ผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง

นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2561

The Effects of Laboratory Instructions Using the Constructivist Learning Approach in the Topic of Structure and Function of Flower Plants on Science Learning Achievement and Integrated Science Process Skills of Mathayom Suksa V Students at Phichairattanakhan School in Ranong Province

Miss Asama Jehdahing

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2018

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง

ชื่อและนามสกุล นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา
2. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 29 มกราคม 2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง

ผู้วิจัย นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง **รหัสนักศึกษา** 2592000265 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา (2) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการสอนแบบปกติ (2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการสอนแบบปกติ (3) เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการสอนแบบปกติ และ (4) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 41 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับฉลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและอีกห้องเป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และ (3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) นักเรียนที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) นักเรียนที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) นักเรียนที่เรียนจากบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ บทปฏิบัติการ การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

Thesis title: The Effects of Laboratory Instructions Using the Constructivist Learning Approach in the Topic of Structure and Function of Flower Plants on Science Learning Achievement and Integrated Science Process Skills of Mathayom Suksa V Students at Phichairattanakhan School in Ranong Province
Researcher: Miss Asama Jehdaking; **ID:** 2592000265;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Duongdearn Suwanjinda; Associate Professor;
(2) Dr.Nuanjid Chaowakeratipong; Associate Professor; **Academic year:** 2018

Abstract

The purposes of this research were (1) to compare science learning achievement in the topic of Structure and Function of Flower Plants of Mathayom Suksa V students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach with that of the students who learned from the traditional teaching method; (2) to compare integrated science process skills of Mathayom Suksa V students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach with those of the students who learned from the traditional teaching method; (3) to compare the learning progress of learning achievement in the topic of Structure and Function of Flower Plants and the learning progress of science process skills of Mathayom Suksa V students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach with those of the students who learned from the traditional teaching method; and (4) to compare the pre-learning and post-learning integrated science process skills of Mathayom Suksa V students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach.

The research sample consisted of Mathayom Suksa V students in 2 intact classrooms, each of which containing 41 students, of Phichai Rattanakhan School in Ranong Province during the first semester of academic year 2018, obtained by cluster random sampling. Then they were randomly assigned as the experimental group to learn from laboratory instructions using the constructivist learning approach, and the control group to learn from the traditional teaching method. The employed research instruments were (1) laboratory instructions using the constructivist learning approach, (2) a science learning achievement test in the topic of Structure and Function of Flower Plants, and (3) an integrated science process skills test. Statistics used to analyze the data were the mean, standard deviation, and t-test.

The findings were as follows: (1) science learning achievement in the topic of Structure and Function of Flower Plants of the students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach was significantly higher than that of the students who learned from the traditional teaching method at the .05 significance level; (2) integrated science process skills of the students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach were significantly higher than those of the students who learned from the traditional teaching method at the .05 significance level; (3) the learning progress of learning achievement in the topic of Structure and Function of Flower Plants and the learning progress of science process skills of students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach were significantly higher than those of the students who learned from the traditional teaching method at the .05 significance level; and (4) the post-learning integrated science process skills of students who learned from laboratory instructions using the constructivist learning approach were significantly higher than their pre-learning counterpart skills at the .05 significance level.

Keywords: Laboratory instructions, Constructivist learning approach,
Science learning achievement, Integrated science process skills

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาแนะนำแนวทางในการศึกษาหาความรู้ แนวคิด คำปรึกษา ตลอดจนให้การช่วยเหลือ สละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม ประธานการสอบที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ นางศุภกาญจน์ บัวทิพย์ นายเสกสรรค์ ดาราจร นางสาวปิยวรรณ เรืองกิจ นางสาวพัฒนี พันธผล นางสิริพร สระโร ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความรู้ และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู และนักเรียนโรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

คุณค่าของงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องตอบแทนพระคุณบิดา มารดา คุณครู อาจารย์ทุกท่าน และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน ชี้แนวทาง สนับสนุน ให้ความรู้ความช่วยเหลือและปรารถนาดีต่อผู้วิจัยมาโดยตลอด

อัสมะ เจะดาฮิง

มกราคม 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
กรอบแนวคิดการวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่จะได้รับ 8
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 9
บทปฏิบัติการ 10
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 12
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 18
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 25
ความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) 30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 36
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 36
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 36
การเก็บรวบรวมข้อมูล 48
การวิเคราะห์ข้อมูล 49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 55
ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 55
ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 56
ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 57
ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน 60
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 62
สรุปการวิจัย 62
อภิปรายผล 63
ข้อเสนอแนะ 66
บรรณานุกรม 67
ภาคผนวก 73
ก หนังสือราชการ 74
ข รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ 81
ค คุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 83
ง เครื่องมือวิจัย 105
ประวัติผู้วิจัย 173

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางบันทึกคะแนนการทดลอง 23
ตารางที่ 2.2 การแปลความหมายค่าความยาก 29
ตารางที่ 2.3 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก 29
ตารางที่ 3.1 สาระการเรียนรู้และเวลาเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ 37
ตารางที่ 3.2 ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาสาระการเรียนรู้ 37
ตารางที่ 3.3 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 43
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ 47
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้าง และหน้าที่ของพืชดอกระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ 55
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ 56
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ 56
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ 57
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน 61

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 4
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทปฏิบัติการ 39
ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ 41
ภาพที่ 4.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มทดลอง 58
ภาพที่ 4.2 กราฟที่ 4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มควบคุม 58
ภาพที่ 4.3 กราฟที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มทดลอง 59
ภาพที่ 4.4 กราฟที่ 4.4 ความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มควบคุม 60

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากผลการประเมินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติหรือ PISA ประจำปี 2558 (PISA 2015) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) เน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งประกอบด้วยการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินของ PISA 2015 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน โดยที่คะแนนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม OECD อยู่ที่ 493 คะแนน ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และเมื่อเปรียบเทียบกับ PISA 2012 มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับข้อสอบวิทยาศาสตร์ใน PISA 2015 ได้จัดประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมินทางด้านเนื้อหา ระบบทางกายภาพ ระบบสิ่งมีชีวิต และระบบอวกาศ ด้านกระบวนการและเกี่ยวกับการได้มาของความรู้ ระดับความรู้ ทักษะ และบริบทของวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) เช่นเดียวกับผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร ในปีการศึกษา 2560 พบว่าในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 32.38 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของระดับประเทศที่ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.37 แต่เมื่อทำการพิจารณาตามมาตรฐานการเรียนรู้พบว่า มาตรฐาน ว 2.1 ที่ว่าด้วยการเข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 27.98 ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศที่อยู่ที่ 28.72 ทั้งนี้อาจเนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยายเป็นหลักขาดการส่งเสริมความรู้ทางวิชาการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ขาดการลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จึงมีผลทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนไปแล้วมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่เพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้ และจากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ได้มีโอกาสส่งนักเรียนเข้าร่วมแข่งขันกิจกรรมอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย การแข่งขันงานศิลปหัตถกรรมนักเรียนทั้งระดับเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาและระดับภาค ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2559 จนถึงปีพุทธศักราช 2561 พบว่า นักเรียนยังขาดความรู้ด้านวิชาการ ซึ่งได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ดาราศาสตร์ อีกทั้งยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเห็นได้จากนักเรียนไม่สามารถระบุถึงปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การออกแบบบันทึกผลการทดลอง ตลอดจนการสรุปและตีความหมายจากการทดลองในการแข่งขันมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับผลการประเมินที่ทำให้ได้รับข้อมูลที่บ่งชี้ถึงสภาวะถดถอยของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ปัจจัยบางส่วนมาจากความไม่ตรงกันของหลักสูตรที่ออกแบบกับหลักสูตรที่ใช้ในโรงเรียน คือ การลดกิจกรรมภาคปฏิบัติการในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การใช้วิธีการจัดการเรียน

การสอนที่ใช้การบรรยายแทนการทดลอง ทำให้ผลการประเมินทักษะในการทดลองของนักเรียนซึ่งเป็นตัวชี้วัดหนึ่งของหลักสูตรที่นักเรียนได้รับ พบว่า ความรู้และทักษะปฏิบัติการของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และลดลงเมื่อนักเรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ดังนั้นในการพัฒนาความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาทั้งทางด้านเนื้อหาวิชาการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการจึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาให้นักเรียนมีศักยภาพเพิ่มขึ้น ตามหลักการของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่พัฒนา โดย สสวท. ที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนมีบทบาทในกระบวนการเรียนรู้โดยตรง นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือค้นคว้าทดลอง สำรวจตรวจสอบ เก็บข้อมูล หาหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้และแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bell (1993 อ้างถึงในวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความคิดเดิมของผู้เรียน เปลี่ยนแปลงมโนมติซึ่งเป็นการสร้างและปรับเปลี่ยนยอมรับความคิดใหม่ ๆ ที่เป็นการขยายความรู้ทีละน้อย ๆ เป็นการผสมผสานจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่กับความคิดใหม่ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ให้ความสำคัญและตระหนักถึงการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยที่ผู้เรียนสร้างความคิดใหม่ ๆ จากประสบการณ์ กิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของคอนสตรัคติวิสต์สามารถใช้บทปฏิบัติการเพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากการศึกษาของ ปัฐมาภรณ์ นทีศิริกุล (2558) ที่ได้พิจารณาถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตลอดระยะเวลา 3 ปีย้อนหลังพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาลดลง จึงได้ศึกษาผลการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปที่ประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์และการสอนแบบสืบเสาะ จึงได้พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและค่าดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนรู้โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปที่ประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์และการสอนแบบสืบเสาะสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ระดับ .05 และระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีผลต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปที่ประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์ และการสอนแบบสืบเสาะอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับการศึกษาของ มาเรียม วัทนาด (2559) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบรูณาการ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ร่วมกับการใช้แผนผังรูปตัววีและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ร่วมกับการใช้แผนผังรูปตัววีสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่สามารถส่งเสริมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะ ฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะทางปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวของคอนสตรัคติวิสต์เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด กระบวนการปฏิบัติ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจ ผู้เรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านเนื้อหาวิชาการรายวิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

โดยพื้นฐานของรายวิชาชีววิทยาซึ่งเป็นสาขาวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ในการเรียนเรียนเกี่ยวกับพืชในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ที่ต้องศึกษาถึงโครงสร้างภายในของพืชตั้งแต่ระดับเซลล์จนถึงอวัยวะของพืช การศึกษาเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ต้องอาศัยการลงมือปฏิบัติการการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาถึงโครงสร้างภายในของพืชโดยผ่านการลงมือปฏิบัติการทดลอง การสำรวจศึกษาจากตัวอย่างจริงที่ผู้เรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยามุ่งเน้นให้ผู้เรียน ได้ค้นพบความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทั้งความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงควรเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริงจากการทดลองซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กัน

เพื่อตอบสนองหลักการของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ต้องการให้กระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีบทบาทโดยตรงซึ่งผู้เรียนต้องดำเนินการตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาแปลความหมายเป็นแนวคิดและข้อสรุปที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นในการพัฒนาความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์ผู้เรียนควรได้รับพัฒนาทั้งทางด้านเนื้อหาวิชาการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัย-รัตนาคาร จังหวัดระนอง ในรายวิชาชีววิทยา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

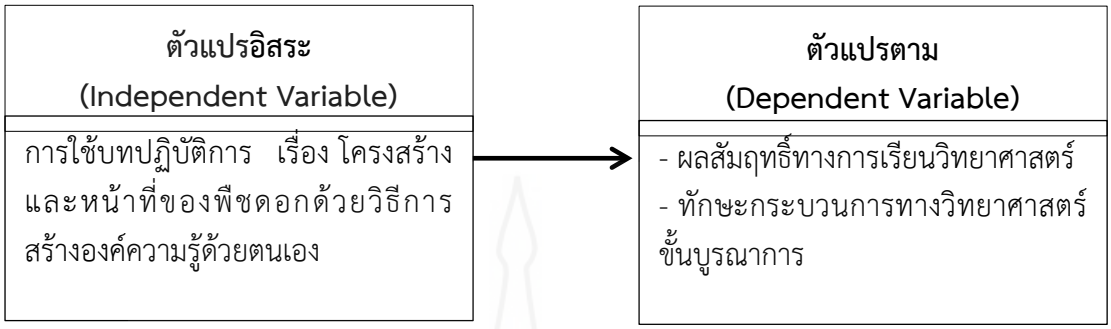
2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

2.4 เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 14 มีนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 3 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 135 คน

5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังเรียนรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 41 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่มแล้วจับฉลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องเป็นกลุ่มควบคุม

5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

5.2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1) ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ การใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

2) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

(1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

(2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

5.3 เนื้อหาของการวิจัย

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้เป็นหน่วยการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกที่ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่อง เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue) โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช การลำเลียงน้ำของพืช

5.4 ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลาในการทดลองและเก็บข้อมูลโดยใช้เวลาจำนวน 18 ชั่วโมง

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้บทปฏิบัติการที่ครูผู้สอนจัดทำขึ้นซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้ เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue) โครงสร้างและหน้าที่ภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ โครงสร้างและหน้าที่ภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ โครงสร้างและหน้าที่ภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช และการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยที่ผู้เรียนต้องดำเนินการศึกษาบทปฏิบัติการแต่ละบทปฏิบัติการเพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับแต่ละปฏิบัติการ เช่น บทปฏิบัติการ เรื่อง เนื้อเยื่อพืช ผู้เรียนต้องเตรียมเนื้อเยื่อแต่ละประเภทของเนื้อเยื่อพืช ในกระบวนการทดลองผู้เรียนจะได้ตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชที่หลากหลาย โดยในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้

6.1.1 ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้สอนสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรับรู้ถึงจุดหมายมีแรงจูงใจในการเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรม ประสบการณ์ การอภิปรายหรือคำถามต่าง ๆ การใช้สื่อต่าง ๆ ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้

6.1.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่กำลังจะเรียนโดยการอภิปรายกลุ่ม ตอบคำถาม การวาดภาพ การใช้ผังกราฟิก ซึ่งผู้เรียนบางคนอาจเกิดความสงสัย

6.1.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้ เป็นขั้นการแลกเปลี่ยนความคิด สร้างความกระจ่างตามที่ผู้สอนจัดไว้ให้โดยผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจากบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน การอภิปราย การสาธิต ตลอดจนนำความรู้ที่ได้มาบันทึกผลการทดลองผลการทำกิจกรรมมาแปลความหมายเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

6.1.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการศึกษา การเตรียมตัวอย่าง การทดลองที่สร้างขึ้นมาใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของผู้เรียนมาปรับใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6.1.5 ขั้นทบทวน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้โดยอาศัยกิจกรรมต่าง ๆ เกม แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง การอภิปรายและร่วมกันสรุป

6.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนดังนี้ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นดำเนินการสอน ขั้นสรุป โดยใช้กิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ตามหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถของนักเรียนในการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่วัดความรู้ความสามารถทางด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ จำ (Remembering) เข้าใจ (Understanding) ประยุกต์ใช้ (Applying) วิเคราะห์ (Analyzing) ประเมินค่า (Evaluating) เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งสามารถวัดพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ได้ครบทุกด้าน ได้แก่ เนื้อหาครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีความเป็นปรนัย

6.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง พฤติกรรมหรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาให้กับผู้เรียนที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐานการทดลอง (formulating hypothesis) ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational defining of the variable) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variable) ทักษะการทดลอง (experimenting) และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion)

6.4.1 การตั้งสมมติฐาน (formulating hypotheses) หมายถึง การตั้งคำถามหรือคิดคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองเพื่ออธิบายหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไร โดยสมมติฐานที่สร้างขึ้นจะอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์ภายใต้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่สามารถอธิบายคำตอบได้

6.4.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operation) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์เฉพาะ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตได้ และวัดได้เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจน ไม่กำกวม

6.4.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variables) หมายถึง การบ่งชี้และกำหนดลักษณะตัวแปรใด ๆ ให้เป็นเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น และตัวแปรใด ๆ ให้เป็นตัวแปรตาม และตัวแปรใด ๆ ให้เป็นตัวแปรควบคุม

6.4.4 การทดลอง (experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการทดลอง เพื่อหาคำตอบจากสมมติฐาน

6.4.5 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) หมายถึง การแปรความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่การตีความหมายข้อมูลในบางครั้ง อาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสังเกตปฏิบัติการ การระบุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้ ชุดคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ เพื่อให้นักเรียนสะท้อนกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อนขึ้น

6.5 ความก้าวหน้า หมายถึง ผลการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยประเมินจากภาพรวมของชั้นเรียน และรายบุคคล ซึ่งกระทำโดยให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่า ๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน หาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{(\%\ \text{Post-test}) - (\%\ \text{Pre-test})}{(100\%) - (\%\ \text{Pre-test})}$$

โดยที่ <g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยนของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็นสามระดับ คือ

“High gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$\langle g \rangle \geq 0.7$
“Medium gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.7 < \langle g \rangle \geq 0.3$
“Low gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

7. ประโยชน์ที่จะได้รับ

7.1 งานวิจัยครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก บทปฏิบัติการสำหรับการย้อมสีเซลล์และเนื้อเยื่อพืชโดยใช้สีที่สกัดได้จากพืชที่อยู่ในท้องถิ่น เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น และเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้เรียน

7.2 เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

7.3 นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และสามารถนำไปใช้ในในชีวิตประจำวันการค้นคว้า หาคำตอบเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่อง ผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. บทปฏิบัติการ
   1.1 ความหมายของบทปฏิบัติการ
   1.2 องค์ประกอบของบทปฏิบัติการ
   1.3 การสร้างบทปฏิบัติการ
2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
   2.1 ความหมายและทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
   2.2 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการเรียนการสอน
   2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   3.3 การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   3.4 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   4.2 รูปแบบของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   4.3 หลักการสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
5. ความก้าวหน้า (normalized gain)
   5.1 ความหมายของความก้าวหน้า (normalized gain)
   5.2 ประเภทของความก้าวหน้า (normalized gain)
   5.3 การประยุกต์ใช้ความก้าวหน้า (normalized gain)
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   6.1 งานวิจัยในประเทศ
   6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. บทปฏิบัติการ

1.1 ความหมายของบทปฏิบัติการ

ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยวิธีการทำปฏิบัติการ โดยที่ครูผู้สอนเตรียมสื่อหรือนวัตกรรมหรือบทปฏิบัติการเป็นสื่อในการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลหาความรู้ด้วยวิธีการลงมือปฏิบัติการทดลอง บทปฏิบัติการ จึงเป็นเอกสารที่ใช้ประกอบการปฏิบัติการทดลองโดยที่ระบุรายละเอียดต่าง ๆ เช่น วัสดุอุปกรณ์ วัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง เพื่อให้ผู้ทำการทดลองได้ปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้องและฝึกกระบวนการทักษะปฏิบัติตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

จำรัส อินทลาภาพร (2545) ให้ความหมายเกี่ยวกับบทปฏิบัติการว่า เป็นชุดกิจกรรมที่เน้นทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งส่งเสริมนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เกิดการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยที่มีครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ

รัชนีกร ฤดีรัชต์ (2546) ให้ความหมายเกี่ยวกับบทปฏิบัติการว่า เป็นชุดเอกสารที่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมภาคสนาม ที่ประกอบด้วย บทปฏิบัติการสำหรับครูผู้สอน บทปฏิบัติการสำหรับผู้เรียน และชุดแบบฝึก

พรทิพย์ วงษ์นาป่า (2549) ให้ความหมายเกี่ยวกับบทปฏิบัติการว่า เป็นชุดกิจกรรมการทดลองที่สร้างขึ้น ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง มุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะทางด้านกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยที่มีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

พิชชานันท์ จันทพรม (2559) ให้ความหมายเกี่ยวกับบทปฏิบัติการว่า เป็นชุดกิจกรรมที่เน้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างความรู้จากการลงมือทดลองด้วยตนเอง โดยที่มีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะความสามารถทางด้านการทดลองทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายข้างต้นสามารถให้ความหมายและสรุปได้ว่า บทปฏิบัติการ หมายถึง ชุดปฏิบัติการหรือชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยความรู้ประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง

1.2 องค์ประกอบของบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการโดยทั่วไปควรประกอบด้วย 1) คำอธิบายหรือคำชี้แจงในสิ่งที่ผู้เรียนควรมีความรู้พื้นฐานก่อนที่จะเริ่มดำเนินการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนกำลังดำเนินการศึกษา 2) จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองเกิดทักษะในระหว่างการทดลองและเกิดความรู้หลังจากที่ได้ลงมือการทดลอง 3) การประเมินผลก่อนเรียนเพื่อทดสอบและวัดความรู้เดิมของผู้เรียนก่นดำเนินการทดลอง 4) กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการกำหนดขอบเขตแนวทางหรือวิธีการดำเนินการทดลอง วัสดุอุปกรณ์ สาระสำคัญ ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้องและเกิดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

และ 5) การประเมินหลังเรียนเพื่อทำการตรวจสอบวัดความรู้ความสามารถของผู้เรียนหลังการทำการทดลอง (ฐานปนีย์ เมธีพลกุล, 2542; ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ, 2535)

เปรมจิตร บุญสาน (2541) ได้ระบุองค์ประกอบของบทปฏิบัติการว่าประกอบด้วย

1. คู่มือการฝึกปฏิบัติการ ที่ประกอบด้วยรายละเอียดของเนื้อหาแต่ละหัวข้อที่จะให้นักเรียนทำอะไร อย่างไร

2. เอกสารประกอบ ชุดเอกสารหรือหลักการเสริมที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ และสามารถแก้ปัญหาระหว่างดำเนินการทดลอง

3. เอกสารคำแนะนำอื่น ๆ ที่ให้นักเรียนเข้าใจสถานที่ฝึกปฏิบัติการ เพื่อช่วยให้การดำเนินการทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของบทปฏิบัติการโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งสามารถกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ของบทปฏิบัติการได้ดังนี้ 1) แบบบันทึกการตรวจบทปฏิบัติการ2) ชื่อบทปฏิบัติการ 3) บทนำ 4) วัตถุประสงค์ 5) สมมติฐาน 6) ทักษะ 7) วัสดุและอุปกรณ์ 8) วิธีการศึกษา 9) ผลการทดลอง 10) สรุปผลการทดลอง 11) แบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

1.3 การสร้างบทปฏิบัติการ มีวิธีสร้างดังนี้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2527) ได้เสนอเกี่ยวกับขั้นตอนของการสร้างชุดฝึกปฏิบัติการไว้ 9 ขั้น ดังนี้ 1) ศึกษาหลักสูตรทั้งด้านวัตถุประสงค์และเนื้อหา 2) ศึกษากลุ่มเป้าหมาย กิจกรรม เงื่อนไขสถานการณ์ ที่จะส่งเสริมให้มีความรู้ ความสามารถ ทักษะ และเจตคติแก่ผู้เรียน 3) เขียนวัตถุประสงค์ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ควรเขียนในรูปแบบจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 4) สร้างแบบประเมินหรือแบบทดสอบการประเมินก่อนเรียนและหลังเรียนอาจใช้แบบเดียวกันได้ 5) เลือกวิธีการเรียนการสอนหรือกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เช่น การเสนอในรูปแบบของการสนทนา เอกสาร รูปภาพ การ์ตูน กรณีศึกษา และแบบฝึกหัด 6) รวบรวม สร้าง สื่อการเรียนให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่กำหนดให้ เช่น เอกสาร รูปภาพ 7) ผลิตต้นแบบโดยนำข้อมูลจากข้อข้างต้น 8) ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 9) นำชุดฝึกปฏิบัติการทดลองหาประสิทธิภาพ โดยนำไปทดลองใช้กับเป้าหมาย

บทปฏิบัติการมีคุณค่าต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนของตัวเอง ฝึกทักษะกระบวนการทำงาน ซึ่งมีวิธีการสร้างบทปฏิบัติการตามชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2536) และบุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) ดังนี้

1. กำหนดหน่วยการเรียนรู้

2. กำหนดผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้สอน

3. กำหนดหน่วยการเรียนรู้ย่อย เนื้อหาสาระ จุดประสงค์การเรียนรู้

4. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมเป็นแนวทางสำหรับการสร้างบทปฏิบัติการประกอบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

5. กำหนดรูปแบบวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการเรียนรู้

6. สร้างบทปฏิบัติการ เตรียมวัสดุอุปกรณ์ ออกแบบวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้

7. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโดย (1) ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งพิจารณาจากความเที่ยงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของเนื้อหาสาระกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ (2) นักเรียนซึ่งพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทดลอง

8. การใช้บทปฏิบัติการ ซึ่งเป็นขั้นตอนของการนำบทปฏิบัติการที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้สอนเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

นิตยา กิจโร (2553) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างชุดบทปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดโครงร่าง กำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดแบบฝึกหัด 2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3) เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 4) กำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม 5) กำหนดขั้นตอนและเวลาให้เหมาะสม 5) กำหนดผลการประเมินผล

อุษณีย์ เสือจันทร์ (2553) กล่าวว่า ในการสร้างชุดบทปฏิบัติการมีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาปัญหาของเนื้อหาที่จะนำมาสร้างชุดบทปฏิบัติการ 2) กำหนดวัตถุประสงค์และรูปแบบ 3) วางแผนขั้นตอนการสร้าง 4) ทดสอบประสิทธิภาพ

ดังนั้นสามารถสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนการสร้างบทปฏิบัติการได้ดังนี้ (1) วิเคราะห์หลักสูตรการศึกษา (2) กำหนดหน่วยการเรียนรู้ (3) ศึกษาแนวทางการออกแบบและการบทปฏิบัติการ (4) กำหนดองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ (5) จัดทำบทปฏิบัติการ (6) ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.1 ความหมายและทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

นักวิชาการได้ให้ความหมายและทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) ไว้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2560) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองว่าเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีการจัดกระทำกับข้อมูลที่ต้องอาศัยกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมอง และกระบวนการทางสังคมโดยเน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ไปถึงระดับระดับที่มีศักยภาพจะไปถึงได้

Bell (1993 อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความคิดเดิมของผู้เรียน เปลี่ยนแปลงมโนมติ ซึ่งเป็นการสร้างและปรับเปลี่ยนยอมรับความคิดใหม่ ๆ ที่เป็นการขยายความรู้ทีละน้อย ๆ เป็นการผสมผสานการจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่กับความคิดใหม่ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ให้ความสำคัญและตระหนักถึงการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยที่ผู้เรียนสร้างความคิดใหม่ ๆ จากประสบการณ์ กิจกรรมด้วยตนเอง เป็นการหาข้อสรุปความขัดแย้งมโนมติของนักเรียนกับมโนมติวิทยาศาสตร์ สำหรับแนวคิดของ Bruner เห็นว่า ในการสร้างความรู้ด้วยตนเองต้องอาศัยประสบการณ์เดิมของผู้เรียนซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมเพิ่มการเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดการเจริญงอกงามทางสติปัญญา และในการพัฒนาโครงสร้างความรู้ใหม่ต้องมีองค์ประกอบอื่น ๆ ช่วย เช่น การพัฒนาการทางด้านภาษา

สุรางค์ โค้วตระกูล (2553) ได้อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล รู้จักการเรียนรู้ที่ร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์นำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับใช้ในการดำรงชีวิต โดยที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับกับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่มาสร้างเป็นโครงสร้างใหม่ทางสติปัญญา ซึ่งถือได้ว่าเป็นการพัฒนาทางปัญญาที่เกิดจากการเรียนรู้ร่วมกันในสังคมอาศัยการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้วิธีการแก้ปัญหา (Collaborative constructivism)

ทิศนา แขมมณี (2560) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) ว่ามีรากฐานจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจต์ และของวีก็อทสกี้ โดยอธิบายว่าพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของบุคคลจะมีการปรับตัวโดยผ่านทางกระบวนการซึมซาบหรือดูดซึม (assimilation) และอาศัยกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) พัฒนาการของบุคคลจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลนั้นได้รับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ ๆ เข้าไปแล้วเชื่อมโยงกับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถเชื่อมโยงกันได้ก็จะเกิดภาวะที่ไม่สมดุลขึ้น ทำให้พยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุลโดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาของเพียเจต์ที่เชื่อว่าคนทุกคนจะมีพัฒนาการเชาว์ปัญญาไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะและกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคล ในส่วนของวีก็อทสกี้ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมมาก วีก็อทสกี้ได้อธิบายว่ามนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางสังคมซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้นมา จะเห็นได้ว่าสถาบันทางสังคมต่าง ๆ เช่น สถาบันครอบครัวจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละคน นอกจากนั้นแล้วภาษาก็ยังเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิดและพัฒนาการเชาว์ปัญญาในขั้นสูง พัฒนาการทางภาษาและทางความคิดจะไปในแนวทางเดียวกันเมื่อเด็กอายุมากขึ้น ซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) จัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive psychology) โดยมีรากฐานมาจากผลงานของออซูเบล (Ausubel) และเพียเจต์ (Piaget) โดยที่ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) นั้นผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) องค์ความรู้จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (Cognitive apparatus) ซึ่งกระบวนการทางปัญญานั้นเป็นผลของความพยายามทางความคิดของผู้เรียนด้วยตนเอง โดยที่ครูผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ขณะเดียวกันผู้สอนสามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) ได้สรุปเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) ไว้ว่า

1. บุคคลทุกคนจะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว และแสวงหาความรู้เพื่อจะอธิบายสิ่งแวดล้อมเหล่านั้น

2. การหาคำอธิบายจะอาศัยการสร้างโมเดลหรือตัวแทนของวัตถุ ปรากฏการณ์และเหตุการณ์ที่ได้พบ

3. โมเดลที่สร้างขึ้นอาจแตกต่างจากโมเดลของผู้เชี่ยวชาญ

4. ทุกคนสามารถสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เขารับรู้

5. การสร้างความหมายจะเกิดขึ้น เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

6. นักเรียนต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

7. นักเรียนสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น

จากข้อมูลข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) ผู้เรียนอาศัยความรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจที่มีอยู่ภายในตัวผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมปรับเข้ากับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่อาศัยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหรือบุคคลอื่นด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าถึงสถานการณ์นั้น ๆ

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา เรื่อง เนื้อเยื่อและโครงสร้างหน้าที่ของพืชดอก ผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สำรวจ ค้นพบด้วยตนเองโดยผ่านกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ท้าทายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน ตลอดจนผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองได้จริงที่เน้นทักษะกระบวนการซึ่งได้มาของความรู้ที่ชัดเจน

2.2 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการเรียนการสอน

ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึมนั้นผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาสาระไปพร้อมกับกระบวนการเรียนรู้ โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนควรมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการในการเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2545)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม ควรเน้นให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นการเรียนตามสภาพจริง ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการกลุ่ม กระบวนการคิด และกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กันสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (วราภรณ์ สีดำนิล, 2550)

ทิศนา แขมมณี (2560) ได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีในการเรียนการสอน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. ครูผู้สอนเป็นผู้สาธิต ฝึกฝนทักษะกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยที่เน้นทักษะกระบวนเพื่อสร้างความรู้ (process of knowledge construction) ซึ่งผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง (authentic tasks)

2. การเปลี่ยนแปลงจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนสู่กระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลายโดยอาศัยทักษะต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพด้วยการลงมือปฏิบัติจริงและแก้ปัญหาได้

3. ในกระบวนการเรียนการสอนครูผู้สอนควรตระหนักให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการทดลองและจัดกระทำกับข้อมูลและประสบการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างความหมายด้วยตนเอง ได้อยู่ในบริบทจริง จัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม สื่อ วัสดุ อุปกรณ์ ที่เป็นจริงและผู้เรียนเกิดความสนใจ

4. ในขั้นการจัดการเรียนการสอนครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (sociomoral) ให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ระหว่างผู้เรียน

5. ในการเรียนการสอนผู้เรียนจะมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ กล่าวคือ ผู้เรียนจะเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียน แก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

6. ในการเรียนการสอนครูมีบทบาทในการถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้ คอยให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก หรือช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ โดยที่ครูผู้สอนเป็นคนสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียน เพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

7. การประเมินการเรียนการสอน ผลการเรียนรู้ที่เกิดจึงมีลักษณะที่หลากหลาย

จากข้อมูลสามารถสรุปเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎี (Constructivism) ในการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียนต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง สำรวจ สืบค้น และนำทักษะกระบวนการต่าง ๆ มาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยที่ครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวก คอยให้คำแนะนำในการจัดการเรียนการสอน

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

Driver and Oldham (1986) ได้ระบุถึงลักษณะและขั้นตอนการสอนที่ประกอบด้วย

1. ขั้นนำ (Orientation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้รับรู้ถึงจุดมุ่งหมายและเกิดการสร้างแรงจูงใจในการเรียน

2. ขั้นล้วงความคิด (Elicitation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนที่มีกับเรื่องที่เรียนโดยการแสดงออกอาจจะอยู่ในรูปการอภิปรายกลุ่ม การแสดงโดยออกแบบโปสเตอร์ หรืออาจให้ผู้เรียนเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่

3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด (Turning restructuring of ideas) เป็นขั้นสำคัญของบทเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญดังนี้

3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนความคิด (Clarification and exchange of ideas) ซึ่งเป็นขั้นที่ผู้เรียนได้มีโอกาสพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างความคิดของตนเองกับคนอื่น เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

3.2 สร้างความคิดใหม่ (Construction of new ideas) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย สาธิต ผู้เรียนเกิดแนวทาง วิธีการ หรือรูปแบบที่หลากหลายในการสร้างความคิดใหม่

3.3 ประเมินความคิดใหม่ (Evaluation of the new ideas) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เพื่อประกอบการสนับสนุนแนวคิดใหม่ที่สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักฐานจากการทดลอง

4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้ความรู้ ความเข้าใจแนวคิดที่ได้พัฒนาขึ้นจากสถานการณ์ต่าง ๆ ไปใช้ต่อยอดในสถานการณ์ใหม่ทั้งอาจเป็นสถานการณ์ที่คุ้นเคยหรือไม่คุ้นเคย

5. ขั้นทบทวน (Review) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสทบทวนความรู้ความเข้าใจ และได้เห็นความแตกต่างถึงการเปลี่ยนเมื่อสิ้นสุดบทเรียน

สอดคล้องกับแนวคิดของ Saunders (1992) ที่ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) การลงมือปฏิบัติการทดลอง เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติการทดลองจริงด้วยตนเอง 2) การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ความเข้าใจ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสเกิดกระบวนการคิด เช่น การจัดบรรยากาศในห้องเรียนที่

