองกันลำธารเพื่อทำเป็นสะพานข้าม จึงมีผลทำให้ลำน้ำเปลี่ยนทิศทางซึ่งลักษณะเช่นนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบจากแหล่งน้ำกลายเป็นบกก หรือ บกกกลายเป็นแหล่งน้ำได้ นอกจากนี้ ถ้ามีประชากรบีเวอร์หนาแน่นมากอาจทำลายป่ามากจนเปลี่ยนสภาพจากป่าทึบไปเป็นป่าโปร่งได้เหมือนกัน

3.4.3 การเปลี่ยนแปลงจากสภาพบ่อน้ำจนกลายเป็นป่าไม้ (Pond succession)

1. ระยะก้นบ่อว่าง (Bare bottom) เป็นขั้นตอนของบ่อที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ก้นบ่อปราศจากอิวมัส มีสภาพเป็นพื้นทราย จึงเรียกระยะก้นบ่อว่าง (bare bottom) ซึ่งไม่เหมาะต่อพืชพวกมีรากฝังดิน เพราะพื้นยังไม่แน่นและอินทรีย์สารน้อย สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่เป็นพวกล่องลอยอยู่ในน้ำ (floating life forms) เช่น แพลงค์ตอนต่าง ๆ

2. ระยะพืชใต้น้ำ (submerged vegetation) เมื่อแพลงค์ตอนตายทับถมกลายเป็นอิวมัสที่ก้นบ่อ สภาพของก้นบ่อแน่นขึ้นและมีอินทรีย์สารมากขึ้น จึงเหมาะต่อพืชพวกสาหร่ายแคร่า (chara) คือมีรากฝังในดิน แต่ยังมีทุกส่วนอยู่ใต้ผิวน้ำ จึงเรียกขั้นตอนนี้ว่าระยะของพืชใต้น้ำ

3. ระยะพืชพ้นผิวน้ำ (Emerging vegetation) เมื่อสาหร่ายแคร่าตายทับถมที่ก้นบ่อทำให้เพิ่มปริมาณของอิวมัส อย่างรวดเร็วทำให้พื้นเหมาะต่อพืชพวกขนาดใหญ่ขึ้น เช่น มีหญ้าหรือกกขึ้นบริเวณชายฝั่ง และตรงกลางบ่อมีพืชน้ำและพลับพลึง พืชดังกล่าวมีส่วนใบและยอดพ้นผิวน้ำ จึงเรียกระยะของพืชพ้นผิวน้ำ

4. ระยะบ่อชั่วคราวและทุ่งหญ้า (Temporary pond and prairie) เมื่อบ่อตื้นขึ้นจนกระทั่งเหลือบริเวณขังน้ำน้อย ในฤดูแล้งน้ำแห้งหมด มีน้ำขังเฉพาะช่วงฤดูฝนตกเท่านั้น เนื่องจากระยะนี้มีสภาพเป็นบ่อไม่ตลอดทั้งปี จึงเรียกระยะเป็นบ่อชั่วคราว (Temporary pond) และในช่วงฤดูแล้งน้ำแห้งหมดและมีหญ้าขึ้นแทนจึงกลายเป็นทุ่งหญ้า

5. ระยะไม้พุ่ม (Shrub community) บ่อกลายเป็นพื้นบกทั้งหมดและไม้พุ่มขึ้นเต็ม จึงเรียกระยะของไม้พุ่ม (Shrubs)

6. ป่า - ระยะขั้นสุด (Forest climax) ต่อมาต้นไม้ขนาดใหญ่เจริญเติบโตจนกลายเป็นป่าไม้ไปในที่สุด ทำให้ภาวะภูมิอากาศอยู่ตัว และไม่ถูกแทนที่ต่อไปอีกแล้วจึงเป็นป่าในลำดับขั้นสุด

3.5 ระบบนิเวศกับความหลากหลายทางชีวภาพ

3.5.1 ความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพ

เกษม จันทรแก้ว (2544 : 215 – 216) กล่าวว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ หมายถึง การที่มีสิ่งมีชีวิตมากมายหลากหลายสายพันธุ์และชนิดในบริเวณหนึ่งบริเวณใด ความผิดแผกแตกต่างหลากหลายของสิ่งมีชีวิตนี้ มีทั้งในชนิดพันธุ์เดียวกัน คือความหลากหลายในพันธุกรรม ที่ทำให้ข้าวมีन्नร้อยสายพันธุ์ ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้มีขนาดเมล็ดต่างกัน มีความต้านทานโรคต่างกัน เป็นต้น ความหลากหลายในชนิดพันธุ์ที่เป็นต้นเหตุให้ป่าดิบแล้งมีไม้ยืนต้นประมาณ 54 ชนิด ป่าเต็งรังมีไม้ยืนต้นประมาณ 31 ชนิดและป่าดิบชื้นมีไม้ยืนต้นมากกว่าร้อยชนิดเป็นต้นและความหลากหลายในระบบนิเวศ อันเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ดังเห็นได้

จากที่ประเทศไทยมีสภาพป่าธรรมชาติแตกต่างมากกว่าสิบประเภทตั้งแต่ป่าชายเลนไปจนถึงป่าดงดิบชื้น

ยุพดี เสตพรรณ (2544 : 111) ได้กล่าวว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ คือ การประมาณจำนวนสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่พบในพื้นที่อันจำกัดบริเวณหนึ่งว่ามีทั้งสิ้นกี่ชนิด เราสามารถนำตัวเลขนี้มาบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแห่งนั้นได้

3.5.2 ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ

ยุพดี เสตพรรณ (2544 : 117 – 118) ได้กล่าวถึง ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ ไว้ดังนี้

1. เป็นแหล่งสะสมวัตถุดิบเพื่อการวิจัยและพัฒนา
2. เป็นฐานแห่งการผลิตอาหารและการเกษตรทั่วโลก
3. เป็นแหล่งระบบนิเวศที่อุดมสมบูรณ์
4. พันธุกรรมพืชเป็นแหล่งปัจจัยสี่อันได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรคที่มีความสำคัญที่สุด
5. ป่าช่วยรักษาความชื้น ดันน้ำลำธาร สภาพอากาศ ความสวยงาม ความเพลิดเพลินใจ และเป็นแหล่งอาศัยของสิ่งที่มีชีวิตนานาพันธุ์ ที่ทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

3.5.3 องค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพ

ยุพดี เสตพรรณ (2544 : 111) ได้แบ่งองค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพ ออกเป็น 3 ประการ คือ

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Diversity) เป็นความหลากหลายในระดับต่ำสุด โดยในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน หรือในกลุ่มของประชากรเดียวกันจะมีสารพันธุกรรม (ยีน) ต่างกัน ความแตกต่างที่ว่านี้คือ ความต่างกันของการเรียงตัวของลำดับยีนนั่นเอง
2. ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species Diversity) เป็นความหลากหลายในระดับที่กว้างขึ้นเป็นกลุ่มของประชากรที่ต่างกัน ได้แก่ จุลินทรีย์ พืช สัตว์รวมทั้งมนุษย์ เช่น ป่าดิบแล้งมีไม้ยืนต้น ประมาณ 54 ชนิด ป่าเต็งรัง มีไม้ยืนต้นประมาณ 31 ชนิด และป่าดิบชื้น มีไม้ยืนต้นกว่า 100 ชนิด เป็นต้น
3. ความหลากหลายทางระบบนิเวศ (Ecological Diversity) อันเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตนั้น เป็นการมองในระดับกว้างขึ้นไปอีก โดยแต่ละแห่งไม่ว่าในป่า ทะเลทรายหรือบ่อน้ำมีลักษณะเฉพาะต่างกันดังเช่นประเทศไทยมีสภาพป่าธรรมชาติแตกต่างมากกว่า 10 ประเภทตั้งแต่ป่าชายเลนไปจนถึงป่าดงดิบชื้น

3.5.4 สาเหตุแห่งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

เกษม จันทรแก้ว (2544 : 221) ได้กล่าวถึง สาเหตุแห่งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ไว้ว่า สาเหตุของการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย ได้แก่ การนำมาใช้ประโยชน์มากเกินไป การค้าขายสัตว์และพืชป่าแบบผิดกฎหมายและการรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติและการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย แม้ว่าทรัพยากรชีวภาพเป็นทรัพยากรที่เกิดทดแทนได้ หมายถึง สามารถสืบพันธุ์ได้โดยธรรมชาติเอื้ออำนวยให้มนุษย์ได้เก็บเกี่ยวนำไปใช้ประโยชน์ แต่ทว่าในอดีตการล่าสัตว์มากเกินไป ส่งผลให้ประชากรและชนิดของสัตว์ป่าลดลง

ยุพดี เสตพรรณ (2544 : 117) ได้กล่าวถึง สาเหตุของการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย ไว้ดังนี้

1. การค้าขายสัตว์ พืชที่หายากแบบผิดกฎหมาย
2. การล่าสัตว์มากเกินไป
3. การรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ เพราะการบุกรุกป่า
4. การบริโภคในท้องถิ่น
5. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ทั้งป่าดิบชื้น ป่าชายหาด เพื่อก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ เขื่อนพลังน้ำ การทำนาถ้าง การสร้างถนน
6. การขยายตัวของเมือง การท่องเที่ยวและมลภาวะเป็นพิษ
7. การค้าไม้ ทำให้ป่าหมดไปอย่างรวดเร็ว เมื่อนายทุนตัดฟันไม้ขนาดใหญ่ และกลางไปแล้ว
8. ขาดความตระหนักและขาดจิตสำนึกที่จะอนุรักษ์ธรรมชาติ
9. การดำเนินนโยบายปลูกป่าและเกษตรกรรมที่ใช้พืชชนิดเดียวหรือการฟื้นฟูระบบนิเวศด้วยพันธุ์พืชเศรษฐกิจ มีผลเสียต่อความหลากหลายทางชีวภาพตามธรรมชาติ

3.6 คุณภาพของระบบนิเวศ

ความสมดุลของระบบนิเวศ หมายถึง สภาวะที่ปริมาณผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย มีสัดส่วนพอเหมาะกัน ปกติแล้วความสมดุลจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยกลไกในการปรับสภาวะตัวเอง และอาศัยองค์ประกอบที่มีชีวิตทำให้เกิดการหมุนเวียนของอาหาร ระบบนิเวศที่สมดุลจะได้รับพลังงานอย่างพอเพียงและไม่มีอุปสรรคขัดขวางวัฏจักรของธาตุอาหาร เนื่องจากการผลิตอาหารสมดุลกับการบริโภคหรือการเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิต ขณะเดียวกันประชากรของสิ่งมีชีวิตจะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างไม่มีขีดจำกัด แต่ถ้ามียิ่งมีสิ่งมีชีวิตบางชนิดถูกทำลาย ความสมดุลของระบบจะลดลง เช่น บริเวณที่มีหิมะใกล้ขั้วโลกซึ่งเป็นระบบนิเวศอย่างง่ายหรือไม่ซับซ้อน มีสิ่งมีชีวิตน้อยชนิด พืชที่ขึ้นอยู่ ได้แก่ ตะไคร่น้ำ ไลเคน เห็ดและต้นหลิว พืชเหล่านี้

เป็นอาหารของกวางคาริบูและกวางเรนเดียร์ กวางเป็นอาหารของคนและสุนัขป่า หนูเป็นอาหารของนกเค้าแมว ไก่ป่าเป็นอาหารของสุนัขจิ้งจอก ดังนั้นหากจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในเขตนี้จึงเปลี่ยนแปลงเร็วจนบางชนิดสูญพันธุ์ ซึ่งจะเห็นว่าระบบนิเวศที่ไม่ซับซ้อนจะเสียความสมดุลได้ง่ายมาก

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 1 – 5) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางด้านเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ไพศาล หวังพานิช (2526 : 28) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (academic achievement) หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการศึกษา ผูกฝน อบรม หรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถ หรือ ความสัมฤทธิ์ผล (level of accomplishment) ของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้เท่าไร มีความสามารถชนิดใด

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 1 – 15) ได้ระบุเป้าหมายของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ พอสรุปได้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์ มิได้มุ่งเฉพาะเนื้อหาความรู้เท่านั้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย ส่วนที่เป็นเนื้อหาความรู้ เรียกว่า *ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ (Product)* และ ส่วนที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์รวม เรียกว่า *กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process)* ดังนั้น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น จะต้องมุ่งให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะฉะนั้นคำว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” จึงประกอบไปด้วย ผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ นอกจากนี้คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 182 – 185) ได้กล่าวถึงการวัดและการประเมินผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จากพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวความคิดของ Bloom ว่ามี 5 ประการ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

4. เจตคติและความสนใจ

5. ทักษะปฏิบัติการ

สาคร ธรรมศักดิ์ (2541 : 135) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียน การสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์ การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรม หรือจากการสอบ การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถ หรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไร ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอน คือ

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถดังกล่าวในรูปของการกระทำจริงให้ออกเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องใช้ “ข้อสอบภาคปฏิบัติ” (Performance Test)

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (Concept) อันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบ “ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์” (Achievement Test)

บลูม (Bloom. 1976 : 201 – 207) ได้สรุปให้เห็นชัดเจนว่าผลสัมฤทธิ์หรือประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้นเป็นความสามารถที่แสดงออกทางพฤติกรรมย่อยๆ ได้ในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ (Knowledge) เป็นความสามารถที่ผู้เรียนเก็บและระลึกถึงเรื่องราวต่างๆ ที่ได้รับการสั่งสอนอบรมมาใช้ได้เป็นลักษณะนี้ ผู้เรียนแสดงออกในรูปของการจำและระลึกเรื่องราวนั้นๆ ได้

2. ด้านความเข้าใจ (Comprehensive) เป็นความสามารถที่แสดงออกในลักษณะของการถ่ายทอดสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้มา ด้วยการเขียนหรือการกระทำใดๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจได้

3. ด้านการนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถที่ผู้เรียนนำเอาความรู้ความเข้าใจจากสิ่งที่ได้รับการอบรมสั่งสอนบวกกับประสบการณ์ต่างๆ ของคนไปใช้ในสถานการณ์จริงๆ หรือสถานการณ์จำลองที่คล้ายคลึงกัน

4. ด้านการวิเคราะห์ (Analysis) เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกให้เห็นได้ด้วยการสามารถแยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์ ผลลัพธ์ ผลรวมของปรากฏการณ์ใดๆ ที่ประจักษ์อยู่นั้นว่าเกิดจากหรือประกอบจากส่วนย่อยต่างๆ อะไรบ้าง สามารถวิเคราะห์บางส่วนของเรื่องราวได้ มองเห็นความสัมพันธ์เกี่ยวโยงของปลีกย่อยของสิ่งที่เรียนรู้ เป็นต้น

5. ด้านการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถที่ผู้เรียนนำเอาสิ่งที่เรียนต่างๆ มาร้อยกรองจัดระเบียบใหม่ให้เกิดเป็นโครงสร้าง เรื่องราวใหม่ที่แปลกกว่าเดิม มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมเป็นลักษณะของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์นั่นเอง

6. ด้านการประเมินค่า (Evaluation) เป็นพฤติกรรมทางปัญญาที่สูงที่สุดในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นความสามารถที่ผู้เรียนวินิจฉัยเรื่องราวต่างๆ ว่าดีหรือไม่ดี ควรปฏิบัติหรือไม่ควร เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมเป็นการใช้วิจารณญาณขั้นสุดโดยตนเอง

4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และ เป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะวัดว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้น ผู้เรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชาขนาดน้อยเพียงใดและเป็นหลักฐานว่าการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับนั้นได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่วางไว้หรือไม่ เพื่อการปรับปรุงและการค้นคว้า อันจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ต่อไป

อำนาจ รุ่งรัศมี (2525 : 109 – 111) กล่าวว่า การวัดผลและประเมินผลการเรียน จะต้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ครูกำหนด จะต้องพิจารณาถึงพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ความคิด (Cognitive Domain) พฤติกรรมด้านนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ทางด้านสติปัญญาและสมอง เช่น การจดจำข้อเท็จจริง ความเข้าใจ ความคิด การตั้งสมมติฐาน และปัญหา

2. ด้านความรู้สึกรู้สึก (Affective Domain) พฤติกรรมด้านนี้เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการในด้านความสนใจ คุณค่า ความซาบซึ้งและทัศนคติ หรือเจตคติต่างๆ ของนักเรียน

3. ด้านปฏิบัติ (Psycho – motor Domain) พฤติกรรมด้านนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะในการปฏิบัติและดำเนินการ เช่น การทดลอง เป็นต้น

สมบุญ ชิตพงศ์ และคนอื่นๆ (2540 : 6 – 7) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. ด้านความคิด (Cognitive Domain) เป็นความสามารถทางด้านสมองในการคิด (Thinking) เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แยกย่อยเป็น 6 ชั้น คือ

1.1 ความรู้ความจำ (Memory) เป็นความสามารถในการทรงไว้ รักษาไว้ซึ่งมวลประสบการณ์ต่างๆ ในชีวิตได้รับรู้มา

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการแปลความตีความและขยายความในเรื่องราว และเหตุต่างๆ ที่ในชีวิตต้องประสบ

1.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำประสบการณ์ที่ได้รับมาไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาใหม่

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการจัดใจความสำคัญ และหาความสัมพันธ์ และหลักการของสิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์เรื่องราวต่างๆ ขึ้นมาใหม่ โดยใช้สิ่งเดิมมาดัดแปลงและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพ ดีกว่าแต่ก่อน

1.6 การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินใจ ตีราคา และลงสรุปในเรื่องราวต่างๆ

2. ด้านความรู้สึก (Affective Domain) เป็นท่าทีที่มีต่อสิ่งต่างๆ มี 5 ชั้น คือ

2.1 การรับรู้ (Receiving) เป็นความรู้สึกนับไว้ในสิ่งที่รับรู้ต่อสิ่งเร้าต่างๆ

2.2 การตอบสนอง (Responding) เป็นการมีปฏิกิริยาตอบสนองสิ่งเร้าด้วยความรู้สึกที่ยินยอม เต็มใจ และพอใจ

2.3 การสร้างคุณค่า (Valuing) เป็นการแสดงออกซึ่งความรู้สึก มีส่วนร่วม ต่อสิ่งต่างๆ ตั้งแต่การยอมรับ นิยมชมชอบ และเชื่อถือในสิ่งนั้น

2.4 การจัดระบบ (Organization) เป็นการสร้างความคิดรวบรวมของคุณค่า ให้เกิดมีระบบ โดยอาศัยความสัมพันธ์ของคุณค่าในสิ่งที่ยึดถือ

2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (Characterization) เป็นการจัดคุณค่าที่มีอยู่แล้ว ให้เป็นระบบแล้วยึดถือเป็นลักษณะนิสัยประจำตัวบุคคล ด้านความรู้สึกนี้ แยกเป็นคุณลักษณะที่ เข้าใจได้ง่าย ได้แก่ ความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติ ค่านิยม และการปรับตัว

3. ด้านทักษะ (Psychomotor Domain) เป็นทักษะในการปฏิบัติ มี 3 ชั้น คือ

3.1 การเลียนแบบ (Imitation) เป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ

3.2 การทำตามแบบ (Manipulation) เป็นการลงมือทำตามแบบที่สนใจ

3.3 การหาความถูกต้อง (Precision) เป็นการตัดสินใจเลือกทำแบบที่เห็นว่าถูกต้อง

3.4 การทำอย่างต่อเนื่อง (Articulation) เป็นการกระทำสิ่งที่เห็นว่าถูกต้อง นั้นได้อย่างเป็นเรื่องเป็นราว

3.5 การทำโดยธรรมชาติ (Naturalization) เป็นการทำจนเกิดทักษะ สามารถปฏิบัติได้ โดยอัตโนมัติเป็นธรรมชาติ

4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวไว้ดังนี้

ประวิทย์ ชูศิลป (2524 : 14 – 25) กล่าวถึง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความรู้ ความเข้าใจ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ตลอดจนทักษะบางอย่างที่เกี่ยวข้อง กับที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวงตามหลักสูตร ซึ่งในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดไว้ 4 พฤติกรรม คือ

1. ความรู้ความจำ (Knowledge)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill)
4. การนำความรู้ไปใช้ (Application)

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 323 – 324) ได้กล่าวสรุปเกี่ยวกับ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการวัดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในด้านความรู้ความคิด ได้แก่ พฤติกรรม ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผลส่วนใหญ่จะให้นักเรียนขีดเขียนคำตอบในกระดาษ ดังที่เราเรียกว่า การทดสอบด้วยกระดาษและดินสอ การวัดผลชนิดนี้มีความสำคัญมาก เพราะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะทำหน้าที่วัดว่านักเรียนรู้มากน้อยเท่าใด อันเป็นเรื่องราวของอดีต โดยแบบทดสอบนี้ต้องการวัดว่า ครูได้ใช้เนื้อหาวิชาไปกระตุ้นสมองนักเรียนให้เฝ้าตามความมุ่งหมายของหลักสูตรได้มากน้อยเพียงใด โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (achievement test) ซึ่งหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดปริมาณความรู้ความสามารถทักษะเกี่ยวกับด้านวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาในอดีตว่ารับรู้ได้มากน้อยเพียงใดแบบทดสอบประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (teacher made test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเฉพาะคราว เพื่อใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์และความสามารถทางวิชาการของนักเรียน มีใช้กันทั่วไปในโรงเรียน แบบทดสอบประเภทนี้สอบเสร็จก็ทิ้งไป จะสอบใหม่ก็สร้างขึ้นใหม่ หรือนำของเก่ามาเปลี่ยนแปลงปรับปรุงโดยไม่มีการอะไรเป็นหลักในการปรับปรุง ไม่มีการวิเคราะห์ว่าข้อสอบนั้นดีหรือเลวประการใด

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (standardized test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการ หรือวิธีการที่ซับซ้อนมากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เมื่อสร้างขึ้นเสร็จก็มีการนำไปทดลองสอบ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติหลายครั้งหลายหน เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพดี มีความเป็นมาตรฐาน ซึ่งแบบทดสอบมาตรฐานนี้มีความเป็นมาตรฐานอยู่ 2 ประการ คือ

2.1 มาตรฐานในการดำเนินการสอบ หมายความว่า แบบทดสอบนี้ไม่ว่าจะนำไปใช้ที่ไหน เมื่อไหร่ก็ตาม คำชี้แจง คำบรรยาย การดำเนินการสอบจะเหมือนทุกครั้งที่ไปจะไม่มีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้คะแนนคลาดเคลื่อน เช่น ผู้คุมสอบ การจัดชั้นเรียน กระบวนการสอบ การใช้คำสั่ง เป็นต้น กระบวนการสอบประเภทนี้จึงต้องมีคำชี้แจงในการใช้ข้อสอบอยู่ด้วย

2.2 มาตรฐานในการแปลความหมายของคะแนนไม่ว่าจะสอบที่ไหน เมื่อไหร่ก็ตามก็ต้องแปลคะแนนได้เหมือนกัน ฉะนั้นข้อสอบประเภทนี้จึงต้องมีเกณฑ์ปกติสำหรับเปรียบเทียบให้เป็นมาตรฐานเดียวกันได้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จะมุ่งวัดความรู้ทางด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และกระบวนการในการแสวงหาความรู้ โดยการวัดจะต้องวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นทางด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การสืบเสาะหาความรู้ เจตคติ ความสนใจ ทักษะปฏิบัติ รวมถึงการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) ว่า หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) เรื่อง ระบบนิเวศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดพฤติกรรมในด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการเรียนเรื่อง ระบบนิเวศ โดยวัดให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคู่มือและหรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม

งานวิจัยในประเทศ

พิเชฐ อินโสภ (2531) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการสร้างหนังสือภาพการ์ตูนประกอบบทเรียน เรื่อง “ดิน” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนที่อ่านหนังสือภาพการ์ตูนมีความรู้สูงกว่าก่อนการอ่านหนังสือการ์ตูนและมีความรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้อ่านหนังสือการ์ตูน ความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อ

หนังสือภาพการ์ตูนในเรื่องเกี่ยวกับรูปเล่ม การจัดภาพ เนื้อหา ภาษาที่ใช้ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและดีมาก

ศรารัตน์ ลิ้นไพบูลย์ (2534) ได้วิจัยเรื่อง “การสร้างหนังสืออ่านประกอบประเภทเรื่องสั้นขนาดยาว สำหรับวิชาประชากรศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยนำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 30 คน กลุ่มทดลอง 30 คน พบว่านักเรียนที่ได้อ่านหนังสืออ่านประกอบมีความรู้เพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนที่ไม่ได้อ่านหนังสือและยืนยันได้ว่าหนังสืออ่านประกอบที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการให้ความรู้กับนักเรียนได้จริง

ทิพวรรณ ตูลสุข (2535) ได้ศึกษาการสร้างบทเรียนโปรแกรมเรื่อง “ทรัพยากรธรรมชาติ” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนโปรแกรมมีความรู้และเจตคติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมมีความรู้และเจตคติสูงกว่าการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

อุไร ศิลปธรรม (2539) ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาค่านิยมด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เพชรบุรี โดยใช้บทเรียนเสริมหลักสูตร เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เพชรบุรี จำนวน 30 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการพัฒนาค่านิยม ได้แก่ บทเรียนเสริมหลักสูตรเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ แบบวัดค่านิยมด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และ แบบสอบถามความคิดเห็นนักเรียนเกี่ยวกับกิจกรรม ผลการวิจัย พบว่า

1. บทเรียนที่สร้างสามารถพัฒนาค่านิยมด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของนักเรียนได้ โดยคะแนนค่านิยมของนักเรียนหลังการใช้บทเรียนสูงกว่าก่อนใช้บทเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ในขณะที่ทำกิจกรรมนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่นำไปสู่การพัฒนาค่านิยมด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้
3. นักเรียนมีความคิดเห็นว่า กิจกรรมของบทเรียนสามารถพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ อันนำไปสู่การพัฒนาค่านิยมด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

จิรภา มาลัยธรรม (2540) ได้ศึกษาการสร้างแบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้า เรื่อง การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้าง และศึกษาประสิทธิภาพของแบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้าดังกล่าว โดยดำเนินการสร้างแบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้าตามหลักการ และขั้นตอนการสร้างแบบเรียนเล่ม เล็กลอยฟ้าของหทัยตันหยง และทำการศึกษาประสิทธิภาพ โดยทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดศรีบุญเรือง สำนักงานเขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่าแบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้า เรื่อง การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต มี

ประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (80/80) โดยมีประสิทธิภาพ 86.57/84.25 มีผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนน เฉลี่ยหลังทดลองใช้แบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้า สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลองใช้แบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิทยพันธ์ แวะศรีภา (2542) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบเรียนและคู่มือครู รายวิชา ส071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่องสภาพแวดล้อมทางกายภาพของภูเวียง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสอำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบเรียนและคู่มือครู รายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่องสภาพแวดล้อมทางกายภาพของภูเวียง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่า แบบเรียนและคู่มือครู รายวิชา ส071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง สภาพแวดล้อมทางกายภาพของภูเวียง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.44/76.55 และมีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.53

ศิริพร ทิพย์สิงห์ (2545) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนการสอน เรื่อง “ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม” โดยใช้ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บริเวณชุมชนวัดประดิษฐาราม กรุงเทพมหานคร โดยทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนมัธยมสาธิตสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 40 คน สอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอน จำนวน 5 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1)ระบบนิเวศในโรงเรียน 2)แหล่งน้ำชุมชน 3)ขยะกับการพัฒนาที่ยั่งยืน 4)สภาพอากาศในชุมชน และ5) เหตุการณ์สิ่งแวดล้อมไทย ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี นักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดี และนักเรียนมีผลการเรียนรู้รายบุคคลอยู่ในระดับดี

วนิดา จัตราวิราคม (2546) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.76/86.8 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ทั้งก่อนและหลังการเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง จะมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลาง และต่ำ ซึ่งนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มต่างก็มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มทั้งก่อนและหลังการเรียนนี้มีค่าแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังการเรียนของนักเรียน ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าสูงขึ้นทุกกลุ่ม ความคิดเห็นของนักเรียนหลังผ่านการเรียนวิทยาศาสตร์ตาม รูปแบบการเรียนการสอนนี้ ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า รูปแบบการเรียนการสอนนี้มีความ เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องระบบนิเวศ ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ มีกิจกรรมที่แปลกใหม่ การ เรียนการสอนตามรูปแบบนี้สนุก ไม่ยาก มีสื่อการเรียนการสอนที่ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาการเรียน การสอนได้มาก การเรียนการสอนแบบนี้มีประโยชน์ ทำให้นักเรียนพึงพอใจ และสามารถใช้ ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนจำนวนครึ่งหนึ่งของทั้งหมดเห็นว่ารูปแบบการเรียน การสอนนี้ทำลายความสามารถของนักเรียน จึงเห็นว่ารูปแบบการเรียนการสอนนี้ดี ส่วนข้อเสียของ รูปแบบการเรียนการสอนนี้คือ เพื่อนบางคนไม่ช่วยทำงาน

งานวิจัยต่างประเทศ

บาร์ต (Bard. 1975 : 5947 – A) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กายภาพของนักศึกษาที่ Southern Colorado State College โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับการ สอนตามปกติ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป กลุ่มควบคุมสอนแบบปกติ ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน

แคมป์เบล (Campbell. 1979 : 51 – 56) ได้วิจัยโดยขอให้ผู้เรียนระดับอุดมศึกษา เลือกวัสดุสารหรือหนังสือเรียนที่อ่านง่ายที่สุดที่พวกเขาใช้ประกอบการเรียนวิชาหนึ่ง พวกเขา เลือกหนังสือ The Philosophy of teaching ของ LeFrancois องค์ประกอบต่างๆ ที่นักศึกษาระบุ ว่า มีส่วนช่วยให้หนังสือนั้นอ่านง่ายโดยไม่เรียงลำดับความสำคัญ ได้แก่ มีรูปร่างลักษณะโดย ส่วนรวมน่าสนใจ ออกแบบดี ตัวหนังสือไม่แน่น มีภาพการ์ตูนกระจายประกอบทั่วไป และ แผนภาพต่างๆ มีความสัมพันธ์กับเนื้อหามากที่สุด และยังมีตัวแปรอื่นๆ ที่สำคัญที่นักศึกษา กล่าวถึง คือ มีการใช้อารมณ์ขัน และมีการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรมมากๆ เข้า กับสถานการณ์ที่ผู้อ่านคุ้นเคย

จากผลการศึกษาผลงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ พบว่า สื่อทางการศึกษาที่สร้างขึ้นมาเสริมการเรียนการสอนในหลักสูตรนั้น สามารถทำให้ ผู้เรียนได้รับความรู้เพิ่มเติมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ ยังช่วยให้ ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สุวิทย์ โคตรธนู (2522) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสนใจในกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ โดยสร้างแบบสอบถาม 2 ชุด ส่งไปยังตัวอย่างประชากรอาจารย์ และตัวอย่างประชากรนักเรียน ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เป็นโรงเรียนรัฐบาล โรงเรียนราษฎร์ และโรงเรียนสาธิต จำนวน 9 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า

1. การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ดำเนินการโดยหัวหน้าสายวิชา ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวางแผน และดำเนินการด้วย โดยใช้งบประมาณของโรงเรียนและจากที่เก็บได้จากสมาชิก กิจกรรมที่จัดจะจัดในวันหยุดหรือตามเหตุการณ์สำคัญ มีการประเมินผลในการจัดกิจกรรมทุกครั้ง โดยการอภิปรายในชั้นเรียนและเขียนรายงานส่ง

2. นักเรียนให้ความสนใจในการร่วมกิจกรรม ในระดับปานกลางมากที่สุดในการการสะสมหนังสือหรือเอกสารต่างๆ ที่ครูแนะนำ การค้นคว้าจากหนังสือในห้องสมุด การฟังวิทยากรที่โรงเรียนเชิญมาบรรยาย และการฟังวิทยุเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่สำคัญทางการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์

3. อาจารย์และนักเรียนเห็นว่า ปัญหาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์คือ เวลาในการจัดกิจกรรมมีน้อย ขาดงบประมาณในการจัด และขาดการประสานงานและให้ข้อเสนอแนะว่า ผู้บริหารควรจะมีเจตคติที่ดีในการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสนับสนุนในด้านเวลา สถานที่ และงบประมาณ โรงเรียนควรมีบริการแนะนำอาจารย์ และนักเรียนถึงวิธีการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กับความสนใจในการร่วมกิจกรรมของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับกลุ่มตัวอย่างประชากรทั้งหมด กลุ่มนักเรียนชาย กลุ่มนักเรียนหญิง กลุ่มโรงเรียนรัฐบาล และกลุ่มโรงเรียนราษฎร์ แต่สำหรับโรงเรียนสาธิตไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรทั้งสอง

สุทิน สกลนุรักษ์ (2528) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร พบว่า

1. การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพมหานคร ส่วนมากจัดในรูปแบบชุมนุมวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อฝึกให้มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเป็นสำคัญ มีการตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน ประกอบด้วยตำแหน่งที่มาจาก การเลือกตั้งอันได้แก่ ประธานชุมนุม รองประธานชุมนุม เกรียนุญิก ปฎิคม กรรมการฝ่ายวิชาการ และกรรมการระดับชั้นต่างๆ อันเป็นการส่งเสริมการปกครองตามระบอบประชาธิปไตย