ส่งเสริมและเหมาะสมกับการค้นคว้าหาความรู้หรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิด สร้างความรู้ความเข้าใจ 3) กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดที่มากกว่าการฟังจากการบรรยาย 4) การประเมินระดับสูง เป็นการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็นการประเมินก่อนเรียนเพื่อทำการประเมินความรู้ประสบการณ์เดิมของผู้เรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับใด และการประเมินหลังเรียน เพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้และพัฒนาการของผู้เรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับใด โดยในการประเมินตามสภาพจริงจะถูกประเมินจากครูผู้สอน ผู้เรียน การทำกิจกรรมท้ายบทเรียน กิจกรรมต่าง ๆ ชิ้นงานของผู้เรียน

สุกัญญา กตัญญู (2542) ได้พัฒนารูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึมประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นค้นหาความรู้เดิม เป็นขั้นตอนครูผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดภาวะไม่สมดุลทางปัญญา โดยที่ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการนำเหตุการณ์ที่กระตุ้นหรือท้าทายให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหา อาจใช้สถานการณ์ การซักถาม การอภิปราย การเล่าเหตุการณ์ และการให้ผู้เรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 2) ขั้นทำความเข้าใจ เป็นขั้นที่ทำให้ผู้เรียนเกิดภาวะสมดุลทางปัญญาโดยกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ผู้เรียนสามารถผสมผสานความคิดใหม่นั้นให้กลมกลืนกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมงานกันกลุ่ม โดยครูผู้สอนนำเสนอเหตุการณ์ ผู้เรียนตั้งสมมติฐานการทดลองเพื่อรวบรวมหลักฐานและพิสูจน์สมมติฐาน 3) ขั้นจัดโครงสร้างแนวคิดใหม่ เป็นขั้นที่ผู้เรียนพัฒนาความคิดใหม่โดยผ่านกระบวนการรับรู้ทางกายภาพและกิจกรรมทางปัญญา จากการร่วมมือภายในกลุ่มจะช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสปรับเปลี่ยนแนวคิดได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งใช้กิจกรรมการทดลอง การรายงานผลการทดลอง การอภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นที่ยอมรับและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ 4) ขั้นการนำแนวคิดไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำประสบการณ์ ความคิดรวบยอดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยผ่านกิจกรรมการอภิปรายร่วมกันของนักเรียนและครูผู้สอน การประเมินตนเองของผู้เรียนลงในแบบฟอร์ม เพื่อเป็นการตรวจสอบพัฒนาการของผู้เรียนในด้านแนวคิด

Martin และคณะ (1994 อ้างถึงในพิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545, น. 15) ที่ได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) Explore เป็นขั้นสำรวจ โดยที่ครูผู้สอนสนับสนุนให้โอกาสผู้เรียนได้สำรวจ สังเกต เพื่อให้เกิดประเด็นปัญหา 2) Explain เป็นขั้นที่ครูผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน ให้คำแนะนำ การใช้คำถามให้คิดเพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่ได้จะเป็นความรู้เชิงประจักษ์ 3) Explain เป็นขั้นที่นักเรียนมีการคิดค้นเพิ่มเติมโดยที่ครูผู้สอนมีหน้าที่สนับสนุนพัฒนาผู้เรียนให้คิดค้นต่อยอดพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดทักษะกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ตลอดจนการใช้เทคโนโลยี 4) Evaluate เป็นขั้นที่ครูผู้สอนทำหน้าที่ประเมินมโนทัศน์ของผู้เรียนโดยตรวจสอบความคิดที่เปลี่ยนไปและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติการทดลอง การแก้ปัญหา การใช้คำถาม ตลอดจนการพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความสนใจฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

เช่นเดียวกันกับสุภัทรา วงษ์คงคำ (2546) ได้ระบุเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึมที่ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่ผู้เรียนรู้จุดมุ่งหมายและเกิดแรงจูงใจในการเรียนด้วยการใช้สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ชวนสงสัย ท้าทายให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา การซักถาม การอภิปรายและให้ผู้เรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 2) ขั้นกิจกรรม

เป็นขั้นที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความสมดุลทางปัญญาโดยกระบวนการปรับขยายโครงสร้างความสมดุลจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถผสมผสานความเดิมกับความคิดใหม่เข้าด้วยกัน โดยผ่านกิจกรรมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม 3) ขั้นวิเคราะห์ร่วมกัน เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการอภิปรายสะท้อนความคิด สะท้อนความรู้และกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง 4) ขั้นนำไปใช้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำแนวคิดรวบยอดที่ได้ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการปฏิบัติการทดลอง กระบวนการคิดแก้ปัญหา ผู้เรียนได้ลงมือค้นคว้าสำรวจหาความรู้ ความเข้าใจเพื่อให้เกิดการสร้างความรู้ใหม่ที่เกิดจากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมีแนวคิดจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีของเพียเจต์และไวกอตสกีตามแนวคิดของ Driver and Oldham (1986) ที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวทางต่าง ๆ มาประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงและหน้าที่ของพืชดอก เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้สอนสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้รับรู้ถึงจุดหมายมีแรงจูงใจในการเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรม ประสบการณ์การอภิปรายหรือคำถามต่าง ๆ การใช้สื่อต่าง ๆ ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้

2. ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่กำลังจะเรียนโดยการอภิปรายกลุ่ม ตอบคำถาม การวาดภาพ การใช้ผังกราฟิกซึ่งผู้เรียนบางคนอาจเกิดความสงสัย

3. ขั้นสร้างองค์ความรู้ เป็นขั้นการแลกเปลี่ยนความคิด สร้างความกระจ่างตามที่ผู้สอนจัดไว้ให้โดยผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจากบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การอภิปราย การสาธิต ตลอดจนนำความรู้ที่ได้มาบันทึกผลการทดลองผลการทำกิจกรรม เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4. ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นมาใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้ที่ผู้เรียนเคยเรียนและสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

5. ขั้นทบทวน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้โดยอาศัยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เกม แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง การอภิปราย และร่วมกันสรุป

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

National Research Council (1996) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องดำเนินการสืบค้น สำรวจหาคำตอบ ด้วยวิธีการต่าง ๆ จนเกิดเป็นการสร้างเป็นความรู้ความเข้าใจอย่างมีความหมายและสามารถสร้างและเกิดกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถนำมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ กิจกรรมที่ผู้เรียนศึกษาความรู้เกี่ยวกับการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, น. 4-6) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ว่า ในการศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ สำรวจตรวจสอบ หรือการลงมือทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน เช่น

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการใช้ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐานก่อนการทดลอง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ปฏิบัติการการทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายและลงข้อข้อสรุปได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและแม่นยำ

อัญชลี เหล่ารอด (2554) ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นพฤติกรรมความสามารถของผู้เรียนที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติการทดลอง ฝึกฝนเกิดความเชี่ยวชาญจนก่อให้เกิดความรู้

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่พึงปรารถนาให้เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการหรือทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การวัด การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การแปลผลและลงข้อสรุป ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นบูรณาการเพื่อพัฒนาให้เกิดความเชี่ยวชาญ

3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, น. 4-6) ได้อธิบายเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีทั้งหมด 14 ทักษะ ได้แก่

1. การสังเกต (Observing) ทักษะการสังเกตเป็นการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น ตา หู จมูก ผิวกาย เพื่อหาข้อมูลหรือรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ โดยที่ไม่เพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไป

2. การวัด (Measuring) การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่วัด รวมทั้งสามารถแสดงหรือใช้หน่วยของเครื่องมือกำกับได้อย่างถูกต้อง

3. การจำแนกประเภท (Classifying) เป็นการจัดแบ่งสิ่งของหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยใช้เกณฑ์ซึ่งอาจใช้ความเหมือน หรือความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ความสามารถหรือข้อบ่งชี้ว่าเกิดทักษะแล้วนั้นสามารถประเมินจากการแบ่งสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถกำหนดกฎเกณฑ์ของสิ่งของด้วยการตั้งกฎเกณฑ์ด้วยตนเองพร้อมกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ได้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติหรือมิติกับเวลา (Using Space/Time Relationships) วัตถุต่าง ๆ บนโลกนี้จะทรงตัวอยู่ได้ ล้วนแต่ครอบที่ว่างโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุในที่ว่างนั้น โดยทั่วไปแล้วจะมี 3 มิติ ได้แก่ ความยาว ความกว้างและความสูงความหนา ความสามารถหรือข้อบ่งชี้ว่าเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ ได้แก่ นักเรียนสามารถวาดภาพ 2 มิติจากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้ หรือสามารถบอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุโดยใช้ตัวเองหรือวัตถุเป็นเกณฑ์บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาดได้

5. การคำนวณ (Using Numbers) การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้นั้นมาคิดคำนวณโดยการใช้วิธีการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย หนา ความสามารถหรือข้อบ่งชี้ว่าเกิดทักษะการคำนวณ ได้แก่ การนับจำนวนของสิ่งของหรือวัตถุได้อย่างถูกต้อง การหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing data and Communication) เป็นการนำผลการสังเกต การวัด การทดลองจากแหล่งต่าง ๆ มาจัดกระทำโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลที่ดียิ่งขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ วงจร กราฟ สมการ และการเขียนบรรยายไดอะแกรม เป็นต้น

7. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) เป็นการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วยและใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้รับมา ความสามารถหรือข้อบ่งชี้ว่าเกิดทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ได้แก่ สามารถอธิบายหรือสรุปโดยลงความเห็นให้กับข้อมูล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. การพยากรณ์ (Predicting) เป็นการสรุปคำตอบล่วงหน้าไว้ก่อนการทดลองโดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ อาศัยหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุปการพยากรณ์ โดยการพยากรณ์มีสองทาง ได้แก่ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ และการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

9. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) เป็นการคิดหาคำตอบหรือคาดเดาล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง เป็นคำตอบที่รอการพิสูจน์ ซึ่งสมมติฐานได้มาโดยอาศัยการสังเกต อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่เป็นพื้นฐาน โดยการตั้งสมติฐานสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง ทราบว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมซึ่งมักเขียนในรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ สามารถทราบภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุน ความสามารถหรือข้อบ่งชี้ว่าเกิดทักษะการตั้งสมมติฐานคือ การบอกชื่อตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม โดยในการตั้งสมมติฐานสามารถทราบ ตัวแปรต้นจากปัญหาและสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น

10. การทดลอง (Experiment) เป็นกระบวนการลงมือปฏิบัติการทดลองโดยผ่านการออกแบบการทดลอง วางแผนการทดลอง ระบุวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองได้โดยประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน

10.1 การออกแบบการทดลอง การวางแผนและการออกแบบการทดลอง รวมทั้งการระบุ กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

10.2 การปฏิบัติการทดลอง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงตามที่ได้วางแผนการทดลอง สามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

10.3 การบันทึกผลการทดลอง เป็นการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจได้มาจากการสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูลอาจอยู่ในรูปตารางบันทึกการทดลอง การเขียนกราฟโดยทั่วไปจะแสดงค่าตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระบนแกนแนวนอน และค่าตัวแปรตามบนแกนในแนวตั้ง

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variables Operationally) เป็นการกำหนดขอบเขตของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในสมมติฐานการทดลอง ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตและวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง

12. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) เป็นการระบุถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ในการทดลองการควบคุมตัวแปรเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากตัวแปรต้น ถ้าหากไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน จะทำให้การทดลองคาดเคลื่อน สามารถแบ่งตัวแปรได้ 3 ตัวแปร ได้แก่

12.1 ตัวแปรต้น เป็นสิ่งที่ต้องจัดให้แตกต่างกัน เป็นต้นเหตุทำให้เกิดผลซึ่งเราคาดหวังว่าจะต่างกัน

12.2 ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ติดตามซึ่งเป็นผลมาจากการจัดสถานการณ์บางอย่างให้แตกต่างกัน

12.3 ตัวแปรควบคุม สิ่งที่ต้องควบคุมจัดให้เหมือนกันเพื่อให้แน่ใจว่าผลการทดลองเกิดจากตัวแปรต้นเท่านั้น

13. การตีความหมายและลงข้อข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion) เป็นการแปลความหมายหรือการบรรยาย ลักษณะสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ หรือเป็นการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ เช่น การสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อบ่งชี้ว่าเกิดทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ได้แก่ การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบนกราฟ หรือจากตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง

14. การสร้างแบบจำลอง (Formulating models) เป็นการนำเสนอข้อมูล แนวคิด หรือความคิดรวบยอดที่ได้จากการทดลอง การบันทึกผลการทดลองเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์หุ่นยนต์ เป็นต้น

สอดคล้องกับ วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542, น. 3–4) ที่ได้รวบรวมสรุปทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากสมาคมโครงการเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของ สหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science หรือ AAAS) ออกเป็น 13 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่

1.1 ทักษะการสังเกต (Observing)

1.2 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring)

1.3 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

1.4 ทักษะการวัด (Measuring)

1.5 ทักษะการใช้ตัวเลข (Using Number)

1.6 ทักษะการสื่อความหมาย (Communicating)

1.7ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

1.8 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา (Using Space/Time Relationship)

2. ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่

2.1 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

2.2 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)

2.3ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Variables Operationally)

2.4 ทักษะการทดลอง (Experiment)

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion)

สอดคล้องกับ Abruscato (2000, pp. 40–44) ได้กล่าวว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญและสามารถใช้ทักษะเหล่านั้นมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญประกอบด้วย 13 ทักษะ เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะการสังเกต (Observing) เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสที่ใช้ในการรับข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับวัตถุ เหตุการณ์ และสิ่งแวดล้อมรอบตัว เป็นกระบวนการขั้นพื้นฐานที่สำคัญ

2. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา (Using Space/Time Relationship) เป็น ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างในรูป 2 มิติกับ 3 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่ง และหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับเวลาที่ใช้ตลอดเวลาการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเมื่อเวลาที่เปลี่ยนไป

3. ทักษะการใช้ตัวเลข (Using Number) เป็นความสามารถในการนำตัวเลขที่มีมากำหนดคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร หรืออาจเป็นจำนวนของสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งการคำนวณเบื้องต้น เช่น การหาอัตราส่วนหรือการหาค่าเฉลี่ย

4. ทักษะการจำแนก (Classifying) เป็นความสามารถในการจำแนกหรือแยกจัดกลุ่มของสิ่งของต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันด้วยคุณลักษณะคุณสมบัติ เช่น ขนาด สี หรือประเภท

5. ทักษะการวัด (Measuring) เป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับ และมีการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด

6. ทักษะการสื่อสาร (Communicating) เป็นการแสดงผลของข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลอง การรวบรวมข้อมูลแล้วนำมาจำแนกโดยอาจกระทำได้โดยการเรียงลำดับและนำเสนอด้วยการเขียนเป็นแผนภาพ แผนผัง แผนที่ หรือตาราง

7. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) เป็นการคาดคะเนล่วงหน้าโดยใช้ทักษะการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ

8. ทักษะการลงความเห็น (Inferring) เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลอง แล้วนำไปเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเพื่อสรุปหรืออธิบายสิ่งที่พบได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) เป็นการระบุถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ในการทดลอง

2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) เป็นการคาดเดาคำตอบไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะมีการทดลอง โดยอาศัยข้อมูลจากการสังเกต เพื่อนำไปกำหนดตัวแปร

3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Variables Operationally) เป็นการกำหนดขอบเขตในการทดลองโดยกำหนดตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

4. ทักษะการทดลอง (Experiment) เป็นการลงมือทดลองโดยครอบคลุมถึงการวางแผนการทดลอง การทดลอง และการบันทึกข้อมูลการทดลอง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) เป็นการนำเสนอและสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสังเกต เพื่อนำมาแปลผลและสรุปเป็นข้อมูลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดหมายที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการซึ่งได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐานการทดลอง (Formulating Hypotheses) ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variables Operationally) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) ทักษะการทดลอง (Experiment) และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion)

3.3 การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สำหรับการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 23–24) ได้กล่าวถึงลักษณะของข้อสอบเพื่อนำมาวัดความสามารถของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. การใช้สถานการณ์

1.1 สถานการณ์ที่สร้างขึ้นจะเป็นสถานการณ์สมมติขึ้นมา หรือนำมาจากเอกสารอื่นต้องมีความยากง่ายที่เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

1.2 ใช้ภาษา คำพูดที่เข้าใจง่าย ศัพท์เทคนิคที่นำมาใช้ต้องไม่นอกเหนือจากที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้ว

1.3 สถานการณ์ที่นำมาใช้จะต้องสั้นกะทัดรัด อ่านแล้วเข้าใจง่าย และแต่ละสถานการณ์ควรใช้กับคำถามมากกว่า 1 คำถามเพื่อให้นักเรียนไม่เสียเวลาในการอ่านมากเกินความจำเป็น

1.4 สถานการณ์ที่นำมาใช้ต้องไม่เป็นสถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้จะต้องเลือกใช้สถานการณ์ที่เป็นจริงสมเหตุสมผล

2. การใช้คำถามกับสถานการณ์ที่นำมาใช้มีสมบัติ ดังนี้

2.1 ถามในเรื่องที่ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ใช้คำถามในเรื่องความรู้ความจำ

2.2 ไม่ถามถึงปัญหาหรือข้อสมมติฐานที่เคยอภิปราย หรือมีการสรุปผลมาแล้ว เพราะจะกลายเป็นการวัดในด้านความจำ คำถามที่ดีควรถามที่สามารถวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 ใช้คำถามที่รัดกุม เป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องนั้นโดยเฉพาะ

3. การตรวจข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ถ้าเป็นข้อสอบที่เป็นข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ แม้จะตั้งคำถามที่ผู้ตอบคิดว่าจำเพาะ เจาะจง คำตอบจะแน่นอน แต่ในขั้นตอนการตรวจต้องมีการกำหนดกฎเกณฑ์ในการให้คะแนน

สมคิด พรมจุ้ย (2557) ได้กล่าวเกี่ยวกับแบบวัดทักษะปฏิบัติการโดยใช้เทคนิควิธีการที่ใช้วัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ทักษะที่หลากหลายวิธี ได้แก่

1. ข้อสอบวัดทักษะปฏิบัติการแบบเขียนตอบ เนื่องด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีส่วนที่ซ้อนกับพฤติกรรมการเรียนรู้ในพุทธิพิสัยจึงสามารถนำแบบวัดแบบเขียนตอบได้

2. การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ เป็นการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดไว้ล่วงหน้าว่าต้องการวัดทักษะด้านใด แล้วจึงออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนทำ

3. การตรวจรายงานผลการทำปฏิบัติการ เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้ปฏิบัติการหลาย ๆ ด้าน เช่น ทักษะในการจดบันทึก การสังเกต ทักษะในการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมาย แปลข้อมูล ทักษะการวาดภาพผลการทดลอง (ดังแสดงในตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ตารางบันทึกคะแนนการทดลอง

การตรวจครั้งที่	**ปฏิบัติการที่ตรวจ**	**การเขียนกราฟภาพ หรือตาราง**			**การแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป**			**รวม**	**หมายเหตุ**
		2	1	0	2	1	0		
1									
2									
3									
	รวม								

4. การสอบภาคปฏิบัติ การสอบปฏิบัติแบบฐานปฏิบัติกระทำได้โดยจัดเครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนวัสดุและสารเคมีที่จำเป็นวางบนโต๊ะ พร้อมด้วยชุดคำสั่งให้ผู้เรียนปฏิบัติตาม

5. การแข่งขันความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจกระทำได้โดยการกำหนดปัญหามาให้ แล้วให้ผู้เรียนดำเนินการหาคำตอบของปัญหาโดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี เช่น การสอบภาคปฏิบัติในการแข่งขันวิทยาศาสตร์โอลิมปิกนานาชาติ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งหวังที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนในการเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐานการทดลอง (Formulating Hypotheses) ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variables Operationally) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) ทักษะการทดลอง (Experiment) และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3.4 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนตามที่กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557) ได้กล่าวเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบทดสอบและการหาค่าประสิทธิภาพของแบบทดสอบ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปมีหลายขั้นดังนี้

1. วิเคราะห์คุณลักษณะที่ต้องวัด
2. กำหนดความหมายหรือนิยามคุณลักษณะ
3. เขียนข้อคำถาม
4. พิจารณาทบทวนคำถาม
5. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบ
6. นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละคำถาม และนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี ซึ่งได้ค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00
7. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
8. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมาตรวจสอบให้คะแนนเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตามวิธีการที่วิทนีย์ และซาเบอร์สได้เสนอขึ้น (อ้างถึงในกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น.9-61)
9. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด
10. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach)
11. จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

การหาค่าประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-53) ประกอบด้วย

1. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

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

2. ค่าความยากของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการ

$$\mathrm{p} = \frac{\Sigma_{\mathrm{H}} + \Sigma_{\mathrm{L}} - (2\mathrm{N}\mathrm{Score}_{\mathrm{min}})}{2\mathrm{N}(\mathrm{Score}_{\mathrm{max}} - \mathrm{Score}_{\mathrm{min}})}$$

3.ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

$$\mathrm{r} = \frac{\Sigma_{\mathrm{H}} - \Sigma_{\mathrm{L}}}{2\mathrm{N}(\mathrm{Score}_{\mathrm{max}} - \mathrm{Score}_{\mathrm{min}})}$$

4. ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

$$\alpha \text{ หรือ } \mathrm{r}_{tt} = \frac{\mathrm{k}}{\mathrm{k} - 1\left[1 - \frac{\sum \mathrm{s}_{\mathrm{i}}^2}{\mathrm{S}^2}\right]}$$

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2540) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง พฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงความสามารถที่มาจากการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แม้ว่าการทำนั้นอาจกระทำมาก่อนหรือไม่เคยกระทำมาก่อน โดยที่เป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบทดสอบทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ สมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในเรื่องใด ๆ ก็ตาม เพื่อวัดความรู้ความสามารถในการเรียนมากน้อยเพียงใด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกระทรวงศึกษาธิการได้ปรับปรุงหลักสูตรในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้เอื้อต่อการพัฒนาความรู้ความสามารถของนักเรียน โดยมีจุดประสงค์ ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2546)

1. เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีพื้นฐานของรายวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจถึงข้อจำกัดของรายวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะในการค้นคว้าการใช้เทคโนโลยี
4. เพื่อให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5. เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ต่อสภาพแวดล้อมและมวลมนุษย์

6. เพื่อให้สามารถนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต

สมนึก ภัททิยธนี (2546) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพในด้านต่าง ๆ ของนักเรียน หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ของบุคคล อันเนื่องมาจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หรือประมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมองซึ่งสามารถ ตรวจสอบได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (พรทิพย์ สุดรักษา, 2555)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของผู้เรียนทั้งทางด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ได้รับการพัฒนาจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวัดในด้านการจำ (Remembering) เข้าใจ (Understanding) ประยุกต์ใช้ (Applying) วิเคราะห์ (Analyzing) ประเมินค่า (Evaluating) และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยแบบทดสอบเขียนตอบ

4.2 รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สมนึก ภัททิยธนี (2546) ได้กล่าวเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนว่ามีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or essay test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะข้อคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างอิสระ เขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบถูก-ผิด (True-false-test) เป็นข้อสอบที่มีลักษณะข้อคำถามที่ตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย ประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้สอบเติมคำ ประโยค ข้อความ หรือตัวเลขลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีความเข้าใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short answer test) เป็นข้อสอบที่เขียนประโยคคำถามที่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้สอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการมีลักษณะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัย หรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยชุดข้อความ 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ของแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง คู่กับข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง โดยข้อความทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้ เช่น เป็นข้อความที่สัมพันธ์กัน

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ตอน คือ ส่วนที่เป็นคำถาม และส่วนที่เป็นตัวเลือกโดยมีเพียงแค่หนึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด

สอดคล้องกับกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 92-99) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้ความสามารถและทักษะ

ในด้านเนื้อหาสาระของผู้เรียนโดยที่ผู้เรียนได้ผ่านการเรียนรู้มาแล้วเพื่อวัดว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่เพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายรูปแบบหลายลักษณะ ได้แก่

1. ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นลักษณะของข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อความหรือประโยค เพื่อให้ผู้เรียนเลือกว่าถูกหรือผิด เหมาะกับชุดข้อสอบที่ใช้ในการวัดข้อเท็จจริง นิยาม หลักการต่าง ๆ หรือคำนิยาม เพื่อให้ผู้สอบพิจารณาถึงความสัมพันธ์ว่าเป็นข้อเท็จจริงหรือไม่

2. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นลักษณะของข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์หนึ่งประกอบด้วยตัวเลขหรือสัญลักษณ์ เพื่อจับคู่กับอีกส่วนในคอลัมน์หนึ่งที่ประกอบด้วยคำ วลีหรือประโยค โดยข้อความในคอลัมน์หนึ่งเป็นคำถาม อีกคอลัมน์เป็นตัวเลือก

3. ข้อแสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่มีข้อคำถามให้ผู้ตอบเลือกจากตัวเลือกที่มีหลายตัวเลือกอาจมี 4-5 ตัวเลือก โดยเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนคำถามอาจอยู่ในรูปที่สมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์หรือข้อความที่เป็นคำถาม และส่วนที่เป็นตัวเลือกจะมีตัวเลือกที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวและตัวเลือกอื่น ๆ จะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือเรียกว่า ตัวลวง

4. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ผู้สอบเขียนคำสำคัญ ตัวเลข วลี คำศัพท์ในช่องว่างที่เว้นไว้ และข้อความที่เติมควรอยู่ท้ายประโยค

5. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เป็นข้อสอบที่ผู้สอบต้องหาคำตอบเองอย่างเฉพาะเจาะจงให้สมบูรณ์ที่สุด การเขียนคำถามไม่ควรคัดลอกจากหนังสือ

จากเอกสารที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะในด้านความรู้ ความเข้าใจ ประสบการณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียนหลังจากที่ได้รับจากการเรียนการสอน ประสบการณ์ฝึกอบรม การปฏิบัติการทดลอง หรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุมในส่วนของเนื้อหา กระบวนการแสวงหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4.3 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

พรทิพย์ สุดรักษา (2555) ได้อธิบายเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดความรู้ ทักษะ หรือการวัดความสามารถของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายและเนื้อหาของรายวิชาต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางความรู้พื้นฐาน ว่าโดยส่วนใหญ่จะใช้การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านพฤติกรรม ด้านพุทธพิสัยของรายวิชาต่าง ๆ โดยในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพและได้ผลตามจุดมุ่งหมายควรปฏิบัติตามหลักการ ดังนี้

1. วัดให้ตรงตามจุดประสงค์ เพื่อการแปลผลที่ถูกต้องสมบูรณ์โดยดำเนินการวัดให้ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดทั้งในด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการ

2. การเลือกใช้เครื่องมือดีมีคุณภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพ เชื่อถือได้ ทำให้การแปลผลได้ถูกต้องแม่นยำ

3. การวัดผลสัมฤทธิ์ต้องมีความยุติธรรม เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสังคมศึกษาต้องมีความยุติธรรม

4.4 คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสำคัญ เพราะจะทำให้ผู้ประเมินมีความมั่นใจที่จะนำผลการประเมินที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ โดยมีการวัดคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ภาพรวม 5 ลักษณะดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557)

4.4.1 ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น คือ ความคงที่ของการวัดที่ได้จากการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบ หรือเครื่องมือใด ๆ ไปวัดกับผู้เข้าสอบกลุ่มเดียวกันแล้วผลการวัดควรจะเหมือนเดิม โดยความเที่ยงสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่

1) ความเที่ยงแบบความคงที่ (stability) โดยใช้วิธีการตรวจสอบด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ

2) ความเที่ยงแบบความเท่าเทียม (equivalence) โดยใช้วิธีการตรวจสอบวิธีการใช้ฟอร์มเทียบเท่าหรือคู่ขนาน

3) ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยใช้วิธีการตรวจสอบด้วยวิธีแบ่งครึ่ง (split-half) ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) และวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) โดยที่ค่าความเที่ยงหรือความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยมีแนวทางในการพิจารณาดังนี้

ถ้าน้อยกว่า 0.70 หมายความว่า ความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ (ควรปรับปรุง)
ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 หมายความว่า ความน่าเชื่อถือยอมรับได้
ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 หมายความว่า ความน่าเชื่อถือยอมรับได้
ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.90 หมายความว่า ความน่าเชื่อถือได้มาตรฐานระดับสากล

4.4.2 ความตรง คือ ความสามารถของเครื่องมือที่มีความตรงตามความต้องการวัด โดยทั่วไปแบ่งความตรงตามจุดประสงค์ได้ 4 ชนิดได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) และความตรงเชิงพยากรณ์ (predictive validity)

4.4.3 ความเป็นปรนัย ((Objective) คือ เครื่องมือวัดต้องมีความชัดเจนของข้อคำถามในเครื่องมือวัดเมื่ออ่านแล้วเข้าใจความหมายตรงกัน ตรวจแล้วให้คะแนนตรงกัน

4.4.4 ความยาก (Difficulty) คือ สัดส่วนของจำนวนผู้สอบที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด โดยที่ค่าความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.00 ถ้าหากข้อสอบ ข้อใดมีผู้ตอบถูกมากข้อสอบข้อนั้นอยู่ในระดับง่าย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก แบ่งช่วงได้ตารางดังนี้

ตารางที่ 2.2 การแปลความหมายค่าความยาก

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.81 ถึง 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ที่มา: กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557)

4.4.5 อำนาจจำแนก (Discrimination) คือ ความสามารถของข้อสอบที่จะจำแนกผู้สอบที่ได้คะแนนสูงออกจากผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการจำแนกเด็กเก่งออกจากเด็กอ่อน โดยที่ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง 1.00 ใช้สัญลักษณ์ r แทนค่าอำนาจจำแนก
อำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก

$$r = \frac{H-L}{N_H} \quad \text{หรือ} \quad r = \frac{H-L}{N_L}$$

ค่าอำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

$$r = \frac{L-H}{N_H} \quad \text{หรือ} \quad r = \frac{H-L}{N_H}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก
H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น
N_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
N_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง 1.00 โดยสามารถแปลความหมายดังตารางดังนี้

ตารางที่ 2.3 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

ที่มา: กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557)

5. ความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain)

5.1 ความหมายของความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain)

Hake (1998 อ้างถึงใน อภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะธนิตกุล, เชิญโชค ศรขวัญ, นฤมล เอมะรัตต์ และรัชภาคย์ จิตต์อารี, 2550) เป็นนักฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยอินเดียนา (University of Indiana) ได้เสนอแนวคิดใหม่เกี่ยวกับวิธีการประเมินผลแบบใหม่ในการประเมินผลสอบก่อนเรียน (pre-test) และหลังเรียน (post-test) เทียบกับโอกาสสูงสุดที่ผู้เรียนแต่ละคนสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งมีวิธีการอันเนื่องจากในการสอบแต่ละครั้งจะมีข้อจำกัดของคะแนนต่ำสุด (minimum or floor effect) ที่ทุกคนจะมีโอกาสได้คะแนนต่ำและไม่น้อยกว่า 0 เปอร์เซ็นต์ และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (maximum or ceiling effect) ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุผลดังกล่าว Hake จึงได้เสนอวิธีการในการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น ที่เรียกว่า normalized gain (ซึ่งคำว่า normalized เป็นคำที่มาจากคำศัพท์ทางฟิสิกส์ควอนตัม โดยหมายถึงการทำให้มีโอกาสหรือความเป็นไปได้เท่า ๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน) โดยหาจากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{(\%\ \text{Post-test}) - (\%\ \text{Pre-test})}{(100\%) - (\%\ \text{Pre-test})}$$

โดยที่ $\langle g \rangle$ คือ normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

โดยนำคะแนนมาคำนวณเฉพาะผู้เรียนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น ซึ่ง Normalized gain หรือ g เป็นการวัดผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผู้เรียนว่า ผลการการเรียนรู้สูงสุดมีโอกาสเพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่า โดยค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0.0 - 1.0 การประเมินลักษณะเช่นนี้สามารถแก้ปัญหาความต่างของผลสัมฤทธิ์ที่ต่ำและสูง (floor and ceiling effect) ได้ เพราะเป็นการปรับค่าผลการเรียนรู้ให้เป็นมาตรฐาน

การประเมินการเรียนการสอนด้วยวิธี Normalized gain จะให้ความสนใจที่ผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นเป็นหลัก โดยที่ผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเรียนการสอน หรือกระบวนการในการจัดการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับคะแนนสอบก่อนเรียนและกลุ่มผู้เรียน โดยที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized gain กับคะแนนสอบก่อนเรียนของผู้เรียนแต่ละคนนั้นมีค่าสหสัมพันธ์ที่น้อยมาก ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการประเมินกับนักเรียนทุกกลุ่มแม้ว่าผลการสอบก่อนเรียนจะแตกต่างกัน

5.2 ประเภทของก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain)

ในการประเมินผลการเรียนด้วยวิธี normalized gain สามารถจำแนกได้ดังนี้

5.2.1 ประเมินทั้งชั้นเรียน (class normalized gain) เป็นการประเมินของผู้เรียนทั้งชั้นเรียนที่เพิ่มขั้นซึ่งคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ย

ทั้งชั้นเรียนทั้งก่อนและหลังเรียน เพื่อดูผลการเรียนเป็นภาพรวมทั้งชั้นเรียนนั้นมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

5.2.2 ประเมินรายบุคคล (single student normalized gain) เป็นการประเมินผู้พัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยพิจารณาจากการนำคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละคนมาคำนวณหาค่า normalized gain

5.2.3 ประเมินแต่ละรายข้อ (Single test item normalized gain) เป็นการประเมินพิจารณาข้อสอบเป็นรายข้อ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงในการเรียนการสอน นอกจากนั้นยังสามารถทำให้ทราบได้ว่าผู้เรียนไม่เข้าใจในหัวข้อใด

5.2.4 ประเมินแต่ละความคิดรวบยอด (conceptual dimensional normalized gain) เป็นการพิจารณาผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละความคิดรวบยอด

ในการประเมินทำให้สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain <g> ออกเป็นกลุ่มได้เป็น 3 กลุ่ม Hake (1998 อ้างถึงในอภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะธนิตกุล, เชิญโชค ศรขวัญ, นฤมล เอมะรัตต์ และรัชภาคย์ จิตต์อารี, 2550) ได้แก่

“High gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$g \geq 0.7$
“Medium gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.3 \leq g < 0.7$
“Low gain”	เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า	$0.0 \leq g < 0.3$

และเนื่องจากสูตรในการหาค่า <g> ของ Hake มีข้อจำกัดที่ยังไม่สามารถอธิบายค่าที่ได้ที่เป็นค่าลบได้ Marks และ Cumming (2007, อ้างถึงในศราวุฒิ ขันคำหมื่น, 2553) จึงได้เสนอค่า c ขึ้นมาดังนี้

$$C = \begin{cases} \dfrac{\%post - \%pre}{100\% - \%pre} & ; \%post > \%pre \\ 0 & ; \%post = \%pre \\ \dfrac{\%post - \%pre}{\%pre} & ; \%post < \%pre \end{cases}$$

ถ้า	$c \geq 0.7$	พัฒนาการของผลสัมฤทธิ์อยู่ในระดับสูง (Hight gain)
	$0.3 \leq c < 0.7$	พัฒนาการของผลสัมฤทธิ์อยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain)
	$0.0 \leq c < 0.3$	พัฒนาการของผลสัมฤทธิ์อยู่ในระดับต่ำ (Low gain)
	$c < 0.0$	พัฒนาการของผลสัมฤทธิ์อยู่ในระดับต่ำเกณฑ์ (Negative gain)

5.3 การประยุกต์ normalized gain ในการพิจารณาผลการเรียนการสอน

อภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะธนิตกุล, เชิญโชค ศรขวัญ, นฤมล เอมะรัตต์ และรัชภาคย์ จิตต์อารี (2550) ได้กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ normalized gain ในการประเมินค่าผลการเรียนได้อย่างหลากหลาย ได้แก่

1. สามารถใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้เป็นระดับชั้นเรียน เพื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั้นเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ต่างกัน

2. สามารถใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้เป็นรายบุคคล เพื่อศึกษาพัฒนาการของผู้เรียนเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

3. สามารถใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้เป็นรายข้อ เพื่อศึกษาว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นผู้เรียนมีพัฒนาการเป็นอย่างไร

4. สามารถใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้เป็นความคิดรวบยอด เพื่อศึกษาชุดข้อสอบหนึ่ง ๆ ที่วัดความคิดรวบยอดในเรื่องเดียวกัน ผู้เรียนมีพัฒนาการต่อชุดข้อสอบเป็นอย่างไร

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงนำเสนอความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนด้วยวิธี normalized gain หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน โดยเลือกศึกษาความก้าวหน้าเป็นระดับชั้นเรียนเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนที่ต่างกัน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

ในการจัดการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ที่ส่งเสริมให้มีการจัดเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้สอดคล้องตามหลักการของหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน

วราภรณ์ สีดำนิล (2550) ได้พัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แนวคอนสตรัคติวิซึม โดยการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม ศึกษาความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดท่าไชย (ประชานุกูล) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยภาพรวมนักเรียนเห็นด้วยต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม

วิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ์ (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งได้พัฒนาบทปฏิบัติการที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่จะสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยเชื่อมโยงความรู้ประสบการณ์เดิมกับความรู้ประสบการณ์ใหม่ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยเก็บข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติการทดลองก่อนบรรยายมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายก่อนปฏิบัติการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ก็พบว่าทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจในระดับดี

จารุวัฒน์ ชูรักษ์ (2557) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การหาปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการโดยที่เลือกใช้เครื่องดูดกลืนแสงอย่างง่ายสำหรับนิสิตปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเมื่อผู้เชี่ยวชาญประเมิน บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และได้หาค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการได้ค่าเท่ากับ 81/82 คะแนนแบบทดสอบของนิสิตอยู่ในระดับดี และมีผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปัฐมาภรณ์ นทีศิริกุล (2558) ศึกษาผลการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป ประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์ และการสอนแบบสืบเสาะ โดยศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของวิธีการสอน โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์และการสอนแบบสืบเสาะ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์และการสอนแบบสืบเสาะ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสตรีศึกษาที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)จากการวิจัยพบว่า ค่าประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์และแบบสืบเสาะนั้นมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ มาตรฐาน 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนที่เรียน โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์สูงกว่าการสอนแบบสืบเสาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์และวิธีการสอนแบบสืบเสาะอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

ปองดี ไชยจันดา (2559) ศึกษาการพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส โดยการจัดการเรียนรู้ใช้ปฏิบัติการเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 25 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นผสมผสาน แผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินการปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยโดยทดสอบค่าทีแบบ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระออกจากกัน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนน และดำเนินการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานโดยคะแนนเฉลี่ยจากการปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน ในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส มีผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนมีพัฒนาการด้านการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติกรมากที่สุด

ศันสนีย์ วิชาโรจน์ (2559) ที่ได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการชีววิทยาเพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโกสุมวิทยาสรรค์ สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม เขต 26 โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูง

กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง และนักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกอยู่ในระดับมากที่สุด จะเห็นได้ว่าในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการหรือชุดฝึกปฏิบัติการนั้นสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ การสร้างแนวคิด และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (ปัฐมาภรณ์ นทีศิริกุล, 2558; (พัชรี โพชนา, 2559) ดังเห็นได้จากการศึกษาของพัชรี โพชนา (2559) ที่ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์ และการสอนแบบสืบเสาะ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 33 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test) และการเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Cakicl และ Yavuz (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดใช้คอนสตรัคติวิสต์เพื่อความเข้าใจของเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในการเรียนเรื่องสสาร โดยใช้คำถามการอภิปรายประกอบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางสามารถปรับเปลี่ยนความรู้เดิมของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครูผู้สอนและผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยคอนสตรัคติวิสต์สูงกว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนด้วยวิธีบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Ruey (2010) ศึกษากลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์สำหรับผู้ใหญ่ในการเรียนออนไลน์ โดยทำการสำรวจเกี่ยวกับวิธีการออกแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ในสภาพแวดล้อมการเรียนออนไลน์ที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ห้องเรียนในรายวิชาการสร้างเว็บไซต์ โดยเครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบสำรวจ แบบสัมภาษณ์ และแบบสังเกตบรรยากาศในการเรียนการสอน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่แล้วผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการทำงาน ช่วยเหลือคนอื่นมีความรับผิดชอบมากขึ้น โดยภาพรวมแล้วการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ มีส่วนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนการสอนมากขึ้น สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการทำงานร่วมกันมากขึ้น

Ahmada, Chinga, Yahayaa และ Abdullaha (2015) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) กับสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อการบูรณาการสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์และศึกษาการรับรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้นจริงและความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมตาม

แนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) กับกลุ่มในสภาพแวดล้อมปกติ จากผลการทดสอบของนักเรียนแสดงให้ถึงการจัดการเรียนรู้ในสภาพแวดตามแนวคอนสตรัคติวิสต์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในสภาพทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มและพัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง สืบค้น เก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผลด้วยตนเองจึงเกิดเป็นความรู้ที่คงทนแก่ผู้เรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อให้การวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 14 มีนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 3 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 135 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังเรียนรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 41 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่มแล้วจับฉลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องเป็นกลุ่มควบคุม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ได้แก่

2.1.1 บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 6 บทปฏิบัติการ ได้แก่

1) ปฏิบัติการที่ 1 เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)
2) ปฏิบัติการที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก
3) ปฏิบัติการที่ 3 โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น
4) ปฏิบัติการที่ 4 โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ
5) ปฏิบัติการที่ 5 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
6) ปฏิบัติการที่ 6 การลำเลียงน้ำของพืช

2.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ควบคู่บทปฏิบัติการเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 6 แผน รวม 18 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สาระการเรียนรู้และเวลาเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)	3
2	โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก	3
3	โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น	3
4	โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ	3
5	การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	3
6	การลำเลียงน้ำของพืช	3
	รวม	18

ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาสาระการเรียนรู้

เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)	1. บอกตำแหน่งและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรของพืชได้ 2. อธิบายหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญในการขยายพันธุ์พืชได้ 3. ทดลองศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ 4. จำแนกลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ 5. เปรียบเทียบประเภทของเนื้อเยื่อพืชได้
2. โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก	6. ทดลองศึกษาโครงสร้างภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ จากด้านนอกเข้าสู่ด้านในได้ 7. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ 8. เปรียบเทียบโครงสร้างภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้ 9. วิเคราะห์ลักษณะของเนื้อเยื่อรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากด้านนอกเข้าสู่ด้านในตามลำดับได้ 10. วิเคราะห์ชนิดของรากที่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่พิเศษได้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

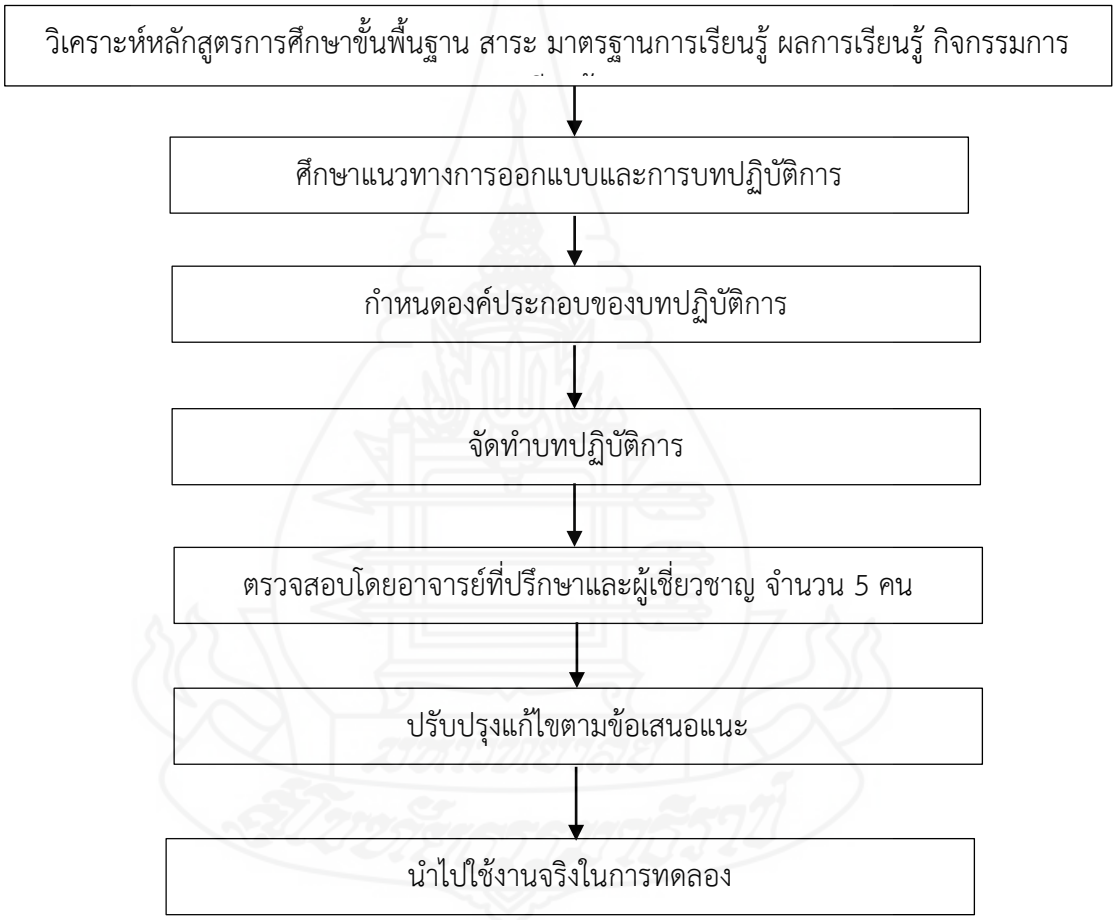
เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้
3. โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น	11. ทดลองศึกษาโครงสร้างภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ 12. เปรียบเทียบโครงสร้างภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้ 13. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ 14. วิเคราะห์ลักษณะของเนื้อเยื่อลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากด้านนอกเข้าสู่ด้านในตามลำดับได้ 15. วิเคราะห์ชนิดของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่พิเศษได้
4. โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ	16. ทดลองศึกษาโครงสร้างภายนอกภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวใบเลี้ยงคู่ได้ 17. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ 18. เปรียบเทียบโครงสร้างภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้ 19. วิเคราะห์ลักษณะของเนื้อเยื่อใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากด้านบนสู่ด้านล่างได้ 20. วิเคราะห์ชนิดของใบที่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่พิเศษได้
5. การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	21. ทดลองศึกษาลักษณะและตำแหน่งของปากใบในพืชชนิดต่าง ๆ ได้ 22. บอกลักษณะของเซลล์คุม รูปากใบ และเซลล์อิพิเดอร์มิสที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้ 23. เปรียบเทียบจำนวนปากใบบริเวณเยื่ออิพิเดอร์มิสด้านล่างของพืชกลุ่มต่าง ๆ ได้
6. การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช	24. อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการลำเลียงน้ำของพืชและการเกิดกัตเตชันของพืชได้ 25. วิเคราะห์รูปแบบการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากเซลล์ขนรากเข้าสู่รากได้

2.1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ จำนวน 1 ฉบับ โดยใช้เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

2.1.4 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 ข้อ

2.2 วิธีการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 การสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทปฏิบัติการ

1) ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ผลการเรียนรู้ ขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ เวลาเรียน กิจกรรมในบทปฏิบัติการ

3) ศึกษาหนังสือ วารสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การสร้างบทปฏิบัติการ และศึกษากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

4) ศึกษาแนวทางการออกแบบและการสร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พร้อมทั้งศึกษาองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ

5) กำหนดองค์ประกอบของบทปฏิบัติการโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งสามารถกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ของบทปฏิบัติการได้ดังนี้ โดยสรุปเป็นตารางกิจกรรมแต่ละบทปฏิบัติการได้ดังตารางที่ 3.1

(5.1) แบบบันทึกการตรวจบทปฏิบัติการ

(5.2) ชื่อบทปฏิบัติการ

(5.3) บทนำ

(5.4) วัตถุประสงค์

(5.5) สมมติฐาน

(5.6) ทักษะ

(5.7) วัสดุและอุปกรณ์

(5.8) วิธีการศึกษา

(5.9) ผลการทดลอง

(5.10) สรุปผลการทดลอง

(5.11) แบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

6) สร้างบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

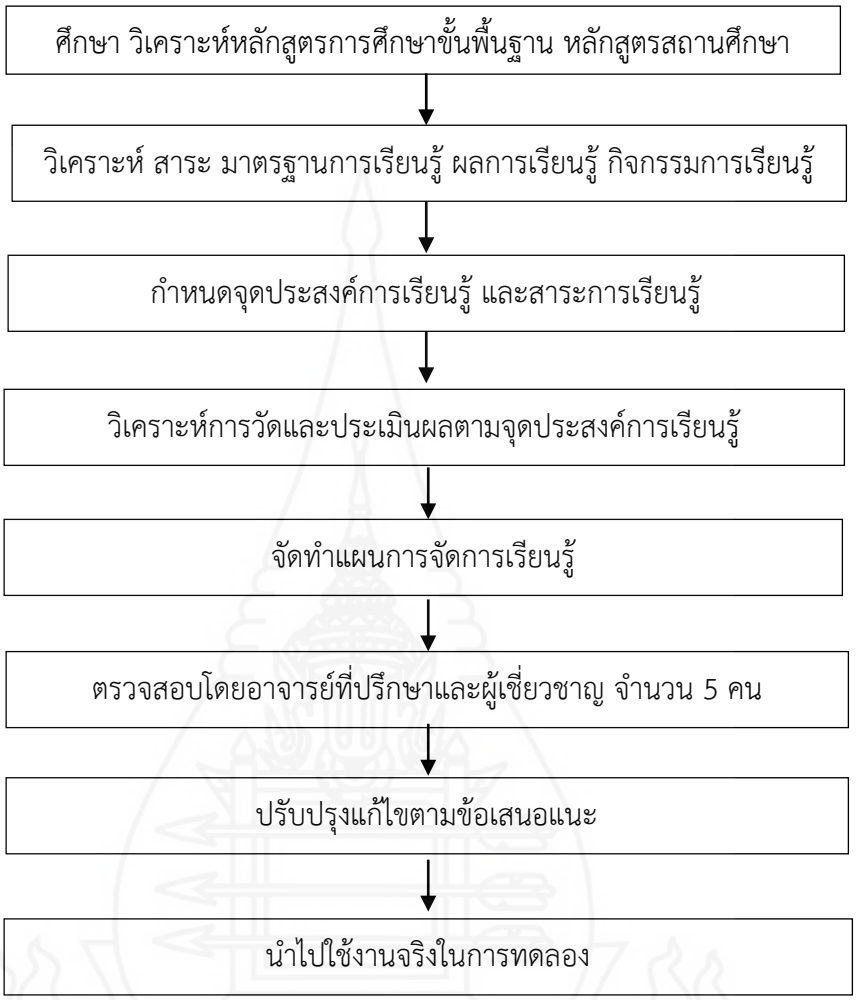
7) นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไข

8) นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แล้วนำมาหาค่า IOC พบว่า บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 – 1.00 (ภาคผนวก ค)

9) นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีความเหมาะสม

10) นำบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง

2.2.2 วิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ควบคู่บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

1) ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ ขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) ศึกษาหลักสูตรของโรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

3) วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาและเนื้อหาที่เลือกใช้ในการวิจัย

4) ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี วิธีการ และเทคนิคการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และการจัดการเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

5) เขียนแผนผังความคิดเพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ร่วมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ จำนวน 18 ชั่วโมง

6) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ร่วมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ จำนวน 18 ชั่วโมง ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

(6.1) มาตรฐานการเรียนรู้

(6.2) ผลการเรียนรู้

(6.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

(6.4) สาระสำคัญ

(6.5) สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

(6.6) กิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ก. ขั้นนำ (orientation)

ข. ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม (elicitation of the prior knowledge)

ค. ขั้นสร้างองค์ความรู้ (turning restructuring of ideas)

ง. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (application of ideas)

จ. ขั้นทบทวน (review)

(6.7) สื่อ/แหล่งเรียนรู้

(6.8) การวัดและประเมินผล

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัยเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา การจัดการเรียนสอน ความถูกต้องในการใช้ภาษา และความสอดคล้องกับกับกิจกรรมในบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาหากิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนและการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.8 – 1.00

9) ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น การใช้ตัวเลขกำกับแสดงหัวข้อหลัก หัวข้อย่อย

10) นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมาใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

2.2.3 วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2) ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนวิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือครูรายวิชาชีววิทยา

3) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรและกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (ดังแสดงในตารางที่ 3.3)

4) กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก (alternative) มีทั้งตัวลวงและตัวถูก

5) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้าง และหน้าที่ของพืชดอก ทั้งหมดจำนวน 45 ข้อ แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อรวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

ตารางที่ 3.3 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

เนื้อหาสาระ	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**ระดับพฤติกรรม**			
		จำ	**เข้าใจ**	**ประยุกต์ใช้**	**วิเคราะห์**
1. เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)	1. บอกตำแหน่งและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรของพืชได้	4			
	2. อธิบายหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญในการขยายพันธุ์พืชได้		1		
	3. ทดลองศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้			2	
	4. จำแนกลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้				4
	5. เปรียบเทียบประเภทของเนื้อเยื่อพืชได้		2		
	รวม	4	3	2	4

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อในระดับพฤติกรรม			
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์
2. โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก	6. ทดลองศึกษาโครงสร้างภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ จากด้านนอกเข้าสู่ด้านในได้		2		
	7. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้		1		
	8. เปรียบเทียบโครงสร้างภายในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้		5		
	9. วิเคราะห์ลักษณะของเนื้อเยื่อรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากด้านนอกเข้าสู่ด้านในตามลำดับได้				3
	10. วิเคราะห์ชนิดของรากที่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่พิเศษได้				1
3. โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น	11. ทดลองศึกษาโครงสร้างภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้			1	
	12. เปรียบเทียบโครงสร้างภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้		2		
	13. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้		2		
	14. วิเคราะห์ลักษณะของเนื้อเยื่อลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากด้านนอกเข้าสู่ด้านในตามลำดับได้				2
	15. วิเคราะห์ชนิดของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่พิเศษได้				1
รวม			12	1	7

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อในระดับพฤติกรรม			
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์
4. โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ	16. ทดลองศึกษาโครงสร้างภายนอกภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวใบเลี้ยงคู่ได้			3	
	17. อธิบายลักษณะโครงสร้างภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้		1		
	18. เปรียบเทียบโครงสร้างภายในใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้		1		
	19. วิเคราะห์ลักษณะของเนื้อเยื่อใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากด้านนอด้านบนสู่ด้านล่างได้				1
	20. วิเคราะห์ชนิดของใบที่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่พิเศษได้				1
5. การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	21. ทดลองศึกษาลักษณะและตำแหน่งของปากใบในพืชชนิดต่าง ๆ ได้			1	
	22. บอกลักษณะของเซลล์คุม รูปากใบและเซลล์อิพิเดอร์มิสที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้				1
	23. เปรียบเทียบจำนวนปากใบบริเวณเยื่ออิพิเดอร์มิสด้านล่างของพืชกลุ่มต่าง ๆ ได้		1		
	24. อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการลำเลียงน้ำของพืชและการเกิดกัตเตชันของพืชได้				1
	25. วิเคราะห์รูปแบบการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากเซลล์ขนรากเข้าสู่รากได้				1
	รวม		3	4	5
	รวมทั้งหมด	4	18	7	16

6) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับผลการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อ เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อ เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อ เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

7) นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น ปรับการใช้คำ เพิ่มรูปภาพ และนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ ได้ข้อสอบจำนวน 45 ข้อ ที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.00

8) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

9) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มาตรวจสอบให้คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยการแบ่งกลุ่มโดยใช้เกณฑ์ 50% (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น.9-58) โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีค่าความยาก (p) ของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.37 - 0.57 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.87

10) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด

11) นำแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson method) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95

12) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 45 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.2.4 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2) ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือครูรายวิชาชีววิทยา

3) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรและกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

4) ออกแบบสถานการณ์หรือเนื้อหาที่สามารถให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจนมากที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการเขียนข้อคำถาม

5) กำหนดความคิดรวบยอดของสถานการณ์หรือเนื้อหาเป็นการนำสถานการณ์หรือเนื้อหาที่เลือกมาทำความเข้าใจและเขียนความคิดรวบยอดของเนื้อหาเพื่อเป็นกรอบความคิดในการเขียนข้อคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติ

6) เขียนสถานการณ์ ข้อคำถามหรือสิ่งที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติเป็นข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ จำนวน 5 ข้อ

7) นำข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อรวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้

ข้อ	พฤติกรรมขั้นบูรณาการ	พฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าเกิดทักษะ
1	การตั้งสมมติฐานการทดลอง	หาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม
2	นิยามเชิงปฏิบัติการ	การกำหนดความหมายและขอบเขตคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้และวัดได้
3	การกำหนดและควบคุมตัวแปร	ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้
4	ทักษะการทดลอง	1. ออกแบบการทดลองโดย - กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย - ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้ 2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม 3. การบันทึกการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
5	การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (การตีความหมายของข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ) 2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

8) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

-1 เมื่อ แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

9) นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละคำถาม และนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งได้เท่ากับ 1.00

10) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

11) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มาตรวจสอบให้คะแนนเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตามวิธีการที่วิทนีย์และซาเบอร์สได้เสนอขึ้น (อ้างถึงในกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-61) โดยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.28 - 0.30 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.34

12) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด

13) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.61

14) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.1 นำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 45 ข้อ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แล้วเก็บคะแนนไว้เปรียบเทียบ

3.2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และการสอนแบบปกติ จำนวน 18 ชั่วโมง

3.3 นำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 45 ข้อ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำไปเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.1.1 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for independent sample

4.1.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิธี Average normalized gain โดยวิเคราะห์ผลดังนี้

1) วิเคราะห์ผลรายห้อง (Class normalized gain)

2) วิเคราะห์ผลรายคน (Single student normalized gain)

4.2 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบผลต่าง โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for independent sample และวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบผลต่าง โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for dependent sample

4.2.1 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยใช้วิธี Average normalized gain โดยวิเคราะห์ผลดังนี้

1) วิเคราะห์ผลรายห้อง (Class normalized gain)

2) วิเคราะห์ผลรายคน (Single student normalized gain)

4.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1) ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-53)

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น +1

ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น 0

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น -1

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) ค่าความยากของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-58)

$$p = \frac{H + L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ p คือ ค่าความยาก
H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น
N_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
N_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

3) ค่าความยากของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-61)

$$p = \frac{\Sigma_H + \Sigma_L - (2N\text{Score}_{min})}{2N(\text{Score}_{max} - \text{Score}_{min})}$$

เมื่อ p คือ ค่าความยาก
Σ_H คือ ผลรวมของคะแนนของกลุ่มสูง 25%
Σ_L คือ ผลรวมของคะแนนของกลุ่มต่ำ 25%
N คือ 25% ของจำนวนผู้สอบ
Score_{max} คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด
Score_{min} คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

4) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-59)

$$r = \frac{L-H}{N_H} \quad \text{หรือ} \quad r = \frac{H-L}{N_L}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก
H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น
L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น
N_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด
N_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

5) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-61)

$$r = \frac{\Sigma_{\mathrm{H}} - \Sigma_{\mathrm{L}}}{2\mathrm{N}(\mathrm{Score}_{\mathrm{max}} - \mathrm{Score}_{\mathrm{min}})}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก
Σ_{H} คือ ผลรวมของคะแนนของกลุ่มสูง 25%
Σ_{L} คือ ผลรวมของคะแนนของกลุ่มต่ำ 25%
N คือ 25% ของจำนวนผู้สอบ
$\mathrm{Score}_{\mathrm{max}}$ คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด
$\mathrm{Score}_{\mathrm{min}}$ คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

6) ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson; KR-20) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-74)

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

เมื่อ r_{tt} คือ ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย
s คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในเครื่องมือวิจัย
p คือ สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามถูก
s คือ สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามผิด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 - p

7) ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 9-74)

$$\alpha \text{ หรือ } \mathrm{r}_{tt} = \frac{\mathrm{k}}{\mathrm{k}-1\left[1 - \frac{\sum \mathrm{s}_{\mathrm{i}}^2}{\mathrm{S}^2}\right]}$$

เมื่อ α หรือ r_{tt} คือ ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย
k คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในเครื่องมือวิจัย
S_i คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามข้อที่ i
S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

โดยที่

$$S^2 = \frac{N\sum X^2}{N\,(N-1)}$$

เมื่อ N คือ จำนวนผู้สอบ
X คือ คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

4.2.2 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) ค่าเฉลี่ย

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

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย
$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่ม
N คือ จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

2) ร้อยละ

$$\% = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ $\%$ คือ ร้อยละ
f คือ ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ
N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

เมื่อ $S.D$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
x คือ คะแนนแต่ละคน
$\sum x^2$ คือ ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
$(\sum x)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
n คือ จำนวนนักเรียน

4.2.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยการนำคะแนนของนักเรียนในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกันตามวัตถุประสงค์โดยใช้วิธีการทดสอบค่าทีแบบเป็นอิสระจากกัน (t-test for independent sample) หาได้จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น. 162-163)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}\left[\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right]}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ t คือ ค่าสถิติ

$\bar{X}_1$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}_2$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

s_1^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลอง

s_2^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

n_1 คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มทดลอง

n_2 คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มควบคุม

2) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน หาได้จากสูตร

$$\langle g \rangle = \frac{\text{(\% Post-test)} - \text{(\% Pre-test)}}{\text{(100\%)} - \text{(\% Pre-test)}}$$

เมื่อ <g> คือ ค่าความก้าวหน้า

% Pre-test คือ ค่าร้อยละของคะแนนสอบก่อนเรียน

% Post-test คือ ค่าร้อยละของคะแนนสอบหลังเรียน

3) วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent sample) หาได้จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น. 162-163)

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

$$df = n - 1$$

เมื่อ t คือ ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบที

D คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

$\sum D$ คือ ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน - หลังเรียน

$\sum D^2$ คือ ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน - หลังเรียน

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง หรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ควบคู่กับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีคะแนนเฉลี่ยทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า $t = 6.250$, $p < .05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกระหว่างนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	Mean	Std. Deviation (S.D.)	t	Sig.
บทปฏิบัติการ	41	24.80	5.110	6.250*	.000
แบบปกติ	41	17.78	5.067		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า $t = 4.470$, $p < .05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	Mean	Std. Deviation (S.D.)	t	Sig.
บทปฏิบัติการ	41	7.27	1.260	4.470*	.000
แบบปกติ	41	5.37	2.416		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า $t = 7.307$, $p < .05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	Mean	Std. Deviation (S.D.)	t	Sig.
บทปฏิบัติการ	41	.4312	.131	7.307*	.000
แบบปกติ	41	.1827	.173		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความก้าวความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า $t = 19.534$, $p < .05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

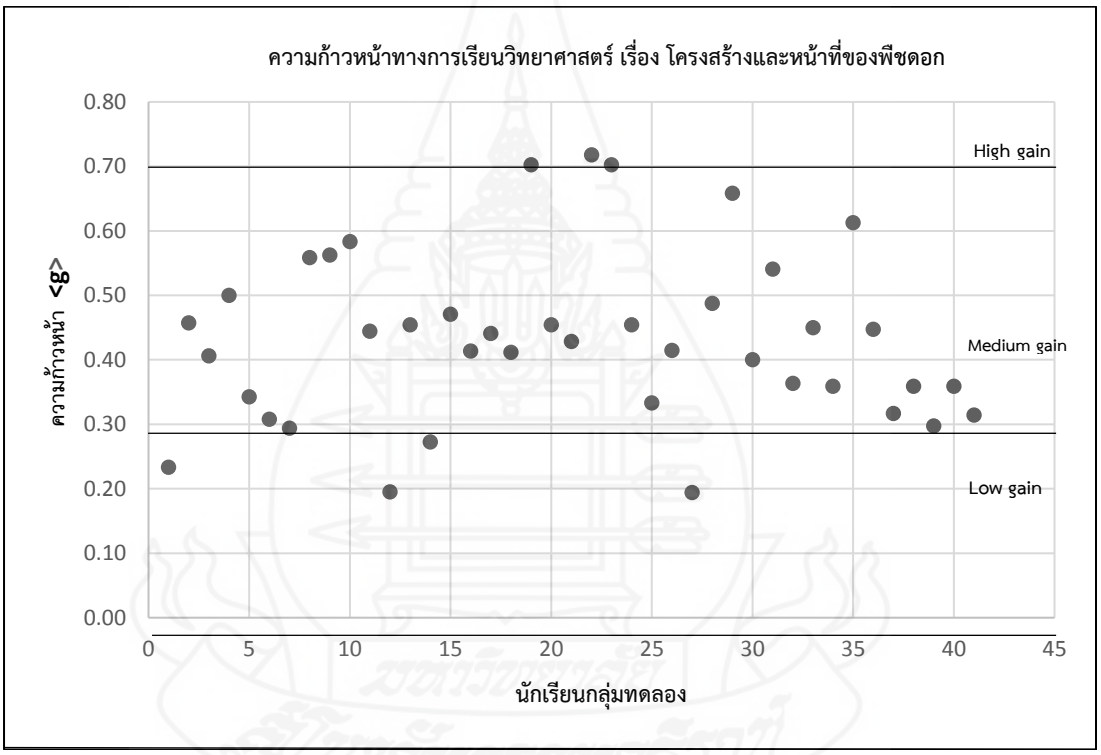
การจัดการเรียนรู้	N	Mean	Std. Deviation (S.D.)	t	Sig.
บทปฏิบัติการ	41	.5968	.174	19.534*	.000
แบบปกติ	41	.0051	.085		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

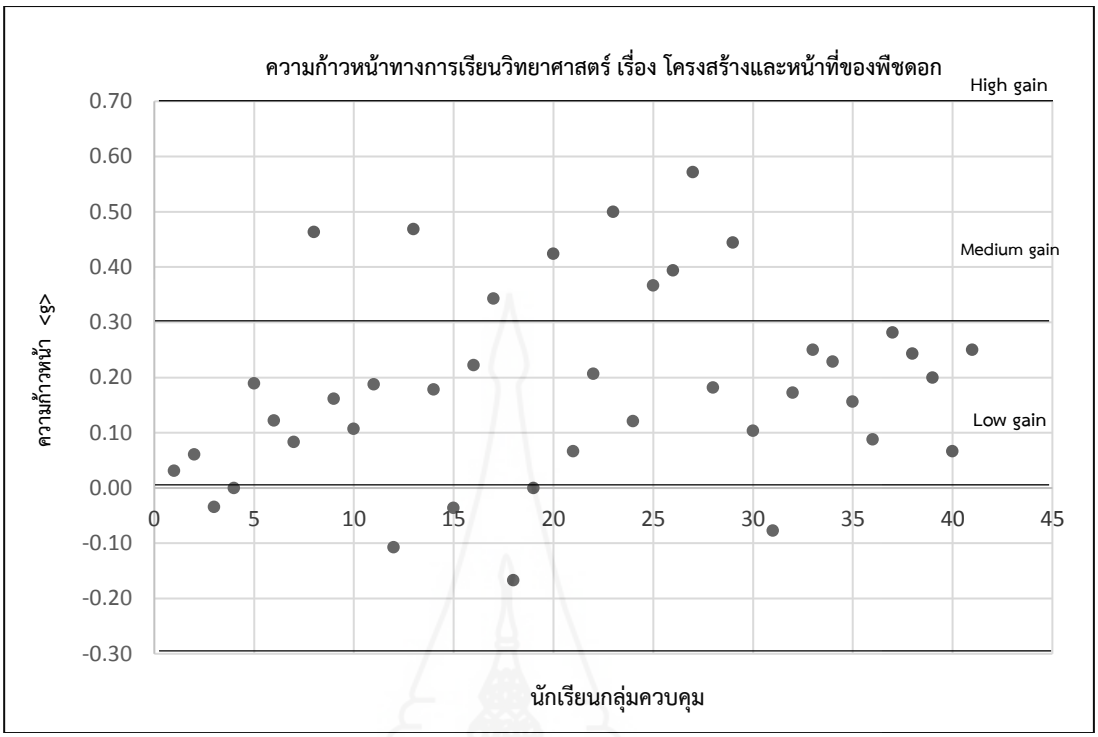
จากการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกทั้งชั้นเรียนเฉลี่ยอยู่ใน

ระดับปานกลาง (Medium gain; <g>= 0.43) โดยที่ผู้เรียนอยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 3 คน คิดเป็น 7.32% อยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 34 คน คิดเป็น 82.93% และอยู่ในระดับต่ำ (Low gain) จำนวน 4 คน คิดเป็น 9.76%

ในขณะที่ผู้เรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกทั้งชั้นเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ (Low gain; <g>= 0.18) โดยที่ผู้เรียนอยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 0 คน คิดเป็น 0.00% อยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 9 คน คิดเป็น 21.95% อยู่ในระดับต่ำ (Low gain) จำนวน 25 คน คิดเป็น 60.98% และอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ 7 คน คิดเป็น 17.07% ดังแสดงในกราฟที่ 4.1 และกราฟที่ 4.2 ตามลำดับ