และนอกจากนั้นยังเปิดโอกาสให้ประธานชุมนุมเลือกบุคลากรในตำแหน่งอื่นๆ เช่น เลขานุการ นายทะเบียน สารานุกรม พัสตุ บรรณารักษ์ เป็นต้น เพื่อให้การดำเนินงานของประธาน คล่องตัวขึ้น ถ้าโรงเรียนใดที่พร้อมจะสนับสนุนกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ หรือชุมนุม วิทยาศาสตร์มีขนาดใหญ่ ก็สามารถจัดคณะกรรมการที่มีจำนวนตำแหน่งมากได้ สำหรับผู้ดำรง ตำแหน่งหัวหน้า อาจารย์ที่ปรึกษากิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์พบว่า เป็นผู้ดำรง ตำแหน่งหัวหน้าหมวดวิทยาศาสตร์ แสดงว่างานกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เป็นงาน โดยตรงของหมวดวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าเป็นงานของหมวดกิจกรรม

2. จุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ที่พบว่ามีเจตจำนงอยู่ในอันดับต้นๆ คือ ฝึกให้การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่งเสริมวิชาการในหลักสูตรฝึกให้มีความคิดสร้างสรรค์ และให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

3. อาจารย์ที่ปรึกษากิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ มีความเห็นว่ากิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประเภทการผลิตสิ่งของ มีประโยชน์พอสมควร และ นักเรียนสนใจปานกลาง แต่จากการสำรวจพบว่า กิจกรรมประเภทการผลิตสิ่งของมีมากในโรงเรียน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า อาจารย์ที่ปรึกษากิจกรรมเสริมหลักสูตรมีความเห็นว่า ถ้าแม้ว่าประโยชน์ของกิจกรรมประเภทการผลิตสิ่งของเป็นกิจกรรมที่เห็นผลได้ในเวลาอันรวดเร็ว ลงทุนน้อยและมีผลงานให้นักเรียนนำกลับไปใช้ได้ ประกอบกับอาจารย์ที่ปรึกษากิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เป็นผู้กำหนดประเภทของกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ จึงทำให้มีการจัดกิจกรรมประเภทผลิตสิ่งของอยู่มาก

วงศ์สถิตย์ วัฒนเสรี (2530) ศึกษาผลของชุดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2528 จำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน กลุ่มควบคุม 30 คน ผลการวิจัยพบว่า มัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุไรรัตน์ ช่างทรัพย์ (2532) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างกิจกรรมการประดิษฐ์อุปกรณ์จากวัสดุเหลือใช้ประเภทพลาสติก สำหรับกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยม ศึกษาตอนต้น และ ศึกษาพัฒนาการของนักเรียน เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังจากฝึกกิจกรรมแล้วนักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการฝึกกิจกรรม

เนื่อทอง นายี่ (2544) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง ผลการใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสนใจทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

ซุลลิแวน (Sullivan. 1981) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายขนาดเล็ก เพื่อวิเคราะห์ความเชื่อ และทัศนคติของนักเรียน ครู ผู้บริหารและบิดามารดา โดยวิธีการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสำรวจจากเอกสาร โดยใช้เวลารวมทั้งสิ้น 83 วัน ระหว่างปีการศึกษา 1979 – 1980 เพื่อสังเกตและบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับกิจกรรมนักเรียนในโรงเรียนชั้นตอน ซึ่งตั้งอยู่ทางเหนือของมิสซิสซิปปี ผลการวิจัยพบว่า

1. อัตราการเข้าร่วมกิจกรรมที่โรงเรียนชั้นตอน ต่ำกว่าที่คาดไว้ในโรงเรียนขนาดเล็ก กลุ่มนักเรียน ครู ผู้บริหาร และบิดามารดา ให้สัมภาษณ์สอดคล้องกันว่า กิจกรรมนักเรียนเป็นส่วนที่สำคัญของโปรแกรมทั้งหมดของโรงเรียน สำหรับผู้ที่ไม่เข้าร่วมกิจกรรมพบว่าปัจจัยที่สำคัญมากต่อการตัดสินใจไม่เข้าร่วมกิจกรรมคือ เรื่องผิว ฐานะทางเศรษฐกิจ และสังคมและผลจากการที่จัดกลุ่มที่เหมือนกันเป็นระยะเวลานาน

2. ปัจจัยอื่นๆ ที่ถูกระบุเป็นเหตุผลสำหรับการไม่เข้าร่วมกิจกรรม คือระยะทางระหว่างบ้านกับโรงเรียน และค่าธรรมเนียมในการเป็นสมาชิก นักเรียน ครู และผู้บริหารบางคนระบุว่า การขาดแคลนเป้าหมายของกิจกรรม สำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำ เป็นปัจจัยที่มีต่อการจำกัดการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียน

3. การจัดกิจกรรมหลังเลิกเรียน การขาดเงินสำหรับกิจกรรมที่ไม่ใช่ทางด้านกีฬา การขาดความยุติธรรมในค่าตอบแทนต่อผู้สนับสนุน ปรากฏว่าทำให้เกิดความรู้สึกทางลบต่อผู้สนับสนุนกิจกรรม

4. สิ่งที่เห็นพ้องกันภายในกลุ่ม และระหว่างบางกลุ่ม คือการขาดความคงที่ของความคิดเห็นเกี่ยวกับจุดประสงค์ของกิจกรรมนักเรียนว่าส่วนใดของกลุ่มต่างๆ มีความรู้สึกว่าการกิจกรรมของนักเรียนไม่สามารถสนองความต้องการของนักเรียนได้หมด และหลายคนมีความรู้สึกว่าเป็นไปไม่ได้

ปาล์ม (Plam. 1981) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมนอกหลักสูตรของชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และแผนกิจกรรมนอกหลักสูตรของวิทยาลัยว่า มีความสัมพันธ์ต่อการสอบเข้ามหาวิทยาลัยที่เดินเรียน (มหาวิทยาลัยโอมาฮา) หรือ มหาวิทยาลัยที่ต้องอยู่ประจำ (มหาวิทยาลัยลินคอล์น) ในรัฐเนบราสกา ตัวอย่างประชากรคือนิสิตปีที่ 1 จากมหาวิทยาลัยลินคอล์น จำนวน 541 คน และจากมหาวิทยาลัยโอมาฮา จำนวน 575 คน นิสิตทั้งหมดจบจากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตโอมาฮา คำตอบของนิสิตในประวัติส่วนตัวของการประเมินโครงการทดสอบของมหาวิทยาลัยของอเมริกา ถูกใช้เสาะหาข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งในตอนนั้นนิสิตจะต้องมีอายุน้อยกว่า 19 ปี เขียนชื่อมหาวิทยาลัยที่เลือกเป็นครั้งแรก นิสิตจากมหาวิทยาลัยลินคอล์นต้องเขียนชื่อหอพัก หรือหอพักของสมาคม เป็นแผนการเข้าพักอาศัย ส่วนนิสิตจากมหาวิทยาลัยโอมาฮาต้องเขียนชื่อบ้านเดิมหรือบ้านญาติเป็นแผนการเข้าพักอาศัย ผลการวิจัยพบว่า

1. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในระดับการเข้าร่วมกิจกรรมนอกหลักสูตรในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างที่นักเรียนที่สอบแข่งขันเข้าศึกษาได้ในมหาวิทยาลัยที่เดินเรียน และนักเรียนที่สอบแข่งขันเข้าศึกษาได้ในมหาวิทยาลัยที่อยู่ประจำ
2. มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในระดับแผนกิจกรรมนอกหลักสูตรของวิทยาลัย ระหว่างนักเรียนที่สอบแข่งขันเข้าศึกษาได้ในมหาวิทยาลัยที่เดินเรียน และนักเรียนที่สอบแข่งขันเข้าศึกษาได้ในมหาวิทยาลัยที่อยู่ประจำ
3. มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในระดับความสำเร็จภายนอกห้องเรียนระหว่างนักเรียนที่สอบแข่งขันเข้าศึกษาได้ในมหาวิทยาลัยที่เดินเรียน และนักเรียนที่สอบแข่งขันเข้าศึกษาได้ในมหาวิทยาลัยที่อยู่ประจำ

จากผลการศึกษาผลงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้พบว่า ในปัจจุบันมีนักวิจัยได้เห็นความสำคัญของกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยมีการสร้างรูปแบบของกิจกรรมในประเภทต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนกิจกรรมเสริมหลักสูตร ซึ่งกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความสนใจทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ รวมทั้งมีส่วนช่วยให้การจัดการศึกษาบรรลุจุดมุ่งหมายตามหลักสูตรของการศึกษาขั้นพื้นฐานได้

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สิริอรวัลค์ พุนพาณิชย์ (2524) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่มีการร่วมมือ กับกลุ่มที่มีการแข่งขัน รวมทั้งศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มร่วมมือ และกลุ่มแข่งขันที่มีต่อการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 2 กลุ่มๆ ละ 35 คน กลุ่มทดลองมีกิจกรรมการสอนให้เกิดการร่วมมือ อีกกลุ่มสอนให้เกิดการแข่งขัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคะแนนจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ และคะแนนจากแบบสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบด้วยสถิติ t-test และ วิเคราะห์คะแนนแบบสำรวจความคิดเห็นต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มโดยหามัธยฐานและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมในแต่ละกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนในกลุ่มร่วมมือ และ กลุ่มแข่งขันไม่แตกต่างกัน และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนเก่งในกลุ่มร่วมมือ และ กลุ่มแข่งขันไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนที่เรียนอ่อนในกลุ่มร่วมมือมีผลสัมฤทธิ์ดีกว่ากลุ่มแข่งขัน ความคิดเห็นของนักเรียน ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนของกลุ่มร่วมมือ และ กลุ่มแข่งขันไม่แตกต่างกัน

รตินันท์ ไมตรีจิต (2537) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนบางแก้วประชาสรรค์ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 80 คน เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 40 คน กลุ่มทดลองสอนด้วยการเรียนแบบร่วมมือ กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม และ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความรับผิดชอบต่อการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม และ มีความรับผิดชอบต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สุชาติ มุ่งช่อนกลาง (2540) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความร่วมมือในการทำงานกลุ่มระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนด้วยวิธีการแบบร่วมมือที่เป็นทางการกับไม่เป็นทางการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปรังค์ทองวิทยา จังหวัดนครราชสีมา แบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลองกลุ่มละ 42 คน เรียนด้วยวิธีการแบบร่วมมือที่เป็นทางการกับไม่เป็นทางการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที่ t-test ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยวิธีการแบบร่วมมือเป็นทางการ กับไม่เป็นทางการมีผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนแตกต่างกัน โดยนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบร่วมมือเป็นทางการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มไม่เป็นทางการ แต่มีความร่วมมือในการทำงานกลุ่มของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบร่วมมือแบบเป็นทางการมีความร่วมมือในการทำงานสูงกว่ากลุ่มไม่เป็นทางการ

นิตยา เจริญนิเวศกุล (2541) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือประเภทการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกมที่มีและไม่มีการทดสอบย่อย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแจรงร้อน กรุงเทพมหานคร แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 40 คน กลุ่มทดลองใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือประเภทการแข่งขัน ระหว่างกลุ่มด้วยเกมที่มีการทดสอบย่อย กลุ่มควบคุม ใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือประเภทการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกม ที่ไม่มีการทดสอบย่อย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบค่าที่ t - test ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือประเภทการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกมที่มีการทดสอบย่อยสูงกว่านักเรียนที่ใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือประเภทการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกมที่ไม่มีการทดสอบย่อย

สาคร ธรรมศักดิ์ (2541) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึมแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

งานวิจัยต่างประเทศ

ทันฮิกอร์ (Tunhikorn. 1986) ได้ทำการศึกษาเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีเจตคติในทางบวก นักเรียนชายมีเจตคติในทางบวกสูงกว่านักเรียนหญิง นักเรียนหญิงมีแนวโน้มของเจตคติในทางบวกลดลงเมื่อระดับชั้นสูงขึ้น ในขณะที่นักเรียนชายมีแนวโน้มสูงขึ้นและความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อนักเรียนอยู่ในระดับชั้นสูงขึ้น ส่วนความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาศาสตร์ชีวภาพระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงลดลงเมื่อนักเรียนอยู่ในระดับสูงขึ้น

เบอร์รอนและคณะ (Burron. 1993) ได้ศึกษาผลการเรียนแบบร่วมมือในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพสำหรับนักศึกษาที่จะฝึกสอนในระดับประถมศึกษา และ มัธยมศึกษา จุดประสงค์เพื่อหาความแตกต่างระหว่างเทคนิคการเรียนแบบร่วมมือ กับเทคนิคการเรียนแบบเดิมในระดับวิทยาลัย ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการพัฒนาทักษะความร่วมมือกัน (Collaborative Skills) และเพื่อศึกษาผลการเรียนแบบร่วมมือ ในด้านเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัย นอร์ทเทิร์นโคโลราโด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ มีจำนวนนิสิตหญิง 48 คน นิสิตชาย 8 คน วิธีการที่ทำการศึกษาคือ ให้นิสิตทำการเรียนแบบบรรยาย 3 สัปดาห์และเรียนห้องปฏิบัติการ 2 สัปดาห์ ในการเรียนปฏิบัติการทดลอง กลุ่มทดลองเรียนแบบร่วมมือ ส่วนกลุ่มควบคุมใช้วิธีการเรียนแบบเดิม การเรียนแบบร่วมมือของกลุ่มทดลองมีนิสิตทั้งหมด 24 คน แบ่งเป็น 6 กลุ่มเป็นกลุ่มละความสามารถ กลุ่มละ 4 คน สมาชิกในกลุ่มได้รับการทดสอบหาคะแนนพื้นฐาน ส่วนการเรียนแบบร่วมมือในการปฏิบัติการทดลองใช้การสังเกตการปฏิบัติงาน และสังเกตทักษะในการทำงานร่วมกัน แบบสังเกตมีการกำหนดวิธีการให้คะแนน เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ทักษะในการทำงานร่วมกัน (Collaborative Skills) ได้แก่ การสนับสนุนการทำงานร่วมกัน ตรวจสอบความเข้าใจของแต่ละคน พฤติกรรมภาระงาน กิจกรรมการฟัง สรุปย่อเนื้อหาสาระทางความคิด ให้ความหมายและให้คำนิยาม การตัดสินใจในการทำงานของกลุ่ม ยอมรับความช่วยเหลือและสนับสนุนจากสมาชิกคนอื่น ใช้ประโยชน์จากบทบาทของกลุ่ม ส่วนในด้านเจตคตินั้น ผู้วิจัยใช้วิธีการให้นิสิตเขียนความรู้สึกจากคำถามปลายเปิด สถิติที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล สำหรับแบบทดสอบใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบทางเดียว (one way analysis of covariance) หรือ ANCOVA และใช้ t – test ในการหาความแตกต่างระหว่างทักษะความร่วมมือระหว่างการเรียนแบบร่วมมือ กับการเรียนแบบเดิม ส่วนการวัดทางด้านเจตคติใช้วิธีวิเคราะห์การตอบคำถามของนิสิต จากคำถามปลายเปิดที่แสดงความรู้สึกหรือความประทับใจ และการสะท้อนความรู้สึกต่อการเรียนแบบร่วมมือ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนแบบร่วมมือกับการเรียนแบบเดิมไม่แตกต่างกัน แต่ทักษะความร่วมมือในการทำงานพบว่า การเรียนแบบร่วมมือนิสิตมีทักษะความร่วมมือกันสูงกว่าการเรียนแบบเดิม ส่วนทางด้านเจตคติ พบว่า นิสิตจำนวน 17 คน (77%) กล่าวว่า การเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้การเรียนแบบร่วมมือ เป็นการเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้มากขึ้น และมีนิสิตจำนวน 11 คน (50%) กล่าวว่ามีความรู้สึกกระตือรือร้น มีความสุขในการปฏิบัติการทดลอง ไม่มีใครกล่าวว่าการเรียนแบบร่วมมือไม่เหมาะสมในการปฏิบัติการทดลอง หรือทำให้ความเข้าใจสื่อการเรียนน้อย และไม่มีใครกล่าวว่าจะไม่ชอบการเรียนแบบร่วมมือ

ลาซาโรวิทซ์และคณะ (Lazarowitz. 1994) ได้ศึกษาการเรียนแบบร่วมมือ ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักเรียน ในหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นพิภพระดับชั้นมัธยมปลาย กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนเกรด 11 และ 12 ที่เลือกเรียนวิทยาศาสตร์พื้นพิภพจำนวน 5 หมู่ รวมทั้งสิ้น 120 คน ในแต่ละหมู่นักเรียนจะมีความแตกต่างกันในด้านพื้นฐานทางการเรียนและอายุ กลุ่มทดลองมีนักเรียน จำนวน 73 คน แบ่งออกเป็น 3 หมู่เรียนในหัวข้อของพลังงาน โดยใช้การเรียนการสอนแบบ GML (Jigsaw – group mastery learning) ส่วนกลุ่มควบคุมมีนักเรียน 2 หมู่ จำนวน 47 คน เรียนในหัวข้อพลังงานเหมือนกัน โดยใช้การเรียนแบบ IML (Individualized mastery learning) ทั้ง 5 หมู่ใช้ครูคนเดียวกันสอนใช้ตำราและสื่ออุปกรณ์แบบเดียวกัน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาเฉพาะการใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือเท่านั้น มีการจัดการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนเจตคติจะเป็นส่วนสนับสนุนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งศึกษาทั้งเจตคติที่ได้จากการเรียนและเจตคติที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียน การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งการสอบแบบปกติและการสอบตามจุดประสงค์และใช้แบบทดสอบความเรียงปลายเปิด โดยนักเรียนทุกคนจะได้แบบทดสอบชุดเดียวกันเพื่อวัดความเข้าใจในสื่อการเรียนที่ใช้ การประเมินผลคำตอบของนักเรียนใช้การวิเคราะห์คำตอบแบบความเรียงโดยวัดในด้าน ความไพเราะ จำนวนคำในการตอบ จำนวนมโนคติที่เขียนในความเรียง ความชัดเจน และรูปแบบในการตอบคำถาม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) พบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งคะแนนจากการสอบปกติและการสอบตามจุดประสงค์ ส่วนแบบทดสอบความเรียงปลายเปิดพบว่า มีความแตกต่างกันในจำนวนมโนคติที่ได้และผลรวมของคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ส่วนจำนวนคำที่ใช้ตอบพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนในด้านเจตคติที่ไม่เกี่ยวข้องทางการเรียน ได้แก่ การรู้คุณค่าในตนเอง ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน และสิ่งแวดล้อมทางการเรียนในห้องเรียนในเรื่องของความสามัคคี ความร่วมมือกัน การแข่งขันกัน และเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ ผลการประเมินพบว่า การรู้คุณค่าในตนเอง จำนวนเพื่อน และสภาพแวดล้อมที่สัมพันธ์กันในห้องเรียนของกลุ่มทดลองมีสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านความสามัคคี ความร่วมมือกัน การแข่งขันกัน และเจตคติต่อวิชาที่เรียน

จากผลการศึกษาผลงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จากการเรียนในรูปแบบต่าง ๆ นั้น ส่วนใหญ่แล้วผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 เฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 แผนการเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 136 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 เฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเลือกโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากมาจำนวน 2 แผนการเรียน แผนการเรียนละ 30 คน รวม 60 คน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย

1. หนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
3. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเรื่อง ระบบนิเวศ
4. แบบประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

1. ขั้นตอนในการสร้างหนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์การเรียนรู้ ขอบเขตเนื้อหาจากหนังสือการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 (ม. 4 – 6) วิเคราะห์จุดประสงค์ของหลักสูตร ขอบเขตเนื้อหาสาระในสาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม และหลักสูตรสถานศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนในการสร้างหนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

1.2 ศึกษาค้นคว้า รวบรวมและวิเคราะห์เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน

1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อ 1.1 และ 1.2 มาจัดทำหนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยบทเรียนประกอบด้วยหัวข้อการเรียนรู้ทั้งหมด 6 หัวข้อ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาและการจัดกิจกรรมในเรื่อง ดังต่อไปนี้

หัวข้อที่ 1 เรื่อง ความหลากหลายของระบบนิเวศ ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้

- 1.1 ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด
- 1.2 ระบบนิเวศทะเล
- 1.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน
- 1.4 ระบบนิเวศป่าไม้

หัวข้อที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้

- 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ
- 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศ
- 2.3 การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

หัวข้อที่ 3 เรื่อง การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ ครอบคลุมเนื้อหาต่อไปนี้

- 3.1 วัฏจักรของน้ำ
- 3.2 วัฏจักรของคาร์บอน
- 3.3 วัฏจักรของไนโตรเจน
- 3.4 วัฏจักรของฟอสฟอรัส
- 3.5 วัฏจักรของกำมะถัน

หัวข้อที่ 4 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต

หัวข้อที่ 5 เรื่อง ระบบนิเวศกับความหลากหลายทางชีวภาพ

หัวข้อที่ 6 เรื่อง คุณภาพของระบบนิเวศ

1.4 นำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้องของเนื้อหาของบทเรียนที่สร้างขึ้น แล้วนำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้มีความเหมาะสมมากขึ้น

1.5 นำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ แล้วไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาชีววิทยา ด้านการสอนกิจกรรมวิทยาศาสตร์ และด้านครุวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการทำคู่มือ (หนังสือประกอบการเรียน) จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบถูกต้อง ครอบคลุมของเนื้อหา ตลอดจนลำดับความต่อเนื่องของเนื้อหา ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์ และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน

1.6 นำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่สร้างขึ้นมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.7 หาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่สร้างขึ้น โดยการใช้สูตร E_1 / E_2 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2532 : 496 – 497)

80 ตัวแรก หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบฝึกหัดในแต่ละเนื้อหา ได้คะแนนไม่น้อยกว่า 80 %

80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบทดสอบ ได้คะแนนไม่น้อยกว่า 80 %

เมื่อพิจารณาข้อมูล 80 ตัวแรกและ 80 ตัวหลัง ถ้าถึงเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ถือว่าเป็นคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพ แต่ถ้าไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ถือว่าเป็นคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

การทดลองชั้นรายบุคคล (1:1) เพื่อหาข้อบกพร่องของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ในการใช้ภาษา ความชัดเจนของรูปภาพ การตอบคำถามและทำกิจกรรมได้ตรงประเด็นตามจุดมุ่งหมาย เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

ผู้วิจัยได้นำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรไปทดลองกับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา ปีการศึกษา 2548 จำนวน 3 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีจับสลากเลือกนักเรียน ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการทดลองชั้นรายบุคคล (1 : 1) ของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยทดลองกับนักเรียน 3 คน

	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย
คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	140	68	48.57
คะแนนแบบทดสอบหลังการเรียน	60	30	50.00

จากตาราง 1 นักเรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 48.57 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 50.00 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

การทดลองกลุ่มเล็ก (1 : 10) ผลจากการทดลองชั้นรายบุคคล ซึ่งผลที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขในเรื่องภาษา ภาพ กิจกรรมและคำถามท้ายบทเรียน หลังจากปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยได้นำกลับไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา ปีการศึกษา 2548 จำนวน 10 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสุ่มโดยวิธีจับสลาก เพื่อหาข้อบกพร่องของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยสังเกตจากการทำกิจกรรมการเรียนการสอน และการตอบคำถามในแต่ละเนื้อหา ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ผลการทดลองกลุ่มเล็ก (1 : 10) ของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยทดลองกับนักเรียน 10 คน

	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย
คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	140	98.40	70.28
คะแนนแบบทดสอบหลังการเรียน	60	32.50	54.16

จากตาราง 2 นักเรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 70.28 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 54.16 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

การทดลองภาคสนาม (1 : 30) ผลจากการทดลองกลุ่มเล็ก ซึ่งผลที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง หลังจากปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยได้นำกลับไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา ปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสุ่มโดยวิธีจับสลาก เพื่อหาข้อบกพร่องของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยสังเกตจากการทำกิจกรรมการเรียนการสอน และการตอบคำถามในแต่ละเนื้อหา ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ผลการทดลองภาคสนาม (1 : 30) ของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยทดลองกับนักเรียน 30 คน

	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย
คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	140	112.80	80.57
คะแนนแบบทดสอบหลังการเรียน	60	48.06	80.11

จากตาราง 3 นักเรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 80.57 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 80.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

1.8 นำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จากเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบและการเขียนข้อสอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งพฤติกรรมด้านต่างๆ ได้ 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 100 ข้อ

2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ พิจารณาคำถามให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ความถูกต้องของคำถามและคำตอบเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงแล้วในข้อ 2.4 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

คะแนน +1	สำหรับข้อสอบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
คะแนน 0	สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
คะแนน -1	สำหรับข้อสอบที่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.6 คัดเลือกข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับลักษณะพฤติกรรม (IOC) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117) ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป จำนวน 80 ข้อ

2.7 นำแบบทดสอบที่คัดเลือก และปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนเรื่องนี้แล้วซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน แล้วนำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 60 ข้อ

2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้ในข้อ 2.7 ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR – 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 125) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

2.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรม

เสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1 ศึกษาเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจจากเอกสารและตำราต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 ศึกษาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อกำหนดรวบรวมและออกแบบข้อความที่แสดงถึงความพึงพอใจเกี่ยวกับเนื้อหาของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยมุ่งถามในเรื่องความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมประกอบบทเรียน

3.3 สร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะการจัดรูปเล่ม ลักษณะเนื้อหา ลักษณะภาษาที่ใช้ ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน ลักษณะการจัดภาพและความคิดเห็นอื่นๆ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตราประมาณค่าแบบมาตราลิเคิร์ท (Likert Scale) มี 5 ระดับ ดังนี้

ความรู้สึkfพึงพอใจมากที่สุด	เท่ากับ	5	คะแนน
ความรู้สึkfพึงพอใจมาก	เท่ากับ	4	คะแนน
ความรู้สึkfพึงพอใจปานกลาง	เท่ากับ	3	คะแนน
ความรู้สึkfพึงพอใจน้อย	เท่ากับ	2	คะแนน
ความรู้สึkfพึงพอใจน้อยที่สุด	เท่ากับ	1	คะแนน

โดยผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยที่มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 ระดับ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 100)

ค่าเฉลี่ย	4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
ค่าเฉลี่ย	2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

3.4 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาคำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ และตรวจสอบความถูกต้องตามนิยามศัพท์ ความเหมาะสม ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนจะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

4.1 ศึกษาลักษณะการสร้างแบบประเมิน ขอบข่ายเนื้อหาที่จะประเมินและรูปแบบที่จะประเมิน

4.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพหนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อหา ลักษณะภาษาที่ใช้ ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน ลักษณะการจัดภาพและความคิดเห็นอื่นๆ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมินคุณภาพ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ซึ่งลักษณะของแบบประเมินคุณภาพเป็นมาตราประมาณค่าแบบมาตรลิเคิร์ต

(Likert Scale) มี 5 ระดับ ดังนี้

ดีมาก	หมายถึงตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด	เท่ากับ 5 คะแนน
ดี	หมายถึงตรงกับความคิดของท่านมาก	เท่ากับ 4 คะแนน
ปานกลาง	หมายถึงค่อนข้างจะตรงกับความคิดของท่านบ้าง	เท่ากับ 3 คะแนน
ต้องปรับปรุง	หมายถึงไม่ตรงกับความคิดของท่าน	เท่ากับ 2 คะแนน
ใช้ไม่ได้	หมายถึงไม่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด	เท่ากับ 1 คะแนน

โดยผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยที่มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 ระดับ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 100)

ค่าเฉลี่ย	4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
ค่าเฉลี่ย	2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

4.3 การหาคุณภาพของแบบประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ เพื่อตรวจพิจารณารูปแบบประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร โดยให้ครอบคลุมประเด็นที่ต้องการและความถูกต้องเหมาะสมแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

4.4 นำหนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาชีววิทยา ด้านการสอนกิจกรรมวิทยาศาสตร์ และด้านครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการทำคู่มือ (หนังสือประกอบการเรียน) จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

4.5 ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ได้ผลโดยแยกลักษณะการประเมิน ดังนี้ ลักษณะเนื้อหา ระดับค่าเฉลี่ย 3.96 ซึ่งอยู่ในระดับดี ลักษณะภาษาที่ใช้ ระดับค่าเฉลี่ย 4.01 อยู่ในระดับดี ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน ระดับค่าเฉลี่ย 3.51 อยู่ในระดับดี และลักษณะการจัดภาพ ระดับค่าเฉลี่ย 4.18 อยู่ในระดับดี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Control-Group Pretest-Posttest Design ซึ่งมีลักษณะแบบแผนการวิจัยดังนี้

ตาราง 4 แบบแผนการวิจัย Randomized Control-Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
ER	T ₁	X	T ₂
CR	T ₁	—	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

T ₁	แทน	การทดสอบก่อนการทดลอง
X	แทน	การเรียนรู้โดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
T ₂	แทน	การทดสอบหลังการทดลอง
R	แทน	การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม
C	แทน	กลุ่มควบคุม
E	แทน	กลุ่มทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. สุ่มนักเรียนมา 2 แผนการเรียน โดยการสุ่มอย่างง่ายเฉพาะกลุ่มแผนการเรียน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากจำนวน 5 แผนการเรียน และจับฉลากแยกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest) กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลา 60 นาที แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน
3. ดำเนินการทดลองโดยใช้เวลา 4 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น
 - 3.1 กลุ่มทดลอง นักเรียนได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
 - 3.2 กลุ่มควบคุม นักเรียนไม่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
4. กลุ่มทดลองให้นักเรียนศึกษาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ด้วยตนเอง และ เมื่อเรียนจบในแต่ละหัวข้อให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายเรื่องตามลำดับต่อไปนี้ ความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศกับความหลากหลายทางชีวภาพ และคุณภาพของระบบนิเวศ
5. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามกำหนดทำการทดสอบหลังการเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ฉบับเดิมกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลา 60 นาที
6. ให้นักเรียนกลุ่มทดลองตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
7. ตรวจสอบการสอบแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการนำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบค่า t (t - test) ของข้อมูลระหว่าง Pretest – Posttest

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิเวศวิทยาของนักเรียน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าสถิติ t – test (Difference Scores)

4. นำคะแนนจาก แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนมาแจกแจงความถี่หาระดับค่าเฉลี่ย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน ($\bar{X}$)
(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง

1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137)
โดยใช้สูตรดังนี้

$$S.D = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
 $\sum X$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
 n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง

1.3 หาค่าคะแนนแปรปรวนของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 142)
โดยใช้สูตรดังนี้

$$S^2 = \frac{n \sum fX^2 - (\sum fX)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ	S^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของคะแนน
	$\sum fX$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$\sum fX^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117) โดยใช้สูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยการใช้สูตร E_1 / E_2 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2532 : 496 – 497)

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ คิดเป็นร้อยละจากการปฏิบัติกิจกรรม
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของแบบฝึกหัดระหว่างเรียน
	N	แทน	จำนวนนักเรียน
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	$\sum F$	แทน	คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังการเรียน
	N	แทน	จำนวนนักเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการเรียน

2.3 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์. 2542 : 215) โดยใช้สูตรดังนี้

$$p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
	R	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$r = \frac{(R_U - R_L)}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
	R_U	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
	R_L	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร KR – 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 125) โดยใช้สูตรดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right\}$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำในแต่ละข้อ
			$= \frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
	q	แทน	สัดส่วนผู้ที่ทำผิดในแต่ละข้อ = $1 - p$
	S^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 การหาประสิทธิภาพของหนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยใช้สูตร E_1 / E_2

3.2 ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้ค่า t - test (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 166) โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n - 1}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต
	D	แทน	ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบหลังเรียน และก่อนเรียน
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบหลังเรียน และก่อนเรียนยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง

3.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สูตร t – test (Difference Scores) (Scott. 1962 : 264) โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{MD_1 - MD_2}{S_{MD1 - MD2}} ; df = n_1 + n_2 - 2$$

$$S_{MD1 - MD2} = \sqrt{\frac{S_D^2}{n_1} + \frac{S_D^2}{n_2}}$$

$$\text{เมื่อ } S_D^2 = \frac{\sum(D_1 - MD_1)^2 + \sum(D_2 - MD_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

t	แทน	ค่าที่ใช้การพิจารณาใน t – distribution
MD ₁	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนการทดสอบหลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มทดลอง
MD ₂	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนการทดสอบหลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มควบคุม
S _D ²	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความแตกต่างระหว่างการทดสอบหลังการเรียนและก่อนการเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม
D ₁	แทน	ผลต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มทดลอง
D ₂	แทน	ผลต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังการเรียนกับก่อนการเรียนของกลุ่มควบคุม
S _{MD1 – MD2}	แทน	คะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างระหว่างการทดสอบหลังการเรียนและก่อนการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
n ₁ , n ₂	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการอ่านผลการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียน
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
$\bar{X}_{pre}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน
$\bar{X}_{post}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน
MD	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนระหว่างการทดสอบ หลังเรียนกับก่อนเรียน
$S_{MD1-MD2}$	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างระหว่างการ ทดสอบหลังเรียนกับก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม
t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t – distribution
กลุ่มทดลอง	แทน	นักเรียนเรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
กลุ่มควบคุม	แทน	นักเรียนเรียนโดยไม่ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปรผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพของกลุ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
2. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อน และหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
5. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ผู้วิจัยได้นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อน และหลังจากการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยการนำคะแนนทดสอบก่อนและหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบค่า t (t – test Independent) ของข้อมูลระหว่าง Pretest – Posttest

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการหาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