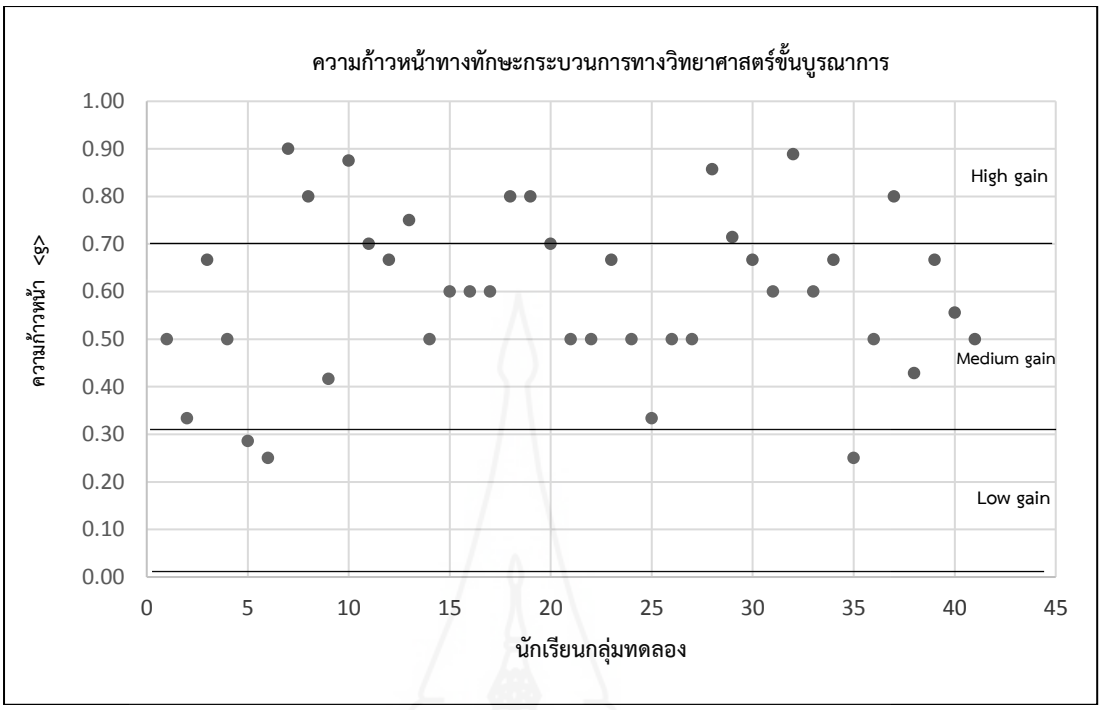
ภาพที่ 4.1 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มทดลอง



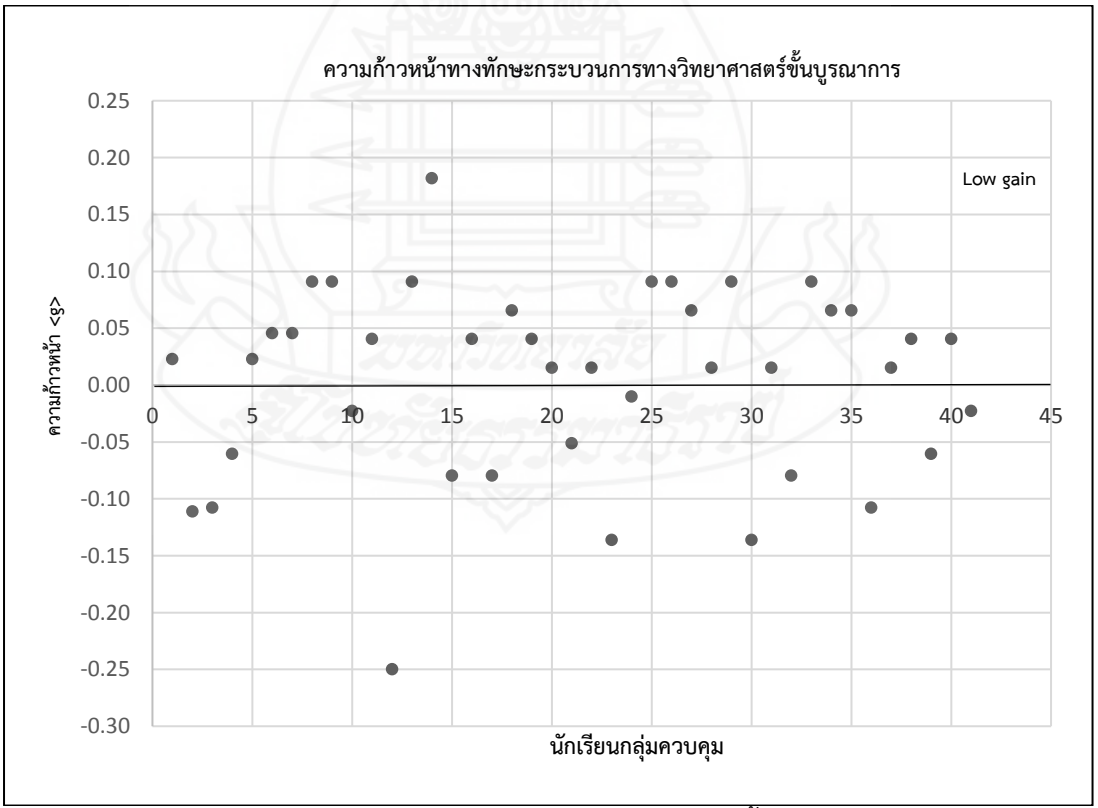
ภาพที่ 4.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มควบคุม

จากการศึกษาความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองทั้งชั้นเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain; <g>= 0.60) โดยที่ผู้เรียนอยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 11 คน คิดเป็น 26.83% อยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 27 คน คิดเป็น 65.85% และอยู่ในระดับต่ำ (Low gain) จำนวน 3 คน คิดเป็น 7.32%

ในขณะที่ผู้เรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติมีความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้งชั้นเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ (Low gain; <g>= 0.00) โดยที่ผู้เรียนที่อยู่ในระดับต่ำ (Low gain) จำนวน 41 คน คิดเป็น 100% ดังแสดงในกราฟที่ 4.3 และกราฟที่ 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มทดลอง



ภาพที่ 4.4 ความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มควบคุม

5. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า $t = 12.822$, $p < .05$ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน

การจัดการเรียนรู้	n	Mean	Std. Deviation (S.D.)	t	Sig.
ก่อนเรียน	41	2.8780	2.08800	12.822*	.000
หลังเรียน	41	4.3902	2.19235		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เป็นการศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ที่กำลังเรียนรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 41 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับฉลากให้ห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องเป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ซึ่งมีทั้งหมด 6 บทปฏิบัติการ ได้แก่ บทปฏิบัติการเรื่อง เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue) บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ บทปฏิบัติการ เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช และบทปฏิบัติการ เรื่อง การลำเลียงน้ำของพืช แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 6 แผน รวม 18 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 ข้อ โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
3. เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิจัยผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (Medium gain) ค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 แสดงว่าการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เฉลี่ยร้อยละ 43.00 และนักเรียนมีความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (Medium gain) ค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 แสดงว่า การใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เฉลี่ยร้อยละ 60.00

1.4 ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

การศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลการวิจัยและอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (Medium gain) แสดงว่าการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนั้นทำให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เฉลี่ยร้อยละ 43.00 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกระบวนการจัดการเรียนรู้ได้ใช้เครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้นอย่างมีระบบ โดยได้วางแผนออกแบบกิจกรรมทั้งทางด้านเนื้อหาวิชาการ และทางด้านการวัดประเมินผล ก่อนที่จะนำมาสร้างเครื่องมือบทปฏิบัติการ อย่างละเอียด ซึ่งได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม และด้านการวัดประเมินผลทำให้เกิดการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและผ่านการทดสอบกับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง โดยตามลำดับขั้นตอนที่ถูกต้องเพื่อให้มีประสิทธิภาพ

ในการจัดกระบวนการเรียนรู้การสอนโดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก นั้นนักเรียนเกิดทักษะกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองเห็นได้จาก นักเรียนมีความรับผิดชอบในการศึกษาบทปฏิบัติการแต่ละบทปฏิบัติการ การเตรียมพืชศึกษา เช่น เนื้อเยื่อพืช ได้แก่ เนื้อเยื่อสเคลอรีด (sclereid) จากกะลามะพร้าว จากเมล็ดพุทราและจากผลไม้ที่มีเนื้อสากๆ เนื้อเยื่อคอลเลงไคมา (collenchyma) จากก้านบัวและจากลำต้นอ่อนของพืช เป็นต้น นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาเนื้อเยื่อพืชและโครงสร้างภายในของพืชที่มีความหลากหลายจากตัวอย่างที่แต่ละกลุ่มนำมาทดลอง นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ตลอดจนทบทวนความรู้ ประสบการณ์จากแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง โดยผ่านการจัดการเรียนการสอนใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีเชื่อมโยงกับความรู้ประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่ได้รับเป็นองค์ความรู้ที่คงทนที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้นักเรียนได้ อีกทั้งในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนั้นผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) องค์ความรู้จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (Cognitive apparatus) ซึ่งกระบวนการทางปัญญานั้นเป็นผลของความพยายามทางความคิดของผู้เรียนด้วยตนเอง โดยที่ครูผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ขณะเดียวกันผู้สอนสามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (ทิศนา แขมมณี, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรี โพชนา (2559) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับ ปัฐมาภรณ์ นทีศิริกุล (2558) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมการสอนโดยบทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิซึมและการสอนแบบสืบเสาะ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิซึมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มีความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.6907 หรือคิดเป็นร้อยละ 69.07 ในขณะที่กลุ่มนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ มีความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.6427 หรือคิดเป็นร้อยละ 64.27 และสอดคล้องกับการวิจัยที่พบว่าการสอนด้วยวิธีสอนแบบการสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือคอนสรัคติวิซึม (constructivism) ร่วมกับการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของ พืชดอก นั้นสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (วิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ์, 2556; ปัฐมาภรณ์ นทีศิริกุล, 2558; ศันสนีย์ วิชาโรจน์, 2559; พัชรี โพชนา, 2559)

อีกทั้งในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกนั้น นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและเป็นองค์ความรู้อย่างมีความหมาย อาจเนื่องจากในการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงจนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นมาด้วยตนเอง ซึ่งเป็นไปตามที่ออซูเบลกล่าวไว้ว่าการเรียนรู้จะมีความหมายแก่ผู้เรียน หากการเรียนรู้นั้นสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่รู้มาก่อน จะช่วยให้ผู้เรียนได้เนื้อหาสาระนั้นอย่างมีความหมาย

จากที่กล่าวมาขั้นต้นจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (Medium gain) แสดงว่าการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนั้นทำให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เฉลี่ยร้อยละ 43.00

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (Medium gain) โดยมีค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 แสดงว่า การใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เฉลี่ยร้อยละ 60.00 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนั้น นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง นักเรียนได้เรียนรู้ฝึกฝนจนเกิดเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตอบสนองกลยุทธ์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ที่ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ว่าในการศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลาการใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์การตั้งสมมติฐานก่อนการทดลอง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ปฏิบัติการการทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายและลงข้อข้อสรุปได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและแม่นยำ เพื่อนำไปสู่การค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ สำรวจตรวจสอบ หรือการลงมือทดลอง (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) จากการวิจัยพบว่า ในขณะที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองตามกิจกรรมในบทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้เขียนสมมติฐานการทดลองที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรในการทดลอง นักเรียนมีทักษะการระบุตัวแปรได้ถูกต้องมากขึ้น นักเรียนสามารถสรุปผลการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการทำกิจกรรมท้ายบทปฏิบัติการ กระบวนการจัดการเรียนด้วยวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเองสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของวราภรณ์ สีดำนิล (2550) ที่พัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แนวคอนสตรัคติวิซึม พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม มีคะแนนทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมอยู่ในระดับมาก นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

3. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่อง ผลการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

3.1.1 การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนควรมีการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการศึกษาให้พร้อม เช่น จำนวนกล้องจุลทรรศน์ ใบมีดสำหรับตัดโครงสร้างเนื้อเยื่อพืช สีย้อมเนื้อเยื่อให้พร้อมก่อนการสอนเพื่อจะได้ไม่เสียเวลาในการจัดกิจกรรม อีกทั้งควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ยืดหยุ่นเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพ

3.1.2 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเพลิดเพลินกับการลงมือปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การสร้างแนวคิดใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ค่อนข้างมาก ดังนั้น ครูจำเป็นต้องควบคุมเวลาปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา และมอบหมายให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับบทปฏิบัติการก่อนลงมือปฏิบัติการทดลอง

3.1.3 ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนนั้น ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่เข้าใจความหมาย ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการอย่างถ่องแท้ จึงจำเป็นที่ต้องให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนา เพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลายๆ โรงเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3.2.2 ควรมีการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมในตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคงทนในการเรียนรู้ เพราะเป็นสิ่งที่จำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่น ๆ และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียน

3.2.3 ควรมีการนำรูปแบบการพัฒนาบทปฏิบัติการและการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับรายวิชาวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น ๆ เช่น เคมี ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ เป็นต้น เพื่อเป็นเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดหลักและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้อย่างดี

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2546). *แนวทางการจัดกิจกรรมส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2557). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสาระชุดการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 9). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จารุวัฒน์ ชูรักษ์. (2557). การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การหาปริมาณเหล็กในน้ำตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ*, 658-663.

จำรัส อินทลาภาพร. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำนม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ฐานปนีย์ เมธีพลกุล. (2542). *การสำรวจปลาทะเลที่ท่าเรือประมงชุมพร เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการเสริมความรู้ชีววิทยา เรื่อง การจำแนกอันดับปลาทะเล* (ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 21). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยา กิจโร. (2553). *การศึกษาผลการฝึกทักษะการตั้งคำถามของนักเรียนในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2545). *นวัตกรรมการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: เอสอาพริ้นติ้ง.

ปองดี ไชยจันดา. (2559). การพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเป็นฐาน. *วารสาร The National and International Graduate Research Conference* 2016 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 1153 – 1161.

ปัฐมาภรณ์ นทีศิริกุล. (2558). *ผลการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป ประกอบแนวคิดทฤษฎีแบบคอนสตรัคติวิสต์ และการสอนแบบสืบเสาะ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

เปรมจิตร บุญสาน. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้สารจากสารเหลือทิ้ง.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ วงษ์นาป่า. (2549). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบแทนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี.* (ปริญญา-นิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ สุดรักษา. (2555). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้*. (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พัชรี โพชนา. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

พิชชานันท์ จันทพรม. (2559). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปิโตรเลียม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

มาเรียม วัทนาด. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แผงผังรูปตัววีและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

รัชนีกร ฤดีรัชต์. (2546). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้บทปฏิบัติการค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม.* (ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2535). *การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งแวดล้อมศึกษา.* กรุงเทพฯ: กรมการ-ฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542) *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

_____. (2540). *CONSTRUCTIVISM*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. (2540). *เอกสารประกอบคำบรรยาย เรื่อง การเรียนรู้มโนมติ ในการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการ เตรียมความพร้อมสู่การประกันคุณภาพทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. (พิมพ์ครั้งที่ 2).กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

วราภรณ์ สีดำนิล. (2550). *พัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แนวคอนสตรัคติวิซึม.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2527). *กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการสอน-ภาคปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ์. (2556). *การพัฒนาบทปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศราวุฒิ ขันคำหมื่น. (2553). *การประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ศันสนีย์ วิชาโรจน์. (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดปฏิบัติการชีววิทยา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2560). *ผลการดำเนินงาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560.* สืบค้นจาก http://www.niets.or.th/th /catalog/view/3841.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

_____. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย : การพัฒนาและภาวะถดถอย.* สมุทรปราการ: แอดวานส์ พริ้นติ้ง เซอร์วิซ.

_____. (2556). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* สมุทรปราการ: แอดวานส์ พริ้นติ้ง เซอร์วิซ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2561) *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สมคิด พรมจุ้ย. (2557). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* หน่วยที่ 13. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *เทคนิคการสอนและรูปแบบการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบวิชา คณิตศาสตร์เบื้องต้น.* กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2540). *รวมบทความทางการประเมินโครงการ.* (พิมพ์ครั้งที่ 5) กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สุกัญญา กตัญญู. (2542). *ผลการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสรัคติวิสม์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุภัทรา วงษ์คงคำ. (2546). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบนิเวศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนด้วยวิธีสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึมร่วมมือกันเรียนรู้และวิธีสอนตาม คู่มือครู*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2553). *จิตวิทยาการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่9). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะธนิตกุล, เชิญโชค ศรขวัญ, นฤมล เอมะรัตต์ และรัชภาคย์ จิตต์อารี. (2550). การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (A new assessment method by using pre-test and post-test). *วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 92, 88-89.

อัญชลี เหล่ารอด. (2554). *ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามควบคู่กับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อุษณีย์ เสือจันทร์. (2553). *การพัฒนาแบบฝึกทักษะแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วิธีเรียง สับเปลี่ยน และวิธีจัดหมู่ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

Abruscato, J. (2000). *Teaching children science: A discovery approach*. (5th ed.). Needham Heights, Ma: Allyn & Bacon.

Ahmada, C.N.C., Chinga, W.C., Yahayaa, A. & Abdullaha, M.F.N.L. (2015). Relationship Between Constructivist Learning Environments And Educational Facility In Science Classrooms. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 191*, 1952 – 1957.

Ausubel, D. P. (1963). *Education Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt Rinehart and Winston.

Brownley, S. (2004). An ethnographic case study of classroom learning environments in a school once identified as a high-poverty/high-achieving urban school. *Dissertation Abstracts International, 65*(3), 812-A.

Brunner, J. (1963). *The process of education*. New York: Alfred A. Knopf and Random House.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education, 13*, 105-122.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand- student survey of mechanics test data for introductory physics courses×. *American Journal of Physics*, *61*(1), 64-74.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy.

Ruey, S. (2010). A case study of constructivist instructional strategies for adult online learning. *British Journal of Educational Technology*, *41*(5), 706-720.

Saunders, W. (1992). *The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science*. *School Science and Mathematics, 92*(3), 136-141.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

ที่ ศธ ๐๕๒๒๒.๑๖ (บ)/๑๐๒

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางศุภกาญจน์ บัวทิพย์

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติและสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗
เบอร์โทรนักศึกษา ๐๙๑-๖๔๖๔๐๓๙

ที่ ศธ ๐๕๒๒๒.๑๖ (บ)/๑๐๒

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวปิยวรรณ เรืองกิจ

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗
เบอร์โทรนักศึกษา ๐๙๑-๖๔๖๔๐๓๙

ที่ ศธ ๐๕๒๒๒.๑๖ (บ)/๑๐๒

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นายเสกสรรค์ ดาราจร

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติและสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗

ที่ ศธ ๐๕๒๒๒.๑๖ (บ)/๑๐๒

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นายเสกสรรค์ ดาราจร

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติและสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗

ที่ ศธ ๐๕๒๒๒.๑๖ (บ)/๑๐๒

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวพัฒนี พันธผล

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติและสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วยสำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗
เบอร์โทรนักศึกษา ๐๙๑-๖๔๖๔๐๓๙

ที่ ศธ ๐๕๒๒๒.๑๖ (บ)/๑๐๒

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสิริพร สระโร

สิ่งที่ส่งมาด้วยโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ บทปฏิบัติการด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง ตามโครงการวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วยนี้

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้จัดทำเครื่องมือที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลและได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยา) ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยของนักศึกษาผู้นี้ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๐๔-๘๕๐๕
โทรสาร. ๐-๒๕๐๓-๓๕๖๖-๗
เบอร์โทรนักศึกษา ๐๙๑-๖๔๖๔๐๓๙

ภาคผนวก ข

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

นางศุภกาญจน์ บัวทิพย์ **สถานที่ทำงาน** ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชศาสตร์)
ประสบการณ์หรือความชำนาญ ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และการพัฒนานักศึกษาครู

นางสาวปิยวรรณ เรืองกิจ **สถานที่ทำงาน** โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยาสำหรับครู มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประสบการณ์หรือความชำนาญ
- Master Teacher สาขาชีววิทยา
- วิทยากรโอลิมปิกวิชาการ สอวน. ชีววิทยา ค่าย 1 ศูนย์โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย
- งานตีพิมพ์ในวารสาร “สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวและอุทยานแห่งชาติตาดโตน

นายเสกสรร ดาราจร **สถานที่ทำงาน** โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประสบการณ์หรือความชำนาญ
วิทยากร สอวน.ค่าย 1 ชีววิทยา ศูนย์โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร

นางสาวพัฒนี พันธผล **สถานที่ทำงาน** โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล อำเภอเมือง
วุฒิการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประสบการณ์หรือความชำนาญ
วิทยากร สอวน.ค่าย 1 ชีววิทยา ศูนย์โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล

นางสิริพร สระโร **สถานที่ทำงาน** โรงเรียนเมืองสุราษฎร์ธานี
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ
ประสบการณ์หรือความชำนาญ
วิทยากร สอวน.ค่าย 1 ชีววิทยา ศูนย์โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร

ภาคผนวก ค

คุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

1. ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับระดับพฤติกรรม

ตารางภาคผนวก ค-1 ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับระดับพฤติกรรม

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	0	4	0.8
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1
11	1	1	1	1	0	4	0.8
12	1	0	1	1	1	4	0.8
13	1	1	1	1	1	5	1
14	1	1	1	1	1	5	1
15	1	1	1	1	1	5	1
16	1	1	1	1	1	5	1
17	1	1	1	1	1	5	1
18	1	1	1	1	0	4	0.8
19	1	1	1	1	1	5	1
20	1	1	1	1	1	5	1
21	1	1	1	1	1	5	1
22	1	1	1	1	1	5	1
23	1	1	1	1	1	5	1

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
24	1	1	1	1	1	5	1
25	1	1	1	1	1	5	1
26	1	1	1	1	1	5	1
27	1	1	1	1	1	5	1
28	1	1	1	1	1	5	1
29	1	1	1	1	1	5	1
30	1	1	1	1	1	5	1
31	1	1	1	1	1	5	1
32	1	1	1	1	1	5	1
33	1	1	1	1	1	5	1
34	1	1	1	1	1	5	1
35	1	1	1	1	1	5	1
36	1	1	1	1	1	5	1
37	1	1	1	1	0	4	0.8
38	1	1	1	1	1	5	1
39	1	1	1	1	1	5	1
40	1	1	1	1	1	5	1
41	1	1	1	1	1	5	1
42	1	1	1	1	1	5	1
43	1	1	1	1	1	5	1
44	1	1	1	1	1	5	1
45	1	1	1	1	1	5	1

2. ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

ตารางภาคผนวก ค-2 ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	0	4	0.8
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1
11	1	1	1	1	0	4	0.8
12	1	0	1	1	1	4	0.8
13	1	1	1	1	1	5	1
14	1	1	1	1	1	5	1
15	1	1	1	1	1	5	1
16	1	1	1	1	1	5	1
17	1	1	1	1	1	5	1
18	1	1	1	1	0	4	0.8
19	1	1	1	1	1	5	1
20	1	1	1	1	1	5	1
21	1	1	1	1	1	5	1
22	1	1	1	1	1	5	1
23	1	1	1	1	1	5	1

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
24	1	1	1	1	1	5	1
25	1	1	1	1	1	5	1
26	1	1	1	1	1	5	1
27	1	1	1	1	1	5	1
28	1	1	1	1	1	5	1
29	1	1	1	1	1	5	1
30	1	1	1	1	1	5	1
31	1	1	1	1	1	5	1
32	1	1	1	1	1	5	1
33	1	1	1	1	1	5	1
34	1	1	1	1	1	5	1
35	1	1	1	1	1	5	1
36	1	1	1	1	1	5	1
37	1	1	1	1	0	4	0.8
38	1	1	1	1	1	5	1
39	1	1	1	1	1	5	1
40	1	1	1	1	1	5	1
41	1	1	1	1	1	5	1
42	1	1	1	1	1	5	1
43	1	1	1	1	1	5	1
44	1	1	1	1	1	5	1
45	1	1	1	1	1	5	1

3. ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์

ตารางภาคผนวก ค-3 ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1

4. ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการ

ตารางภาคผนวก ค-4 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการที่ 1
เรื่อง เนื้อเยื่อพืช กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	0	4	0.8
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมในบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
5. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1
6. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
7. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-5 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมในบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
5. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1
6. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
7. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-6 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมในบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
5. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1
6. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
7. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-7 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการที่ 4
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ กับ การสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมในบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
5. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1
6. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
7. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-8 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช กับ การสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมในบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
5. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1
6. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
7. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-9 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในบทปฏิบัติการที่ 6
เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมในบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
5. แบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1
6. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
7. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

5. ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ กับการสอนแบบ Constructivist

ตารางภาคผนวก ค-10 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เนื้อเยื่อพืช กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-11 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-12 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-13 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-14 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช กับการสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	0	4	0.8
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1
5. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางภาคผนวก ค-15 แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช กับ การสอนแบบ Constructivist

รายการพิจารณา	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1
2. สาระเนื้อหาของบทปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1
3. การสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)							
3.1 ขั้นนำ	1	1	1	1	1	5	1
3.2 ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม	1	1	1	1	1	5	1
3.3 ขั้นสร้างองค์ความรู้	1	1	1	1	1	5	1
3.4 ขั้นนำความรู้ไปใช้	1	1	1	1	1	5	1
3.5 ขั้นทบทวน	1	1	1	1	1	5	1
4. กิจกรรมกับรายการสื่อและแหล่งเรียนรู้	1	1	1	1	0	4	0.8
5. การวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1

6. ค่าความยาก (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 45 ข้อ ดังนี้

ตารางภาคผนวก ค-16 ค่าความยาก (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	
1	0.37	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
2	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
3	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
4	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
5	0.37	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
6	0.47	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
7	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
8	0.47	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
9	0.37	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
10	0.30	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
11	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
12	0.50	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
13	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
14	0.33	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
15	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
16	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
17	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
18	0.50	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
19	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
20	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
21	0.47	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
22	0.33	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
23	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
24	0.50	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
25	0.50	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
26	0.50	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
27	0.53	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
28	0.53	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
29	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
30	0.57	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
31	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
32	0.50	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
33	0.37	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
34	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
35	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
36	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
37	0.37	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
38	0.53	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
39	0.57	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
40	0.37	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
41	0.47	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
42	0.57	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
43	0.43	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
44	0.57	ยากพอเหมาะ	ใช้ได้
45	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้

7. ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ตารางภาคผนวก ค-17 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	
1	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
2	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
3	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
4	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
5	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
6	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
7	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
8	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
9	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
10	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
11	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
12	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
13	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
14	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
15	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
16	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
17	0.67	ดีมาก	ใช้ได้
18	0.33	ดี	ใช้ได้
19	0.87	ดีมาก	ใช้ได้
20	0.73	ดีมาก	ใช้ได้
21	0.67	ดีมาก	ใช้ได้
22	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
23	0.60	ดีมาก	ใช้ได้

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	
24	0.73	ดีมาก	ใช้ได้
25	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
26	0.73	ดีมาก	ใช้ได้
27	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
28	0.67	ดีมาก	ใช้ได้
29	0.80	ดีมาก	ใช้ได้
30	0.73	ดีมาก	ใช้ได้
31	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
32	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
33	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
34	0.73	ดีมาก	ใช้ได้
35	0.53	ดีมาก	ใช้ได้
36	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
37	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
38	0.67	ดีมาก	ใช้ได้
39	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
40	0.47	ดีมาก	ใช้ได้
41	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
42	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
43	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
44	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
45	0.40	ดีมาก	ใช้ได้

8. ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ตารางภาคผนวก ค-18 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ค่า / ข้อ	ความยาก (p)	แปลผล	อำนาจจำแนก (r)	แปลผล
1	0.30	ยาก	0.24	จำแนกได้
2	0.28	ยาก	0.34	จำแนกได้
3	0.30	ยาก	0.23	จำแนกได้
4	0.30	ยาก	0.21	จำแนกได้
5	0.30	ยาก	0.20	จำแนกได้

9. ผลความก้าวหน้าของวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มทดลอง

เลขที่	Pre-test	% Pre-test	Post-test	% Post-test	(% Post-test) – (% Pre-test)	<g>	แปลผล
1	15	33.33	22	48.89	15.56	0.23	Low gain
2	10	22.22	26	57.78	35.56	0.46	Medium gain
3	13	28.89	26	57.78	28.89	0.41	Medium gain
4	11	24.44	28	62.22	37.78	0.50	Medium gain
5	10	22.22	22	48.89	26.67	0.34	Medium gain
6	6	13.33	18	40.00	26.67	0.31	Medium gain
7	11	24.44	21	46.67	22.22	0.29	Medium gain
8	11	24.44	30	66.67	42.22	0.56	Medium gain
9	13	28.89	31	68.89	40.00	0.56	Medium gain
10	9	20.00	30	66.67	46.67	0.58	Medium gain
11	9	20.00	25	55.56	35.56	0.44	Medium gain
12	4	8.89	12	26.67	17.78	0.20	Low gain
13	12	26.67	27	60.00	33.33	0.45	Medium gain
14	12	26.67	21	46.67	20.00	0.27	Low gain
15	11	24.44	27	60.00	35.56	0.47	Medium gain
16	16	35.56	28	62.22	26.67	0.41	Medium gain
17	11	24.44	26	57.78	33.33	0.44	Medium gain
18	11	24.44	25	55.56	31.11	0.41	Medium gain
19	8	17.78	34	75.56	57.78	0.70	High gain
20	12	26.67	27	60.00	33.33	0.45	Medium gain
21	10	22.22	25	55.56	33.33	0.43	Medium gain
22	6	13.33	34	75.56	62.22	0.72	High gain
23	8	17.78	34	75.56	57.78	0.70	High gain
24	12	26.67	27	60.00	33.33	0.45	Medium gain
25	12	26.67	23	51.11	24.44	0.33	Medium gain
26	4	8.89	21	46.67	37.78	0.41	Medium gain
27	9	20.00	16	35.56	15.56	0.19	Low gain
28	4	8.89	24	53.33	44.44	0.49	Medium gain
29	4	8.89	31	68.89	60.00	0.66	Medium gain
30	15	33.33	27	60.00	26.67	0.40	Medium gain
31	8	17.78	28	62.22	44.44	0.54	Medium gain
32	12	26.67	24	53.33	26.67	0.36	Medium gain
33	5	11.11	23	51.11	40.00	0.45	Medium gain
34	6	13.33	20	44.44	31.11	0.36	Medium gain
35	14	31.11	33	73.33	42.22	0.61	Medium gain
36	7	15.56	24	53.33	37.78	0.45	Medium gain
37	4	8.89	17	37.78	28.89	0.32	Medium gain
38	6	13.33	20	44.44	31.11	0.36	Medium gain
39	8	17.78	19	42.22	24.44	0.30	Medium gain
40	6	13.33	20	44.44	31.11	0.36	Medium gain
41	10	22.22	21	46.67	24.44	0.31	Medium gain
เฉลี่ย	9.39	20.87	24.80	55.12	34.25	0.43	Medium gain

10. ผลความก้าวหน้าของวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มควบคุม

เลขที่	Pre-test	% Pre-test	Post-test	% Post-test	(% Post-test) – (% Pre-test)	<g>	แปลผล
1	12	27.27	13	29.55	2.27	0.03	Low gain
2	11	25.00	13	29.55	4.55	0.06	Low gain
3	15	34.09	14	31.82	-2.27	-0.03	Low gain
4	12	27.27	12	27.27	0.00	0.00	Low gain
5	7	15.91	14	31.82	15.91	0.19	Low gain
6	3	6.82	8	18.18	11.36	0.12	Low gain
7	8	18.18	11	25.00	6.82	0.08	Low gain
8	3	6.82	22	50.00	43.18	0.46	Medium gain
9	13	29.55	18	40.91	11.36	0.16	Low gain
10	16	36.36	19	43.18	6.82	0.11	Low gain
11	12	27.27	18	40.91	13.64	0.19	Low gain
12	16	36.36	13	29.55	-6.82	-0.11	Low gain
13	12	27.27	27	61.36	34.09	0.47	Medium gain
14	16	36.36	21	47.73	11.36	0.18	Low gain
15	16	36.36	15	34.09	-2.27	-0.04	Low gain
16	8	18.18	16	36.36	18.18	0.22	Low gain
17	9	20.45	21	47.73	27.27	0.34	Medium gain
18	14	31.82	9	20.45	-11.36	-0.17	Low gain
19	11	25.00	11	25.00	0.00	0.00	Low gain
20	11	25.00	25	56.82	31.82	0.42	Medium gain
21	14	31.82	16	36.36	4.55	0.07	Low gain
22	15	34.09	21	47.73	13.64	0.21	Low gain
23	12	27.27	28	63.64	36.36	0.50	Medium gain
24	11	25.00	15	34.09	9.09	0.12	Low gain
25	14	31.82	25	56.82	25.00	0.37	Medium gain
26	11	25.00	24	54.55	29.55	0.39	Medium gain
27	9	20.45	29	65.91	45.45	0.57	Medium gain
28	11	25.00	17	38.64	13.64	0.18	Low gain
29	8	18.18	24	54.55	36.36	0.44	Medium gain
30	15	34.09	18	40.91	6.82	0.10	Low gain
31	18	40.91	16	36.36	-4.55	-0.08	Low gain
32	15	34.09	20	45.45	11.36	0.17	Low gain
33	12	27.27	20	45.45	18.18	0.25	Low gain
34	9	20.45	17	38.64	18.18	0.23	Low gain
35	12	27.27	17	38.64	11.36	0.16	Low gain
36	10	22.73	13	29.55	6.82	0.09	Low gain
37	12	27.27	21	47.73	20.45	0.28	Low gain
38	7	15.91	16	36.36	20.45	0.24	Low gain
39	9	20.45	16	36.36	15.91	0.20	Low gain
40	14	31.82	16	36.36	4.55	0.07	Low gain
41	12	27.27	20	45.45	18.18	0.25	Low gain
เฉลี่ย	11.59	26.33	17.78	40.41	14.08	0.18	Low gain

11. ผลความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มทดลอง

เลขที่	Pre-test	% Pre-test	Post-test	% Post-test	(% Post-test) – (% Pre-test)	<g>	แปลผล
1	3	30.00	6.5	65.00	35.00	0.50	Medium gain
2	4	40.00	6	60.00	20.00	0.33	Medium gain
3	4	40.00	8	80.00	40.00	0.67	Medium gain
4	6	60.00	8	80.00	20.00	0.50	Medium gain
5	3	30.00	5	50.00	20.00	0.29	Low gain
6	6	60.00	7	70.00	10.00	0.25	Low gain
7	0	0.00	9	90.00	90.00	0.90	High gain
8	0	0.00	8	80.00	80.00	0.80	High gain
9	4	40.00	6.5	65.00	25.00	0.42	Medium gain
10	2	20.00	9	90.00	70.00	0.88	High gain
11	0	0.00	7	70.00	70.00	0.70	High gain
12	1	10.00	7	70.00	60.00	0.67	Medium gain
13	6	60.00	9	90.00	30.00	0.75	High gain
14	6	60.00	8	80.00	20.00	0.50	Medium gain
15	5	50.00	8	80.00	30.00	0.60	Medium gain
16	5	50.00	8	80.00	30.00	0.60	Medium gain
17	0	0.00	6	60.00	60.00	0.60	Medium gain
18	0	0.00	8	80.00	80.00	0.80	High gain
19	0	0.00	8	80.00	80.00	0.80	High gain
20	0	0.00	7	70.00	70.00	0.70	High gain
21	4	40.00	7	70.00	30.00	0.50	Medium gain
22	6	60.00	8	80.00	20.00	0.50	Medium gain
23	4	40.00	8	80.00	40.00	0.67	Medium gain
24	6	60.00	8	80.00	20.00	0.50	Medium gain
25	1	10.00	4	40.00	30.00	0.33	Medium gain
26	2	20.00	6	60.00	40.00	0.50	Medium gain
27	4	40.00	7	70.00	30.00	0.50	Medium gain
28	3	30.00	9	90.00	60.00	0.86	High gain
29	3	30.00	8	80.00	50.00	0.71	High gain
30	4	40.00	8	80.00	40.00	0.67	Medium gain
31	5	50.00	8	80.00	30.00	0.60	Medium gain
32	1	10.00	9	90.00	80.00	0.89	High gain
33	5	50.00	8	80.00	30.00	0.60	Medium gain
34	4	40.00	8	80.00	40.00	0.67	Medium gain
35	2	20.00	4	40.00	20.00	0.25	Low gain
36	2	20.00	6	60.00	40.00	0.50	Medium gain
37	0	0.00	8	80.00	80.00	0.80	High gain
38	3	30.00	6	60.00	30.00	0.43	Medium gain
39	1	10.00	7	70.00	60.00	0.67	Medium gain
40	1	10.00	6	60.00	50.00	0.56	Medium gain
41	2	20.00	6	60.00	40.00	0.50	Medium gain
เฉลี่ย	2.88	28.78	7.27	72.68	43.90	0.60	Medium gain

12. ผลความก้าวหน้าของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของกลุ่มควบคุม

เลขที่	Pre-test	% Pre-test	Post-test	% Post-test	(% Post-test) – (% Pre-test)	<g>	แปลผล
1	0	0	1	2.27	2.27	0.02	Low gain
2	1	10	0	0.00	-10.00	-0.11	Low gain
3	2	20	5	11.36	-8.64	-0.11	Low gain
4	1	10	2	4.55	-5.45	-0.06	Low gain
5	0	0	1	2.27	2.27	0.02	Low gain
6	0	0	2	4.55	4.55	0.05	Low gain
7	0	0	2	4.55	4.55	0.05	Low gain
8	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
9	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
10	2	20	8	18.18	-1.82	-0.02	Low gain
11	1	10	6	13.64	3.64	0.04	Low gain
12	2	20	0	0.00	-20.00	-0.25	Low gain
13	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
14	0	0	8	18.18	18.18	0.18	Low gain
15	2	20	6	13.64	-6.36	-0.08	Low gain
16	1	10	6	13.64	3.64	0.04	Low gain
17	2	20	6	13.64	-6.36	-0.08	Low gain
18	1	10	7	15.91	5.91	0.07	Low gain
19	1	10	6	13.64	3.64	0.04	Low gain
20	1	10	5	11.36	1.36	0.02	Low gain
21	2	20	7	15.91	-4.09	-0.05	Low gain
22	1	10	5	11.36	1.36	0.02	Low gain
23	2	20	4	9.09	-10.91	-0.14	Low gain
24	1	10	4	9.09	-0.91	-0.01	Low gain
25	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
26	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
27	1	10	7	15.91	5.91	0.07	Low gain
28	1	10	5	11.36	1.36	0.02	Low gain
29	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
30	2	20	4	9.09	-10.91	-0.14	Low gain
31	1	10	5	11.36	1.36	0.02	Low gain
32	2	20	6	13.64	-6.36	-0.08	Low gain
33	1	10	8	18.18	8.18	0.09	Low gain
34	1	10	7	15.91	5.91	0.07	Low gain
35	1	10	7	15.91	5.91	0.07	Low gain
36	2	20	5	11.36	-8.64	-0.11	Low gain
37	1	10	5	11.36	1.36	0.02	Low gain
38	1	10	6	13.64	3.64	0.04	Low gain
39	1	10	2	4.55	-5.45	-0.06	Low gain
40	1	10	6	13.64	3.64	0.04	Low gain
41	2	20	8	18.18	-1.82	-0.02	Low gain
เฉลี่ย	1.15	11.46	5.37	12.20	0.73	0.00	Low gain

ภาคผนวก ง

เครื่องมือวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้

บทปฏิบัติการ เนื้อเยื่อพืชและหน้าที่ของพืชดอก

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แผนการจัดการเรียนรู้
การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
รายวิชาชีววิทยา 2 (เพิ่มเติม) รหัสวิชา ว30242 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง เนื้อเยื่อพืช (Plant tissue) เวลา 3 คาบ
ครูผู้สอนนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหารู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ทดลองอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ และกระบวนการลำเลียง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 บอกตำแหน่งและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรของพืชได้ (K)

3.2 อธิบายหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญในการขยายพันธุ์พืชได้ (K)

3.3 จำแนกลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ (K)

3.4 เปรียบเทียบประเภทของเนื้อเยื่อพืชได้ (K)

3.5 ปฏิบัติการทดลองลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ (P)

3.6 มีทักษะกระบวนการกลุ่ม สืบเสาะหาความรู้ สังเกต ทำกิจกรรมการทดลองโดยได้ใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบลักษณะของเนื้อเยื่อพืชดอกชนิดต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง (P)

3.7 มีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ มีความมุ่งมั่นในการเรียน และส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มได้อย่างสร้างสรรค์มี (A)

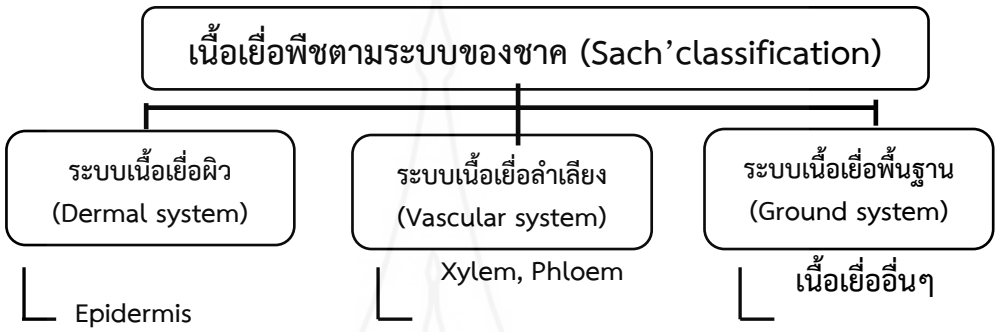
4. สาระสำคัญ

เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue) ของพืชดอก

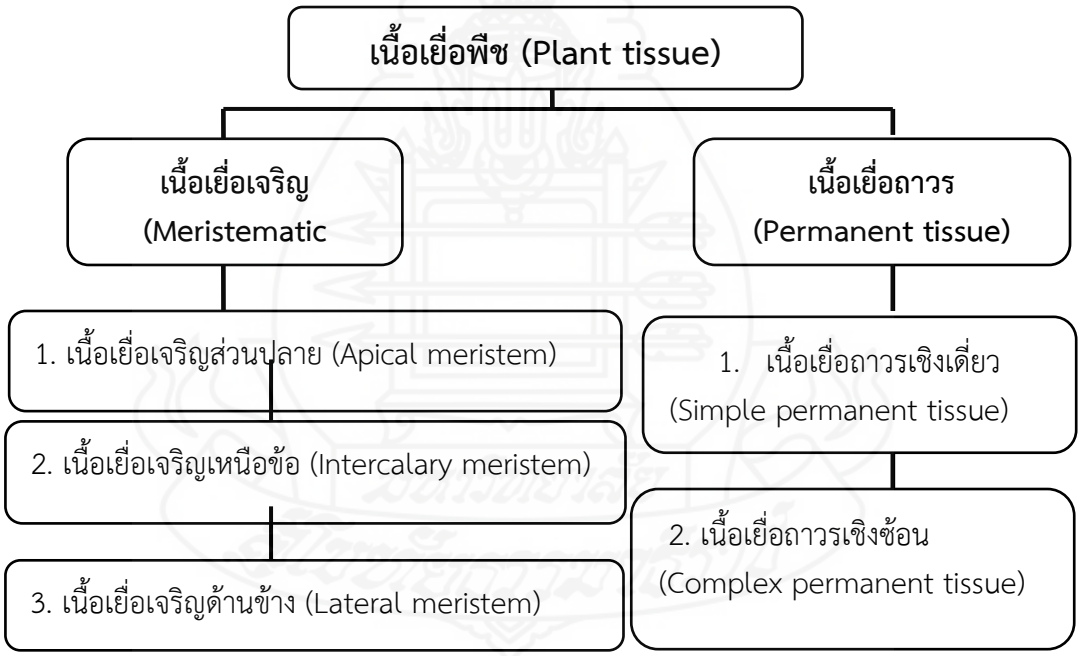
5. สาระการเรียนรู้

ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืช เพื่อสามารถนำเครื่องมือตรวจสอบส่วนประกอบของเนื้อเยื่อพืชที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรซึ่งพบอยู่ในโครงสร้างทุกส่วนของพืช ทำหน้าที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่อยู่และลักษณะของเซลล์ในเนื้อเยื่อแบ่งตามเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.1 แบ่งตามการจัดระบบของชาค (Sach'classification)



5.2 แบ่งตามความสามารถในการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อ



5.2.1 เนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่คงคุณสมบัติของการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis cell division) เอาไว้ได้ตลอดชีวิต รูปร่างมีหลายแบบ โดยส่วนมากมักเป็นหลายเหลี่ยมหรือค่อนข้างกลมมีขนาดเล็ก ผนังบาง นิวเคลียสใหญ่ ไซโทพลาสซึมเต็มเซลล์ แวคิวโอลเล็กหรือไม่มี การเรียงตัวของเซลล์อยู่ชิดกันมากจนไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) เซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญเหล่านี้เมื่อหยุดแบ่งตัวจะแปรสภาพไปเป็นเนื้อเยื่อถาวรต่อไป สามารถแบ่งชนิดของเนื้อเยื่อเจริญได้ดังนี้

5.2.1.1 เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายที่พบตามปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้านเรียก เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (apical shoot meristem) แต่ถ้าพบที่ปลายรากจะเรียกเนื้อเยื่อเจริญปลายราก (apical root meristem) ทั้งเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและปลายรากเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายสามารถสร้างเนื้อเยื่อเจริญอีกชุดหนึ่งที่เรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ (primary meristem)

5.2.1.2 เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristem)

ในขณะที่เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายนั้น จะเกิดขึ้นมาตั้งแต่พืชอยู่ในระยะเอ็มบริโอ (embryo) เนื้อเยื่อเจริญ ด้านข้างจะเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดหรือพัฒนาขึ้นมาภายหลัง และไม่ได้พบในพืชทุกชนิด เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แคมเบียมท่อลำเลียง (vascular cambium) และ คอร์กแคมเบียม (cork cambium) การเจริญเติบโตของลำต้นหรือราก

5.2.1.3 เนื้อเยื่อเจริญระหว่างปล้อง (intercalary meristem) ช่วยให้ปล้องของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีความยาวขึ้น

5.2.2 เนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue)

เป็นเนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว แปรสภาพมาจากเนื้อเยื่อเจริญ มีรูปร่างคงที่ ไม่มีการแบ่งตัวเพิ่มขึ้นอีกและมีหน้าที่เฉพาะอย่าง ชนิดของเซลล์เนื้อเยื่อถาวรสามารถแบ่งได้ดังนี้

5.2.2.1 เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (Simple permanent tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันล้วน ๆ ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน ได้แก่

<u>เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุดของส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ โดยทั่วไปประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเพียงชั้นเดียว

<u>เพอริเดิร์ม (periderm)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นแทนที่อิพิเดอร์มิส พบในพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการเจริญขั้นที่ 2 (secondary growth) และพืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm)

<u>พาเรนไคมา (parenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่พบมากที่สุดในพืช พบเกือบทุกส่วน โดยเฉพาะส่วนที่อ่อนนุ่มและอมน้ำได้มาก เช่น cortex และ pith ของลำต้นและราก ชั้น mesophyll ของใบ พาเรนไคมาเป็นเซลล์มีชีวิต มีรูปร่างหลายแบบ

<u>คอลเลนไคมา (collenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนาแต่เป็น primary wall ประกอบด้วยสารพวก cellulose hemicellulose และ pectin ความหนาของผนังไม่สม่ำเสมอ เซลล์มีขนาดเล็ก หน้าตัดมักเป็นรูปหลายเหลี่ยม ค่อนข้างยาว มีแวคิวโอลใหญ่ การเรียงตัวของเซลล์อยู่ชิดกันแน่นไม่ค่อยมีช่องว่างระหว่างเซลล์ เมื่อเจริญเต็มที่เซลล์ยังมีชีวิต พบบริเวณ cortex ที่อยู่ใกล้ epidermis

<u>สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ผนังหนา ซึ่งผนังเซลล์ประกอบด้วย primary wall และ secondary wall ผนังเซลล์มีสาร cellulose และ lignin สะสมอยู่มากจึงเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช เนื้อเยื่อกลุ่มนี้จึง

เปรียบเสมือนเป็น โครงกระดูกของพืช (plant skeleton) เซลล์กลุ่มนี้เมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะตาย โปรโทพลาสซึมสลายไปเหลือช่องว่างภายในเซลล์เรียกว่า ลูเมน (lumen)

5.2.2.2 เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue)

เป็นกลุ่มเซลล์หลายชนิดที่อยู่รวมกัน เพื่อทำหน้าที่ร่วมกัน ได้แก่ ไซเลม (xylem) โฟลเอ็ม (phloem) ที่รวมกันเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue)

- ไซเลม (xylem) เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อนที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่างๆ จากรากไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4 ชนิด

1. เทรคีต (tracheid)
2. เวสเซล (vessel)
3. ไซเลมพาเรนไคมา (xylem parenchyma)
4. ไซเลมไฟเบอร์ (xylem fiber)

- โฟลเอ็ม (phloem) เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อ 4 ชนิด

1. ซิพทิวบ์เมมเบอร์ (sieve tube member)
2. คอมพาเนียนเซลล์ (companion cell)
3. โฟลเอ็มพาเรนไคมา (phloem parenchyma)
4. โฟลเอ็มไฟเบอร์ (phloem fiber)

6. กิจกรรมการเรียนรู้

6.1. ขั้นนำ

6.1.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5-6 คน เพื่อทำกิจกรรม โดยให้สมาชิกภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มยกตัวอย่างเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนรู้จัก พร้อมจัดกลุ่มเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (ครูยังไม่เฉลย)

6.1.2 ครูนำตัวอย่างภาพแบคทีเรีย พารามีเซียม เซลล์พืช เซลล์สัตว์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

- ครูตั้งคำถามนักเรียนว่านักเรียนแบ่งสิ่งมีชีวิตในภาพเซลล์ได้กี่ประเภท ใช้เกณฑ์ใดในการแบ่ง

แนวการตอบคำถาม สิ่งมีชีวิตในภาพสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ เซลล์โปรคาริโอต กับเซลล์ยูคาริโอต โดยใช้ชนิดของเซลล์เป็นเกณฑ์

- เซลล์ทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างไร

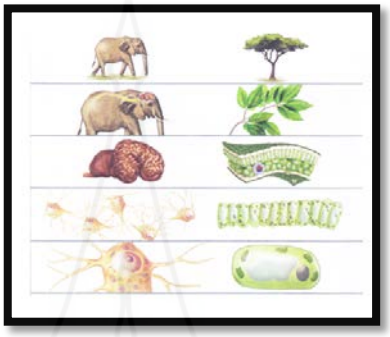
แนวการตอบคำถาม เซลล์แบคทีเรีย เป็นเซลล์โปรคาริโอต ซึ่งไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนพารามีเซียม เซลล์พืช เซลล์สัตว์เป็นเซลล์ยูคาริโอต ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (ครูยังไม่เฉลย ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย)

- ครูตั้งคำถามต่อไปว่าเซลล์พืช และเซลล์สัตว์มีความเหมือนแตกต่างกันอย่างไร แนวการตอบคำถาม เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ต่างเป็นเป็นเซลล์ยูคาริโอต ส่วนสิ่งที่

แตกต่างกันคือ เซลล์พืชเป็นเซลล์ที่มีคลอโรพลาส มีผนังเซลล์ ส่วนเซลล์สัตว์เป็นเซลล์ที่ไม่มีคลอโรพลาสต์ ไม่มีผนังเซลล์

6.1.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบในกิจกรรมข้อ 1.1

6.1.4 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการจัดระบบของสิ่งมีชีวิตว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ประกอบด้วยเซลล์ กลุ่มเซลล์ที่มาทำงานร่วมกันกลายเป็นเนื้อเยื่อ โดยใช้รูปภาพดังนี้



http://119.46.166.126/self_all/selfaccess10/m4/biology4_2_1/new/image/7.png

6.1.5 ครูแจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้สาระการเรียนรู้เนื้อเยื่อพืช

6.2. ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม

6.2.1 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมภายในกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมเกมต่อคำศัพท์ เรื่อง “เนื้อเยื่อพืช” เพื่อให้นักเรียนภายในกลุ่มได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้

6.2.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำศัพท์ที่ได้จากกิจกรรมเกมต่อคำศัพท์ เรื่อง “เนื้อเยื่อพืช”

6.2.3 ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มเขียนผังพร้อมวาดภาพเกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืชที่นักเรียนรู้จักลงในกระดาษกิจกรรมเกมต่อคำศัพท์ เรื่อง “เนื้อเยื่อพืช”

6.3. ขั้นสร้างองค์ความรู้

6.3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับบทปฏิบัติการ เพื่อให้สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันศึกษา ทดลอง และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการลงมือปฏิบัติการทดลอง ออกแบบบันทึกผล เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

6.3.2 ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มศึกษา และดำเนินการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนต้องรับผิดชอบในการศึกษาบทปฏิบัติการทดลองแต่ละบทปฏิบัติการ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องเตรียมตัวอย่างที่ต้องใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

6.3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง นักเรียนลงมือทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง

6.3.4 ครูใช้สไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชให้นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม

6.3.5 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำปฏิบัติการ โดยการวาดภาพ

6.3.6 ครูอธิบายเพิ่มเติมเนื้อเยื่อพืชโดยใช้เพาเวอร์พ้อยท์

6.3.7 นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับพิจารณาคำศัพท์จากกิจกรรมเกมต่อคำศัพท์ เรื่อง “เนื้อเยื่อพืช”

6.4. ขั้นนำความรู้ไปใช้

6.4.1 ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงภาพเซลล์ของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดที่ประกอบกันกลายเป็นเนื้อเยื่อพืชจากที่นักเรียนได้ทำการทดลองว่า เซลล์เนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในด้านรูปร่าง ตำแหน่ง และหน้าที่ ซึ่งเนื้อเยื่อแต่ละชนิดประกอบด้วยเซลล์เพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ เช่น เนื้อเยื่อพาเรงไคมาประกอบด้วยเซลล์พาเรงไคมาเพียงชนิดเดียว ส่วนเนื้อเยื่อไซเลมหรือ โฟลเอ็มประกอบด้วยเซลล์มากกว่า 1 ชนิด โดยผ่านบัตรคำรูปเซลล์เนื้อเยื่อพืชชนิดต่าง ๆ และเนื้อเยื่อพืช

6.4.2 ครูใช้รูปผลสาลี่ เม็ดพุทรา ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้อภิปราย โดยใช้คำถามในการอภิปรายว่า “ผลสาลี่ เม็ดพุทรา มีลักษณะแข็ง ๆ สาก ๆ นักเรียนคิดว่าเกิดจากเนื้อเยื่อชนิดใด”

แนวการอภิปราย ผลสาลี่ เม็ดพุทรา มีลักษณะแข็ง ๆ สาก ๆ เกิดเนื้อเยื่อสเคลอเรงไคมาที่ทำให้เนื้อสาลี่ และเม็ดพุทรามีลักษณะแข็ง

6.5 ขั้นทบทวน

6.5.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง

6.5.2 ครูใช้ภาพชนิดของเซลล์เนื้อเยื่อพืชแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจำแนกเปรียบเทียบประเภทและหน้าที่ลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดภายในเวลา 1 นาที โดยผ่านเกม “แฟนพันธุ์แท้เนื้อเยื่อพืช”

6.5.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุป อภิปราย และทบทวนความรู้ที่ได้

6.6 สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

6.6.1 บทปฏิบัติการ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก (เนื้อเยื่อพืช)

6.6.2 ใบงานเกมต่อคำศัพท์ เรื่อง “เนื้อเยื่อพืช”

6.6.3 บัตรคำรูปเซลล์เนื้อเยื่อพืช

6.6.4 เพาเวอร์พ้อยท์เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

6.6.5 เพาเวอร์พ้อยท์เรื่อง “แฟนพันธุแท้เนื้อเยื่อพืช”

6.6.6 กล้องจุลทรรศน์

6.7 การวัดและประเมินผล

6.7.1. การทดลองปฏิบัติการเรื่อง เนื้อเยื่อพืช

6.7.2. การอภิปรายภายในกลุ่ม

6.7.3. การทำแบบฝึกหัด เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

6.8 เครื่องมือวัดผลประเมินผล

6.8.1 แบบบันทึกการตรวจบทปฏิบัติการ

6.8.2 แบบประเมินแบบฝึกหัด เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

ลงชื่อ .....ครูผู้สอน

(นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง)

ชื่อ-สกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

เกม ต่อคำศัพท์ เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

คำชี้แจง ให้นักเรียนเรียงคำให้ถูกต้องพร้อมระบุหน้าที่ของคำต่อไปนี้

l	p	o	e	h	m

หน้าที่

t	d	r	a	h	i	e	c

หน้าที่

c	m	o	a	n	i	o	p	n	e	l	l	c

หน้าที่

u	m	l	b	c	m	a

หน้าที่

e	p	i	y	c	e	l	r	c

หน้าที่

l	y	e	x	m

หน้าที่

d	p	i	s	r	m	e	i	e

หน้าที่

s	s	l	v	e	e

หน้าที่

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....(ผู้บันทึก)

(นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง)

...../...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
รายวิชาชีววิทยา 2 (เพิ่มเติม) รหัสวิชา ว30242 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง เนื้อเยื่อพืช (Plant tissue) เวลา 3 คาบ
ครูผู้สอนนางสาวอัสมะ เจะดาฮิง โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จังหวัดระนอง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหารู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ทดลองอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ และกระบวนการลำเลียง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 บอกตำแหน่งและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรของพืชได้ (K)

3.2 อธิบายหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญในการขยายพันธุ์พืชได้ (K)

3.3 จำแนกลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ (K)

3.4 เปรียบเทียบประเภทของเนื้อเยื่อพืชได้ (K)

3.5 ทดลองศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดได้ (P)

3.6 มีทักษะกระบวนการกลุ่ม สืบเสาะหาความรู้ สังเกต ทำกิจกรรมการทดลองโดยได้ใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบลักษณะของเนื้อเยื่อพืชดอกชนิดต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง (P)

3.7 มีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ มีความมุ่งมั่นในการเรียน และส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มได้อย่างสร้างสรรค์มี (A)

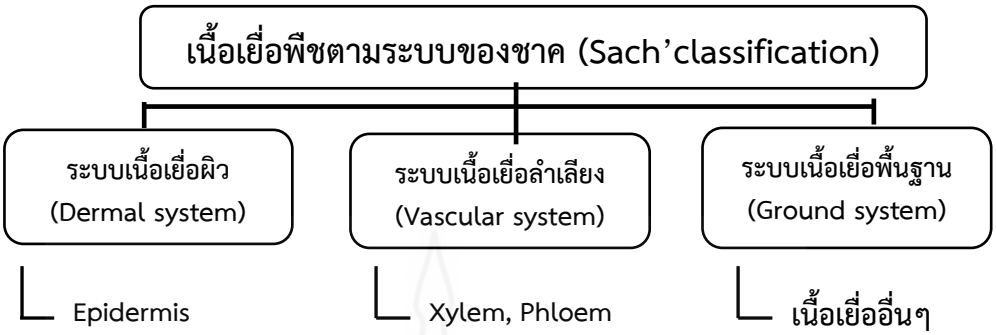
4. สาระสำคัญ

4.1 เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue) ของพืชดอก

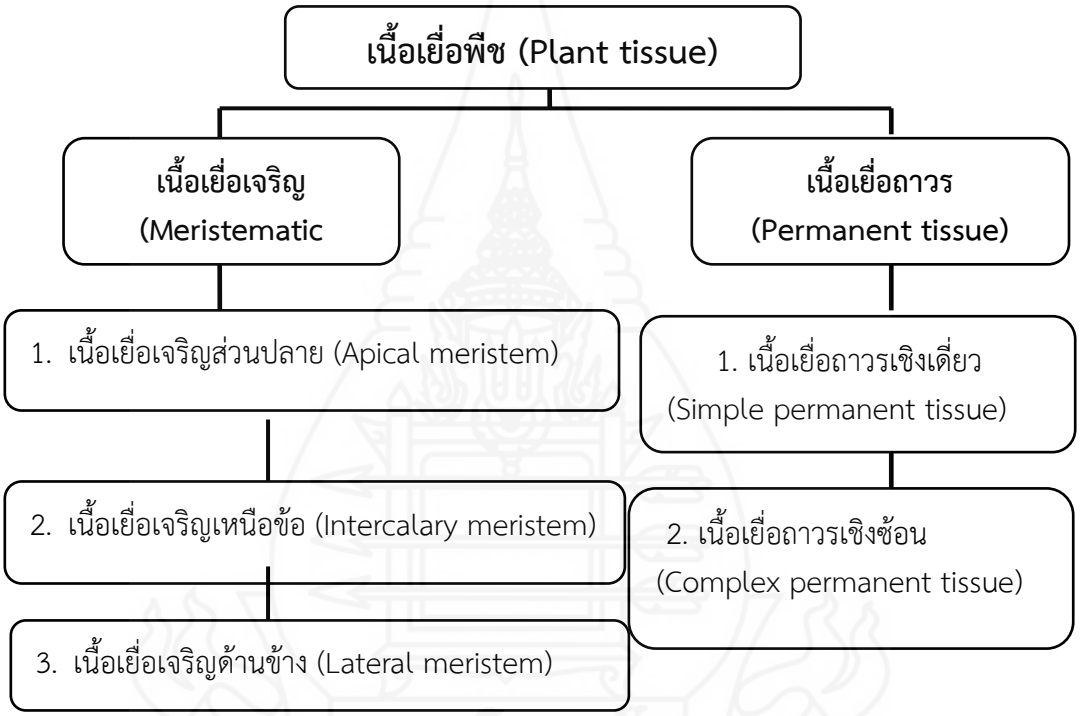
5. สาระการเรียนรู้

ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืช เพื่อสามารถนำเครื่องมือตรวจสอบส่วนประกอบของเนื้อเยื่อพืชที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรซึ่งพบอยู่ในโครงสร้างทุกส่วนของพืช ทำหน้าที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่อยู่และลักษณะของเซลล์ในเนื้อเยื่อ แบ่งตามเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.1 แบ่งตามการจัดระบบของชาค (Sach'classification)



5.2 แบ่งตามความสามารถในการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อ



5.2.1 เนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่คงคุณสมบัติของการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis cell division) เอาไว้ได้ตลอดชีวิต รูปร่างมีหลายแบบ โดยส่วนมากมักเป็นหลายเหลี่ยมหรือค่อนข้างกลมมีขนาดเล็ก ผนังบาง นิวเคลียสใหญ่ ไซโทพลาสซึมเต็มเซลล์ แวคิวโอลเล็กหรือไม่มี การเรียงตัวของเซลล์อยู่ชิดกันมาก จนไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) เซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญเหล่านี้เมื่อหยุดแบ่งตัวจะแปรสภาพไปเป็นเนื้อเยื่อถาวรต่อไป สามารถแบ่งชนิดของเนื้อเยื่อเจริญได้ดังนี้

5.2.1.1 เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายที่พบตามปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้านเรียก เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (apical shoot meristem) แต่ถ้าพบที่ปลายรากจะเรียกเนื้อเยื่อเจริญปลายราก (apical root meristem) ทั้งเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและปลายรากเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายสามารถสร้างเนื้อเยื่อเจริญอีกชุดหนึ่งที่เรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ (primary meristem)

5.2.1.2 เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristem)

ในขณะที่เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายนั้น จะเกิดขึ้นมาตั้งแต่พืชอยู่ในระยะเอ็มบริโอ (embryo) เนื้อเยื่อเจริญ ด้านข้างจะเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดหรือพัฒนาขึ้นมาภายหลัง และไม่ได้พบในพืชทุกชนิด เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แคมเบียมท่อลำเลียง (vascular cambium) และ คอร์กแคมเบียม (cork cambium) การเจริญเติบโตของลำต้น หรือราก

5.2.1.3 เนื้อเยื่อเจริญระหว่างปล้อง (intercalary meristem) ช่วยให้ปล้องของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีความยาวขึ้น

5.2.2 เนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue)

เป็นเนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว แปรสภาพมาจากเนื้อเยื่อเจริญ มีรูปร่างคงที่ไม่มีการแบ่งตัวเพิ่มขึ้นอีกและมีหน้าที่เฉพาะอย่าง ชนิดของเซลล์เนื้อเยื่อถาวรสามารถแบ่งได้ดังนี้

5.2.2.1 เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (Simple permanent tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันล้วน ๆ ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน ได้แก่

<u>เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุดของส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ โดยทั่วไปประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเพียงชั้นเดียว

<u>เพอริเดิร์ม (periderm)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นแทนที่อิพิเดอร์มิสพบในพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการเจริญขั้นที่ 2 (secondary growth) และพืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm)

<u>พาเรนไคมา (parenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่พบมากที่สุดในพืช พบเกือบทุกส่วน โดยเฉพาะส่วนที่อ่อนนุ่มและอมน้ำได้มาก เช่น cortex และ pith ของลำต้นและราก ชั้น mesophyll ของใบ พาเรนไคมาเป็นเซลล์มีชีวิต มีรูปร่างหลายแบบ

<u>คอลเลนไคมา (collenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนาแต่เป็น primary wall ประกอบด้วยสารพวก cellulose hemicellulose และ pectin ความหนาของผนังไม่สม่ำเสมอ เซลล์มีขนาดเล็ก หน้าตัดมักเป็นรูปหลายเหลี่ยมค่อนข้างยาว มีแวคคิวโอลใหญ่ การเรียงตัวของเซลล์อยู่ชิดกันแน่นไม่ค่อยมีช่องว่างระหว่างเซลล์เมื่อเจริญเต็มที่เซลล์ยังมีชีวิต พบบริเวณ cortex ที่อยู่ใกล้ epidermis

<u>สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ผนังหนา ซึ่งผนังเซลล์ประกอบด้วย primary wall และ secondary wall ผนังเซลล์มีสาร cellulose และ lignin สะสมอยู่มากจึงเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช เนื้อเยื่อกลุ่มนี้จึง

เปรียบเสมือนเป็น โครงกระดูกของพืช (plant skeleton) เซลล์กลุ่มนี้เมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะตาย โปรโทพลาสซึมสลายไปเหลือช่องว่างภายในเซลล์เรียกว่า ลูเมน (lumen)

5.2.2.2 เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue)

เป็นกลุ่มเซลล์หลายชนิดที่อยู่รวมกัน เพื่อทำหน้าที่ร่วมกัน ได้แก่ ไซเลม (xylem) โฟลเอ็ม (phloem) ที่รวมกันเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue)

- ไซเลม (xylem) เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อนที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่างๆ จากรากไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4 ชนิด

1. เทรคีต (tracheid)
2. เวสเซล (vessel)
3. ไซเลมพาเรนไคมา (xylem parenchyma)
4. ไซเลมไฟเบอร์ (xylem fiber)

- โฟลเอ็ม (phloem) เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อ 4 ชนิด

1. ซิพทิวบ์เมมเบอร์ (sieve tube member)
2. คอมพาเนียนเซลล์ (companion cell)
3. โฟลเอ็มพาเรนไคมา (phloem parenchyma)
4. โฟลเอ็มไฟเบอร์ (phloem fiber)

6. กิจกรรมการเรียนรู้

6.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

6.1.1 ครูตั้งคำถามนักเรียนว่าเซลล์พืช และเซลล์สัตว์มีความเหมือนแตกต่างกันอย่างไร แนวการตอบคำถาม เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ต่างเป็นเป็นเซลล์ยูคาริโอต ส่วนสิ่งที่แตกต่างกันคือ เซลล์พืชเป็นเซลล์ที่มีคลอโรพลาสต์ มีผนังเซลล์ ส่วนเซลล์สัตว์เป็นเซลล์ที่ไม่มีคลอโรพลาสต์ ไม่มีผนังเซลล์

6.1.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบในกิจกรรมข้อ 1.1

6.1.3 ครูแจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้สาระการเรียนรู้เนื้อเยื่อพืช

6.1.4 ครูให้นักเรียนศึกษาจากหนังสือเรียนแบบเรียน เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

6.2 ขั้นดำเนินการสอน

6.2.1 ครูอธิบายเรื่อง เนื้อเยื่อพืช โดยใช้เพาเวอร์พ้อยท์

6.2.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการทดลองตามหนังสือแบบเรียน เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

6.2.3 ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มศึกษา

6.2.4 นักเรียนลงมือทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง

6.2.5 ครูใช้สไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชและจากเพาเวอร์พ้อยท์ให้นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม

6.2.6 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทำปฏิบัติการ

6.2.7 ครูอธิบายเพิ่มเติมเนื้อเยื่อพืชโดยใช้เพาเวอร์พ้อยท์

6.3 ขั้นสรุป

6.3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมการทดลอง

6.3.2 ครูให้นักเรียนนักเรียนอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับเซลล์ของเนื้อเยื่อพืช ชนิดของเนื้อเยื่อ ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของเนื้อเยื่อพืชตามเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ เช่น แบ่งตามระบบชาร์ค แบ่งตามความสามารถในการเจริญ

6.3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุป อภิปราย และทบทวนความรู้ที่ได้

7. สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

7.1 หนังสือเรียน

7.2 เพาเวอร์พ้อยท์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

7.3 กล้องจุลทรรศน์

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การทดลองปฏิบัติการ เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

8.2 การอภิปรายภายในกลุ่ม

8.3 การทำแบบฝึกหัด เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

9. เครื่องมือวัดผลประเมินผล

9.1 แบบประเมินผลการปฏิบัติการชีววิทยา เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

9.2. แบบประเมินแบบฝึกหัด เรื่อง เนื้อเยื่อพืช

ลงชื่อ .....ครูผู้สอน

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....(ผู้บันทึก)

(นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง)

...../...../.....

2. ความคิดเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....

( )

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3. ความคิดเห็นของฝ่ายวิชาการ

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....

( )

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

4. ความคิดเห็นของผู้อำนวยการโรงเรียน

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....

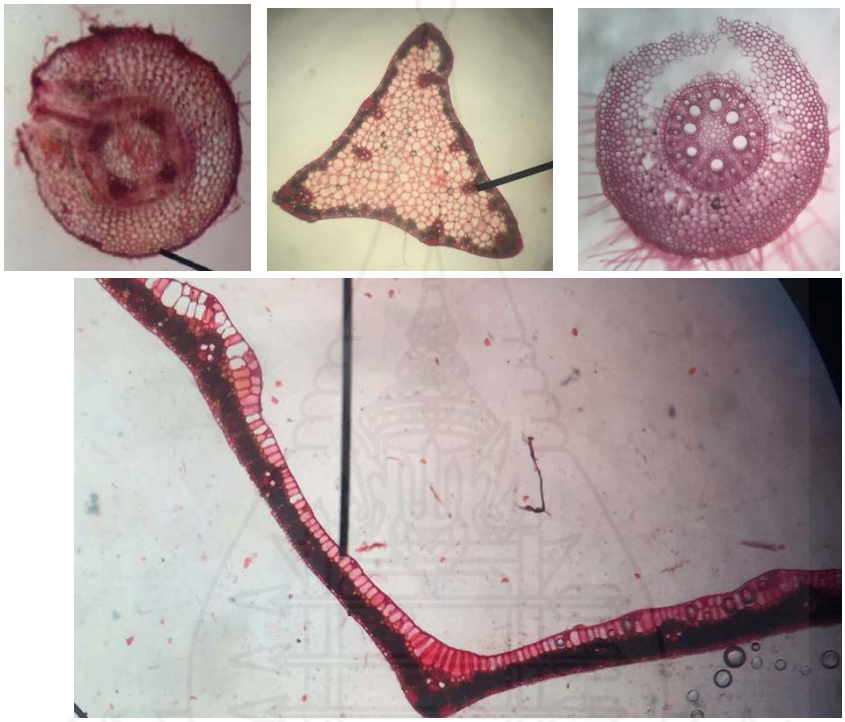
( )

ผู้อำนวยการโรงเรียน

บทปฏิบัติการ
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

รายวิชา ว30242 ชีววิทยา 2

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง
นักศึกษาปริญญาโท วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ชื่อ-สกุล .....ชั้น.....เลขที่.....

คำนำ

การทำปฏิบัติการทางชีววิทยาเป็นพื้นฐานจำเป็นสำหรับการศึกษาทางชีววิทยา ดังนั้นบทปฏิบัติการทางชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียน มีความรู้ ประสบการณ์ และเกิดทักษะทางกระบวนการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วย ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและกระตุ้นความสนใจเนื้อหาของบทเรียน นอกจากนี้ ยังสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับศัพท์ทางวิชาการที่ควรทราบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ที่ได้รับโดยการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งหากบรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว จะทาให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
แบบบันทึกการตรวจบทปฏิบัติการ		124
ปฏิบัติการที่ 1	เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)	125
ปฏิบัติการที่ 2	โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก	133
ปฏิบัติการที่ 3	โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น	138
ปฏิบัติการที่ 4	โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ	143
ปฏิบัติการที่ 5	การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	148
ปฏิบัติการที่ 6	การลำเลียงน้ำของพืช	154

แบบบันทึกการตรวจบทปฏิบัติการ

ปฏิบัติการที่	วันที่ส่ง		วันที่ตรวจ		ระดับคะแนน					
	วันที่	ลายมือชื่อ	วันที่	ลายมือชื่อ	5	4	3	2	1	รวม
ปฏิบัติการที่ 1 เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)										
ปฏิบัติการที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก										
ปฏิบัติการที่ 3 โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น										
ปฏิบัติการที่ 4 โครงสร้างและหน้าที่ภายในของใบ										
ปฏิบัติการที่ 5 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช										
ปฏิบัติการที่ 6 การลำเลียงน้ำของพืช										
รวม										

หมายเหตุ

5 : ดีมาก เข้าใจจุดประสงค์ รายงานผลชัดเจนถูกต้อง มีข้อมูลอ้างอิง ตอบคำถามถูกต้อง มีการจดบันทึกก่อนและหลัง

4 : ดี เข้าใจจุดประสงค์ รายงานผลชัดเจนถูกต้อง ตอบคำถามถูกต้อง มีการจดบันทึกก่อนและหลัง

3 : พอใช้ รายงานผล สรุปผลการทดลอง ตอบคำถาม มีการจดบันทึกก่อนและหลังการทดลอง

2 : ต้องเขียนรายงานปฏิบัติการใหม่

1 : ต้องทำปฏิบัติการและเขียนรายงานปฏิบัติการใหม่

บทปฏิบัติการที่ 1
เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue)

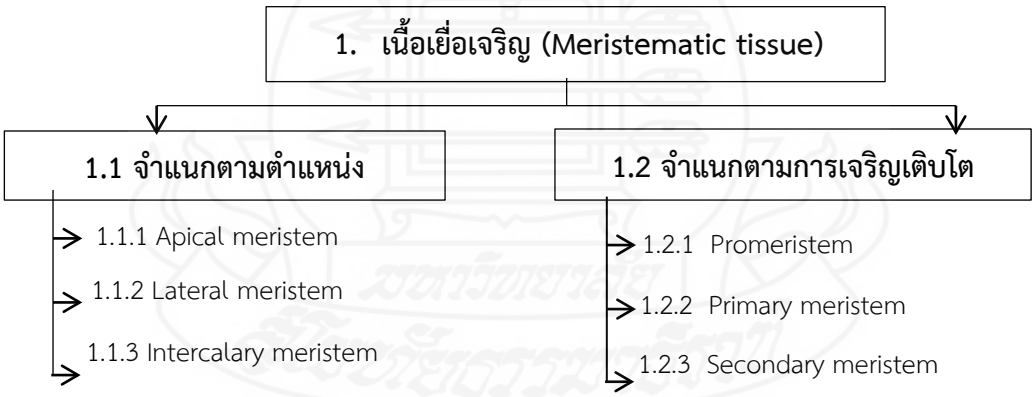
วันที่ทดลอง : .....
ผู้ทดลอง : .....
เลขที่.....
ผู้ร่วมทดลอง : **กลุ่ม** .....

บทนำ

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์อยู่รวมกัน (multicellular organism) โดยมีการจัดเป็นระบบของเนื้อเยื่อ (tissue system) แทนการมีอวัยวะภายในเหมือนสัตว์ เนื้อเยื่อพืชอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามคุณสมบัติของการแบ่งเซลล์ ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue หรือ meristem) และเนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

1. เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่คงคุณสมบัติของการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis cell division) เอาไว้ได้ตลอดชีวิต รูปร่างมีหลายแบบ โดยส่วนมากมักเป็นหลายเหลี่ยมหรือค่อนข้างกลมมีขนาดเล็ก ผนังบาง นิวเคลียสใหญ่ ไซโทพลาสซึมเต็มเซลล์ แวคิวโอลเล็กหรือไม่มี การเรียงตัวของเซลล์อยู่ชิดกันมากจนไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) เซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญเหล่านี้เมื่อหยุดแบ่งตัวจะแปรสภาพไปเป็นเนื้อเยื่อถาวรต่อไป สามารถแบ่งชนิดของเนื้อเยื่อเจริญได้ดังนี้



1.1 เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายที่พบตามปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้านเรียกเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (apical shoot meristem) แต่ถ้าพบที่ปลายรากจะเรียก เนื้อเยื่อเจริญปลายราก (apical root meristem) ทั้งเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและปลายราก เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายสามารถสร้างเนื้อเยื่อเจริญอีกชุดหนึ่งที่เรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ (primary meristem) ขึ้นมา ซึ่งเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิยังแบ่งได้ออก 3 กลุ่ม คือ โพรโตเดิร์ม (protoderm) โพรแคมเบียม (procambium) และ กราวด์เมอริสเต็ม (ground meristem)

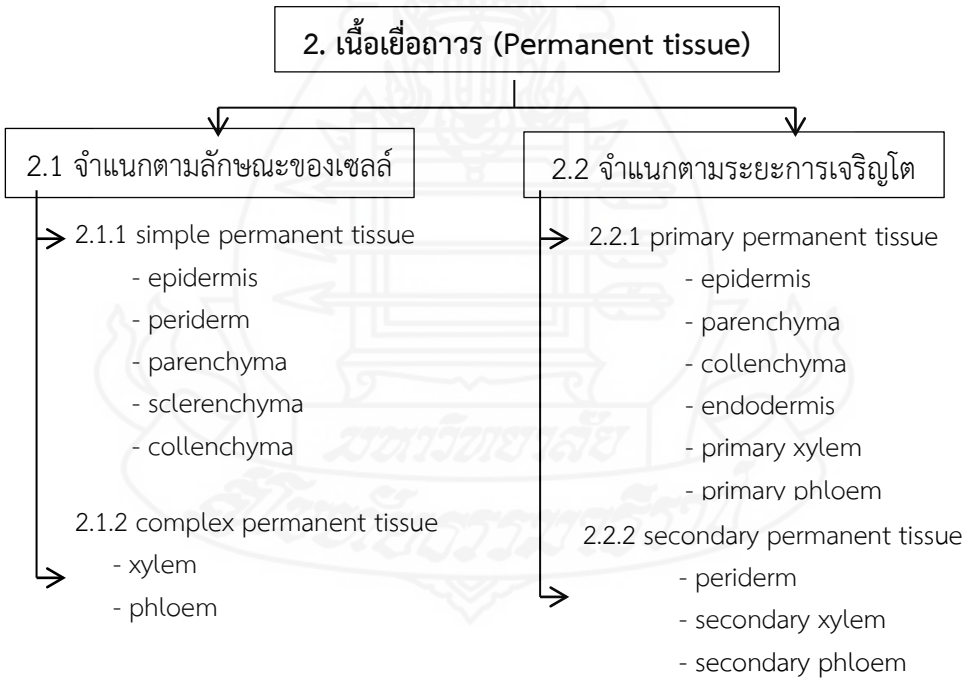
1.2 เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristem) หรือเนื้อเยื่อเจริญทุติยภูมิ (secondary meristem) หรืออาจเรียกสั้นๆ ว่า แคมเบียม (cambium)

ในขณะที่เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายนั้น จะเกิดขึ้นมาตั้งแต่พืชอยู่ในระยะเอ็มบริโอ (embryo) เนื้อเยื่อเจริญ ด้านข้างจะเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดหรือพัฒนาขึ้นมาภายหลัง และไม่ได้พบในพืชทุกชนิด เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แคมเบียมท่อลำเลียง (vascular cambium) และ คอร์กแคมเบียม (cork cambium) การเจริญเติบโตของลำต้น หรือราก ที่มาจากการทำงานหรือการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง เรียก การเจริญเติบโตทุติยภูมิ (secondary growth) ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตที่ทำให้ลำต้น หรือรากของพืชมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นรอบวงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตทุติยภูมินั้นจะพบได้เฉพาะในพืชที่มีการสร้างเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง พืชที่ไม่มีการสร้างเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง จะไม่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ

1.3 เนื้อเยื่อเจริญระหว่างปล้อง (intercalary meristem) ช่วยให้ปล้องของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีความยาวขึ้น

2. เนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue)

เป็นเนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว แปรสภาพมาจากเนื้อเยื่อเจริญ มีรูปร่างคงที่ไม่มีการแบ่งตัวเพิ่มขึ้นอีก และมีหน้าที่เฉพาะอย่าง ชนิดของเซลล์เนื้อเยื่อถาวรสามารถแบ่งได้ดังนี้



2.1 จำแนกตามลักษณะของเซลล์

2.1.1 เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (Simple permanent tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันล้วน ๆ ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน ได้แก่ epidermis periderm parenchyma collenchyma sclerenchyma

- <u>เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุดของส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ โดยทั่วไปประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเพียงชั้นเดียว ซึ่งมีหน้าที่หรือบทบาทสำคัญหลายประการต่อการดำรงชีวิตของพืช ได้แก่ ป้องกันเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่อยู่ด้านในมีปากใบ (stoma) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคายน้ำ การแลกเปลี่ยนแก๊ส และการสังเคราะห์ด้วยแสง มีเซลล์ขนราก (root hair cell) ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและแร่ธาตุ บนผนังเซลล์ด้านนอกจะมีชั้นของสารคิวทิน (cutin) ซึ่งเป็นสารคล้ายขี้ผึ้งฉาบอยู่ ช่วยป้องกันการระเหยของน้าและอันตรายต่าง ๆ เรียกว่าผิวเคลือบคิวติน (cuticle) พืชที่ขึ้นในที่แห้งแล้งจะมีอิพิเดอร์มิสหลายชั้นเรียกว่า multiple epidermis และเรียกชั้นที่อยู่ถัดจากชั้นนอกสุดเข้าไปด้านในว่า “hypodermis” อิพิเดอร์มิสอาจเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะได้แก่ ขนราก (root hair) ขน (hair or trichome) ต่อม (gland) เซลล์คุม (guard cell)

- เพอริเดิร์ม (periderm) เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นแทนที่อิพิเดอร์มิส พบในพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการเจริญขั้นที่ 2 (secondary growth) และพืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm) เพอริเดิร์มประกอบด้วย

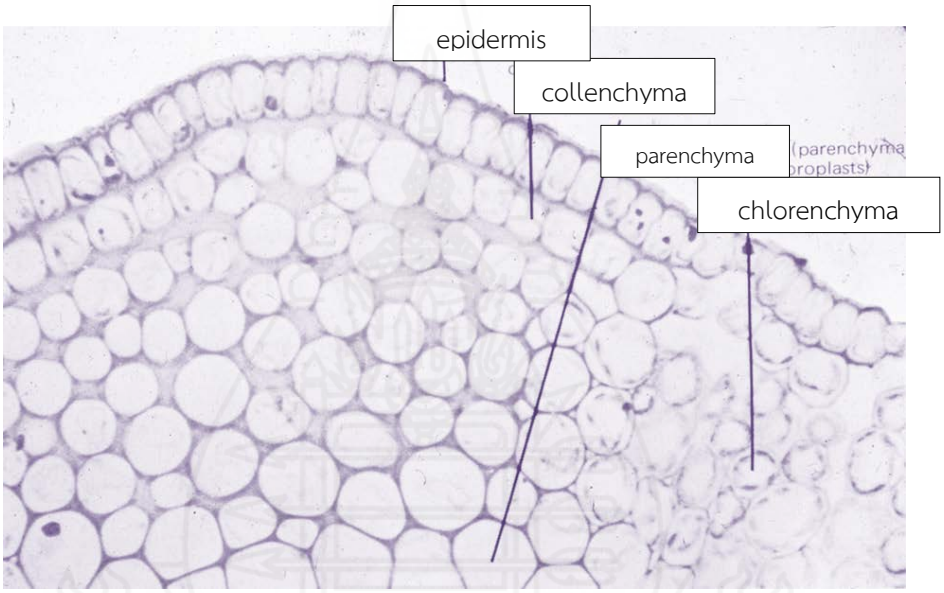
1. คอร์ก หรือเฟลเลม (Cork หรือ Phellem)
2. คอร์กแคมเบียม หรือเฟลโลเจน (Cork cambium หรือ Phellogen)
3. เฟลโลเดิร์ม (Phelloderm)

- <u>พาเรนไคมา (parenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่พบมากที่สุดในพืช พบเกือบทุกส่วน โดยเฉพาะส่วนที่อ่อนนุ่มและอมน้ำได้มาก เช่น cortex และ pith ของลำต้นและรากชั้น mesophyll ของใบ พาเรนไคมาเป็นเซลล์มีชีวิต มีรูปร่างหลายแบบ เช่น หลายเหลี่ยม รีค่อนข้างกลม ทรงกระบอกหลายเหลี่ยม หรือทรงกระบอกเหลี่ยมด้านเท่า ผนังเซลล์จะบางมีเฉพาะ primary wall ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ สามารถแบ่งชนิดของพาเรนไคมา ได้แก่ Chlorenchyma (พาเรนไคมาที่มีเม็ดคลอโรพลาสต์สามารถสังเคราะห์แสงได้) Reserverd parenchyma (พาเรนไคมาที่สะสมอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน หยดน้ำมัน) Arenchyma (พาเรนไคมาที่พบในพืชน้ำ จะมีช่องว่างระหว่างเซลล์ขนาดใหญ่และมีอากาศอยู่เต็มช่อง)

- <u>คอลเลนไคมา (collenchyma)</u> เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนาแต่เป็น primary wall ประกอบด้วยสารพวก cellulose hemicellulose และ pectin ความหนาของผนังไม่สม่ำเสมอ เซลล์มีขนาดเล็ก หน้าตัดมักเป็นรูปหลายเหลี่ยมค่อนข้างยาว มีแวคคิวโอลใหญ่ การเรียงตัวของเซลล์อยู่ชิดกันแน่นไม่ค่อยมีช่องว่างระหว่างเซลล์เมื่อเจริญเต็มที่เซลล์ยังมีชีวิต พบบริเวณ cortex ที่อยู่ใกล้ epidermis หรือบริเวณมุมและเหลี่ยมของลำต้น ในก้านใบและเส้นกลางใบก็พบเช่นกัน สามารถแบ่งชนิดของคอลเลนไคมาได้ 3 ชนิด ได้แก่ Angular collenchyma (ผนังหนาตามบริเวณมุมของเซลล์) Lamella collenchyma (ผนังหนา

ทางด้านแนวนอนของเซลล์ขนานกับขอบอวัยวะ) Lacunar collenchyma (ผนังหนาด้านที่อยู่ติดกับช่องว่างระหว่างเซลล์)

- สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ผนังหนา ซึ่งผนังเซลล์ประกอบด้วย primary wall และ secondary wall ผนังเซลล์มีสาร cellulose และ lignin สะสมอยู่มากจึงเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช เนื้อเยื่อกลุ่มนี้จึงเปรียบเสมือนเป็น โครงกระดูกของพืช (plant skeleton) เซลล์กลุ่มนี้เมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะตายโปรโทพลาสซึมสลายไปเหลือช่องว่างภายในเซลล์เรียกว่า ลูเมน (lumen) สามารถแบ่งชนิดของสเคลอเรนไคมาแบ่งได้ 3 ชนิด แบ่งตามรูปได้ 2 แบบ ได้แก่ Fiber (เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเล็กเรียวยาวหัวท้ายแหลม) สเคลอรีด (Sclereid) (รูปร่างไม่แน่นอนมีหลายแบบ ผนังเซลล์หนา เช่น เซลล์หิน (stone))



รูปที่ 1 ลักษณะเซลล์ต่าง ๆ

(จาก http://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/bl11f/IMAGES/Support%20Tissue%20C/09%20Collenchyma2.html)

2.1.2 เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue)

เป็นกลุ่มเซลล์หลายชนิดที่อยู่รวมกัน เพื่อทำหน้าที่ร่วมกัน ได้แก่ ไซเลม (xylem) โฟลเอ็ม (phloem) ที่รวมกันเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue)

- ไซเลม (xylem) เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อนที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ จากรากไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4 ชนิด

1. เทรคีต (tracheid)
2. เวสเซล (vessel)
3. ไซเลมพาเรนไคมา (xylem parenchyma)
4. ไซเลมไฟเบอร์ (xylem fiber)

- โฟลเอ็ม (phloem) เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อ 4 ชนิด

1. ซิพทิวบ์เมมเบอร์ (sieve tube member)
2. คอมพาเนียนเซล (companion cell)
3. โฟลเอ็มพาเรนไคมา (phloem parenchyma)
4. โฟลเอ็มไฟเบอร์ (phloem fiber)

วัตถุประสงค์

1. นักเรียนสามารถเตรียมสไลด์เซลล์พืชได้ด้วยตนเอง
2. เพื่อศึกษารูปร่างลักษณะ ตำแหน่งที่พบและหน้าที่ของเนื้อเยื่อแต่ละชนิดได้

สมมติฐาน

.....

.....

ทักษะ

1. ทักษะการทำนาย สังเกต การทดลองและอธิบาย
2. ทักษะการใช้กล้อง
3. ทักษะการอภิปราย กาคิดวิเคราะห์ และสรุปผล

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์
2. สีย้อม
3. จานเพาะเชื้อ
4. พู่กันหรือเข็มเขี่ย
5. หลอดหยดสาร
6. ใบมีดโกน
7. สไลด์และแผ่นปิดสไลด์ (cover slip)
8. ตัวอย่างพืชที่ต้องการศึกษาเนื้อเยื่อ เช่น รากหอม ส่วนยอดต้นฤาษีผสม ต้นหมอน้อย แขนงไผ่ หญ้าขน ฯลฯ หรือครูผู้สอนเป็นผู้กำหนด
9. กระดาษทิชชู

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ใช้การเตรียมตัวอย่างด้วย การทำสไลด์ชั่วคราว (wet mount) โดยเตรียมเนื้อเยื่อที่ต้องการศึกษาให้เป็นชิ้นบาง ๆ (Section) โดยการตัดขวาง (Cross section, X-S)

1. นำสไลด์ที่สะอาด 1 แผ่นพร้อมกระจกปิดสไลด์ (cover slide)
2. หยดน้ำหรือสีย้อมลงบนสไลด์ 1-2 หยด
3. เตรียมเนื้อเยื่อดังนี้

- พาเรนไคมา (Parenchyma) ตัดเนื้อเยื่อตามขวางของลำต้น (ลำต้นหญ้าละออง ลำต้นถั่วเขียว) ด้วยใบมีดโกนให้เป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 3 เซนติเมตร แล้วนำไปตัดตามขวางให้ได้ชิ้นบางๆ หลังจากนั้นใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนเนื้อเยื่อแช่ลงในสารละลายสีย้อมที่อยู่ในแพลต

- คอลเลนไคมา (Collenchyma) ตัดเนื้อเยื่อตามขวางของก้านใบบัวหลวง ด้วยใบมีดโกนให้เป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 3 เซนติเมตร แล้วนำไปตัดตามขวางให้ได้ชิ้นบาง ๆ หลังจากนั้นใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนเนื้อเยื่อแช่ลงในสารละลายสีสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ ที่อยู่ในแพลต

- สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) ขูดเนื้อเยื่อกะลามะพร้าว

4. นำเนื้อเยื่อที่เตรียมไว้เรียบร้อย วางบนแผ่นสไลด์ ปิดด้วย cover slip โดยวางกระจกปิดสไลด์ให้ด้านหนึ่งแตะสไลด์ตรงที่ริมของหยดน้ำ โดยให้เอียงกระจกปิดสไลด์ทำมุม 45 องศา ค่อยๆ ปล่อยอีกด้านหนึ่งลงหรือใช้เข็มเขี่ยช่วยก็ได้ สไลด์ที่ดีต้องไม่มีฟองอากาศอยู่ระหว่างสไลด์ และกระจกปิดตำแหน่งของตัวอย่างศึกษาต้องอยู่กลางสไลด์และไม่หนา

5. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ให้สังเกตตำแหน่ง การเรียงตัวของเซลล์ผิวใบ เซลล์คุมและปากใบ นำสไลด์ตัวอย่างมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วทำการสังเกต ที่กำลังขยาย 4x 10x และ 40x พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

1. ให้นักเรียนวาดภาพลักษณะเนื้อเยื่อแต่ละชนิด

เนื้อเยื่อ	ภาพวาดลักษณะเนื้อเยื่อ
เนื้อเยื่อผิว (Epidermis) ตัวอย่างพืช	
พาราเรนไคมา (Parenchyma) ตัวอย่างพืช	
คอลเลนไคมา (Collenchyma) ตัวอย่างพืช	
สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) ตัวอย่างพืช	

2. ให้นักเรียนอธิบายลักษณะของเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ

เนื้อเยื่อ	**ชนิดของเซลล์**	**ตำแหน่งที่พบ**
Epidermis		
Parenchyma		
Collenchyma		
Sclerenchyma		
Xylem		
Phloem		

บทปฏิบัติการที่ 2
โครงสร้างและหน้าที่ภายในของราก

วันที่ทดลอง : .....

ผู้ทดลอง : .....

เลขที่.....

ผู้ร่วมทดลอง : **กลุ่ม** .....

บทนำ

ราก เป็นโครงสร้างของพืชที่อยู่ใต้ดิน ทำหน้าที่หลักคือยึดลำต้น ดูดน้ำและเกลือแร่ลำเลียงไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช โครงสร้างภายในของราก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ เรียงตามลำดับดังนี้

1. Epidermis อยู่นอกสุดมี 1 ชั้นเซลล์ บางเซลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็นขนราก (Root hair) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและสารละลายจากดิน

2. Cortex อยู่ถัดจาก Epidermis เข้าไปข้างไหนมีหลายชั้นเซลล์ เซลล์เยงตัวกันหลวม ๆ ไม่มีคลอโรพลาสต์มักมีแป้งสะสมอยู่

3. Endodermis มี 1 ชั้นเซลล์เป็นชั้นในสุดของ Cortex ผนังเซลล์จะหนาตามแนวรัศมีและด้านขวางเพราะถูกพอกด้วยสารซูเบอรินเป็นส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นแถบเรียก casparian strip เป็นการยับยั้งไม่ให้น้ำและเกลือแร่เข้าสู่ไซเลม ส่วนผนังด้านที่ไม่ถูกพอกจะบางเรียก Passage cell น้ำและเกลือแร่ผ่านเข้าสู่ไซเลมได้

4. Pericycle มี 1 ชั้นเซลล์อยู่ถัดจาก Endodermis เข้าไป เป็นเซลล์พาเรนไคมาที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญได้อีก ชั้น Pericycle เป็นที่เกิดของรากแขนง

5. Vascular bundle เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง

ในระยะ primary growth เนื้อเยื่อกลุ่มนี้จะประกอบด้วย Primary xylem และ Primary phloem โดยเนื้อเยื่อไซเลมมีลักษณะเป็นแฉก (Arch) โฟลเอ็มแทรกระหว่างแฉก ในพืชใบเลี้ยงคู่การเจริญของไซเลมเป็นแบบ Diarch, Triarch หรือ Tetrarch ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเป็นแบบ Polyarch ในพืชที่มีการเจริญ Secondary growth ระหว่างกลุ่มของไซเลมและโฟลเอมจะพบ Vascular cambium ขั้นอยู่

6. Pith เป็นเนื้อเยื่อบริเวณกลางราก อาจเป็นเซลล์ Parenchyma หรือ Sclerenchyma

วัตถุประสงค์

1.เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้

สมมติฐาน

.....

.....

ทักษะ

1. ทักษะการทำนาย สังเกต การทดลองและอธิบาย
2. ทักษะการใช้กล้อง
3. ทักษะการอภิปราย กาคิดวิเคราะห์ และสรุปผล

วัสดุและอุปกรณ์

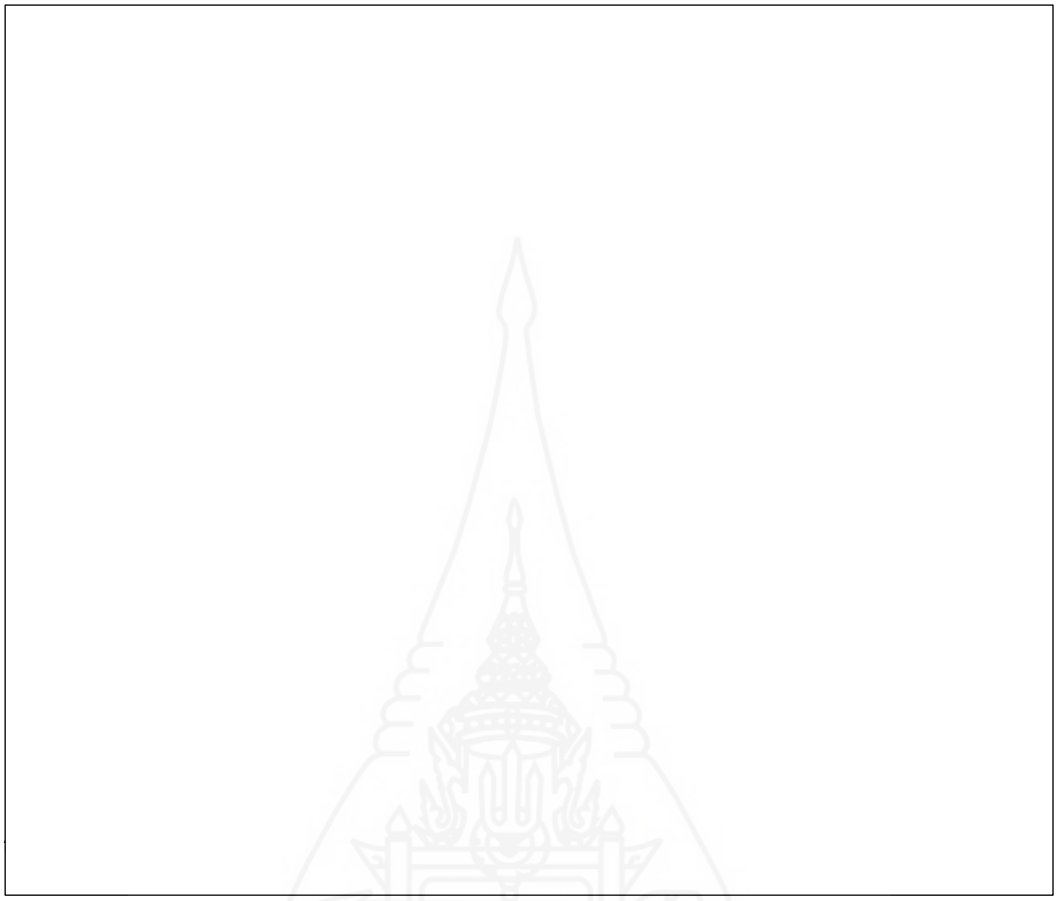
1. กล้องจุลทรรศน์
2. สีย้อม
3. จานเพาะเชื้อ
4. พู่กันหรือเข็มเขี่ย
5. หลอดหยดสาร
6. ใบมีดโกน
7. สไลด์และแผ่นปิดสไลด์ (cover slip)
8. ตัวอย่างพืชที่ต้องการศึกษาเนื้อเยื่อ เช่น รากข้าวโพด หญ้า ผักบุ้ง ถั่วเขียว
9. กระดาษทิชชู

วิธีการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ใช้การเตรียมตัวอย่างด้วย การทำสไลด์ชั่วคราว (wet mount) โดยเตรียมเนื้อเยื่อที่ต้องการศึกษาให้เป็นชิ้นบาง ๆ (Section) โดยการตัดขวาง (Cross section, X-S)

1. คัดเลือกต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวโพด หรือหญ้าขน) พืชใบเลี้ยงคู่ (ถั่วเขียว) ที่เตรียมขึ้นมาจากดินโดยระวังไม่ให้รากขาด
2. ล้างรากของพืชแต่ละชนิดด้วยน้ำให้สะอาด ตัดรากที่สมบูรณ์มาตัวอย่างละ 3-4 ราก แล้วนำไปแช่น้ำ
3. ตัดปลายรากด้วยใบมีดโกนให้เป็นท่อนสั้นๆ ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร แล้วนำไปตัดตามขวางให้ได้ชิ้นบาง ๆ
4. ใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนรากที่เป็นชิ้นบางแช่ลงในสารละลายสีย้อม ประมาณ 5 นาที
5. เลือกชิ้นส่วนของรากที่บางและสมบูรณ์เพื่อนำมาวางบนสไลด์ที่สะอาด
6. หยดน้ำหรือสีย้อมลงบนสไลด์ 1-2 หยด วางตัวอย่างเนื้อเยื่อ
7. ปิดด้วย cover slip สไลด์ โดยวางกระจกปิดสไลด์ให้ด้านหนึ่งแตะสไลด์ตรงที่ริมของหยดน้ำ โดยให้เอียงกระจกปิดสไลด์ทำมุม 45 องศา ค่อยๆ ปล่อยอีกด้านหนึ่งลงหรือใช้เข็มเขี่ยช่วยก็ได้ สไลด์ที่ดีต้องไม่มีฟองอากาศอยู่ระหว่างสไลด์ และกระจกปิดตำแหน่งของตัวอย่างศึกษาต้องอยู่กลางสไลด์และไม่หนา
8. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยเริ่มต้นจากกำลังต่ำแล้วเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูง
9. วาดรูปในสิ่งที่สังเกตได้และชี้โครงสร้างในชั้นต่าง ๆ ให้ครบถ้วน

ผลการทดลอง



.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

คำถาม

1. เนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ที่พบในรากพืชใบเลี้ยงคู่ และใบเลี้ยงเดี่ยวแตกต่างกันอย่างไร

   .....

   .....

   .....

   .....

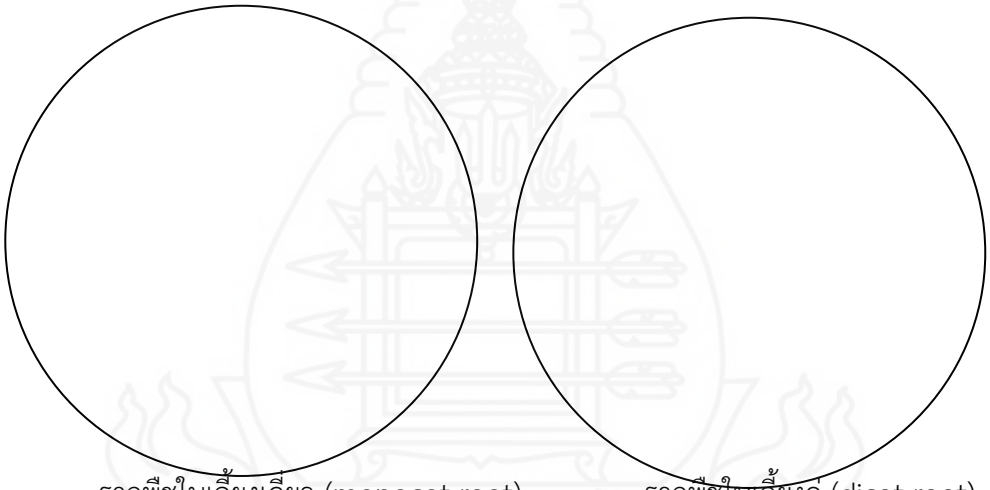
   .....

2. รากพืชสามารถออกทางด้านข้างได้ด้วยเนื้อเยื่อประเภทใด

   .....

   .....

3. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงโครงสร้างภายในตามแนวตัดขวางจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และรากพืชใบเลี้ยงคู่ ระบุส่วนประกอบรายละเอียดพร้อมลงสีตามแบบ



รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocot root)
กำลังขยาย.....
ภาพวาด

รากพืชใบเลี้ยงคู่ (dicot root)
กำลังขยาย .....
ภาพวาด

4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่

ลักษณะ	พืชใบเลี้ยงเดี่ยว	พืชใบเลี้ยงคู่
1. เนื้อเยื่อชั้นผิว (Epidermis)		
2. คอร์แท็กซ์ (Cortex)		
3. สติล (Stele)		
พิธ (Pith)		
เพอริไซเคิล (Pericycle)		
แคมเบียม (Cambium)		

บทปฏิบัติการที่ 3
โครงสร้างและหน้าที่ภายในของลำต้น

วันที่ทดลอง : .....
ผู้ทดลอง : .....
เลขที่.....
ผู้ร่วมทดลอง : **กลุ่ม** .....

บทนำ

ลำต้นของพืชส่วนใหญ่จะเจริญเหนือดินทำหน้าที่ชูกิ่ง ใบ ดอกและผล ลำต้น (stem) เป็นส่วนของพืชที่เจริญขึ้นเหนือดิน เป็นที่เกิดของใบและดอก เป็นแกนช่วยพยุงใบและดอก ทั้งยังช่วยในการลำเลียงน้ำ และเกลือแร่ ส่งผ่านไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าข้อ (node) สลับกับบริเวณที่เรียกว่าปล้อง (internode) ตำแหน่งที่เป็นข้อจะเป็นที่เกิดของใบ (leaf) และบริเวณตอนปลาย ๆ ของลำต้นจะเรียกว่า ตายอด (terminal bud หรือ apical bud) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ รวมไปถึงกลุ่มของเนื้อเยื่อกำเนิดใบ (leaf primordium) ซึ่งจะอยู่ชิดกันมากเนื่องจากส่วนที่เป็นข้อในบริเวณนี้ยังไม่ยืดตัว ระหว่างซอกใบกับลำต้นจะมีกลุ่มของเนื้อเยื่อที่มีลักษณะคล้ายตายอด เรียกว่า ตาข้าง (axillary bud) ซึ่งจะเจริญยืดตัวต่อไปเป็นกิ่ง (branch) โดยจะมีลักษณะโครงสร้างและการเจริญเติบโตเหมือนกับลำต้น แต่ในบางสภาวะตายอดและตาข้างอาจจะถูกชักนำและเปลี่ยนแปลงไปกลายเป็นตาดอก (flower bud) โครงสร้างภายในของลำต้น ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ดังนี้

1. Epidermis เป็นชั้นนอกสุด มี 1 ชั้นเซลล์ บางครั้งอาจพบปากใบ (Stoma) ขน (Hair or Trichome) และต่อม (Gland) และมักมีคิวตินฉาบที่ผนังด้านนอก เรียกว่าคิวติเคิล (Cuticle) โดยเฉพาะพืชที่เจริญในที่แห้งแล้งจะมีชั้นคิวติเคิลหนา ส่วนใหญ่เป็นเซลล์พาเรนไคมา
2. Cortex ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นคอลเลนไคมา ซึ่งช่วยให้ความแข็งแรงแก่ลำต้น ถ้าเป็นพืชล้มลุกเป็นเซลล์พาเรนไคมา ซึ่งมักมีคลอโรพลาสต์อยู่ถ้ายังอ่อน ในไม้เนื้อแข็งจะเป็นสเคลอเรนไคมา
3. Stele ประกอบด้วยกลุ่มท่อลำเลียง (Vascular bundle) ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว Vascular bundle จะเรียงตัวกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ แต่ในพืชใบเลี้ยงคู่ Vascular bundle จะเรียงตัวเป็นวงรอบลำต้นอย่างมีระเบียบ ในระยะ Primary growth จะประกอบ Primary phloem อยู่ด้านนอกและ Primary xylem อยู่ด้านในขั้นด้วย Cambium ในระยะ Secondary growth วาสคิวลาร์บันเดิลจะไม่เรียงเป็นกลุ่มๆ แต่จะอยู่ติดกันตลอดเป็นวงรอบลำต้น
4. Endodermis ในลำต้นจะเห็นไม่ชัดหรือไม่มี
5. Pith เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ในสุดของลำต้น เป็นเซลล์พาเรนไคมา ในพืชที่เป็นไม้เนื้อแข็ง Pith อาจมี Lignin มาสะสมทำให้แข็ง

วัตถุประสงค์

1. บอกลักษณะโครงสร้างของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่
2. เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวางได้

สมมติฐาน

.....

.....

ทักษะ

1. ทักษะการทำนาย สังเกต การทดลองและอธิบาย
2. ทักษะการใช้กล้อง
3. ทักษะการอภิปราย กาคิดวิเคราะห์ และสรุปผล

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์
2. สีย้อม
3. จานเพาะเชื้อ
4. พู่กันหรือเข็มเขี่ย
5. หลอดหยดสาร
6. ใบมีดโกน
7. สไลด์และแผ่นปิดสไลด์ (cover slip)
8. ตัวอย่างพืชที่ต้องการศึกษาเนื้อเยื่อ เช่น รากข้าวโพด หญ้า ผักบุ้ง ถั่วเขียว
9. กระดาษทิชชู

วิธีการการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ใช้การเตรียมตัวอย่างด้วย การทำสไลด์ชั่วคราว (wet mount) โดยเตรียมเนื้อเยื่อที่ต้องการศึกษาให้เป็นชิ้นบางๆ (Section) โดยการตัดขวาง (Cross section, X-S)

1. คัดเลือกลำต้นต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ลำต้นข้าวโพด ข้าว ไผ่ กก หรือหญ้าขน) พืชใบเลี้ยงคู่ (ลำต้นถั่วเขียว กระเพรา ผักบุ้ง หรือโหระพา) ที่มีอายุประมาณ 1-2 สัปดาห์
2. นำหัวไชเท้า หรือโฟมที่เตรียมไว้มาประกบลำต้นพืชให้หน้าตัดอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน
3. จับใบมีดโกนจุ่มน้ำให้เปียก วางใบมีดโกนให้อยู่ในระนาบเดียวกับหน้าตัดของลำต้น
4. ดึงใบมีดโกนเข้าหาลำต้นที่ต้องการตัดให้ได้ชิ้นบาง ๆ ที่สุด
5. ใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนลำต้นที่เป็นชิ้นบางแช่ลงในสารละลายสีย้อม ประมาณ 5 นาที
6. เลือกชิ้นส่วนของลำต้นที่บางและสมบูรณ์เพื่อนำมาวางบนสไลด์ที่สะอาด
7. หยดน้ำหรือสีย้อมลงบนสไลด์ 1-2 หยด วางตัวอย่างเนื้อเยื่อ
8. ปิดด้วย cover slip สไลด์ โดยวางกระจกปิดสไลด์ให้ด้านหนึ่งแตะสไลด์ตรงที่ริมของหยดน้ำ โดยให้เอียงกระจกปิดสไลด์ทำมุม 45 องศา ค่อยๆ ปล่อยอีกด้านหนึ่งลงหรือใช้เข็มเขี่ยช่วยก็ได้ สไลด์ที่ดีต้องไม่มีฟองอากาศอยู่ระหว่างสไลด์ และกระจกปิดตำแหน่งของตัวอย่างศึกษาต้องอยู่กลางสไลด์และไม่หนา
9. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยเริ่มต้นจากกำลังต่ำแล้วเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูง

ผลการทดลอง

.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

คำถาม

1. เนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ และจัดการเรียงตัวของมัดท่อลำเลี้ยงในลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

   .....

   .....

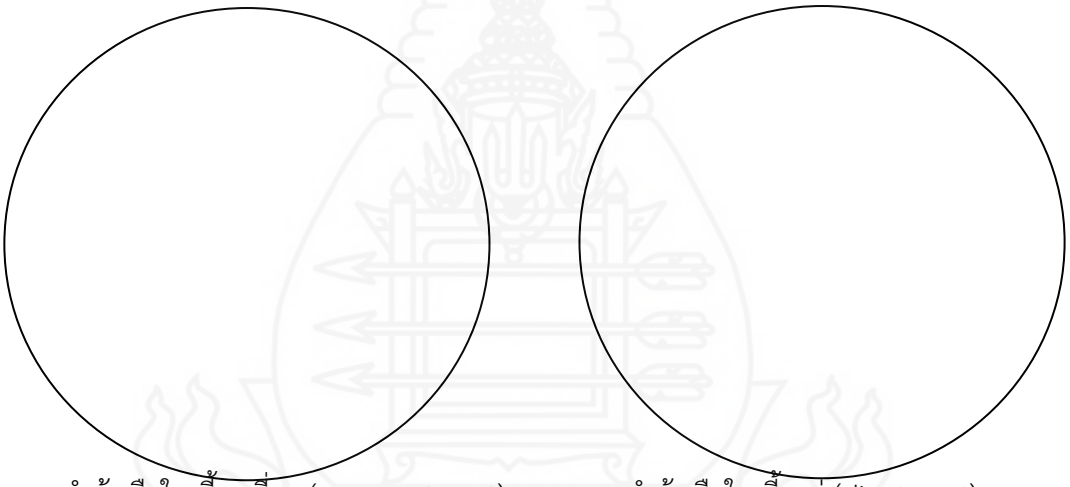
2. เปรียบเทียบเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ของราก และลำต้นว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงโครงสร้างภายในตามแนวตัดขวางจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ ระบุส่วนประกอบรายละเอียดพร้อมลงสีตามแบบ



ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocot root)
กำลังขยาย .....
ภาพวาด

ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ (dicot root)
กำลังขยาย .....
ภาพวาด

4. เปรียบเทียบลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่

ลักษณะ	ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่
1. เนื้อเยื่อชั้นผิว (Epidermis)		
2. คอร์แท็กซ์ (Cortex)		
3. สติล (Stele)		
4. กลุ่มท่อลำเลียง (Vascular bundle)		

บทปฏิบัติการที่ 4
โครงสร้างและหน้าที่ภายนอกและภายในของใบ

วันที่ทดลอง : .....
ผู้ทดลอง : .....
เลขที่.....
ผู้ร่วมทดลอง : **กลุ่ม** .....

บทนำ

ใบเป็นอวัยวะของพืชที่มีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ตามปกติใบประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าแผ่นใบ (lamina หรือ blade) และก้านใบ (petiole) โครงสร้างของแผ่นใบประกอบด้วยชั้นที่เรียกว่า มีโซฟิลล์ (mesophyll) ซึ่งเป็นชั้นของเนื้อเยื่อพื้นที่อยู่ตรงกลางระหว่างเนื้อเยื่อผิวด้านบน (upper epidermis) และเนื้อเยื่อผิวด้านล่าง (lower epidermis) เนื้อเยื่อผิวของใบจะพบปากใบเป็นจำนวนมาก และโดยปกติเนื้อเยื่อผิวด้านล่างมักจะพบปากใบมากกว่าเนื้อเยื่อผิวด้านบน เมื่อตัดใบตามขวาง จะพบองค์ประกอบของเนื้อเยื่อที่สำคัญดังนี้

1. Epidermis เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่นอกสุด ส่วนใหญ่จะหนา 1 ชั้นเซลล์ มีสารคิวตินเคลือบอยู่ด้านนอกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ และมักไม่มีคลอโรพลาสต์ ยกเว้นอิพิเดอร์มิสที่เปลี่ยนไปเป็นเซลล์คุม (guard cell) เซลล์คุมจะอยู่เป็นคู่ รูปร่างคล้ายไตหรือเมล็ดถั่ว 2 ซีกประกบกัน ทำให้เกิดรูตรงกลางเรียก ปากใบ (stoma)

2. Mesophyll เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่าง epidermis ทั้งสองข้าง ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมาที่มีเม็ดคลอโรพลาสต์อยู่มาก ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ชั้นมีโซฟิลล์ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักจะไม่แยกเป็น palisade mesophyll และ spongy mesophyll อย่างชัดเจน เซลล์มีรูปร่างคล้ายๆ กัน และมีช่องว่างระหว่างเซลล์น้อย บริเวณรอบมัดท่อลำเลียงมักมีเซลล์พาเรงไคมาขนาดใหญ่ล้อมรอบอยู่เรียกว่า bundle sheath ซึ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่เป็นพืช C_4 เช่น กก ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ภายในเซลล์ของ bundle sheath จะมีคลอโรพลาสต์ขนาดใหญ่และจำนวนมาก ในขณะที่ในพืชใบเลี้ยงคู่ชั้นมีโซฟิลล์มีรูปร่างที่สามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

   1) Palisade เซลล์มีลักษณะยาวเรียงเป็นแถบถัดจาก upper epidermis ภายในมีเม็ดคลอโรพลาสต์มากจึงมีบทบาทในการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก
   2) Spongy cell เป็นเซลล์รูปร่างไม่แน่นอนเรียงตัวกันหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบมีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก อยู่ถัดจากชั้น palisade cell จนถึงด้านท้องใบ

3.Vascular tissue หรือ Vein (เส้นใบ) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วย xylem อยู่ด้านหลังใบ และ phloem อยู่ทางด้านท้องใน โดย vascular tissue นี้จะต่อกับท่อลำเลียงของก้านใบ และกิ่งหรือลำต้น แต่ละกลุ่มของ vascular tissue จะมีกลุ่มเซลล์เรียก bundle sheath ซึ่งอาจเป็นพาเรนไคมาหรือสเคลอเรนคา 1-2 ชั้นล้อมรอบ ไม่มีคลอโรพลาสต์ ช่วยทำให้เส้นใบมีความแข็งแรงขึ้น เส้นใบที่ใหญ่ที่สุด คือ เส้นกลางใบ แล้วแตกแขนงเป็นใบเล็กๆ มากมาย และเล็กลงเรื่อย ๆ จนถึงปลายสุดเหลือเพียงเทรคีตเส้นเดียวขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

วัตถุประสงค์

1. อธิบายโครงสร้างภายนอกและภายในของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่
2. เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างภายนอกและภายในของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่

สมมติฐาน

.....

.....

ทักษะ

1. ทักษะการทำนาย สังเกต การทดลองและอธิบาย
2. ทักษะการใช้กล้อง
3. ทักษะการอภิปราย กาคิดวิเคราะห์ และสรุปผล

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์
2. สีย้อม
3. จานเพาะเชื้อ
4. พู่กันหรือเข็มเขี่ย
5. หลอดหยดสาร
6. ใบมีดโกน
7. สไลด์และแผ่นปิดสไลด์ (cover slip)
8. ตัวอย่างพืชที่ต้องการศึกษาเนื้อเยื่อ เช่น ลำต้นข้าวโพด หญ้า ผักบุ้ง ถั่วเขียว
9. กระดาษทิชชู

วิธีการการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบทั้งด้านท้องใบและหลังใบ

สังเกตรูปร่างใบ และการจัดเรียงตัวของเส้นใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวโพด) และพืชใบเลี้ยงคู่ (กระเจี๊ยบ ถั่ว) จากนั้นวาดรูปที่ได้จากการสังเกตลงในตารางการทดลองตอนที่ 1 การศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบ

ตอนที่ 2 การศึกษาโครงสร้างภายในของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่

1. เลือกใบพืชตัวอย่างที่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ โดยปฏิบัติดังนี้

- กรณีใบพืชบาง ให้ม้วนใบตามความยาวเป็นท่อนกลมให้แน่น แล้วตัดปลายข่างหนึ่งออกไปประมาณหนึ่งในสามของความยาวทั้งหมด

- กรณีใบพืชหนาและแข็ง ให้ตัดแบ่งใบเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1x3 เซนติเมตร

- กรณีใบมีขนาดใหญ่ให้ตัดแบ่งเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 1x3 เซนติเมตร โดยให้มีเส้นใบอยู่ตรงกลางและขนานกับขอบของชิ้นที่ตัด

2. ใช้ใบมีดโกนตัดตามขวางใบที่ม้วนไว้ หรือตัดชิ้นของใบที่เตรียมได้จากข้อ 1 ให้บางที่สุด จำนวนหลายๆ ชิ้น

3. ใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนใบที่เป็นชิ้นบางแช่ลงในสารละลายสีสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ ประมาณ 5 นาที

4. เลือกชิ้นส่วนของลำต้นที่บางและสมบูรณ์เพื่อนำมาวางบนสไลด์ที่สะอาด หยดน้ำหรือสีย้อมลงบนสไลด์ 1-2 หยด วางตัวอย่างเนื้อเยื่อ

5. ปิดด้วย cover slip สไลด์ โดยวางกระจกปิดสไลด์ให้ด้านหนึ่งแตะสไลด์ตรงที่ริมของหยดน้ำ โดยให้เอียงกระจกปิดสไลด์ทำมุม 45 องศา ค่อยๆ ปล่อยอีกด้านหนึ่งลงหรือใช้เข็มเขี่ยช่วยก็ได้ สไลด์ที่ดีต้องไม่มีฟองอากาศอยู่ระหว่างสไลด์ และกระจกปิดตำแหน่งของตัวอย่างศึกษาต้องอยู่กลางสไลด์และไม่หนา

6. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยเริ่มต้นจากกำลังต่ำแล้วเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูง วาดรูปในสิ่งที่สังเกตได้

ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

คำถาม

1. ไซเลมและโฟลเอมในเส้นใบมีการเรียงตัวแตกต่างจากรากและลำต้นแตกต่างกันอย่างไร

   .....

   .....

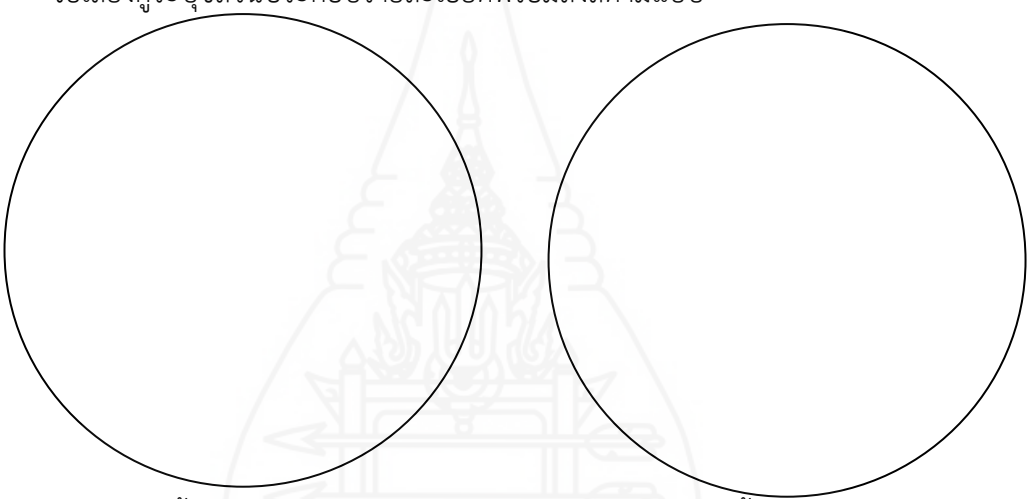
2. โครงสร้างและการเรียงตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ สัมพันธ์กับหน้าที่ของใบอย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงโครงสร้างภายในของใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และใบของพืชพืชใบเลี้ยงคู่ระบุชี้ส่วนประกอบรายละเอียดพร้อมลงสีตามแบบ



ใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocot leaf)
กำลังขยาย .....
ภาพวาด

ใบพืชใบเลี้ยงคู่ (dicot leaf)
กำลังขยาย .....
ภาพวาด

4. ให้นักเรียนเปรียบเทียบลักษณะใบของพืชเลี้ยงเดี่ยวและใบของพืชใบเลี้ยงคู่

ลักษณะของใบ	**พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocot leaf)**	**พืชใบเลี้ยงคู่ (**dicot leaf**)**
1. การจัดระเบียบของเส้นใบ		
2. เนื้อเยื่อพื้นในชั้นมีโซฟิลล์ (ตัดตามขวาง)		
3. เนื้อเยื่อท่อลำเลียง (ตัดตามขวาง)		

บทปฏิบัติการที่ 5
การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

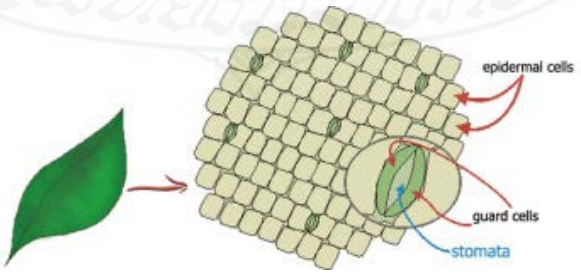
วันที่ทดลอง : .....
ผู้ทดลอง : .....
เลขที่.....
ผู้ร่วมทดลอง : **กลุ่ม** .....

ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหาร พืชใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แสง และคลอโรฟิลล์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีเก็บสะสมไส้ในรูปน้ำตาล แป้ง ซึ่งพืชต้องกระบวนการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เข้าสู่พืช โดยที่มีรากของพืชทำหน้าที่ดูดซึมน้ำจากดินแล้วลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ในขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนแพร่เข้าสู่ทางปากใบ ดังนั้นการเปิดปิดปากใบจึงมีความเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของพืช

ปากใบเป็นส่วนของเนื้อเยื่ออิพิเดอร์มิสที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สประกอบด้วยเซลล์คุม 2 เซลล์ที่มาประกบกัน ทำให้เกิดช่องตรงกลาง เรียกช่องนี้ว่า รูปากใบ ภายในเซลล์คุมมีคลอโรพลาสต์ จึงมักเห็นเซลล์คุมเป็นสีเขียว ซึ่งเซลล์เอพิเดอร์มิสทั่ว ๆ ไปมักไม่มีคลอโรพลาสต์และจะมีลักษณะค่อนข้างเหลี่ยมหรือบางเซลล์มีลักษณะมีรอยหยัก เมื่อปากใบเปิกเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส พืชจะสูญเสียน้ำออกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำผ่านทางรูปากใบ

ความหนาแน่นของปากใบที่อิเดอร์มิสจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแต่ละชนิดของพืชแต่ละกลุ่ม ถ้าเป็นพืชบกโดยทั่ว ๆ ไป ปากใบที่อิพิเดอร์มิสด้านล่างมากกว่าที่อิพิเดอร์มิสด้านบน เช่น ข้าวโพด ชบา เป็นต้น ส่วนพืชน้ำปากใบที่อิเดอร์มิสด้านบนที่ด้านบนเท่านั้น เช่น แพงพวยน้ำ บัวสาย เป็นต้น ส่วนพืชทนแล้ง เป็นพืชอวบน้ำที่ผิวใบด้านบนและด้านล่างมีคิวติเคิลเคลือบมีปากใบที่อิพิเดอร์มิสด้านล่างมากกว่าที่อิพิเดอร์มิสด้านบน ซึ่งความหนาแน่นของปากใบจะบอกถึงอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

การเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องมีการคายน้ำเพื่อลดอุณหภูมิของใบขณะเดียวกันช่วยให้รากดูดน้ำและเกลือแร่จากดินซึ่งการคายน้ำทำให้น้ำถูกลำเลียงขึ้นสู่ยอดพืช โดยอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ



รูปที่ 2 ลักษณะของปากใบ

(ที่มา https://robeeyah.wordpress.com/2015/11/13)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของเซลล์คุม ปากใบ และเซลล์อิพิเดอร์มิส
2. เพื่อให้นักเรียนได้สังเกตระบบการคายน้ำของพืช

สมมติฐาน

.....

.....

ทักษะ

1. ทักษะการทำนาย สังเกต การทดลองและอธิบาย
2. ทักษะลอกเนื้อเยื่อใบของพืช
3. ทักษะการอภิปราย กาคิดวิเคราะห์ และสรุปผล

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์
2. ใบของพืชบกใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวโพด กาบหอบแครง) ใบเลี้ยงเลี้ยงคู่ (กุหลาบ ถั่ว)
3. ใบของพืชน้ำ เช่น บัวสาย ผักตบชวา สาหร่ายหางกระรอก
4. ใบพืชทนแล้ง เช่น ว่านหางจระเข้ สับปะรดสี กล้วยไม้ ลิ้นมังกร
5. จานเพาะเชื้อ petri dish
4. พู่กันหรือเข็มเขี่ย
5. หลอดหยดสาร
6. ใบมีดโกน
8. สไลด์และแผ่นปิดสไลด์ (cover slip)
9. กระดาษทิชชู
10. น้ำ

ตอนที่ 1 วิธีการการทดลอง

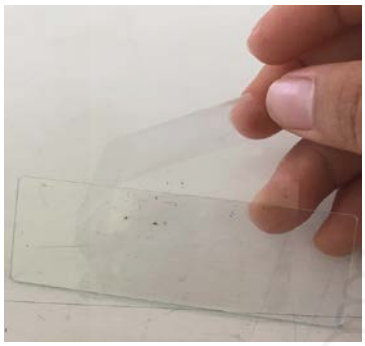
1. นำใบไม้สดที่เป็นตัวแทนของพืชกลุ่มต่าง ๆ มาฉีกตามแนวทแยงให้เห็นเยื่ออิพิเดอร์มิสด้านบนเป็นแผ่นบาง ๆ ลอกเยื่อผิวใบนั้นออกมา
2. วางเยื่อที่ได้จากข้อ 1 ลงบนหยดน้ำที่อยู่บนสไลด์ โดยให้เยื่อด้านนอกอยู่ข้างบน แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
3. นำสไลด์ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกผลสิ่งที่สังเกตเห็น นับจำนวนปากใบ
4. ทำขั้นตอนที่ 1-3 แต่เปลี่ยนเป็นเยื่อด้านล่าง
5. เปรียบเทียบจำนวนปากใบระหว่างที่อิพิเดอร์มิสด้านบน และอิพิเดอร์มิสด้านล่าง

หมายเหตุ สำหรับใบไม้บางชนิดอาจลอกผิวใบโดยการฉีกใบได้ยาก สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

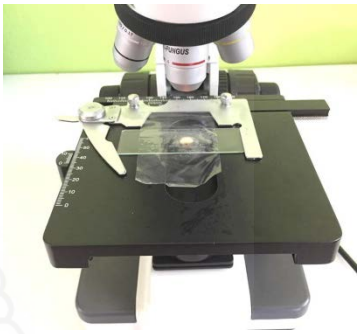
- เนื้อเยื่อผิว ลอกผิวใบ (ใบว่านกาบหอย) ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร วางบนสไลด์ หรืออาจทำโดย

1. ใช้น้ำยาทาเล็บทาบริเวณผิวใบ

2. ใช้เทปใสปิดบริเวณที่ทาน้ำยาทาเล็บ



3. ดึงเทปใสไปติดบนแผ่นสไลด์



4. นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

ตอนที่ 2 การวัดอัตราการคายน้ำ

1. เครื่องชั่ง
2. กิ่งพืช
3. น้ำ
4. กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. ตัดกิ่งพืชมาใส่ในกระบอกตวง
2. เติมน้ำประมาณ 30-40 มิลลิลิตรลงไปในกระบอกตวง
3. เติมน้ำประมาณ 1-2 มิลลิลิตร
4. นำกระบอกตวงไปวางบนเครื่องชั่ง

ผลการทดลอง (นักเรียนออกแบบบันทึกผลการทดลอง)

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1

กลุ่มพืช	ลักษณะและจำนวนปากใบที่อิพิเดอร์มิสด้านบน	ลักษณะและจำนวนปากใบที่อิพิเดอร์มิสด้านล่าง
1. พืชบกใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าวโพด กาบหอบแครง) ใบเลี้ยงเลี้ยงคู่ (กุหลาบ ถั่ว)		
2. พืชน้ำ เช่น บัวสาย ผักตบชวา สาหร่ายหาง กระรอก		
3. พืชทนแล้ง เช่น ว่านหางจระเข้ สับปะรดสี กล้วยไม้ ลิ้นมังกร		

ตอนที่ 2

แก้วที่ได้รับแสง	**แก้วที่ไม่ได้รับแสง**
ลักษณะที่สังเกตได้	ลักษณะที่สังเกตได้

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

คำถาม

1. เซลล์คุมมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

2. การที่เซลล์คุมมีคลอโรพลาสต์มีผลต่อการเปิด ปิด ปากใบหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

3. ในพืชชนิดเดียวกัน ความหนาแน่นของปากใบที่อิพิเดอร์มิสด้านล่าง และอิพิเดอร์มิสด้านบน แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 6
การลำเลียงน้ำของพืช

วันที่ทดลอง : .....
ผู้ทดลอง : .....
เลขที่.....
ผู้ร่วมทดลอง : **กลุ่ม** .....

บทนำ

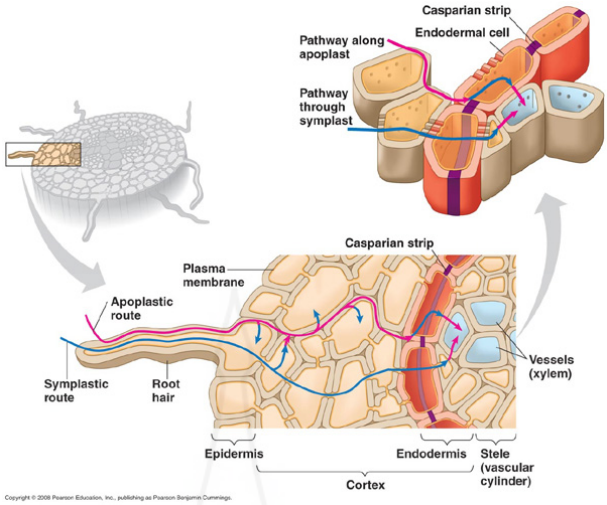
พืชโดยทั่วไปได้รับน้ำโดยการดูดซึมเข้าทางบริเวณขนรากที่อยู่ถัดจากปลายรากขึ้นมาเพียงเล็กน้อย โดยทิศทางการดูดน้ำของพืชเริ่มต้นเมื่อรากพืชดูดซึมน้ำจากดิน โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่จากเซลล์ขนรากผ่านชั้นคอร์เทกซ์เข้าไปในสตีลจนถึงไซเลมซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำตามแนวรัศมีของราก

โครงสร้างที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ

การที่น้ำและแร่ธาตุที่รากดูดซึมจากดินจะผ่านเซลล์ชั้นนอก คือ อิพิเดอร์มิสเข้าสู่เซลล์ชั้นใน คือ คอร์เทกซ์ เอนโดเดอร์มิส และไซเลมของราก โดยอาศัยการลำเลียงทางด้านข้าง (lateral transport) ซึ่งอยู่ในแนวรัศมีของต้นพืช และเป็นระยะทางสั้นๆ น้ำและแร่ธาตุจากดินจะถูกดูดซึม โดยขนรากผ่านชั้น คอร์เทกซ์จนถึงเอนโดเดอร์มิส โดยมี 2 วิธี

1. ผ่านเซลล์ที่มีชีวิตโดยผ่านจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งจนเข้าไปในเซลล์ endodermis (เอนโดเดอร์มิส) แล้วเข้าไปใน Xylem ซึ่งเรียกเส้นทางนี้ว่าเส้นทาง **symplast (symplastic route)**

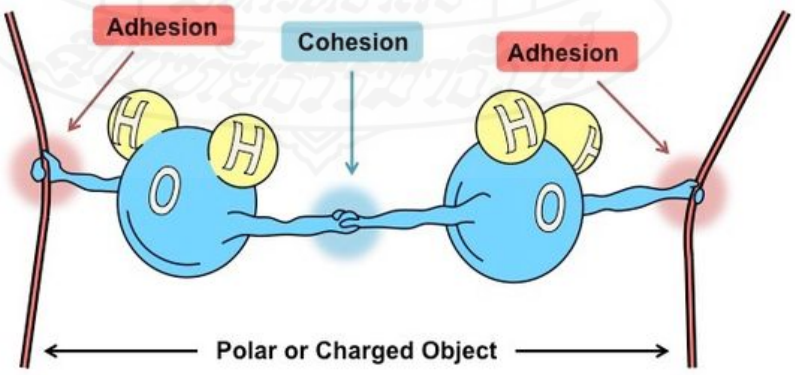
2. เส้นทางที่ผ่านไปตามผนังเซลล์หรือทางช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งเรียกว่าเส้นทาง **apoplast (apoplastic route)** การเคลื่อนที่ตามเส้นทางนี้ น้ำไม่ต้องผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แต่ในที่สุดแล้วเมื่อมาถึงชั้นของเซลล์ชั้น endodermis ซึ่งมี Casparian strip กั้นอยู่ที่ผนังเซลล์โดยรอบ น้ำก็ต้องผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของ endodermis ก่อนที่จะเข้าไปถึงท่อลำเลียง xylem ได้ ตามปกติผนังเซลล์โดยรอบของ Casparian strip จะมีสาร suberin คล้ายที่มีอยู่ในจุกไม้คอร์กอยู่ จึงไม่ยอมให้น้ำผ่านได้ในเส้นทาง apoplast แต่น้ำและแร่ธาตุสามารถผ่านเข้าเซลล์โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ตามเส้นทาง **symplast** ได้



รูปที่ 3 เส้นทางการลาเลียงของน้ำเข้าสู่รากแบบ apoplast และแบบ symplast

(ที่มา http://apocketmerlin.tumblr.com/post/23365792486/root-pressure-vs-cohesion-tension-theory)

เมื่อพืชลำเลียงน้ำเข้าสู่ไซเลมของรากแล้ว พืชจะอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ เพื่อลำเลียงน้ำต่อไปยังลำต้น ใบ ยอด และส่วนอื่น ๆ ของพืชต่อไป พืชที่มีลำต้นสูงจากดินทั้งหลายจำเป็นต้องมีวิธีการลำเลียงน้ำจากส่วนรากขึ้นไปสู่ใบ มิเช่นนั้นใบซึ่งมักจะเสียน้ำโดยการคายน้ำเวลาที่ปากใบเปิดในเวลากลางวันก็จะขาดน้ำและเหี่ยวแห้งไปในที่สุด นี่คือสาเหตุที่พืชที่มีลำต้นสูงพ้นดินส่วนใหญ่ต้องมีท่อลำเลียงน้ำคือ ไซเลม (xylem) แต่จะมีแต่ท่อลำเลียงเพียงอย่างเดียวก็ไม่พอ พืชจำเป็นต้องมีการสร้างแรงดึงหรือแรงดันเพื่อลำเลียงน้ำขึ้นไปในท่อลำเลียงนั้นให้ถึงส่วนยอดของพืชด้วย จึงต้องอาศัยแรงต่าง ๆ เช่น **แรงโคฮีชัน (cohesion)** ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นกับโมเลกุลของน้ำด้วยกันเอง และ**แรงแอดฮีชัน (adhesion)** ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้ำกับผนังเซลล์ของท่อไซเลม



รูปที่ 4 แรงโคฮีชัน แรงแอดฮีชัน

(ที่มา https://www.pinterest.com/pin/480970435195752948/)

ในเวลากลางคืนที่มีความชื้นในอากาศสูง น้ำในดินมีมากกว่าและยังคงเคลื่อนที่เข้าสู่ไซเลม ทำให้พืชเกิดการดูดซึมน้ำมากกว่าการคายน้ำ เกิดแรงดันจากไซเลมของรากไปยังไซเลมของลำต้น เรียกว่า **แรงดันราก (root pressure)** ซึ่งจะดันน้ำขึ้นไปบีบอัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงจากการคายน้ำให้ออกไปได้

ในสภาวะที่พืชไม่มีการคายน้ำ เช่น ช่วงเวลากลางคืน หรือในภาวะที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก ทำให้น้ำที่พืชคายออกมาไม่สามารถระเหยเป็นไอได้ พืชบางชนิดจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า **กัตเตชัน (guttation)** โดยน้ำซึมเป็นหยดน้ำเกาะอยู่ขอบใบและปลายใบ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการลำเลียงน้ำ และการลำเลียงธาตุอาหารของพืช
2. เพื่อศึกษาการทำงานของราก และลำต้นของพืช

สมมติฐาน

.....