ผู้วิจัยได้นำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่มีเกณฑ์ 80.57/80.11 จากการทดลองภาคสนาม (1 : 30) ไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา ปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ผลการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยทดลองกับนักเรียน 30 คน

	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย
คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	140	116.43	83.16
คะแนนแบบทดสอบหลังการเรียน	60	48.57	80.95

จากตาราง 5 นักเรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 83.16 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 80.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1

2. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 คะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม คะแนนเต็ม 60 คะแนน

กลุ่ม	จำนวน นักเรียน (N)	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์			
		ก่อนเรียน		หลังเรียน	
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลอง	30	39.20	9.90	48.57	6.22
กลุ่มควบคุม	30	37.57	10.07	46.10	7.13

จากตาราง 6 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 39.20 และ 37.57 ตามลำดับ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 9.90 และ 10.07 ตามลำดับ

คะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 48.57 และ 46.10 ตามลำดับ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 6.22 และ 7.13 ตามลำดับ

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยการนำคะแนนทดสอบก่อนและหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มาหาค่า t (t – Test) ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ คะแนนเต็ม 60 คะแนน

กลุ่มทดลอง	จำนวนคน (N)	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	t
ก่อนเรียน	30	39.20	9.90	12.418*
หลังเรียน	30	48.57	6.22	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 7 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนโดยการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีความก้าวหน้าทางการเรียนโดยผลการทดสอบหลังการเรียนสูงกว่าผลการทดสอบก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2

4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม คะแนนเต็ม 60 คะแนน

กลุ่ม	จำนวน นักเรียน (N)	$\bar{X}_{pre}$	$\bar{X}_{post}$	MD	$S_{MD1-MD2}$	t
กลุ่มทดลอง	30	39.20	48.57	9.37	12.46	0.067*
กลุ่มควบคุม	30	37.57	46.10	8.53		

* ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ และนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หรือให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3

5. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถามวัดความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนา ปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ทุกคนตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ หลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน

ข้อความในการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	5	4	3	2	1	
ลักษณะการจัดรูปเล่ม						
1. รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	3	25	2	-	-	4.03
2. ขนาดของหนังสือสามารถจับถือได้สะดวก	5	21	3	1	-	4.00
3. ขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของหนังสือมีความเหมาะสม	6	20	3	1	-	4.03
4. การจัดทำรูปเล่มมีความคงทน	2	27	1	-	-	4.03
5. หนังสือสามารถเปิดอ่านได้สะดวก	3	26	1	-	-	4.06
ระดับค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)						4.03
ลักษณะเนื้อหา						
1. เนื้อหาให้ความรู้ความเข้าใจดี	2	19	5	4	-	3.63
2. เนื้อหาอ่านแล้วเข้าใจเรื่องได้ดี	1	16	8	5	-	3.43
3. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น/ช่วงชั้น	1	20	7	2	-	3.66
4. ความยาวของเนื้อหามีความเหมาะสม	1	16	11	2	-	3.53
5. เนื้อหามีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน	1	15	9	5	-	3.40
ระดับค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)						3.53

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อความในการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	5	4	3	2	1	
ลักษณะภาษาที่ใช้						
1. ภาษาที่ใช้มีความถูกต้องชัดเจน น่าอ่าน และเข้าใจง่าย	2	16	7	5	-	3.50
2. ใช้ศัพท์เฉพาะได้ถูกต้องตามหลักวิชา	1	12	12	5	-	3.30
3. สำนวนภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	2	15	11	2	-	3.56
4. การเขียนเป็นไปตามความยากง่ายไม่วกวน	1	14	13	2	-	3.46
5. ตัวอักษรมองเห็นชัดเจน สะดวกต่อผู้เรียน	5	25	-	-	-	4.16
ระดับค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)						3.59
ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน						
1. กิจกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน	6	12	7	5	-	3.63
2. กิจกรรมสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในบทเรียน และนำไปปฏิบัติได้	2	15	10	3	-	3.53
3. กิจกรรมใช้คำสั่งหรือคำอธิบายได้อย่างชัดเจน ง่ายต่อการปฏิบัติตาม	2	11	14	3	-	3.40
4. คำถามที่ใช้ท้าทายและกระตุ้นความคิด	2	15	8	5	-	3.13
5. คำถามหรือแบบฝึกหัด ครอบคลุมเนื้อหาในบทเรียน	3	15	9	3	-	3.60
6. กิจกรรมสอดแทรกได้อย่างเหมาะสมกับเนื้อหา	2	13	10	5	-	3.40
ระดับค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)						3.50

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อความในการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	5	4	3	2	1	
ลักษณะการจัดภาพ						
1. ภาพประกอบมีความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา	5	22	3	-	-	4.06
2. ภาพประกอบสามารถแสดงความสัมพันธ์กับเนื้อหาได้	3	24	2	1	-	3.96
3. ภาพประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจนและดูเข้าใจง่าย	4	20	5	1	-	3.90
4. ภาพประกอบมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ	-	18	10	2	-	3.53
5. ภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนขึ้น	4	22	3	1	-	3.96
6. การจัดภาพดูเป็นระเบียบเรียบร้อย	5	24	1	-	-	4.13
ระดับค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)						3.92

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยแยกลักษณะการประเมิน ดังนี้ ลักษณะการจัดรูปเล่ม ระดับค่าเฉลี่ย 4.03 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ลักษณะเนื้อหา ระดับค่าเฉลี่ย 3.53 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ลักษณะภาษาที่ใช้ ระดับค่าเฉลี่ย 3.59 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน ระดับค่าเฉลี่ย 3.50 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และลักษณะการจัดภาพ ระดับค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ซึ่งสรุปสาระสำคัญ ได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ก่อนและหลังการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรและไม่ใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากการเรียน โดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

สมมติฐานของการวิจัย

1. คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
2. นักเรียนที่ได้รับการเรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบนิเวศหลังการเรียนจะสูงกว่าก่อนการเรียน
3. นักเรียนที่ได้รับการเรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ได้เรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร
4. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรอยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่พึงพอใจมากขึ้นไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 เฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 แผนการเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 136 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 เฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเลือกโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากมาจำนวน 2 แผนการเรียน แผนการเรียนละ 30 คน รวม 60 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ประกอบด้วย

1. หนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
3. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเรื่อง ระบบนิเวศ
4. แบบประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

3. การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. สุ่มนักเรียนมา 2 แผนการเรียน โดยการสุ่มอย่างง่ายเฉพาะกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากจำนวน 5 แผนการเรียน และจับฉลากแยกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest) กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลา 60 นาที แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

3. ดำเนินการทดลองโดยใช้เวลา 4 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น

3.1 กลุ่มทดลอง นักเรียนได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่องระบบนิเวศ

3.2 กลุ่มควบคุม นักเรียนไม่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่องระบบนิเวศ

4. กลุ่มทดลองให้นักเรียนศึกษาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ด้วยตนเอง และ เมื่อเรียนจบในแต่ละหัวข้อให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายเรื่องตามลำดับต่อไปนี้ ความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศกับความหลากหลายทางชีวภาพ และคุณภาพของระบบนิเวศ

5. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามกำหนดทำการทดสอบหลังการเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ฉบับเดิมกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลา 60 นาที

6. ให้นักเรียนกลุ่มทดลองตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

7. ตรวจสอบผลการสอบแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการนำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบค่า t (t – test) ของข้อมูลระหว่าง Pretest – Posttest

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าสถิติ t – test (Difference Scores)

4. นำคะแนนจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนมาแจกแจงความถี่หาระดับค่าเฉลี่ย

สรุปผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ นักเรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 83.16 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนรู้ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 80.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีความก้าวหน้าทางการเรียน โดยผลการทดสอบหลังการเรียนรู้สูงกว่าผลการทดสอบก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2
3. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ และนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หรือให้ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3
4. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยแยกลักษณะการประเมิน ดังนี้ ลักษณะการจัดรูปแบบ ระดับค่าเฉลี่ย 4.03 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ลักษณะเนื้อหา ระดับค่าเฉลี่ย 3.53 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ลักษณะภาษาที่ใช้ ระดับค่าเฉลี่ย 3.59 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน ระดับค่าเฉลี่ย 3.50 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และลักษณะการจัดภาพ ระดับค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัย อภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากการประเมินประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า การประเมินผลระหว่างทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.16/80.95 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 แสดงว่าคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

1.1 การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรครั้งนี้ ได้ดำเนินการตามวิธีการสร้างอย่างเป็นระบบ โดยมีการศึกษาเอกสารและวิเคราะห์เนื้อหาที่จะสร้าง กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ได้จัดเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปสู่ยาก ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ซึ่งสอดคล้องกับ

แนวคิดของหทัย ตันหยง (2532 : 9) ที่กล่าวว่า สื่อที่มีประสิทธิภาพจะสามารถถ่ายทอดความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ นอกจากนี้ มีการทดลองใช้กับกลุ่มย่อยแล้วจึงไปใช้ทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจนและมีการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด เป็นผลทำให้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

1.2 ขั้นตอนการพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีการตรวจสอบ แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการควบคุมสารนิพนธ์ นอกจากนี้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร ก่อนจะนำไปใช้ทดลองได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อบกพร่องของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรและปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ ก่อนนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ระดับเหมาะสมมาก จึงเป็นสิ่งที่เชื่อถือว่าคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ที่สร้างขึ้นนี้ มีคุณภาพนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรภา มาลัยธรรม (2540) ทิพย์พันธ์ เวศรีภา (2542) และวนิดา จัตรวีราคม (2546)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ก่อนเรียนและหลังเรียนนั้น ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

2.1 ในคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีลักษณะการจัดกิจกรรมและกระบวนการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความสามารถของผู้เรียนของแต่ละคนอย่างอิสระและมีรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการหลากหลาย โดยผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น รู้จักค้นคว้าด้วยตนเองจากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ อย่างต่อเนื่องและสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ได้ศึกษามาด้วยตนเอง นอกจากนั้น ยังนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวนิดา จัตรวีราคม (2546) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 กิจกรรมการเรียนการสอนได้จัดให้สอดคล้องกับบุคลิกภาวะและความสามารถของนักเรียน บทเรียนเริ่มจากง่ายไปหายาก มีความต่อเนื่องในเนื้อหาวิชา เสริมสร้างความเข้าใจต่อชีวิตและธรรมชาติรอบตัว เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้านอกห้องเรียน

นักเรียนมีโอกาสดำลงไปสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของชาตรี สำราญ (2544 : 12) คือ การเรียนการสอนนอกห้องเรียน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่ใกล้ตัวไปสู่สิ่งที่ไกลตัว เรียนจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก เรียนจากเรื่องที่รู้และเห็นแล้วไปสู่เรื่องที่ยังไม่รู้ไม่เห็น นักเรียนได้พัฒนาทางด้านสังคม รู้จักรับผิดชอบต่อชุมชน ต่อตนเอง ส่งเสริมการสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรง เกิดเจตคติที่พึงประสงค์ รู้จักวางแผน ภาควิชา รักและห่วงต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ขั้นตอนการเรียนรู้ในกิจกรรม มุ่งพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียน มีความสนุกสนาน เชิญชวนให้เกิดความสนใจ ไม่น่าเบื่อหน่าย ทำให้นักเรียนรู้สึกมีอิสระได้สัมผัสสิ่งแวดล้อม ค้นคว้าและเรียนรู้จากความเป็นจริงของชีวิตและธรรมชาติ

2.3 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่องระบบนิเวศ เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีการจัดลำดับขั้นตอนไว้อย่างชัดเจน ทั้งส่วนที่เป็นเนื้อหาในรูปแบบของเอกสารที่ผู้เรียนได้ศึกษา และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองทั้งหมด ซึ่งมีลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีอิสระในการแสวงหาความรู้ โดยเริ่มจากการที่ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาสถานการณ์ร่วมกันวางแผน ปฏิบัติกิจกรรม นำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

2.4 ผู้วิจัยได้จัดแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรง และผู้เรียนมีโอกาสดำเนินงานเป็นกลุ่มอย่างอิสระ มีผลทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

2.5 การจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดและนำไปปฏิบัติที่ละขั้นตอน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียน การที่นักเรียนมีเสรีภาพในการปฏิบัติ ได้คิดได้ออกแบบด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดได้ดีต้องเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติ และสอดคล้องกับปรัชญาการศึกษาที่กล่าวถึงการเรียนรู้ว่า การเรียนที่จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ปฏิบัติด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี และมีทักษะในการปฏิบัติกิจกรรมประกอบกับเป็นวิธีการเรียนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดในทุกขั้นตอน ในกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิด สามารถทำความเข้าใจในมโนคติต่าง ๆ ของบทเรียนได้ดีและมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

2.6 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่องระบบนิเวศ ซึ่งเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ของทวิตักต์ ไชยมาโย (2535 : 20) กล่าวว่า วิชาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จัก

ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แสวงหาความรู้ ซึ่งครูมีหน้าที่เพียงเป็นผู้คอยช่วยเหลือและจัดเตรียมสภาพการณ์ กิจกรรมให้เอื้อต่อกระบวนการที่จะฝึกให้คิดหาเหตุผล สืบเสาะหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหาให้ได้ โดยใช้คำถาม และสื่อประกอบการเรียนการสอนต่างๆ เช่น ของจริง สถานการณ์ ชุดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการสำรวจค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งเท่ากับเป็นการสอนให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยสอดคล้องกับผลงานวิจัยของเนือทอง น่ายี (2544) พบว่า ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ กับนักเรียนที่ไม่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

3.1 ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีกิจกรรมที่ฝึกปฏิบัติใกล้เคียงกัน แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทำให้การสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนได้ผลออกมาเหมือนกัน เพียงแตกต่างกันที่เวลาเท่านั้น นั่นคือกลุ่มทดลองที่ได้รับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ จะใช้เวลาในการเรียนรู้ได้เร็วกว่ากลุ่มควบคุม เพราะผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และเรียนไปก่อนล่วงหน้าได้จากคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ในขณะที่กลุ่มควบคุมเรียนโดยการได้รับเอกสารใบงานจากผู้สอนเท่านั้น

3.2 การแจกคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ให้กับกลุ่มทดลองไปศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนั้น มีผลเสียคือ นักเรียนกลุ่มควบคุมที่เฝ้าเรียนและรักการอ่าน มักขอยืมคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ไปถ่ายเอกสาร จึงมีผลต่อปัจจัยในการทดลองซึ่งไม่อาจควบคุมได้

3.3 ลักษณะเนื้อหาของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งไม่ยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียนมากนัก เป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันมากนัก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันหรือมีค่าใกล้เคียงกัน

4. จากการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียน ผลปรากฏว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใจมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

4.1 ผู้วิจัยได้แก้ไขข้อบกพร่อง และปรับปรุงรายละเอียดในคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจนทำให้การประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับเหมาะสมมาก ซึ่งข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่เสนอมานี้ จะช่วยให้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรนี้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

4.2 การสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่างๆ จากสิ่งที่อยู่รอบตัวที่ทำให้รู้สึกเพลิดเพลิน ขณะเดียวกันเปิดโอกาสให้มีกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบางอย่างของตนเองตามข้อค้นพบที่ได้ เพื่อให้เกิดความถูกต้อง ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าได้ประโยชน์จากการเรียนจึงทำให้มีความพึงพอใจ และมีความตั้งใจในการเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ที่เน้นว่ากระบวนการเรียนการสอนควรให้ผู้เรียนได้แสดงออกอย่างอิสระ เพื่อสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณภาพ เรียนรู้จากสภาพจริง จากสิ่งแวดล้อมรอบตัว และมีประสบการณ์ตรงที่สัมผัสกับสังคม ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำงานเป็นหมู่คณะ เพื่อการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีความสุขและสร้างสรรค์ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใจมาก

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการศึกษาต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มในชั่วโมงแรกอาจมีความสับสนบ้างเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรม เพราะนักเรียนชินกับการทำงานคนเดียว ครูควรอธิบายชี้แจงรายละเอียดให้นักเรียนฟังในชั่วโมงแรก ตลอดจนเน้นให้เห็นความสำคัญของการช่วยเหลือกันในระบบกลุ่ม การไว้วางใจซึ่งกันและกัน ความรับผิดชอบต่อตนเองและรับผิดชอบต่อกลุ่ม

1.2 การแบ่งกลุ่มในการประกอบกิจกรรมของนักเรียน ครูผู้สอนควรจัดให้แต่ละกลุ่มประกอบด้วยเด็กเก่ง ปานกลาง อ่อนละกันและควรจะให้ให้นักเรียนจัดกลุ่มไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะทำกิจกรรมการเรียนการสอน จะทำให้เสียเวลาในการจัดแบ่งกลุ่มและการจัดกลุ่มโดยไม่ละกันระหว่างเด็กเก่ง ปานกลาง อ่อนจะทำให้ได้รวมกับกลุ่มเด็กเก่ง เด็กอ่อน รวมกับกลุ่มเด็กอ่อน การประกอบกิจกรรมจะสำเร็จในเวลาที่แตกต่างกันมาก ทำให้เสียกระบวนการสอนและนอกจากนี้การละเด็ก ทำให้นักเรียนมีโอกาช่วยกันในการเรียนการสอน

1.3 คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ นี้มีข้อเสียอยู่บ้างในเรื่องการไม่ให้ความสำคัญของผู้เรียนบางคนในชั้นเรียน ดังนั้นผู้สอนที่จะนำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรนี้ไปใช้ จึงควรให้ความสำคัญกับผู้เรียนบางกลุ่มที่ไม่ค่อยแสดงออก โดยพยายามจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พยายามแสดงศักยภาพของตนเองให้มากที่สุด โดยให้มีการเสริมแรงใจ การชักจูงให้กล้าแสดงความคิดเห็นหรือให้กำลังใจในการทำงานที่ผู้เรียนไม่ถนัด

1.4 การเรียนการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมของนักเรียนในด้านการใช้วัสดุอุปกรณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความชำนาญ ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและรวดเร็ว

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ กับตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์

2.2 ควรมีการศึกษาผลการสอนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร กับกลุ่มงานวิชาอื่นๆ โดยการปรับกิจกรรมฝึกปฏิบัติให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชานั้นๆ

2.3 ควรนำคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ไปปรับกิจกรรมฝึกปฏิบัติให้มีความเหมาะสมกับระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นต่อไป

2.4 การพัฒนาคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ สามารถนำไปสู่การวิจัยและพัฒนา เพื่อปรับปรุงให้มีการศึกษาในรูปแบบของการใช้ภูมิปัญญาไทย และภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เข้ากับการศึกษาสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริงตามสภาพท้องถิ่นได้ โดยใช้วิชาวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ. (2528). **คู่มือการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศาสนา.
- _____. (2539). **ท้องถิ่น...กับการพัฒนาหลักสูตร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- _____. (2544). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- _____. (2544). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วิญญูชน.
- _____. (2545). **คู่มือพัฒนาสื่อการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กฤษณ์ มงคลปัญญาและอมรา ทองปาน. (2546). **ชีววิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกษแก้ว ปวนแดง. (2539). **การพัฒนาแบบแผนการสอนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เน้นการใช้แผนผังมโนคติ**. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การประถมศึกษา) ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- เกษม จันทรแก้วและคณะ. (2544). **สิ่งแวดล้อมเทคโนโลยีและชีวิต**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรภา มาลัยธรรม. (2540). **การสร้างแบบเรียนเล่มเล็กลอยฟ้า เรื่อง การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2532). **ระบบสื่อการสอน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาติรี สำราญ. (2544). **การปฏิรูปการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอนแบบ “เทคนิคการสอนให้โยงสู่ชีวิตจริง โดยอาศัยสิ่งแวดล้อมเป็นสื่อ”**. กรุงเทพฯ : กองทุนรางวัลเกียรติยศแห่งวิชาชีพครู สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์. (2542). **การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทวีศักดิ์ ไชยมาโย. (2535, มกราคม – เมษายน). “กลวิธีการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้”. **วิชาการอุดมศึกษา**. 1(3) : 2.
- ทิพวรรณ ตูลสุข. (2535). **การสร้างบทเรียนโปรแกรมเรื่อง “ทรัพยากรธรรมชาติ” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.

- นพพงษ์ บุญจิตราดุลย์. (2527). **หลักการบริหารการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท เอส.เอ็ม.เอ็ม.
- นิตยา เจริญนิเวศนกุล. (2541). **ผลของการใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือประเภทการแข่งขันระหว่างกลุ่มด้วยเกมที่มีการทดสอบย่อยต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- เนื่อทอง นาย. (2544). **ผลการใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษาสาย) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บันลือ พุกกะวัน. (2524). **วรรณกรรมกับเด็ก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). **การวิจัยเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สุวิริยาสัน.
- ประวิทย์ ชูศิลป. (2524). **หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่**. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศกรรมการฝึกหัดครู.
- ปรีชา สุวรรณพินิจและนางลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2546). **ชีววิทยา 2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปัญญา อุทัยพัฒน์และอรรถศิษฐ์ สมรรถการอักษรกิจ. (2527). “การจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา” **เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช**. กรุงเทพฯ : ประชาชน.
- พรรณงาม แยมบุญเรือง. (2535). **ห้องสมุดกับการเรียนการสอน**. เอกสารอัดสำเนาประกอบการสัมมนาการเรียนการสอนภาษาไทยและการส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน. ม.ป.พ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิเชฐ อินโส. (2531). **การสร้างหนังสือภาพการดูประกอบบทเรียน เรื่อง “ดิน” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- พิทยพันธ์ แวะศรีภา. (2542). **การพัฒนาแบบเรียนและคู่มือครูรายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่องสภาพแวดล้อมทางกายภาพของภูเวียง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา**

- ปีที่ 1 อำเภอเวียง จังหวัดขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)
ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). **การวัดผลการศึกษา.** กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). **การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา.** เชียงใหม่ : เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.
- มนัส สุวรรณ. (2530). **นิเวศวิทยาของมนุษย์.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- มหาวิทยาลัย, ทบวง. (2525). **ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1.**
กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอน
วิทยาศาสตร์.
- ยุพดี เสตพรรณ. (2544). **ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : พิธีการพิมพ์.
- รติพันธ์ ไมตรีจิต. (2537). **เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และ
ความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้การ
เรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครู.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การ
มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย
เอกสาร.
- วงศ์สถิตย์ วัฒนเสรี. (2530). **ผลของการใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 2.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วนิดา นัตถวิราคม. (2546). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียน
เป็นผู้สร้างความรู้ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องระบบนิเวศ.** วิทยานิพนธ์
กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- ศรรัตน์ ลีไพบูลย์. (2534). **การสร้างและทดลองใช้หนังสืออ่านประกอบประเภทเรื่องสั้น
ขนาดยาว สำหรับวิชาประชากรศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในส่วนที่
เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภาวะประชากรกับโรคเอดส์.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.
(ประชากรศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร ทิพย์สิงห์. (2545). **การพัฒนาชุดการเรียนการสอน เรื่อง “ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม”
โดยใช้ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บริเวณชุมชน
วัดประดิษฐาราม กรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สถาบัน, ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). **มาตรฐานสื่อสิ่งพิมพ์วิชาวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- _____. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำของคุรุสภา.
- สมบูรณ์ ชิตพงศ์และคณะ. (2540). **เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการวัดผลสัมฤทธิ์**.
กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สมหมาย วัฒนะศิริ. (2535). **แนวการจัดชุมชนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน**. นนทบุรี : สถานสงเคราะห์เด็กชายบ้านปากเกร็ด.
- สวัสดิ์ โนนสูง. (2543). **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สาคร ธรรมศักดิ์.(2541).**ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึมแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครู**. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สามัญศึกษา, กรม. (2526). **การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาทั่วประเทศ**. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์ เขต 1.
- สิริอรวัลค์ พูนพาณิชย์. (2524). **ผลของการร่วมมือและการแข่งขันที่มีต่อนักเรียนในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ**. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุโขทัยธรรมมาธิราช, มหาวิทยาลัย. (2526). **การสอนวิทยาศาสตร์ เล่ม2**. กรุงเทพฯ : สารมวลชน.
- สุทิน สกลนุรักษ์. (2528). **การนำเสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุรดา มุ่งช่อนกลาง. (2540). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความร่วมมือในการทำงานกลุ่มระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยวิธีการแบบร่วมมือที่เป็นทางการกับไม่เป็นทางการ**. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุพจน์ แสงมณี. (2546). **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 (ม. 4 – 6)**. กรุงเทพฯ : ประสานมิตร.

- สุวิทย์ โคตรธนู. (2522). *ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความสนใจในกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- หทัย ตันหยง. (2532). *รายงานการวิจัยการสร้างหนังสือเรียนเล่มเล็กเพื่อเป็นสื่อพัฒนาการอ่านในระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัทประยูรวงศ์.
- อาภาพร สิงหาราช. (2545). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการใช้ห้องเรียนจำลองธรรมชาติกับการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึม*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อำนวย รุ่งรัศมี. (2525). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบก้าวหน้า*. มหาสารคาม : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- อุไร ศิลปธรรม. (2539). *การพัฒนาคำนิยมนด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์เพชรบุรี โดยใช้บทเรียนเสริมหลักสูตร เรื่อง การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อุไรรัตน์ ช่างทรัพย์. (2532). *การสร้างชุดกิจกรรมประดิษฐ์อุปกรณ์จากวัสดุเหลือใช้ประเภทพลาสติก เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการ เจตคติและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- Bard, Eugene Dwight. (1975, March). "Development of a Variable – Step Programmed System of Instruction for College Physical Science". *Dissertation Abstracts International*. 35 (3) : 5947 – A.
- Bloom, Benjamin S. (1976). *Taxonomy of Educational Objective Handbook I : Cognitive Domain*. New York : David Mc kay Company.
- Burron, B., M.L. Jame and A.L. Ambrosio (1993, September). "The Effects of Cooperative Learning in a Physical Science Course for Elementary/Middle Level Preservice Teachers". *Journal of Research in Science Teaching*. 31 (9) : 697 – 707.
- Campbell, A. (1979, April). How Readability Formular Fall Short in Matching Student to Text in The Content Areas. *Journal of Reading*. 33 (4) : 51 – 56.

- Cronbach, Lee J. and others. (1955). ***Text Materials in Modern Education***. Urbana. Illinois : University of Illinois Press.
- Devito, Alfred and Gerald H. Krockover. (1976). ***Creative Sciencing Ideas Activities for Teacher and Children***. Letter : Brown and Company.
- Good, Garter Victor. (1973). ***Dictionary of Education***. New York : McGraw – Hill Book Company.
- Lazarowitz. R., R. Hertz – Lazarowitz and J.H. Baird (1994, December). “Learning Science in a Cooperative Setting : Academic Achievement and Affective Outcomes”. ***Journal of Research in Science Teaching***. 31 (12) : 1121 – 1131.
- Plam, Richard Lee. (1981, June). “A Comparison Study of High School Extracurricular Activities and College Extracurricular Plans as Related to the Matriculation at a Commuter University (University of Nebraska – Omaha) or a Residential University (University of Lincoln)”. ***Dissertation Abstracts International***. 41 (6) : 451 – 455.
- Scott, William A. and Michael Werthimer. (1962). ***Introduction to Psychological Research***. 4th ed. New York : John Wiley and Son Inc.
- Shore, Louis. (1960). ***Instructional Materials and Introduction of Teachers***. New York : The Ronald Press Company.
- Sullivan, James Verwor. (1981, February). “Student Activities in a Small High School : Ethnographic Study”. ***Dissertation Abstracts International***. 41 (2) : 3519 – A.
- Tunhikorn, B.P. (1986, November). “Attitude Toward and Achievement in Science of Secondary Students in Kasetsart Demonstration School Bangkok Thailand”. ***Dissertation Abstracts International***. 47 (11) : 1679 – A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสารัตน์ ภัทรจิตินันท์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร บรรพพงศ์
3. อาจารย์ประพีร์ วิวาพร

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

ภาคผนวก ข

1. ตาราง 10 การหาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
2. ตาราง 11 การหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
3. ตาราง 12 การหาค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ตาราง 10 การหาค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
จากการตรวจสอบแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ตั้ง
ไว้หรือไม่

ให้คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ข้อสอบที่	คะแนนความคิดเห็นต่อแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ				IOC
	1	2	3	รวม	
1	1	1	0	2	0.66
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	0	1	1	2	0.66
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00
10	1	1	1	3	1.00
11	1	1	1	3	1.00
12	1	0	1	2	0.66
13	1	1	0	2	0.66
14	1	1	1	3	1.00
15	0	1	1	2	0.66
16	1	1	0	2	0.66
17	1	1	1	3	1.00
18	1	1	0	2	0.66
19	1	1	1	3	1.00
20	1	1	1	3	1.00
21	1	1	1	3	1.00
22	1	1	1	3	1.00
23	1	1	1	3	1.00
24	1	1	1	3	1.00
25	1	1	1	3	1.00
26	1	1	0	2	0.66
27	1	1	1	3	1.00

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อสอบที่	คะแนนความคิดเห็นต่อแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ				IOC
	1	2	3	รวม	
28	1	1	0	2	0.66
29	1	1	1	3	1.00
30	1	1	1	3	1.00
31	1	1	0	2	0.66
32	0	1	1	2	0.66
33	0	1	1	2	0.66
34	1	1	0	2	0.66
35	1	1	1	3	1.00
36	1	1	1	3	1.00
37	1	1	1	3	1.00
38	1	1	1	3	1.00
39	0	1	1	2	0.66
40	1	1	0	2	0.66
41	1	1	1	3	1.00
42	1	1	1	3	1.00
43	1	1	1	3	1.00
44	1	1	0	2	0.66
45	1	1	1	3	1.00
46	1	1	1	3	1.00
47	1	1	1	3	1.00
48	1	1	1	3	1.00
49	1	1	1	3	1.00
50	1	0	1	2	0.66
51	1	1	1	3	1.00
52	1	1	1	3	1.00
53	1	1	1	3	1.00
54	1	1	1	3	1.00
55	1	1	1	3	1.00
56	1	1	1	3	1.00
57	1	1	1	3	1.00
58	1	1	0	2	0.66
59	0	1	1	2	0.66
60	0	1	1	2	0.66

ตาราง 11 การหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 60 ข้อ

ข้อสอบที่	p	r	q	pq
1	0.48	0.44	0.52	0.2496
2	0.79	0.21	0.21	0.1659
3	0.77	0.21	0.23	0.1771
4	0.78	0.22	0.22	0.1716
5	0.77	0.23	0.23	0.1771
6	0.76	0.24	0.24	0.1824
7	0.74	0.26	0.26	0.1924
8	0.28	0.26	0.72	0.2016
9	0.25	0.23	0.75	0.1875
10	0.72	0.28	0.28	0.2016
11	0.23	0.21	0.77	0.1771
12	0.21	0.21	0.79	0.1659
13	0.33	0.21	0.67	0.2211
14	0.75	0.25	0.25	0.1875
15	0.73	0.23	0.27	0.1971
16	0.71	0.29	0.29	0.2059
17	0.70	0.30	0.30	0.2100
18	0.43	0.33	0.57	0.2451
19	0.32	0.20	0.68	0.2176
20	0.69	0.31	0.31	0.2139
21	0.65	0.35	0.35	0.2275
22	0.67	0.33	0.33	0.2211
23	0.63	0.37	0.37	0.2331
24	0.71	0.27	0.29	0.2059
25	0.37	0.25	0.63	0.2331
26	0.68	0.32	0.32	0.2176
27	0.66	0.34	0.34	0.2244
28	0.70	0.28	0.30	0.2100
29	0.64	0.36	0.36	0.2304
30	0.78	0.20	0.22	0.1716
31	0.63	0.37	0.37	0.2331
32	0.39	0.23	0.61	0.2379
33	0.69	0.29	0.31	0.2139

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อสอบที่	p	r	q	pq
34	0.62	0.39	0.38	0.2356
35	0.68	0.30	0.32	0.2176
36	0.46	0.30	0.54	0.2484
37	0.37	0.21	0.63	0.2331
38	0.46	0.34	0.54	0.2484
39	0.61	0.39	0.39	0.2379
40	0.57	0.41	0.43	0.2451
41	0.56	0.38	0.44	0.2464
42	0.38	0.26	0.62	0.2356
43	0.60	0.40	0.40	0.2400
44	0.38	0.22	0.62	0.2356
45	0.71	0.27	0.29	0.2059
46	0.59	0.41	0.41	0.2419
47	0.43	0.37	0.57	0.2451
48	0.54	0.22	0.46	0.2484
49	0.69	0.25	0.31	0.2139
50	0.54	0.36	0.46	0.2484
51	0.46	0.32	0.54	0.2484
52	0.45	0.39	0.55	0.2475
53	0.50	0.44	0.50	0.2500
54	0.51	0.47	0.49	0.2499
55	0.57	0.35	0.43	0.2451
56	0.58	0.42	0.42	0.2436
57	0.59	0.27	0.41	0.2419
58	0.61	0.37	0.39	0.2379
59	0.52	0.32	0.48	0.2496
60	0.56	0.26	0.44	0.2464
ค่าความเชื่อมั่น 0.85	$\sum pq = 13.2952$			

ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จะมีค่าดังนี้

ค่า p (ค่าความยากง่าย) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80

ค่า r (ค่าอำนาจจำแนก) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 ขึ้นไป

การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 วิทยาศาสตร์ จำนวน 60 ข้อ โดยใช้สูตร KR – 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน
 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 125)

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร KR – 20} \quad r_{tt} &= \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right\} \\
 &= \frac{60}{60-1} \left\{ 1 - \frac{13.2952}{81.56} \right\} \\
 &= 1.02 \left[1 - \frac{13.2952}{81.56} \right] \\
 &= 0.85
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ มีค่าเท่ากับ 0.85

ตาราง 12 การหาค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิทยาศาสตร์

คะแนน (X)	ความถี่ (f)	fX	X ²	fX ²
58	4	232	3,364	13,456
57	3	171	3,249	9,747
56	2	112	3,136	6,272
55	2	110	3,025	6,050
54	3	162	2,916	8,748
53	6	336	2,809	16,854
52	4	208	2,704	10,816
51	4	204	2,601	10,404
50	6	300	2,500	15,000
49	2	98	2,401	4,802
48	3	144	2,304	6,912
47	4	188	2,209	8,836
46	1	46	2,116	2,116
45	6	270	2,025	12,150
44	3	132	1,936	5,808
43	3	129	1,849	5,547
42	6	252	1,764	10,584
41	3	123	1,681	5,043
40	2	80	1,600	3,200
39	2	78	1,521	3,042
38	4	152	1,444	5,776
35	1	35	1,225	1,225
33	1	33	1,089	1,089
32	3	96	1,024	3,072
31	3	93	961	2,883
30	5	150	900	4,500
29	4	116	841	3,364
28	3	84	784	2,352
27	4	108	729	2,916
25	3	75	625	1,875
N = 100		$\sum fX = 4,317$	$\sum fX^2 = 194,439$	

การคำนวณหาค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร } S^2 &= \frac{n \sum fX^2 - (\sum fX)^2}{n(n-1)} \\
 &= \frac{100(194,439) - (4,317)^2}{100(100-1)} \\
 &= 81.56
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ค

1. ตาราง 13 ประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
2. ตาราง 14 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง
3. ตาราง 15 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม
4. ตาราง 16 เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียน (X_1) และคะแนนทดสอบหลังเรียน (X_2) ของนักเรียน ซึ่งเรียนโดยใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ตาราง 13 ประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ จากการทดลอง
ภาคสนามกับกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

คนที่	คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (140 คะแนน)	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (60 คะแนน)
1	29	98	42
2	25	90	39
3	32	104	45
4	27	92	39
5	30	100	43
6	31	102	44
7	40	116	50
8	48	126	54
9	50	128	55
10	55	136	58
11	53	130	56
12	32	113	40
13	33	119	47
14	30	114	43
15	52	132	58
16	40	122	52
17	58	134	57
18	50	130	56
19	32	113	45
20	47	124	53
21	31	102	44
22	34	114	49
23	30	111	42
24	29	108	42
25	42	122	51
26	29	100	41
27	45	128	53

ตาราง 13 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (140 คะแนน)	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (60 คะแนน)
28	49	128	54
29	47	130	53
30	46	127	52
รวม	1,176	3,493	1,457
คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	39.20	116.43	48.57
คิดเป็นร้อยละ	65.33	83.16	80.95

ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อทดสอบ
สมมติฐานข้อที่ 1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพ โดยใช้สูตร E_1/ E_2
(ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2532 : 496 – 497)

$$\begin{aligned}
 \text{สูตรที่ 1} \quad E_1 &= \frac{\sum X \times 100}{\frac{N}{A}} \\
 &= \frac{3,493 \times 100}{\frac{30}{140}} \\
 &= 83.16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{สูตรที่ 2} \quad E_2 &= \frac{\sum F \times 100}{\frac{N}{B}} \\
 &= \frac{1,457 \times 100}{\frac{30}{60}} \\
 &= 80.95
 \end{aligned}$$

นั่นคือ คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ มีประสิทธิภาพ 83.16/80.95

ตาราง 14 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (X_1) และหลังเรียน (X_2)
 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน

คนที่	ก่อนเรียน (X_1)	หลังเรียน (X_2)	X_1^2	X_2^2
1	29	42	841	1,764
2	25	39	625	1,521
3	32	45	1,024	2,025
4	27	39	729	1,521
5	30	43	900	1,849
6	31	44	961	1,936
7	40	50	1,600	2,500
8	48	54	2,304	2,916
9	50	55	2,500	3,025
10	55	58	3,025	3,364
11	53	56	2,809	3,136
12	32	40	1,024	1,600
13	33	47	1,089	2,209
14	30	43	900	1,849
15	52	57	2,704	3,249
16	40	52	1,600	2,704
17	58	58	3,364	3,364
18	50	56	2,500	3,136
19	32	45	1,024	2,025
20	47	53	2,209	2,809
21	31	44	961	1,936
22	34	49	1,156	2,401
23	30	42	900	1,764
24	29	42	841	1,764
25	42	51	1,764	2,601
26	29	41	841	1,681

ตาราง 14 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน (X_1)	หลังเรียน (X_2)	X_1^2	X_2^2
27	45	53	2,025	2,809
28	49	54	2,401	2,916
29	47	53	2,209	2,809
30	46	52	2,116	2,704
รวม	1,176	1,457	48,946	71,887

จากตาราง 14 คำนวณค่า $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$, SD_1 และ SD_2 ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \bar{X}_1 &= \frac{\sum X_1}{N} & \text{และ} & \quad SD_1 = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \frac{1,176}{30} & & \quad = \sqrt{\frac{30(48,946) - (1,176)^2}{30(30-1)}} \\
 &= 39.20 & & \quad = 9.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{X}_2 &= \frac{\sum X_2}{N} & \text{และ} & \quad SD_2 = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \frac{1,457}{30} & & \quad = \sqrt{\frac{30(71,887) - (1,457)^2}{30(30-1)}} \\
 &= 48.57 & & \quad = 6.22
 \end{aligned}$$

ตาราง 15 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (X_1) และหลังเรียน (X_2)
ของนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน

คนที่	ก่อนเรียน (X_1)	หลังเรียน (X_2)	X_1^2	X_2^2
1	27	34	729	1,156
2	25	31	625	961
3	30	43	900	1,849
4	25	37	625	1,369
5	28	41	784	1,764
6	31	46	961	2,116
7	38	50	1,444	2,500
8	46	49	2,116	2,401
9	48	51	2,304	2,601
10	53	55	2,809	3,025
11	51	56	2,601	3,136
12	30	44	900	1,936
13	31	46	961	2,116
14	28	41	784	1,681
15	50	54	2,500	2,916
16	38	47	1,444	2,209
17	48	53	2,304	2,809
18	58	59	3,364	3,481
19	30	44	900	1,936
20	45	49	2,025	2,401
21	29	37	841	1,369
22	32	46	1,024	2,116
23	28	41	784	1,764
24	27	40	729	1,600
25	40	47	1,600	2,209
26	27	40	729	1,600

ตาราง 15 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน (X_1)	หลังเรียน (X_2)	X_1^2	X_2^2
27	43	48	1,849	2,304
28	47	52	2,209	2,704
29	44	51	1,936	2,601
30	50	51	2,500	2,601
รวม	1,127	1,383	45,281	65,231

จากตาราง 15 คำนวณค่า $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$, SD_1 และ SD_2 ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \bar{X}_1 &= \frac{\sum X_1}{N} & \text{และ} & \quad SD_1 = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \frac{1,127}{30} & & \quad = \sqrt{\frac{30(45,281) - (1,127)^2}{30(30-1)}} \\
 &= 37.57 & & \quad = 10.07
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{X}_2 &= \frac{\sum X_2}{N} & \text{และ} & \quad SD_2 = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\
 &= \frac{1,383}{30} & & \quad = \sqrt{\frac{30(65,231) - (1,383)^2}{30(30-1)}} \\
 &= 46.10 & & \quad = 7.13
 \end{aligned}$$

ตาราง 16 เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียน (X_1) และคะแนนทดสอบหลังเรียน (X_2) ของนักเรียน ซึ่งเรียนโดยการใช้คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

คนที่	ก่อนเรียน (X_1)	หลังเรียน (X_2)	D	D ²
1	29	42	13	169
2	25	39	14	196
3	32	45	13	169
4	27	39	12	144
5	30	43	13	169
6	31	44	13	169
7	40	50	10	100
8	48	54	6	36
9	50	55	5	25
10	55	58	3	9
11	53	56	3	9
12	32	40	8	64
13	33	47	14	196
14	30	43	13	169
15	52	57	5	25
16	40	52	12	144
17	58	58	0	0
18	50	56	6	36
19	32	45	13	169
20	47	53	6	36
21	31	44	13	169
22	34	49	15	225
23	30	42	12	144
24	29	42	13	169
25	42	51	9	81
26	29	41	12	144

ตาราง 16 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน (X_1)	หลังเรียน (X_2)	D	D ²
27	45	53	8	64
28	49	54	5	25
29	47	53	6	36
30	46	52	6	36
			$\sum D = 281$	$\sum D^2 = 3,127$

จากตาราง 16 คำนวณหาค่า t ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } t &= \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n - 1}}} \\
 &= \frac{281}{\sqrt{\frac{30(3,127) - (281)^2}{30 - 1}}} \\
 &= \frac{281}{\sqrt{\frac{93,810 - 78,961}{29}}} \\
 &= \frac{281}{\sqrt{512.03}} \\
 &= 12.418
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบนิเวศ
2. แบบประเมินคุณภาพของคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
3. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
4. หนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) เรื่อง ระบบนิเวศ
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คะแนนเต็ม 60 คะแนน เวลา 60 นาที

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อความใดไม่ถูกต้อง

- ก. บริเวณที่แสงส่องไม่ถึงจะไม่มีสิ่งมีชีวิตชนิดใดๆ อาศัยอยู่ได้เลย
- ข. พื้นน้ำส่วนใหญ่จะกระจายอยู่บริเวณผิวน้ำและในระดับน้ำที่ไม่ลึกมาก มีแสงส่องถึง
- ค. ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีปริมาณแสงแตกต่างกันไป จะทำให้แต่ละบริเวณมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่แตกต่างกันไปด้วย
- ง. สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีความลึกมากๆ จะมีโครงสร้างที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงในตัวเอง หรือมีลวดลายเด่นชัดอยู่ตามลำตัว

2. “ป่าได้ทะเลหรืออุทยานใต้ทะเล” หมายถึงข้อใด

- ก. พืชใต้ทะเล
- ข. แนวปะการัง
- ค. แพลงก์ตอนพืช
- ง. สาหร่ายชนิดต่างๆ

3. ทำไมบริเวณหาดทรายจึงไม่เหมาะกับการอาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเลทั่วไป

- ก. มีคลื่นซัดตลอดเวลา
- ข. มีน้ำจืด น้ำลง ความชื้นและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเสมอ
- ค. หาดทรายมีความลาดชันต่างกัน ทำให้อุณหภูมิที่ผิวทรายต่างกันไป
- ง. ถูกทุกข้อ

4. บริเวณป่าชายเลนที่มีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ จะมีสิ่งมีชีวิตในข้อใดมากที่สุด

- ก. ไทร ปูทะเล ปรง
- ข. กุ้งกุลาดำ ไทร สนทะเล
- ค. แสม โกงกาง ไม้ตะแบก
- ง. หอยนางรม มะพร้าว ผักบุ้งทะเล

5. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของป่าชายเลน

- ก. เป็นป่าไม้ประเภทไม้ผลัดใบ
- ข. ลักษณะเป็นพื้นที่ที่เป็นดินเค็ม
- ค. มีพรรณไม้จำพวกตะบูน เสม็ด
- ง. ชายป่าที่มีน้ำขังและมีดินดินเป็ดทะเลอยู่มาก

6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นไม้ในป่าดงดิบชื้นเขตร้อนทั้งหมด

- ก. ไม้ยาง ไม้ตะเคียน ไม้ตะแบก ข. ไม้ตะเคียน ไม้มะค่าโมง ไม้ตะแบก
 ค. ไม้ยาง ไม้โกกงาง ไม้ตะแบก ง. ไม้ยาง ไม้ตะเคียน ไม้มะค่าโมง

7. ต้นสน 2 ใบ และ 3 ใบ มีขึ้นมากในภาคใด

- ก. ภาคใต้ ข. ภาคเหนือ
 ค. ภาคตะวันออก ง. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

8. ในการศึกษาระบบนิเวศในแหล่งน้ำ นักเรียนจะศึกษาในเรื่องใดได้บ้าง

1. สีและกลิ่น 2. อุณหภูมิ
 3. ความขุ่นใส 4. สิ่งปนเปื้อน
 5. กลุ่มสิ่งมีชีวิต 6. ปริมาณน้ำฝน
 7. ความเป็นกรด-เบส 8. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

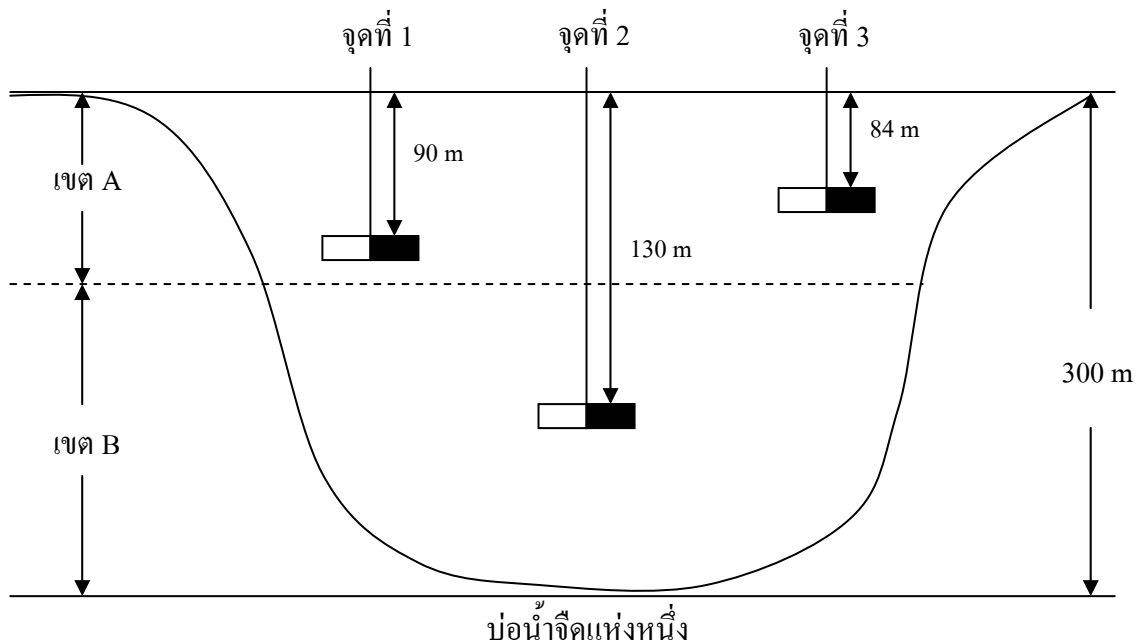
- ก. 1 2 3 4 5 6 ข. 1 2 3 4 5 7
 ค. 1 2 3 4 6 7 ง. 1 3 4 5 6 8

9. ถ้ามีข้อมูลจากตารางสำรวจแหล่งน้ำ 4 แหล่ง มีความลึกเท่ากัน แหล่งน้ำใดมีสภาพเหมาะกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมากที่สุด

แหล่งน้ำ	ความโปร่งแสง ของน้ำ (m)	ค่า pH	อุณหภูมิ (° C)	ปริมาณแพลงก์ตอน
A	1.5	6.5	30	หนาแน่น
B	2.0	7.0	32	หนาแน่น
C	0.5	7.5	25	หนาแน่นมาก
D	0.4	8.0	20	หนาแน่นน้อย

- ก. A และ B ข. A และ D
 ค. B และ C ง. B และ D

จากแผนภาพและข้อมูลที่กำหนดให้ ตอบคำถามข้อ 10 – 11



จากแผนภาพ สมภพทำการทดลอง หาค่าความโปร่งแสงของบ่อน้ำจืดแห่งหนึ่ง โดยใช้ Secchi – disc เป็นเครื่องมือ โดยทดลองหาค่าเฉลี่ยตามจุดที่ 1, 2 และ 3 ได้ค่าเฉลี่ย ดังนี้ 90, 130 และ 84 เมตร ตามลำดับ

10. ข้อใดที่แสดงค่าความโปร่งแสงของบ่อน้ำจืดแห่งนี้

- ก. 87 m ข. 89 m ค. 101 m ง. 130 m

11. ตัวแปรที่กำหนดในการทดลองหาค่าความโปร่งแสงของบ่อน้ำจืดแห่งนี้ ข้อใดเป็นตัวแปรที่ไม่ต้องควบคุม

- ก. บ่อน้ำจืด ข. Secchi – disc
ค. เวลาที่ทดลอง ง. ตำแหน่งที่จะหย่อน Secchi – disc

เมื่อนักเรียนนำเซกิดิสก์ไปหย่อนลงในน้ำจากแหล่งต่างๆและวัดความลึกที่สามารถมองเห็นเซกิดิสก์ได้มากที่สุด ปรากฏผลดังตาราง

แหล่งน้ำ	ระดับความลึก (cm)
A	5
B	7
C	3
D	5

12. จากตารางนักเรียนมีความเห็นตรงกับข้อใด

- ก. น้ำจากแหล่ง A มีคุณภาพน้ำด้อยกว่าน้ำจากแหล่ง B
ข. น้ำจากแหล่ง B มีคุณภาพน้ำด้อยกว่าน้ำจากแหล่ง C
ค. น้ำจากแหล่ง C มีความใสมากกว่าน้ำจากแหล่ง D
ง. น้ำจากแหล่ง D มีความใสมากกว่าน้ำจากแหล่ง A

13. สมปอง วัดอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 3 ระยะ ได้ผลดังตาราง

ระดับความลึกจากผิวดิน (cm)	0	10	20
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	28	20	15

จากผลการทดลองของสมปอง สามารถอภิปรายได้ว่าอย่างไรจึงจะสมเหตุผล

- ก. อุณหภูมิใต้ผิวดินในช่วงไม่เกิน 20 cm มีความชื้นและได้รับแสงน้อยกว่าผิวดิน
- ข. อุณหภูมิใต้ผิวดินในช่วงไม่เกิน 20 cm ไม่มีลมพัดผ่าน จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนจากที่อื่นมาสู่ดินได้
- ค. ดินชั้นล่างดูดและคายความร้อนได้ช้ากว่าดินส่วนบน จึงทำให้รับความร้อนได้น้อยกว่า
- ง. ดินชั้นบนอยู่ใกล้ตัวผู้ทดลอง ความร้อนจากร่างกายผู้ทดลองมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของดิน

14. สัตว์ส่วนใหญ่ออกหากินในเวลากลางวัน แต่มีสัตว์บางชนิด เช่น ค้างคาว สุนัขป่า ออกหากินในเวลากลางคืน ปัจจัยใดที่น่าจะมีอิทธิพลมากที่สุด

- ก. อุณหภูมิ
- ข. แสงสว่าง
- ค. ความกดอากาศ
- ง. ความชื้นในอากาศ

15. ชนิด ปริมาณ การกระจายและพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตแต่ละแห่งที่สำรวจบริเวณรอบๆ โรงเรียน มีความสัมพันธ์กับสิ่งใดมากที่สุด

- ก. แหล่งที่อยู่
- ข. อาหารการกิน
- ค. ปัจจัยทางกายภาพ
- ง. กลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ในบริเวณเดียวกัน

16. “ปัจจัยทางกายภาพ มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหนึ่งๆ” ข้อความใดต่อไปนี้มีความสัมพันธ์กับข้อความดังกล่าว

- ก. กล้วยไม้ชอบขึ้นในที่ที่มีแสงแดดรำไร
- ข. กบจะหลบตัวอยู่ใต้น้ำได้ดินในช่วงจำศีล
- ค. สิ่งใดจะหมอบซ่อนอยู่ในพงหญ้าเพื่อดักจับเหยื่อ
- ง. นอสดอกสามารถใช้ในโตรเจนในอากาศเป็นสารอาหาร

17. ข้อความต่อไปนี้ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์

1. บริเวณใต้ต้นไม้ใหญ่ที่แผ่กิ่งก้านมักจะไม่มีพืชอื่นมากนัก
2. ถ้าเราปลูกกล้วยไม้ไว้ในที่ร่ม จะให้ผลผลิตที่ดีกว่าปลูกไว้กลางแจ้ง
3. กระบองเพชรที่อยู่ในทะเลทรายที่มีแดดแรงจัดจะเปลี่ยนใบเป็นหนาม
4. ค้างคาว นกฮูก เป็นสัตว์ที่ออกหากินเวลากลางคืน

จากข้อความดังกล่าวข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. 1, 2, 3 ข. 2, 3, 4 ค. 1, 2, 4 ง. 2, 3, 1

18. จากตารางแสดงค่า pH ของดินในพื้นที่ต่างๆ กัน

พื้นที่	ค่า pH
ริมแม่น้ำ	5.0 – 6.2
ป่าชายเลน	8.3 – 9.1
ดินที่น้ำท่วมขัง	7.0 – 7.5
ทุ่งหญ้า	4.2 – 5.1

จากการสำรวจชนิดของสิ่งมีชีวิต บริเวณพื้นที่ดินที่น้ำท่วมขัง ที่แสดงค่า pH ของดิน ดังตาราง พบว่ามีปริมาณของสาหร่ายข้าวเหนียวมากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ข้อใดอธิบายไม่ถูกต้อง

- ก. ถ้าเติมปูนขาวลงไปดินพื้นที่ริมแม่น้ำในปริมาณที่พอเหมาะก็จะสามารถปลูกสาหร่ายข้าวเหนียวได้
- ข. เราสามารถปลูกสาหร่ายข้าวเหนียวได้ บริเวณป่าชายเลน แต่ปริมาณอาจไม่มากเท่าบริเวณน้ำท่วมขัง
- ค. ระหว่างพื้นที่ริมแม่น้ำกับป่าชายเลน เราควรปลูกสาหร่ายข้าวเหนียวที่บริเวณริมแม่น้ำได้มากกว่า
- ง. สาหร่ายข้าวเหนียวเป็นพืชที่เจริญได้ดีในบริเวณน้ำท่วมขังที่มีค่า pH สูง สภาพดินมีฤทธิ์เป็นกรด

19. ข้อใดกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพไม่ถูกต้อง

- ก. แสงไม่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการออกหากินของสัตว์ต่างๆ
- ข. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะมีรูปร่างลักษณะและสีที่ต่างกันไป
- ค. อุณหภูมิของอากาศมีการแปรปรวน ทำให้ในบางฤดูกาลสัตว์และพืชหลายชนิดต้องพักตัวหรือจำศีล
- ง. ในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง มีความอุดมสมบูรณ์ จะมีความหลากหลายของชนิดและปริมาณของสิ่งมีชีวิตมากกว่าในเซลล์

20. เพลี้ยกับมดดำ มีความสัมพันธ์แบบเดียวกับข้อใด

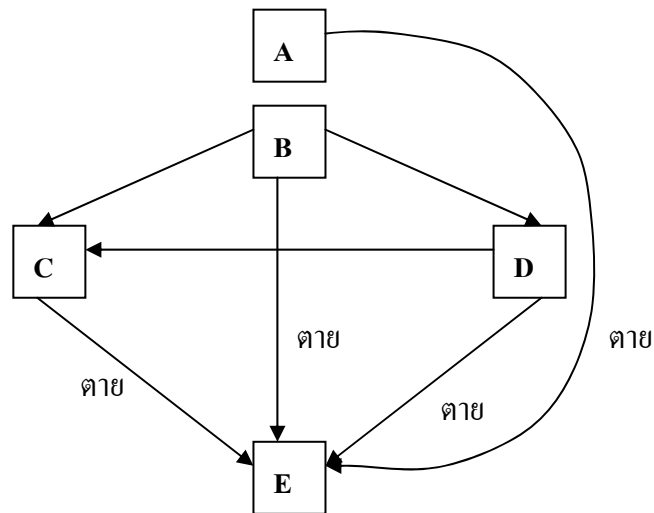
ก. กิ้งกือกับมดคันมะม่วง

ข. เหาจลากับปลาจลาม

ค. รากับสาหร่าย

ง. นกเอี้ยงกับควาย

ศึกษาแผนภาพที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 21 – 23



21. ข้อใดคือสัตว์กินพืช

ก. A

ข. B

ค. C

ง. D

22. ข้อใดคือสัตว์กินเนื้อ

ก. A

ข. B

ค. D

ง. E

23. ข้อใดคือผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร

ก. A

ข. B

ค. C

ง. E

24. สิ่งมีชีวิตข้อใดที่มีความสัมพันธ์ต่อกันแบบ mutualism และ commensalism

1. แบคทีเรียไรโซเบียมที่ปมรากถั่ว

2. รากับสาหร่าย

3. พืชต่างเกาะอยู่บนต้นมะม่วง

4. ปลาฉลามและโปรโตซัวในลำไส้

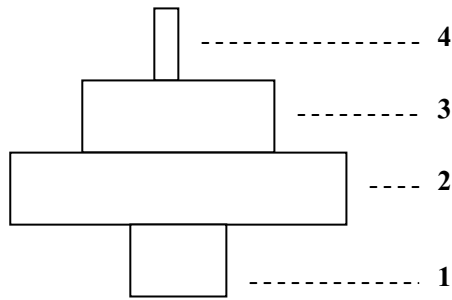
ข้อ	Mutualism	Commensalism
ก	1	2, 3, 4
ข	3	1, 2, 4
ค	1, 2, 4	3
ง	1, 3, 4	2

จากตารางสรุปความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ตอบคำถามข้อ 29-32

ชนิดความสัมพันธ์	เมื่ออยู่รวมกันในระบบนิเวศ	
	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	
	A	B
1	+	-
2	+	0
3	+	+
4	-	-

29. ข้อใดแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตระหว่างต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิงกับแมลงตัวเล็ก
- ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4
30. ข้อใดแสดงถึงสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์กัน เมื่อแยกออกจากกันแล้ว ปรากฏว่าฝ่ายหนึ่งจะเสียประโยชน์ อีกฝ่ายหนึ่งจะไม่ได้หรือไม่เสียประโยชน์อะไร
- ก. 1, 2 ข. 2, 3 ค. 3, 4 ง. 4, 1
31. ตามความคิดเห็นของนักเรียน เราจะเปรียบเทียบความสัมพันธ์แบบที่ 4 กับสำนวนไทยในข้อใดจึงจะเหมาะสมที่สุด
- ก. ปลาใหญ่กินปลาเล็ก ข. น้ำพึ่งเรือเสือพึ่งป่า
- ค. เกาเขษกระโปรงผู้หญิง ง. เสือสองตัวอยู่ในถ้ำเดียวกันไม่ได้
32. ณ ทุกดอกทานตะวัน ซึ่งใกล้ถึงเวลาเก็บเกี่ยว จะมีการระบาดของด้กัแตน ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งในการแก้ปัญหาเกษตรกรไม่เลือกที่จะใช้ยาฆ่าแมลงในฐานะที่นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต นักเรียนจะเลือกให้คำแนะนำชาวเกษตรกร เลือกความสัมพันธ์แบบใด เพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น
- ก. เลือกแบบที่ 1 ข. เลือกแบบที่ 2
- ค. เลือกแบบที่ 3 ง. เลือกแบบที่ 4
33. ข้อใดเป็นจริง
- ก. พืชระมัดพลังงานมีฐานแคบเสมอ
- ข. พืชระมัดจำนวนอาจมีฐานกว้างหรือแคบก็ได้
- ค. โลหะหนักไม่สามารถถ่ายทอดได้ทางห่วงโซ่อาหาร
- ง. พืชระมัดมวลและพืชระมัดพลังงาน คือพืชระมัดที่แสดงข้อมูลชุดเดียวกัน

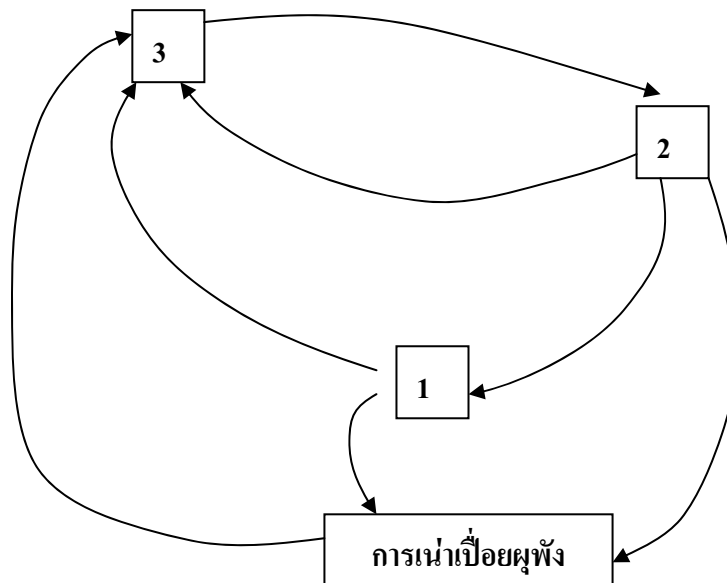
37.



จากภาพพีระมิดจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้
นักเรียนคิดว่าแต่ละลำดับชั้นของพีระมิดควรเป็น
ไปตามห่วงโซ่อาหารในข้อใด

- ก. สาหร่ายสีเขียว → กุ้ง → ปลา → หมี
ข. ต้นไทร → นกกางเขน → งู → เขี้ยว
ค. หญ้า → หนอน → ลูกไก่ → งู
ง. ไมยราบยักษ์ → กวางดาว → หม่าป้า → เลือดดาว

38.



จากแผนภาพแสดงวัฏจักรของธาตุชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการหมุนเวียนดังภาพ ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

- ก. 1 เป็นผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร ข. 2 เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินทั้งพืชและสัตว์
ค. 3 เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้ ง. 1 และ 2 เป็นผู้ให้ CO_2

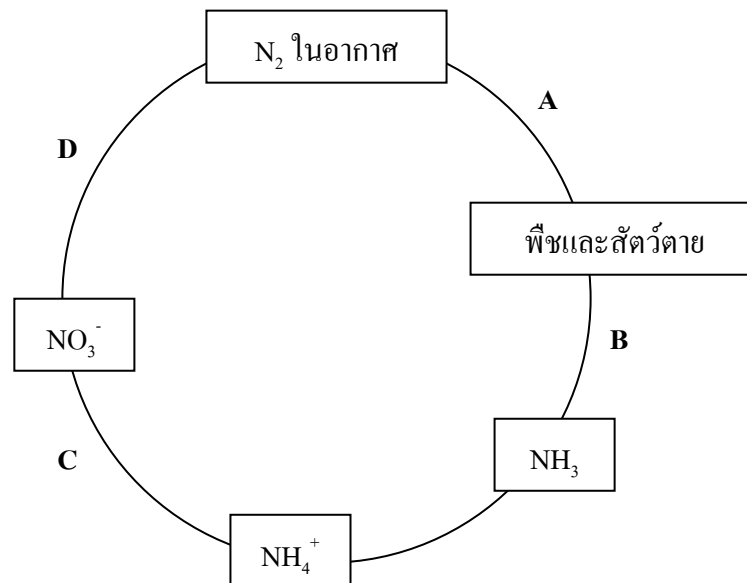
39. ธาตุใดในระบบนิเวศที่ผู้ย่อยสลายสารมีบทบาทต่อการหมุนเวียนน้อยที่สุดและมากที่สุด

- ก. S, C ข. C, N ค. C, P ง. P, N

40. การหมุนเวียนของคาร์บอน จะขาดตอนได้มากที่สุด เมื่อสิ่งใดต่อไปนี้ถูกทำลาย

- ก. คน ข. ต้นไม้ ค. นกขนาดเล็ก ง. สัตว์เลื้อยคลาน

ศึกษาภาพต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 41 – 42



41. Nitrifying organism คือข้อใด

- ก. A ข. B ค. C ง. D

42. Pseudomonas คือข้อใด

- ก. A ข. B ค. C ง. D

43. decomposer มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรของไนโตรเจนอย่างไร

- ก. ทำให้มีการรวมตัวกันของซากพืชกับดิน
 ข. ดึงไนโตรเจนจากอากาศมาอยู่ที่รากพืชตระกูลถั่ว
 ค. ดึงไนโตรเจนจากดินมาสร้างสารประกอบประเภทเกลือแอมโมเนียซึ่งเป็นอาหารของพืช
 ง. ทำให้ซากของสิ่งมีชีวิตสลายได้สารประกอบไนโตรเจนซึ่งพืชสามารถนำไปใช้สร้างสารประกอบในเซลล์

44. ถ้าคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีผลทำให้น้ำฝนมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน กรดที่เกิดขึ้นมีประโยชน์อย่างไรในวัฏจักรของคาร์บอน

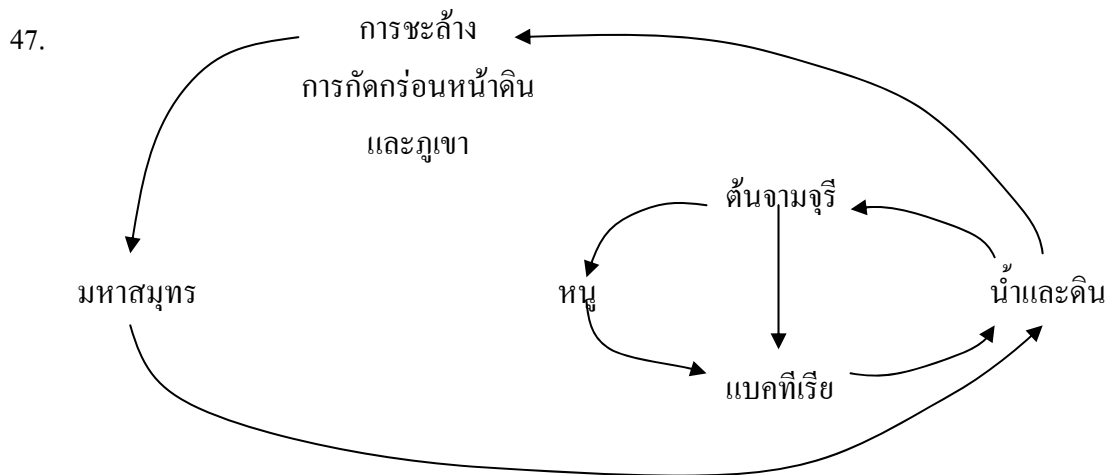
- ก. เป็นตัวเร่งการทำงานของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ข. เมื่อตกลงบนยอดไม้ จะซึมเข้าสู่เรือนยอด ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงได้
- ค. เมื่อกรดอ่อนไหลผ่านรากพืช พืชจะดูดเข้าสู่ระบบท่อลำเลียงไปใช้ในการสร้างอาหารโดยตรง
- ง. เมื่อผ่านซากอินทรีย์ ดิน ชื้นชื้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตสะสมในแหล่งน้ำ ซึ่งพืชนำมาใช้ได้

45. การสะสมของสารอินทรีย์ใต้ผิวโลกเป็นเวลานานจนเกิดเป็นถ่านหินและปิโตรเลียม นับเป็นแหล่งเก็บธาตุใดมากที่สุด

- ก. ออกซิเจน
- ข. คาร์บอน
- ค. กำมะถัน
- ง. แคลเซียม

46. สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่สามารถใช้ในโตรเจนอิสระจากอากาศได้

- ก. ไบถั่ว
- ข. กาฝาก
- ค. ไส้เดือน
- ง. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน



จากแผนภาพข้างบน เป็นวัฏจักรของสารใด

- ก. ไนโตรเจน
- ข. คาร์บอน
- ค. กำมะถัน
- ง. ฟอสฟอรัส

48. วัฏจักรการหมุนเวียนของสารชนิดใดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสารโดยใช้แบคทีเรียไรโซเบียม

- ก. น้ำ
- ข. คาร์บอน
- ค. ไนโตรเจน
- ง. ฟอสฟอรัส

49. CO₂ ในบรรยากาศไม่ได้เกิดขึ้นจากข้อใด
- การหายใจของพืชและสัตว์
 - การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
 - การเผาไหม้ของฟืนและถ่านหิน
 - การย่อยสลายของซากพืชและสัตว์โดยแบคทีเรีย
50. วัฏจักรใดที่ไม่จำเป็นต้องผ่านทางผู้ผลิตและผู้บริโภค
- คาร์บอน
 - กำมะถัน
 - ฟอสฟอรัส
 - ไนโตรเจน
51. วัฏจักรของสารที่สำคัญมีการหมุนเวียนย้ายในระหว่างชั้นของบรรยากาศของน้ำและดินแต่มีวัฏจักรของสารที่ไม่มีการหมุนเวียนผ่านชั้นของบรรยากาศเลย สารนี้คือข้อใด
- คาร์บอน
 - กำมะถัน
 - ฟอสฟอรัส
 - ไนโตรเจน
52. วัฏจักรของกำมะถัน คล้ายกับวัฏจักรของธาตุใด
- คาร์บอน
 - น้ำ
 - ฟอสฟอรัส
 - ไนโตรเจน
53. ข้อใดให้ความหมายของ Climax community ได้ถูกต้องที่สุด
- สภาพสังคมของสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนสิ่งมีชีวิตมากที่สุด
 - การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
 - การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสภาพสมดุลที่สุด
 - สภาพสังคมของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ร่วมกันอย่างสมดุลเป็นเวลานาน
54. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่
- สิ่งแวดล้อมเดิมเปลี่ยนแปลงไป
 - ความคงทนของสภาพระบบนิเวศ
 - การปรับตัวให้สามารถอยู่รอดได้ของสิ่งมีชีวิต
 - ความเหมาะสมของสภาพที่อยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต
55. ข้อใดที่ใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงแทนที่นานที่สุด
- ก้อนหิน
 - การถางป่า
 - ป่าไม้ที่ถูกไฟป่าไหม้
 - พื้นดินที่ถูกน้ำท่วมมากๆ

56. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ

- ก. ทำให้ระบบนิเวศเกิดภาวะสมดุล
- ข. ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
- ค. ในระบบนิเวศเดียวกันจะมีสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน
- ง. สิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อยู่ร่วมกันจะพึ่งพาตนเองเป็นส่วนใหญ่

57. ข้อใดไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

- ก. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
- ข. การเกิดมิวเทชันของยีน
- ค. การเกิดความแปรผันทางพันธุกรรม
- ง. การมีประชากรสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจำนวนมาก

58. ข้อใดคือจุดประสงค์สำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

- ก. เพื่อคงไว้ซึ่งปริมาณและคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติ
- ข. เพื่อให้ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่มากได้รับการดูแลเอาใจใส่เป็นพิเศษ
- ค. เพื่อให้ประชากรใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีระบบ ระเบียบ รอบคอบ
- ง. เพื่อจัดวิธีการที่จะทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรมคืนสู่ปกติ

59. การปฏิบัติตนของใครที่ถือว่าเป็นการ recycle

- ก. สมศรี นำกระดาษห่อของขวัญมาพับเป็นรูปหัวใจใส่ขวดแก้ว
- ข. สมพงษ์ นำการ์ดวันปีใหม่มารวบรวมกับกระดาษทำเป็นสมุดโน้ต
- ค. สมศักดิ์ นำไม้ไอศกรีม มาตัดส่วนหัวท้ายและประกอบใหม่เป็นกล่อง
- ง. สมชาย ผลิตกาบใช้เองจากการนำโฟมมาผสมกับน้ำมันก๊าด

60. สมทรง ได้มีข้อปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน ดังนี้

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. ไม่ใช้จานพลาสติก | 2. ซ่อน้ำยาล้างจานชนิดเติมใส่ขวด |
| 3. ใช้ขวดของแชมพูใส่น้ำยาล้างจาน | 4. ใช้ถังขยะหรือถุงขยะสีดำ |

จากข้อมูลข้างต้น จงเรียงลำดับวิธีการใช้ทรัพยากรของสมทรง

- | | | | |
|------------|---------|---------|---------|
| ก. Reject | Reduce | Reuse | Recycle |
| ข. Reduce | Reject | Recycle | Reuse |
| ค. Reuse | Recycle | Reject | Reduce |
| ง. Recycle | Reduce | Reject | Reuse |

แบบประเมินคุณภาพของกลุ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
สำหรับผู้เชี่ยวชาญในด้านการสอนวิชาชีววิทยา ด้านการสอนกิจกรรมวิทยาศาสตร์
และด้านครุวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการทำคู่มือ (หนังสือประกอบการเรียน)

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพของกลุ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน

- ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมินคุณภาพ
- ตอนที่ 2** ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพของกลุ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตร
- ตอนที่ 3** การแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ตอนที่ 1 : ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล.....วุฒิทางการศึกษา.....

ตำแหน่ง.....สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 : ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพของกลุ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตร

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ ตรงในช่องว่างทางขวามือ ช่องใดช่องหนึ่งใน 5 ช่อง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ในการประเมินคุณภาพคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ โดยแบบประเมินนี้ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ดีมาก	หมายถึง	ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด
ดี	หมายถึง	ตรงกับความคิดของท่านมาก
ปานกลาง	หมายถึง	ค่อนข้างจะตรงกับความคิดของท่านบ้าง
ต้องปรับปรุง	หมายถึง	ไม่ตรงกับความคิดของท่าน
ใช้ไม่ได้	หมายถึง	ไม่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด

ตารางแสดงการประเมินคุณภาพของกลุ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ข้อความในการประเมิน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
ลักษณะเนื้อหา					
1. เนื้อหามีความถูกต้องตามหลักวิชาชีววิทยา					
2. เนื้อหาเป็นที่ยอมรับในสาขาวิชา ไม่มีประเด็นโต้แย้งที่ทำให้ผู้เรียนสับสน					
3. เนื้อหามีความสอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรสถานศึกษา					
4. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น/ช่วงชั้น					
5. ความยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
6. เนื้อหามีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน					
7. เนื้อหาไม่ขัดต่อความมั่นคง ความสงบเรียบร้อยของชาติ และไม่ขัดต่อศีลธรรมอันดี					
ลักษณะภาษาที่ใช้					
1. ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน น่าอ่าน และเข้าใจง่าย					
2. ใช้ศัพท์เฉพาะได้ถูกต้องตามหลักวิชา					
3. สำนวนภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
4. การเขียนเป็นไปตามความยากง่ายไม่วกวน					
5. ตัวอักษรมองเห็นชัดเจน สะดวกต่อผู้เรียน					
ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน					
1. กิจกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน					
2. กิจกรรมสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในบทเรียนและนำไปปฏิบัติได้					
3. กิจกรรมใช้คำสั่งหรือคำอธิบายได้อย่างชัดเจน ง่ายต่อการปฏิบัติตาม					
4. คำถามที่ใช้ท้าทายและกระตุ้นความคิด					
5. คำถามหรือแบบฝึกหัด ครอบคลุมเนื้อหาในบทเรียน					
6. กิจกรรมสอดแทรกได้อย่างเหมาะสมกับเนื้อหา					

ข้อความในการประเมิน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
ลักษณะการจัดภาพ					
1. ภาพประกอบมีความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา					
2. ภาพประกอบสามารถแสดงความสัมพันธ์กับเนื้อหาได้					
3. ภาพประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจนและดูเข้าใจง่าย					
4. ภาพประกอบมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ					
5. ภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนขึ้น					
6. การจัดภาพดูเป็นระเบียบเรียบร้อย					

ตอนที่ 3 : ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

1. เมื่อท่านอ่านคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ท่านมีความคิดเห็นเป็นอย่างไร

☐ น่าสนใจดีมาก

☐ น่าสนใจดี

☐ เฉย ๆ

☐ ไม่ค่อยน่าสนใจ

☐ ไม่น่าสนใจ

2. ท่านคิดว่า คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอนเรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 อย่างไร

☐ เหมาะสมมากที่สุด

☐ เหมาะสมมาก

☐ เหมาะสมปานกลาง

☐ เหมาะสมน้อย

☐ เหมาะสมน้อยที่สุด

3. ท่านคิดว่า คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเล่มนี้ ควรปรับปรุงแก้ไขเรื่องใดบ้าง

.....

.....

.....

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเล่มนี้

.....

.....

.....

ขอขอบคุณอย่างสูง

นางสาวไพลิน เสวตศิลา

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

**แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4**

คำชี้แจง แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ ฉบับนี้
แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ตอนที่ 3 การแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

ตอนที่ 1 : ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล.....แผนการเรียน.....

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ระดับชั้น ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 4 ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 5 ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 2 : ข้อมูลเกี่ยวกับแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ ตรงในช่องว่างทางขวามือ ช่องใดช่องหนึ่งใน 5 ช่อง ที่ตรงกับความรู้สึกของ
นักเรียนมากที่สุด โดยแบบสอบถามนี้ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

5	หมายถึง	ความรู้สึกพึงพอใจมากที่สุด
4	หมายถึง	ความรู้สึกพึงพอใจมาก
3	หมายถึง	ความรู้สึกพึงพอใจปานกลาง
2	หมายถึง	ความรู้สึกพึงพอใจน้อย
1	หมายถึง	ความรู้สึกพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางแสดงแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

ข้อความในการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ลักษณะการจัดรูปเล่ม					
1. รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ					
2. ขนาดของหนังสือสามารถจับถือได้สะดวก					
3. ขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของหนังสือมีความเหมาะสม					
4. การจัดทำรูปเล่มมีความคงทน					
5. หนังสือสามารถเปิดอ่านได้สะดวก					
ลักษณะเนื้อหา					
1. เนื้อหาให้ความรู้ความเข้าใจดี					
2. เนื้อหาอ่านแล้วเข้าใจเรื่องได้ดี					
3. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้น/ช่วงชั้น					
4. ความยาวของเนื้อหามีความเหมาะสม					
5. เนื้อหามีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน					
ลักษณะภาษาที่ใช้					
1. ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน น่าอ่าน และเข้าใจง่าย					
2. ใช้ศัพท์เฉพาะได้ถูกต้องตามหลักวิชา					
3. สำนวนภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
4. การเขียนเป็นไปตามความยากง่ายไม่วกวน					
5. ตัวอักษรมองเห็นชัดเจน สะดวกต่อผู้เรียน					
ลักษณะกิจกรรมประกอบบทเรียน					
1. กิจกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน					
2. กิจกรรมสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในบทเรียนและนำไปปฏิบัติได้					
3. กิจกรรมใช้คำสั่งหรือคำอธิบายได้อย่างชัดเจนง่ายต่อการปฏิบัติตาม					
4. คำถามที่ใช้ท้าทายและกระตุ้นความคิด					
5. คำถามหรือแบบฝึกหัด ครอบคลุมเนื้อหาในบทเรียน					
6. กิจกรรมสอดคล้องได้เหมาะสมกับเนื้อหา					

ข้อความในการประเมิน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
ลักษณะการจัดภาพ					
1. ภาพประกอบมีความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา					
2. ภาพประกอบสามารถแสดงความสัมพันธ์กับเนื้อหาได้					
3. ภาพประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจนและดูเข้าใจง่าย					
4. ภาพประกอบมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ					
5. ภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนขึ้น					
6. การจัดภาพดูเป็นระเบียบเรียบร้อย					

ตอนที่ 3 : ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร

- เมื่อนักเรียนอ่านคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ นักเรียนมีความคิดเห็นว่าเป็นอย่างไร
☐ น่าสนใจดีมาก ☐ น่าสนใจดี ☐ เฉย ๆ
☐ ไม่ค่อยน่าสนใจ ☐ ไม่น่าสนใจ
- เมื่อนักเรียนอ่านคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เล่นนี้แล้ว นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาเรื่องเกี่ยวกับระบบนิเวศ มากน้อยเพียงใด
☐ เข้าใจมากที่สุด ☐ เข้าใจมาก ☐ เข้าใจปานกลาง
☐ เข้าใจน้อย ☐ เข้าใจน้อยที่สุด
- นักเรียนคิดว่า คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเล่มนี้ ควรปรับปรุงแก้ไขเรื่องใดบ้าง
.....
.....
.....
- ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเล่มนี้
.....
.....
.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

นางสาวไพลิน เสวตศิลา

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ

สำหรับ

นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-6)

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม



ชื่อ..... ชั้น.....แผนการเรียน.....

คำนำ

หนังสือคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตร เรื่อง ระบบนิเวศ เล่มนี้ เป็นคู่มือที่เรียบเรียงขึ้นจากประสบการณ์ในการสอน การศึกษาค้นคว้า ตำราและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนของผู้เรียนและอาจารย์ผู้สอนตามการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2542 และหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

คู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเล่มนี้ ได้จัดทำขึ้นครอบคลุมตามมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรนี้ ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเอง มีกิจกรรมการเรียนการสอน บทปฏิบัติการให้ผู้เรียนได้ศึกษาจากสภาพแวดล้อมจริงในสภาพท้องถิ่นของผู้เรียน พร้อมทั้งมีแบบฝึกหัดทบทวนความรู้ความเข้าใจท้ายเรื่อง

ผู้เรียบเรียง หวังว่าคู่มือกิจกรรมเสริมหลักสูตรเล่มนี้ จะมีประโยชน์ต่อโรงเรียนในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา มีประโยชน์ต่อผู้สอนในการใช้ประกอบการเรียนการสอน และมีประโยชน์ต่อผู้เรียนในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเอง พร้อมทั้งสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

ผู้เรียบเรียง

นางสาวไพลิน เสวตศิลา

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนสิ่งแวดล้อม)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 ความหลากหลายของระบบนิเวศ.....	1
1.1 ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด.....	2
1.2 ระบบนิเวศทะเล.....	4
1.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน.....	6
1.4 ระบบนิเวศป่าไม้.....	8
2 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ.....	14
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ.....	14
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศ.....	19
2.3 การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ.....	27
3 การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ.....	31
3.1 วัฏจักรของน้ำ.....	31
3.2 วัฏจักรของคาร์บอน.....	32
3.3 วัฏจักรของไนโตรเจน.....	33
3.4 วัฏจักรของฟอสฟอรัส.....	35
3.5 วัฏจักรของกำมะถัน.....	36
4 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต.....	37
5 ระบบนิเวศกับความหลากหลายทางชีวภาพ.....	41
6 คุณภาพของระบบนิเวศ.....	45
บรรณานุกรม	

ระบบนิเวศ

 เตือนความจำ

ถ้านักเรียนมองไปรอบๆ ตัวเอง จะพบสิ่งต่างๆ มากมาย ทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต เราเรียกสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์นี้ว่า **สิ่งแวดล้อม (Environment)** ซึ่งสิ่งแวดล้อมในแต่ละบริเวณจะมีความแตกต่างกันไป เรามักพบสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ร่วมกันหลายชนิด เรียกว่า **กลุ่มสิ่งมีชีวิต (Community)** บริเวณที่พบกลุ่มสิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาศัยอยู่ร่วมกัน เรียกว่า **แหล่งที่อยู่ (habitat)** กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในแหล่งที่อยู่แต่ละแห่งนั้นจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทั้งความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิตในสภาพแวดล้อมนั้นประกอบกันเป็น **ระบบนิเวศ (Ecosystem)**

❖ นักเรียนลองยกตัวอย่างระบบนิเวศที่รู้จัก มีอะไรบ้าง

ระบบนิเวศมีอยู่ทุกหนทุกแห่งในโลกและมีมากมายหลายระบบ แต่ละระบบมีขนาดใหญ่น้อยแตกต่างกันไป โลกของเราจัดเป็นระบบนิเวศที่ใหญ่ที่สุด เรียกว่า **โลกของสิ่งมีชีวิตหรือชีวาลัย (Biosphere)** ซึ่งเป็นที่รวมของระบบนิเวศขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศในน้ำ

❖ นักเรียนคิดว่าระบบนิเวศบนบกกับระบบนิเวศในน้ำเหมือนหรือต่างกันอย่างไร จงยกตัวอย่าง

1. ความหลากหลายของระบบนิเวศ

ในโลกมีระบบนิเวศมากมายหลายระบบที่มีสภาพทางกายภาพและชีวภาพแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่มีผลต่อความหลากหลายของระบบนิเวศอย่างกว้างๆ ได้แก่ ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด ระบบนิเวศทะเล ระบบนิเวศป่าชายเลน และระบบนิเวศป่าไม้ เป็นต้น



รูป 1.1 ความหลากหลายของระบบนิเวศ

1.1 ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

พื้นที่ของประเทศไทยมีแหล่งน้ำจืดกระจายอยู่ทั่วไป มีทั้งสภาพธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ สระน้ำจืด อ่างเก็บน้ำต่างๆ ในแหล่งน้ำจืดเป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เพราะอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุและอินทรียสารต่างๆ เหมาะที่จะเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กนานาชนิดเป็นจำนวนมากและพืชน้ำซึ่งมีทั้งพวกที่เคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำ พวกที่ลอยอยู่ผิวน้ำและพวกที่มีโครงสร้างยึดเกาะกับวัตถุหรือพื้นผิวใต้น้ำรวมทั้งเป็นที่ประกอบอาชีพและเป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของมนุษย์ด้วย

♣ ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดในท้องถิ่นของนักเรียนมีสภาพเป็นอย่างไรและมีความสำคัญอย่างไรต่อชุมชนในท้องถิ่น

♣ ถ้าต้องการสำรวจระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด นักเรียนจะสำรวจด้านใดและมีวิธีการอย่างไร

 เตือนความจำ



รูป 1.2 ระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

การสำรวจระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด มีประโยชน์ในด้านการปรับปรุงหรือรักษาแหล่งน้ำจืดให้คงอยู่ไปนานๆ สิ่งที่ต้องสังเกตและบันทึกข้อมูลมีดังนี้

1. ความโปร่งแสงของน้ำ - วัดโดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซคิติดิสก์ (sechidisc)
2. สี กลิ่นของดินและน้ำ - สังเกตแล้วบันทึกผล
3. อุณหภูมิ น้ำ - วัดอุณหภูมิที่ระดับผิวน้ำ ระดับต่ำกว่าผิวน้ำลึกลงไป ประมาณ 20-25 เซนติเมตร บันทึกผล
4. ความเป็นกรดเบส (pH) - วัดโดยกระดาษยูนิเวอร์แซล อินดิเคเตอร์
5. สิ่งมีชีวิตบริเวณผิวน้ำ - สังเกตและบันทึกลักษณะ สิ่งมีชีวิต

6. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ - ใช้สวิงตักแพลงก์ตอน ตักน้ำ

บริเวณผิวน้ำและที่ระดับต่ำกว่า

ผิวน้ำลงไปประมาณ 20 - 25

เซนติเมตร นำมาเทลงใน

ภาชนะสีขาวเพื่อแยกชนิดและ

สังเกตลักษณะ

- ใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดู

จุลินทรีย์ในน้ำจำแนกชนิด

และวาดรูปบันทึกลักษณะ

 เตือนความจำ

1.2 ระบบนิเวศทะเล

ระบบนิเวศทะเลเป็นระบบนิเวศขนาดใหญ่ และเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดด้วย พื้นน้ำทะเลจะเชื่อมติดต่อกันตลอด สิ่งมีชีวิตในทะเลจึงแพร่กระจายกันได้ทั่วถึงและทะเลมีความกว้างพอจึงเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตนานาชนิด โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ที่อาศัยอยู่ร่วมกันจะมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบต่างๆ ทำให้ทะเลเป็นระบบนิเวศขนาดใหญ่ และยังแบ่งย่อยเป็นระบบนิเวศขนาดเล็กได้อีก เช่น ระบบนิเวศหาดหิน ระบบนิเวศหาดทราย ระบบนิเวศในทะเล และระบบนิเวศแนวปะการัง เป็นต้น



รูป 1.3 ระบบนิเวศทะเล

 เตือนความจำ

1.ระบบนิเวศหาดหิน เป็นระบบนิเวศในบริเวณชายฝั่งที่ถูกน้ำซัดขึ้นมาตลอดเวลาพื้นผิวของหาดหินจะเปียก และแห้งสลับกันไป ในช่วงวันหนึ่งๆ ที่เป็นเวลาน้ำขึ้นน้ำลง (tide) อุณหภูมิของบริเวณหาดหินจะแตกต่างกันตามเวลา ที่ก้อนหินมักจะมีสัตว์หลายชนิดเกาะอาศัยอยู่ เช่น หอยต่างๆ ปู หนอนทะเล เพรียงหิน ฯลฯ สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีน้ำตาล และแบคทีเรียมีอยู่มากตามก้อนหิน พื้นดิน พื้นทราย เวลาน้ำขึ้นน้ำท่วมก้อนหินจะมีสัตว์ต่างๆ ออกมาหาอาหารกิน เวลาน้ำลงสัตว์ต่างๆ จะหลบซ่อนอยู่ตามซอกหินหรือลงตามน้ำไป

2.ระบบนิเวศหาดทราย เป็นระบบนิเวศในบริเวณชายฝั่งที่ถูกน้ำซัดขึ้นมาตลอดเวลาเช่นเดียวกับระบบนิเวศหาดหิน ในบริเวณที่น้ำท่วมถึง จะเปียกและแห้งสลับกันไปตามเวลาน้ำขึ้นน้ำลง อุณหภูมิของพื้นทรายที่อยู่ด้านบนกับด้านล่างจะแตกต่างกัน ลักษณะของเม็ดทรายก็แตกต่างกันด้วย ในบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึงพื้นทรายจะแห้งและร้อนตลอดวัน ตกกลางคืนอุณหภูมิของพื้นผิวทรายจะต่ำกว่าในน้ำ ในบริเวณนี้มักจะมีหญ้า พืชขนาดเล็ก ผักบุ้งทะเล สุนทะเลขึ้นอยู่ทั่วไป

♣นักเรียนคิดว่าระบบนิเวศหาดหินกับระบบนิเวศหาดทรายเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

3. ระบบนิเวศในทะเล เป็นระบบที่กินเนื้อที่กว้างใหญ่ไพศาล ได้แก่ บริเวณไหล่ทวีป ทะเลและมหาสมุทร สิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิต ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์และสาหร่ายทะเล ผู้บริโภค ได้แก่ สัตว์น้ำพวกกุ้ง หอย ปู ปลา ปลาหมึก ปลาดาว เม่นทะเล ปลิงทะเล พะยูน ปลาวาฬ โลมา ฯลฯ ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร ได้แก่ แบคทีเรีย เป็นต้น

4. ระบบนิเวศแนวปะการัง ในทะเลมีบริเวณแนวปะการังที่เรียกว่า “ป่าใต้ทะเล” แนวปะการังเกิดจากสัตว์พวกปะการังปล่อยสารหินปูนออกมาห่อหุ้มตัว ปะการังเป็นสัตว์ที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม มีการสร้างโครงร่างแข็งหินปูนต่อเนื่องกันเกิดเป็นก้อนหินปะการัง ขนาดใหญ่ขึ้นและติดต่อกันเป็นแนวยาว บริเวณแนวปะการังมีความสำคัญมากในแง่ที่ถือว่าเป็นแหล่งอาหารอันอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ต่างๆ ในทะเล เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นแหล่งหลบภัยและอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์ทะเล

♣นักเรียนคิดว่าปะการังถูกทำลายไปด้วยสาเหตุใดบ้าง และจะมีวิธีการรักษาสภาพแวดล้อมใต้ท้องทะเลได้อย่างไร

ในปัจจุบันปะการังถูกทำลายอย่างมาก และรวดเร็วจนใกล้ภาวะวิกฤต นักวิชาการที่เกี่ยวข้องได้ช่วยกันคิดหาแนวทางแก้ไข เช่น จัดทำแนวปะการังเทียม การตัดปะการังเดิมเป็นท่อนๆ แล้วนำไปติดที่โขดหินได้น้ำ เพื่อให้แต่ละท่อนสร้างหินปะการังใหม่ได้เร็วขึ้น การศึกษาวิธีเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนปะการังระยะยาว นอกจากนี้ยังมีการวางทุ่นรอบๆ แนวปะการังเพื่อป้องกันคนเข้าไปรบกวนหรือทำลาย

1.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ป่าชายเลนเป็นป่าบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศในเขตร้อน ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่ต่างจากป่าบกหลายอย่าง ได้แก่ สภาพดิน ดินบริเวณนี้เป็นดินเลนซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ ความแตกต่างของความเป็นกรดเบส (pH) ความสมบูรณ์ของดินบริเวณป่าชายเลน ซึ่งวัดจากปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างของระดับน้ำทะเลในช่วงต่างๆ ของแต่ละวันด้วย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนจะต้องปรับตัวให้ดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงวัน

 เตือนความจำ

♣ นักเรียนคิดว่าพืชในป่าชายเลน มีการปรับตัวอย่างไรเพื่อให้
เหมาะต่อการดำรงชีพในระบบนิเวศป่าชายเลน

กลุ่มพืชในป่าชายเลนจะแบ่งเป็นบริเวณจากริมน้ำเข้ามาข้างใน
นักเรียนจะพบพันธุ์ไม้เริ่มจากโกงกาง แสม ลำพู ตะบูน เสม็ด จาก
เป็นต้น ลักษณะของต้นไม้ในป่าชายเลนมักจะมีรากค้ำจุน ช่วยในการ
พยุงลำต้นและมีรากหายใจใต้วงดินขึ้นมาเป็นจำนวนมาก รากเหล่านี้
ช่วยดักตะกอนที่ถูกพัดพามากับกระแสน้ำ ทำให้เกิดการสะสมของดิน
ตะกอน เกิดเป็นพื้นดินขึ้น ขึ้นต่อออกไปในทะเลเรื่อยๆ จึงถือว่าป่าชาย
เลนช่วยเพิ่มพื้นที่ชายฝั่ง พืชในป่าชายเลนมักจะมีใบหนา บางชนิดใบมี
ขนปกคลุม บางชนิดใบมีลักษณะอวบน้ำ ผลของพืชมีเมล็ดซึ่งงอกได้
ตั้งแต่อยู่บนต้นไม้ เมื่อหล่นลงสู่พื้นชายเลนก็จะเจริญได้ทันที

สัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลนมีทั้งสัตว์หน้าดิน สัตว์ในดิน
นอกจากนี้ยังมีลิงแสมและนกเป็นจำนวนมาก ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่
ตัวอ่อนของสัตว์น้ำพวกกุ้ง หอย ปู ก้ามดาบ ปลาตีนเข้ามาอาศัยเป็น
แหล่งหาอาหารและผสมพันธุ์ เป็นแหล่งอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อน
ตลอดจนเป็นแหล่งหลบหนีศัตรูธรรมชาติอีกด้วย

♣ ป่าชายเลนมีประโยชน์ในด้านใดบ้าง

♣ นักเรียนคิดว่าสาเหตุใดที่ทำให้ป่าชายเลนลดจำนวนลงและ
มีวิธีการรักษาป่าชายเลนอย่างไร



 เตือนความจำ

รูป 1.4 ระบบนิเวศป่าชายเลน

1.4 ระบบนิเวศป่าไม้

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญยิ่งของประเทศ เป็นแหล่งรวมพันธุ์พืชและสัตว์ป่าต่างๆ หลายชนิด เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ช่วยควบคุมอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศ ผลิตก๊าซออกซิเจน และใช้กักคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยทำให้ฝนตกตามฤดูกาลและกักน้ำท่วม พายุ ลดความรุนแรงของน้ำป่าและการพังทลายของหน้าดิน ช่วยรักษาความชุ่มชื้นของผิวดินและอากาศ ตลอดจนเป็นแหล่งสะสมปุ๋ยธรรมชาติ

ลักษณะของป่าไม้และสิ่งมีชีวิตในป่าของประเทศไทยมีหลากหลาย เช่น

1. **ป่าสนเขา** เป็นระบบนิเวศที่มีต้นสน 2 ใบ สน 3 ใบ มักจะขึ้นอยู่ในดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ น้ำมันจากไม้สนเป็นเชื้อเพลิงอย่างดี จึงต้องมีการป้องกันไฟอย่างรัดกุมและเข้มงวด

2.ป่าพรุ เป็นระบบนิเวศที่อยู่ถัดจากชายฝั่งทะเลเข้ามา มีน้ำท่วม หรือขึ้นและตลอดปี ดินมักเป็นทรายหรือโคลน พันธุ์ไม้ที่พบส่วนใหญ่คือกระเบนน้ำ หงอนไก่ เสม็ด ระกำ อ้อ กก เฟิร์น ฯลฯ

3.ป่าดิบชื้น เป็นป่าที่เขียวชอุ่ม ฝนตกชุก พบมากที่สุดทางภาคใต้ ชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จันทบุรี ตรัง แดบลุ่มแม่น้ำป่าสัก แม่กลอง พันธุ์ไม้ที่พบ ได้แก่ ยาง ตะเคียน ตะแบก

4.ป่าดิบแล้ง เป็นป่าโปร่งขึ้น สูงกว่าระดับน้ำทะเล 500 เมตร ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พันธุ์ไม้ที่พบ ได้แก่ ยางแดง มะค่าโมง ตะเคียนหิน

5.ป่าดิบเขา พบบริเวณเขตเทือกเขาสูง สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร จัดเป็นป่าต้นน้ำลำธาร โปร่งกว่าป่าดิบชื้น อากาศค่อนข้างเย็น พันธุ์ไม้ที่พบ ได้แก่ อบเชย ก้ายาน สนเขา พญาไม้

6. ป่าเบญจพรรณ เป็นป่าโปร่งมีไม้ปะปนกันหลายชนิด พบได้ทั่วไป แต่ไม่พบในภาคใต้ พันธุ์ไม้ที่พบ ได้แก่ ไม้สัก แดง ประดู่ มะค่า



รูป 1.5 ระบบนิเวศป่าไม้

 เตือนความจำ

นักเรียนจะเข้าใจความสัมพันธ์ในระบบนิเวศได้ดี จากการทำกิจกรรมภาคสนาม เพื่อสำรวจระบบนิเวศธรรมชาติในท้องถิ่นของนักเรียนทั้งทางกายภาพและชีวภาพในกิจกรรมต่อไปนี้

กิจกรรม 1.1

ตอนที่ 1

วิธีทำ

1. ใช้เข็มขุดดินที่อยู่ใต้พื้นดิน และเก็บตัวอย่างดินมาเพียงเล็กน้อย สังเกต และบรรยายลักษณะดินดังนี้

1.1 ดินมีสีอะไร

1.2 ดินมีกลิ่นอย่างไร

1.3 เมื่อสัมผัสดินแล้วรู้สึกอย่างไร ความชื้นของดินเป็นอย่างไร ดินเปียกชื้นสามารถปั้นเป็นกลม ๆ ได้ หรือ ดินแห้ง และร่วน เนื้อดินละเอียด หรือหยาบคล้ายทราย

1.4 ในดินมีอะไรอีกบ้าง เช่น พืช สัตว์ หรือฮิวมัส (ซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกันอยู่บนผิวน้ำดิน)

2. ใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ ทดสอบความเป็น กรด เบส (pH) ของดิน ที่ระดับพื้นดินและระดับความลึกลงไปดิน 20 เซนติเมตร

3. ทดสอบช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยการให้น้ำผ่าน เพื่อดูว่า น้ำไหลผ่านดินได้เร็วเท่าใด

3.1 ใช้กระป๋องนมที่เปิดฝาทั้งสองด้าน กดลงบนดินให้ลึกประมาณ 1 นิ้ว

3.2 เทน้ำ 1 ถ้วย ลงในกระป๋อง

3.3 จับเวลาที่น้ำซึมลงในดินจนหมดและบันทึกผล

4. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของดินที่ระดับต่างๆ ดังนี้

4.1 ระดับพื้นดิน

4.2 ระดับลึกลงไปดิน 20 เซนติเมตร

 เตือนความจำ

ตอนที่ 2

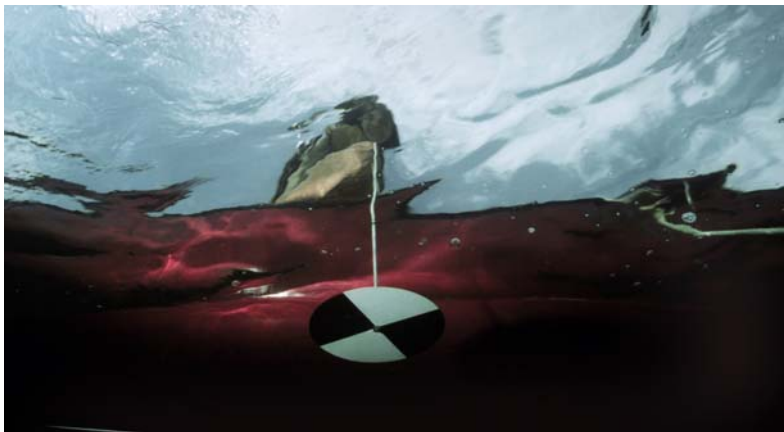
วิธีทำ

1. สังเกตน้ำและบันทึกลักษณะน้ำในเรื่อง สี กลิ่น การไหลของน้ำ สิ่งที่มีอยู่ในน้ำ เช่น พืช สัตว์ หรือ ซากพืชซากสัตว์

2. ทดสอบความเป็นกรดเบสของน้ำโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์

3. ทดสอบความโปร่งแสงของน้ำ โดยทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 ใช้อุปกรณ์เซคิซิสก์ (Secchi - disc) ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นไม้กลมที่ผูกติดกับเชือกซึ่งทำเครื่องหมายบอกระยะความยาวไว้แล้ว หย่อนเซคิซิสก์ลงในแหล่งน้ำจนกระทั่งถึงจุดที่เริ่มมองไม่เห็นเซคิซิสก์ อ่านค่าความลึกจากเครื่องหมายบนเส้นเชือก



รูป 1.6 อุปกรณ์เซคิซิสก์ใช้วัดความโปร่งแสงของน้ำ

3.2 ปลอยเส้นเชือกลงไปอีกเล็กน้อยแล้วค่อยๆ ยกขึ้นจนเริ่มมองเห็นแผ่นเซคิซิสก์อีกครั้ง อ่านค่าความลึกจากเครื่องหมายบนเส้นเชือก

3.3 นำค่าที่อ่านได้ทั้ง 2 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเป็น ค่าความโปร่งแสงของน้ำในแหล่งน้ำนั้น

4. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำที่ระดับต่างๆ ดังนี้

4.1 ระดับผิวน้ำ

4.2 ระดับที่ความลึกในน้ำ 20 เซนติเมตร

 เตือนความจำ

ตอนที่ 3

วิธีทำ

1. ให้นักเรียนตัดสินใจว่า แหล่งที่ทำการสำรวจมีปริมาณแสงแดดส่องถึงพื้นดินมากน้อยเท่าใดโดยใช้คำว่า ที่มืด ที่ร่ม ที่สว่าง (ปานกลาง หรือ สว่างจ้า) เป็นต้น

2. นักเรียนอาจตัดสินใจความเข้มของแสงที่แหล่งที่ทำการสำรวจโดยใช้กระดาษแอมโมเนีย หรือ กระดาษพิมพ์เขียว โดยทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 นำกระดาษแอมโมเนียจากซองกระดาษคำอออกวางกลางแดดหรือบริเวณในร่มที่ไปศึกษา ประมาณ 4 - 5 นาที

2.2 แล้วนำกระดาษแอมโมเนียใส่ลงในขวดปากกว้างที่มีสำลีชุบสารละลายแอมโมเนีย ปิดฝาขวดทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที จึงนำกระดาษแอมโมเนียออกจากขวด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนกระดาษนั้น (การใส่กระดาษแอมโมเนียในขวดปากกว้าง ควรใส่ในที่ร่ม และอย่าให้ด้านที่ฉาบสารเคมีถูกแสง)

ตอนที่ 4

วิธีทำ

1. สังเกตพืช ชนิดและขนาดต่างๆ กัน ที่พบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ต้นไม้ขนาดใหญ่ ต้นไม้ขนาดเล็ก ไม้พุ่ม พืชขนาดเล็ก หญ้า)

2. สังเกตแหล่งที่อยู่ของพืช ประเภทต่าง ๆ ที่พบจำแนกตามขนาด ชนิด และสังเกตว่า มีพืชประเภทใด มีปริมาณมากที่สุดในระบบ

3. สังเกตแหล่งที่อยู่ที่พืชแต่ละประเภทเจริญเติบโตว่า มีความสัมพันธ์กับพืชประเภทอื่นๆ อย่างไร

4. บันทึกผลการสังเกตและวาดรูปบันทึกลักษณะ

 เตือนความจำ

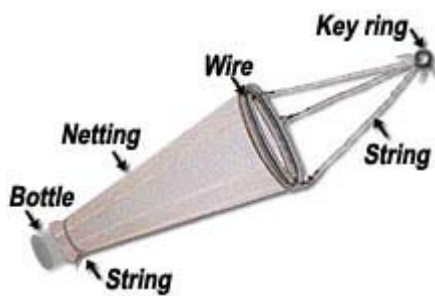
ตอนที่ 5

วิธีทำ

1. สำรวจสัตว์ชนิดต่างๆ และร่องรอยของสัตว์ชนิดต่างๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้รวมทั้งแหล่งที่อยู่ (เช่น พวกแมลง นก สัตว์เลื้อยคลาน ปลา กบ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม รอยเท้า โปรง ใบไม้ หรือกิ่งไม้ที่มีรอยกัดกิน เป็นต้น) บันทึกผลการสังเกต ชนิดของสัตว์และแหล่งที่อยู่ของสัตว์ที่พบและวาดรูปบันทึกลักษณะ

2. สัตว์ในน้ำใช้สวิงตักน้ำจากบ่อหรือลำธารบริเวณผิวน้ำและที่ระดับต่ำกว่าผิวน้ำลงไปประมาณ 20 – 25 เซนติเมตร นำมาเทลงในภาชนะสีขาว เพื่อแยกชนิดและสังเกตลักษณะ

3. ใช้แว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์ส่องดูจุลินทรีย์ในน้ำ จำแนกชนิดและวาดรูปบันทึกลักษณะ



รูป 1.7 สวิงตักแพลงก์ตอน

 เตือนความจำ

2. ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

สิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ อาจเป็นปัจจัยทางกายภาพหรือสารเคมี หรือสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ สิ่งแวดล้อมเหล่านี้อาจจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ สิ่งแวดล้อมทางกายภาพหรือสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต (physical environment) และสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพหรือสิ่งแวดล้อมที่มีชีวิต (biological environment) สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องมีส่วนเกี่ยวข้องหรือได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

เราอาจจำแนกสิ่งแวดล้อมทางกายภาพออกเป็น 2 ประเภทคือ สิ่งแวดล้อมทางฟิสิกส์และสิ่งแวดล้อมทางเคมี สิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องหรือได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่าง ๆ กัน มีดังนี้

1. **อุณหภูมิ** อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกที่เหมาะสมทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ได้ดีและมีพฤติกรรมเป็นปกติ สัตว์เลือดเย็นไม่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ได้ เอนไซม์ต่าง ๆ จะทำงานได้ช้าลงเมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสม ถือว่าสัตว์เลือดเย็นได้รับผลกระทบกระเทือนจากการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิมากกว่าสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งสามารถรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายได้ค่อนข้างคงที่



รูป 2.1 การอพยพของนกหงส์ขาวที่อู่ใหญ่ห้วยขวางเพื่อหนีหนาว

 เตือนความจำ

2. แสง เป็นพลังงานที่ผู้ผลิตรับเข้ามาใช้ในกระบวนการสร้างอาหาร แสงจึงเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด นอกจากนั้น แสงยังเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น การออกหากิน การผสมพันธุ์ การตกไข่ การฟักเป็นตัว การขึ้น การออกดอกและการบานของดอก การเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ ฯลฯ

ความเข้มของแสงและสีของแสงอาจมีผลต่อความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและผู้ผลิตอื่น ๆ เช่น พืชพวกอ้อยข้าว ข้าวโพด ต้องการแสงมาก พืชพวกกล้วยไม้ต้องการแสงรำไร นอกจากนี้ความเข้มของแสงยังมีผลต่อพฤติกรรมและการดำรงชีวิตของสัตว์ เช่น ตัวอ่อนของด้วง แมลงวันต้องการสภาพที่ไม่มีแสงหรือแสงน้อย สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่ต้องการแสงมากจึงกระจายอยู่บริเวณผิวน้ำและระดับน้ำที่ไม่ลึกนัก สัตว์ทะเลลึกมากๆ มักจะมีโครงสร้างที่เป็นแหล่งกำเนิดของแสงในตัวเอง หรือมีลวดลายเด่นชัดตามลำตัวเป็นเครื่องหมายให้พวกเดียวกันจำได้



รูป 2.2 กล้วยไม้เป็นพืชที่ต้องการแสงรำไรจึงจะเจริญเติบโตดี



รูป 2.3 ปลาไหลเป็นสัตว์ทะเลที่มีแหล่งกำเนิดแสงในตัวเอง

 เตือนความจำ

3. **น้ำ** เป็นสารสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต คือน้ำเป็นตัวทำละลายที่สำคัญที่สุดในร่างกายเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยา เป็นสารที่ทำให้ระบบการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายทำงานอย่างได้ผล สิ่งมีชีวิตอยู่ในที่ที่มีน้ำอย่างเพียงพอกับที่อยู่ในที่ที่ขาดน้ำจะมีพฤติกรรมแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นพืชที่อยู่ในที่แห้งแล้ง มักจะลำต้นอวบ น้ำ รากและลำต้นใต้ดินมีขนาดใหญ่ สะสมน้ำ ใบเล็ก หนา ดอกบานตอนกลางคืน ปากใบเปิดตอนกลางคืน ต้นเตี้ย มีกิ่งก้านสาขามากและมีสารพวกคิวตินเคลือบใบหนาเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ สัตว์ในทะเลทรายมีระบบขับถ่ายที่ขับถ่ายน้ำปัสสาวะปริมาณน้อยแต่เข้มข้นเพื่อสงวนน้ำไว้ในร่างกาย



รูป 2.4 สิ่งมีชีวิตในแหล่งที่มีน้ำและขาดน้ำจะมีพฤติกรรมแตกต่างกัน

4. **แร่ธาตุในดิน** เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของพืชโดยตรง พืชต้องการใช้เกลือแร่ที่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและธาตุอื่น ๆ อีกในการสร้างสารต่าง ๆ ในพืช ถ้าในดินมีแร่ธาตุต่าง ๆ ที่พืชต้องการมากเพียงพอและเหมาะสมพืชจะเจริญได้ดีและมีหลายชนิดขึ้นอยู่ในบริเวณเดียวกัน สัตว์ต่าง ๆ ที่อาศัยพืชเป็นอาหารที่อยู่อาศัยและที่หลบภัยจะมาอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นๆ มาก



รูป 2.5 โกงกางและแสมเป็นต้นไม้ที่ทนความเค็มได้ดีกว่าต้นไม้ทั่วไป

 เตือนความจำ

5. **ความชื้นในอากาศ** เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระบบการทำงานของอวัยวะในร่างกาย ความชื้นในอากาศน้อยพืชจะคายน้ำมาก สูญเสียน้ำมาก มีการดูดน้ำจากในดินขึ้นมามาก ถ้าน้ำจากในดินน้อยไม่เพียงพอพืชจะขาดน้ำและเหี่ยวเฉา ชะงักการเจริญเติบโต สัตว์ที่อาศัยอยู่ในที่ที่อากาศแห้งอาจต้องเปลี่ยนพฤติกรรม การหาอาหาร การสืบพันธุ์ ผิวหนังแห้งแตก มีอาการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ

ในกรณีที่ความชื้นในอากาศสูงพืชจะคายน้ำน้อยลง ทำให้สดไม่เหี่ยวเฉา ชนิดของพืชที่เจริญในที่ชุ่มชื้นแตกต่างออกไปจากที่อื่น ๆ เช่น กล้วยไม้ เฟิน มอส ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น พืชที่เจริญในที่ที่ความชื้นในอากาศสูงจะมีพฤติกรรมแตกต่างออกไปจากที่อากาศแห้ง เช่น คนจะอึดอัดเนื่องจากการระเหยของเหงื่อน้อย ระบายความร้อนออกจากร่างกายได้น้อย อารมณ์หงุดหงิด แมลงบางชนิดมีการเคลื่อนที่มากกว่าปกติ สะสมอาหารและเคลื่อนย้ายรังไปอยู่ที่สูง ในคืนที่อากาศชื้นมากแมลงเม่าจะออกจากรังมาเล่นไฟ และผสมพันธุ์



รูป 2.6 สิ่งมีชีวิตในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงและต่ำจะมี
พฤติกรรมดำรงชีวิตแตกต่างกัน

 **เตือนความจำ**

6. สภาพความเป็นกรดเบสในดินและน้ำ ความเป็นกรดเบสในดินและในน้ำที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์มาก พืชและสัตว์แต่ละกลุ่มจะมีชีวิตอยู่ได้เป็นปกติในช่วงที่มีค่าความเป็นกรดเบสที่พอเหมาะเท่านั้น ถ้าความเป็นกรดเบสเปลี่ยนแปลงไปจะชะงักการเจริญเติบโต หรืออาจตายได้ พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตจะเปลี่ยนแปลงไปในทันทีที่ค่าความเป็นกรดเบสในตัวกลางที่อยู่อาศัยเปลี่ยนแปลงไป เช่น ไรน้ำจะว่ายน้ำรวดเร็ว มีการเคลื่อนไหวมากผิดปกติเมื่อความเป็นกรดในน้ำเพิ่มมากขึ้น ปลาจะตายเมื่อความเป็นกรดเบสของน้ำเปลี่ยนแปลงไปมาก ข้าวเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรดต่ำ ในขณะที่พืชพวกส้มและมะม่วงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินสภาพดังกล่าว เป็นต้น



รูป 2.7 พืชจำพวกส้มและมะม่วงจะเจริญเติบโตดีในดินที่มีความเป็นกรด



รูป 2.8 สัตว์น้ำจะดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อมีค่าความเป็นกรดเบสที่พอเหมาะ

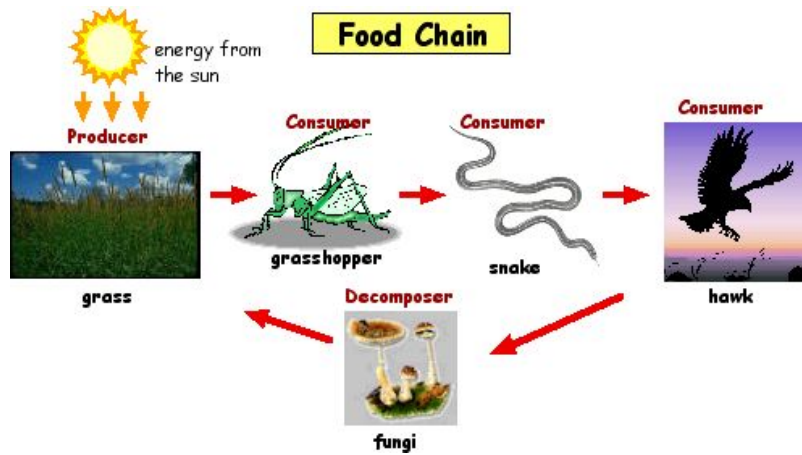
 เตือนความจำ

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศ

ระบบนิเวศทุกระบบจะมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ สภาพแวดล้อมทางกายภาพและสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ ซึ่งจะมีสิ่งมีชีวิตหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิต และจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันทั้งในลักษณะพึ่งพาอาศัยกันในรูปแบบต่างๆ เป็นการให้ประโยชน์ต่อกัน การแก่งแย่งแข่งขันกัน เป็นศัตรูกันและที่สำคัญเป็นอาหารซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานแก่กัน ในทุกระบบนิเวศ โดยผ่านการกินกันเป็นทอดๆ ตามลำดับ ที่เรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร (Food chain) และในธรรมชาติห่วงโซ่อาหารอาจจะสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อนในรูปของ สายใยอาหาร (Food web) ซึ่งเราแบ่งชนิดของสิ่งมีชีวิตตามบทบาทด้านอาหารได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ผู้ผลิต (Producer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้ (autotroph) โดยวิธีการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ กลุ่มพืชสีเขียว
2. ผู้บริโภค (Consumer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotroph) แต่จะกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร อาจจำแนกผู้บริโภคออกเป็น 4 จำพวก คือ
 - 2.1 ผู้บริโภคพืช (herbivore) คือสิ่งมีชีวิตที่กินผู้ผลิตเป็นอาหารหลัก เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย แพะ แกะ ตั๊กแตน
 - 2.2 ผู้บริโภคสัตว์ (carnivore) คือสิ่งมีชีวิตที่กินสัตว์เป็นอาหารหลัก เช่น เสือ สิงโต จระเข้ ฉลาม
 - 2.3 ผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ (omnivore) คือสิ่งมีชีวิตที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร เช่น คน นก ไก่ หมู
 - 2.4 ผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์ (scavenger) คือสิ่งมีชีวิตที่กินซากสัตว์ที่ตายแล้ว หรือซากเน่าเปื่อยผุพังของพืชและสัตว์เป็นอาหาร เช่น แร้ง ไล่เดือน กิ้งกือ

3. ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร (Decomposer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ แต่จะได้อาหารโดยการย่อยสลายสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ตายลง ได้แก่ พวกจุลินทรีย์ รา แบคทีเรีย



รูป 2.9 แสดงโครงสร้างและตัวอย่างห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

ถ้านักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแบบต่างๆ จะเห็นความสัมพันธ์หลายรูปแบบ ดังนี้

1. ภาวะการล่าเหยื่อ (Predation) เป็นความสัมพันธ์ขั้นพื้นฐานเพื่อการหาอาหารของผู้ล่า ความสัมพันธ์แบบนี้จะมีฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ เรียกว่า ผู้ล่า (Predator) อีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ เรียกว่า เหยื่อ (Prey) เช่น นกฮูกล่าหนู เหยี่ยวล่างู เสือล่ากระทิง



รูป 2.10 ความสัมพันธ์แบบภาวะการล่าเหยื่อ

เตือนความจำ

2. ภาวะปรสิต (Parasitism) เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่ฝ่ายหนึ่งจะได้รับประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ โดยฝ่ายที่ได้รับประโยชน์จะอาศัยอยู่ภายในร่างกายของผู้เสียประโยชน์ เรียกว่า ปรสิต (Parasite) และเรียกสิ่งมีชีวิตที่เสียประโยชน์ว่า ผู้ถูกอาศัย (Host) เช่น กาฝากบนต้นไม้มะยม พยาธิใบไม้ในตับแกะ พยาธิตัวตืดในลำไส้หมู



รูป 2.11 พยาธิใบไม้ในตับและพยาธิตัวตืดในลำไส้
เป็นความสัมพันธ์แบบภาวะปรสิต

3. ภาวะอิงอาศัย (Commensalism) เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่ฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์ แต่อีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ เช่น เฝื่อนหรือกล้วยไม้เกาะบนต้นไม้อื่นๆ เหงาตามเกาะบนตัวฉลาม นกทำรังบนต้นไม้



รูป 2.12 ความสัมพันธ์แบบภาวะอิงอาศัย

 เตือนความจำ

4. ภาวะการได้ประโยชน์ร่วมกัน (Protocooperation) เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่ทั้งสองฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน เมื่ออาศัยอยู่ด้วยกัน แต่เมื่อทั้งสองฝ่ายแยกตัวออกจากกัน แต่ละฝ่ายสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยลำพัง เช่น ผีเสื้อกับดอกไม้ นกเอี้ยงกับควาย มดดำกับเพลี้ย ปลาการ์ตูนกับซีแอนนีโมนี



รูป 2.13 ความสัมพันธ์แบบภาวะการได้ประโยชน์ร่วมกัน

5. ภาวะที่พึ่งพากัน (Mutualism) เป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่ทั้งสองฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน เมื่ออาศัยอยู่ด้วยกันเท่านั้น แต่เมื่อทั้งสองฝ่ายแยกตัวออกจากกันก็ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น ไลเคนส์ (lichens) แบคทีเรียไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ที่ปมรากถั่ว



รูป 2.14 ความสัมพันธ์แบบภาวะที่พึ่งพากัน

 เตือนความจำ

6. ภาวะมีการย่อยสลาย (Saprophytism) เป็นความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งได้รับประโยชน์จากซากของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ พวากจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ราและเห็ด



รูป 2.15 ความสัมพันธ์แบบภาวะมีการย่อยสลาย

นักเรียนจะเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศภาวะแบบต่างๆ ได้ดี จากการทำกิจกรรมต่อไปนี้

กิจกรรม 2.1

ให้นักเรียนเขียนสัญลักษณ์แทนความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศภาวะต่างๆ ด้วยสัญลักษณ์ +, - และ 0 โดยที่

+ หมายถึงผู้ได้รับประโยชน์

- หมายถึงผู้เสียประโยชน์

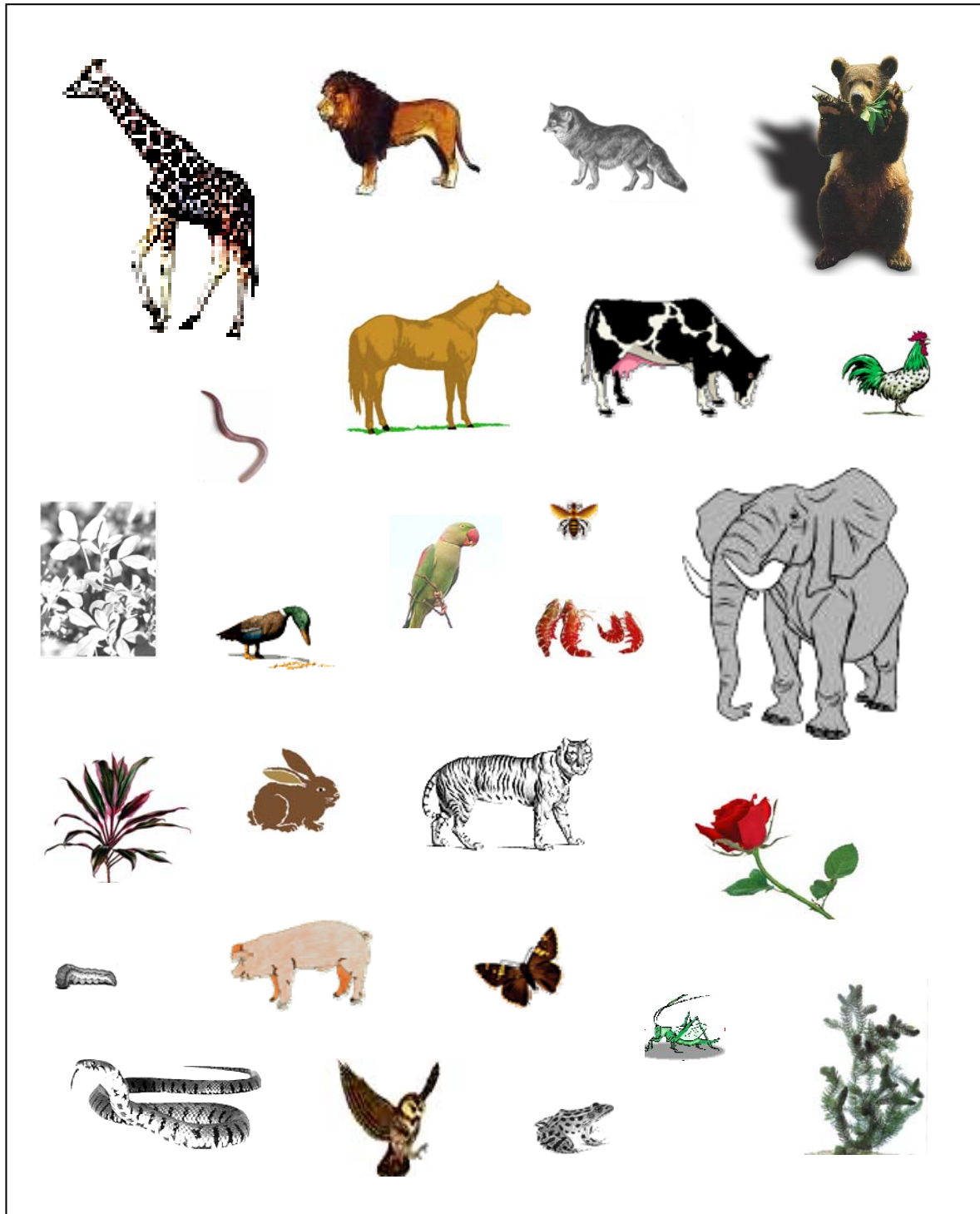
0 หมายถึงผู้ไม่ได้รับประโยชน์และไม่เสียประโยชน์

ตารางสรุปลักษณะการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต (Symbiosis) ในระบบนิเวศภาวะแบบต่างๆ

ลักษณะการอยู่ร่วมกัน	เมื่ออยู่ร่วมกัน		เมื่อแยกจากกัน		ลักษณะของความสัมพันธ์	ยกตัวอย่าง
	สิ่งมีชีวิต		สิ่งมีชีวิต			
	1	2	1	2		
ภาวะการล่าเหยื่อ (Predation)						
ภาวะปรสิต (Parasitism)						
ภาวะอิงอาศัย (Commensalism)						
ภาวะการได้ประโยชน์ ร่วมกัน (Proto cooperation)						
ภาวะที่พึ่งพากัน (Mutualism)						
ภาวะมีการย่อยสลาย (Saprophytism)						

กิจกรรม 2.2

นักเรียนพิจารณาสິงมีชีวิตที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แล้วนำมาเขียน
ห่วงโซ่อาหารให้ได้มากที่สุด จากนั้นนำแต่ละห่วงโซ่อาหารมาเขียน
เป็นสายใยอาหาร โดยการตัดรูปติดลงในกระดาษ



ขั้นที่ 1 นำสิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้มาเขียนเป็นห่วงโซ่อาหาร

ขั้นที่ 2 นำแต่ละห่วงโซ่อาหารมาทำเป็นสายใยอาหาร

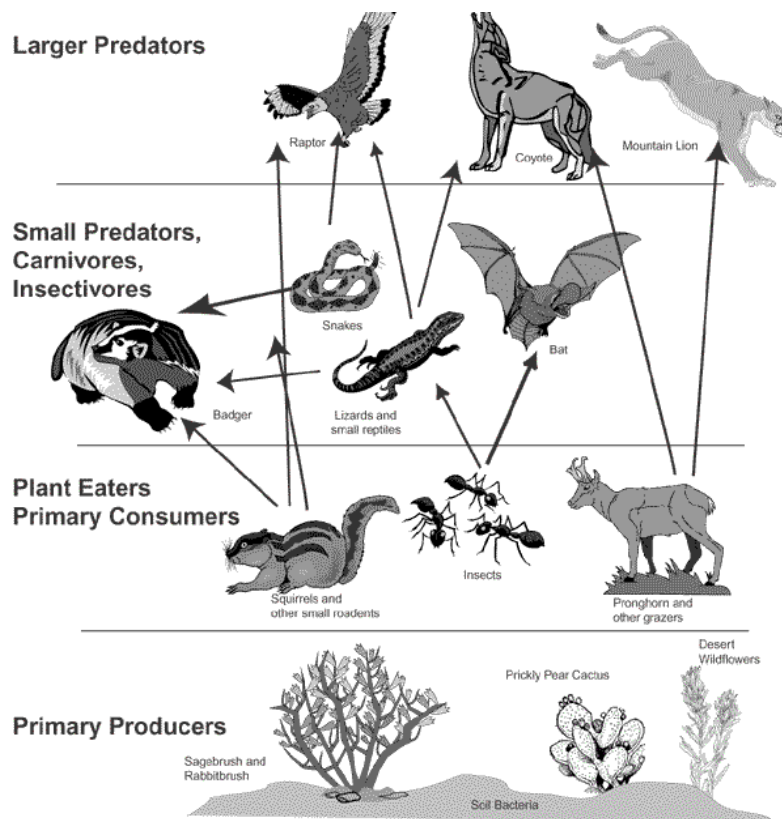
2.3 การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารจากสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่ง กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศจะเป็นพวกแรกที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานที่สะสมไว้ในโมเลกุลของสารอาหาร โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และจะมีการถ่ายทอดไปตามลำดับขั้นของการกินอาหารภายในระบบนิเวศ คือ ผู้บริโภคจะได้รับพลังงานจากผู้ผลิตโดยการกินกันเป็นทอดๆ ซึ่งถ้าถ่ายทอดเป็นแนวเดียว เรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร แต่ถ้ามีการถ่ายทอดที่ซับซ้อนจะเรียกว่า สายใยอาหาร ผู้ที่ได้รับการถ่ายทอดพลังงานโดยการกินผู้ผลิตโดยตรงเรียกว่า ผู้บริโภคลำดับที่ 1 ซึ่งมักเป็นผู้บริโภคพืชหรือผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ ผู้ที่กินผู้บริโภคลำดับที่ 1 เรียกว่า ผู้บริโภคลำดับที่ 2 ซึ่งต้องเป็นผู้บริโภคสัตว์เท่านั้นและเรียกผู้บริโภคสุดท้ายว่า ผู้บริโภคอันดับสุดท้าย



รูป 2.16 ห่วงโซ่อาหาร

 เตือนความจำ

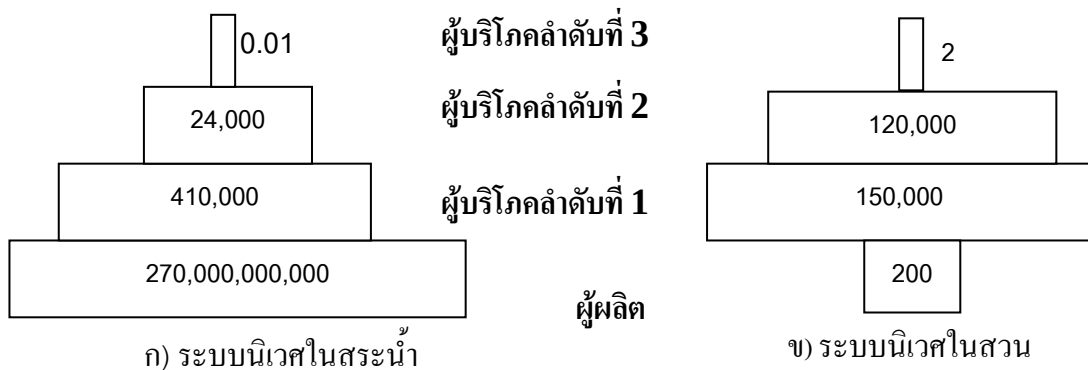


รูป 2.17 สายใยอาหาร

เมื่อนำความสัมพันธ์ในแต่ละลำดับชั้นการบริโภค หรือการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหารหนึ่ง ๆ มาเขียนเป็นแผนภาพ โดยมีผู้ผลิตเป็นฐาน และผู้บริโภคลำดับต่างๆเป็นยอดตามลำดับชั้นการบริโภคขึ้นไป จะพบว่าผู้บริโภคจะมีจำนวนน้อยลงตามลำดับ เราเรียกแต่ละขั้นนี้ว่า **ชั้นอาหาร (Trophic Level)** ดังนั้นแผนภาพที่ได้จึงเป็นรูปพีระมิดที่มีลักษณะฐานกว้างและยอดแหลมขึ้นไป เรียกว่า **พีระมิดนิเวศ (Ecological Pyramid)** ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

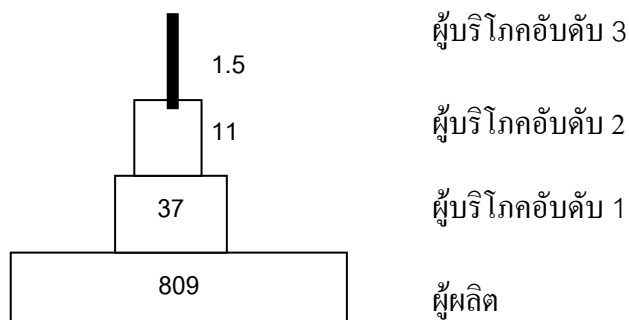
1. **พีระมิดแสดงจำนวน (pyramid of numbers)** เป็นพีระมิดนิเวศที่แสดงจำนวนสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่ หรือปริมาตรในแต่ละลำดับชั้นอาหารของห่วงโซ่อาหาร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เป็นวิธีที่วัดได้สะดวกไม่ยุ่งยาก แต่ลักษณะของพีระมิดอาจจะมีฐานกว้างกว่ายอดหรือฐานแคบกว่ายอดก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารนั้น

กล่าวคือ หากผู้ผลิตมีขนาดเล็กกว่าผู้บริโภค และผู้บริโภคลำดับต่ำมีขนาดเล็กกว่าผู้บริโภคลำดับสูงกว่า พืชจะมีฐานกว้างและค่อย ๆ เรียวเล็กไปหายอด หากผู้ผลิตมีขนาดใหญ่กว่าผู้บริโภค และผู้บริโภคลำดับต่ำมีขนาดใหญ่กว่าผู้บริโภคลำดับสูงกว่า พืชก็จะเป็นแบบหัวกลับ คือมีฐานแคบกว่ายอด ดังภาพ



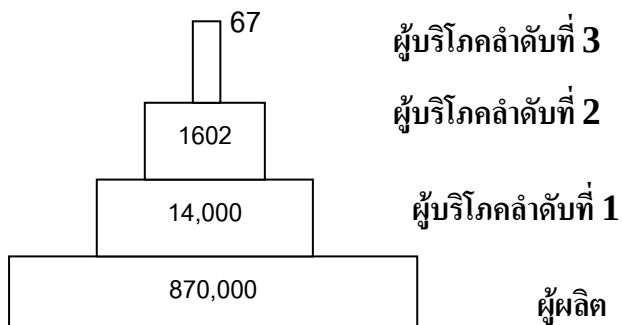
รูป 2.18 พีระมิดแสดงจำนวน

2. พีระมิดแสดงมวลชีวภาพ (pyramid of biomass) เป็นพีระมิดแสดงปริมาณของสิ่งมีชีวิตแต่ละลำดับ เป็นหน่วยของมวล อาจบอกหน่วยเป็นกรัมหรือกิโลกรัมหรือปอนด์ การชั่งมวลควรชั่งน้ำหนักแห้ง (dry weight) ซึ่งจะให้ค่าตรงตามความเป็นจริงมากกว่า การแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตโดยการชั่งมวลสามารถตัดปัญหาเรื่อง ขนาดตัวใหญ่หรือเล็กไม่เท่ากันได้



รูป 2.19 พีระมิดแสดงมวลชีวภาพ

3. พีระมิดแสดงพลังงาน (pyramid of energy) เป็นพีระมิดที่แสดงปริมาณสิ่งมีชีวิต โดยบอกเป็นอัตราของการถ่ายทอดพลังงาน และอัตราการผลิตของแต่ละลำดับชั้นอาหาร หน่วยที่ใช้อาจเป็นหน่วยของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ หรือหน่วยปริมาตรต่อหน่วยเวลา



รูป 2.20 พีระมิดแสดงพลังงาน

♣ นักเรียนคิดว่าพีระมิดนิเวศ มีประโยชน์ในด้านใดบ้าง

พีระมิดนิเวศ หรือพีระมิดแสดงปริมาณของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ เป็นแผนภาพที่ช่วยให้ทราบถึงโครงสร้างของลำดับชั้นอาหารในระบบนิเวศ ทำให้สามารถเปรียบเทียบลักษณะการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ เป็นประโยชน์ในการวางแผนการควบคุมจำนวนประชากร การวางแผนปรับปรุงระบบนิเวศและการทำนายอนาคตของระบบนิเวศต่าง ๆ

 เตือนความจำ

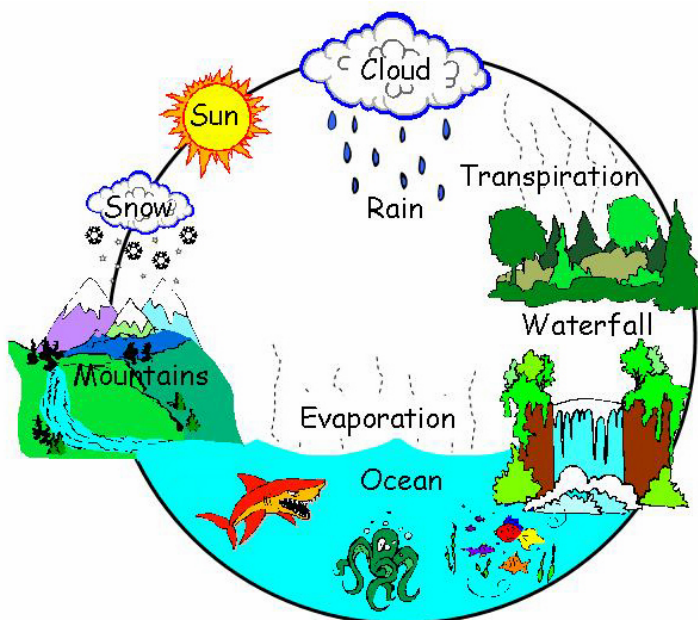
3. การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ

โดยทั่วไปในสภาวะแวดล้อมจะมีแร่ธาตุและสารต่างๆ เป็นองค์ประกอบอยู่แล้วตามธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตไม่เพียงแต่ใช้แร่ธาตุและสารจากธรรมชาติเท่านั้น แต่กิจกรรมการดำรงชีวิตก็มีการปล่อยสารบางอย่างกลับคืนสู่ธรรมชาติด้วย เช่น น้ำ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและกำมะถัน

นักเรียนจะได้ศึกษาการหมุนเวียนสารที่สำคัญในระบบนิเวศดังต่อไปนี้

3.1 วัฏจักรของน้ำ (Water cycle)

น้ำเป็นสารจำเป็นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นตัวละลายเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยาเคมี สิ่งมีชีวิตมีการปล่อยน้ำเข้าสู่สภาพแวดล้อมและรับน้ำจากธรรมชาติเข้าสู่ร่างกาย สิ่งมีชีวิตจำนวนมากอาศัยน้ำเป็นแหล่งที่อยู่เพราะผิวโลกประกอบด้วยพื้นน้ำถึง 3 ใน 4 ส่วน ซึ่งนักเรียนจะศึกษาการหมุนเวียนของน้ำได้จากแผนภาพต่อไปนี้

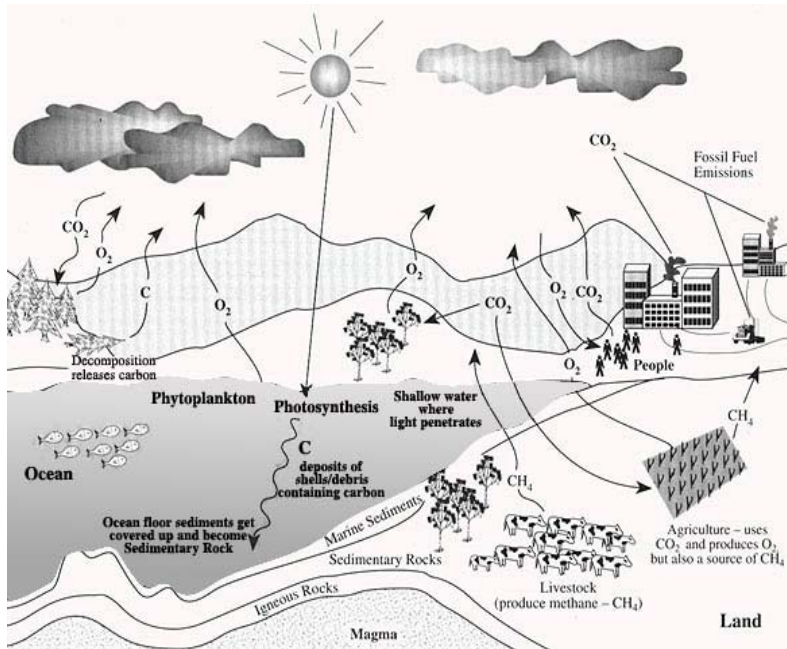


รูป 3.1 วัฏจักรของน้ำ

 เตือนความจำ

3.2 วัฏจักรของคาร์บอน (Carbon cycle)

คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด คาร์บอนสะสมในบรรยากาศในรูปของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์สะสมในน้ำได้หลายรูปแบบ เช่น ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์คาร์บอเนตที่ละลายน้ำ ตะกอนคาร์บอเนต คาร์บอนปรากฏอยู่ในดินในรูปของคาร์บอเนต ถ่านหิน น้ำมัน เพชร และแกรไฟต์ คาร์บอนสะสมอยู่ในพืช สัตว์และจุลินทรีย์ โครงกระดูก เปลือกและแกนของสัตว์จะแปรสภาพเป็นหินปูนได้ถูก หมุนเวียนออกสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์จะหมุนเวียนไปอยู่ในดิน ในน้ำได้หลายทาง เช่น การละลายน้ำ การแทรกตัวอยู่ในช่องว่าง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูก เปลี่ยนไปเป็น องค์ประกอบในพืชและผู้ผลิตต่างๆ ด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เมื่อผู้บริโภคกินผู้ผลิตเป็นอาหาร ก็จะได้รับ สารประกอบของคาร์บอนไปสร้างเป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อ ผู้บริโภคต่อไป



รูป 3.2 วัฏจักรของคาร์บอน

เตือนความจำ

3.3 วัฏจักรของไนโตรเจน (Nitrogen cycle)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต สารจำพวกโปรตีนทุกชนิด กรดนิวคลีอิก และสารอินทรีย์อีกหลายชนิดล้วนแต่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะดำรงชีวิตอยู่ได้ มีการสับเผ่าพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ไปได้ต้องอาศัยสารประกอบไนโตรเจนทั้งสิ้น

ก๊าซไนโตรเจน เป็นก๊าซที่มีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศ ไนโตรเจนมีการหมุนเวียนจากบรรยากาศสู่พื้นดิน น้ำและสิ่งมีชีวิตได้หลายทาง การหมุนเวียนของไนโตรเจนทั้งจากบรรยากาศสู่พื้นดิน น้ำ และจากในดินในน้ำกลับสู่บรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ จุลินทรีย์เหล่านี้จัดว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำใหสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ดำรงอยู่ได้ เราอาจจำแนกจุลินทรีย์ออกเป็นประเภทตามหน้าที่ในการหมุนเวียนไนโตรเจน ดังนี้

1. Nitrogen Fixing Organism เป็นจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) คือเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น ไนไตรท์ ไนเตรท จุลินทรีย์พวกนี้ มีทั้งพวกแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixing bacteria) เช่น ไรโซเบียม (Rhizobium) ที่อาศัยอยู่ในปมรากพืชตระกูลถั่ว พวกรากที่มีความสัมพันธ์กับพืชแบบไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) และพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิด เช่น Nostoc, Anabaene, Oscillatoria

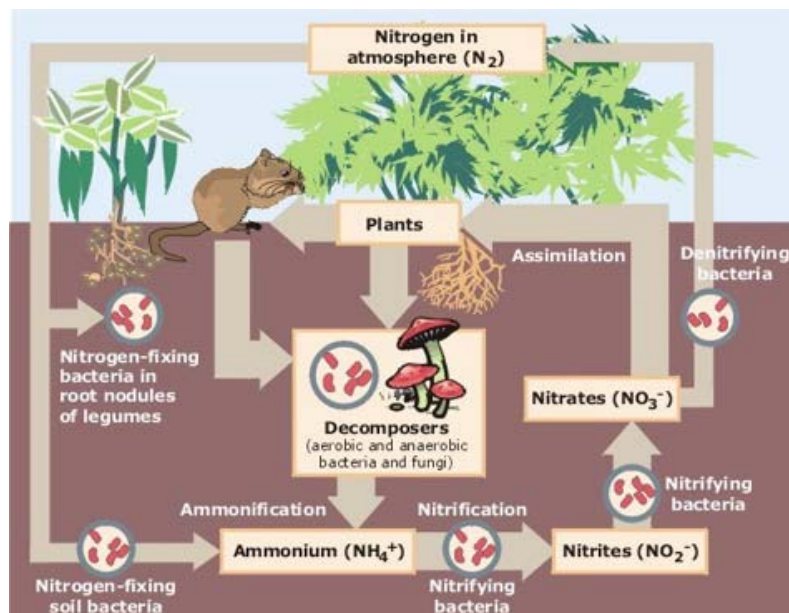
2. Ammonifying Organism เป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสารพวกแอมโมเนียจากสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนส่วนใหญ่ได้แก่ โปรตีน และกรดนิวคลีอิก เมื่อเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะทำให้สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย เมื่อมีแอมโมเนียไอออนในดิน พืชจะดูดซึมน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีน เมื่อสัตว์มากินพืช สัตว์ก็จะได้สารประกอบไนโตรเจนไปใช้ในกระบวนการสร้างเนื้อเยื่อของสัตว์

 เตือนความจำ

จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วได้แอมโมเนียมีหลายชนิด เช่น แบคทีเรียและราบางชนิด กระบวนการทำงานของจุลินทรีย์เรียกว่า การสร้างแอมโมเนีย (ammonification)

3. Nitrifying Organism เป็นจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็นไนเตรท จุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ คือ แบคทีเรียพวกไนโตรโซโมนาส (Nitrosomonas) และจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็นไนเตรท คือ แบคทีเรียพวกไนโตรแบคเตอร์ (Nitrobacter) กระบวนการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองกลุ่ม เรียกว่า การสร้างไนโตรเจน (nitrification)

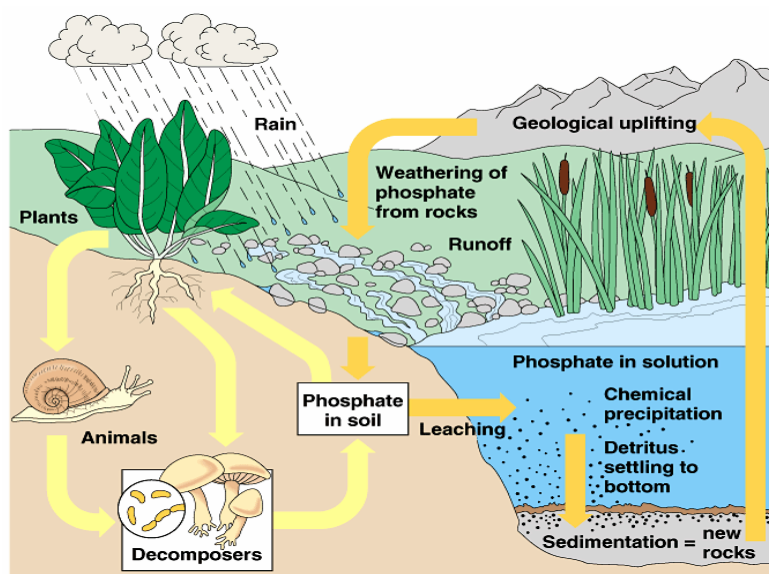
4. Denitrifying Bacteria เป็นแบคทีเรียที่เป็นผู้ผลิตที่เปลี่ยนไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดเรียกว่า denitrification แบคทีเรียที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจนนี้มีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น Pseudomonas และ Achromobacter



รูป 3.3 วงจรของไนโตรเจน

3.4 วัฏจักรของฟอสฟอรัส (Phosphorus cycle)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ร่างกายต้องการมากเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในกระดูกและฟัน เยื่อหุ้มเซลล์ ATP และสารพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต ในพืชฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก โดยพืชมีรากพวกไมคอร์ไรซา ทำหน้าที่เปลี่ยนธาตุฟอสฟอรัสในดินให้เป็นฟอสเฟต เพื่อพืชสามารถนำไปใช้ได้ ถ้าขาดธาตุฟอสฟอรัสพืชจะให้ผลผลิตต่ำ ในดินและหิน สารประกอบฟอสฟอรัสสะสมและทับถมอยู่โดยทั่วไป ในน้ำมีสารประกอบฟอสฟอรัสละลายอยู่โดยทั่วไป ยิ่งในแหล่งน้ำที่เป็นที่รองรับน้ำทั้งจากบ้านเรือนจะยังมีมาก ในทะเลและมหาสมุทร มีฟอสเฟตสะสมอยู่ในน้ำ ในหินปะการัง เปลือกหอยและโครงกระดูกต่างๆ สาหร่ายทะเลและสัตว์ทะเลได้นำฟอสเฟตไปใช้ สารประกอบจากร่างกายและเซลล์ของพืช สัตว์และจุลินทรีย์จะถูกหมุนเวียนกลับสู่น้ำและดินโดยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และการหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากน้ำขึ้นสู่พื้นดินจะเกิดขึ้นได้จากการที่มีการจับสัตว์น้ำ พืชน้ำขึ้นมากินเป็นอาหาร ซากของสัตว์และพืชน้ำจะถูกย่อยสลายให้สารประกอบฟอสฟอรัสแก่ดิน มีส่วนทำให้เกิดการหมุนเวียน เคลื่อนย้ายสารประกอบฟอสฟอรัสขึ้นมานบนบก



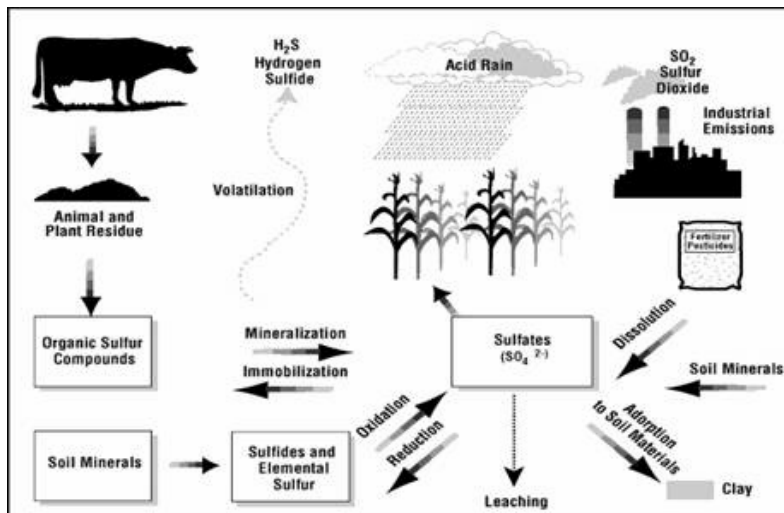
รูป 3.4 วัฏจักรของฟอสฟอรัส

เตือนความจำ

3.5 วัฏจักรของกำมะถัน (Sulfur cycle)

กำมะถันเป็นธาตุที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนหลายชนิด และเป็นธาตุองค์ประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด ในธรรมชาติอาจพบกำมะถันบริเวณที่มีภูเขาไฟระเบิดหรือบริเวณน้ำพุร้อน แต่ส่วนใหญ่จะพบอยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำกำมะถันบริสุทธิ์มาใช้ได้โดยตรง แต่จะนำมาใช้ในรูปของสารประกอบ โดยเริ่มต้นจากรากของพืชจะดูดซัลเฟตเข้าไปสร้างเป็นอินทรียสารในพืช สัตว์ได้รับกำมะถันโดยการบริโภคพืช เมื่อพืชและสัตว์ตายไปก็จะถูกสลายโดยจุลินทรีย์บางชนิด เช่น ราพวก *Aspergillus* จนได้สารประกอบซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ ทำให้พืชสามารถนำอินทรียสารพวกซัลเฟตมาใช้ได้อีก เรียกกระบวนการนี้ว่า **Mineralization**



รูป 3.5 วัฏจักรของกำมะถัน

เตือนความจำ

4. การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต

แหล่งที่อยู่อาศัยในระบบนิเวศย่อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จำนวนชนิดและจำนวนตัวของสิ่งมีชีวิตที่อยู่นั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกันทั้งสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตในแหล่งที่อยู่นั้นต่างก็มีผลต่อกันและกัน ต่างฝ่ายต่างก็เปลี่ยนแปลงไป

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต (Succession) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงชนิดและหรือจำนวนของสิ่งมีชีวิตอย่างเป็นขั้นตอนในแหล่งที่อยู่ใดๆ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดขึ้นอยู่ช้าๆ เช่น พื้นที่ชายหาดที่กระแสน้ำและคลื่นน้ำพัดพาทรายมากองทับถมที่อยู่ชายฝั่ง มีทรายสะสมมากขึ้นๆ เป็นเวลานานนับสิบปี ชายหาดกว้างขึ้นทุกที มีปู แมลง นกทะเลมาเดินเกาะอาศัยและหาอาหาร เมื่อฝนตก เมล็ดพืชที่คนและน้ำนำมาทิ้งไว้งอกเป็น ต้นไม้เล็ก ๆ เมล็ดหญ้าปลิวมาตกและงอกเป็นต้นหญ้า เวลาผ่านไปหลายปีจะเห็นมีพืชและสัตว์เพิ่มจำนวนมากขึ้น หรือการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ภูเขาไฟระเบิด ลาวาไหลท่วมไปทั่วบริเวณ ไฟไหม้บ้านเรือนและป่าไม้ กลายเป็นพื้นที่หินภูเขาไฟที่มีสิ่งมีชีวิตอยู่น้อยมาก จนเรียกว่าเป็นพื้นที่ว่างเปล่า เวลาผ่านไปนานหลายปีเริ่มมีสิ่งมีชีวิตในบริเวณนี้ออย่างถาวร ค่อยๆมีพืชและสัตว์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมีขั้นตอนแทนที่สิ่งมีชีวิตเดิม

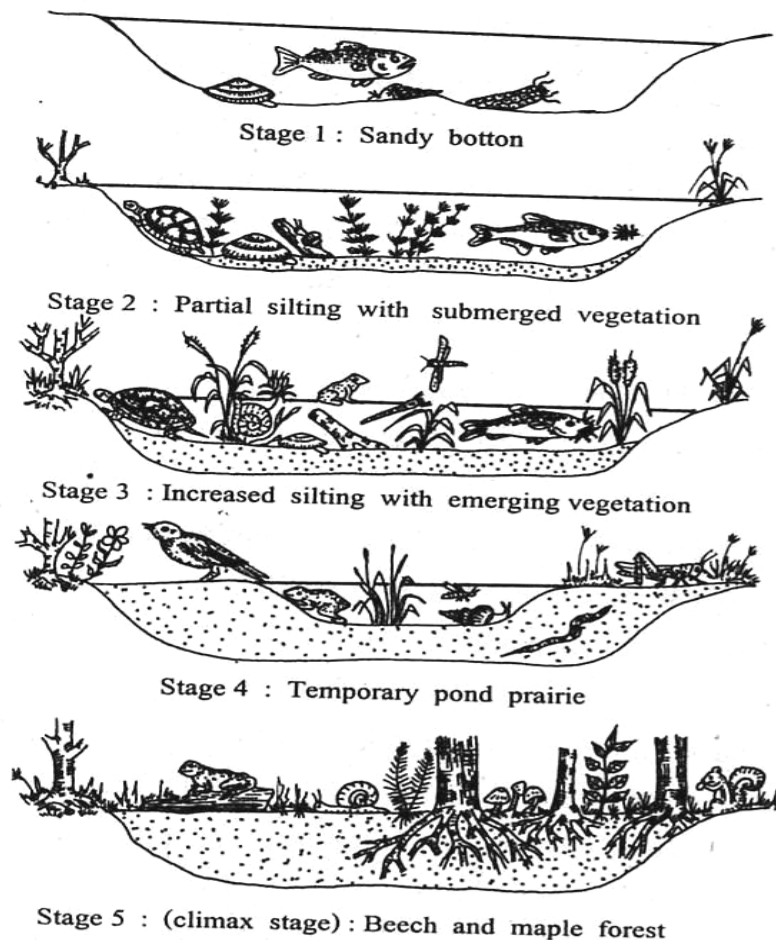
♣นักเรียนคิดว่า การกระทำของมนุษย์ มีผลกระทบต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นจนคงสภาพอยู่เช่นนั้นได้นาน แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ้างก็ ยังอยู่ในสภาวะที่สมดุล เนื่องจากกลุ่มสิ่งมีชีวิตในที่นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม และมีความสัมพันธ์อย่างเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต เราเรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ดำรงอยู่ในสภาวะที่สมดุลนี้ว่า **สังคมสิ่งมีชีวิตขั้นสุด (Climax community)**

 เตือนความจำ

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามจุดเริ่มต้น คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ (Primary Succession) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่โดยเริ่มต้นจากสัณฐาน หรือแหล่งที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตอยู่เลย แล้วจึงมีการเปลี่ยนแปลงมาเรื่อยๆ จนเข้าถึงขั้นสุด (Climax stage) เช่น มีพืชขึ้นบนเกาะที่เกิดใหม่ หรือบริเวณที่เกิดภูเขาไฟใหม่ๆ ซึ่งยังไม่มีกรครอบครองของสิ่งมีชีวิตมาก่อน เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ (Secondary Succession) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในพื้นที่ซึ่งเคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่แต่ถูกทำลายไปโดยคน สัตว์ หรือภัยธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม เป็นต้น

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของบ่อน้ำหรือสระน้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลงจากบ่อหรือสระที่ตื้นเขินขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นพื้นที่แผ่นดิน มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นๆ ดังภาพ



รูป 4.1 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของบ่อน้ำ

เตือนความจำ

 เตือนความจำ

1. ระยะบุกเบิก (Pioneer stage) เริ่มต้นจากก้อนบ่อหรือสระมีดิน หรือทราย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่จะมีความเป็นอยู่อย่างง่าย ๆ เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว ส่วนในน้ำมีพวกแพลงก์ตอน ซึ่งในธรรมชาติจริงๆ จะไม่พบระยะนี้ นอกจากจะเกิดจากปัจจัยทางกายภาพ หรือชีวภาพทำให้เกิดขึ้นเท่านั้น

2. ระยะพืชใต้น้ำ (Submerged vegetation stage) จะเกิดหลังระยะแรกประมาณ 2 – 3 ปี หรือเกิดเมื่อสิ่งมีชีวิตในระยะแรกเริ่มตายลงและทับถมกันเป็นอาหารของพืชใต้น้ำ ได้แก่ พวกสาหร่ายชนิดต่างๆ เช่น สาหร่ายไฟ สาหร่ายพวงกะโหลก สาหร่ายข้าวเหนียว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวกตัวอ่อนของแมลงที่มากินสาหร่ายอีกด้วย

3. ระยะพืชโผล่เหนือน้ำ (Emerging vegetative stage) เมื่อพื้นล่างของแหล่งน้ำมีแร่ธาตุอาหารพืชมากขึ้น โดยการทับถมของอินทรียสารทำให้แหล่งน้ำนั้นเริ่มตื้นเขิน ก็จะมีพืชที่มีลำต้นเจริญขึ้นเหนือน้ำ ได้แก่ พวกหญ้า อ้อ เตย กก ตลอดจนมีสัตว์บางชนิด เช่น กุ้ง แมลง ปลิง ปลาและกบ เป็นต้น

4. ระยะที่เกิดลุ่มน้ำขัง (Temporary pond stage) ระยะนี้เมื่อน้ำในแหล่งน้ำเริ่มแห้งลงและตื้นเขินมีพื้นดินมากขึ้น ความสูงต่ำของพื้นดินไม่เท่ากันจึงทำให้น้ำขังเป็นบางแห่งในฤดูฝน ซึ่งพืชและสัตว์ต้องมีการปรับตัวที่ดีพอจึงจะสามารถอยู่ในสภาพเช่นนี้ได้ ในการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ โปรโตซัว จะเข้าเกราะ (Cyst) พวกสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกก็จะอาศัยอยู่ในรู ในระยะนี้จะมีพืชเพิ่มขึ้นบางชนิด เช่น พวกโสนและไม้ล้มลุกที่ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะ เป็นต้น

5. ระยะป่าไม้ยืนต้น (Beech and maple forest) ระยะนี้จะไม่มีน้ำเหลืออยู่เลย แต่จะเป็นพื้นดินทั้งหมด มีพืชพวกไม้ล้มลุก ไม้พุ่มและไม้ยืนต้น เริ่มเกิดขึ้นเป็นลำดับ จึงเป็น Climax stage ในระยะนี้

นักเรียนสามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตได้ในห้องปฏิบัติการ โดยการทดลองต่อไปนี้

กิจกรรม 4.1

- วิธีทำ**
1. นำภาชนะขวดโหลที่ใส เช่น ขวดกาแฟ (ก้นภาชนะควรเป็นพื้นเรียบ)
 2. ตักน้ำจากบ่อหรือคลองธรรมชาติมาใส่ขวดโหล
 3. ตั้งทิ้งไว้ 1 เดือน
 4. ออกแบบตารางบันทึกผลการสังเกตการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในภาชนะขวดโหล
 5. บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงในขวดโหล พร้อมทั้งนำน้ำมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ทุกสัปดาห์
 6. สรุปผลการเปลี่ยนแปลงในขวดโหล โดยเฉพาะบริเวณก้นขวด

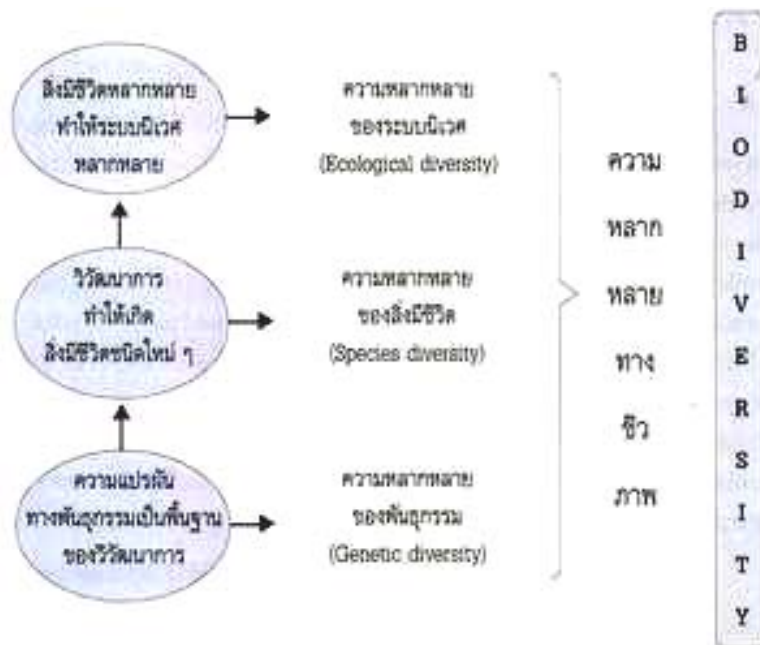
♣ จากการทดลอง นักเรียนพบสิ่งมีชีวิตชนิดใดบ้าง

♣ นักเรียนคิดว่า สัตว์มีชีวิตรุ่นสุดท้ายมีโอกาสเสียไปได้หรือไม่ เพราะสาเหตุใด

 เตือนความจำ

5. ระบบนิเวศกับความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ มีความหมายตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า biological diversity หรืออาจเรียกสั้นๆ ว่า biodiversity เป็นเรื่องเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตทุกรูปนาม ไม่ว่าจะเป็น จุลินทรีย์ พืช และ สัตว์ ที่อยู่ร่วมกันเป็นสังคมตามถิ่นที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกันอย่างหลากหลาย โดยถิ่นที่อยู่อาศัยนี้มีอยู่ทั้งบนบก บนภูเขา ในป่าที่ หลากหลายชนิด ในน้ำ ห้วย หนองคลองบึง ตลอดจนในมหาสมุทร นับเป็น ความหลากหลายของระบบนิเวศ (ecosystem diversity) ในแต่ละระบบนิเวศก็จะมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดพันธุ์ เรียกว่าเป็นความ หลากหลายในชนิดพันธุ์ (species diversity) และในแต่ละชนิดพันธุ์ก็มีความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetics diversity) สูงต่ำแตกต่างกันไป ความหลากหลายทางชีวภาพ โดยทั่วไปมักหมายถึงสิ่งมีชีวิตอื่นลดลง หรือแม้แต่สูญหายไปจากโลก ดังนั้น สหประชาชาติจึงรวมเอามนุษย์ เข้าไปในระบบด้วย และมีความหลากหลายทางวัฒนธรรม (cultural diversity) สูงมาก



รูป 5.1 ความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายของระบบนิเวศนั้นมีอยู่ 3 ประเด็นด้วยกัน ดังนี้

1. ความหลากหลายของถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ (Habitat Diversity) ตัวอย่างเช่น ในผืนป่าทางตะวันตกของไทยที่มีลำน้ำใหญ่ไหลผ่าน จะพบถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติมากมายคือ ลำน้ำ หาดทราย ห้วยเล็กห้วยน้อยอันเป็นลำน้ำสาขา พืชซึ่งมีน้ำขัง หน้าผา ถ้ำ ป่าบนที่ดอนซึ่งก็มีหลายประเภท แต่ละถิ่นกำเนิดก็มีสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่แตกต่างกันไป เช่น ลำน้ำพบควายป่า หาดทรายมีนกยูงไทย หน้าผามีเลียงผา ถ้ำมีค้างคาว เป็นต้น เมื่อแม่น้ำใหญ่ถูกเปลี่ยนเป็นทะเลสาบขนาดใหญ่ ภายหลังการสร้างเขื่อนความหลากหลายของถิ่นกำเนิดก็ลดน้อยลง โดยทั่วไปแล้วที่ใดที่มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติหลากหลายที่นั่นจะมีชนิดสิ่งมีชีวิตหลากหลายตามไปด้วย

2. ความหลากหลายของการทดแทน (Successional Diversity) ในป่านั้นมีการทดแทนของสังคมพืชกล่าวคือ เมื่อป่าถูกทำลายจะโดยวิธีใดก็ตาม เช่น ถูกแผ้วถาง พายุพัดไม้ ป่าหักโค่นเกิดไฟป่า น้ำท่วมหรือแผ่นดินถล่ม เกิดเป็นที่โล่ง ต่อมาจะมีพืชขึ้นใหม่เรียกว่า พืชเบิกนำ เช่น มีหญ้าคา สาบเสือ กล้วยป่าและเถาว์วัลย์เกิดขึ้นในที่โล่งนี้ เมื่อเวลาผ่านไปก็มีต้นไม้เนื้ออ่อนโตเร็วเกิดขึ้น เช่น กระทุ่มน้ำ ปอหูกวาง นนทรี เกิดขึ้นและหากปล่อยไว้โดยไม่มีการรบกวน ป่าดั้งเดิมก็จะกลับมาอีกครั้ง เราเรียกกระบวนการนี้ว่า **การทดแทนทางนิเวศวิทยา (Ecological Succession)** สิ่งมีชีวิตบางชนิดปรับตัวให้เข้ากับยุคต้นๆ ของการทดแทน บางชนิดก็ปรับตัวให้เข้ากับยุคสุดท้ายซึ่งป่าบริสุทธิ์ (Virgin forest)

3. ความหลากหลายของภูมิประเทศ (Land scape Diversity) ในท้องที่บางแห่งมีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติมากมาย เช่น ลำน้ำ บึง หาดทราย ถ้ำ หน้าผา ภูเขา ลานหินและมีสังคมพืชในหลายๆ ยุคของการทดแทน มีทุ่งหญ้าป่าโปร่งและป่าดิบ พื้นที่เช่นนี้จะมีสรรพสิ่งมีชีวิตมากมายผิดกับเมืองหนาวที่มีต้นไม้ชนิดเดียวขึ้นอยู่บนเนื้อที่หลายร้อยไร่ มองไปก็เจอต้นไม้สนเพียงชนิดเดียว

❖ นักเรียนคิดว่า ความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างไร

 เตือนความจำ

ความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญต่อระบบนิเวศมาก การที่มีสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน อาศัยอยู่ในระบบนิเวศเดียวกัน ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ เกิดการพึ่งพาอาศัยของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ร่วมกัน และที่สำคัญคือ ทำให้ระบบนิเวศเกิดภาวะสมดุล ซึ่งภาวะสมดุลไม่ได้หมายถึงทุกอย่างคงที่ แต่หมายถึงสภาวะที่ระบบนิเวศสามารถปรับตัวเข้าสู่สภาวะเดิมได้เมื่อประสบกับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งระบบนิเวศที่มีความสมดุลนี้มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ต่างๆ แหล่งน้ำขนาดใหญ่ ทะเล ทะเลสาบ เป็นต้น ภายในระบบนิเวศที่มีความสมดุลนี้มีการสะสมแหล่งพันธุกรรมไว้มากมาย โดยผ่านขั้นตอนวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์เป็นระยะเวลายาวนานมาก ดังนั้นระบบนิเวศเหล่านี้จึงเป็นแหล่งของความหลากหลายทางชีวภาพที่มั่นคงและยั่งยืน

❖ **นักเรียนคิดว่า ความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างไร**

ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์นั้นมากมาย เนื่องจากมนุษย์ก็เป็นส่วนหนึ่งของความหลากหลายทางชีวภาพ จึงต้องมีการพึ่งพาอาศัยสิ่งมีชีวิตต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิตอยู่ได้ มนุษย์จึงใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพในทุกด้าน เช่น ด้านอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่อยู่อาศัยเพื่อความอยู่รอดและยังใช้ในการอำนวยความสะดวกสบาย การพักผ่อนหย่อนใจ เป็นต้น การเกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ เกิดขึ้นมานานแล้ว เมื่อเทียบกับวิวัฒนาการการเกิดมนุษย์ถือว่ามนุษย์ยังเกิดมาไม่นานนัก และมีช่วงเวลาของการใช้ทรัพยากรเหล่านี้มีน้อยมาก แต่มนุษย์ก็ทำลายทรัพยากรขยายตัวทางด้านที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม เทคโนโลยี การพัฒนาต่างๆ โดยปราศจากการคำนึงถึงผลกระทบที่จะตามมา ย่อมก่อให้เกิดการทำลายสภาพแวดล้อม และทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลไป ซึ่งแท้จริงแล้วความหลากหลายทางชีวภาพเป็นสมบัติพื้นฐานที่จะทำให้มนุษย์ชาติอยู่รอดได้

♣ นักเรียนคิดว่า เพราะสาเหตุใดที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย
ความหลากหลายทางชีวภาพ จงยกตัวอย่าง

สาเหตุสำคัญของการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ
เนื่องจากการนำทรัพยากรต่างๆ มาใช้มากเกินไป โดยไม่คำนึงถึง
ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับระบบนิเวศ เช่น การตัดไม้ทำลายป่ามาก
เกินไป และไม่มีการปลูกทดแทนจนเกิดปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่า
อย่างรวดเร็ว ป่าไม้ขาดความสมดุล และส่งผลกระทบต่อจำนวนและ
ชนิดของสัตว์ป่าลดลงอย่างรวดเร็วด้วย นอกจากนี้การรบกวนแหล่งที่
อยู่อาศัยและการดำรงชีวิตของสัตว์ป่า เช่น การสร้างเขื่อน การขยาย
พื้นที่ทางการเกษตรเข้าไปในบริเวณป่า ทำให้แหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต
ต่างๆ ถูกทำลาย หรือแหล่งหาอาหารและเส้นทางการเดินที่ใช้ใน
ชีวิตประจำวันถูกตัดขาดไป ส่งผลกระทบมากมายต่อระบบนิเวศ

กิจกรรม 5.1

จงสืบค้น รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของความ
หลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อระบบนิเวศและมนุษย์ รวมถึงสาเหตุของ
การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ พร้อมทั้งวิเคราะห์ อภิปราย
แล้วนำมาเสนอ

 เตือนความจำ

6. คุณภาพของระบบนิเวศ

ในระบบนิเวศหนึ่งๆ จะมีขบวนการควบคุมตนเองให้เป็นอิสระจากระบบอื่นและมีความสมดุล (homeostasis) อยู่เสมอ การควบคุมจะเป็นไปในลักษณะย้อนกลับ เช่น ในแหล่งน้ำที่มีสัตว์เล็กชุกชุม ย่อมจะมีปลากินสัตว์เล็กชุกชุมด้วย เมื่อปลาที่มีอาหารสมบูรณ์ จะมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นการกินอาหารก็เพิ่มขึ้นตาม สัตว์เล็กที่เป็นอาหารปลาซึ่งเคยมีอยู่ชุกชุมก็จะลดปริมาณลง จำนวนของปลาจะลดลงตามมา เนื่องจากขาดแคลนอาหาร จะเห็นได้ว่าสิ่งมีชีวิตมีการควบคุมกันเองเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่เหมาะสม จึงเกิดความสมดุลของระบบนิเวศ ฉะนั้นคุณภาพของระบบนิเวศจึง หมายถึง สภาพแห่งความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของสสาร และการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศนั้นๆ ทำให้สามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างเหมาะสม ปกติสุขในสภาพแวดล้อมปกติโดยที่จำนวน หรือปริมาณของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศนั้นมีอย่างพอเหมาะ เป็นระยะเวลายาวนาน

การเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติอันเนื่องมาจากฤดูกาล ลมฟ้าอากาศ ไม่มีผลให้เกิดการเสียสมดุลของระบบนิเวศ (balancing of nature) ธรรมชาติที่มนุษย์ไม่เข้าไปเกี่ยวข้องหรือมีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมภาวะสมดุลก็จะคงอยู่ แต่ความต้องการที่ไม่มีขอบเขตและไม่สิ้นสุดของมนุษย์ส่งผลให้ธรรมชาติเสียสมดุลไป ซึ่งระบบนิเวศจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบค่อยเป็นค่อยไป เป็นการเปลี่ยนแปลงช้าๆ ตามธรรมชาติ ต้องใช้เวลานานจึงเห็นความเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน เช่น ที่ดินร้าง เมื่อเวลาผ่านไปจะกลายเป็นทุ่งหญ้า มีไม้พุ่ม และไม้ยืนต้นค่อยๆ เจริญงอกงามขึ้น จนกระทั่งเป็นป่าไม้ได้ถ้าไม่ถูกรบกวน ส่วนอีกแบบเป็นแบบกะทันหัน คือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งที่มีชีวิตและสภาพแวดล้อมมาก อาจจะทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลได้ เช่น ไฟไหม้ป่า น้ำท่วม แผ่นดินไหว ฯลฯ สิ่งที่มีชีวิตในระบบนิเวศ จึงต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงให้ได้

 เตือนความจำ

เพื่อความอยู่รอด เช่น กิ้งก่าเปลี่ยนสีลำตัวให้เหมือนสีต้นไม้ กบจำศีลในฤดูแล้ง เป็นต้น การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะทำให้ระบบนิเวศเกิดความสมดุล

ห่วงโซ่อาหาร ก็เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ระบบนิเวศมีความสมดุลตามธรรมชาติ ช่วยให้สิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มมีจำนวนพอเหมาะ ไม่เพิ่มขึ้นมาจนเกินไป เช่น แมลงเป็นสัตว์ที่เกิดครั้งละมากๆ เติบโตเร็วถูกนกจับกินเป็นอาหารทำให้จำนวนแมลงลดลง นกก็ถูกคนล่าไปเป็นอาหารอีก เป็นต้น

♣ นักเรียนคิดว่า สาเหตุใดที่ก่อให้เกิดการสูญเสียความสมดุลในระบบนิเวศมากที่สุด

การสูญเสียความสมดุลในระบบนิเวศ เกิดขึ้นได้ ทั้งตามธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่สิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จะสามารถแก้ไขได้ด้วยตัวของมันเอง เช่น ในบริเวณทุ่งหญ้าขนาดเล็ก แต่มีกวางเพิ่มจำนวนมากขึ้น จนอาหารที่ได้ไม่เพียงพอ กวางบางกลุ่มก็จะอพยพออกไปหรือบางตัวก็ล้มตายไปบ้าง ทำให้จำนวนของประชากรกวางลดลงจนมีความสมดุลกับอาหาร และที่อยู่อาศัย

ส่วนการทำลายระบบนิเวศ โดยการกระทำของมนุษย์นั้น เป็นการทำลายที่ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลไป โดยเฉพาะสาเหตุจากการเพิ่มของประชากร ยิ่งประชากรเพิ่มมากขึ้นทำให้ต้องขยายพื้นที่ทำการเพาะปลูก ขยายเมือง มีการพัฒนาการเกษตรให้เกิดการเกษตรสมัยใหม่ การตั้งโรงงานอุตสาหกรรม การนำเทคโนโลยีด้านต่างๆ มาใช้ โดยขาดความสำนึกถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งจะทำให้ระบบนิเวศเสียความสมดุลมากขึ้น

♣ นักเรียนจะมีวิธีการในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศอย่างไร จงอธิบาย

 เตือนความจำ

ระบบนิเวศไม่ว่าจะเป็นสถานที่ใดย่อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามธรรมชาติ ซึ่งตามปกติการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปตามธรรมชาติ และจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยมาก แต่ปัญหาที่พบในปัจจุบันนี้คือ การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศอย่างรวดเร็วโดยการกระทำของมนุษย์ ในที่สุดก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งมนุษย์เอง ดังนั้นเราทุกคน จึงจำเป็นต้องช่วยกันดูแลรักษาฟื้นฟูให้ระบบนิเวศที่เสียสมดุลไปกลับคืนมาอยู่ในภาวะสมดุล โดยใช้มาตรการหลายๆ ด้าน รวมทั้งการใช้หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1) การสำรวจ (Exploration) เป็นการสำรวจแหล่งทรัพยากรต่างๆ เช่น แหล่งก๊าซธรรมชาติ แหล่งแร่ ป่าไม้ แหล่งน้ำ เป็นต้นว่าทรัพยากรเหล่านี้มีอยู่ที่ใดบ้าง เป็นปริมาณเท่าไร และสามารถนำออกไปใช้ได้หรือไม่

2) การป้องกัน (Protection) เป็นการป้องกันสิ่งที่ใช้แล้วไม่ให้เกิดความเสียหาย ความเสื่อมโทรมหรือถูกทำลาย เช่น การใช้ที่ดินในการเพาะปลูก หากไม่มีการดูแลและปล่อยไว้อาจถูกน้ำ ลม กัดเซาะนำความอุดมสมบูรณ์จากดินออกไป ทำให้ดินพังทลายจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการพังทลาย และการชะพาน้ำดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ไว้

3) การลดอัตราความเสื่อมสูญ (Elimination of Waste) คือ การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้ได้ประโยชน์เต็มที่ ทำให้มีการสูญเสียหรือส่วนที่ไม่ใช้ประโยชน์น้อยที่สุด

4) การใช้สิ่งที่มีคุณภาพรองลงมา (Use Lower – Grade Material) การใช้ทรัพยากรที่ดีและใช้เพียงชนิดเดียวจนมากเกินไป ทำให้ทรัพยากรเหล่านั้นเหลือน้อย หรือหมดไปได้ ทางที่ดีเราควรมองเห็นคุณค่าและประโยชน์ของทรัพยากรที่เราไม่ค่อยได้ใช้ ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติที่ดี และเราก็จะได้ประโยชน์จากการใช้ทรัพยากรได้เพิ่มขึ้นอีกหลายชนิด

เตือนความจำ

5) การปรับปรุงคุณภาพ (Improve Quality) นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาวิจัยจนค้นพบเทคนิควิธีการใหม่ๆ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีคุณภาพต่ำได้

6) การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก (Recycle) เป็นการนำวัสดุที่ผ่านการใช้แล้วมาผ่านกระบวนการใหม่ โดยอาจแปรรูปเป็นวัสดุประเภทอื่นหรือประเภทเดิม แล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่

7) การนำมาทดแทนกัน (Substitution) คือ การนำทรัพยากรที่มีอยู่และหาได้ง่ายมาใช้ทดแทนทรัพยากรที่มีน้อยและหายาก

8) การใช้ซ้ำหลายๆ ครั้ง (Reused) เป็นการนำทรัพยากรที่ใช้แล้ว แต่ยังคงมีสภาพคืออยู่มาใช้ซ้ำอีกเพื่อลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง

9) การลดการใช้ทรัพยากร (Reduce) เป็นการลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็นหรือการใช้ทรัพยากรให้น้อยลง

นักเรียนจะเห็นว่า การใช้ทรัพยากรนั้น ควรจะมีการพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ และผลกระทบที่จะตามมาด้วยเพราะหากใช้ทรัพยากรมากเกินไป ก็อาจทำให้ทรัพยากรลดจำนวนลงและอาจหมดไปในที่สุด จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศได้ นอกจากนี้การใช้ทรัพยากรบางอย่าง ก็อาจเกิดมลภาวะขึ้นมากจนเกินขีดจำกัดที่ธรรมชาติจะรับไหวได้ และเกิดผลกระทบตามมาต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ ดังนั้นในการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ควรมีการตระหนักถึงข้อเท็จจริงต่างๆ ทางนิเวศวิทยา โดยเฉพาะความสมดุลของระบบนิเวศ เพราะหากเกิดปัญหาขึ้นมาแล้ว ก็เป็นการยุ่งยากที่จะทำการแก้ไข ดังนั้นทางที่ดีที่สุด คือการร่วมมือกันดูแลทรัพยากรและสภาพแวดล้อมต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่ดีตามธรรมชาติ เพื่อเป็นการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ ประโยชน์สุขของมวลมนุษยและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศทั้งในปัจจุบันและอนาคต

 เตือนความจำ

บรรณานุกรม

- กฤษณ์ มงคลปัญญาและอมรา ทองปาน. (2540). *ชีววิทยา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- เกษม จันทรแก้ว. (2530). *วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกษม จันทรแก้วและคณะ. (2541). *สิ่งแวดล้อมเทคโนโลยีและชีวิต*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกษม ศรีพงษ์. (2546). *คู่มือเตรียมสอบวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 – ม.6) สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : บริษัท ภูมิบัณฑิตการพิมพ์ จำกัด.
- บัญชา แสนทวีและคณะ. (2541). *หนังสือเรียนสมบูรณ์แบบวิทยาศาสตร์ ว411 วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด.
- ปรีชา สุวรรณพินิจและนางลัดกษณ์ สุวรรณพินิจ. (2540). *ชีววิทยา 2*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุพดี เสดพรธ. (2544). *ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : พิษณุการพิมพ์.
- ราตรี ภารา. (2540). *ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ จำกัด.
- วราพร ศรีสุพรรณ. (2542). *สิ่งแวดล้อมศึกษา*. มุลินธิโลกสีเขียวในพระอุปถัมภ์ของสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์.
- วิลเลียมส์, กาเรธ. (2544). *ชีววิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : พิมพ์ดี.
- วิสุทธิ ใบไม้. (2545). *วิวัฒนาการมนุษย์และความหลากหลายทางชีวภาพ*. กรุงเทพฯ : บริษัท จีรวัฒน์ เอ็กซ์เพรส จำกัด.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). *หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา ว441*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *เอกสารสำหรับนักเรียน วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว411*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ใบงานกิจกรรม 1.1 สำรวจระบบนิเวศธรรมชาติ

กิจกรรม 1.1

ตอนที่ 1

ตารางแสดง.....

รายการสำรวจ		ผลการสำรวจ
สีของดิน		
กลิ่น		
ความชื้น		
ลักษณะเนื้อดิน		
สิ่งปนเปื้อน		
อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส)	ระดับพื้นดิน	
	ระดับความลึก 20 ซม.	
ความเป็นกรดเบส (pH)	ระดับพื้นดิน	
	ระดับความลึก 20 ซม.	

ตอนที่ 2

ตารางแสดง.....

รายการสำรวจ		ผลการสำรวจ
สีของน้ำ		
กลิ่น		
สิ่งปนเปื้อน		
ความขุ่นใสของน้ำ		
ค่าความโปร่งแสงของน้ำ		
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	ระดับผิวน้ำ	
	ระดับความลึก 20 ซม.	
ความเป็นกรดเบส (pH)	ระดับผิวน้ำ	
	ระดับความลึก 20 ซม.	

ตอนที่ 3

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 4

ตารางแสดง.....

บริเวณที่สำรวจ	ผลการสำรวจ		
	ชื่อพืชที่พบ	จำนวน	วาดรูป
ต้นไม้ขนาดใหญ่			
ต้นไม้ขนาดเล็ก			
ไม้พุ่ม			
พืชขนาดเล็ก			

ตอนที่ 5

ตารางแสดง.....

บริเวณที่สำรวจ	ผลการสำรวจ		
	ชื่อสิ่งมีชีวิต	จำนวน	วาดรูป
สิ่งมีชีวิต บนพื้นดิน			
สิ่งมีชีวิตในดิน			
สิ่งมีชีวิต บนต้นไม้			
สิ่งมีชีวิต บริเวณก้อนหิน			
สิ่งมีชีวิต บนผิวน้ำ			
สิ่งมีชีวิต ในน้ำระดับความ ลึก 20 ซม.			

แบบฝึกหัด เรื่อง ความหลากหลายของระบบนิเวศ

จงตอบคำถามหรือเติมช่องว่างด้วยคำหรือข้อความสั้นๆ

1. สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเราในทุกแห่งหน เรียกว่า.....
2. “เมื่อสมชายและสมศรีเดินเล่นอยู่ในสวนสาธารณะแห่งหนึ่ง ตอนเช้ารุ่ง อากาศสดชื่น มีลมพัดเย็นสบาย พออาทิตย์เริ่มขึ้นจากขอบฟ้า มีแสงแดดอ่อนๆ บริเวณรอบๆ ตัวจะมองเห็นน้ำพุสลับขึ้นลง ทั้งสองคนนั่งเล่นชิงช้า มองดู นกพิราบ นกกระจอกไล่จิกแมลง นกและผีเสื้อกำลังดูดน้ำหวานจากดอกกุหลาบ สุนัขกับแมวกำลังวิ่งเล่นกันอย่างสนุกสนาน และยังได้ยินเสียงจิ้งหรีดร้องเกาะอยู่ตามต้นจามจุรี”
 - 2.1 สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในสวนสาธารณะแห่งนี้ คือ.....
 - 2.2 สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้นในสวนสาธารณะแห่งนี้ คือ.....
 - 2.3 สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพในสวนสาธารณะแห่งนี้ คือ.....
 - 2.4 สวนสาธารณะที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาศัยอยู่ร่วมกันจัดเป็น.....และสิ่งมีชีวิตหลายชนิดทั้งหมดอาศัยอยู่ร่วมกัน จัดเป็น.....ในสวนสาธารณะ
 - 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างนกกับแมลง นกกับดอกกุหลาบ และนก แมลง ดอกกุหลาบกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพทำให้สวนสาธารณะนี้เกิดเป็น.....
3. โลกของสิ่งมีชีวิต เป็นระบบนิเวศที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งเป็นที่รวมระบบนิเวศหลากหลายระบบ เรียกว่า.....
4. ระบบนิเวศทะเลเป็นระบบนิเวศขนาดใหญ่ ประกอบด้วยระบบนิเวศขนาดเล็กๆ เช่น.....
5. สาเหตุที่ทำให้ระบบนิเวศหาดหินแตกต่างจากระบบนิเวศหาดทราย คือ.....
6. ป่าใต้ทะเล หมายถึง.....
7. ระบบนิเวศแนวปะการัง มีประโยชน์ในด้าน.....
8. กลุ่มพืชในป่าชายเลน จะมีลักษณะพิเศษคือ.....

9. ระบบนิเวศป่าชายเลน มีประโยชน์ในด้าน.....
.....
10. ระบบนิเวศป่าไม้ มีประโยชน์ในด้าน.....
.....
11. ลักษณะของป่าไม้ในประเทศไทย ได้แก่.....
.....
12. ระบบนิเวศป่าไม้ประเภทที่มีลักษณะคล้ายระบบนิเวศป่าชายเลน คือ.....
13. การศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพของดิน นักเรียนสำรวจในเรื่อง.....
14. พวกซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกันอยู่บนผิวน้ำดิน เรียกว่า.....
15. สาเหตุที่ทำให้สีของดินในแต่ละบริเวณแตกต่างกัน คือ.....
.....
16. ดินที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ดี ควรมีลักษณะ คือ.....
.....
17. สิ่งมีชีวิตในดินที่นักเรียนสำรวจพบส่วนใหญ่ จะพบในบริเวณ.....
18. การศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพของแหล่งน้ำ นักเรียนสำรวจในเรื่อง.....
.....
19. อุปกรณ์ที่ใช้วัดความโปร่งแสงของน้ำ เรียกว่า.....
20. ถ้าต้องการวัดค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำใช้.....
21. สาเหตุที่มักพบพืชอยู่บนผิวน้ำมากกว่าที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรลงไป เพราะ.....
.....
22. ถ้าต้องการวัดความเข้มของแสงในแหล่งที่สำรวจ ควรใช้.....
มีข้อควรระวัง คือ.....
23. สาเหตุที่ทำให้พืชในแต่ละบริเวณเจริญเติบโตแตกต่างกัน คือ.....
.....
24. ถ้าต้องการสำรวจสัตว์ในน้ำที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรลงไป ควรใช้.....
.....
25. สาเหตุที่ทำให้สัตว์ในแต่ละแหล่งที่อยู่มีความแตกต่างกัน คือ.....
.....

แบบฝึกหัด เรื่อง ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

จงตอบคำถามหรือเติมช่องว่างด้วยคำหรือข้อความสั้นๆ

1. สภาพแวดล้อมทางกายภาพ หมายถึง.....
เช่น
2. ข้าวโพด อ้อย ข้าว และกล้วยไม้ พืชชนิดใดเจริญได้ดีในที่ที่มีแสงรำไรหรือมีแสงสว่างน้อย
.....
3. ปัจจัยทางกายภาพที่เป็นตัวการสำคัญในการจำกัดชนิด และปริมาณของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ
ได้แก่.....
4. ปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ได้แก่
.....
5. การถ่ายทอดพลังงานโดยการกินกันเป็นทอดๆ เป็นแนวเดียว เรียกว่า.....
แต่ถ้าการกินกันนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อนจะเรียกว่า.....
6. จงศึกษาห่วงโซ่อาหารต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

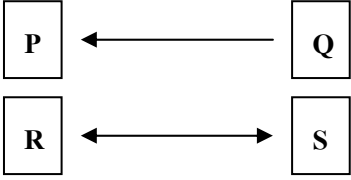
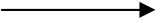
(ก) หญ้า → กระจ่าง → สุนัขจิ้งจอก

(ข) ข้าวโพด → ตั๊กแตน → แมงมุม → นก → เหยี่ยว

 - 6.1 จากห่วงโซ่อาหาร (ก) และ (ข) ผู้ผลิต คือ.....ตามลำดับ
 - 6.2 ผู้บริโภคลำดับที่ 2 ในห่วงโซ่ (ก) และ (ข) คือ.....ตามลำดับ
 - 6.3 เหยี่ยวเป็นผู้บริโภคลำดับที่.....
 - 6.4 ผู้บริโภคลำดับสูงสุดในห่วงโซ่อาหาร (ข) คือ.....
 - 6.5 ถ้าตัดหญ้าแมลงในระบบนิเวศแห่งนี้ สิ่งมีชีวิตชนิดใดในห่วงโซ่ (ก) และ (ข) จะมี
หญ้าแมลงสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อมากที่สุด.....
7. ถ้านักเรียนพบว่า บนต้นไม้แห่งหนึ่งมีสิ่งมีชีวิต A และ B อาศัยอยู่ร่วมกันโดยสิ่งมีชีวิต A ได้
ประโยชน์จาก B แต่ B ไม่ให้ประโยชน์หรือโทษแก่ A เลย ความสัมพันธ์ของ A และ B ควร
จัดเป็นแบบ
.....
.....

8. จงศึกษาแผนภาพต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

P, Q, R และ S เป็นสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์กันตามแผนภาพ

แผนภาพ	ความหมายของลูกศร
	 หมายถึง ให้ประโยชน์  หมายถึง ได้ประโยชน์ร่วมกัน

8.1 ความสัมพันธ์ของ P และ Q ควรเป็นแบบใดได้บ้าง เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

8.2 R และ S ควรเป็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตแบบใด เพราะเหตุใด จงยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์แบบนี้มา 2 คู่

.....

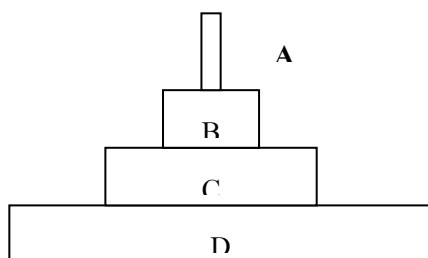
.....

.....

9. พีระมิดนิเวศ แบ่งออกเป็น.....แบบ คือ.....

.....

10. ในสระน้ำแห่งหนึ่ง พบสิ่งมีชีวิตอยู่ 4 ชนิด คือ A B C และ D เมื่อนับจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้ง 4 ชนิด แล้วนำมาเขียนเป็นพีระมิดได้ดังรูป



จากรูปนักเรียนคิดว่าเป็นพีระมิดแบบใด เพราะเหตุใด และสิ่งมีชีวิตใดในรูปหมายถึงผู้ผลิตและผู้บริโภคลำดับที่ 2 ตามลำดับ จงให้เหตุผลประกอบด้วย พร้อมทั้งบอกว่าสิ่งมีชีวิต A B C และ D ควรเป็นสิ่งมีชีวิตใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด เรื่อง การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ

จงตอบคำถามหรือเติมช่องว่างด้วยคำหรือข้อความสั้นๆ

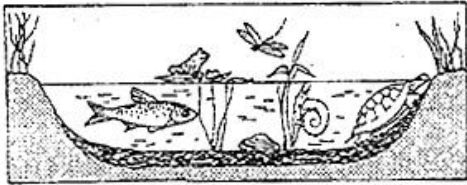
1. กระบวนการใดในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้มีน้ำกลับคืนสู่ธรรมชาติ
.....
.....
2. ธาตุไนโตรเจนส่วนใหญ่มีในอากาศที่ห่อหุ้มโลก แต่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง เพราะ
.....
.....
3. พืชจะนำฟอสฟอรัสในธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในรูปของ
.....
.....
4. โครงสร้างของสัตว์ที่มีสารประกอบฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ คือ.....
.....
5. แหล่งของสารประกอบฟอสเฟตที่สำคัญในทะเลและมหาสมุทร คือ.....
.....
6. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการคาร์บอนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์อินทรีย์สารประเภท.....
.....
7. สิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกที่น่าคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าไปเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ในร่างกายได้ คือ.....
โดยกระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงนี้ เรียกว่า.....
8. สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำกำมะถันบริสุทธิ์มาใช้ได้โดยตรง แต่จะนำมาใช้ในรูปของสารประกอบ
จอร์นิบยกระบวนการ Mineralization พร้อมยกตัวอย่าง
.....
.....
.....
9. นักเรียนคิดว่า ดินไม้ในป่าหรือในธรรมชาติทั่วไป 1 ต้น ช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของสารใน
ระบบนิเวศได้กี่ชนิด อะไรบ้าง จงอธิบาย พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบด้วย
.....
.....

แบบฝึกหัด เรื่อง การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต

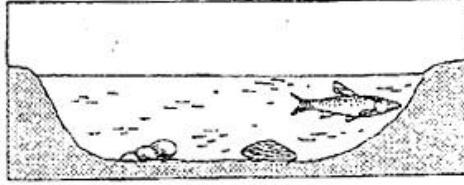
จงตอบคำถามหรือเติมช่องว่างด้วยคำหรือข้อความสั้นๆ

จงตอบคำถาม โดยพิจารณาจากแผนภาพประกอบข้างล่างนี้

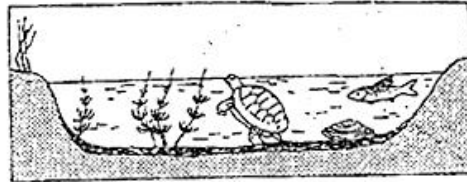
Pond A



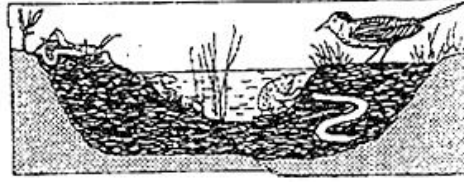
Pond B



Pond C



Pond D



1. จงเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตของบ่อน้ำให้ถูกต้อง
.....
2. ถ้านักเรียนพบว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ ส่วนใหญ่จะมีความเป็นอยู่อย่างง่าย ๆ ตามก้นบ่อหรือสระที่มีดินและทราย ซึ่งเป็นลักษณะของบ่อน้ำใด และเรียกกระแสนี้ว่าอย่างไร จงอธิบายประกอบ
.....
.....
.....
.....
3. เมื่อสิ่งมีชีวิตในระยะแรกเริ่มตายลงและทับถมกันเต็มพื้นก้นบ่อน้ำ จะเกิดสิ่งมีชีวิตใดขึ้น
.....
4. พวกสาหร่ายชนิดต่างๆ มักเป็นที่วางไข่ของแมลงและสัตว์น้ำทั้งหลาย นอกจากนี้ยังเป็นอาหารสำหรับตัวอ่อนของแมลงอีกด้วย ซึ่งเป็นลักษณะของบ่อน้ำชนิดใด
.....

5. ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตจำพวกพืชและสัตว์ มีประโยชน์อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

6. จงกล่าวถึงสาเหตุของการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศมาเป็นข้อๆ

.....

.....

.....

.....

.....

7. จงยกตัวอย่างการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศซึ่งมีทั้งพืชและสัตว์มาสังเขป

.....

.....

.....

.....

.....

8. แนวโน้มของความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทยจะมีลักษณะเช่นใด พิจารณาความเป็นไปได้จากเหตุผลใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

9. การท่องเที่ยวเชิงนิเวศมีลักษณะอย่างไร และจะส่งผลต่อการรักษาสภาพธรรมชาติในแหล่งท่องเที่ยวอย่างไร

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด เรื่อง คุณภาพของระบบนิเวศ

จงตอบคำถามหรือเติมช่องว่างด้วยคำหรือข้อความสั้นๆ

1. คุณภาพของระบบนิเวศ หมายถึง.....

2. การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ มี 2 แบบ คือ
 - 2.1

 - 2.2

3. วิธีหนึ่งที่ทำให้ระบบนิเวศมีความสมดุลตามธรรมชาติ คือวิธีที่เรียกว่า.....

4. สาเหตุของการสูญเสียความสมดุลในระบบนิเวศ มีอยู่ 2 สาเหตุใหญ่ คือ
 - 4.1

 - 4.2

5. จงยกตัวอย่างหลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ต่อไปนี้พอเข้าใจ

5.1 การสำรวจ

.....

5.2 การป้องกัน

.....

5.3 การลดอัตราความเสื่อมสูญ

.....

5.4 การใช้สิ่งที่มีคุณภาพรองลงมา

.....

5.5 การปรับปรุงคุณภาพ

.....

5.6 การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก

.....

5.7 การนำมาทดแทนกัน

.....

5.8 การใช้ซ้ำหลายๆ ครั้ง

.....

5.9 การลดการใช้ทรัพยากร

.....

6. แนวโน้มของความสมดุลในระบบนิเวศของประเทศไทยจะมีลักษณะอย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลและยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ชื่อ – สกุล	นางสาวไพลิน เศวตศิลา
วัน เดือน ปีเกิด	29 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดนนทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 1/244 หมู่บ้านรัตนานิเบศร์ ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายบุคคล
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไนน์ ซิสเต็มส์ เมดิคอล เลขที่ 8/247 หมู่บ้านรัตนานิเบศร์ ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีบุญยานนท์ อำเภอมือง จังหวัดนนทบุรี
พ.ศ. 2538	มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีบุญยานนท์ อำเภอมือง จังหวัดนนทบุรี
พ.ศ. 2541	การศึกษาระดับบัณฑิต (สาขาวิชาเอกวิทยาศาสตร์ – ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2548	การศึกษาระดับบัณฑิต (สาขาวิชาการมัธยมศึกษา การสอนสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