.....

ทักษะ

1. ทักษะการทำนาย สังเกต การทดลองและอธิบาย
2. ทักษะการใช้กล้อง
3. ทักษะการอภิปราย กาคิดวิเคราะห์ และสรุปผล

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล้อง
2. น้ำ
3. ต้นพืช เช่น ต้นกระสัง หรือต้นเทียนก็ได้
4. แก้วพลาสติกใส
5. หลอดสำหรับคนสารละลายสี
6. สารละลายสีย้อม

วิธีการการทดลอง (ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลอง)

ผลการทดลอง

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

คำถาม

1. น้ำมีการเคลื่อนที่เข้าสู่ไซเลมได้อย่างไร

   .....

   .....

   .....

2. เมื่อพืชดูดน้ำหรือแร่ธาตุจากดินเข้าสู่รากขนอ่อนแล้ว แร่ธาตุเหล่านี้จะถูกลำเลียงเข้าไปในรากถึงวาสคิวลาร์บันเดิล โดยผ่านชั้นเนื้อเยื่อใดตามลำดับ

   .....

   .....

   .....

บรรณานุกรม

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์. 2551. *เอกสารประกอบการสอนปฏิบัติการพฤกษศาสตร์*. มหาวิทยาสงขลานครินทร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2557. *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3*. กรุงเทพฯ : องค์การค้าของ สกสค.

Apocketmerlin. (ม.ป.ป.) *การลำเลียงบริเวณขนราก*. สืบค้นจาก http://apocketmerlin.tumblr.com/post/23365792486/root-pressure-vs-cohesion-tension-theory. (ค้นคืนวันที่ 30 มกราคม 2561).

Pinterest. (n.d.). *cohesion adhesion.* Retrieved from https://www.pinterest.com/pin/480970435195752948/. (ค้นคืนวันที่ 30 มกราคม 2561).

Robeeyah Mathaworn. (2558). *ความหมายของการคายน้ำ*. สืบค้นจาก https://robeeyah.wordpress.com/2015/11/13. (ค้นคืนวันที่ 30 มกราคม 2561).

The Department of Life Sciences. (n.d.). *Collenchyma*. Retrieved from http://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/bl11f/IMAGES/Support%20Tissue%20C/09%20Collenchyma2.html. (ค้นคืนวันที่ 30 มกราคม 2561).

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ตอนที่ 1 ข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ รวม 15 คะแนน

1. รากและลำต้นของพืชที่มีอายุมาก หลายชนิดมีการเจริญขยายด้านข้าง เนื่องจากการทำงานของเนื้อเยื่อใด

1. Cork cambium
2. Apical meristem
3. Vascular bundle
4. Vascular cambium

ก. 1, 2 ข. 2, 4 ค. 1, 4 ง. 3, 4

2. อาหารที่พืชสร้างขึ้นมักไปสะสมที่เซลล์ใด

ก. sclereid ข. sieve tube
ค. spongy cell ง. Parenchyma

3. ส่วนที่แข็งของกะลามะพร้าว เมล็ดพุทรา เนื้อสาลี่ พบเนื้อเยื่อชนิดใดมากที่สุด

ก. Sclereid ข. Parenchyma
ค. Collenchyma ง. Chlorenchyma

4. เนื้อเยื่อใดสัมพันธ์กันทางหน้าที่น้อยที่สุด

ก. xylem : การลำเลียงน้ำ ข. sclereid : การสะสมอาหาร
ค. phloem : การลำเลียงอาหาร ง. guard cell : การหายใจ

5. รากของพืชที่เกิดจากการตอนหรือปักชำของกิ่งไม้นั้นเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ใด

ก. Phloem ข. Xylem
ค. Cambium ง. Epidermis

6. <u>จากการทดลอง</u>มักพบคอลเลงคิมาได้มากที่บริเวณใด

ก. บริเวณใบของพืช ข. บริเวณส่วนคอร์เท็กซ์ของลำต้น
ค. บริเวณที่อ่อนนุ่ม เช่น ปลายยอด ง. บริเวณขอบๆ มุมหรือเหลี่ยมในต้นพืช

7. ถ้าทำการทดลองแช่รากต้นอ้อยในสารละลายที่มีสารยับยั้งการแบ่งเซลล์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบกลุ่มเซลล์ใดมีความแตกต่างจากชุดควบคุมมากที่สุด

ก. Cortex ข. Endodermis
ค. Cambium ง. Epidermis

8. ถ้าเปรียบเทียบเซลล์เป็นห้องต่าง ๆ ภายในบ้านเดียวกัน นักเรียนคิดว่าห้องไหนคับแคบมากที่สุด

ก. cork ข. fiber
ค. tracheid ง. Collenchyma

9. ถ้านำต้นกระสังมาแช่ในสารละลายสีแล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบกลุ่มเซลล์ท่อลำเลียงที่มีลักษณะเป็นอย่างไร

ก. vessel : เป็นเซลล์ที่ตายแล้ว มีผนังเซลล์บาง

ข. vessel : เป็นท่อสั้นๆ มาต่อกัน และยังมีชีวิต

ค. sieve-tube : เป็นเซลล์ ปลายตันทั้ง 2 ด้าน ผนังบาง

ง. sieve-tube : เป็นเซลล์หลายเซลล์ที่ผนังตอนปลายเปิดต่อกันผนังเซลล์หนา

10. เนื้อเยื่อในข้อใดเป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยวทั้งหมด

1. xylem 2. phloem 3. treacheid 4. vessel
5. parenchyma 6. sieve tube member 7. collenchyma 8. Fiber

ก. 1, 3, 5 ข. 2, 7, 8

ค. 5, 7, 8 ง. 4, 5, 7

11. ต้นมะม่วงและต้นหมาก มีอายุเท่ากันและปลูกบริเวณใกล้ ๆ เพราะเหตุใดขนาดของลำต้นของต้นมะม่วงใหญ่กว่าต้นหมาก

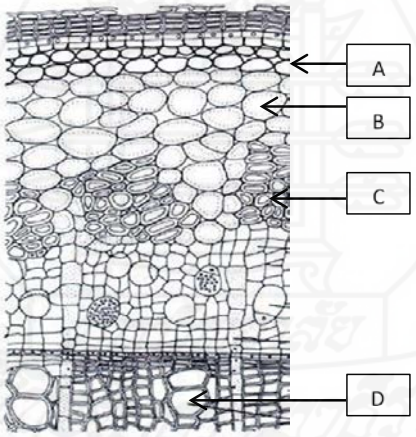
ก. ต้นมะม่วงมีแคมเบียม ต้นหมากไม่มี

ข. ต้นมะม่วงมีจำนวนกลุ่มท่อเลียงมากกว่าต้นหมาก

ค. เซลล์ของต้นมะม่วงแบ่งตัวได้รวดเร็วกว่าเซลล์ของต้นหมาก

ง. ต้นมะม่วงมีการเรียงตัวของกลุ่มท่อลำเลียงเป็นระเบียบมากกว่าต้นหมาก

จากภาพจงตอบคำถามข้อ 12-13



12. อักษร A, B คือ เนื้อเยื่อชนิดใดตามลำดับ

1. epidermis 2. Collenchyma 3. vessel 4. parenchyma 5. sclereid

ก. 1, 2 ข. 2, 3

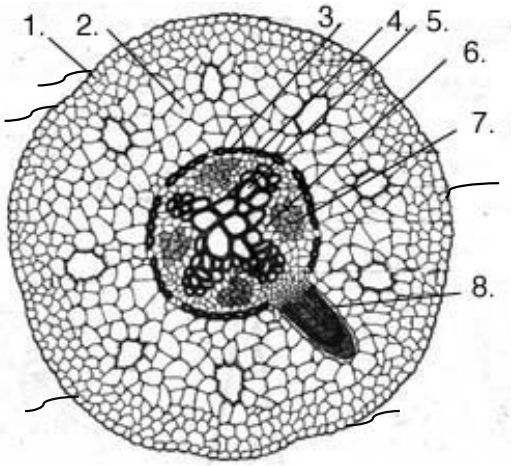
ค. 3, 5 ง. 2, 4

13. อักษรใดที่มักพบในก้านบัว ลำต้นถั่วงอก

ก. A ข. B

ค. C ง. D

จากการทดลองศึกษาโครงสร้างของพืชชนิดหนึ่งจงตอบคำถามข้อ 14 - 15



14. โครงสร้างดังกล่าวเป็นส่วนใดพืช

ก. รากต้นเทียน ข. รากต้นหมาก

ค. ลำต้นถั่วเขียว ง. ลำต้นเตย

15. จากภาพหมายเลข 1 และหมายเลข 8 เกิดจากเนื้อเยื่อใดตามลำดับ

A. Pericycle B. Endodermis C. Epidermis E. Cortex

ก. A, B ข. C, B

ค. C, A ง. A, C

16. ข้อใดกล่าวถึงโครงสร้างภายในรากได้ถูกต้อง

A. ใจกลางรากอ้อยมีกลุ่มเนื้อเยื่อพิธ

B. รากถั่วแดงมีไซเลมเรียงรอบเป็นแนวรัศมี

C. รากเทียนมีไซเลมเรียงตัวเป็นแฉกอยู่ใจกลาง

D. รากกล้วยไม้มีการเจริญของกลุ่มเซลล์เพอริไซเคิล

ก. A, B ข. B, C

ค. C, D ง. A, C

17. ข้อใดกล่าวถึงใจกลางรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้องตามลำดับ

1. Xylem 2. Pith 3. Phloem

4. Collenchyma 5. Vessel 6. Sieve-tube

ก. 1, 3 ข. 2, 1

ค. 2, 5 ง. 6, 3

18. ข้อใดกล่าวถึงรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้อง

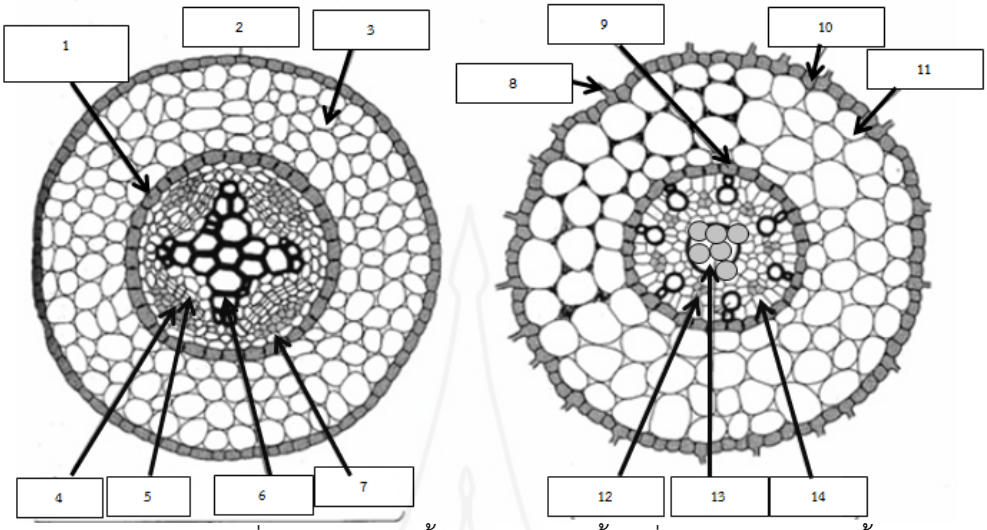
ก. รากอ้อย : ใจกลางรากเต็มไปด้วยเนื้อเยื่อพาเรไคมา

ข. รากข้าวโพด : เนื้อเยื่อไซเลมและโฟลเอ็มอยู่ตรงกลาง

ค. รากมะม่วง : เต็มไปด้วยเนื้อเยื่อไซเลมที่ตัวอยู่ตรงกลาง

ง. รากส้ม : เนื้อเยื่อโฟลเอ็มเรียงเป็นแนวรัศมีสลับกับไซเลม

จากภาพจงตอบคำถามข้อ 19 - 22



19. โครงสร้างหมายเลขใดที่สามารถพบได้ทั้งในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่

ก. 5, 9 ข. 5, 11

ค.4, 9 ง. 6, 13

20. โครงสร้างหมายเลขใดที่สามารถพบเฉพาะในรากกล้วยไม้

ก. 5 ข. 6

ค. 9 ง. 13

21. โครงสร้างหมายเลขใดที่สามารถพบเฉพาะในรากเทียน

ก. 5 ข. 6

ค. 9 ง. 13

22. ข้อใดกล่าวถึงหมายเลข 2, 11, 1, 4, 5 ได้ถูกต้องตามลำดับ

A : parenchyma B : endodermis C : xylem

D : phloem E : cortex F : epidermis G : pericycle

ก. F, E, B, C, D ข. F, E, B, D, C

ค. F, A, B, G, C ง. F, A, B, G, D

23. ขนราก (root hair) และรากแขนง (lateral root) เจริญมาจากส่วนใดของพืชตามลำดับ

ก. cortex, pericycle ข. pericycle, cortex

ค. epidermis, pericycle ง. endodermis, pericycle

24. casparian strip สัมพันธ์กับข้อใด

ก. บริเวณชั้นในสุดของคอร์เทกซ์

ข. เซลล์พาเรงคิมาที่สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร

ค. เซลล์พาเรงคิมาของชั้นเอนโดเดอร์มิสที่มีสารซูเบอรินสะสมที่ผนังเซลล์

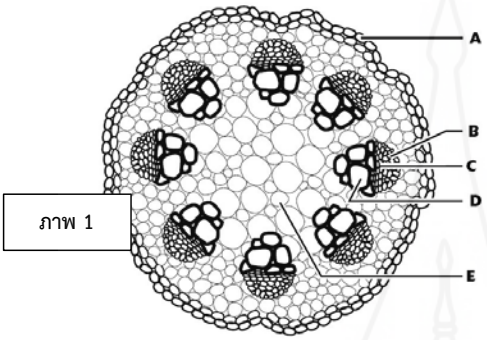
ง. แถบในผนังเซลล์ที่มีสารซูเบอรินมาสะสมสามารถกั้นน้ำได้พบในชั้นเอนโดเดอร์มิส

25. รากในข้อใดที่ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหาร

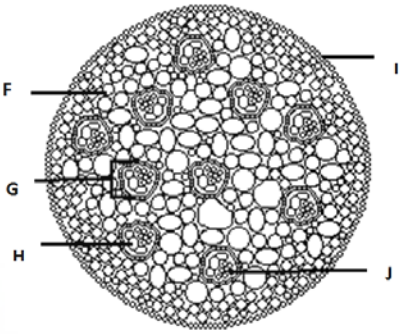
1. มันเทศ 2. หัวเผือก 3. แครอท
4. มันฝรั่ง 5. หัวหอม

ก. 1, 3 ข. 2, 4
ค. 3, 4 ง. 4, 5

ภาพจากการทดลองโครงสร้างของพืชจงตอบคำถามข้อ 26-27



ภาพ 1



ภาพ 2

26. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. ภาพ 1 : ลำต้นหญ้า ข. ภาพ 1 : รากกุหลาบ
ค. ภาพ 2 : ลำต้นกล้วยไม้ ง. ภาพ 2 : รากชงโค

27. โครงสร้างใดที่ไม่พบในลำต้นพืชเลี้ยงเดี่ยว

ก. C ข. E
ค. F ง. H

28. เนื้อเยื่อชนิดใดไม่พบในโครงสร้างของลำต้นพืช

ก. ไส้ไม้ ข. เพอริไซเคิล
ค. เนื้อเยื่อชั้นผิวและคอร์เทกซ์ ง. เนื้อเยื่อไซเล็มและเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม

29. ไม้แผ่นที่ขายในท้องตลาดเอามาจากส่วนใดของลำต้น

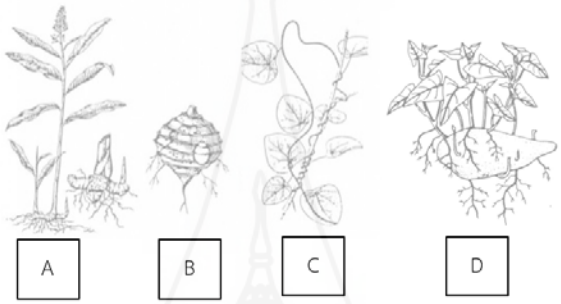
ก. เซลล์วงในที่แก่ ข. เซลล์บริเวณพิธ
ค. เซลล์ที่เรียงติดกับคอร์ก ง. เซลล์เนื้อไม้ที่ถัดจากเปลือกไม้

30. ข้อใดเรียงลำดับโครงสร้างลำต้นจากด้านนอกสุดจนถึงโครงสร้างด้านในสุดของพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้องตามลำดับ

A : Epidermis B : Parenchyma C : Cortex
D : Vascular Bundle E : Phloem F : Xylem

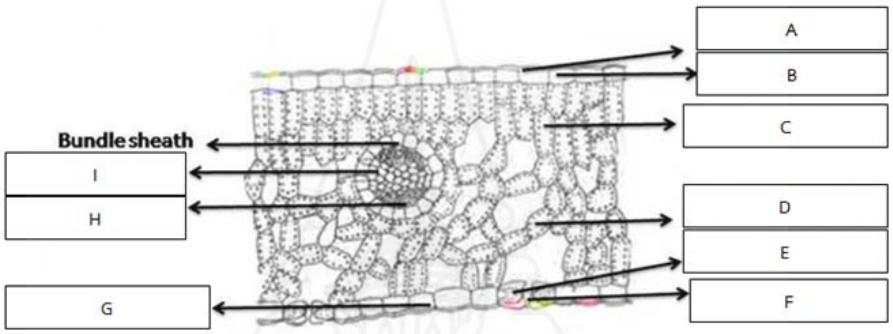
ก. A>C>F>E ข. A>C>E>F
ค. A>E>D>E ง. A>C>F>E

31. ถ้าพบว่าวงปีของลำต้นพืชประกอบด้วย ไซเล็มที่มีลักษณะแคบและมีสีเข้ม นักเรียนคิดว่า vascular cambium ของพืชชนิดนี้จะมีลักษณะอย่างไร
    ก. vascular cambium มีขนาดเล็ก
    ข. vascular cambium มีผนังเซลล์หนา
    ค. vascular cambium เจริญในฤดูน้ำมาก
    ง. vascular cambium เจริญในฤดูน้ำน้อย
32. จากภาพข้อใดคือลำต้นสะสมอาหาร



    ก. A ข. B
    ค. C ง. D
33. จากการทดลองศึกษาโครงสร้างภายนอกเพราะเหตุใดใบไม้ทั่ว ๆ ไป ด้านหลังใบสีเขียวเข้มกว่าด้านท้องใบ
    ก. คลอโรพลาสต์ด้านหลังใบจะมีมากกว่าด้านท้องใบ
    ข. คลอโรพลาสต์ด้านหลังใบมีสีเข้มมากกว่าด้านท้องใบ
    ค. ชั้นคิวทิเคิลของด้านท้องใบจะมีมากกว่า ด้านหลังใบ
    ง. ชั้นเอพิเดอร์มิสด้านหลังใบมีสีเขียวเข้มกว่าด้านท้องใบ
34. เมื่อตัดใบกุหลาบตามขวางส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ กลุ่มเซลล์ที่ใช้บ่งชี้ความเป็นด้านหลังใบคือกลุ่มเซลล์ใด
    ก. Vein
    ข. Epidermis
    ค. Spongy cell
    ง. Palisade cell
35. จากการศึกษาโครงสร้างภายในของใบพืชชนิดหนึ่งด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเนื้อเยื่อชั้น mesophyll ไม่สามารถแยกออกเป็นชั้น palisade และ spongy cell ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากเซลล์มีรูปร่างคล้ายกัน ลักษณะดังกล่าวเป็นใบของพืชชนิดใด
    ก. ใบเตย ข. ใบมะขาม
    ค. ใบกุหลาบ ง. ใบคะน้า

36. หากนำสไลด์ถาวรใบของพืชใบเลี้ยงคู่ที่ตัดตามขวาง แล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ลักษณะใดจะทำให้สามารถแยกได้ว่าเป็นด้านหลังใบ
    ก. ด้านที่มีปากใบมากกว่า
    ข. ด้านที่มีปากใบน้อยกว่า
    ค. ด้านที่มีไซเลมมากกว่า
    ง. ด้านที่มีโฟลเอ็มมากกว่า
37. ส่วนใดของใบที่มีคลอโรพลาสต์หนาแน่นมากที่สุด
    ก. spongy ข. palisade
    ค. mesophyll ง. vascular bundle
38. จากภาพเป็นโครงสร้างส่วนใด และเป็นพืชชนิดใด



    ก. ใบ. พืชใบเลี้ยงคู่ ข. ราก, พืชใบเลี้ยงคู่
    ค. ลาตน, พชใบเลี้ยงคู่ ง. ลำต้น, พืชใบเลี้ยงเดี่ยว
39. ข้อใดกล่าวถึงอักษร B, C, D ได้ถูกต้อง

    1 : Epidermis 2 : Xylem 3 : Phloem 4 : Xylem
    5 : Guard cell 6 : Palisad mesophyll 7 : Spongy mesophyll

    ก. 1 > 3 > 4 ข. 1 > 6 > 7
    ค. 5 > 7 > 4 ง. 5 > 6 > 7
40. โครงสร้างใบของพืชข้อใดมีความสัมพันธ์กัน
    1. มะระ : ใบยึดเกาะ 2. กาบหอบแครง : ใบสะสมอาหาร
    3. หอมแดง : ใบสะสมอาหาร 4. โป๊ยเซียน : ใบดักจับแมลง
    ก. 1, 2 ข. 2,3
    ค. 1, 3 ง. 2,4
41. เมื่อเตรียมเนื้อเยื่อตัดตามขวางของใบพืชชนิดหนึ่งมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าชั้นคิวติเคิลหนา ชั้นอิพิเดอร์มิสมีเซลล์เรียงตัวซ้อนกัน ชั้นพาลิเสดมีโซฟิลล์มีเซลล์เรียงตัวกันอย่างหนาแน่น บางเซลล์มีลักษณะพองใหญ่และปากใบจมลึกลงลงไป ลักษณะดังกล่าวน่าจะเป็นพืชชนิดใด

    1. xerophyte 2. mesophyte 3. Hydrophyte

    ก. 1 ข. 2
    ค. 3 ง. 1 และ 3

42. บัวสาย มีจำนวนปากใบบริเวณใดมากที่สุด

ก. upper epidermis

ข. lower epidermis

ค. lower epidermis > upper epidermis

ง. upper epidermis = lower epidermis

43. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับปากใบของพืชที่ขึ้นในบริเวณที่มีน้ำน้อย

ก. พบปากใบที่ผิวใบทั้งสองด้าน

ข. พบปากใบเฉพาะที่ผิวใบด้านบน

ค. ปากใบอยู่ในระดับลึกกว่าเซลล์อิพิเดอร์มิส

ง. ปาใบอยู่ในระดับเดียวกันกับเซลล์อิพิเดอร์มิส

44. ในการดึงน้ำขึ้นไปตาม xylem นั้น หากใช้แรงดึงมาก ๆ อาจทำให้น้ำที่ถูกดึงขึ้นอาจขาดตอนได้ แต่ปรากฏว่า น้ำที่ขึ้นมาตามท่อนั้นไม่ขาดสาย ทั้งนี้เพราะน้ำมีคุณสมบัติเด่นดังเช่นใด

A: แรงดันออสโมติก B: แรงแอดฮีชัน C: แรงโคฮีชัน

D: แรงดันราก E: แรงดึงจากการคายน้ำ

ก. A, C ข. B, C

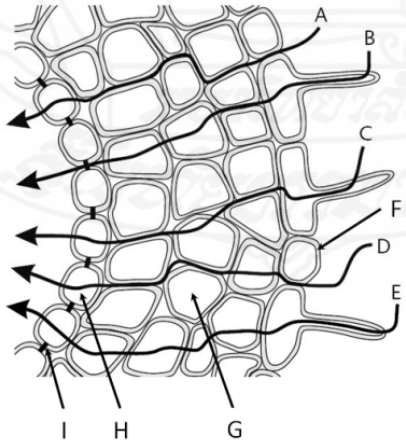
ค. D, E ง. A, B

45. จากภาพข้อใดกล่าวถึงกระบวนการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้ถูกต้อง

A : Symplast B : Apoplast C : Apoplast D : Syplast E : Syplast

ก. A, C ข. C, E

ค. D, E ง. A, B



แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ตอนที่ 2 ข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ คะแนน 10 คะแนน ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ด้าน

1. ให้นักเรียนศึกษาบทความต่อไปนี้ แล้วออกแบบการทดลองการศึกษาบทความดังกล่าว

ณ โรงเรียนเล็ก ๆ แห่งหนึ่งที่โอบล้อมไปด้วยขุนเขาและกลิ่นไอของธรรมชาติ คาบเรียนชีววิทยาก็ยังคงเป็นคาบเรียนที่น่าตื่นเต้นเฉกเช่นในทุก ๆ วัน หัวข้อของการทดลองวันนี้ สร้างความสนใจให้แก่เด็ก ๆ ทุกคนเป็นอย่างมาก ทุกคนต่างเฝ้ารอเวลาที่จะได้ศึกษาโครงสร้างภายในของพืช เมื่อถึงคาบเรียนทุกคนต่างกรูกันเข้าห้อง แต่แล้วเรื่องน่าเศร้าก็เกิดขึ้น เมื่อเด็กชายร่างเล็กกล่าวเสียงดังขึ้นจากบริเวณหลังห้อง “คุณครูครับ !!! สีย้อมหมดแล้วครับ” ถือว่าเป็นเรื่องดีเลยค่ะ ครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คิดค้นสีย้อมเพื่อย้อมเนื้อเยื่อพืชเอง โดยที่ครูจะจัดแจงเตรียมอุปกรณ์ไว้ในตะกร้า เช่น บีกเกอร์ กรวยแก้ว กระดาษกรอง แอลกอฮอล์ มีด เขียง ขวดสีชาพร้อมฝา กระบอกตวง น้ำกลั่น เป็นต้น โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้ตามความเหมาะสม นอกจากนั้นแล้วยังมีเครื่องชั่ง ตู้อบในห้องปฏิบัติการเผื่อนักเรียนบางกลุ่มจำเป็นต้องใช้ ครูจะให้เวลานักเรียน 2 วัน เพื่อคิดและสังเคราะห์สีย้อมในการย้อมเนื้อเยื่อ

ถ้าหากนักเรียนอยู่ในสถานการณ์ดังกล่าวนักเรียนจะออกแบบการทดลองการสังเคราะห์สีย้อมเนื้อเยื่ออย่างไร ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1.1 สมมติฐานการทดลอง (2 คะแนน)

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

1.2 นิยามเชิงปฏิบัติการ (2 คะแนน)

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

1.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (2 คะแนน)

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

1.4 ออกแบบการทดลอง (2 คะแนน)

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

1.5 สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

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

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ตอนที่ 2 ข้อสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ คะแนน 10 คะแนน ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ด้าน

1. ให้นักเรียนศึกษาบทความต่อไปนี้ แล้วออกแบบการทดลองการศึกษาบทความดังกล่าว

ณ โรงเรียนเล็ก ๆ แห่งหนึ่งที่โอบล้อมไปด้วยขุนเขาและกลิ่นไอของธรรมชาติ คาบเรียนชีววิทยาก็ยังคงเป็นคาบเรียนที่น่าตื่นเต้นเฉกเช่นในทุก ๆ วัน หัวข้อของการทดลองวันนี้ สร้างความสนใจให้แก่เด็ก ๆ ทุกคนเป็นอย่างมาก ทุกคนต่างเฝ้ารอเวลาที่จะได้ศึกษาโครงสร้างภายในของพืช เมื่อถึงคาบเรียนทุกคนต่างกรูกันเข้าห้อง แต่แล้วเรื่องน่าเศร้าก็เกิดขึ้น เมื่อเด็กชายร่างเล็กกล่าวเสียงดังขึ้นจากบริเวณหลังห้อง “คุณครูครับ !!! สีย้อมหมดแล้วครับ” ถือว่าเป็นเรื่องดีเลยค่ะ ครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คิดค้นสีย้อมเพื่อย้อมเนื้อเยื่อพืชเอง โดยที่ครูจะจัดแจงเตรียมอุปกรณ์ไว้ในตะกร้า เช่น บีกเกอร์ กรวย แก้ว กระดาษกรอง แอลกอฮอล์ มีด เขียง ขวดสีชาพร้อมฝา กระบอกตวง น้ำกลั่น เป็นต้น โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้ตามความเหมาะสม นอกจากนั้นแล้วยังมีเครื่องชั่ง ตู้อบในห้องปฏิบัติการเผื่อนักเรียนบางกลุ่มจำเป็นต้องใช้ ครูจะให้เวลานักเรียน 2 วัน เพื่อคิดและสังเคราะห์สีย้อมในการย้อมเนื้อเยื่อ

ถ้าหากนักเรียนอยู่ในสถานการณ์ดังกล่าวนักเรียนจะออกแบบการทดลองการสังเคราะห์สีย้อมเนื้อเยื่ออย่างไร ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1.1 สมมติฐานการทดลอง (2 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	ไม่มีคำตอบที่คาดเดาล่วงหน้าที่อาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม หรือตอบไม่ถูกต้อง
1	มีคำตอบที่คาดเดาล่วงหน้าเพียง 1 คำตอบ ที่อาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น - สีย้อมจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันจะทำให้การติดสีของเนื้อเยื่อแตกต่างกัน
2	มีคำตอบที่คาดเดาล่วงหน้าครบ 2 คำตอบขึ้นไป ที่อาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น - สีย้อมจากน้ำยาอุทัยทิพย์ทำให้เนื้อเยื่อพืชติดสีได้ดีกว่าสีย้อมจากสีผสมอาหาร - สีย้อมจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ทำให้เนื้อเยื่อพืชติดสีได้ดีเท่าสีย้อมจากดอกโคลงเคลงขน

1.2 นิยามเชิงปฏิบัติการ (2 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	ไม่มีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หรือกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการไม่ถูกต้อง
1	มีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ถูกต้อง 1 นิยาม เช่น - สีย้อมเนื้อเยื่อคือสีที่สกัดหรือสังเคราะห์ได้ใช้ในการย้อมเนื้อเยื่อพืชเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของพืช -โครงสร้างภายในราก คือ โครงสร้างภายในที่แสดงเนื้อเยื่อของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีการเรียงตัวของเนื้อเยื่อเป็นชั้น ๆ เรียงจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน - โครงสร้างภายในลำต้น คือ โครงสร้างภายในที่แสดงเนื้อเยื่อของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีการเรียงตัวของเนื้อเยื่อเป็นชั้น ๆ เรียงจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน - โครงสร้างภายในใบ คือ โครงสร้างภายในที่แสดงเนื้อเยื่อของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีการเรียงตัวของเนื้อเยื่อเป็นชั้น ๆ เรียงจากด้านบนสู่ด้านล่าง
2	มีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ถูกต้อง 2 นิยาม เช่น - สีย้อมเนื้อเยื่อคือสีที่สกัดหรือสังเคราะห์ได้ใช้ในการย้อมเนื้อเยื่อพืชเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของพืช -โครงสร้างภายในราก คือ โครงสร้างภายในที่แสดงเนื้อเยื่อของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีการเรียงตัวของเนื้อเยื่อเป็นชั้น ๆ เรียงจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน - โครงสร้างภายในลำต้น คือ โครงสร้างภายในที่แสดงเนื้อเยื่อของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีการเรียงตัวของเนื้อเยื่อเป็นชั้น ๆ เรียงจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน - โครงสร้างภายในใบ คือ โครงสร้างภายในที่แสดงเนื้อเยื่อของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีการเรียงตัวของเนื้อเยื่อเป็นชั้น ๆ เรียงจากด้านบนสู่ด้านล่าง

1.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (2 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	ไม่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร หรือกำหนดและควบคุมตัวแปรไม่ถูกต้อง
1	มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้ถูกต้อง 1 ตัวแปร เช่น - เวลาที่ใช้ในการย้อมสี
2	มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้ถูกต้อง อย่างน้อย 2 ตัวแปร เช่น - เวลาที่ใช้ในการย้อมสี - ชนิดของสีย้อมที่ใช้ย้อม - ชนิดของเนื้อเยื่อ

1.4 ออกแบบการทดลอง (2 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	ไม่มีการออกแบบการทดลอง หรือออกแบบการทดลองไม่ถูกต้อง
1	มีการระบุวัสดุอุปกรณ์ หรือระบุขั้นตอนการทดลอง หรือออกแบบการจัดเก็บข้อมูลการทดลองอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง
2	มีการระบุวัสดุอุปกรณ์ หรือระบุขั้นตอนการทดลอง หรือออกแบบการจัดเก็บข้อมูลการทดลองถูกต้องตั้งแต่ 2 รายการ

1.5 สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
0	ไม่มีการสรุปผลการทดลอง หรือสรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง
1	มีการสรุปผลการทดลองระบุถึงความแตกต่างของชนิดของสีย้อม เวลาที่ใช้ในการย้อม เป็นต้น ตามสมมติฐานการทดลองประเด็นเดียว
2	มีการสรุปผลการทดลองระบุถึงความแตกต่างของชนิดของสีย้อม เวลาที่ใช้ในการย้อม เป็นต้น ตามสมมติฐานการทดลองอย่างน้อย 2 ประเด็น

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวอัสมะ เจะดาฮิง
วัน เดือน ปีเกิด	18 กันยายน 2532
สถานที่เกิด	อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัญฑิต (ศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี 2556
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง 85000
ตำแหน่ง	ครู โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง