ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ARGUMENTATION AND EVALUATION INSTRUCTION ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Narongchai Pongsthana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์)

ณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ : ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF ARGUMENTATION AND EVALUATION INSTRUCTION ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.สลา สามิภักดิ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร.รสริน พลวัฒน์ , 177 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองเบื้องต้น มีจุดประสงค์ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินกับกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน และ 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินกับกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2.45 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน สูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 18.72 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.4 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา	หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5783435027 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: ARGUMENTATION AND EVALUATION INSTRUCTION / SCIENTIFIC REASONING ABILITY / BIOLOGY LEARNING ACHIEIVEMENT

NARONGCHAI PONGSTHANA: EFFECTS OF ARGUMENTATION AND EVALUATION INSTRUCTION ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SARA SAMIPHAK, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF.ROSSARIN POLLAWATN, Dr.rer.nat., 177 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to 1) compare scientific reasoning ability of upper secondary school students before and after learning through argumentation and evaluation instruction 2) compare scientific reasoning ability of upper secondary school students in experimental group after learning through argumentation and evaluation instruction and those in control group after learning through traditional teaching instruction 3) examine biology learning achievement of upper secondary school students after learning through argumentation and evaluation instruction, and 4) compare the biology learning achievement of upper secondary school students in experimental group after learning through argumentation and evaluation instruction and those in control group after learning through a traditional teaching instruction. The sample were eleventh grade students from two Mathematics-Science program classes in a large-sized school under the Office of the Basic Education Commission, Thailand. The study was done during the first semester of the 2016 academic year. The research instruments were the scientific reasoning test, and the biology learning achievement test. The collected data was analyzed using arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation and t-test

The research findings were summarized as follows : 1) The mean score of scientific reasoning ability at (2.45 out of 6) was increase in the experimental group after learning through argumentation and evaluation instruction, and the score was higher in the experimental group than in the control group at the .05 level of significance. 2) The mean score of biology learning achievement (18.72 out of 30, 62.4%), of students in the experimental group was lower than the criterion score set (70%); howerver, the score was higher in the control group at the .05 level of significance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature	.....
Field of Study:	Science Education	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสริน พลวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ด้วยการให้คำแนะนำ ปรึกษา ให้การอบรมสั่งสอน และให้ข้อคิดอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้รวมไปถึงแนวทางในการปฏิบัติวิชาชีพครูที่ดีต่อไปในอนาคต ผู้วิจัยมีความทราบซึ้งในความปรารถนาดีและความกรุณาที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาและให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่มีความกรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยโรงเรียนที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคุณครูผู้สอนประจำรายวิชาชีววิทยาที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลวิจัย และให้ความห่วงใยมาโดยตลอดระยะเวลาทำการวิจัย ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่น้อง และเพื่อนๆ ที่เรียนสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคน ที่คอยให้คำแนะนำในการวิจัยและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบคุณญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและความห่วงใยแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาและดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านสำหรับการวิจัยครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญแผนภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 13

ความสำคัญของการวิจัย 13

คำถามวิจัย 18

วัตถุประสงค์การวิจัย 18

สมมติฐานการวิจัย 18

ขอบเขตของการวิจัย 19

นิยามศัพท์เฉพาะ 20

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 24

1.1 ความหมายของการให้เหตุผล 24

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 24

1.3 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 26

1.4 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 27

1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 29

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 37

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 38
2.3 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 41
3. การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 42
3.1 ความหมายของการโต้แย้ง 43
3.2 องค์ประกอบของการโต้แย้ง 43
3.3 ความหมายของข้อโต้แย้ง 44
3.4 องค์ประกอบของข้อโต้แย้ง 44
3.5 ความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 45
3.6 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 46
3.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 49
3.8 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 51
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 52
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 54
4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 56
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60
1. รูปแบบการวิจัย 60
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 61
3. ตัวแปรที่ศึกษา 62
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 62
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล 69
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 70
7. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 71

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72
1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 72
2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 86
สรุปผลการวิจัย 86
อภิปรายผล 87
ข้อเสนอแนะ 99
รายการอ้างอิง 101
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 111
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 114
ภาคผนวก ค เครื่องมือในการทดลอง 138
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 165
ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 173
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การแบ่งข้อสอบของ Lawson ออกเป็น 2 ชุด (Schen, 2007).....37

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนรู้โดยการโต้แย้งและการประเมิน (Bulgren et al., 2014).....51

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ในช่วงมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559.....62

ตารางที่ 4 เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน.....63

ตารางที่ 5 การกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อเนื้อหาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ตามตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้ง 4 ด้าน.....67

ตารางที่ 6 ตารางเกณฑ์ประเมินผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551).....68

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยการโต้แย้งและประเมินของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 29).....73

ตารางที่ 8 จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองที่ตอบถูกตามสัดส่วนต่างๆ ของข้อองค์ประกอบของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตอบถูก.....74

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=29) และกลุ่มควบคุม (n=30).....74

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน.....75

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=29) และกลุ่มควบคุม (n=30).....76

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนตามมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=29) และกลุ่มควบคุม (n=30) จำแนกตามขั้นคำถามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา.....77

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ย และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยพิจารณารายข้อและพิจารณาสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนการสอน 78

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 166

ตารางที่ 15 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 167

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 168

ตารางที่ 17 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 171

ตารางที่ 18 เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก (โชติกา ภาษีผล, 2554) 172

ตารางที่ 19 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (โชติกา ภาษีผล, 2554) 172

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 รูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin.....45

แผนภาพที่ 2 การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐานและการโต้แย้งเพื่อประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ถูกเชื่อมโยงกันโดยมีการเชื่อมโยงกันผ่านทฤษฎี (theory) และหลักฐาน (evidence).....57

แผนภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.....59

แผนภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัยแบบ two group pretest-posttest design.....60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของการวิจัย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งขับเคลื่อนที่สำคัญต่อการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม (UNESCO, 2012) โดยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน คือ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์จะสามารถนำไปสู่เทคโนโลยีใหม่ ๆ นอกจากนี้เทคโลยีใหม่ก็สามารถนำไปสู่การพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) อันประกอบด้วยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และเพื่อสร้างข้อสรุปโดยมีหลักฐานเป็นฐานเกี่ยวกับเหตุการณ์ซึ่งสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ (Schleicher, Zimmer, Evans, & Clements, 2009) ดังนั้น การพัฒนาวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยพัฒนาให้บุคคลรู้วิทยาศาสตร์ (Harlen, Bell, Education, & Staff, 2010) ซึ่งบุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์จะสามารถนำความรู้ทางด้านวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีมาใช้แก้ปัญหาของตนเองหรือสังคมส่วนรวมได้ (OECD, 2015) นอกจากนี้ บุคคลควรได้รับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุต่าง ๆ ปรากฏการณ์ สสาร และความสัมพันธ์ของโลกธรรมชาติ ซึ่งไม่เพียงแต่นำมาซึ่งการอธิบายสิ่งที่สังเกตและตอบคำถามที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเท่านั้น แต่สามารถที่จะทำนายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยเช่นกัน การศึกษาวิทยาศาสตร์จึงควรมีการมุ่งเน้นการสืบสอบ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการทำงาน (Laugksch, 2000)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) เป็นทักษะที่สำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจในชีวิตประจำวัน (Great Schools Partnership, 2014; Schen, 2007) ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลโดยมีหลักฐานเป็นฐาน (Schen, 2007) โดยบุคคลจะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการสืบค้นและประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน (Joe, 2015) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อนักวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงบุคคลทั่วไปทั้งในการปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์และในการดำรงชีวิตประจำวัน (Joe, 2015; NSTA, 2009) ดังนั้น การศึกษาในศตวรรษที่ 21 จึงมีการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (NSTA, 2009) อีกทั้งมีเป้าหมายให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

Lawson (1978) ได้ระบุถึงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) การอนุรักษ์ปริมาตรและสสาร (conservation of matter and volume) 2) การให้เหตุผลแบบสัดส่วน (proportional reasoning) 3) การควบคุมตัวแปร (control of variables) 4) การให้เหตุผลโดยความน่าจะเป็น (probability reasoning) 5) การให้เหตุผลเชิงความสัมพันธ์ (correlation reasoning) และ 6) การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive reasoning) ซึ่งการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย เป็นความสามารถในการคิดแบบนามธรรม (formal operational level) โดยบุคคลสามารถคิดในเชิงนามธรรม ให้เหตุผลเชิงตรรกะ แสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรมโดยไม่ต้องอาศัยของจริงประกอบ และเขียนข้อสรุปได้จากข้อมูลที่มีอยู่ อันเป็นระดับการคิดขั้นสูงสุดของระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Moore, 2012; Tajudin & Chinnappan, 2015; กิ่งฟ้า สินธุวงศ์, 2547) ซึ่งมีความสำคัญต่อนักเรียนทั้งในแง่การศึกษาและในชีวิตประจำวัน ทางด้านการศึกษา การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยมีความสำคัญต่อการสร้างมโนทัศน์ โดยนักเรียนจะมีการสร้างมโนทัศน์ทางเลือกที่จะถูกปรับปรุงแก้ไขหรือถูกแทนที่ด้วยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อมีการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยและการทดลอง นักเรียนสามารถที่จะทดสอบมโนทัศน์เบื้องต้นและค้นพบว่ามโนทัศน์ใดที่สอดคล้องกับผลการทดลอง ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการเปลี่ยนมโนทัศน์ (iSTAR Assessment, 2013d) ในแง่ของประโยชน์ในชีวิตประจำวัน การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยช่วยในการแก้ปัญหาโดยการคาดคะเนถึงสาเหตุของปัญหา นำมาซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

นอกจากเป้าหมายในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานยังมีความมุ่งเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต ตระหนักในคุณค่าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) จากเป้าหมายดังกล่าวนำมาซึ่งการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ อันเป็นความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งหากจำแนกผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์การสอนตามการจำแนกของบลูมมี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548) ในส่วนของการเรียนรู้ชีววิทยา เป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนได้รับทั้งความรู้ กระบวนการ และเจตคติ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้มีความสนใจ มีความกระตือรือร้นในการศึกษาสิ่งต่าง ๆ เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมรอบตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

อย่างไรก็ตาม จากการประเมินของ TIMSS ปี ค.ศ. 2011 ซึ่งได้ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ การประยุกต์ความรู้ และการให้ (ใช้) เหตุผล โดยการประเมินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีการประเมินด้านความรู้ร้อยละ 35 การประเมินด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ร้อยละ 35 และการประเมินด้านการให้เหตุผลร้อยละ 30 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนการให้เหตุผลเท่ากับ 453 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงคะแนนความสามารถระดับต่ำ และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557ข) อีกทั้งจากการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขต 2 กรุงเทพมหานคร พบว่า นักเรียนไม่สามารถที่จะตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง รวมไปถึงไม่สามารถสรุปผลการทดลองได้ ซึ่งการตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการสรุปผลการทดลอง เป็นส่วนหนึ่งของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย และจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่าคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 33.55 คะแนน เมื่อจำแนกตามขนาดโรงเรียน โรงเรียนที่มีขนาดใหญ่พิเศษมีคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 35.32 คะแนน และเมื่อพิจารณาที่คะแนนระดับประเทศ คะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 33.40 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 50 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) นอกจากนี้ผลการสอบ 9 วิชาสามัญ ประจำปีการศึกษา 2559 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรายวิชาชีววิทยา เท่ากับ 27.32 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน

ในการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้ง (argumentation) เป็นหนึ่งในแนวทางที่จะพัฒนาความสามารถดังกล่าว การโต้แย้งมีรากฐานมาจากทฤษฎีของ Toulmin ที่ได้ระบุองค์ประกอบของข้อโต้แย้งอันเกิดจากการโต้แย้งว่าเป็นการให้เหตุผลจากข้อมูล (data) เพื่อนำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง (claim) โดยใช้ข้อยืนยัน (warrant) ช่วยในการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลและข้อกล่าวอ้าง อีกทั้งยังมีส่วนที่สนับสนุนข้อยืนยัน และยังรวมไปถึงการนำเสนอข้อจำกัด (qualifier) และข้อกล่าวหา (rebuttal) ที่มีต่อข้อกล่าวอ้างดังกล่าว (Bulgren, Ellis, & Marquis, 2014) โดย Voss and Means (1991) กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นเครื่องมือพื้นฐานของการให้เหตุผล ซึ่งโครงสร้างของข้อโต้แย้งอันได้แก่ข้อตั้งที่นำไปสู่ข้อกล่าวอ้างนั้น เป็นรูปแบบของการอภิปรายโดยมีการให้เหตุผลเกิดขึ้น นอกจากนี้ Lajoie et al. (1995) ได้กล่าวว่า ในสิ่งแวดล้อมที่มีการโต้แย้ง ผู้เรียนจะถูกกระตุ้นให้มีการพิสูจน์สมมติฐานในแต่ละสถานการณ์ จัดโครงสร้าง ลำดับขั้น และการประเมินหลักฐาน รวมถึงสร้างข้อโต้แย้งซึ่งเป็นข้อสรุปสุดท้าย การโต้แย้งจึงได้ถูกนำมาใช้สนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการโต้แย้งเกี่ยวข้องกับการสร้างทฤษฎีหรือสมมติฐาน การรวบรวมหลักฐาน และการประเมิน

หลักฐานที่ถูกรวบรวม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันมีพื้นฐานอยู่บนหลักฐานอย่างมีเหตุผล ในแง่ของการการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย Schen (2007) ระบุว่า การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยกับการโต้แย้งมีความสัมพันธ์กัน โดยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย เป็นการให้เหตุผลที่มีหลักฐานเป็นฐาน ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสร้าง ปรับปรุง และตรวจสอบทฤษฎีที่มีหลักฐานเป็นฐาน การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยกับการโต้แย้งจึงมีความสัมพันธ์กันในแง่ของทฤษฎีและหลักฐาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Acar (2014) ได้ศึกษาการใช้วิธีสอนแบบสืบสอบและการโต้แย้ง เพื่อให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ผ่านการให้เหตุผลที่เหมาะสมของนักเรียน โดยเริ่มต้นนักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองหรือปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนนำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ จากนั้นจะกระตุ้นให้นักเรียนพิสูจน์ข้อโต้แย้งของตนเองโดยการเสนอข้อยืนยันและหลักฐานจากการปฏิบัติการทดลองหรือปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนจะมีการสร้างข้อโต้แย้ง ข้อต่อต้านข้อโต้แย้ง และข้อคัดค้าน จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น Felton, Garcia-Mila, and Gilabert (2009) ได้ศึกษาการสนทนาเชิงโต้แย้งที่มีต่อการเรียนรู้และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเปรียบเทียบการสนทนาแบบการโต้เถียง (dispute) ซึ่งนักเรียนจะปกป้องข้อสรุปของตนเองและต่อต้านข้อสรุปอื่น และแบบการปรึกษากัน (deliberation) ซึ่งนักเรียนข้อสรุปจากตัวเลือกที่ขัดแย้งกัน เริ่มต้นนักเรียนทั้งสองกลุ่มถูกกระตุ้นให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด จากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ในการสนับสนุนหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง จากนั้นนักเรียนจะเขียนข้อตั้งเริ่มต้นของตนเอง แล้วมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ผลจากการศึกษาพบว่า การโต้แย้งโดยการสนทนาทั้งสองแบบนั้นมีผลต่อการให้เหตุผล เมื่อมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

การโต้แย้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเช่นกัน โดยจากการศึกษางานวิจัยของ Cross, Taasoobshirazi, Hendricks, and Hickey (2008) กลวิธีการโต้แย้งช่วยในการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึษาปีที่ 4 และ 5 (เกรด 10 และ 11) พบว่า โครงสร้างการโต้แย้งที่นักเรียนปฏิบัติเป็นกลุ่มแบบร่วมมือมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทางวิทยาศาสตร์ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพ พบว่า การกระตุ้นการโต้แย้งมีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการยืนยันพิสูจน์ความรู้ และขยายความรู้ของนักเรียนและเปิดเผยถึงแนวความคิดของนักเรียนแต่ละคน ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาความรู้ใหม่ของเขาเองและทำให้มโนทัศน์ที่ผิดพลาดกระจ่างหรือถูกกำจัดไป

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยของ Bulgren et al. (2014) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน (Argumentation and Evaluation Intervention) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีการให้เหตุผลระดับสูง โดยที่การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

เป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีการสร้างข้อสรุปผ่านการระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อโต้แย้งตามรูปแบบของ Toulmin เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Acar (2014) และ Bulgren et al. (2014) การเรียนรู้นี้ไม่เพียงแต่เป็นการระบุองค์ประกอบของข้อโต้แย้งเท่านั้น แต่จะมีการระบุประเภทและประเมินองค์ประกอบของข้อโต้แย้งด้วยเช่นกัน โดยมีการประเมินทั้งหลักฐาน ข้อโต้แย้ง รวมไปถึงเหตุผลหรือข้อยืนยัน ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการวิเคราะห์หลักฐานว่าสามารถยอมรับได้หรือไม่เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้าง การเรียนรู้นี้จึงมีส่วนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีการให้เหตุผลในระดับสูง มีการพัฒนาทักษะการสืบสอบ ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ และความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาข้อสรุป เมื่อนักเรียนได้ทำแบบสอบปลายเปิดเพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนในการประเมินข้อโต้แย้งทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนถูกถามให้ระบุข้อกล่าวอ้างและข้อรับรองข้อกล่าวอ้าง ระบุและประเมินเหตุการณ์จากข้อกล่าวอ้าง โดยใช้รูบริกส์ในการประเมิน โดยเกณฑ์การประเมินนั้น จะใช้คะแนนวัดแต่ละประเด็นย่อย ซึ่งมี 3 ประเด็น ได้แก่ 1. หลักฐาน (การระบุ จัดประเภท และบอกคุณภาพของหลักฐาน) 2. การให้เหตุผล (การระบุ จัดประเภท และบอกคุณภาพของการให้เหตุผล) และ 3. การลงข้อสรุป (การระบุ จัดประเภท และบอกคุณภาพของการลงข้อสรุป) ผลการประเมินพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการโต้แย้งและการประเมินมีคะแนนด้านหลักฐาน (evidence) ด้านการระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป และด้านการให้เหตุผลหรือข้อยืนยัน (warrant) สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยของ Bulgren เป็นการวิจัยกับนักเรียนเกรด 6 7 8 และ 9 (ประถมศึกษาปีที่ 6 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3) เท่านั้น โดยยังไม่ได้ทำการศึกษาวิจัยกับนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และยังพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนที่แตกต่างกันในส่วนของข้อกล่าวอ้าง เมื่อพิจารณาในองค์ประกอบย่อยของข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในด้านการระบุคุณสมบัติความเหมาะสมของข้อกล่าวอ้าง (qualifier) อีกทั้งผลการทดลองในส่วนของเจตคติของนักเรียนในด้านความสนุกสนานในการเรียนแบบโต้แย้งและประเมินค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม Acar (2008) ได้เสนอว่า องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการโต้แย้ง โดยกระบวนการให้เหตุผลมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อสรุป ในรูปของข้อยืนยัน และการสนับสนุน (backing) จึงไปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินจะพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงมีความเป็นไปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินดังกล่าวนี้ จะสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้ อีกทั้งจาก

งานวิจัยของ Bulgren et al. (2014) ยังเป็นแนวทางให้งานวิจัยในครั้งนี้ได้มีการปรับปรุงพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

คำถามวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินจะมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินจะมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไปหรือไม่

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่าร้อยละ 70 หรือไม่

4. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไปหรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินกับกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป

3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินกับกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับหลักการใช้ภาษาในการสื่อสารและตรรกะ โดยการให้เหตุผลที่ดีควรเป็นสิ่งที่ได้รับการสนับสนุนเพื่อนำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง อีกทั้งผู้เขียนและผู้อ่านเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างควรมีการแลกเปลี่ยนการประเมินฐานคติของแต่ละฝ่ายร่วมกัน องค์ประกอบของข้อโต้แย้งจึงได้แก่การให้เหตุผลจากข้อมูลเพื่อนำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง (claim) โดยการใช้ข้อยืนยัน (warrant) ซึ่งเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ประกอบกับมีส่วนอื่นที่ช่วยสนับสนุนสำหรับข้อยืนยัน และนำเสนอข้อจำกัด (qualifier) และกล่าวหา (rebuttal) ที่มีต่อข้อกล่าวอ้างอันเป็นองค์ประกอบของข้อโต้แย้งเหล่านี้ (Bulgren et al., 2014; Greenwald, 2007) รูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin เป็นประโยชน์

ต่อนักเรียนในการเขียนและประเมินข้อโต้แย้ง โดยช่วยให้นักเรียนมุ่งเน้นพิจารณาความคิดของนักเรียน มีความเข้าใจในลักษณะของข้อโต้แย้ง และสามารถที่จะพัฒนาพฤติกรรมการคิดเชิงวิพากษ์ได้เป็นอย่างดี (Greenwald, 2007)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Cross et al. (2008) ได้ศึกษาการสนทนาเชิงโต้แย้งที่มีต่อการเรียนรู้และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเปรียบเทียบการสนทนาแบบการโต้เถียง (dispute) ซึ่งนักเรียนจะปกป้องข้อสรุปของตนเองและต่อต้านข้อสรุปอื่น และแบบการปรึกษากัน (deliberation) ซึ่งนักเรียนข้อสรุปจากตัวเลือกที่ขัดแย้งกัน โดยการเปรียบเทียบและประเมินตัวเลือก ผลจากการศึกษาพบว่า การโต้แย้งโดยการสนทนาทั้งสองแบบนั้นมีผลต่อการให้เหตุผล เมื่อมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ Schen (2007) ระบุว่า การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยกับการโต้แย้งมีความสัมพันธ์กันในแง่ของทฤษฎีและหลักฐาน โดยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย เป็นการให้เหตุผลที่มีหลักฐานเป็นฐาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้าง ปรับปรุง และตรวจสอบทฤษฎีที่มีหลักฐานเป็นฐาน นอกจากนี้ Cross et al. (2008) ศึกษากลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งช่วยในการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยโครงสร้างแบบการโต้แย้งที่นักเรียนปฏิบัติเป็นกลุ่มแบบร่วมมือมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทางวิทยาศาสตร์ ขณะที่ Bulgren et al. (2014) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน (argumentation and evaluation intervention) ในการกระตุ้นให้นักเรียนมีการให้เหตุผลระดับสูง

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวทางในการกำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ70

4. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรในการวิจัย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

2.1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหารายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ข้อยืนยันหรือเหตุผล รวมถึงการประเมินหลักฐาน ข้อยืนยันหรือเหตุผลและข้อกล่าวอ้าง เพื่อนำมาซึ่งข้อสรุป (Bulgren et al., 2014) โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งมีลำดับขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ขั้นการบอกเป็นนัย ครูเกริ่นหัวข้อการเรียนรู้ของบทเรียน ให้ข้อมูลนักเรียนเกี่ยวกับความสำคัญและประโยชน์ของความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลเป้าหมาย แจกและอธิบายใบงานการโต้แย้งและการประเมิน พร้อมกับเตือนให้นักเรียนเตรียมจดบันทึกบนใบงานการโต้แย้งและการประเมินและให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสนทนา

1.2 ขั้นการปฏิบัติ ครูให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมตามลำดับขั้น 9 ขั้น ดังนี้

1.2.1 ระบุข้อกล่าวอ้างและคำขยาย

1.2.2 ระบุหลักฐานที่นำเสนอ

1.2.3 ระบุประเภทของข้อมูลหลักฐาน

1.2.4 ประเมินคุณสมบัติความเหมาะสมของหลักฐาน

1.2.5 แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างไปสู่หลักฐาน

1.2.6 ระบุประเภทของการให้เหตุผลตามทฤษฎี

1.2.7 ประเมินคุณสมบัติความเหมาะสมของการให้เหตุผล

1.2.8 แสดงข้อโต้แย้งหรือตั้งคำถามใหม่

1.2.9 เขียนข้อสรุป

1.3 ขั้นตอนการทบทวน ครูให้นักเรียนร่วมกันทบทวนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแต่ละข้อคำถาม พร้อมทั้งวิเคราะห์และประเมินข้อกล่าวอ้างและข้อสนับสนุนข้อโต้แย้ง

2. การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป หมายถึง การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาที่เน้นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยอาศัยกระบวนการคิด และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557ก) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นนำ ครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งกิจกรรมอาจเป็นการทดลอง การนำเสนอข้อมูล การสาธิต ข่าว หรือสถานการณ์ ฯลฯ ซึ่งก่อให้เกิดความขัดแย้งให้เกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่ผู้เรียนเคยรู้ นำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาเพื่อหาคำตอบ

2.2 ขั้นกิจกรรม ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบ สืบค้น และรวบรวมข้อมูล โดยวางแผนสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูลสารสนเทศ เป็นต้น แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ อธิปราย สรุปผล

2.3 ขั้นสรุป ครูให้ผู้เรียนตรวจสอบความรู้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยครูเป็นผู้นำอภิปรายสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

3. ความสามารถในการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิด มโนทัศน์ หรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยมีหลักฐานเป็นฐาน ซึ่งบุคคลจะสืบค้นและประเมินหลักฐานเพื่อทดสอบหรือปฏิเสธสมมติฐานโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถวัดความสามารถนี้ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple diagnostic test) ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ข้อที่เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎี หรือสมมติฐาน และข้อที่เป็นเหตุผลที่เลือกคำตอบที่เป็นข้อสรุปหรือผลการทดลองที่คาดว่าจะเป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ระดับความสำเร็จของนักเรียนหลังจากกระบวนการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา โดยมีแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำไปใช้ ซึ่งจะวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นแบบสอบปรนัย 4 ตัวเลือก

5. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง ผู้ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงมีดังหัวข้อต่อไปนี้

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning)
    1.1 ความหมายของการให้เหตุผล
    1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.3 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.4 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
    2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    2.2 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
    2.3 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    2.4 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
3. การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน
    3.1 ความหมายของการโต้แย้ง
    3.2 องค์ประกอบของการโต้แย้ง
    3.3 ความหมายของข้อโต้แย้ง
    3.4 องค์ประกอบของข้อโต้แย้ง
    3.5 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน
    3.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน
    3.7 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน
    4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ศึกษาในประเด็นดังนี้ ได้แก่ 1.1 ความหมายของการให้เหตุผล 1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 1.3 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 1.4 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของการให้เหตุผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่า การให้เหตุผล หมายถึง การอ้างหลักฐาน เพื่อยืนยันว่า ข้อสรุปนั้นเป็นความจริง ซึ่งการให้เหตุผลในแต่ละครั้งจะมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นข้ออ้าง (หลักฐานหรือเหตุผล) และส่วนที่เป็นข้อสรุป (ผล หรือสิ่งที่เราต้องการบอกว่าเป็นจริง)

Walton (1990) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่า การให้เหตุผล เป็นการสร้างหรือสนับสนุนสมมติฐานซึ่งเรียกว่าข้อตั้ง (premise) (จุดเริ่มต้น) และกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป (จุดจบ) จากสมมติฐานในเชิงของการยืนยัน

Runes (2001) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่า การให้เหตุผลเป็นกระบวนการอนุมาน ซึ่งเป็นกระบวนการผ่านข้อเสนอที่เป็นที่รู้กันดีหรือตั้งสมมติฐานว่าเป็นจริง ไปสู่ข้อเท็จจริงที่แยกออกมาจากข้อเสนอดังกล่าว อันเป็นการโต้แย้งที่อนุมานถึงข้อเสนอหนึ่งไปอีกข้อเสนอหนึ่ง หรือจากกลุ่มอื่นที่มีลักษณะร่วมระหว่างกัน

จากการให้ความหมายของการให้เหตุผลดังกล่าว สามารถสรุปความหมายของการให้เหตุผลได้ดังนี้ คือ การให้เหตุผล หมายถึง การอนุมานซึ่งเป็นกระบวนการสร้างข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงข้อหลักฐาน ข้อเสนอโดยทั่วไป หรือข้อตั้ง (premise)

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Lawson (1985) ได้ให้ความหมายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การให้เหตุผลในรูปของนามธรรม อันเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการสืบค้นและประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน”

Frank (2005) ได้ให้คำนิยามของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงตรรกะผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกตและระบุปัญหา การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย การสร้างสมมติฐาน การทดลอง การตีความผลลัพธ์ สร้างข้อสรุปเชิงตรรกะ และการประเมินเชิงวิพากษ์

Zimmerman (2005) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดและการให้เหตุผลซึ่งเกี่ยวข้องกับการสืบสอบ การทดลอง การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้ง ที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ หรือความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์

Schen (2007) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลโดยมีหลักฐานเป็นฐาน ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการให้เหตุผลแบบอุปนัยหรือนิรนัย

Shuttleworth (2008) ได้ให้ความหมายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นพื้นฐานสนับสนุนโครงสร้างโดยรวมของงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้เหตุผลสนับสนุน

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ได้ให้ความหมายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลอง ซึ่งการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่”

จากความหมายดังกล่าว การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จึงเป็นกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิด มโนทัศน์ หรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยมีหลักฐานเป็นฐาน อันเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการสืบค้นและประเมินหลักฐานเพื่อทดสอบหรือปฏิเสธสมมติฐานโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ข้างต้น มีความสอดคล้องกับความหมายของการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยที่เป็นส่วนหนึ่งของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย เป็นการให้เหตุผลจากแนวคิดทั่วไปไปสู่ข้อสรุป ซึ่งเป็นวิธีการที่สำคัญอย่างยิ่งในการทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน โดยใช้ตรรกะแบบนิรนัย ที่มีการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ วัตถุที่ปรากฏอยู่ รวมถึงสมมติฐาน (iSTAR Assessment, 2013d; Oakley, 2004; J. Piaget, 1981; Sigelman & Rider, 2014) ดังนั้น โดยสรุปแล้ว การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในที่นี้จึงหมายถึง กระบวนการสร้างข้อสรุปซึ่งอาจเป็นแนวคิด มโนทัศน์ หรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีหรือสมมติฐาน โดยเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทฤษฎีทั่วไป หรือสมมติฐานกับผลที่ได้จากการทดลองผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์

1.3 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่แสดงถึงความสำเร็จทางปัญญาของสายพันธุ์มนุษย์ ซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยการให้เหตุผลส่วนบุคคลและการคิดอย่างร่วมมือ (Feist, 2008) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นการคิดที่อาศัยการให้เหตุผลและทักษะการแก้ปัญหาในการทดสอบและแก้ไขสมมติฐานหรือทฤษฎีนำไปสู่การได้มาซึ่งความรู้และการเปลี่ยนแปลงความรู้ โดยความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยี และเทคโนโลยีก็จะพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม (OECD, 2015; UNESCO, 2012) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นอกจากนำมาซึ่งความรู้ที่นำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีแล้ว ยังมีความสำคัญการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และในด้านอื่น ๆ อีกด้วย เช่น การวินิจฉัยหลักฐานต่าง ๆ ซึ่งอาศัยหลักการของการให้เหตุผล ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงมีการใช้การให้เหตุผลในการทำงานและการดำรงชีวิตประจำวัน (Herr, 2009) นอกจากประโยชน์ที่เอื้อต่อนักวิทยาศาสตร์แล้ว การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังมีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันต่อบุคคลทั่วไปด้วยเช่นกันในการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งจะต้องมีการให้เหตุผลอันเป็นทักษะกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดีในการอธิบาย ทำนาย และควบคุมสถานการณ์ที่อยู่รอบ ๆ ตัว เช่น เมื่อเราต้องการจะปกป้องสินค้า หรือต้องการรักษาสุขภาพของเรา เราจำเป็นต้องค้นหาแนวทางที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมาย (Joe, 2015) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อบุคคลที่จะวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลสินค้าก่อนเลือกบริโภค เป็นต้น และยังเป็นเครื่องมือที่นำมาซึ่งความรู้ใหม่และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในตัวบุคคล (Han, 2013)

ในด้านของการศึกษาวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของทักษะในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากโลกในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นถูกขับเคลื่อนได้โดยการถ่ายทอดการศึกษาและทักษะไปสู่ตัวบุคคล ดังนั้นการฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งอาจจะมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระยะยาวด้วยเช่นกัน

สำหรับความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย อันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้น มีความสำคัญเช่นเดียวกันทั้งในแง่การศึกษาและในชีวิตประจำวัน ทางด้านการศึกษา การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยมีความสำคัญต่อการสร้างมโนทัศน์ โดยนักเรียนจะมีการสร้างมโนทัศน์ทางเลือก (เช่น สมมติฐาน) ที่จะต้องถูกปรับปรุงแก้ไขหรือถูกแทนที่ด้วยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการสร้างมโนทัศน์จึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เมื่อมีการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยและการทดลอง นักเรียนสามารถที่จะทดสอบมโนทัศน์เบื้องต้นที่อาจขัดแย้งกับมโนทัศน์ด้านวิทยาศาสตร์ และค้นพบว่ามโนทัศน์ใดที่สอดคล้องกับผลการทดลอง ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการเปลี่ยนมโนทัศน์ ในแง่ของประโยชน์ในชีวิตประจำวัน การให้

เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยช่วยในการแก้ปัญหาโดยการคาดคะเนถึงสาเหตุของปัญหา นำมาซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (iSTAR Assessment, 2013d)

1.4 การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Morris, Masnick, Zimmerman, and Croker (2012) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนั้น บุคคลควรมีความเข้าใจว่าจะประเมินในสิ่งที่ตนรู้หรือสิ่งที่เชื่อได้อย่างไร มีการตั้งคำถาม การทดสอบสมมติฐาน และการลงข้อสรุปโดยหลักฐานเชิงประจักษ์และทฤษฎี นอกจากนี้ ปัจจัยที่จะช่วยในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังประกอบไปด้วยปัจจัยทางสังคมด้วยเช่นกัน เช่น การร่วมมือกันของนักเรียน การจัดลำดับการเรียนรู้โดยครู เป็นต้น รวมไปถึงเครื่องมือที่จะช่วยสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

Piaget (1928 Cited in Lawson, 2003) ได้พัฒนาสมมติฐานที่มีอยู่ว่าการพัฒนาการให้เหตุผลเกิดขึ้นตามมาหลังจากความขัดแย้งในความคิดของเราเองเมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ซึ่งได้สร้างข้อขัดแย้งและความต้องการพิสูจน์ โดยกล่าวว่า สังคมเป็นสิ่งจำเป็นในการแลกเปลี่ยนความคิดของผู้อื่น และการสื่อสารเป็นรากฐานของการพิสูจน์ ข้อพิสูจน์เป็นผลลัพธ์ของข้อโต้แย้ง ข้อโต้แย้งจึงเป็นแกนหลักของการพิสูจน์ อีกทั้งการให้เหตุผลเชิงตรรกะเป็นข้อโต้แย้ง

Voss and Means (1991) ได้กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นการสร้างและประเมินข้อโต้แย้ง ซึ่งถูกพิจารณาว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานของการให้เหตุผล และทักษะในการโต้แย้ง ดังนั้นการโต้แย้งจึงเป็นพื้นฐานของความสามารถในการให้เหตุผลของบุคคล การให้เหตุผลถูกให้นิยามว่าเป็นกระบวนการอนุมานโดยบุคคลหนึ่ง เริ่มต้นจากการให้ข้อมูลหรือข้อตั้ง สร้างการอนุมานที่บุคคลสามารถนำไปสู่ข้อสรุปหรือนำมาซึ่งข้อมูลใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน ซึ่งโครงสร้างของข้อโต้แย้งอันได้แก่ข้อตั้งที่นำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ถูกกำหนดเป็นรูปแบบของการอภิปรายโดยมีการให้เหตุผลเกิดขึ้น

Fischer et al. (2014) ได้ระบุกิจกรรมที่ช่วยเติมเต็มเกี่ยวกับการให้เหตุผลและการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) การระบุปัญหา (problem identification) กระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลายครั้งถูกขับเคลื่อนโดยการระบุปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม

2) การตั้งคำถาม (questioning) มีพื้นฐานอยู่บนการนำเสนอที่ถูกพัฒนาระหว่างการระบุปัญหา คำถามหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งคำถามถูกระบุขึ้นเพื่อกระบวนการให้เหตุผลอย่างเป็นลำดับ นอกจากนี้ คำถามเหล่านี้อาจช่วยในการสืบค้นหลักฐานอย่างเป็นระบบ

3) การตั้งสมมติฐาน ระหว่างการตั้งสมมติฐานนักเรียนจะได้รับคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับถาม ถ้าหากความรู้ก่อนหน้าของนักเรียนไม่เหมาะสมกับการทำนาย คำถามอาจจะเป็นแนวในการสืบค้นข้อมูลของการสร้างหลักฐานนั้น เพื่อให้ได้มาซึ่งสมมติฐานที่มีพื้นฐานอยู่บนหลักฐานนั้น ๆ

4) สร้างและออกแบบสิ่งที่สร้างขึ้นใหม่อีกครั้ง การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสร้างบางสิ่งขึ้นมา จากการพัฒนาวัตถุต้นแบบโดยวิศวกร โดยที่การสร้างนี้มีพื้นฐานอยู่บนความรู้เชิงทฤษฎี ในการติดตามการสร้างสิ่งต่าง ๆ สิ่งที่สร้างขึ้นจะถูกทดสอบโดยสภาพแวดล้อมจริง

5) การสร้างหลักฐาน การสร้างหลักฐานประกอบด้วยแนวทางที่หลากหลาย แนวทางหนึ่งคือมีการเชื่อมโยงการทดลองแบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetico-deducitve experimental studies) ซึ่งการทดลองอย่างเป็นระบบและขับเคลื่อนโดยทฤษฎี การสร้างหลักฐานอาจเกิดได้จากแนวทางแบบอุปนัยได้ด้วยเช่นกัน โดยการสังเกต การเปรียบเทียบ และการอธิบายปรากฏการณ์ เพื่อเขียนข้อสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่

6) การประเมินค่าหลักฐาน (evidence evaluation) เป้าหมายของการประเมินค่าหลักฐานคือวัดระดับว่าหลักฐานใดที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือทฤษฎีหนึ่ง ๆ

7) การเขียนข้อสรุป (drawing conclusions) เมื่อหลักฐานหลายชนิดถูกสร้างขึ้นภายในกระบวนการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การเขียนข้อสรุปไม่ได้ถูกจำกัดอยู่ที่ข้อกล่าวอ้างเริ่มต้นจากผลการทดลอง แต่หลักฐานต่าง ๆ จะต้องถูกผสมผสานโดยการชั่งน้ำหนักของแต่ละหลักฐาน

8) การสื่อสารและกลั่นกรอง กระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลและผลลัพธ์ที่ได้ถูกแลกเปลี่ยนและกลั่นกรองโดยผู้อื่น บุคคลที่เกี่ยวกข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสนทนาและการอธิบายในกลุ่มหรือคู่ของตนเอง ปฏิสัมพันธ์นี้อาจมีอิทธิพลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการระบุปัญหาเพื่อนำไปสู่ความขัดแย้งทางความรู้ในหลักฐานต่าง ๆ ดังนั้น การโต้แย้งตามข้อตกลงและเชิงสังคมในทางอ้อมจึงเป็นกระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลายกระบวนการที่ผสมผสานกัน และควรประกอบด้วยการวิเคราะห์และการสนับสนุนการโต้แย้งและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในบริบทของการศึกษา (Frank et al., 2014)

Acar (2008) ได้เสนอว่า องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับการโต้แย้ง เนื่องจากกระบวนการให้เหตุผลมีความเกี่ยวข้องระหว่างหลักฐาน (evidence) และข้อสรุป (conclusion) ในรูปของข้อยืนยัน (warrant) และการสนับสนุน (backing)

จากแนวทางในการพัฒนาการให้เหตุผลดังกล่าว จึงมีความเป็นไปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยมีการโต้แย้งเป็นฐาน อาจช่วยในการพัฒนาและปรับปรุงความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวทางในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีผู้วิจัยที่ได้ศึกษาแนวทางดังต่อไปนี้

Bao and Koenig (2012) ได้ระบุว่า โดยทั่วไปแล้ว การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถทั่วไปที่ประกอบไปด้วยหลายทักษะ ซึ่งได้แก่

1) การควบคุมตัวแปร (control of variables)

2) สัดส่วนและอัตราส่วน (proportions and ratios)

3) ความน่าจะเป็น (probability)

4) การให้เหตุผลเชิงสัมพันธ์ (correlational reasoning)

5) การให้เหตุผลเชิงตรรกะขั้นพื้นฐาน (basic logical reasoning)

6) การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (inductive reasoning)

7) การให้เหตุผลเชิงสาเหตุ (causal reasoning)

8) การให้เหตุผลแบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive reasoning)

Hartmann, zu Belzen, Krüger, and Pant (2015) ได้ประเมินสมรรถนะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยพัฒนาแบบสอบแบบ paper-and-pencil test ภายใต้กรอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อยดังนี้

1) สร้างข้อคำถาม (formulating questions)

2) สร้างสมมติฐาน (generating hypothesis)

3) วางแผนการสืบค้นหาข้อมูล (planning investigations)

4) แปลความหมายข้อมูล (interpreting data)

5) ประเมินตัดสินจุดประสงค์ของรูปแบบ (judging the purpose of models)

6) ทดสอบรูปแบบ (testing models)

7) เปลี่ยนรูปแบบ (changing models)

Hartmann et al. (2015) ได้สร้างแบบสอบจากทักษะย่อยดังกล่าว โดยขั้นแรก สร้างข้อสอบปลายเปิด 183 ข้อ คำตอบของนักเรียนถูกใช้ในการสร้างตัวเลือกคำตอบหลายตัวเลือก

จากนั้นคำถาม 166 ข้อ ถูกคัดเลือกและนำมาปรับปรุงอีกครั้งโดยผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดสอบอีกครั้ง จากนั้นคัดเลือกมา 123 ข้อ

Frank (2005) ได้ระบุทักษะพื้นฐานของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) สังเกตและระบุปัญหา (make observations and identify a problem)

2) จัดประเภทและแปลความหมายข้อมูล (classify and interpret data)

3) พัฒนาสมมติฐาน (develop a hypothesis)

4) ออกแบบการทดลอง/เก็บข้อมูล (design experiments/collect data)

5) ประเมินผลการทดลอง (critically evaluate experimental outcomes)

โครงการ TIMSS ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผล (reasoning) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) โดยระบุพฤติกรรมการให้เหตุผลดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์/แก้ปัญหา (analyze/solve problems) ได้แก่ วิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา พัฒนาและอธิบายแนวทางแก้ปัญหา

2) สังเคราะห์ (integrate/synthesize) ได้แก่ หาแนวทางแก้ปัญหา โดยพิจารณาปัจจัยหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และบูรณาการแนวคิดวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

3) ตั้งสมมติฐาน/ทำนาย (hypothesize/predict) ได้แก่ เชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์กับข้อมูลจากประสบการณ์หรือการสังเกตเพื่อสร้างคำถามในการหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานจากการสังเกตและแนวคิด ทำนายผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางชีวภาพหรือกายภาพ โดยอาศัยประจักษ์พยานและความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์

4) ออกแบบ (design) ได้แก่ ออกแบบสำรวจตรวจสอบ อธิบายลักษณะการสำรวจตรวจสอบที่ดี รวมทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น และตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการสำรวจตรวจสอบ

5) สรุป (draw conclusion) ได้แก่ สืบหารูปแบบข้อมูล สรุป ทำนายแน้วโน้มข้อมูล และใช้หลักฐานหรือความรู้ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน

6) สร้างข้อสรุปทั่วไป (generalize) สร้างข้อสรุปจากการทดลอง ประยุกต์ข้อสรุปกับสถานการณ์ใหม่ และกำหนดรูปแบบทั่วไปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ

7) ประเมิน (evaluate) ประเมินข้อได้เปรียบเสียเปรียบทางเลือกอื่น ๆ พิจารณาปัจจัยทางวิทยาศาสตร์และสังคมเพื่อประเมินผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อระบบกายภาพและชีวภาพ และประเมินข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโดยอาศัยข้อมูลที่เพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

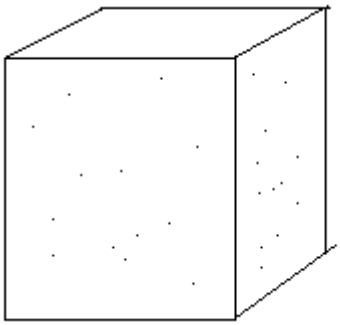
8) ตรวจสอบ (justify) ใช้ประจักษ์พยานและความรู้วิทยาศาสตร์ ตรวจสอบคำอธิบายและวิธีแก้ปัญหา ให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ ข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบ หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างข้อสอบการวัดการให้เหตุผลของ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study, 2012) ได้แก่ ข้อ 5 ซึ่งให้นักเรียนให้เหตุผลผ่านหลักฐาน ปัญหา และตรวจสอบการให้เหตุผลของนักเรียนที่มีพื้นฐานอยู่บนความรู้ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ ซึ่งตัวอย่างนี้ให้นักเรียนตอบคำถามแบบเขียนอธิบายสั้น ๆ ดังนี้

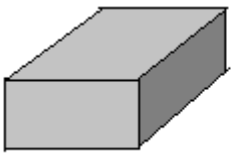
ด้านเนื้อหา: ฟิสิกส์

คำอธิบาย: ตรวจสอบว่าวัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าไม่ได้จำเป็นว่าจะต้องหนักมากกว่า

โจทย์: ครูของแจ๊ควางวัตถุสามชิ้นบนโต๊ะ ดังแสดงในรูปด้านล่าง เธอเรียงตามปริมาตรของวัตถุ



โฟม



อิฐ

แอปเปิ้ล

แจ๊คคิดว่าวัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะหนักกว่า

นักเรียนเห็นด้วยกับแจ๊คหรือไม่?

☐ เห็นด้วย

☑ ไม่เห็นด้วย

อธิบายคำตอบของนักเรียน

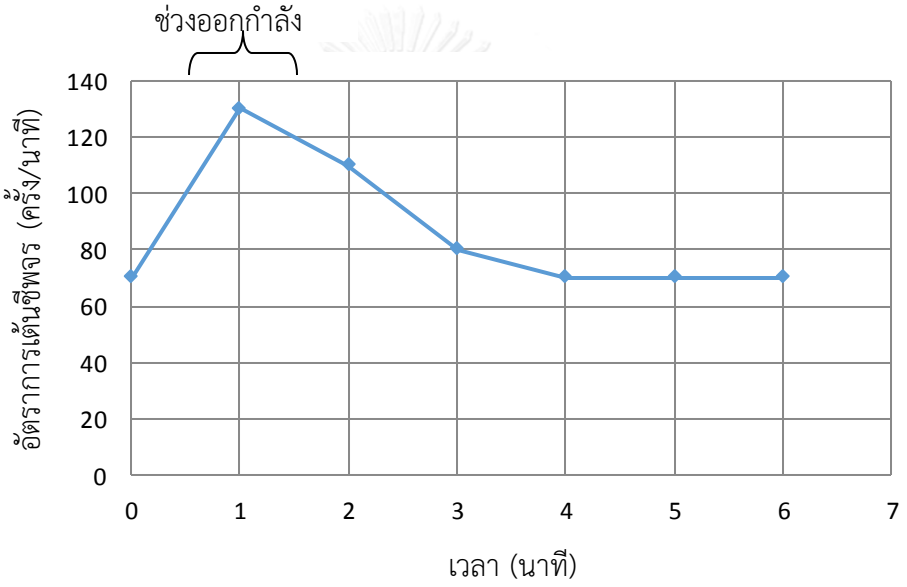
ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ใช้ อิฐมีขนาดเล็กกว่าโฟมแต่มีความหนาแน่นมากกว่า ดังนั้นอิฐจึงอาจจะหนักกว่าโฟมก็ได้

ตัวอย่างข้อสอบวัดการให้เหตุผลเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา ของข้อสอบ TIMSS (2012) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีดังนี้

ด้านเนื้อหา: ชีววิทยา

คำอธิบาย: ตีความหมายของกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของชีพจรก่อน ระหว่าง และหลังการออกกำลังกาย และบันทึกว่าสามารถสรุปจากกราฟได้ว่าอย่างไร

โจทย์: จอห์นวัดอัตราการเต้นของชีพจรก่อนออกกำลังกาย พบว่าเท่ากับ 70 ครั้งต่อนาที เขาออกกำลังกายหนึ่งนาทีและวัดอัตราการเต้นชีพจรอีกครั้ง จากนั้นวัดทุก ๆ นาทีเป็นเวลาหลายนาที เขาเขียนกราฟซึ่งแสดงไว้ดังนี้



จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

1) อัตราการเต้นชีพจรของเขาเพิ่มขึ้นโดย 50 ครั้งต่อนาที

2) อัตราการเต้นชีพจรใช้เวลาในการลดอัตราการเต้นน้อยกว่าเพิ่มอัตราการเต้น

3) อัตราการเต้นชีพจรหลังจาก 4 นาทีเท่ากับ 80 ครั้งต่อนาที

4) อัตราการต้นชีพจรกลับมาเป็นปกติในเวลาน้อยกว่า 6 นาที

อีกตัวอย่างหนึ่งของข้อสอบวัดการให้เหตุผลของ TIMSS (2012) ในเนื้อหาเคมี ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยที่ให้นักเรียนเขียนตอบแบบสั้น มีดังนี้

ด้านเนื้อหา: เคมี

คำอธิบาย: ระบุคุณสมบัติของโลหะ และอธิบายว่าคุณสมบัตินี้ถูกใช้ในการระบุว่าวัตถุใดเป็นโลหะได้อย่างไร

โจทย์: เดวิดได้รับตัวอย่างของวัตถุแข็งชิ้นหนึ่ง เขาต้องการรู้ว่าวัตถุนี้เป็นโลหะหรือไม่ จงเขียนคุณสมบัติที่เขาสามารถสำรวจและวัดได้ และอธิบายว่าคุณสมบัติที่สามารถนำมาใช้ได้นี้ สามารถใช้ระบุว่าวัตถุใดเป็นโลหะได้อย่างไร

โลหะนำไฟฟ้า เขาสามารถทำวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ด้วยการใช้แบตเตอรี่และหลอดไฟ ถ้าหลอดไฟติดแสดงว่าทุกส่วนในวงจรเชื่อมต่อกัน ดังนั้นตัวอย่างดังกล่าวจึงอาจเป็นโลหะ

Benford and Lawson (2001) ได้ใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson สำหรับวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบสืบสอบ ซึ่งแบบวัดของ Lawson มีความเกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลแบบความสัมพันธ์ การให้เหตุผลแบบความน่าจะเป็น การให้เหตุผลแบบสัดส่วน การให้เหตุผลแบบผสม การระบุและควบคุมตัวแปร และการทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สังเกตได้และสังเกตไม่ได้

Lawson (1978) สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning) โดยแบบวัดมีการวัด 6 ด้าน ได้แก่

1) การอนุรักษ์ปริมาตรและสสาร (conservation of matter and volume)

การอนุรักษ์เป็นความสามารถในการยึดถือจดจำความรู้ว่าแม้ว่าวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลง แต่ยังคงมีคุณสมบัติที่คงที่ ดังเช่นน้ำหนักหรือจำนวนของวัตถุที่ยังคงมีอยู่เท่าเดิม (Slater & Bremner, 2003)

2) การให้เหตุผลแบบสัดส่วน (proportional reasoning)

เป็นการระบุตัวแปรสองตัวที่ปรับเปลี่ยนได้ การจดจำอัตราส่วนของตัวแปร ที่ความคงที่ของตัวแปรมีลักษณะเป็นเส้นตรง และการนำข้อมูลและความสัมพันธ์ไปใช้ในการหาค่าตัวแปรเพิ่มเติม หรือเปรียบเทียบค่าตัวแปรที่คำนวณจากข้อมูล (iSTAR Assessment, 2013a)

3) การควบคุมตัวแปร (control of variables)

ในกระบวนการสืบสอบนั้นมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรจำนวนมาก ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะต้องถูกกำหนด เมื่อมีการทดลอง เราจะต้องควบคุมตัวแปรอื่นทั้งหมดเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลัก (iSTAR Assessment, 2013b)

4) การให้เหตุผลโดยความน่าจะเป็น (probability reasoning)

เป็นการให้เหตุผลที่ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ทฤษฎีความน่าจะเป็นและระเบียบวิธี (methodology) โดยการที่เราเลือกรูปแบบของความน่าจะเป็นที่เฉพาะเจาะจงและประยุกต์ใช้รูปแบบดังกล่าว (Fine, 2004)

5) การให้เหตุผลเชิงความสัมพันธ์ (correlation reasoning)

เป็นรูปแบบการคิดของบุคคลที่ใช้ในการกำหนดความแข็งแรงของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งการให้เหตุผลเชิงความสัมพันธ์เป็นพื้นฐานของการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (iSTAR Assessment, 2013c)

6) การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive reasoning)

การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย เป็นการให้เหตุผลจากแนวคิดทั่วไปไปสู่ข้อสรุปที่เฉพาะเจาะจง อันเป็นการใช้ตรรกะแบบนิรนัย (Oakley, 2004; Sigelman & Rider, 2014) โดยที่ไม่ได้มีการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์และวัตถุที่ปรากฏอยู่เท่านั้น แต่ยังรวมถึงสมมติฐานด้วย ข้อสรุปที่ได้จะมาจากทฤษฎีมากกว่าเพียงแค่ข้อเท็จจริงทางรูปธรรมเท่านั้น (Piaget, 1981) การให้เหตุผลนี้เป็นวิธีการที่สำคัญอย่างยิ่งในการทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน และเป็นวิธีการพื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ฟิสิกส์ เคมี หรือชีววิทยา โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ลำดับขั้นดังนี้คือ (1) สร้างสมมติฐานที่หลากหลายและประเมินแต่ละสมมติฐาน (2) เลือกสมมติฐานในการทดสอบ (3) สร้างการทำนายจากสมมติฐาน (4) ใช้การทดลองตรวจสอบว่าการทำนายถูกต้องหรือไม่ และ (5) ถ้าการทำนายถูกต้อง สมมติฐานจะได้รับการยืนยัน ถ้าไม่ถูกต้องสมมติฐานก็จะถูกปฏิเสธ (iSTAR Assessment, 2013d)

การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยเริ่มต้นด้วยทฤษฎีทั่วไปของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ว่าจะมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นและนำมาซึ่งการสร้างสมมติฐาน ดังนั้น การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยจึงถูกสร้างขึ้นจากทฤษฎีนี้ในการทำนายสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นในการทดลองนั้น ๆ อีกทั้งการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยยังมีความสำคัญต่อการสืบเสาะทางด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นการให้เหตุผลที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยนักเรียนสามารถทดสอบมโนทัศน์เริ่มต้นและค้นหาว่ามโนทัศน์ใดที่เข้ากับผลการทดลองทีเกิดขึ้น ซึ่งช่วยสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน

Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR) (Lawson & Worsnop, 1992) เป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือที่ใช้ในการวัดระดับของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งการวัดความเข้าใจของนักเรียนไม่สามารถวัดได้โดยง่าย

ข้อสอบแบบมีคำตอบหลายตัวเลือกเป็นวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้เพราะครูผู้สอนโดยทั่วไปสามารถนำมาใช้กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ได้ อย่างไรก็ตาม คำถามแบบหลายตัวเลือกไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนได้โดยตรง ดังนั้น การใช้แบบสอบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier diagnostic test) จึงเป็นวิธีที่ดีกว่าในการประเมินนักเรียน (Treagust, 2012)

ใน two-tier test หนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นตัวเลือกคำตอบเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหา และส่วนที่สองจะถามนักเรียนเกี่ยวกับเหตุผลที่เลือกตัวเลือกคำตอบในส่วนแรก โดยการประเมินเช่นนี้จะเป็นการประเมินเพื่อวัดความเข้าใจมากกว่าความรู้ความจำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tamir ที่เสนอว่า การให้นักเรียนได้ตอบเหตุผลที่เลือกตัวเลือกคำตอบนั้น ๆ จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาความคิด และทำให้เกิดการวัดและประเมินผลอย่างมีความหมาย (Treagust, 2012) นักการศึกษาและนักวิจัยมักใช้แบบสอบการให้เหตุผลของ Lawson ในปีคริสต์ศักราช 2000 ในการทดสอบโดยการใช้การให้คะแนนแบบจับคู่ (C. Lee & She, 2010) หากนักเรียนตอบถูกทั้งสองข้อที่คู่กันก็จะได้รับ 1 คะแนน โดยข้อที่คู่กันนั้นจะเป็นข้อสรุป และเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปนั้น

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning) นักเรียนควรที่จะเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสามารถอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบได้อย่างถูกต้องด้วยเช่นกัน โดยแบบวัดของ Lawson นั้นมีทั้งหมด 24 ข้อ คิดเป็นคะแนน 12 คะแนน ซึ่งเกณฑ์กำหนดระดับความสามารถของนักเรียนแบ่งเป็น 3 ระดับตามแนวคิดของปิอาเจต์ (Moore, 2012; Tajudin & Chinnappan, 2015; กิ่งฟ้า สินธุวงศ์, 2547) ดังนี้

1) คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 25 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับการคิดขั้นปฏิบัติการคิดรูปธรรม (concrete operational level) ในระดับนี้นักเรียนสามารถใช้ตรรกะได้อย่างเหมาะสม นักเรียนมีรูปแบบการคิดที่สามารถเข้าใจมโนทัศน์ที่ใช้อ้างอิงถึงการกระทำที่คล้ายคลึงกันหรืออ้างอิงถึงวัตถุที่สามารถสังเกตเห็นได้ และสามารถอธิบายในรูปของการเชื่อมโยงอย่างง่ายได้ (เช่น รูปสี่เหลี่ยมจตุรัสทุกรูปเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก แต่ไม่ใช่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทุกรูปที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส) นักเรียนสามารถติดตามขั้นตอนวิธีการอย่างเป็นลำดับ และสามารถเชื่อมโยงแนวความคิดของตนเองกับหลักฐานอื่นที่คล้ายคลึงกันได้ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการอนุรักษ์ (conservation) เรื่องมวล ความยาว น้ำหนัก พื้นที่ และมีความสามารถในการอนุรักษ์ปริมาตรได้บ้าง อย่างไรก็ตามนักเรียนมักมีปัญหาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่อยู่นอกเหนือบริบทที่เป็นรูปธรรม ทำให้มีความยากในการสร้างมโนทัศน์เชิงนามธรรมและการสร้างสมมติฐาน ไม่สามารถจำแนกหรือวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนอีกทั้งการให้เหตุผลยังไม่คงที่ หรือยังคงมีความขัดแย้งในข้อเท็จจริงของนักเรียนเอง

2) คะแนนอยู่ในช่วงร้อยละ 25 – 58 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับการคิดระหว่างรูปธรรมและนามธรรม (transitional level) ตัวอย่างเช่น การให้เหตุผลแบบสัดส่วน (propositional reasoning) หากนักเรียนมีความคิดระดับรูปธรรม (concrete operational level) นักเรียนจะไม่คำนึงถึงผลของอัตราส่วนและจะหาคำตอบด้วยการคาดเดา ขณะที่นักเรียนที่มีความคิดระดับกึ่งรูปธรรมและนามธรรม นักเรียนจะคำนึงถึงผลของอัตราส่วน แต่จะมีสมมติฐานว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าส่วนหนึ่ง อีกค่าส่วนหนึ่งก็จะมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน อีกทั้งแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานแก้ปัญหาได้ในบางสถานการณ์

3) คะแนนเกินร้อยละ 58 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดแบบนามธรรม (formal operational level) นักเรียนสามารถคิดในเชิงนามธรรม ให้เหตุผลเชิงตรรกะ แสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรมโดยไม่ต้องอาศัยของจริงประกอบ และเขียนข้อสรุปได้จากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถสร้างคำอธิบายที่เป็นไปได้เกี่ยวกับหลักฐานเชิงสาเหตุ สามารถให้เหตุผลเชิงนิรนัยเพื่อทดสอบสมมติฐาน หรือนักเรียนสามารถบอกปัจจัยเชิงสาเหตุ แสดงการให้เหตุผลแบบนิรนัยอย่างเป็นลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ตรรกะในสถานการณ์สมมติในบริบทส่วนใหญ่ได้ ซึ่งผู้คิดแบบนามธรรมนี้จะเริ่มมีการคิดเหมือนกับนักวิทยาศาสตร์ และสามารถพัฒนาการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย (hypothetico-deductive reasoning) ได้เป็นอย่างยิ่ง โดยสามารถตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง พิสูจน์ แปลข้อมูล ลงข้อสรุป อนุมานผลจากข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์อื่นได้ อีกทั้งมีความสามารถในอนุรักษ์เรื่องปริมาตรได้ดี

Schen (2007) ได้ใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย (hypothetico-deductive reasoning) กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับปริญญาตรี ในวิชาชีววิทยาเบื้องต้น มหาวิทยาลัยมิดเวสเทิร์น โดยแบ่งข้อสอบของ Lawson ซึ่งมีทั้งหมด 24 ข้อ จากนั้นแบ่งเป็น 2 ชุด ๆ ละ 12 ข้อ ซึ่งได้แก่ ชุด A และชุด B ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1 การแบ่งข้อสอบของ Lawson ออกเป็น 2 ชุด (Schen, 2007)

ชุด A		ชุด B	
คู่ข้อสอบของ Lawson ต้นฉบับ	**คู่คำถามสำหรับชุด A**	**คู่ข้อสอบของ Lawson ต้นฉบับ**	**คู่คำถามสำหรับชุด B**
1, 2	A1, A2	3, 4	B1, B2
7, 8	A3, A4	5, 6	B3, B4
9, 10	A5, A6	15, 16	B5, B6
11, 12	A7, A8	13, 14	B7, B8
17, 18	A9, A10	19, 20	B9, B10
21, 22	A11, A12	23, 24	B11, B12

จากตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาช (Cronbach's alpha test) ของความเชื่อมั่นสำหรับ Form A α = 0.53, p = 0.000 (n = 391) และสำหรับ Form B α = 0.67, p = 0.000 (n = 318) อีกทั้งมีความสัมพันธ์ปานกลางระหว่างสองฟอร์มนี้ , r = 0.42, n = 299p = 0.000)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้เลือกแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยที่มีลักษณะเป็นแบบสอบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple choice test) ที่ช่วยวัดความเข้าใจของนักเรียนได้จริง อีกทั้งยังเป็นการลดโอกาสในการคาดคะเนคำตอบของนักเรียนด้วยเช่นกัน โดยการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยเป็นการให้เหตุผลอยู่ในระดับการให้เหตุผลสูงสุดและมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ ในแง่ของการการทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน และสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในแง่ของการพิสูจน์มโนทัศน์เบื้องต้นและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ประเด็นที่ทำการศึกษาได้แก่ 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2.2 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 2.3 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ระดับหรือขนาดของความสำเร็จของนักเรียนในการเรียนรู้ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้ในกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งมี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะ

พิสัย (Adam, 2015; Palincsar & Winn, 1990; ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2548; พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548) ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ระดับหรือขนาดของความสำเร็จของนักเรียนในการเรียน ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้ในกระบวนการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

2.2 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้ระบุถึงการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่าจะต้องพิจารณาถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้เป็นหลัก โดยหากพิจารณาวัตถุประสงค์ตามการแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูมแล้ว จะแบ่งได้เป็น 3 ด้าน ได้แก่

1) ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนานักเรียนด้านปัญญา โดยเรียงลำดับดังนี้คือ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์

สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยนั้น หากแบ่งพฤติกรรมบ่งชี้ตามหลักของ Klopfer สามารถแบ่งได้เป็น 4 พฤติกรรมดังนี้

1.1) พฤติกรรมด้านความรู้ เป็นพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนสามารถจำเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้า ซึ่งความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับความจริงเดี่ยว (fact) ความรู้เกี่ยวกับมโนมติหรือมโนทัศน์ (concept) ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ (principle and law) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (assumption) ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์ และความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี

1.2) พฤติกรรมด้านความเข้าใจ ได้แก่ ความเข้าใจข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ หลักการ วิธีการ และทฤษฎีต่าง ๆ นั่นคือ การบรรยายในรูปแบบที่ต่างจากที่เรียนมา และความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง มโนทัศน์ คำศัพท์ หลักการ และทฤษฎี ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์อื่นได้

1.3) พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.4) พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ ทฤษฎี กฎ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งการแก้ปัญหามี 3 แบบคือ (1) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของ

วิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน (2) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไป และ (3) แก้ปัญหาที่นอกเหนือเรื่องของวิทยาศาสตร์อันได้แก่เรื่องของเทคโนโลยี

สำหรับแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ แบบสอบปรนัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1.1) แบบถูก-ผิด (true-false) เป็นแบบสอบที่ให้นักเรียนเลือกว่า ข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด แบบสอบนี้ไม่นิยมใช้ เพราะนักเรียนเลือกได้เพียง 2 ตัวเลือกเท่านั้น ทำให้นักเรียนมีโอกาสเดาถูกได้ง่าย อีกทั้งยากแก่การปรับปรุงแบบสอบ และการถามวัดสมรรถภาพทางสมองไม่ลึกซึ้งตามที่หลักสูตรต้องการ

1.2) แบบจับคู่ (matching) เป็นแบบสอบที่มีข้อความ 2 ตอน โดยให้นักเรียนจับคู่ข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตาม แบบสอบนี้จะต้องพิจารณาเรื่องของตัวคำถามและคำตอบที่จะต้องกระทัดรัด เรื่องที่นำมาถามควรเป็นเรื่องเดียวกัน ตัวที่ใช้คู่คำตอบจะต้องมากกว่าตัวคำถาม 2-3 ตัว เป็นต้น

1.3) แบบเติมคำหรือความให้สมบูรณ์ (completion type) แบบสอบนี้จะเว้นข้อความที่สำคัญของประโยคให้ผู้ตอบเติมคำ ซึ่งมีข้อควรระวังคือ ข้อเดียวควรเติมได้แห่งเดียว คำที่ให้เติมควรอยู่ท้ายประโยค เว้นที่ว่างพอที่จะเขียนคำตอบ และหลบเลี่ยงคำที่แนะคำตอบ

1.4) แบบเลือกตอบ (multiple choice) เป็นแบบสอบที่มีตัวเลือกคำตอบ 4-5 ตัว โดยมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แบบสอบนี้เป็นแบบสอบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถออกสอบวัดได้ครอบคลุมหลักสูตร และสามารถนำมาหาค่าความเชื่อมั่น ความยากง่าย ความเที่ยงตรง เพื่อปรับปรุงข้อสอบให้ดียิ่งขึ้นต่อไปได้

2) ด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนานักเรียนด้านทักษะ ซึ่งได้แก่ ความชำนาญในการปฏิบัติและการดำเนินงาน

3) ด้านจิตพิสัย (affective domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนานักเรียนด้านความสนใจ เจตคติ ความรู้สึกตัว ความซาบซึ้ง การปรับตัว เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) จำแนกการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ด้านความรู้ความคิด ด้านกระบวนการเรียนรู้ และด้านเจตคติ ซึ่งสำหรับการประเมินด้านความรู้ความคิดนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่

1) ความรู้ความจำ พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ รู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลสารสนเทศ

2) ความเข้าใจ พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

3) การนำไปใช้ พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ การนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

4) การวิเคราะห์ พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ แยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนให้เข้าใจได้ง่าย

5) การสังเคราะห์ พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ รวบรวมข้อมูลและข้อเท็จริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

6) การประเมินค่า พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ ตัดสินใจเลือก

ทั้งนี้การทดสอบด้วยข้อสอบไม่สามารถวัดระดับการวิคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่าได้มากเพียงพอที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดระดับสูง

กระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ได้ระบุว่าตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษามีอยู่ 2 ตัวชี้วัด ดังนี้

1) การทดสอบมาตรฐานระดับชาติ จากผลการทดสอบระดับชาติ O-NET, GAT/PAT

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนานาชาติ

2.1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนานาชาติ ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์จากโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment)

2.2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนานาชาติ ด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ จากโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study)

1) การทดสอบมาตรฐานระดับชาติ จากผลการทดสอบระดับชาติ O-NET, GAT/PAT

สำหรับการทดสอบ O-NET ในรายวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ข้อสอบจะเป็นแบบปรนัยหลายตัวเลือก โดยมีทั้งตัวเลือก ซึ่งจะมีทั้งข้อสอบที่มี 1 คำตอบ และข้อสอบที่มีมากกว่าหนึ่งคำตอบ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2558)

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนานาชาติ

2.1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนานาชาติ ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์จากโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment)

การประเมินของ PISA (OECD, 2015; Schleicher et al., 2009) ทางด้านวิทยาศาสตร์นี้ ได้เน้นให้นักเรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ (science literacy) ซึ่งกรอบแนวการวัดและประเมินของการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA มีดังนี้

(1) บริบท ได้แก่ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งในระดับบุคคล ระดับประเทศ และระดับโลก

(2) ความรู้ ได้แก่ ความเข้าใจในข้อเท็จจริง มโนทัศน์ และทฤษฎีที่มีพื้นฐานอยู่บนความรู้วิทยาศาสตร์ ความรู้ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น (ความรู้เชิงเนื้อหา) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสร้างความรู้ (ความรู้เชิงวิธีการ) และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักเหตุผลและการพิสูจน์โดยการใช้วิธีการเหล่านี้ (ความรู้เชิงทฤษฎี)

(3) สมรรถนะ ได้แก่ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ ประเมินและออกแบบการสืบเสาะด้านวิทยาศาสตร์ และแปรความหมายของข้อมูลและหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์

(4) เจตคติ ได้แก่ เจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ซึ่งชี้วัดโดยความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเห็นคุณค่าของแนวทางการสืบเสาะด้านวิทยาศาสตร์ และรับรู้และตระหนักถึงประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อม

2.2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนานาชาติ ด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ จากโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study)

โครงการ TIMSS (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ได้ระบุกรอบการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา (content domain) และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (cognitive domain) ดังนี้

(1) ด้านเนื้อหา สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครอบคลุม 4 เรื่อง ได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

(2) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ (knowing) การประยุกต์ใช้ความรู้ (applying) และการใช้เหตุผล (reasoning)

2.3 แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

Yapici and Akbayin (2012) ได้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในบทเรียน การจัดประเภทของสิ่งมีชีวิตในความหลากหลายทางชีวภาพ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 (เกรด 9) ในวิชาชีววิทยา สำหรับวัตถุประสงค์ในการพัฒนานี้ แบบสอบทดลองใช้มี 50 คำถาม โดยทดลองใช้กับ

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (เกรด 10) จำนวน 120 คน ซึ่งแบบสอบนี้มีความสอบคล้องกับระดับความรู้และความเข้าใจในด้านพุทธิพิสัย แบบสอบนี้แต่ละข้อมี 4 ตัวเลือก เมื่อทำการปรับข้อสอบแล้วได้ทั้งหมด 40 ข้อ

Gambari, Yaki, Gana, and Ughovwa (2014) ได้ใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา (Biology Achievement Test, BAT) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยหลายตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ โดยแต่ละข้อมีตัวเลือกคำตอบ 5 ตัวเลือก ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 120 คน แบบสอบนี้ได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนชีววิทยา และการทดสอบและการวัด และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.79 โดยใช้ Kuder Richardson (KR20)

Sakiyo and Waziri (2015) ได้ใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยแบบทดสอบเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ เครื่องมือนี้ปรับมาจากแบบทดสอบชีววิทยาของ West African Examination Council (WAEC) จากปีค.ศ. 2005 – 2010 ซึ่งเป็นข้อสอบวัดด้านพุทธิพิสัย 6 ด้านตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (ด้านความรู้ 25% ด้านความเข้าใจ 25% ด้านการประยุกต์ใช้ 15% ด้านการวิเคราะห์ 15% ด้านการสังเคราะห์ 10% และด้านการประเมิน 10%) เครื่องมือนี้ถูกนำมาใช้ทดลองกับนักเรียน 30 คนจากโรงเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และมีค่าดัชนีความเชื่อมั่น cronbach alpha เท่ากับ 0.78 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม

จากแนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา จึงเลือกวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย โดยมีความมุ่งเน้นไปทางด้าน ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำไปใช้ โดยใช้แบบสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื่องจากเป็นผลสัมฤทธิ์ที่สามารถวัดได้หลังเรียน และใช้แบบสอบปรนัยแบบเลือกตอบเนื่องจากเป็นแบบสอบที่สามารถออกสอบได้ครอบคลุมหลักสูตร อีกทั้งสามารถนำมาปรับปรุงต่อได้ดียิ่งขึ้นโดยสามารถหาค่าความยากง่าย ค่าความเชื่อมั่น ค่าของความเที่ยงตรง เป็นต้น

3. การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ประเด็นที่นำเสนอได้แก่ 3.1 ความหมายของการโต้แย้ง 3.2 องค์ประกอบของการโต้แย้ง 3.3 ความหมายของข้อโต้แย้ง 3.4 องค์ประกอบของข้อโต้แย้ง 3.5 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน 3.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน และ 3.7 บทบาทครูและ

นักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน โดยมีรายละเอียดในแต่ละประเด็นนำเสนอดังนี้

3.1 ความหมายของการโต้แย้ง

Van and Grootendorst (2004) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งว่า การโต้แย้ง เป็นกิจกรรมเชิงตรรกะ สังคม และใช้คำพูด ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในผู้วิจารณ์เชิงเหตุผลในการยอมรับในแง่คิด โดยการเสนอข้อเสนอที่อาจได้รับการพิสูจน์หรือได้รับการปฏิเสธในข้อเสนอนั้น

Richard (2016) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งว่า การโต้แย้ง หมายถึงกระบวนการสร้างเหตุผล พิสูจน์ความเชื่อ และเขียนข้อสรุป ที่มีเป้าหมายในการมีอิทธิพลต่อความคิดหรือการกระทำของผู้อื่น

Toulmin (2003) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งว่า การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการเชื่อมโยงความคิดเข้ากับเหตุผลที่เหมาะสม

โดยสรุปแล้ว การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการสร้างเหตุผล เพื่อนำไปสู่การพิสูจน์ความเชื่อโดยการเสนอข้อเสนอที่อาจได้รับการพิสูจน์ยอมรับหรือได้รับการปฏิเสธก็ได้

3.2 องค์ประกอบของการโต้แย้ง

สำหรับองค์ประกอบของการโต้แย้ง ได้ยึดองค์ประกอบตามข้อระบุของ Allan (2008) ได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งไว้ดังนี้

1) เข้าใจและระบุข้อโต้แย้ง ว่าแสดงเป็นนัยหรือมีความชัดเจน และเป้าหมายของผู้มีส่วนร่วมในการโต้แย้งในการอภิปรายแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน

2) ระบุข้อตั้ง (premise) จากข้อสรุปที่ได้รับ

3) สร้างการพิสูจน์ (burden of proof) คือ ระบุว่าเพราะเหตุใดความคิดผู้ที่สร้างข้อกล่าวอ้างเริ่มต้นและได้รับความน่าเชื่อถือในการเสนอหลักฐานจึงได้รับการยอมรับ

4) มีการชักจูงผู้สนับสนุนโดยการระดมหลักฐานการพิสูจน์เพื่อให้เข้าใจความคิดของตน และเกิดความมั่นใจในการยอมรับหรือตอบโต้ฝ่ายตรงข้าม

5) ในการโต้แย้ง มีการเพิ่มเติมการพิสูจน์ของผู้มีส่วนร่วม โดยจะต้องมีการระบุการให้เหตุผลที่ผิดพลาดในข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้าม วิจารณ์เหตุผล/ข้อตั้งของข้อโต้แย้ง แสดงตัวอย่างที่ขัดแย้ง

หากเป็นไปได้ ระบุความคิดที่ไม่ถูกต้องเชิงตรรกะ และแสดงให้เห็นว่าเหตุใดข้อสรุปที่สมเหตุสมผลจึงไม่สามารถนำมาจากเหตุผลที่ถูกนำเสนอของฝ่ายตรงข้าม

3.3 ความหมายของข้อโต้แย้ง

Labossiere (2008a) ได้กล่าวว่า ข้อโต้แย้งเป็นกลุ่มของข้อกล่าวอ้าง (set of claims) ซึ่งข้อกล่าวอ้างหนึ่ง ๆ จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ หรือไม่ก็ได้ ข้อกล่าวอ้างประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนแรกคือ ข้อตั้ง (premise) ข้อตั้งเป็นข้อกล่าวอ้างที่อาจเป็นหลักฐานหรือเหตุผลสำหรับการยอมรับข้อสรุป โดยจำนวนของข้อตั้งไม่มีจำกัดในการโต้แย้งหนึ่ง ๆ เพื่อหาข้อตั้งในข้อโต้แย้ง จะตั้งคำถามว่า หลักฐานที่ให้มาสำหรับประเด็นโต้แย้งคืออะไร ถ้าไม่มีหลักฐาน ก็จะไม่มีข้อตั้ง และไม่มีข้อโต้แย้ง

ส่วนที่สองข้อสรุป (conclusion) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากข้อตั้ง (premise) ในหนึ่งข้อโต้แย้งจะมีหนึ่งข้อสรุปเพียงเท่านั้นแม้ว่าข้อสรุปจากข้อโต้แย้งหนึ่ง ๆ จะสามารถนำมาใช้เป็นข้อตั้งของข้อโต้แย้งอื่นได้ก็ตาม การหาข้อสรุปนั้นหาได้โดยตั้งคำถามว่าประเด็นที่สร้างขึ้นคือประเด็นอะไร ถ้าไม่มีประเด็นใดเกิดขึ้น แสดงว่าไม่มีข้อสรุป และไม่มีการโต้แย้ง

Labossiere (2008b) ยังได้กล่าวว่า ข้อโต้แย้งเป็นชุดของข้อกล่าวอ้าง (set of claim) ซึ่งข้อกล่าวอ้างหนึ่งได้รับการสนับสนุนยืนยันจากข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ โดยข้อกล่าวอ้างประเภทแรกคือข้อตั้ง (premise) และข้อกล่าวอ้างประเภทที่สองคือข้อสรุป (premise)

Sampson and Clark (2008) ได้แบ่งแยกระหว่างข้อโต้แย้งและการโต้แย้งโดยระบุว่า ข้อโต้แย้ง หมายถึง ข้อมูลที่นักเรียนคนหนึ่งหรือกลุ่มของนักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงและพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ขณะที่การโต้แย้ง หมายถึงกระบวนการสร้างข้อมูลดังกล่าว

สรุปได้จาก Sampson and Clark (2008) ว่า ข้อโต้แย้ง เป็นกลุ่มของข้อโต้แย้งหรือข้อความอันเกิดจากกระบวนการการโต้แย้ง ที่จะถูกนำเสนอเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงหรือพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปอื่น

3.4 องค์ประกอบของข้อโต้แย้ง

Toulmin (2003) ได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งไว้ 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อมูล (data) เป็นข้อเท็จจริงหรือเหตุการณ์ที่นำมาใช้ในการพิสูจน์ข้อโต้แย้ง

2) ข้อกล่าวอ้าง (claim) เป็นข้อแถลง (statement) ที่ผ่านการโต้แย้ง (ข้อวินิจฉัย/thesis)

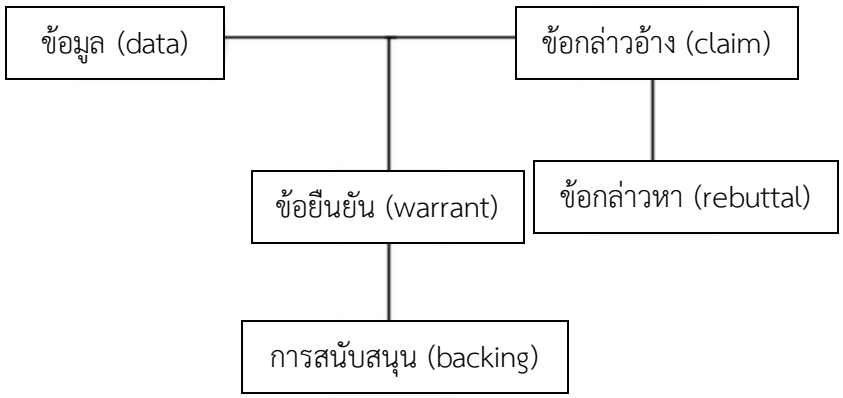
3) ข้อยืนยัน (warrant) เป็นข้อแถลงเชิงตรรกะที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูล

4) ข้อจำกัด (qualifiers) เป็นข้อแถลงที่จำกัดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งหรือเป็นข้อแถลงที่นำเสนอเงื่อนไขภายใต้ข้อโต้แย้งที่เป็นจริง

5) ข้อกล่าวหา (rebuttals) เป็นข้อโต้แย้งที่ต่อต้าน หรือเป็นข้อแถลงที่ชี้ให้เห็นว่าข้อโต้แย้งนั้นไม่เป็นจริง

6) การสนับสนุน (backing) เป็นข้อแถลงที่ช่วยสนับสนุนข้อยืนยัน (ตัวอย่างเช่น ข้อโต้แย้งที่ไม่มีความสำคัญในการสนับสนุนประเด็นสำคัญ แต่สนับสนุนว่าข้อยืนยืนเป็นจริง)

แผนภาพที่ 1 รูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin



ที่มา http://www4.ncsu.edu/~catonell/documents/Toulmin.pdf

นอกจากนี้ การโต้แย้งยังมีเป้าหมายในการได้รับความเชื่อถือจากผู้รับรู้ บุคคลโต้แย้งเพื่อได้รับการยอมรับในความคิดของตนเอง และการโต้แย้งเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้ฟังและผู้ชมเป็นสำคัญ ซึ่งคาดหวังที่จะชักจูงให้ผู้ชมหรือผู้ฟังได้แสดงข้อกล่าวอ้างและกระตุ้นให้ได้รับการสนับสนุน (UMC Web Team, 2007)

3.5 ความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน เป็นการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้มีการระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อโต้แย้งตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin อันได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ข้อยืนยันหรือเหตุผล ข้อสรุป อีกทั้งยังรวมไปถึงการให้ผู้เรียนได้ระบุประเภทและประเมินองค์ประกอบของข้อโต้แย้งดังกล่าว ดังเช่นการประเมินหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้าง โดยที่นักเรียนจะต้องมีการบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน และมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีการให้เหตุผลระดับสูง (Bulgren et al., 2014)

3.6 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ได้แก่ 1) The Argumentation and Evaluation Guide (AEG) 2) The Argumentation and Evaluation Strategy (AES) และ 3) The Argumentation and Evaluation Routine (AER) (Bulgren et al., 2014) โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบมีดังต่อไปนี้

1) The Argumentation and Evaluation Guide (AEG) หรือแนวคำตอบในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์และการประเมินข้อกล่าวอ้าง ในระหว่างกระบวนการจัดการเรียนรู้ ข้อมูลที่สอดคล้องกับแต่ละขั้นตอน 9 ขั้นจะถูกเขียนบน AEG แต่ละขั้นจะมีหมายเลขและคำถามนำ มีพื้นที่ว่างสำหรับเติมคำตอบในแต่ละคำถาม คำถามนำมีดังต่อไปนี้คือ

1.1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คืออะไร ประกอบด้วยคำขยาย (qualifier) อะไรบ้าง

1.2) หลักฐาน (evidence) ที่ถูกนำเสนอคืออะไร

1.3) ระบุประเภทของหลักฐาน (ข้อมูล, ข้อเท็จจริง, ความคิดเห็น, ทฤษฎี)

1.4) ประเมินคุณลักษณะของหลักฐานว่าไม่เพียงพอ ปานกลาง หรือดี

1.5) เหตุผลรับรอง (ข้อสนับสนุน) ที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างคืออะไร

1.6) ระบุลักษณะของการให้เหตุผล ว่าเป็นความคิดส่วนบุคคล ทฤษฎี หรือประเภทของตรรกะอันได้แก่ การเปรียบเปรย ความสัมพันธ์ สาเหตุและผลลัพธ์ หรือการสร้างหลักการทั่วไป)

1.7) ประเมินคุณลักษณะความเหมาะสมของการให้เหตุผลว่าไม่เหมาะสม ปานกลาง หรือดี

1.8) ความกังวลของนักเรียนเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างคืออะไร (ข้อโต้แย้ง, ข้อคัดค้าน, คำถาม)

1.9) ยอมรับ ปฏิเสธ หรือยังไม่ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง อธิบายเกี่ยวกับการตัดสินใจของนักเรียน

ครูจะจัดทำแนวคำตอบในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน (AEG) เสร็จสมบูรณ์ทั้งส่วนคำถามและคำตอบก่อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งปรากฏอยู่ในแผนเท่านั้น ขณะที่ภายในชั้นเรียน ครูและนักเรียนจะมีการสนทนาและเติมคำตอบลงไปในช่องว่าง ดังนั้นคำแนะนำในชั้นเรียนของครูอาจแตกต่างจากแผนการเรียนรู้ที่ครูวางไว้เนื่องจากความคิดความเข้าใจ คำถาม และการมีส่วนร่วมของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างของแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน (Bulgren et al., 2014) แสดงอยู่ในรูปตารางดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน (AEG) ประเด็นศึกษา *ดื่มน้ำโคลา 3 กระป๋องต่อวันทำให้กระดูกผุกร่อนในผู้หญิงหรือไม่*

<table>
<tr><td colspan="4">(1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คืออะไร มีข้อจำกัด (qualifier) หรือไม่ (ถ้ามีขีดเส้นใต้คำด้วย) ดื่มน้ำโคลา 3 กระป๋องต่อวันอาจทำให้กระดูกผุกร่อนในผู้หญิง</td></tr>
<tr><td>(2) หลักฐาน (evidence) ที่นำเสนอคืออะไร

การศึกษาของ Harvard กับโรงเรียนหญิง 2,400 โรงเรียนพบว่ามวลกระดูกต่ำในผู้หญิงที่ดื่มน้ำโคล่าตั้งแต่ 3 กระป๋องขึ้นไปต่อวัน
การศึกษาในผู้หญิงทั่วไป 2,500 คน ก็พบแบบเดียวกันใน
มหาวิทยาลัย Tufts พบว่าผู้หญิงมีความหนาแน่นกระดูกลดลง5%
กรดฟอสฟอริกในโคล่าไปรบกวนแคลเซียมในการสร้างกระดูก</td><td>(3) ประเภทของหลักฐาน (ข้อมูล ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น หรือทฤษฎี)

ข้อมูล
ข้อมูล

ข้อมูล
ทฤษฎี</td><td>(5) เหตุผลรับรอง (ข้อสนับสนุน) ที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างคืออะไร

สถาบันที่น่าเชื่อถือพบว่าการดื่มน้ำโซดามากกว่า 3 ขวดต่อวันทำให้ผู้หญิงมีความหนาแน่นกระดูกลดลงมากกว่าคนที่ไม่ได้ดื่ม
ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์ถูกสนับสนุนโดยทฤษฎีที่ว่ากรดฟอสฟอริกรบกวนการสร้างกระดูกทำให้กระดูกอ่อนแอ</td><td>(6) ระบุลักษณะของการให้เหตุผล (ความคิดส่วนบุคคล, ทฤษฎี, หรือประเภทของตรรกะเช่น การเปรียบเปรย ความสัมพันธ์ สาเหตุและผลลัพธ์ หรือการสร้างหลักการทั่วไป)

ความคิดเห็นส่วนบุคคล และตรรกะแบบสาเหตุและผลลัพธ์
ทฤษฎี</td></tr>
<tr><td colspan="2">(4) ประเมินคุณลักษณะของหลักฐานว่าไม่เพียงพอ ปานกลาง หรือดี อธิบายรายละเอียด
ความน่าเชื่อถือ ..... ดี – มีการศึกษาที่หลากหลายแตกต่าง
ความถูกต้อง ..... ดี – ศึกษาผู้หญิงและเขียนข้อสรุป
ความเป็นกลาง ..... ดี – สถาบันมีความน่าเชื่อถือ
ความเป็นระเบียบวิธี ..... ดี – หลายสาขาวิชา</td><td colspan="2">(7) ประเมินคุณลักษณะความเหมาะสมของการให้เหตุผลว่าไม่เหมาะสม ปานกลาง หรือดี อธิบายการประเมินของนักเรียน
ความคิดเห็นส่วนบุคคล ..... ดี - เพราะเป็นสถาบันที่น่าเชื่อถือ
ความเกี่ยวข้องกับทฤษฎี ..... ดี – เพราะเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับ
ประเภทของตรรกะ ..... ดี - เพราะใช้ตรรกะในการอธิบายสาเหตุและผลลัพธ์</td></tr>
<tr><td colspan="4">(8) ความกังวลของนักเรียนเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างคืออะไร (ข้อโต้แย้ง, ข้อคัดค้าน, คำถาม)แต่น่าจะศึกษาในเพศชายด้วยเช่นกัน</td></tr>
<tr><td colspan="4">(9) ยอมรับ ปฏิเสธ หรือยังไม่ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง อธิบายเกี่ยวกับการตัดสินใจของนักเรียนยอมรับข้อกล่าวอ้างเพราะค้นพบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลลัพธ์</td></tr>
</table>

2) The Argumentation and Evaluation Strategy (AES)

กลวิธีนี้ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนดังนี้คือ

2.1) ระบุข้อกล่าวอ้างและคำขยาย

2.2) ระบุหลักฐานที่นำเสนอ

2.3) ระบุประเภทของข้อมูลหลักฐาน

2.4) ประเมินคุณสมบัติความเหมาะสมของหลักฐาน

2.5) แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างไปสู่หลักฐาน

2.6) ระบุลักษณะของการให้เหตุผลตามทฤษฎี

2.7) ประเมินคุณสมบัติความเหมาะสมของการให้เหตุผล

2.8) แสดงข้อโต้แย้งหรือตั้งคำถามใหม่

2.9) เขียนข้อสรุป

3) The Argumentation and Evaluation Routine (AER)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นี้ถูกออกแบบเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ของครูและเพื่อแนะแนวการอภิปรายของนักเรียนทั้งอภิปรายในชั้นเรียนและการอภิปรายในกลุ่มเล็กย่อย ๆ วิธีนี้มี 3 ระยะขั้นตอนคือ การบอกเป็นนัย (cue) การปฏิบัติ (do) และการทบทวน (review)

ขั้นตอนการบอกเป็นนัย ครูเกริ่นหัวข้อการเรียนรู้ของบทเรียน ให้ข้อมูลนักเรียนเกี่ยวกับความสำคัญและประโยชน์ของความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูล แจกและอธิบายแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน พร้อมกับเตือนให้นักเรียนเตรียมจดบันทึกบนแบบบันทึกกิจกรรม และให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสนทนา

ขั้นการปฏิบัติ ครูให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมตามลำดับขั้น 9 ขั้นในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นตอนการทบทวน ครูให้นักเรียนร่วมกันทบทวนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแต่ละข้อคำถาม พร้อมทั้งวิเคราะห์และประเมินข้อกล่าวอ้างและข้อสนับสนุนข้อโต้แย้ง

3.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

กรอบแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่เกี่ยวข้องได้แก่ ทฤษฎีแห่งความรู้หรือญาณวิทยา และทฤษฎีการโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการโต้แย้งคือ ญาณวิทยา (epistemology) หรือ ทฤษฎีความรู้ (theory of knowledge) เป็นทฤษฎีที่มีความสำคัญต่อการคิดเกี่ยวกับโครงสร้างและการใช้การโต้แย้งในสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Duschl & Osborne, 2002) ญาณวิทยาหรือ

epistemology มาจากคำว่า “episteme” ซึ่งหมายถึง “ความรู้” และ “logos” หมายถึง “การศึกษาหรือศาสตร์ของ” (Truncellito, 2002) ญาณวิทยาจึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ เพื่อช่วยในการตอบคำถามว่า เราสามารถรู้ได้อย่างไร ซึ่งเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของมโนทัศน์ การสร้างมโนทัศน์ ความสมเหตุสมผล การให้เหตุผลเชิงตรรกะ ความคิด แนวคิด ความรู้สึก และจิตใจ ญาณวิทยาพิจารณาเกี่ยวกับว่าจิตใจของเราสามารถสัมพันธ์กับความเป็นจริงได้อย่างไร และพิจารณาว่าความสัมพันธ์นี้สมเหตุสมผลหรือไม่

ญาณวิทยามักจะไม่ได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับวิธีการที่ให้ได้มาซึ่งความรู้ แต่มุ่งเน้นไปที่ความรู้ที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (propositional knowledge) ญาณวิทยาจึงเป็นการอธิบายเกี่ยวกับวิธีการคิดเพื่อให้สามารถกำหนดสิ่งที่ถูกต้องจากสิ่งที่ผิดได้ โดยการกำหนดวิธีการประเมินที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นจะต้องนำมาใช้และบรรจุความรู้ของโลกที่อยู่รอบตัวเรา หากปราศจากญาณวิทยา เราจะไม่สามารถคิดได้ นอกจากนี้เรายังไม่มีเหตุผลที่จะเชื่อในความคิดของเราว่าถูกต้องหรือไม่ หากเรามีญาณวิทยาที่ไม่ถูกต้อง เราจะสามารถแยกความถูกต้องออกจากสิ่งที่ผิดได้ หากญาณวิทยามีความถูกต้อง เราก็จะสามารถเข้าใจความเป็นจริงได้ และสามารถใช้ความรู้ในการสนับสนุนเป้าหมายและชีวิตของเราได้ด้วยเช่นกัน (Landauer & Rowlands, 2001)

เครื่องมือที่ใช้ในการให้ได้มาซึ่งความรู้สำหรับญาณวิทยา ได้แก่ เหตุผล ซึ่งเป็นวิธีการให้ได้มาซึ่งความรู้และความเข้าใจ ตรรกะ อันเป็นวิธีการที่ดำรงความสอดคล้องภายในกลุ่มก้อนของความรู้ปรนัย เป็นความรู้กับความจริงที่เชื่อมโยงกันเพื่อกำหนดความสมเหตุสมผล มโนทัศน์เป็นข้อความสั้น ๆ หรือรายละเอียดของความจริง และญาณวิทยาที่เหมาะสมคือญาณวิทยาเชิงตรรกะ

อีกทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้งและประเมินคือ ทฤษฎีการโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งได้เห็นว่า ข้อโต้แย้งเป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบสอบและภาษาอันเป็นพื้นฐานของรูปแบบการคิด ทั้งนี้ Toulmin มีความเข้าใจว่าวาทศาสตร์อันเป็นการศึกษาหลักการ เทคนิคการใช้ภาษา มีความเกี่ยวข้องกับตรรกะอย่างใกล้ชิด และเห็นว่าตรรกะมีความจำเป็นที่จะต้องใช้และฝึกฝนมากยิ่งขึ้น วาทศาสตร์ที่เป็นการศึกษาวิธีสื่อสารของผู้พูดและการตีความของผู้ฟังนั้นเชื่อมโยงกับความรู้ที่เป็นไปได้และการประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าวกับสถานการณ์จริง นอกจากนี้ Toulmin ยังเห็นว่า การให้เหตุผลที่ดีเป็นสิ่งที่ควรได้รับการสนับสนุน ซึ่งการให้เหตุผลจะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (claims) อีกทั้ง Toulmin ยังได้ให้ความสำคัญต่อฐานคติของผู้เขียนและต้องการให้ผู้อ่านประเมินค่าฐานคติของผู้เขียน โดยทั้งผู้เขียนและผู้อ่านมีการแลกเปลี่ยนการประเมินค่าฐานคติร่วมกัน (Greenwald, 2007)

องค์ประกอบการโต้แย้งของ Toulmin นั้น เป็นการให้เหตุผลจากข้อมูลเพื่อนำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง (claim) โดยการใช้ข้อยืนยัน (warrant) ซึ่งเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ประกอบกับมีส่วน

อื่นที่ช่วยสนับสนุนสำหรับข้อยืนยัน และนำเสนอข้อจำกัด (qualifier) และข้อกล่าวหา (rebuttal) ที่มีต่อข้อกล่าวอ้าง อันเป็นองค์ประกอบของการโต้แย้งเหล่านี้ (Bulgren et al., 2014)

3.8 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นี้ออกเป็น 3 ระยะขั้นตอนคือ การบอกเป็นนัย (cue) การปฏิบัติ (do) และการทบทวน (review) ซึ่งนำมาวิเคราะห์บทบาทครูและนักเรียนดังในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนรู้โดยการโต้แย้งและการประเมิน (Bulgren et al., 2014)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การบอกเป็นนัย (cue)	1. ครูเกริ่นหัวข้อการเรียนรู้ของบทเรียน 2. ครูให้ข้อมูลนักเรียนเกี่ยวกับความสำคัญและประโยชน์ของความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูล 2. ครูแจกและอธิบายแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน 3. เตือนให้นักเรียนเตรียมจดบันทึกบนแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมินที่แจก และให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสนทนา	1. นักเรียนรับทราบหัวข้อการเรียนรู้ของบทเรียน ข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญและประโยชน์ของความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูล แบบบันทึกกิจกรรม 2. นักเรียนศึกษารายละเอียดในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน พร้อมเตรียมจดบันทึก
2. การปฏิบัติ (do)	1. ครูให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมตามลำดับขั้น 9 ขั้นตามแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน 2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสนทนาภายในกลุ่ม	1. นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมตามลำดับขั้นคำถาม 9 คำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน
3. การทบทวน (review)	1. ครูให้นักเรียนร่วมกันทบทวนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแต่ละคำถาม	1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายแบบบันทึกกิจกรรมโดยอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแต่ละข้อคำถาม

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	2. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์และประเมินข้อกล่าวอ้างและข้อสนับสนุนข้อโต้แย้ง	2. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และประเมินข้อกล่าวอ้างและข้อสนับสนุนข้อโต้แย้ง

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษางานวิจัยอันเป็นแนวทางในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยแบ่งหัวข้อการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ในประเทศ

ภคพร อิสระ (2557) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอบแบบทั่วไป รวมไปถึงเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้ ผลการทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดกว่าร้อยละ 70

ต่างประเทศ

Felton et al. (2009) ได้ศึกษาผลของการใช้การสนทนาเชิงโต้แย้งที่มีต่อการเรียนรู้และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเมืองใกล้กับ Tarrangona ประเทศสเปน

โดยเปรียบเทียบการสนทนาแบบการโต้เถียง (dispute) ซึ่งมีเป้าหมายในการปกป้องข้อสรุปของตนเองและต่อต้านข้อสรุปอื่น และแบบการปรึกษากัน (deliberation) ซึ่งมีเป้าหมายในการหาข้อสรุปจากตัวเลือกที่ขัดแย้งกัน โดยการเปรียบเทียบและประเมินตัวเลือก ซึ่งจากการศึกษา ได้เสนอว่า การโต้แย้งโดยการสนทนาทั้งสองแบบนั้นมีผลต่อการให้เหตุผล เมื่อมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม เมื่อนักเรียนถูกกระตุ้นให้ค้นหาข้อสรุปมากว่าจะปกป้องความคิดตนเอง นักเรียนจะมีความเข้าใจและจดจำข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้ดีกว่า

Acar and Patton (2012) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยมีการโต้แย้งเป็นฐานในการพัฒนาทักษะการโต้แย้งและทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนามธรรม (formal scientific reasoning) โดยการวัดการให้เหตุผลนั้นใช้แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson ในการวัดทักษะการให้เหตุผลเช่น การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น การให้เหตุผลแบบเชื่อมโยง การให้เหตุผลเชิงความสัมพันธ์ และการให้เหตุผลเชิงสมมติฐาน เป็นต้น โดยแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบปรนัยมีตัวเลือกสองทิศทาง (two-tier) จากผลการทดสอบ พบว่า คะแนนการให้เหตุผลหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 8.26 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ซึ่งสูงกว่าคะแนนการให้เหตุผลก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีคะแนนการให้เหตุผลก่อนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 7.02 คะแนน ซึ่งเมื่อศึกษางานวิจัยของเชน (Schen, 2007; cited in Acar, 2012) พบว่าการให้เหตุผลแบบนามธรรมนี้ไม่เกิดการพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาระดับวิทยาลัยได้เมื่อไม่มีการสอนทักษะการโต้แย้ง ดังนั้นงานวิจัยของอาคาร์นี้จึงเสนอว่าทักษะการให้เหตุผลอาจจะได้รับการปรับปรุงในรายวิชาระดับวิทยาลัยที่มีการจัดการเรียนรู้โดยมีการโต้แย้งในหลักสูตร

Acar (2014) ได้ศึกษาความแตกต่างของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความรู้เชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ ระหว่างครูวิทยาศาสตร์ที่มีมโนทัศน์ที่ผิดพลาด และครูที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งครูทั้งสองกลุ่มนี้มีคะแนนการให้เหตุผล ความรู้เชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์แตกต่างกันก่อนเรียน เมื่อมีการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีการโต้แย้งเป็นฐาน (argumentation-based guided inquiry) พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ คะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ของครูที่มีมโนทัศน์ที่ผิดพลาดและครูมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมีช่วงความแตกต่างที่แคบลง ขณะที่คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของครูทั้งสองกลุ่มยังคงมีช่วงความแตกต่างอยู่ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของครูทั้งสองกลุ่มสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ในประเทศ

วรัญญา จำปามูล (2555) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น วัตถุประสงค์สำหรับการวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 64.67 จัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี 2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ต่างประเทศ

Cross et al. (2008) ได้ศึกษากลวิธีการโต้แย้งที่ช่วยในการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ซึ่งวัดโดยการประเมินก่อนการเรียนรู้และการประเมินหลังการเรียนรู้ และการกระตุ้นความสนใจในการโต้แย้งทางด้านวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนรายวิชาชีววิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 (เกรด 10 และ 11) จำนวน 28 คน เพศชาย 14 คน และเพศหญิง 14 คน ในจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา โดยงานวิจัยนี้มีการให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างของตนเองและวิเคราะห์ข้อกล่าวอ้างของเพื่อนอีกด้วย จากการศึกษาพบว่า โครงสร้างแบบการโต้แย้งที่นักเรียนปฏิบัติเป็นกลุ่มแบบร่วมมือมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทางวิทยาศาสตร์ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยตัวอย่างนักเรียน 3 คน ได้แก่ เดวิด แจ็ค และสตีฟ โดยที่ สตีฟไม่เพียงแต่ระบุว่าข้อกล่าวอ้างของเดวิดไม่สมบูรณ์แต่ยังได้อธิบายอีกว่าเหตุใดจึงไม่สมบูรณ์ ซึ่งสนับสนุนว่า บุคคลที่รู้ว่าส่วนไหนที่เป็นคำตอบที่ผิดมีแน้วโน้มที่จะมีความรู้มากกว่าบุคคลที่รู้แค่ส่วนไหนเป็นส่วนที่ถูกต้อง สตีฟได้ให้ข้อจำกัด (qualifier) และข้อคัดค้าน (rebuttal) มากที่สุดในชั้นเรียน แสดงถึงการมีความรู้ในประเด็นที่ซึ่ง

ข้อความโต้แย้งไม่เป็นจริงและข้อจำกัดบางประการของข้อโต้แย้ง นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งของสตีฟยังช่วยในการทำให้มโนทัศน์ที่ผิดพลาดที่อาจมีในตัวเขากระจ่างขึ้นอีกด้วย โดยผลการทดสอบของเขาเป็นตัวบ่งบอก

ในอีกแง่หนึ่ง เดวิดได้ระบุข้อกล่าวอ้าง (claims) และข้อยืนยัน (warrants) มากกว่านักเรียนคนอื่นในกลุ่ม บางคนอาจมีความเห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำกัดของเขาจะลดความสามารถในการดำเนินการโต้แย้ง อย่างไรก็ตาม การมีส่วนร่วมและการสนทนาของเดวิดทำให้เขาได้มีโอกาสเห็นถึงมโนทัศน์ที่ผิดพลาดของตนเอง และเข้าถึงข้อมูลเพิ่มเติมอื่น ๆ ทำให้เขาสามารถประเมินความเข้าใจของเขาได้อีกครั้ง จากตัวอย่างดังกล่าว ไดออนเนและคณะจึงเสนอว่าการกระตุ้นการโต้แย้งช่วยส่งเสริมความสามารถในการยืนยันและขยายความรู้ของนักเรียนและทำให้แนวความคิดของนักเรียนแต่ละคนกระจ่างขึ้น ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาความรู้ใหม่สำหรับนักเรียนเองและทำให้มโนทัศน์ที่ผิดพลาดกระจ่างขึ้นหรือถูกกำจัดไป

Okumus and Unal (2012) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบโต้แย้งที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเกรด 8 จำนวน 40 คน จากนั้นใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยการเรียนการสอนแบบทั่วไป ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยคือ การโต้แย้งส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบโต้แย้งมีคะแนนผลสัมฤทธิ์แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มทดลองยังได้รับการปรับปรุงพัฒนาด้วยเช่นกัน

Balci and Yenice (2016) ได้ศึกษาผลของกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยมีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในเรื่อง การแบ่งเซลล์และรุ่นลูก ของนักเรียนเกรด 8 จำนวน 77 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยมีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐานจำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปจำนวน 39 คน แล้วเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยมีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

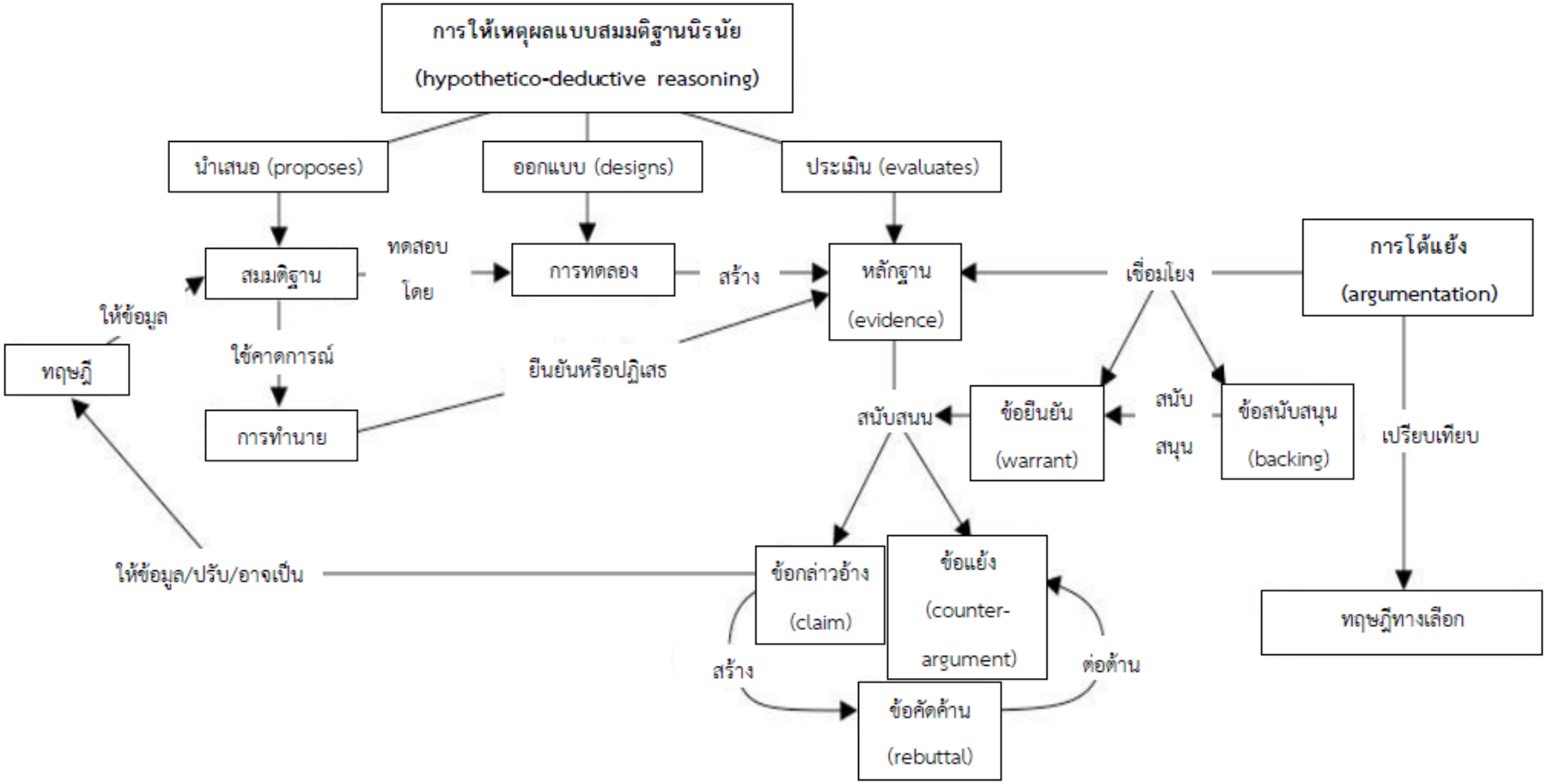
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

Bulgren et al. (2014) ได้ทำการศึกษาจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธี Argumentation and Evaluation Intervention (AEI) การแทรกแซง (intervention) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีการผนวกองค์ประกอบของการโต้แย้งเข้าด้วยกันเพื่อให้นักเรียนมีการเรียนรู้องค์ประกอบของการโต้แย้งโดยเน้นไปที่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีการให้เหตุผลระดับสูง (higher-order reasoning) ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับการโต้แย้ง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 282 คน เกรด 6 7 8 และ 9 ในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 8 กลุ่มตัวอย่าง และครูผู้สอน 8 คน แบบสอบที่ใช้เป็นแบบสอบปลายเปิดเพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนในการประเมินข้อโต้แย้งทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะถูกถามให้มีการระบุข้อกล่าวอ้างและข้อรับรองข้อกล่าวอ้างดังกล่าว ระบุและประเมินเหตุการณ์จากข้อกล่าวอ้าง ยกตัวอย่างการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พิจารณาข้อโต้แย้ง และสร้างและอธิบายข้อสรุปเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง การประเมินนักเรียนใช้รูบริกส์สำหรับแต่ละขั้นของกระบวนการการโต้แย้ง ผลปรากฏว่า นักเรียนทุกระดับมีคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่นักเรียนเกรด 9 มีคะแนนที่สูงขึ้นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระดับชั้นอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากครูผู้สอนได้ทำการสอนนักเรียนเกรด 9 ด้วยวิธีการสอนนี้เพียง 6 ครั้ง ขณะที่นักเรียนเกรดอื่นทำการสอนด้วยวิธีนี้ 10 ครั้ง อย่างไรก็ตาม วิธีการสอนนี้ไม่เหมาะสมกับนักเรียนที่อยู่ในระดับชั้นที่ต่ำกว่านี้

สำหรับเกณฑ์การประเมินในงานวิจัยของ Bulgren นั้น จะใช้คะแนนวัดแต่ละประเด็นย่อย ซึ่งมี 3 ประเด็น ได้แก่ 1. หลักฐาน (การระบุ จัดประเภท และบอกคุณภาพของหลักฐาน) 2. การให้เหตุผล (การระบุ จัดประเภท และบอกคุณภาพของการให้เหตุผล) และ 3. การลงข้อสรุป (การระบุ จัดประเภท และบอกคุณภาพของการลงข้อสรุป) จากผลการประเมินพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการโต้แย้งและการประเมินมีคะแนนด้านหลักฐาน ด้านการระบุข้อกล่าวอ้าง และด้านการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองครั้งนี้จึงมีความสำคัญต่อครูที่ต้องการกระตุ้นนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการให้เหตุผลระดับสูง

Schen (2007) ได้ระบุว่าแผนภาพความสัมพันธ์ของการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยกับการโต้แย้ง โดยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการให้เหตุผลที่มีหลักฐานเป็นฐาน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ห้อมล้อมไปด้วยการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยในการสร้าง ปรับปรุง และตรวจสอบทฤษฎีที่มีหลักฐานเป็นฐาน ดังรูป

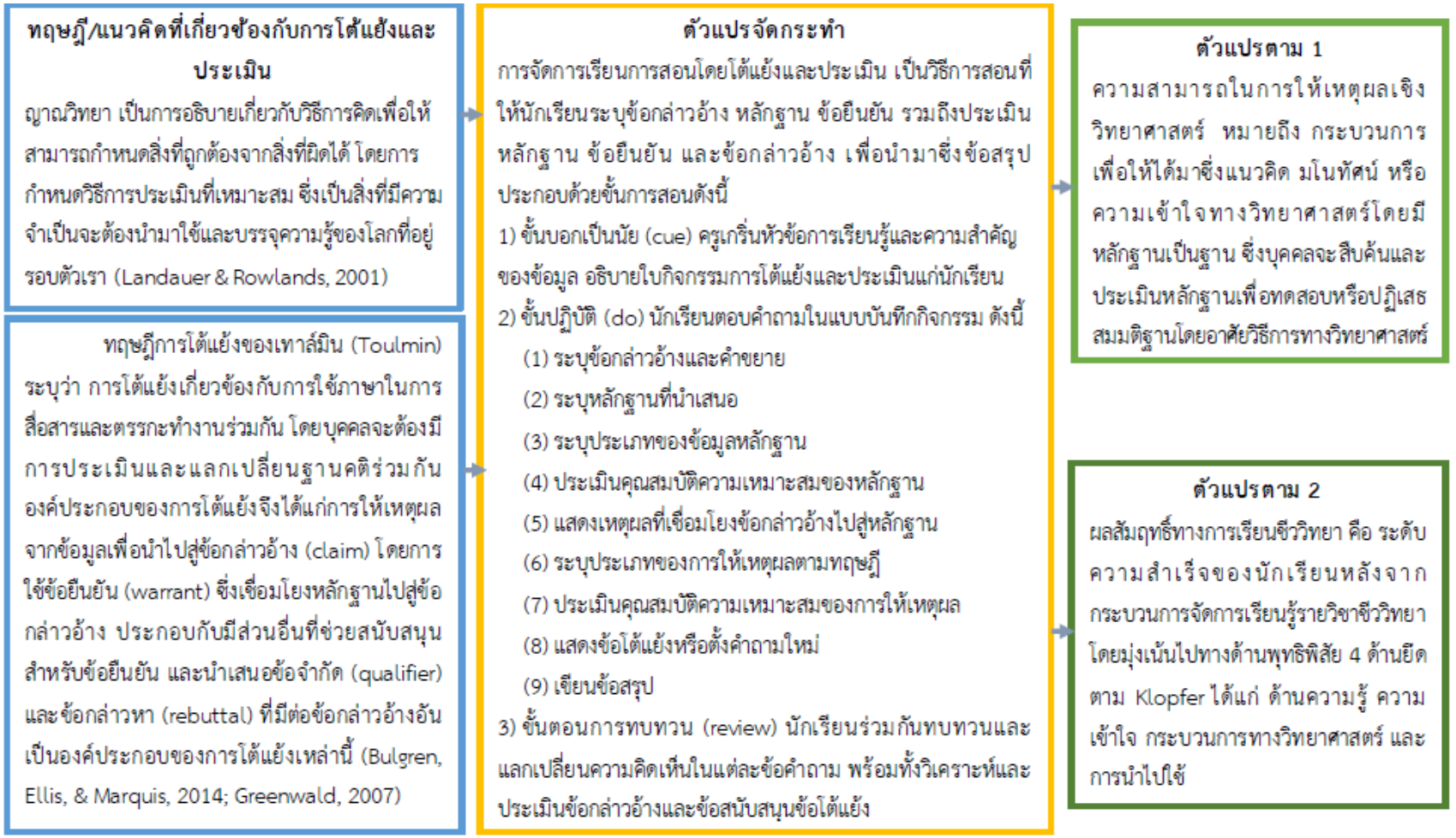


แผนภาพที่ 2 การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐานและการโต้แย้งเพื่อประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ถูกเชื่อมโยงกันโดยมีการเชื่อมโยงกันผ่านทฤษฎี (theory) และหลักฐาน (evidence)

Lajoie et al. (1995) ได้ใช้ Bio-World ในการสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยจัดสิ่งแวดล้อมที่มีการโต้แย้ง ในสิ่งแวดล้อมที่มีการโต้แย้ง ผู้เรียนจะถูกกระตุ้นให้มีการพิสูจน์สมมติฐานในแต่ละสถานการณ์ จัดโครงสร้าง ลำดับขั้น และประเมินค่าหลักฐาน และสร้างข้อโต้แย้งซึ่งเป็นข้อสรุปสุดท้าย ซึ่งการโต้แย้งถูกนำมาใช้ในการสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยที่การโต้แย้งเกี่ยวข้องกับการสร้างทฤษฎีหรือสมมติฐาน การรวบรวมหลักฐาน และการประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐานที่ถูกรวบรวมขึ้นเพื่อการได้มาซึ่งการตัดสินหรือการสรุปที่มีพื้นฐานอยู่บนหลักฐานอย่างมีเหตุผล Toulmin ได้อธิบายว่า การโต้แย้งเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยการสร้างข้อเสนอหรือข้อกล่าวอ้าง และการสนับสนุนและตัดสินข้อกล่าวอ้างดังกล่าวโดยใช้ข้อมูล ข้อเท็จจริง และหลักฐานที่ถูกรวบรวมมา การโต้แย้งยังเกี่ยวข้องกับการพิจารณาสมมติฐานทางเลือกโดยการให้น้ำหนักและการิเคราะห์เกี่ยวกับหลักฐานที่ถูกรวบรวมมา (Lajoie et al., 1995) การโต้แย้งนี้ถือได้ว่าเป็นการประสานกันระหว่างทฤษฎีและหลักฐานที่เชื่อว่าเป็นข้อตั้งหลักที่สำคัญอันเป็นฐานของการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนี้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทั้งในข้อมูลที่ถูกเปิดเผยและทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ Bio-World เกี่ยวกับโรคในกระบวนการการโต้แย้งนี้ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานวินิจฉัยและเลือกหลักฐานที่ช่วยยืนยันหรือคัดค้านการวินิจฉัยของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องผลของการใช้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้มีการดำเนินการวิจัยโดยมีประเด็นหัวข้อนำเสนอ ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
3. ตัวแปรที่ศึกษา
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ two group pretest-posttest design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน และกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง ดังแผนภาพที่ 1

กลุ่มทดลอง	O_1----------X----------O_2
กลุ่มควบคุม	O_1--------~X----------O_2

แผนภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัยแบบ two group pretest-posttest design

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ก่อนการทดลองซึ่งเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลการวิเคราะห์หลังการทดลองซึ่งเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

~X หมายถึง การจัดการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียนใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive selection) โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกโรงเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ที่มีการเปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ โรงเรียนที่เลือกสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เป็นโรงเรียนที่นักเรียนเป็นเพศหญิงทั้งหมด นักเรียนส่วนใหญ่มีครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจค่อนข้างดี จึงมีความพร้อมในการเตรียมสิ่งของ วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนซึ่งครูสามารถมอบหมายให้หามาได้ สำหรับการจัดห้องเรียนมีการจัดเป็นแบบคละความสามารถของผู้เรียนโรงเรียนมีสภาพห้องเรียน สภาพแวดล้อม รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา ซึ่งได้แก่ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีอุปกรณ์โปรเจคเตอร์ มีเก้าอี้และโต๊ะที่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ทั้งกิจกรรมที่จะต้องลงมือปฏิบัติ และกิจกรรมที่จะต้องมีการอภิปรายกันเป็นกลุ่ม เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน นักเรียนจะต้องมีการสืบค้นข้อมูลหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การทดลอง การศึกษาจากใบความรู้ เป็นต้น อีกทั้งนักเรียนจะต้องมีการอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อโต้แย้ง หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนด้วยเช่นกัน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง คือ เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังเรียนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้รับมอบหมายในการจัดการเรียนการสอนจำนวน 3 ห้อง จากนั้นเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็น

นักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 2 ห้องโดยทดสอบความเท่าเทียมด้วยสถิติ ANOVA โดยใช้ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบรายวิชากลางภาคและปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียนในช่วงมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 3 ห้อง ซึ่งพบว่ามีนักเรียนบางห้องที่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 จึงทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ว่าคู่ใดแตกต่างกันโดยใช้ post hoc โดยเลือกสถิติแบบ LSD (Least Significant Difference) ซึ่งมีรายละเอียดคู่ที่แตกต่างดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ในช่วงมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

คู่ที่	ห้อง	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559
1	4.3 และ 4.4	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2	4.3 และ 4.6	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3	4.4 และ 4.6	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตาราง นักเรียนห้องที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนสอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมี 1 คู่ คือนักเรียนห้อง 4.4 และ 4.6 จึงเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 2 ห้องนี้ แล้วเลือกว่าห้องไหนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับสลาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ผู้วิจัยทำการศึกษา มีดังนี้

ตัวแปรจัดกระทำ คือ 1) การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน
2) การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

ตัวแปรตาม คือ 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

2.2) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

2.3) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

1.1) ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

1.2) ศึกษาและคัดเลือกเนื้อหาที่จะทำการสอนให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้

1.3) กำหนดเนื้อหา จำนวนคาบเรียน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนการสอนโดยคร่าว โดยจัดทำแผนการสอนระยะยาวรายวิชาชีววิทยาโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

ตารางที่ 4 เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1	การค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	2
2	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	2
3	การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	2
4	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4	2
5	ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	2
6	ดอก การปฏิสนธิ และผล	3
7	การควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม	2
	รวม	15

1.4) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบทั้งหมด 7 แผน เป็นจำนวนคาบทั้งหมด 15 คาบ จากนั้นดำเนินการนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาแก้ไข ปรับปรุง แล้วเสนออาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ ครูที่มีความชำนาญด้านการสอนรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาตอน

ปลาย ครูที่มีความชำนาญในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และอาจารย์ที่สอนในมหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ และมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผลการตรวจสอบคะแนนคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 51 – 85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 85 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ถึงดีมาก ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับคำแนะนำในการปรับแก้แผนการจัดการเรียนการสอนมีดังต่อไปนี้

(1) แผนที่ 1 เรื่อง การค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ควรปรับแก้กิจกรรม (การออกแบบคำถาม) ให้น่าสนใจและท้ายทายยิ่งขึ้น ร่วมถึงออกแบบให้นักเรียนโต้แย้งในเชิงลึก เนื้อหาและแบบทดสอบควรปรับให้มีการเน้นด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละการทดลองและการสรุปที่เป็นเหตุเป็นผล มากกว่าที่จะเน้นด้านความรู้ความจำ เอกสารเพิ่มเติมควรมีความลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น เช่น อธิบายการทดลองได้อย่างเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ มีวิธีการและผลการทดลองที่เป็นข้อมูลเชิงปฐมภูมิ เป็นต้น

(2) แผนที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ควรปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้น ควรมีการสรุปผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่นักเรียนทำ ควรมีการกำหนดตัวแปรในการทดลองให้ชัดเจน

(3) แผนที่ 3 เรื่อง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ควรมีการปรับกราฟผลการทดลองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรมีการปรับรูปแบบของแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและปรับเปลี่ยนรูปแบบคำถามให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น รวมไปถึงรูปแบบของแบบบันทึกกิจกรรมควรปรับให้ดูน่าสนใจมากยิ่งขึ้น และควรมีการให้ข้อมูลสำหรับการศึกษาของนักเรียนที่ค่อนข้างกระชับ เพื่อที่จะสามารถควบคุมเวลาให้มีการจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามเวลาที่กำหนด

(4) แผนที่ 4 เรื่อง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และ CAM ควรมีการปรับข้อมูลการทดลองที่ให้นักเรียนศึกษา โดยปรับเปลี่ยนจากการให้นักเรียนได้ศึกษาจากใบความรู้มาเป็นการทดลองในชั้นเรียนแทน โดยเลือกศึกษาโครงสร้างของพืชตัดตามขวาง (cross section) พืชท้องถิ่น ดังตัวอย่างพืช C_4 เช่น *Portulaca grandiflora* (คุณนายตื่นสาย แพรเชี่ยงไฮ้) เป็นต้น นอกจากนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การทดลองที่ให้นักเรียนศึกษาเป็นการทดลองที่ไม่มีคุณภาพ เพราะขาดการควบคุมตัวแปรที่ชัดเจน อาจมีข้อยกเว้นสำหรับพืชบางชนิดได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับความคิดเห็นของผู้วิจัยแล้ว ข้อบกพร่องนี้ถือเป็นข้อดี การทดลองที่ให้นักเรียนศึกษา ควรเป็นการทดลองอย่างง่าย และมีข้อบกพร่องของการออกแบบการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองได้ดียิ่งขึ้น และสามารถที่จะสร้างคำถามหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหรือสามารถสร้างข้อคัดค้าน (rebuttal) เกี่ยวกับการทดลองดังกล่าวได้

(5) แผนที่ 5 เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช คำถามที่ใช้ในการโต้แย้งเป็นคำถามที่ดี ทันสมัย แต่ควรอธิบายปัจจัยที่ต้องการให้นักเรียนวิเคราะห์อย่างชัดเจน ว่าเป็นความเข้มข้นของ CO_2 และอุณหภูมิ โดยอาจไม่รวมปริมาณน้ำ (ฝน) ที่อาจจะเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่สอนในเนื้อหาอาจจะมากเกินไป อาจตัดเรื่องอายุใบออก ควรมีการคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามในเชิงลึกมากยิ่งขึ้น ควรมีการเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่าเน้นด้านความรู้ความจำ

(6) แผนที่ 6 เรื่อง ดอก การปฏิสนธิ และผล กิจกรรมที่ใช้ค่อนข้างกระชับทำให้เกิดการโต้แย้งที่ชัดเจน อาจมีการเพิ่มเติมเนื้อหาในส่วนของประโยชน์ของดอกในการสืบพันธุ์และการกระจายพันธุ์ของพืชดอก

(7) แผนที่ 7 เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม ควรมีการจัดกิจกรรมการโต้แย้งให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น กิจกรรมการโต้แย้งเป็นการวิเคราะห์ผลของออกซินเพียงอย่างเดียว จึงควรมีการวิเคราะห์ผลเกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโต้ชนิดอื่นด้วย

1.5) ดำเนินการแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับงานวิจัยนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยมีรายละเอียดลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังนี้

2.1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน มีลำดับขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(2) สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดกับนิยามของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ แบบวัดจะประกอบด้วยโจทย์ที่เป็นสถานการณ์ที่มีลักษณะเป็นข้อความ ตาราง แผนภูมิ หรือรูปภาพที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์รวม 6 สถานการณ์ (Lee & Kang, 2014) แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถาม 2 ข้อ เป็นจำนวนทั้งหมด 12 ข้อ 6 คะแนน ซึ่งแบบวัดจะเป็นแบบหลายตัวเลือก แบ่งเป็น 2 ข้อต่อหนึ่งคะแนน ได้แก่ ข้อที่เป็นการออกแบบการ

ทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎี หรือสมมติฐาน และข้อที่เป็นเหตุผลที่เลือกคำตอบที่เป็นข้อสรุปหรือผลการทดลองที่คาดว่าจะเป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว

(3) นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เสนอแก่อาจารย์ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบและแก้ไขในประเด็นของเนื้อหา และความถูกต้องของภาษา จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(4) นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขโดยคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้ ได้แก่ ครูที่มีประสบการณ์สอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนมัธยมศึกษา มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับชีววิทยาและมีความรู้เกี่ยวกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ อาจารย์มหาวิทยาลัยคณะครุศาสตร์หรือคณะศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และอาจารย์มหาวิทยาลัยคณะครุศาสตร์หรือคณะศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมีดังต่อไปนี้

(4.1) ข้อคำถามที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานควรปรับเป็นข้อสอบอัตนัยเขียนตอบจะมีความเหมาะสมกว่าเพื่อแสดงให้เห็นถึงการออกแบบการทดลองของนักเรียน

(4.2) ข้อที่ 2 ตัวเลือก 2 ปรับแก้จาก “พืช C_3 C_4 และ CAM จะไม่มีการเจริญเติบโตหรือเติบโตได้ไม่ดี” เป็น “พืช C_3 C_4 และ CAM จะตายหรือไม่มีการเจริญเติบโต”

(4.3) ข้อที่ 5 ตัวเลือก 1 และ 2 ปรับแก้จาก “ใช้น้ำแข็งแห้งไระเหิดเป็นแก๊ส ซึ่งมีอากาศเบาบาง” เป็น “ใช้น้ำแข็งแห้งระเหิดเป็นแก๊สภายในภาชนะซึ่งทำให้อากาศเบาบาง”

(4.4) ข้อ 10 ปรับตัวเลือกจากตัวเลือก 1) “เกิดปริมาณสาร interferon ไม่ต่างจากเดิมมากนัก” เป็น “4) เกิดปริมาณสาร interferon สูงขึ้นหรือไม่ต่างจากเดิม” และปรับตัวเลือก 3) จาก “ปริมาณสาร interferon สูงขึ้นมาก” เป็น “เกิดการแบ่งตัวของของเซลล์ CD4 มากขึ้น”

จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.0 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 0.5 (โชติกา ภาษีผล, 2554)

(5) ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้ทรงคุณวุฒิ

(6) ดำเนินการทดลองใช้แบบสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนำไปใช้กับห้องเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วหาคุณภาพของเครื่องมือโดยที่ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.20 – 0.27 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนดคือ 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.50 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (โชติกา ภาษีผล, 2554)

2.2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา มีลำดับขั้นตอนการสร้างดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แล้วกำหนดข้อคำถามและหลักการให้คะแนน

(2) ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช จากหนังสือคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จากนั้นกำหนดจำนวนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557ก) ดังนี้

ตารางที่ 5 การกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อเนื้อหาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ตามตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้ง 4 ด้าน

หัวข้อ / ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	การสังเคราะห์ด้วยแสง	การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต	การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช	รวม (ข้อ)	ร้อยละ
1. ความรู้ความจำ	0	3	1	4	13
2. ความเข้าใจ	5	4	0	9	30
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	4	2	11	37
4. การนำไปใช้	2	3	1	6	20
รวม (ข้อ)	12	14	4	30	100

ร้อยละ	40	47	13	100	

(2) สร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ลักษณะของข้อสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ให้คะแนน

(3) กำหนดช่วงคะแนนและการแปลผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้เกณฑ์การประเมินของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังตารางนี้

ตารางที่ 6 ตารางเกณฑ์ประเมินผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	**ความหมาย**
80 – 100	ดีเยี่ยม
70 – 79	ดี
60 – 69	พอใช้
50 – 59	ผ่าน
0 – 49	ไม่ผ่าน

(4) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา รวมทั้งตรวจภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้ ครูที่มีประสบการณ์สอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนมัธยมและมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยาเรื่องพืช อาจารย์มหาวิทยาลัยคณะวิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาชีววิทยาเรื่องพืช และอาจารย์มหาวิทยาลัยคณะครุศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และนิยามเชิงปฏิบัติการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(5.1) ข้อที่ 1 ตัวเลือก 4 แก้ไขเป็น CO_2

(5.2) ข้อที่ 3 ตัวเลือก 2 แก้ไขเป็น O_2

(5.3) ข้อที่ 8 แก้ไขขั้นของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยปรับจากขั้นความเข้าใจเป็นขั้นความรู้ความจำ

(5.4) ข้อที่ 26 แก้ไขประเภทของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในขั้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยปรับจากทักษะการออกแบบการทดลอง เป็นทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally)

(5.5) ข้อที่ 30 แก้ไขประเภทของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในขั้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยปรับจากทักษะการลงความเห็นข้อมูล เป็นทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป และปรับรูปภาพให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้นโดยเพิ่มลูกศรแสดงทิศทางของแสง

จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 0.5 (โชติกา ภาษีผล, 2554)

(6) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แล้วทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชมาแล้วตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ โดยการหาค่าความยาก อำนาจการจำแนก และนำผลการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนด และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.70 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนดคือ 0.20 ขึ้นไป (โชติกา ภาษีผล, 2554)

(7) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับแก้ไขแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง แล้วจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5. การดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล

ในการดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมนักเรียนก่อนทำการทดลอง โดยอธิบายเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินแก่นักเรียน ในประเด็นของลักษณะของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน และอธิบายถึงบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

2) ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน กับกลุ่มทดลอง จำนวน 7 แผน 15 คาบ และดำเนินการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปกับนักเรียนกลุ่มควบคุมในเนื้อหาสอนเรื่องเดียวกัน

4) ทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน รวมถึงแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยากับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5) นำผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาเปรียบเทียบกันระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอ้างอิง (inferential statistics) ได้แก่

(1) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent) ซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง (direction test)

(2) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัยระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนเรียน

และหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test independent) ซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง (direction test)

(3) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test independent) ซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง (direction test)

7. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

1) ระบุปัญหาหรือหัวข้อที่จะทำการวิจัยเพื่อกำหนดขอบเขตของงาน

2) ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

3) ติดต่อประสานงานกับอาจารย์ผู้ปฏิบัติการสอนนักเรียน และกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยสุ่ม

4) ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบ 7 แผน 15 คาบ

5) ประสานงานกับอาจารย์ผู้ปฏิบัติการสอนนักเรียน ในการเก็บตัวอย่างข้อมูลก่อนจัดการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยสุ่มตัวอย่างและให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบวัดก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

6) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินให้กับกลุ่มตัวอย่าง

7) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ดำเนินการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูล

8) จัดทำเล่มรายงาน

9) นำเสนองานวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากคะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยโจทย์สถานการณ์ 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถาม 2 ข้อ รวมเป็นทั้งหมด 12 ข้อ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (Two-tier multiple diagnostic test) ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ข้อที่เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎี หรือสมมติฐาน และข้อที่เป็นเหตุผลที่เลือกคำตอบที่เป็นข้อสรุปหรือผลการทดลองที่คาดว่าจะเป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว นักเรียนจะต้องตอบถูกทั้งสองตอนในแต่ละสถานการณ์จึงจะได้ 1 คะแนน จึงคิดเป็นคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกัน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน โดยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยการโต้แย้งและประเมินของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 29)

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						
		ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			ค่า t
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย	
กลุ่มทดลอง	6	1.79	1.40	28.83	2.45	1.55	40.17	2.11

*P<0.05

จากตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 11 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากตารางที่ 7 จึงทำการวิเคราะห์จำนวนข้อที่นักเรียนกลุ่มทดลองตอบถูกเป็นรายบุคคลทั้ง 12 ข้อ โดยคิดเป็นสัดส่วนองค์ประกอบของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งได้แก่ 1) การออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์หรือตรวจสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน และ 2) การคาดคะเนผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดจากการออกแบบการทดลองดังกล่าว โดยนำผลรวมของจำนวนข้อที่เป็นการออกแบบการทดลองทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 3, 5, 7, 9, และ 11 มาคิดเป็นสัดส่วนกับผลรวมของจำนวนข้อที่เป็นการคาดคะเนผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 2, 4, 6, 8, 10, และ 12 ทั้งนี้ผู้วิจัยพิจารณาว่า สามารถนำจำนวนข้อที่ตอบถูกในแต่ละสถานการณ์ทั้งหมด 6 สถานการณ์มารวมกันได้เนื่องจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้เป็นแบบวัดที่ นักเรียนไม่จำเป็นต้องมีความรู้มาก่อนหรือเป็นความสามารถที่ไม่ได้อิงเนื้อหา (content-free) (Sundre, 2008) ซึ่งแบบวัดแต่ละสถานการณ์จะต้องมีการให้ข้อมูลเชิงเนื้อหาแก่นักเรียนก่อน เมื่อทำการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกตามสัดส่วนองค์ประกอบของแบบวัด พบว่ามีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 8 จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองที่ตอบถูกตามสัดส่วนต่างๆ ของข้อองค์ประกอบของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตอบถูก

สัดส่วนของคะแนนตามองค์ประกอบของแบบวัด	จำนวนนักเรียน (คน)
ตอบข้อการออกแบบการทดลองได้มากกว่าการคาดคะเนผลการทดลอง	13
ตอบข้อการออกแบบการทดลองเท่ากับการคาดคะเนผลการทดลอง	6
ตอบข้อการคาดคะเนผลการทดลองได้มากกว่าการออกแบบการทดลอง	8

จากตารางที่ 8 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีสัดส่วนจำนวนข้อการออกแบบการทดลองที่ตอบถูกมากกว่าการคาดคะเนผลการทดลองมีจำนวนมากที่สุดคือ 13 คน ขณะที่นักเรียนกลุ่มทดลองที่จำนวนข้อการคาดคะเนผลการทดลองที่ตอบถูกมากกว่าการออกแบบการทดลองมีจำนวนรองลงมาคือ 8 คน และนักเรียนที่มีจำนวนข้อการออกแบบการทดลองที่ตอบถูกเท่ากับการคาดคะเนผลการทดลองมีจำนวนน้อยที่สุดคือ 6 คน เมื่อทำการวิเคราะห์ในแต่ละสถานการณ์ทั้งหมด 6 สถานการณ์ พบว่า สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน (บทความที่ 1 3 และ 6) นักเรียนตอบถูกในส่วนของการออกแบบการทดลองได้มากกว่าการคาดคะเนผลการทดลอง จึงมีความเป็นไปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีส่วนช่วยในการพัฒนาในส่วนของการออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีหรือทดสอบสมมติฐานได้เป็นอย่างดี

1.2 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ซึ่งได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=29) และกลุ่มควบคุม (n=30)

คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ค่าสถิติ						
	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			ค่า t
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละของค่าเฉลี่ย	
ก่อนเรียน	1.79	1.40	29.83	1.83	1.46	30.50	0.11
หลังเรียน	2.45	1.55	40.17	1.43	1.81	23.83	2.31

*P<0.05

จากตารางที่ 9 พบว่า คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 29.83 ขณะที่ คะแนนความสามาในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปได้ 1.83 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.50 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนทั้งสองกลุ่มไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.45 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 40.17 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มควบคุมได้ 1.43 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 23.83 ดังนั้นค่าเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินจึงมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช พิจารณาจากการวัดด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ซึ่งแบบสอบประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อคำถาม คิดเป็น 30 คะแนนโดยทำการทดสอบหลังเรียนจากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ		
		กลุ่มทดลอง		
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ยร้อยละ
กลุ่มทดลอง	30	18.72	3.53	62.4

จากตารางที่ 10 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.72

คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 62.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประเมินผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ (2551) พบว่าอยู่ในช่วงคะแนนร้อยละ 60 – 69 ซึ่งหมายถึงอยู่ในระดับพอใช้ และต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินกับกลุ่มนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ได้ผลแสดงดังตารางที่ 11 และ 12 ดังนี้

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=29) และกลุ่มควบคุม (n=30)

คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ				
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		ค่า t
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	
30	18.72	3.53	14.24	4.84	4.03

*P<0.05

จากตารางที่ 11 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.72 คะแนน ส่วนค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปพบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.24 คะแนน ซึ่งพบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีค่าสูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนตามมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=29) และกลุ่มควบคุม (n=30) จำแนกตามขั้นคำถามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ขั้นคำถาม	ข้อที่	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ				
			กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		ค่า t
			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	
ความรู้ความจำ	8, 14, 15, 17, 29	5	3.72	0.75	2.93	1.10	3.21
ความเข้าใจ	3, 4, 6, 9, 13, 18, 19, 21, 25	9	5.28	1.36	3.93	1.62	3.42
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1, 2, 7, 10, 12, 20, 22, 26, 27, 30	10	5.52	1.33	4.93	1.83	1.40
การนำไปใช้	5, 11, 16, 23, 24, 28	6	3.86	2.14	2.44	1.38	3.72

*P<0.05

จากตารางที่ 12 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในขั้นความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีค่าสูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในขั้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางดังกล่าว จึงทำการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยารายข้อ โดยพิจารณาแผนการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับข้อสอบในแต่ละข้อ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง ที่ 13 คะแนนเฉลี่ย และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยพิจารณารายข้อและพิจารณาสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนการสอน

แผนการจัดการเรียนการสอน	ข้อที่	รูปแบบของวัตถุประสงค์การเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย		ค่า t
			กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	
1. การค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	1	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.66	0.66	0.00
	2	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.62	0.48	1.05
2. ปฏิกิริยาแสง	3	ความเข้าใจ	0.34	0.65	2.44
	4	ความเข้าใจ	0.34	0.07	2.71
	5	การนำไปใช้	0.28	0.34	0.56
3. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	6	ความเข้าใจ	0.34	0.38	0.27
	7	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.76	0.67	0.86
	8	ความเข้าใจ	0.93	0.75	1.83
4. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และ CAM	9	ความเข้าใจ	0.79	0.37	3.46
	10	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.52	0.24	2.22
5. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	11	การนำไปใช้	0.93	0.62	3.00
	12	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.69	0.62	0.54
	13	ความเข้าใจ	0.90	0.66	2.26
6. ดอก การปฏิสนธิ และผล	14	ความรู้ความจำ	0.55	0.45	0.78
	15	ความรู้ความจำ	0.66	0.69	0.28
	16	การนำไปใช้	0.41	0.17	2.058
	17	ความรู้ความจำ	0.90	0.69	1.98
	18	ความเข้าใจ	0.31	0.34	0.28
	19	ความเข้าใจ	0.76	0.72	0.30
	20	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.14	0.62	4.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนการสอน	ข้อที่	รูปแบบของวัตถุประสงค์การเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย		ค่า t
			กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	
	21	ความเข้าใจ	0.66	0.00	7.30
	22	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.86	0.67	1.87
	23	การนำไปใช้	0.59	0.69	0.81
	24	การนำไปใช้	0.90	0.24	6.60
	25	ความเข้าใจ	0.83	0.72	0.93
	26	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.45	0.24	1.67
7. การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของพืช	27	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.45	0.55	0.78
	28	การนำไปใช้	0.76	0.38	3.10
	29	ความรู้ความจำ	0.69	0.34	2.75
	30	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.37	0.20	1.44

จากตารางที่ 13 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยพิจารณารายข้อ สามารถแบ่งประเด็นการวิเคราะห์ตามหัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้อันนำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 1 การค้นคว้าเกี่ยวกับสังเคราะห์ด้วยแสง

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 1 และ 2) ไม่แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนการสอนครั้งที่ 1 กิจกรรมการโต้แย้งและประเมินได้กำหนดประเด็นโต้แย้งคือ $NADP^+$ และ ADP เป็นส่วนหนึ่งของการสังเคราะห์ด้วยแสงใช่หรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาผลการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์และสร้างข้อสรุปที่ได้จากผลการทดลองดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในเนื้อหาเรื่องนี้จึงมีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนจะต้องแปลความหมายข้อมูลผลการทดลองได้ อย่างไรก็ตาม นักเรียนกลุ่มควบคุมได้มีการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการตีความหมายข้อมูลและการลงความเห็นของข้อมูลเกี่ยวกับผลการทดลอง

เช่นเดียวกัน อันได้แก่ การทดลองของอาร์นอนเกี่ยวกับขั้นการเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ประกอบด้วย 2 ขั้นใหญ่ คือ ขั้นปฏิกิริยาแสง และขั้นการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ นักเรียนสังเกตแผนภาพผลการทดลองและสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสารต่างๆ ในปฏิกิริยาเคมีที่เกิดใน 2 ขั้นนี้ จากนั้นนักเรียนสรุปผลการทดลองจากการทดลองดังกล่าว เช่น การสรุปว่าในขั้นปฏิกิริยาแสงมีการสร้าง NADPH เพื่อนำไปใช้ในขั้นการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น อีกทั้งจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ระหว่างปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินและการสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ค่อนข้างสับสนในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินโดยไม่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำถามในแบบบันทึกกิจกรรม เช่น ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เป็นต้น และไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาในใบความรู้ประกอบกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินได้ เนื่องจากเนื้อหาค่อนข้างมีความซับซ้อน ทำให้นักเรียนไม่เกิดความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน ขณะเดียวกันครูผู้สังเกตการณ์ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนได้ให้ข้อเสนอแนะว่า เนื้อหาที่ใช้ในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินเป็นเนื้อหาที่ยากเกินไปสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และอยู่นอกเหนือขอบเขตหลักสูตรการศึกษา

แผนที่ 2 ปฏิกิริยาแสง

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านความเข้าใจ (ข้อ 4) สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยด้านการนำไปใช้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจ (ข้อ 3) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้นักเรียนกลุ่มทดลองได้มีการโต้แย้งและประเมินเกี่ยวกับประเด็นโต้แย้งที่ว่า พืชที่มีใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสงหรือไม่ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในข้อที่ 4 ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์คือ อธิบายความสามารถในการดูดกลืนของสารสีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ นอกจากนี้ครูได้อธิบายรายละเอียดของคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน และยกตัวอย่างประกอบเกี่ยวกับการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรม ขณะที่ทำการสังเกตนักเรียนในขั้นปฏิบัติ นักเรียนกลุ่มทดลองบางกลุ่มสามารถทำความเข้าใจในตัวคำถามและตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้ แต่ยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับคำถาม ผู้วิจัยจึงได้ทำการอธิบายเพิ่มเติมอีกครั้ง นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนเริ่มมีความสนใจในการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินมากขึ้น ขณะที่วัตถุประสงค์ในข้อที่ 3 คืออธิบายขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื้อหาในเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้เป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและจะต้องอาศัยความเข้าใจ สังเกตได้จากพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

ซึ่งมักจะตั้งคำถามและมักจะกล่าวว่าตนเองไม่เข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาดังกล่าว จึงควรจะมีการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายประกอบเพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่นักเรียน ซึ่งกลุ่มควบคุมจะใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายในเรื่องนี้มากกว่ากลุ่มทดลอง เนื่องจากนักเรียนกลุ่มทดลองมีการใช้ระยะเวลาในการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินค่อนข้างมาก จึงทำให้มีการบรรยายประกอบที่ค่อนข้างน้อย

แผนที่ 3 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านความเข้าใจ (ข้อ 8) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีคะแนนด้านความเข้าใจ (ข้อ 6) และด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 7) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ การจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง ประเด็นโต้แย้งคือ พืชเกิดการสร้างน้ำตาลในเวลากลางคืนได้หรือไม่ ซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องคือ การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อที่ 6 และ 7 ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน พบว่านักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PGA และ RuBP ในใบความรู้สำหรับแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน ผู้วิจัยจึงทำการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับกราฟดังกล่าวให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างบันทึกคำตอบลงในแบบบันทึกกิจกรรม นักเรียนบางส่วนยังคงไม่เกิดความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรม แม้ว่าจะเริ่มเข้าใจเกี่ยวกับคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมมากขึ้น พฤติกรรมดังกล่าวได้แก่ ระหว่างปฏิบัติกิจกรรมนักเรียนบางคนไม่ได้ทำการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมและไม่ได้ศึกษาใบความรู้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขโดยอธิบายแบบบันทึกกิจกรรมและยกตัวอย่างการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมแก่นักเรียนรายบุคคล ประกอบกับการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้มากยิ่งขึ้น ส่วนเนื้อหาเรื่องโฟโตเรสไพเรชันที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อที่ 8 นั้น นักเรียนกลุ่มควบคุมมีการใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนเรื่องนี้ที่น้อยกว่ากลุ่มทดลอง

แผนที่ 4 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และ CAM

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจ (ข้อ 9) และด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 10) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนแผนนี้ นักเรียนกลุ่มทดลองได้ปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งและปะเมินในประเด็นเรื่อง พืชชนิดใดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด ทั้งนี้นักเรียนมีการศึกษาใบความรู้เกี่ยวกับการทดลองการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 C_4 และ CAM ซึ่งเนื้อหาที่ศึกษาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของข้อ 9 และ 10 ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา คือ เปรียบเทียบการสังเคราะห์ด้วยแสงและอภิปรายผลการทดลองการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 C_4

และ CAM ได้ นอกจากนี้ได้มีการปรับแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินโดยใช้คำที่สามารถทำความเข้าได้ง่ายขึ้น ได้แก่ เปลี่ยนคำถามที่ว่า “ข้อกล่าวอ้างคือ...” เป็น “คำตอบของนักเรียน (สำหรับคำถามที่เป็นประเด็นโต้แย้ง)คือ...” เปลี่ยนคำถามที่ว่า “หลักฐานที่ถูกนำเสนอคือ...” เป็น “หลักฐานที่ช่วยยืนยันคำตอบของนักเรียนคือ...” และเปลี่ยนคำถามที่ว่า “เหตุผลรับรอง (ข้อสนับสนุน) ที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างคือ...” เป็น “เหตุผลที่สนับสนุนหลักฐานและคำตอบของนักเรียนคือ...” และปรับแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมินให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและน่าสนใจมากยิ่งขึ้นตั้งแต่แผนนี้และแผนถัดไปดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน : คำถาม พืชชนิดใดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด

1. **คำตอบของนักเรียน**.....

2. **หลักฐานที่ช่วยยืนยันคำตอบนักเรียน** (เขียนอธิบายพอสังเขป)

.....

.....

.....

3. **ประเภทของหลักฐานที่นักเรียนอ้างถึง** (เขียนเครื่องหมาย √ ในวงกลมหน้าข้อความที่คิดว่าถูกต้อง)

O ข้อมูล O ข้อคิดเห็น O ข้อเท็จจริง O ทฤษฎี

4. **ให้นักเรียนประเมินหลักฐานตามหัวข้อดังนี้** (เขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่องตาราง)

หัวข้อประเมิน	ไม่เพียงพอ	ปานกลาง	ดี	ข้อเสนอแนะ
ความน่าเชื่อถือ				
ความถูกต้อง				
ความเป็นกลาง				
ความเป็นระเบียบวิธี				

5. **เหตุผลที่สนับสนุนหลักฐานและคำตอบของนักเรียน** (เขียนอธิบายพอสังเขป)

.....

.....

.....

6. **ประเภทของเหตุผล** (เขียนเครื่องหมาย √ วงกลมหน้าข้อความที่คิดว่าถูกต้อง)

O ความคิดส่วนบุคคล O ทฤษฎี O การเปรียบเปรย

O ข้อเท็จจริง O สาเหตุ-ผลลัพธ์ O หลักการ

7. **ประเมินความเหมาะสมของเหตุผล** (เขียนเครื่องหมาย √ วงกลมหน้าข้อความที่คิดว่าถูกต้อง)

O ไม่เหมาะสม O ปานกลาง O ดี

ข้อเสนอแนะสำหรับความเหมาะสมของเหตุผล

.....

8. **ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม** (อาจเป็นความคิดเห็นที่ขัดแย้ง หรือคำถาม).....

9. **ยอมรับ ปฏิเสธ หรือยังไม่ตัดสินใจเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียน** (อธิบายพอสังเขป).....

อย่างไรก็ตาม สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ครั้งที่ 1 ถึง 4 ในขั้นทบทวนซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินแม้ว่าจะมีการโต้แย้งในชั้นเรียนมากยิ่งขึ้นตามลำดับแผนการจัดการเรียนการสอน แต่ยังเกิดขึ้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร มีเพียงนักเรียนบางส่วนเท่านั้นที่แสดงความคิดเห็นของตนเอง ดังนั้นจึงเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่จะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป

แผนที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากกตารางพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจ (ข้อ 13) และการนำไปใช้ (ข้อ 11) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 12) ทั้งนี้นักเรียนกลุ่มทดลองได้ปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งเรื่อง ภาวะโลกร้อนมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C3 และ C4 เพิ่มขึ้นหรือลดลง นักเรียนศึกษาใบความรู้เกี่ยวกับงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เป็นงานวิจัยดังกล่าวที่นักเรียนได้ศึกษาเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลจากนักวิทยาศาสตร์แล้ว โดยนักเรียนกลุ่มทดลองไม่ได้ศึกษาและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร นอกจากนี้สำหรับแผนการจัดการเรียนการสอนแผนนี้เริ่มมีการใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและปกป้องความคิดเห็นของตนเองมากยิ่งขึ้น โดยการให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแบบบันทึกกิจกรรมของสมาชิกภายในกลุ่มมาเป็นตัวแทนของกลุ่ม แล้วนักเรียนแต่ละคนจะต้องโหวตเลือกแบบบันทึกกิจกรรมที่มีคำตอบที่ดีที่สุดของชั้นเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนที่ 6 ดอก การปฏิสนธิ และผล

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ (ข้อ 17) ด้านความเข้าใจ (ข้อ 21, 25) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 22) และการนำไปใช้ (ข้อ 16, 23, และ 24) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีคะแนนด้านความรู้ความจำ (ข้อ 14, 15) ด้านความเข้าใจ (ข้อ 18, 19, และ 25) และด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 26) ไม่แตกต่างกันระหว่างสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้นักเรียนกลุ่มทดลองได้ปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินในประเด็นที่ว่า “ดอกไม้ทุกดอกสามารถเจริญไปเป็นผลได้หรือไม่” สำหรับหลักฐานในประเด็นโต้แย้งนี้นักเรียนจะได้จากการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองศึกษาโครงสร้างและประเภทของดอกที่จะเจริญไปเป็นผล อีกทั้งได้ศึกษาจากวีดิทัศน์การเปลี่ยนแปลงของดอกไปเป็นผล ขณะที่เหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนนักเรียนจะศึกษาจากใบความรู้เกี่ยวกับการปฏิสนธิของพืชดอก

อย่างไรก็ตาม นักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยปฏิบัติการทดลองโครงสร้างและประเภทของดอกที่เจริญไปเป็นผลเช่นเดียวกัน

แผนที่ 7 การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ (ข้อ 29) และด้านการนำไปใช้ (ข้อ 28) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีคะแนนด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 27 และ 30) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้นักเรียนกลุ่มทดลองได้ปฏิบัติตามแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง น้ำมะพร้าวทำให้ต้นไม้เติบโตดีขึ้นจริงหรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาการทดลองของนักวิทยาศาสตร์จากใบความรู้ โดยได้ปรับใบความรู้ให้เป็นไปในลักษณะของสถานการณ์ตัวอย่าง ได้แก่ “นางอุบลเป็นคนชอบดอกกล้วยไม้ นางปลูกต้นกล้วยไม้กว่าสิบสายพันธุ์ ซึ่งเพื่อนบ้านนางแนะนำให้นางนำน้ำมะพร้าวมารดต้นกล้วยไม้เป็นประจำเพื่อให้เติบโตเร็ว จากคำแนะนำเพื่อนบ้านดังกล่าว นางจึงศึกษางานวิจัยว่า น้ำมะพร้าวสามารถเร่งการเติบโตของต้นไม้ได้จริงหรือไม่” ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในใบความรู้ เนื่องจากจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา หากเป็นใบความรู้ที่เป็นการทดลองเพียงอย่างเดียวทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่เกิดความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 59 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน จำนวน 29 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป จำนวน 30 คน เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเท่ากันคือ 15 คาบ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนสูงกว่าหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาร้อยละ 62.4 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่านักเรียนควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีผลต่อความสามารถในการให้เหตุลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงแบ่งประเด็นนำเสนอเป็น 2 ประเด็นดังนี้ คือ 1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Acar and Patton (2012) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยมีการโต้แย้งเป็นฐานในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของภคพร อิสระ (2557) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองทีเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการวิจัยดังกล่าว สามารถวิเคราะห์หลักการและเหตุผลในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยกระบวนการในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินได้ดังนี้

1.1 ในขั้นการบอกเป็นนัย ผู้สอนจะมีการนำเสนอประเด็นโต้แย้งเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และให้ผู้เรียนได้คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าหรือตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ สอดคล้องกับ Fischer et al. (2014) ซึ่งกล่าวว่าการตั้งสมมติฐานมีส่วนช่วยในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในระหว่างการตั้งสมมติฐานนักเรียนจะได้รับคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับถาม ถ้าหากความรู้ก่อนหน้าของนักเรียนไม่เหมาะสมกับการทำนาย คำถามอาจจะเป็นแนวในการสืบค้นข้อมูลของการสร้างหลักฐานนั้น เพื่อให้ได้มาซึ่งสมมติฐานที่ตั้งอยู่บนหลักฐานนั้น ๆ

1.2 นำไปสู่ขั้นปฏิบัติที่ผู้เรียนมีการพิสูจน์สมมติฐาน การประเมินหลักฐาน และสร้างข้อโต้แย้ง โดยผู้เรียนจะตอบคำถามทั้งหมด 9 คำถามซึ่งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการโต้แย้งและรวมไปถึงการประเมิน ลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน Lajoie, S. P., et al. (1995)

กล่าวว่า ในสิ่งแวดล้อมที่มีการโต้แย้ง ผู้เรียนจะถูกกระตุ้นให้มีการพิสูจน์สมมติฐานในแต่ละสถานการณ์ จัดโครงสร้าง ลำดับขั้น และการประเมินหลักฐาน รวมถึงสร้างข้อโต้แย้งซึ่งเป็นข้อสรุปสุดท้าย การโต้แย้งจึงสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อันเป็นการสร้างข้อสรุปโดยมีหลักฐานเป็นฐานและอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน โดยการโต้แย้งเกี่ยวข้องกับการสร้างทฤษฎีหรือสมมติฐาน การรวบรวมหลักฐาน และการประเมินหลักฐานที่ถูกรวบรวม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปที่อยู่บนหลักฐานอย่างมีเหตุผล อีกทั้ง Schen (2007) ได้ระบุว่า การให้เหตุผลกับการโต้แย้งมีความสัมพันธ์กัน โดยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการให้เหตุผลที่มีหลักฐานเป็นฐาน ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสร้าง ปรับปรุง และตรวจสอบทฤษฎีที่มีหลักฐานเป็นฐาน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินซึ่งมีการให้นักเรียนได้ระบุและประเมินหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างนั้น จึงสามารถนำไปสู่การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

นอกจากกิจกรรมที่ให้นักเรียนบันทึกคำตอบลงในแบบบันทึกกิจกรรมในขั้นปฏิบัติแล้ว ยังมีการให้นักเรียนได้ศึกษาและสร้างหลักฐานโดยการปฏิบัติการทดลองอีกด้วย ซึ่ง Fischer et al. (2014) กล่าวว่า การสร้างหลักฐานนำไปสู่การส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน โดยการสร้างหลักฐานทำได้หลากหลายวิธี แนวทางหนึ่งคือการศึกษาการทดลองแบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetico-deducitve experimental studies) ซึ่งการทดลองอย่างเป็นระบบและขับเคลื่อนโดยทฤษฎีในแนวทางนี้ จะก่อให้เกิดการสร้างหลักฐานโดยวิธีการอุปนัย เช่น จากการสังเกต การเปรียบเทียบ และการอธิบายปรากฏการณ์ เพื่อเขียนข้อสรุป

1.3 ขั้นทบทวน ผู้เรียนจะมีการนำเสนอแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบในแต่ละคำถามของแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน จากสมมติฐานของ Piaget (1928 Cited in Lawson, 2003) ที่ว่า การพัฒนาการให้เหตุผลเกิดขึ้นหลังจากการเกิดความขัดแย้งในความคิดของเราเองระหว่างมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ขณะนั้นจะเกิดข้อขัดแย้งขึ้น และเกิดความต้องการที่จะพิสูจน์โดยสังคมเป็นสิ่งจำเป็นในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเช่นนี้ และการสื่อสารเป็นจุดเริ่มต้นซึ่งนำไปสู่การพิสูจน์ ข้อพิสูจน์เป็นผลลัพธ์ของข้อโต้แย้ง นั่นก็คือ ข้อโต้แย้งเป็นแกนหลักของการพิสูจน์

อย่างไรก็ตาม นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามการประเมินการให้เหตุผลของ TIMSS ปี ค.ศ. 2011 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557ข) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาและจำนวนแผนการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการทดลองอาจยังไม่เพียงพอที่จะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงยิ่งขึ้นเกินกว่าร้อยละ 50 ได้ อีกทั้งเมื่อพิจารณาข้อมูลเชิง

คุณภาพ พบว่า นักเรียนไม่เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของการโต้แย้งอันได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ในการจัดการเรียนการสอนช่วงแรก โดยเฉพาะในการแยกความแตกต่างระหว่างหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุน จึงน่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยเช่นกัน รวมไปถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียนโดยส่วนใหญ่จะเป็นไปในลักษณะที่เรียนโดยไม่แสดงความคิดเห็นของตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นชินกับการเรียนการสอนโดยวิธีบรรยายมากกว่า ทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่นักเรียนจะต้องมีการแสดงความคิดเห็นของตนเอง การปกป้องความคิดของตนเองแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย หรือถ้าเกิดขึ้นก็เป็นไปได้ยาก นอกจากนี้เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนอาจมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, and Falconer (2000) ซึ่งได้จัดลำดับขั้นของเนื้อหาไว้ 3 ขั้น คือ 1) มโนทัศน์เชิงอธิบาย (descriptive concept) เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับสิ่งที่สามารถสังเกตได้ ซึ่งสามารถระบุหรือจัดการในเชิงกายภาพได้ 2) มโนทัศน์เชิงสมมติฐาน (hypothetical concept) เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับสิ่งที่สามารถสังเกตได้ยากแต่สามารถสังเกตได้หากได้มีกรอบของเวลาและกรอบของมิติที่ขยายมากขึ้น เช่น มโนทัศน์เรื่องวิวัฒนาการ และปีแสง เป็นต้น และ 3) มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concept) เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้หรืออยู่นอกเหนือการรับรู้ จากงานวิจัยนี้ พบว่า เนื้อหาขั้นที่เป็นมโนทัศน์เชิงทฤษฎีนั้นมีความยากมากที่สุดซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และพบว่านักเรียนที่มีความรู้มโนทัศน์เชิงทฤษฎีมีทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สูงกว่านักเรียนที่มีความรู้ในขั้นมโนทัศน์เชิงสมมติฐานและเชิงอธิบาย ทั้งนี้เมื่อนำเนื้อหาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ทั้ง 7 แผนมาวิเคราะห์ตามขั้นของเนื้อตามการจัดลำดับเนื้อหาของ Lawson et al. (2000) แล้วพบว่า เนื้อหาที่เป็นมโนทัศน์เชิงอธิบาย เป็นเนื้อหาที่ใช้ในการสอนทั้งหมด 3 แผน ได้แก่ เนื้อหาแผนการจัดการเรียนการสอนครั้งที่ 6 เรื่อง ดอก การปฏิสนธิ และผล เนื้อหาแผนการจัดการเรียนการสอนครั้งที่ 5 เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง และแผนที่ 7 เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเนื้อหาดังกล่าวอาจมีผลทำให้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่สูงมากนัก

นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีสัดส่วนของคะแนนการออกแบบการทดลองสูงกว่าการคาดคะเนผลการทดลองมีจำนวนมากที่สุดคือ 13 คน ขณะที่นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีคะแนนการคาดคะเนผลการทดลองสูงกว่าการออกแบบการทดลองมีจำนวน

รองลงมาคือ 8 คน ขณะที่นักเรียนที่มีคะแนนการออกแบบการทดลองเท่ากับการคาดคะเนผลการทดลองมีจำนวนน้อยที่สุดคือ 6 คน ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินในขั้นปฏิบัติ การที่นักเรียนตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินในส่วนของ การประเมินความเหมาะสมของหลักฐาน ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการสนับสนุนคำตอบหรือข้อกล่าวอ้างหรือไม่ เมื่อมีการประเมินความเหมาะสมของหลักฐานจะทำให้นักเรียนพิจารณาย้อนกลับว่า การออกแบบการทดลองที่นำมาซึ่งข้อมูลอันเป็นหลักฐานนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ รวมไปถึงในส่วนของคำถามที่ให้นักเรียนได้แสดงข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (คำถามข้อที่ 8 ในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน) นักเรียนได้มีส่วนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องหรือความไม่สมบูรณ์ของการออกแบบทดลองที่นำเสนอในใบความรู้ที่นักเรียนจะต้องศึกษา หรือจากกิจกรรมการทดลองที่นักเรียนปฏิบัติ เช่น นักเรียนเสนอว่า เป็นการทดลองของตนเองซึ่งอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน เป็นการทดลองที่ไม่มีการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เป็นต้น จากนั้นเมื่อนักเรียนได้ตอบคำถามในขั้นปฏิบัติ ในขั้นทบทวนนักเรียนได้มีกาสเรียนรู้และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีการเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบการทดลองได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Roberts and Gott (2010) ที่ใช้รูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin ในชั้นเรียน และได้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนจะต้องมีการประเมินคุณภาพของการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งผลการทดลองอันเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ อันจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานดังกล่าว ดังนั้นในการพิจารณาความเหมาะสมของข้อกล่าวอ้างนักเรียนจะต้องมองย้อนกลับไปในส่วนของการออกแบบการทดลอง โดยนักเรียนจะต้องมองย้อนกลับไปที่ข้อคัดค้าน (rebuttal) ว่าหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยวิธีการใด อีกทั้งการออกแบบการทดลองที่นำมาซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยังใช้ในการพิจารณาข้อยืนหรือเหตุผลที่ใช้สนับสนุนว่าข้อยืนยันและหรือเหตุผลดังกล่าวมีคุณภาพและมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Okumus and Unal (2012) ที่ได้ศึกษาผลของรูปแบบการสอนโดยโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนโดยโต้แย้งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความเข้าใจมโนทัศน์ นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนโดยโต้แย้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Balci and Yenice (2016) ที่ศึกษาผลของกระบวนการเรียนรู้โดยมีการโต้แย้งทางด้านวิทยาศาสตร์

เป็นฐาน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวรัญญา จำปามูล (2555) อีกด้วย ซึ่งได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 64.67 จัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยดังกล่าว สามารถอธิบายหลักการและเหตุผลได้ดังนี้

2.1 ในขั้นบอกเป็นนัย ครูกระตุ้นความสนใจด้วยการตั้งคำถามซึ่งนำไปสู่ประเด็นโต้แย้ง ในขั้นนี้นักเรียนจะมีการตอบคำถามแสดงความคิดเห็นจากความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของตนเอง จากนั้นในขั้นปฏิบัติ นักเรียนแต่ละคนศึกษาแหล่งความรู้ เช่น ใบความรู้ การทดลอง เป็นต้น แล้วเขียนคำตอบลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน ซึ่งคำถามแต่ละคำถามแสดงถึงองค์ประกอบของข้อโต้แย้ง สอดคล้องกับทฤษฎีของปิอาเจต์ ที่ได้กล่าวว่า บุคคลจะเริ่มตระหนักถึงความไม่สอดคล้องกันระหว่างมุมมองเบื้องต้นของตนเองและข้อมูลที่ได้รับ ความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากความรู้ที่ได้รับของแต่ละบุคคลจะนำไปสู่การสร้างรูปแบบของความรู้ขึ้นมาใหม่ (Leitão, 2000) สิ่งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mirza, Perret-Clermont, Tartas, and Iannaccone (2009) ซึ่งกล่าวว่า การโต้แย้งเป็นกิจกรรมทางด้านพุทธิพิสัยและด้านสังคม การโต้แย้งโดยการเขียนเป็นสื่อ สามารถนำไปสู่การพัฒนาทางด้านภาษา รู้จักจัดโครงสร้างของความรู้ในรูปแบบของข้อความ

2.2 ในขั้นการทบทวน นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน ทำให้นักเรียนมีโอกาสในการปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่คาดเคลื่อน ปรับปรุงมโนทัศน์ที่ผิดพลาดของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cross et al. (2008) ซึ่งเสนอว่าการโต้แย้งช่วยส่งเสริมความสามารถในการยืนยันและขยายความรู้ของนักเรียนและทำให้แนวความคิดของนักเรียนแต่ละคนกระจ่างขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้นักเรียนพัฒนาความรู้ใหม่ และทำให้มโนทัศน์ที่ผิดพลาดของเขากระจ่างขึ้น หรือถูกกำจัดไป การมีส่วนร่วมและการสนทนาของนักเรียนทำให้นักเรียนได้มีโอกาสเห็นถึงมโนทัศน์ที่ผิดพลาดของตนเอง และเข้าถึงข้อมูลเพิ่มเติมอื่น ๆ ทำให้นักเรียนสามารถประเมินความเข้าใจของตนเองอีกครั้ง โดย Erduran, Simon, and Osborne (2004) กล่าวว่า ในกระบวนการเรียนรู้โดยการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจะมีการสื่อสารทางสังคมกับผู้อื่น ซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงพื้นฐานความรู้ของนักเรียน และช่วยสนับสนุนข้อโต้แย้งของนักเรียน การเรียนรู้นี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน ข้อกล่าวอ้างและการพิสูจน์ข้อกล่าวอ้าง และช่วยปรับปรุงทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ

ทฤษฎีการจัดการเรียนการสอนของ Glaser เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมทางสังคมและการรู้คิดทางสังคม (social cognition) โดยกิจกรรมทางสังคมและรูปแบบของสมรรถนะการรู้คิดทางสังคมผ่านการมีส่วนร่วมมีกลไกที่ชักจูงไปสู่การสร้างความรู้และการได้มาซึ่งความรู้ สิ่งแวดล้อมแห่งการเรียนรู้กิจกรรมระหว่างครูและเพื่อนนักเรียนนี้นำมาซึ่งโอกาสของผู้เรียนในการแลกเปลี่ยน วิจารณ์ คิด และเพิ่มฐานความรู้ร่วมกัน (Duschl & Osborne, 2002)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 พบว่ายังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจำนวนคาบและระยะเวลาที่เรียนไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการเพิ่มคะแนนของผลสัมฤทธิ์ให้สูงตามเกณฑ์ที่คาดหวัง อีกทั้งเมื่อพิจารณาระดับคำถามทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ ขั้นความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำไปใช้ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยขั้นความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับสถิติ .05 แต่คะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งเมื่อพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยารายข้อ สามารถวิเคราะห์และอภิปรายได้ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนการสอนที่ 1 เรื่อง การค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนครั้งแรก ในขั้นบอกเป็นนัย ซึ่งเป็นขั้นที่ครูอธิบายเกี่ยวกับคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนยังไม่เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นคำถามในแบบบันทึกกิจกรรม ดังนั้นในขั้นปฏิบัติ นักเรียนจึงไม่สามารถตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งในขั้นอภิปรายซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องมีการโต้แย้งและเปลี่ยนความคิดเห็นนั้นเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจในแบบบันทึกกิจกรรมตั้งแต่แรก โดยไม่เข้าใจคำถามที่ใช้คำที่เป็นองค์ประกอบของข้อโต้แย้ง เช่น ข้อกล่าว หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุน นักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ J. A. Bulgren and Ellis (2012) ที่พบว่า นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำถามซึ่งใช้คำที่เป็นองค์ประกอบของข้อโต้แย้งได้อย่างชัดเจน และสำหรับงานวิจัยครั้งนี้นักเรียนไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับใบความรู้ประกอบการโต้แย้งและประเมิน เนื่องจากเนื้อที่ค่อนข้างซับซ้อนและเกินขอบเขตของเนื้อหาตามหลักสูตรการศึกษา สังเกตได้จากการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถบันทึกคำตอบลงแบบบันทึกกิจกรรมได้ ประกอบกับการสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคล นักเรียนอธิบายว่าไม่เข้าใจเกี่ยวกับคำถาม และกล่าวว่าเนื้อหาในใบความรู้มีความซับซ้อน ค่อนข้างยาก ดังนั้นจากปัญหาที่พบดังกล่าวจึงอาจส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้าน

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) แผนการจัดการเรียนการสอนที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาแสง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านความเข้าใจในข้อที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์การเรียนรู้คือ นักเรียนสามารถอธิบายความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีต่างๆ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินครั้งนี้ ประเด็นที่ศึกษาคือ ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ นักเรียนมีการทดลองและบันทึกผลการทดลองอีกทั้งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง และนักเรียนเริ่มเกิดความเข้าใจในประเด็นคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน โดยสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง (คำตอบของนักเรียน) ได้ สามารถระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง และสามารถระบุเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ยังไม่สามารถระบุเหตุผลที่ใช้สนับสนุนได้อย่างครบถ้วน อย่างไรก็ตามยังคงพบว่านักเรียนบางกลุ่มยังคงไม่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง และไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนได้ ส่วนในขั้นทบทวนนักเรียนเริ่มมีการอภิปรายภายในกลุ่มแต่ยังคงไม่มีการโต้แย้งเท่าที่ควร นักเรียนยังคงขาดการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากความคิดเห็นที่ไม่ค่อยแตกต่างกัน และไม่ค่อยมีการสร้างข้อคัดค้านอันเป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่แสดงถึงข้อบกพร่องของการทดลองนี้เท่าใดนัก ส่วนคะแนนด้านความเข้าใจข้อที่ 3 ซึ่งวัตถุประสงค์การเรียนรู้คือ อธิบายขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนครั้งนี้ สำหรับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ครูได้จัดการเรียนการสอนโดยมุ่งเน้นเนื้อหาเกี่ยวกับขั้นตอนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเช่นเดียวกัน ขณะที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีการสืบค้นเกี่ยวกับประเด็นนี้ด้วยตนเองและสรุปประเด็นดังกล่าวโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นคะแนนเฉลี่ยข้อที่ 3 ของกลุ่มควบคุมจึงสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ คะแนนเฉลี่ยข้อที 4 เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ด้านการน้ำไปใช้ นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้สอนไม่ได้มุ่งเน้นให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันระหว่างจัดการเรียนการสอน

3) แผนการจัดการเรียนการสอนที่ 3 เรื่อง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจ (ข้อ 6) และคะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 7) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต่ำกว่าร้อยละ 70 เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนนี้ สำหรับแผนการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

สื่อการเรียนรู้เป็นกราฟเกี่ยวกับปริมาณสาร RuBP และ PGA เมื่อได้รับแสงและไม่ได้รับแสง ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนนี้ พบว่านักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับกราฟดังกล่าว ทำให้การเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ของเนื้อหาการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ยาก อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับกราฟดังกล่าวให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปจากข้อมูลที่แสดงในลักษณะของกราฟได้ ซึ่งการสร้างข้อสรุปนี้สอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านการตีความหมายข้อมูล-การลงความเห็นข้อมูลตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อ 7 ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่า นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำถามของแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินได้ดียิ่งขึ้น เช่น สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างได้มากขึ้น สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนได้มากยิ่งขึ้น แต่ยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนได้ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ข้อที่ 6 และ 7 ไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

4) แผนการจัดการเรียนการสอนที่ 4 เรื่อง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4 และ CAM พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจ (ข้อ 9) และด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 10) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้อ 9 มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ขณะที่ข้อ 10 มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นคำถามในแบบบันทึกกิจกรรม สามารถจำแนกแยกแยะระหว่างหลักฐานและเหตุผลได้ดีเมื่อเทียบกับแผนการจัดการเรียนการสอนในครั้งแรกถึงครั้งที่ 3 และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนเริ่มมีความสนใจโดยศึกษาใบความรู้และศึกษารายละเอียดแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินตลอดการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบของแบบบันทึกกิจกรรมให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถแยกแยะระหว่างหลักฐานและเหตุผลได้ สังเกตได้จากในระหว่างขั้นปฏิบัติ นักเรียนบางคนไม่สามารถตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมในส่วนของหลักฐานและเหตุผล อีกทั้งนักเรียนบางส่วนยังคงไม่เกิดความสนใจในการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจรรมการโต้แย้งและประเมินที่ปรับปรุงใหม่ โดยสังเกตได้จากการที่นักเรียนไม่ได้ตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรม จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด

5) แผนการจัดการเรียนการสอนที่ 5 เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยข้อที่ 13 ด้านความเข้าใจและข้อที่ 11 ด้านการ

นำไปใช้ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในแผนการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินครั้งนี้ ผู้สอนได้ปรับเทคนิคการจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งยิ่งขึ้น อันได้แก่ การให้นักเรียนแต่ละคนได้ตัดสินใจเลือกแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินที่มีคำตอบที่ดีที่สุดของเพื่อนภายในกลุ่มมาเป็นตัวแทนของกลุ่มตนเอง จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีการแลกเปลี่ยนแบบบันทึกกิจกรรม แล้วให้นักเรียนแต่ละคนประเมินและเลือกแบบบันทึกกิจกรรมของเพื่อนกลุ่มอื่นที่ดีสุด อีกทั้งใช้เทคนิคการเสริมแรงโดยการให้รางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการคัดเลือกจากเพื่อนกลุ่มอื่นมากที่สุด รวมไปถึงเทคนิคการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียน เป็นต้น ดังเช่นงานวิจัยของ J. A. Bulgren and Ellis (2012) กล่าวว่า กลยุทธ์ที่ช่วยสนับสนุนการโต้แย้งและประเมิน ได้แก่ การใช้คำถามไต่ระดับของครู เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนได้มีการตอบคำถามและตั้งคำถาม ซึ่งการตั้งคำถามของนักเรียนจะช่วยในการเสริมสร้างความเข้าใจในระหว่าง/หลังจากอ่านหรือฟังบทความ ดังเช่นในงานวิจัยนี้ พบว่า การที่ครูใช้คำว่า “เพราะเหตุใด” เป็นคำถามที่ใช้โดยทั่วไป ซึ่งครูผู้วิจัยรายงานว่าเกิดขึ้นกับองค์ประกอบของข้อโต้แย้งในส่วนของเหตุผลสนับสนุนหรือข้อยืนยัน (warrant) ตัวอย่างเช่น “เพราะเหตุใดความคิดเห็นส่วนบุคคลจึงช่วยพิสูจน์ข้อกล่าวอ้าง” “เพราะเหตุใดตรรกะจึงช่วยสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง “เพราะเหตุใดทฤษฎีจึงช่วยสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง” เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม นักเรียนมีคะแนนด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามวัตถุประสงค์ของข้อที่ 12 ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งในครั้งนี้มีการให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย โดยนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติโดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนแม้ว่าจะสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนได้ แต่คำตอบของนักเรียนในส่วนของหลักฐานและเหตุผลไม่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งในส่วนนี้ไม่ได้นำมาปรับแก้ไขภายในชั้นเรียนโดยใช้กระบวนการโต้แย้งถึงความสอดคล้องของหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนในขั้นทบทวนเนื่องจากระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนที่ค่อนข้างจำกัด จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม

6) แผนการจัดการเรียนการสอนที่ 6 เรื่อง ดอก การปฏิสนธิ และผล นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ (ข้อ 17) ด้านความเข้าใจ (ข้อ 21 และ 25) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (20 และ 22) และด้านการนำไปใช้ (16 23 และ 24) สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ปฏิบัติกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นโต้แย้งเรื่อง ดอกทุกดอกเจริญไปเป็นผลหรือไม่ ในขั้นบอกเป็นนัย

เมื่อนักเรียนถูกกระตุ้นความสนใจด้วยประเด็นโต้แย้งนี้แล้ว พบว่า นักเรียนเกิดความสนใจในประเด็นโต้แย้งนี้ สังเกตได้จากการที่นักเรียนพยายามตอบคำถามนี้ด้วยความคิดเห็นที่แตกต่างกันในชั้นเรียน อีกทั้งในการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรม นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง ระบุหลักฐาน และระบุเหตุผลสนับสนุนได้อย่างถูกต้อง นักเรียนมีการอภิปรายเกี่ยวกับการทดลองของนักเรียนในการศึกษาโครงสร้างและประเภทของดอกและผลอันนำมาซึ่งการสร้างหลักฐาน นักเรียนบางส่วนสามารถแสดงข้อคัดค้านได้เป็นอย่างดี เช่น นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า การทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษาพืชดอกบางชนิดเท่านั้น อาจมีพืชดอกบางชนิดที่ไม่เป็นไปตามหลักการที่นักเรียนศึกษา เป็นต้น ทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในชั้นเรียน นำมาซึ่งการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ข้อที่ 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, และ 25 ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ (ข้อ 14 และ 15) ความเข้าใจ 18 19 และ 25) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 26) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในแผนการจัดการเรียนการสอนนี้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการทดลองศึกษาโครงสร้างและประเภทของดอกและผลทั้งสองกลุ่ม และมีกิจกรรมการเรียนการสอนเกี่ยวกับการปฏิสนธิของพืชดอกโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายและมีวีดิทัศน์การปฏิสนธิของพืชดอกเป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนที่เหมือนกัน ทำให้คะแนนด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางข้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน 3 คาบ ซึ่งใช้เวลามากกว่าแผนครั้งอื่น (2 คาบ) เนื่องจากมีการลดจำนวนแผนการจัดการเรียนการสอนลง โดยรวมแผนการจัดการเรียนการสอนเรื่องการปฏิสนธิ และแผนการจัดกาเรียนการสอนเรื่องโครงสร้างและประเภทของดอกและผล เป็นแผนการจัดการเรียนการสอนเดียวกันคือ แผนการจัดการเรียนการสอนเรื่อง ดอก การปฏิสนธิ และผล เนื่องจากพบว่า เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างประเด็นโต้แย้งได้แก่ โครงสร้างและประเภทของดอก การสืบพันธุ์ และการปฏิสนธิ นั้น แต่ละเนื้อหาเป็นเนื้อหาตามหลักสูตรการศึกษา ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานอันได้มาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งมีความชัดเจนและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ทำให้สามารถนำไปใช้ในการสร้างประเด็นโต้แย้งได้ยาก ดังนั้นจึงได้ทำการรวมแผนเพื่อให้มีฐานข้อมูลที่เป็นเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น อันนำมาซึ่งการสร้างประเด็นโต้แย้งจากฐานข้อมูลดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น จำนวนข้อสอบในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สอดคล้องสำหรับแผนการจัดการสอนนี้จึงมีจำนวนข้อสอบมากกว่าแผนการจัดการเรียนการสอนอื่น

7) แผนการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ (ข้อ 29) และด้านการนำไปใช้ (ข้อ 28) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีคะแนนด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 27 และ 30) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีประเด็นการโต้แย้งเกี่ยวกับการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชของพืช นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์ตัวอย่าง ซึ่งจากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน พบว่านักเรียนมีความสนใจเกี่ยวกับสถานการณ์ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้เกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชไปใช้ในชีวิตประจำวัน และในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินครั้งนี้ นักเรียนกลุ่มทดลองสามารถระบุข้อกล่าว หลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้อย่างถูกต้อง และในขั้นอภิปรายนักเรียนสามารถ จึงส่งผลให้คะแนนด้านการนำไปใช้ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อีกทั้งมีคะแนนด้านการนำไปใช้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือร้อยละ 70 ด้วยเช่นเดียวกัน ขณะที่คะแนนด้านกระบวนการซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของข้อ 27 และ 30 คะแนนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือร้อยละ 70 อาจเนื่องมาจากในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน มีการใช้ระยะเวลาในขั้นการทบทวนค่อนข้างสั้น อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งขั้นทบทวนเป็นขั้นที่นักเรียนมีการอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นผลการทดลอง การออกแบบการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในใบความรู้ เพื่อนำมาซึ่งการประเมินและเลือกข้อมูลมาใช้เป็นหลักฐานนำไปสู่การพัฒนาในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sekerci & Canpolat, 2014)

จากผลการทดลองทั้งในส่วนของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา พบว่า ตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กัน โดยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้คือ การให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ การออกแบบการทดลองและการคาดคะเนผลการทดลองที่เกิดขึ้น จากนิยามการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ดังกล่าว จึงมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อันได้แก่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยตรง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nnorom (2013) การให้เหตุผลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการ อันได้แก่การระบุและการควบคุมตัวแปร เป็นต้น นอกจากนี้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นกระบวนการที่สำคัญที่นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้อันเป็นส่วนหนึ่งของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ตัวอย่างเช่น จากการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินเรื่อง พืชที่มีใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ ในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งนี้นักเรียนจะมีกระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีคาดคะเนผลการทดลองที่

คาดว่าจะเกิดขึ้นจากประสบการณ์ความรู้เดิมของนักเรียน จากนั้นนักเรียนทำการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูล และสรุปผลการทดลองจากข้อมูลที่ได้ดังกล่าว ซึ่งสำหรับนักเรียนที่มีประสบการณ์ความรู้ที่คาดเคลื่อน จะพบว่าข้อมูลที่เป็นหลักฐานที่ได้จากการทดลองนั้นไม่เป็นไปตามที่ตนคาดคะเนไว้ นักเรียนจึงมีการปรับและสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้น นำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในเรื่องของปฏิกิริยาแสงของพืช เป็นต้น สอดคล้องกับ Kral (1997) ซึ่งได้กล่าวถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีกระบวนการคิดแบบสมมติฐานนิรนัยนั้น เกี่ยวกับทฤษฎีการควบคุมตนเอง (self regulation) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ โดยเริ่มต้น นักเรียนจะมีกระบวนการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา (assimilation) เป็นช่วงที่การให้เหตุผลของบุคคลรับรู้ถึงสถานการณ์ปัญหา และให้คำตอบโดยใช้เหตุผล ซึ่งอาจเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องหรือเหมาะสม คำตอบที่ไม่เหมาะสมนี้ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (disequilibrium) ซึ่งจะนำไปสู่กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) กระบวนการนี้เกี่ยวกับการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อสร้างสมมติฐานขึ้นใหม่และทำการวางแผนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบใหม่ ผลของกระบวนการนี้และกิจกรรมการทดลองเป็นรูปแบบการให้เหตุผลใหม่ที่อาจนำไปสู่ความเข้าใจใหม่ ๆ จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะสมดุล (equilibrium) นั่นเอง

ข้อจำกัด

จากการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินทั้ง 7 แผน ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อจำกัดสำหรับการจัดการเรียนการสอนนี้ได้ดังต่อไปนี้

1. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน หากเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์นำมาซึ่งความรู้ที่เป็นที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป จะทำให้สร้างประเด็นโต้แย้งได้ค่อนข้างยาก ตัวอย่างเช่น เนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างและประเภทของดอกและผล เนื้อหาโดยส่วนใหญ่เป็นเนื้อหาด้านความรู้ความจำ เป็นต้น ส่งผลให้สามารถกระตุ้นให้บรรยากาศในชั้นเรียนมีการโต้แย้งได้น้อย

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน สำหรับกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินจะต้องใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างมาก เนื้อหาในบางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นโต้แย้งจะพบว่านักเรียนสามารถตอบในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาได้น้อย ตัวอย่างเช่น เนื้อหาที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนการสอนครั้งที่ 6 ซึ่งมีเนื้อหาความรู้ทั้งในส่วนของการปฏิสนธิของพืชดอก โครงสร้างและประเภทของดอกและผล เป็นต้น

3. ความยากในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำถามที่เป็นองค์ประกอบเกี่ยวกับการโต้แย้งและประเมิน อันได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน เหตุผลรับรอง เป็นต้น สิ่งนี้จึงเป็นอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดการโต้แย้งขึ้นในชั้นเรียน

4. พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและความสามารถในการจัดการเรียนการสอนของครูในการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการโต้แย้ง นักเรียนบางกลุ่มมีพฤติกรรมการเรียนโดยไม่มุ่งเน้นการปฏิบัติ ขณะที่ครูหากขาดประสบการณ์ความสามารถในการกระตุ้นนักเรียนก็จะไม่สามารถกระตุ้นให้เกิดบรรยากาศการโต้แย้งในชั้นเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตามครูผู้สอนควรมีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1.1 การออกแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน โดยปรับจากงานวิจัยของ Bulgren et al. (2014) ควรมีการปรับรูปแบบของแบบบันทึกกิจกรรมให้มีการเรียงคำถามอย่างเป็นหมวดหมู่และเป็นลำดับ เพื่อช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการทำความเข้าใจแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน

1.2 ในการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน ครูควรอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะเริ่มลงมือปฏิบัติ ศึกษาและตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรม คือ อธิบายความหมายขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้ง พร้อมยกตัวอย่างประเด็นโต้แย้งที่น่าสนใจเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย

1.3 การจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินในขั้นของการทบทวน เป็นขั้นที่ควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะต้องอาศัยเทคนิคการสอนอื่น ๆ ช่วยในการกระตุ้น เช่น เทคนิคการเสริมแรงทางบวก การให้นักเรียนทำงานเป็นทีม การโหวตเลือกคำตอบในแบบบันทึกกิจกรรมที่ดีที่สุดภายในห้องเรียน เป็นต้น อันจะนำมาซึ่งการโต้แย้งและประเมินในแต่ละห้องเรียน ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการปรับรูปแบบของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยเปลี่ยนจากข้อสอบปรนัยเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เขียนแสดงคำตอบตามความสามารถของตนเอง ซึ่งผู้วิจัยจะสามารถนำผลการวัดโดยใช้ข้อสอบอัตนัยนี้ไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลการทดลองและอภิปรายผลได้ดียิ่งขึ้น

2.2 ควรมีการนำการจัดการเรียนการสอนโดยโต้แย้งและประเมินไปใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัยในระดับที่สูงขึ้น เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน (J.

A. Bulgren & Ellis, 2012) เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนวิธีนี้นักเรียนจะต้องมีการใช้กระบวนการคิดระดับสูง ได้แก่ การประเมินหลักฐาน การประเมินเหตุผลที่ใช้เชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Acar, O. (2008). Argumentation skills and conceptual knowledge of undergraduate students in a physics by inquiry class. The Ohio State University.

Acar, O. (2014). Scientific reasoning, conceptual knowledge, & achievement differences between prospective science teachers having a consistent misconception and those having a scientific conception in an argumentation-based guided inquiry course. *Learning and Individual Differences, 30*, 148-154. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2013.12.002

Acar, O., & Patton, B. (2012). Argumentation and formal reasoning skillsin an argumentation-based guided inquiry course. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 46*, 4756-4760.

Adam, T. (2015). Understanding Learning Achievement Definitions According to the Experts. Retrieved April 19, 2016 http://adamditroia.com/education/understanding-learning-achievement-definitions-according-to-the-experts/

Allan, M. (2008). Argumentation and its component. Retrieved March 1, 2016 http://forensicsargumentation.blogspot.com/2008/12/argumentation-and-its-components.html

Balci, C., & Yenice, N. (2016). Effects of the Scientific Argumentation Based Learning Process on Teaching the Unit of Cell Division and Inheritance to Eighth Grade Students. *Online Submission, 2*(1), 67-84.

Bao, L., & Koenig, K. . (2012). TI21: A Technology Enhanced Inquiry Framework for Developing and Assessing 21st Century Skills. Retrieved March 1, 2016 http://www.istarassessment.org/ti21/

Benford, R., & Lawson, A. E. (2001). Relationships between Effective Inquiry Use and the Development of Scientific Reasoning Skills in College Biology Labs.

Bulgren, J. A., Ellis, J. D., & Marquis, J. G. (2014). The use and effectiveness of an argumentation and evaluation intervention in science classes. *Journal of Science Education and Technology, 23*(1), 82-97.

Bulgren, J. A., & Ellis, J. D. (2012). Argumentation and Evaluation Intervention in Science Classes: Teaching and Learning with Toulmin. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research* (pp. 135-154). Dordrecht: Springer Netherlands.

Cross, D., Taasoobshirazi, G., Hendricks, S., & Hickey, D. T. (2008). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education, 30*(6), 837-861.

Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science education, 88*(6), 915-933.

Feist, G. J. (2008). *The psychology of science and the origins of the scientific mind*: Yale University Press.

Felton, M., Garcia-Mila, M., & Gilabert, S. (2009). Deliberation versus dispute: The impact of argumentative discourse goals on learning and reasoning in the science classroom. *Informal Logic, 29*(4), 417-446.

Fine, T. L. (2004). The "only acceptable approach" to probabilistic reasoning. *SIAM News, 37*(2), 723.

Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., . . . Fischer, M. (2014). Scientific reasoning and argumentation: Advancing an interdisciplinary research agenda in education. *Frontline Learning Research, 2*(3), 28-45.

Frank, A. . (2005). Basic proficiencies in scientific reasoning. http://www.frostburg.edu/fsu/assets/File/Administration/pair/student-learning-outcomes/Basic_Skills/SCI_REASONING_guide.pdf

Gambari, A. I., Yaki, A. A., Gana, E. S., & Ughovwa, Q. E. (2014). Improving secondary school students' achievement and retention in biology through video-based multimedia instruction. *InSight: A Journal of Scholarly Teaching, 9*, 78-91.

Great Schools Partnership. (2014). 21ST century skills. Retrieved May 28, 2016 http://edglossary.org/21st-century-skills/

Greenwald, A. R. (2007). Learning how to argue: experiences teaching the Toulmin model to composition students.

Han, J. (2013). Scientific reasoning: Research, development, and assessment. The Ohio State University.

Harlen, W., Bell, D., Education, Association for Science, & Staff, Association for Science Education. (2010). *Principles and Big Ideas of Science Education*: Association for Science Education.

Hartmann, S., zu Belzen, A. U., Krüger, D., & Pant, H. A. (2015). Scientific Reasoning in Higher Education. *Zeitschrift für Psychologie*.

Herr, N. (2009). The sourcebook for teaching science, grades 6-12: Strategies, activities, and instructional resources. *Education Review//Reseñas Educativas*.

iSTAR Assessment. (2013a). Proportions and Ratios. Retrieved May 7, 2016 http://www.istarassessment.org/srdims/proportions-and-ratios-needs-pictures/

iSTAR Assessment. (2013b). Control of variables. Retrieved May 7, 2016 http://www.istarassessment.org/srdims/control-of-variables/

iSTAR Assessment. (2013c). Correlational reasoning. Retrieved May 7, 2016 http://www.istarassessment.org/srdims/correlational-reasoning-needs-pictures/

iSTAR Assessment. (2013d). Hypothetical-deductive reasoning. Retrieved May 7, 2016 http://www.istarassessment.org/srdims/hypothetical-deductive-reasoningneeds-pictures/

Joe, L. & Jonathan C. (2015). Scientific methodology. Retrieved Feb 12, 2016 http://philosophy.hku.hk/think/sci/

Kral, Elmer A. (1997). Scientific Reasoning and Achievement in a High School English Course. *Skeptical Inquirer, 21*(3), 34-39.

Labossiere, M. (2008a). Argument basics. Retrieved April 28, 2016 https://reasonresources.wordpress.com/tag/definition-of-argument/

Labossiere, M. (2008b). Definition of Argument. Retrieved March 1, 2559 https://aphilosopher.wordpress.com/2008/02/14/definition-of-argument/

Lajoie, S. P., Greer, J. E., Munsie, S., Wilkie, T., Guerrera, C., & Aleong, P. (1995). *Establishing an argumentation environment to foster scientific reasoning with*

Bio-World. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Computers in Education.

Landauer, J., & Rowlands, J. (2001). Epistemology. Retrieved November 1, 2016 http://www.importanceofphilosophy.com/Epistemology_Main.html

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education, 84*(1), 71-94.

Lawson. A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 15*(1), 11-24.

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(7), 569-617.

Lawson, A. E., & Worsnop, W. A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of research in science teaching, 29*(2), 143-166.

Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., & Falconer, K. A. (2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of research in science teaching, 37*(9), 996-1018.

Lee, C., & She, H. (2010). Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion. *Research in Science Education, 40*(4), 479-504.

Lee, E. M., & Kang, N. H. (2014). Middle School Students' Evaluation of Scientific Information: From the Perspective of Hypothetico-deductive Reasoning. *Journal of The Korean Association For Science Education, 34*(4), 375-383.

Leitão, S. (2000). The Potential of Argument in Knowledge Building. *Human Development, 43*(6), 332-360.

Mirza, N. M., Perret-Clermont, A-N., Tartas, V., & Iannaccone, A. (2009). Psychosocial processes in argumentation *Argumentation and education* (pp. 67-90): Springer.

Moore, J. C. (2012). Transitional to Formal Operational: Using Authentic Research Experiences to Get Non-Science Students to Think More Like Scientists. *European Journal of Physics Education, 3*(4).

Morris, B. J., Masnick, A. M., Zimmerman, C., & Croker, S. (2012). The emergence of scientific reasoning: INTECH Open Access Publisher.

Nnorom, N. R. (2013). The Effect of Reasoning Skills on Students Achievement in Biology in Anambra State. *International Journal of Scientific & Engineering Research, 4*(12), 2102-2104.

NSTA, National Science Teachers Association. (2009). 21st century skills map. Retrieved July 15, 2015 http://www.p21.org/storage/documents/21stcskillsmap_science.pdf

Oakley, L. (2004). *Cognitive development*: Routledge.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. (2015). Draft science framework. Retrieved March 15, 2016 http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf

Okumus, S., & Unal, S. (2012). The Effects of Argumentation Model on Students' Achievement and Argumentation Skills in Science. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 46*, 457-461. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.141

Palincsar, A. S., & Winn, J. (1990). Assessment models focused on new conceptions of achievement and reasoning. *International Journal of Educational Research, 14*(5), 409-483.

Piaget. J. (1928). Judgement and reasoning in the child. Paterson, Nj: Littlefield Adams. Cited in Lawson, 2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International journal of science education, 25*(11), 1387-1408.

Piaget, J. (1981). Intelligence and affectivity: Their relationship during child development.(Trans & Ed TA Brown & CE Kaegi): Annual Reviews.

Richard, N. (2016). Argumentation. Retrieved Feb 29, 2016 http://grammar.about.com/od/ab/g/argumentationterm.htm

Roberts, R., & Gott, R. (2010). A framework for practical work, argumentation and scientific literacy. *Contemporary science education research.*

Runes, D. D. (2001). The dictionary of philosophy: Citadel Press.

Sakiyo, J., & Waziri, K. (2015). Concept Mapping Strategy: An Effective Tool for Improving Students' Academic Achievement in Biology. *Online Submission, 1*(1), 56-62.

Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education, 92*(3), 447-472.

Schen, M. S. (2007). *Scientific reasoning skills development in the introductory biology courses for undergraduates.* The Ohio State University.

Schleicher, A., Zimmer, K., Evans, J., & Clements, N. (2009). PISA 2009 Assessment Framework: Key Competencies in Reading, Mathematics and Science. *OECD Publishing (NJ1)*.

Sekerci, A. R., & Canpolat, N. (2014). Effect of Argumentation on Prospective Science Teachers' Scientific Process Skills and Their Understanding of Nature of Scientific Knowledge in Chemistry Laboratory. *Üniversitepark Bülten*.

Shuttleworth, M. (2008). Scientific Reasoning. Retrieved Jul 16, 2015 https://explorable.com/scientific-reasoning

Sigelman, C. K., & Rider, E. A. (2014). *Life-span human development*: Cengage Learning.

Slater, A., & Bremner, J. G. (2003). An introduction to developmental psychology: Wiley-Blackwell.

Sundre, D. L. (2008). The Scientific Reasoning Test, Version 9 (SR-9): Test Manual.

Tajudin, N. M., & Chinnappan, M. (2015). Exploring relationship between scientific reasoning skills and mathematics problem solving. Retrieved May 7, 2016 http://www.merga.net.au/documents/RP2015-68.pdf

Toulmin, S. E. (2003). The uses of argument: Cambridge University Press.

Treagust, D. F. (2012). Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention. Paper presented at the Proceedings of The

Australian Conference on Science and Mathematics Education (formerly UniServe Science Conference).

Truncellito, D. A. (2002). Epistemology. Retrieved November 2, 2016 http://www.iep.utm.edu/epistemo/

UMC Web Team. (2007). Argument: the basics. Retrieved March 1, 2016 http://www.speaking.pitt.edu/student/argument/argumentbasics.html

UNESCO, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. (2012). UNESCO Science for Peace and Sustainable Development. Retrieved Dec 11, 2015 http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002197/219756E.pdf

Van, E. F. H., & Grootendorst, R. (2004). A systematic theory of argumentation: The pragma-dialectical approach (Vol. 14): Cambridge University Press.

Voss, J. F., & Means, M. L. (1991). Learning to reason via instruction in argumentation. *Learning and Instruction, 1*(4), 337-350.

Walton, D. N. (1990). What is reasoning? What is an argument? *The Journal of Philosophy, 87*(8), 399-419.

Yapici, İ. Ü., & Akbayin, H. (2012). The effect of blended learning model on high school students' biology achievement and on their attitudes towards the internet. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, 11*(2).

Zimmerman, C. (2005). The development of scientific reasoning: What psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. *Paper commissioned by the National Academies of Science (National Research Council's Board of Science Education, Consensus Study on Learning Science, Kindergarten through Eighth Grade)*.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. ค้นเมื่อ 24 เมษายน 2559 จาก http://www.curriculum51.net/upload/cur-51.pdf

กิ่งฟ้า สินธุวงศ์. (2547). การเรียนรู้กับการพัฒนาผู้เรียน. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). แนวคิดทางวิทยาศาสตร์: กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช และ สร้อยสน สกลรักษ์ Ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

โชติกา ภาษีผล. (2554). การสร้างและพัฒนาเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2548). การวัดและการประเมินผลทางการศึกษา: เอกสารประกอบการสอนรายวิชา *2702303*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แบเนจเมนท์.

ภคพร อิสระ. (2557). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรัญญา จำปามูล. (2555). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2558). รูปแบบข้อสอบ o-net ม.6 ปีการศึกษา 2558. ค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2559 จาก http://www.niets.or.th/uploads/editor/files/O-NET/05_รูปแบบข้อสอบ%20O_NET%20%E0%B8%A16.pdf

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (*O-NET)* ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *6* ปีการศึกษา 2558. ค้นเมื่อ 24 เมษายน 2559 จาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2558.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). ผลการประเมิน *PISA 2009* การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). ตัวอย่างข้อสอบโครงการ *TIMSS 2011* วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *2*. ค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2559 จาก http://www.edunayok.org/download/TIMSS%202011sc2.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557ก). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม *3*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557ข). รายงานผลการวิจัยโครงการ *TIMSS 2011* วิชาวิทยาศาสตร์. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558 จาก https://drive.google.com/file/d/0BwqFSkq5b7zSSEZCOFdkZzZIUGM/view

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนการสอน

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร.เมธา มีแต้ม	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล
3. อาจารย์ ดร.ฐิตินันท์ สำราญวานิช	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล
4. อาจารย์ธันยมลธ์ จตุรวิทย์กุล	ข้าราชการครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวิทยา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. อาจารย์ ดร.กุลธิดา นุกูลธรรม	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ และพัฒนศาสตร์ ภาควิชาครุศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน
2. รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาการวัดและประเมิน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขศิริ วิชาศรี กรามส์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1. อาจารย์ ดร.จิตตมาส สุขแสวง	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร.ฐิตินันท์ สำราญวานิช	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล
3. อาจารย์ธันยมลธ์ จตุรวิทย์กุล	ข้าราชการครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้เป็นแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยแบบวัดจะกำหนดข้อมูลที่เกี่ยวกับการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์

2. แบบวัดนี้เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบบวัดนี้ประกอบด้วย 6 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ ทั้งหมด ใช้เวลา 50 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล และเลขที่ ลงในข้อสอบ

4. กรุณาทำแบบวัดความสามารถทุกข้อ เพื่อประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

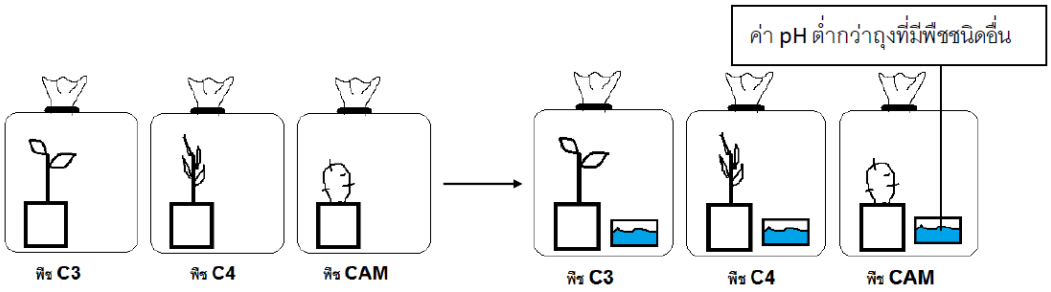
5. กรุณาอ่านคำถามแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงข้อเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ1. – 2.

จากการศึกษาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พืชเกิดการเจริญเติบโต ผู้ศึกษาต้องการทราบว่า พืชต่างชนิดกันได้แก่ พืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลาต่างกันหรือไม่ จึงทำการทดลองดังนี้

นำพืชทั้ง 3 ชนิดมาหุ้มด้วยถุงพลาสติกที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ ปล่อยทิ้งไว้ในช่วงกลางวัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำไปใส่ ในถุงพลาสติก เมื่อนำน้ำมาวัดค่า pH พบว่า ค่า pH ของน้ำในถุงพืช CAM ต่ำกว่าค่า pH ของน้ำในถุงพืช C_3 และ C_4 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเมื่อจับกับคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีค่า pH จะต่ำลง



จึงตั้งสมมติฐานว่า พืช CAM มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน ส่วนพืช C_3 และ C_4 ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางวัน

1. หากนักเรียนมีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตซึ่งทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลดลง จะออกแบบการทดลองอย่างไร (เพื่อตรวจสอบสมมติฐานข้างต้น)

ตัวเลือก	พืช C3 และ พืช C4	พืช CAM
1)	หุ้มด้วยถุงที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตและมีบรรจุแก๊ส CO_2 ทิ้งไว้ช่วงกลางคืน วัดค่า pH ของน้ำ	หุ้มด้วยถุงที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตและบรรจุแก๊ส CO_2 ทิ้งไว้ช่วงกลางวัน วัดค่า pH ของน้ำ
2)	*หุ้มด้วยถุงที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตทิ้งไว้ในช่วงกลางวัน ทำหลายวัน แล้วสังเกตการเติบโตของต้นไม้*	*หุ้มด้วยถุงที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ทิ้งไว้ในช่วงกลางคืน ทำหลายวัน แล้วสังเกตการเติบโตของต้นไม้*
3)	หุ้มด้วยถุงที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตและและบรรจุแก๊ส CO_2 ทิ้งไว้ในช่วงกลางคืน ทำหลายวันแล้วสังเกตการเติบโตของต้นไม้	หุ้มด้วยถุงที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตและบรรจุแก๊ส CO_2 ทิ้งไว้ในช่วงกลางวัน ทำหลายวันแล้วสังเกตการเติบโตของต้นไม้
4)	ทำการทดลองซ้ำเช่นเดิมเพื่อยืนยันสมมติฐานอีกครั้งหนึ่ง	

2. ผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและยืนยันว่าสมมติฐานถูกต้องคือข้อใด

1) พืช C_3 C_4และ CAM ไม่ตายและเจริญเติบโตได้ปกติ

2) พืช C_3 C_4 และ CAM จะตายหรือไม่มีการเจริญเติบโต

3) ค่า pH ของพืช CAM จะลดต่ำลงมากกว่าค่า pH ของน้ำในถุงหุ้มพืช C_3 และ C_4

4) ค่า pH ของน้ำในถุงหุ้มพืช C_3และ C_4 ไม่ลดต่ำลง ค่า pH ของน้ำในถุงหุ้มพืช CAM ลดต่ำลง

บทความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 3. – 4.

นักวิทยาศาสตร์ นำแบคทีเรียสายพันธุ์เดียวกัน ซึ่งถูกแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ชนิด R ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และชนิด S ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต มาทำการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลอง	วิธีการทดลอง	ผลการทดลอง
ก.	ฉีดแบคทีเรียสายพันธุ์ R เข้าไปในหนู	หนูมีชีวิต
ข.	ฉีดแบคทีเรียสายพันธุ์ S เข้าไปในหนู	หนูตาย
ค.	ฉีดแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ถูกทำให้ตายด้วยความร้อน เข้าไปในหนู	หนูมีชีวิต
ง.	ฉีดแบคทีเรียสายพันธุ์ R ที่ยังมีชีวิตผสมกับสายพันธุ์ S ที่ถูกทำให้ตายด้วยความร้อน เข้าไปในหนู	หนูตาย และพบว่ามี แบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่มีชีวิตในตัวหนู

จึงมีการตั้งสมมติฐานว่า แบคทีเรียสายพันธุ์ S อาจถ่ายสารบางอย่างเข้าสู่แบคทีเรียสายพันธุ์ R ทำให้สายพันธุ์ R ในการทดลอง ง. เปลี่ยนแปลงเป็นสายพันธุ์ S ซึ่งจากการค้นคว้าต่อมา คาดว่าสารดังกล่าวคือ DNA ดังนั้น DNA จึงอาจเป็นสารพันธุกรรมที่ถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปสู่สิ่งมีชีวิตหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด หรือ RNA (สารพันธุกรรม)

3. หากนักเรียนมีเอ็นไซม์ที่ย่อยสลาย DNA เอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีน เอ็นไซม์ที่ย่อย RNA และสารสกัดลิพิดและคาร์โบไฮเดรตนักเรียนจะทำการทดลองเพิ่มเติมอย่างไรเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว

ตัวเลือก	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้น 3
1)	*สกัดลิพิดและคาร์โบไฮเดรตออกจากสายพันธุ์ S ที่ตายแล้ว*	*ใส่เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนและ RNA ในสายพันธุ์ S ที่ตายแล้ว*	*นำสายพันธุ์ S จากขั้น 2 มาผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิตแล้วฉีดเข้าหนู*
2)	สกัดลิพิดและคาร์โบไฮเดรตออกจากสายพันธุ์ R ที่ตายแล้ว	ใส่เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนและ RNA ในสายพันธุ์ R ที่ตายแล้ว	นำสายพันธุ์ R จากขั้น 2 มาผสมกับสายพันธุ์ S ที่มีชีวิตแล้วฉีดเข้าหนู
3)	สกัดลิพิดและคาร์โบไฮเดรตออกจากสายพันธุ์ S ที่ตายแล้ว	ใส่เอ็นไซม์ย่อยโปรตีน RNA และ DNA ในสายพันธุ์ S ที่ตายแล้ว	นำสายพันธุ์ S จากขั้น 2 มาผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิตแล้วฉีดเข้าหนู
4)	สกัดลิพิดและคาร์โบไฮเดรตออกจากสายพันธุ์ R ที่ตายแล้ว	ใส่เอ็นไซม์ย่อย DNA ในสายพันธุ์ R ที่ตายแล้ว	นำสายพันธุ์ R จากขั้น 2 มาผสมกับสายพันธุ์ S ที่มีชีวิตแล้วฉีดเข้าหนู

4. นักเรียนคาดว่าผลการทดลองจะเป็นอย่างไรจากคำตอบข้างต้น

1) หนูตายและพบแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่มีชีวิต

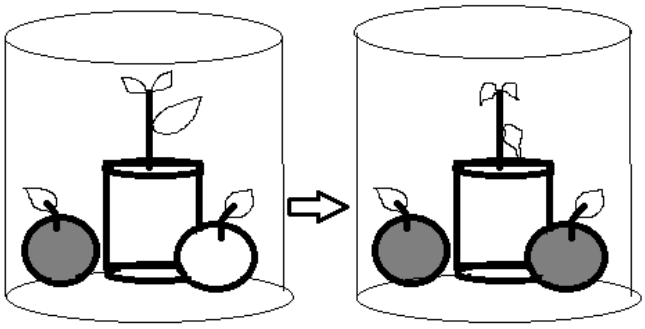
2) หนูตายและพบแบคทีเรียสายพันธุ์ R ที่มีชีวิต

3) หนูไม่ตายและพบแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่มีชีวิต

4) หนูไม่ตายและพบแบคทีเรียสายพันธุ์ R ที่มีชีวิต

บทความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 5. – 6.

นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองนำส้มที่สุกไปใส่รวมกับกระถางต้นไม้และผลไม้ดิบในภาชนะปิด ผลปรากฏว่าเกิดการเหี่ยวของใบไม้ และผลไม้ที่ดิบกลายไปผลไม้สุกเร็วขึ้น ดังรูป



จากนั้น เมื่อทำการทดลองเช่นเดิมแต่ครั้งนี้อากาศภายในภาชนะค่อนข้างเบาบาง (อัตราส่วนออกซิเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำลง เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น) พบว่าใบเหี่ยวช้าลงและผลไม้ดิบเกิดการสุกช้าลง

จากผลการทดลองดังกล่าว จึงมีการตั้งสมมติฐานว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ขัดขวางการสร้างสารบางอย่างจากผลไม้สุกซึ่งสารนี้ทำให้ใบไม้ของต้นไม้ในกระถางเหี่ยวและกระตุ้นให้ผลไม้สุก

5. หากนักเรียนมีสารเคลือบผิวผลไม้สุกป้องกันการแพร่สาร และมีน้ำแข็งแห้งซึ่งสามารถระเหิดเป็นแก๊ส CO_2 ได้ นักเรียนจะมีวิธีการทดลองเพิ่มเติมอย่างไรเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว

ตัวเลือก	การเคลือบผิวผลไม้สุก	การใช้น้ำแข็งแห้งระเหิด
1)	เคลือบ	ใช้น้ำแข็งแห้งระเหิดเป็นแก๊สภายในภาชนะซึ่งทำให้อากาศเบาบาง
2)	*ไม่ต้องเคลือบ*	*นำน้ำแข็งแห้งระเหิดเป็นแก๊สภายในภาชนะซึ่งทำให้อากาศเบาบาง*
3)	เคลือบ	ไม่ต้องนำน้ำแข็งแห้งใส่เข้าไปในภาชนะที่ซึ่งมีอากาศค่อนข้างเบาบาง
4)	ทำการทดลองในอากาศปกติ โดยไม่ต้องใช้การเคลือบผิวผลไม้สุก และไม่ต้องใช้น้ำแข็งแห้งระเหิด	

6. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากข้อเสนอการทดลองข้างต้นของนักเรียนคืออะไร

1) ใบไม้ของต้นไม้ในกระถางไม่เหี่ยว และผลไม้ดิบไม่เกิดการสุก

2) ใบไม้ของต้นไม้ในกระถางเหี่ยวช้าลง และผลไม้ดิบเกิดการสุกช้าลง

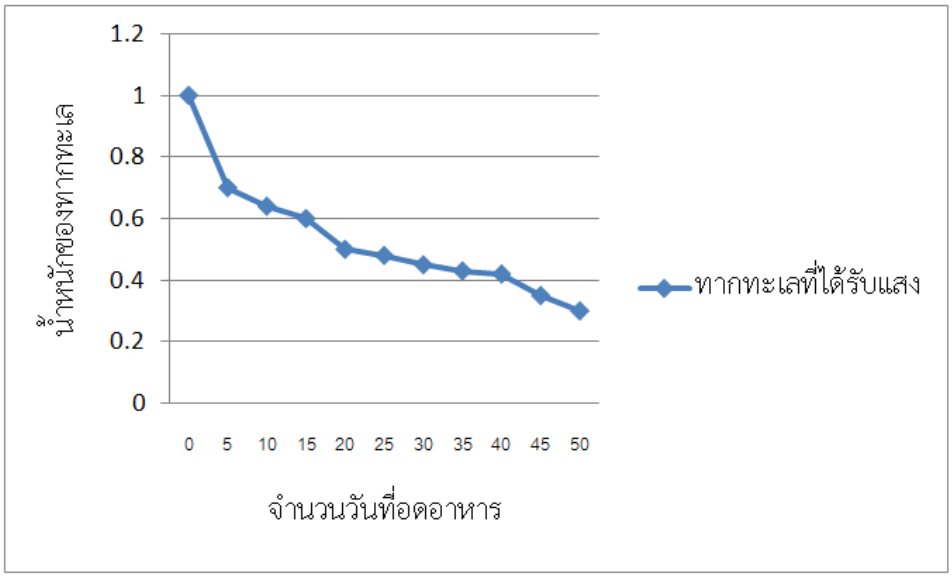
3) ใบไม้ของต้นไม้ในกระถางเหี่ยวเร็วขึ้น และผลไม้ดิบเกิดการสุกเร็วขึ้น

4) ใบไม้ของต้นไม้ในกระถางเหี่ยวและผลไม้ดิบเกิดการสุกโดยใช้เวลาเท่าเดิม

บทความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 7. – 8.

จากการศึกษาทากทะเลสีเขียว (green sea slug) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถกินสาหร่ายสีเขียว และสามารถสะสมคลอโรพลาสต์ที่เป็นออร์แกเนลที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารจากสาหร่ายสีเขียวไว้ในร่างกายของทากได้ จึงมีการตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายทอดสารพันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายไปสู่ทาก ซึ่งอาจทำให้ทากสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้

ในการทดลอง ได้นำทากทะเลสีเขียวมาไว้ในบริเวณที่มีแสง และให้ทากอดอาหาร พบว่าน้ำหนักตัวของทากเป็นดังนี้



7. หากนักเรียนมียา monolinuron ที่ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีหอยทากอีกสองตัว นักเรียนจะทำการทดลองเพิ่มเติมอย่างไรเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น

ตัวเลือก	ทากตัวที่ 1	ทากตัวที่ 2
1)	ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มืดแล้วให้อาหารสม่ำเสมอ	ไม่ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มีแสงแล้วให้อาหารสม่ำเสมอ
2)	ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มืด แล้วปล่อยให้อดอาหาร	ไม่ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มีแสงแล้วให้อาหารสม่ำเสมอ
3)	ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มีแสงแล้วปล่อยให้อดอาหาร	ไม่ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มีแสงแล้วปล่อยให้อดอาหาร
4)	*ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มีแสงแล้วปล่อยให้อดอาหาร*	*ไม่ฉีดยา monolinuron ไว้ในที่มืด แล้วปล่อยให้อดอาหาร*

8. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากคำตอบก่อนหน้าของนักเรียน ซึ่งสนับสนุนทฤษฎีดังกล่าวคือ

1) ทากทั้งสองตัวมีน้ำหนักต่ำกว่าทากจากการทดลองเริ่มต้นในทุกระยะเวลาที่อดอาหาร

2) ทากทั้งสองตัวมีน้ำหนักสูงกว่าทากจากการทดลองเริ่มต้นในทุกระยะเวลาที่อดอาหาร

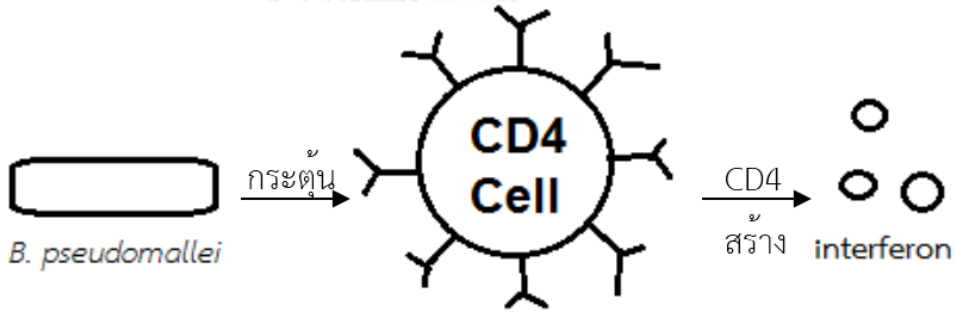
3) น้ำหนักของทากทั้งสองตัวเท่ากับทากจากการทดลองเริ่มต้นในทุกระยะเวลาที่อดอาหาร

4) ทากตัวหนึ่งน้ำหนักสูงกว่า อีกตัวน้ำหนักต่ำกว่าทากจากการทดลองเริ่มต้นในทุกระยะที่อดอาหาร

แหล่งอ้างอิง: http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/281/1774/20132493

บทความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 9. – 10.

จากการศึกษา ค้นพบว่า แบคทีเรียชนิดแกรมลบ *Burkholderia pseudomallei* สามารถก่อให้เกิดโรคได้ โดยการนำแบคทีเรียแกรมลบมาฉีดกระตุ้นเซลล์ CD4 ซึ่งเป็นเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ แล้วพบว่าแบคทีเรียชนิดนี้กระตุ้นเซลล์ CD4 ให้เกิดการสร้างสาร Interferon อันเป็นสารกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งมีปริมาณสาร interferon เกิดขึ้น 55 pg/ml



ลักษณะเซลล์ของแบคทีเรียชนิดนี้ จะมีผนังเซลล์ที่ประกอบไปด้วย Lipopolysaccharide (LPS) ที่ค่อนข้างหนา ซึ่งเป็นลักษณะที่พบทั่วไปในแบคทีเรียแกรมลบ ดังนั้นจึงมีการตั้งสมมติฐานว่าสาร LPS นี้จะสามารถก่อให้เกิดโรคได้ โดยไม่ใช่สารชนิดอื่นภายในเซลล์แบคทีเรีย

9. หากนักเรียนมีแบคทีเรียแกรมลบชนิดหนึ่ง และทราบว่า LPS เป็นสารที่คงทนต่อความร้อน นักเรียนจะทำการทดลองอย่างไรเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว

1) นำแบคทีเรียแกรมลบมาทำลายด้วยความร้อน จากนั้นนำสารที่เหลือฉีดกระตุ้นเซลล์ CD4

2) นำแบคทีเรียแกรมบวกฉีดกระตุ้นเซลล์ CD4 โดยไม่ต้องทำลายด้วยความร้อนก่อนฉีดกระตุ้น

3) นำแบคทีเรียแกรมลบฉีดกระตุ้นเซลล์ CD4 และเซลล์ร่างกายโดยไม่ต้องทำลายด้วยความร้อนก่อน

4) นำแบคทีเรียแกรมบวกมาทำลายด้วยความร้อน แล้วนำสารที่เหลือมาฉีดกระตุ้นเซลล์ CD4

10. ผลการทดลองที่นักเรียนคาดว่าจะเกิดขึ้นจากการเลือกคำตอบข้างต้นคือ

1) ปริมาณสาร interferon ลดลงมาก

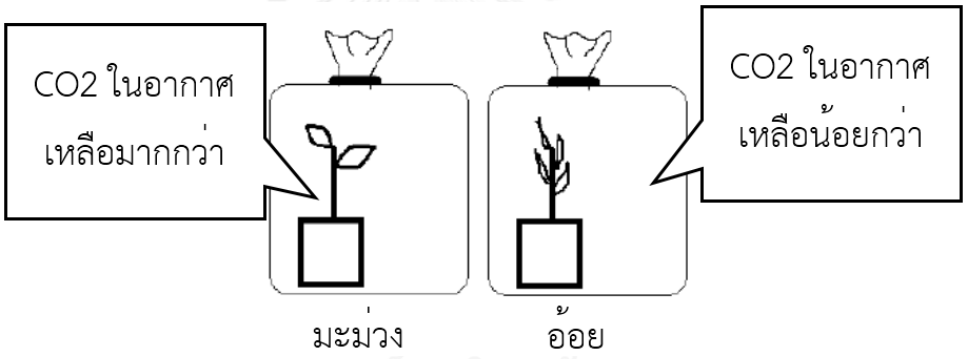
2) ไม่เกิดปริมาณสาร interferon เลย

3) เกิดการแบ่งตัวของของเซลล์ CD4 มากขึ้น

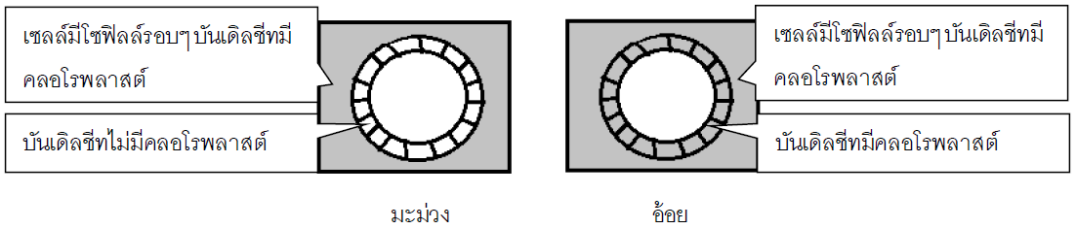
4) เกิดปริมาณสาร interferon สูงขึ้นหรือไม่ต่างจากเดิม

บทความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 11. – 12.

เมื่อทำการศึกษาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นอ้อย เปรียบเทียบกับต้นมะม่วง พบว่า เมื่อปริมาณความเข้มแสงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ให้แก่พืชเท่ากัน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหลือจากการถูกตรึงในอ้อยน้อยกว่ามะม่วง



เมื่อศึกษาในระดับโครงสร้างเซลล์ในใบพืช พบว่า เซลล์มีโซฟิลล์และเซลล์บันเดิลชีทในใบอ้อยมีคลอโรพลาสต์ ขณะที่ในใบมะม่วงพบว่ามีคลอโรพลาสต์ในเซลล์มีโซฟิลล์เท่านั้น



ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่า อ้อยมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งในบริเวณบันเดิลชีทและมีโซฟิลล์ ขณะที่มะม่วงมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ครั้งเดียวเท่านั้นในเซลล์มีโซฟิลล์ ดังนั้นปริมาณ CO_2 ในอากาศในถุงที่มีต้นอ้อยจึงเหลือน้อยกว่าในถุงที่มีต้นมะม่วง

11. หากนักเรียนทราบว่าเอนไซม์ Rubisco เป็นตัวที่ช่วยในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่พบทั้งในอ้อยและมะม่วง และสาร XuBP เป็นสารยับยั้งการทำงานของ Rubisco จะมีวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าวอย่างไร

1) ใส่สาร XuBP ในบันเดิลชีทของอ้อย ให้ความเข้มแสง แล้ววัดปริมาณ CO_2 ในอากาศ

2) ใส่สาร Rubisco ในมีโซฟิลล์ของอ้อย ให้ความเข้มแสง แล้ววัดปริมาณ CO_2ในอากาศ

3) ใส่สาร XuBP ในมีโซฟิลล์และบันเดิลชีทของอ้อย ให้ความเข้มแสง แล้ววัดปริมาณ CO_2ในอากาศ

4) ใส่เอนไซม์ Rubisco ในมีโซฟิลล์และบันเดิลชีทของอ้อย ให้ความเข้มแสง แล้ววัดปริมาณ CO_2ในอากาศ

12. ผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดจากการเลือกคำตอบข้างต้นคือ

1) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

2) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลดลงเมื่อเทียบกับการทดลองในอ้อยครั้งแรก

3) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการทดลองในอ้อยครั้งแรก

4) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเท่าเดิมเมื่อเทียบกับการทดลองในอ้อยครั้งแรก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่

กระดาษคำตอบ

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น และเลขที่ บริเวณมุมขวาบนของกระดาษคำตอบ

2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

ข้อที่	ตัวเลือก			
	1)	2)	3)	4)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

คำชี้แจง

1. แบบสอบนี้เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื้อหาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยแบบทดสอบจะกำหนดข้อมูลซึ่งเป็นข้อเท็จจริงตามธรรมชาติของ มาประกอบการพิจารณาพร้อมทั้งกำหนดโจทย์ปัญหามาให้

2. แบบสอบนี้เป็นแบบสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาทำข้อสอบ 50 นาที

3. กรุณาทำแบบสอบนี้ทุกข้อ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูลสูงสุด อ่านคำถามในแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่นักเรียนเห็นว่าถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ดังรูป

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		X		
2				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสังเคราะห์ด้วยแสง

1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: แปลความหมายข้อมูลผลการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล และการลงความเห็นข้อมูล)

คำถาม: จากการทดลองการสังเคราะห์ด้วยแสงของอาร์นอน ซึ่งแบ่งเป็น 3 การทดลองดังนี้

ก. เติม $NADP^+$ + ADP + P_i ลงในสารละลายที่มีคลอโรพลาสต์ และให้แสง เกิด NADPH + ATP + O_2

ข. เติม ADP + P_i ลงในสารละลายที่มีคลอโรพลาสต์ และให้แสง เกิด ATP

ค. เติม CO_2 + NADPH + ATP ลงในสารละลายที่มีคลอโรพลาสต์ และไม่ให้แสง เกิด น้ำตาล + $NADP^+$ + ADP + P_i

จากผลการทดลองดังกล่าวข้อใดตีความหมายข้อมูลผลการทดลองได้ถูกต้อง

1) ATP เป็นสารที่ให้อิเล็กตรอนแก่ CO_2 เมื่อไม่ได้รับแสง

2) NADP+ เป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่ CO_2 เมื่อไม่ได้รับแสง

3) $NADP^+$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนได้เมื่อมีแสงมากระตุ้นเท่านั้น

4) CO2 สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้เมื่อมี ADP + Pi เป็นตัวให้พลังงาน

2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: วิเคราะห์ สรุปประเด็นสำคัญ และแปลความหมายข้อมูลผลการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล และการลงความเห็นข้อมูล)

คำถาม: ในการทดลองเกี่ยวกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เมื่อตัดชิ้นส่วนของพืชเป็นวงกลมขนาดเล็ก และนำไปใส่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต โดยใช้หลอดฉีดยาดูดอากาศภายในใบออกแล้วให้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเข้าไปแทนที่ ทำให้ใบจมลง จากนั้นนำใบและสารละลายใส่หลอดทดลองแล้วให้แสงสีต่าง ๆ ได้แก่ สีแดง สีม่วง และสีเขียว ผลปรากฏเป็นดังนี้

นาทีแรกที่ใบลอยขึ้น		
เมื่อได้รับแสงสีแดง	เมื่อได้รับแสงสีม่วง	เมื่อได้รับแสงสีเขียว
12	11	19

จากผลการทดลอง สามารถแปลความหมายข้อมูลได้ว่าอย่างไร

1) ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุดเมื่อได้รับแสงสีม่วง

2) ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุดเมื่อได้รับแสงสีเขียว

3) ใบไม้สีเขียวเปลี่ยนสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นแก๊สออกซิเจนทำให้ใบลอยขึ้น

4) ใบไม้สีเขียวเปลี่ยนสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ใบลอยขึ้น

3. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** อธิบายขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การสร้างน้ำตาลจะเกิดขึ้นได้เมื่อเกิดขั้นตอนที่สำคัญอะไรบ้าง

1) สร้าง NADPH และ ATP โดยอาศัยแสง แล้วนำโมเลกุลดังกล่าวมาทำปฏิกิริยากับ CO_2 ในคลอโรพลาสต์

2) สร้าง NADPH ATP และ O_2 โดยอาศัยแสง แล้วนำโมเลกุลดังกล่าวมาทำปฏิกิริยากับ CO_2 ในคลอโรพลาสต์

3) สร้าง $NADP^+$ และ ADP + P_i โดยอาศัยแสง แล้วนำโมเลกุลดังกล่าวมาทำปฏิกิริยากับ CO_2 ในคลอโรพลาสต์

4) สร้าง NADPH ATP และ H_2O โดยอาศัยแสง แล้วนำโมเลกุลดังกล่าวมาทำปฏิริยากับ CO_2 ในคลอโรพลาสต์

4. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** อธิบายความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ถูกต้อง

1) พืชจะไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หากมีคลอโรฟิลล์อย่างเดียวเท่านั้น

2) พืชจะไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หากขาดคลอโรฟิลล์ชนิดใดชนิดหนึ่ง

3) ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสงสี เพราะดูดกลืนแสงสีทุกช่วงคลื่นได้

4) พืชเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารสีได้โดยการส่งต่ออิเล็กตรอนระหว่างสารสีในแอนเทนนา

5. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** นำความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (การนำไปใช้)

คำถาม: หากต้องการให้ต้นอ้อยสามารถเจริญเติบโตดี จะมีวิธีการปลูกอย่างไร

1) นำไปปลูกในที่ที่มีแสงสีม่วง รดน้ำอย่างสม่ำเสมอ

2) นำไปปลูกในที่ร่ม รดน้ำในปริมาณมากกว่าพืชปกติ

3) นำไปปลูกภายใต้ตาข่ายสีเขียว รดน้ำอย่างสม่ำเสมอ

4) นำไปปลูกในที่แดดจัดเพียงระยะเวลาสั้น รดน้ำสม่ำเสมอ

6. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยอาศัยวัฏจักรคัลวินได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยอาศัยวัฏจักรคัลวินจะเกิดในช่วงเวลาใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) เกิดช่วงเวลากลางวันเท่านั้น เพราะเอนไซม์ที่ตรึง CO_2 จะต้องอาศัยแสงในการทำงาน

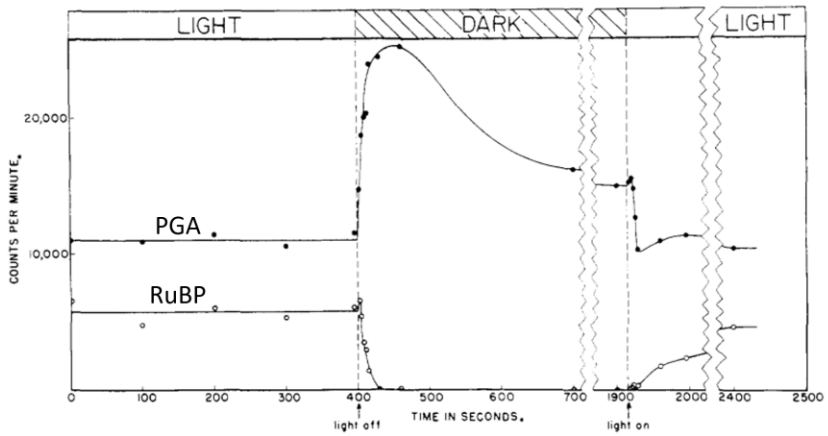
2) เกิดช่วงเวลากลางคืนเท่านั้น เพราะการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปฏิกิริยาที่ไม่อาศัยแสง

3) เกิดทั้งช่วงกลางวันและกลางคืนตลอดเวลา เพราะแสงไม่ได้ยับยั้งและไม่ได้กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาการตรึงนี้

4) เกิดช่วงกลางวันและกลางคืนระยะสั้น เพราะมีสารที่ได้จากปฏิกิริยาแสงสะสมอยู่ ซึ่งถูกนำมาใช้ในกระบวนการตรึง CO_2

7. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อภิปรายผลการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล-การลงข้อความเห็นมูล)

คำถาม: ใช้รูปภาพด้านล่างในการตอบคำถามต่อไปนี้



รูปภาพแสดงปริมาณ PGA และ RuDP (RuBP) เมื่อได้รับแสงและไม่ได้รับแสงที่วินาทีต่าง ๆ

ที่มา: http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ja01597a071

จากรูป จะสามารถอภิปรายผลการทดลองช่วงที่พืชไม่ได้รับแสงว่าอย่างไร

1) จะไม่เกิด Reduction ทำให้ PGA เพิ่มขึ้น

2) จะไม่เกิด Reduction ทำให้ PGAL เพิ่มขึ้น

3) จะไม่เกิด carboxylation ทำให้ PGA เพิ่มขึ้น

4) จะไม่เกิด carboxylation ทำให้ PGAL เพิ่มขึ้น

8. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: บอกเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดโฟโตเรสไพเรชันได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ข้อใดแสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดโฟโตเรสไพเรชัน

1) โฟโตเรสไพเรชันจะเกิดเมื่อมีแดดจัด คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และน้ำในดินมีมาก

2) โฟโตเรสไพเรชันจะเกิดเมื่อมีแดดจัด คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และออกซิเจนสูง

3) โฟโตเรสไพเรชันจะเกิดเมื่อแดดจัดเท่านั้น ไม่ว่าปริมาณออกซิเจนจะเป็นเท่าใดก็ตาม

4) โฟโตเรสไพเรชันจะเกิดเมื่อมีออกซิเจนในใบมากเท่านั้น ไม่ว่าความเข้มแสงจะเป็นเท่าใดก็ตาม

9. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: เปรียบเทียบการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ข้อใดต่อไปนี้เปรียบเทียบการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM **ในช่วงเวลากลางวัน**ได้ถูกต้อง

1) พืช C_3 มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีกว่าพืช C_4 และ CAM

2) พืช C_4 มีการสร้าง CO_2 ในไมโทคอนเดรียสูงกว่า C_3 และ CAM เมื่อแดดจัด

3) พืช C_4 จะเกิดการตรึง CO_2 ในเซลล์สองชนิด ขณะที่ C_3 และ CAM ตรึงในเซลล์ชนิดเดียว

4) พืช C_3 ตรึง CO_2 บริเวณเซลล์บันเดิลชีท ขณะที่พืช C_3 และ CAM ตรึง บริเวณเซลล์มีโซฟิลล์

10. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อภิปรายผลการทดลองการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล-การลงข้อมูล)

คำถาม: นายหลุยส์ ทำการทดลองเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยได้รับแสงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งชนิดของพืชที่ใช้ในการทดลองได้แก่ C_3: ถั่วเหลือง C_4: อ้อย และ CAM: กระบองเพชร ซึ่งได้ทำการการทดลองดังนี้

1) นำพืชทั้งสามชนิดใส่เข้าไปในกล่องปิด โดยแยกกล่องกัน แบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุม (ไม่ได้รับแสง) และชุดทดลอง (ได้รับแสง)

2) เปิดไฟให้แสงแก่พืชในแต่ละกล่อง (50 watts) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3) ปิดไฟ แล้วใช้เซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในแต่ละกล่อง

ผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

ตารางแสดงปริมาณออกซิเจนที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อพืชแต่ละชนิดได้รับแสงและไม่ได้รับแสง

	ชุดควบคุม			ชุดทดลอง		
	C_3	C_4	CAM	C_3	C_4	CAM
ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น	8.40%	6.10%	5.12%	48.69%	89.17%	5.14%

จากตาราง จะอภิปรายผลการทดลองได้ว่าอย่างไร

1) พืช C_4 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดทุกช่วงคลื่นแสง

2) พืช CAM มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดทุกช่วงคลื่นแสง

3) พืช C_4 มีการใช้ NADPH ในวัฏจักรสูงกว่า พืช C_3 และ CAM

4) พืช CAM มีการใช้ NADPH ในวัฏจักรสูงกว่า พืช C_3 และ CAM

11. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: นำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงไปใช้ได้ (การนำไปใช้)

คำถาม: หากต้องการให้ต้นอ้อยมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น ควรปฏิบัติอย่างไร

1) นำต้นอ้อยไปปลูกบริเวณกลางแจ้ง

2) เด็ดใบของต้นอ้อยออกเพื่อลดการคายน้ำ

3) ปลูกต้นอ้อยในอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

4) รดน้ำต้นอ้อยให้ดินชุ่มน้ำอยู่ตลอดเวลา ความเข้มแสงต่ำ

12. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: ตั้งสมมติฐานการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตั้งสมมติฐาน)

คำถาม: หากนำต้นมะม่วงและต้นอ้อยมาทดสอบว่าพืชชนิดใดสามารถปรับตัวได้ดีกว่ากันในที่ ๆ มีความเข้มแสงสูง โดยให้ความเข้มแสงสูงแก่พืชทั้งสองชนิดเท่ากัน และวัดปริมาณการตรึงและการคายคาร์บอนไดออกไซด์ จะตั้งสมมติฐานได้ว่าอย่างไร

1) ถ้ามะม่วงปรับตัวในที่ความเข้มแสงสูงได้ดีกว่าอ้อย ปริมาณการคายคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยจะต่ำกว่ามะม่วง

2) ถ้าอ้อยปรับตัวในที่ความเข้มแสงสูงได้ดีกว่ามะม่วง ปริมาณการคายคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยจะสูงกว่ามะม่วง

3) ถ้าอ้อยปรับตัวในที่ความเข้มแสงสูงได้ดีกว่ามะม่วง ปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของอ้อยจะสูงกว่ามะม่วง

4) ถ้าอ้อยปรับตัวในที่ความเข้มแสงสูงได้ดีกว่ามะม่วง ปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของอ้อยจะต่ำกว่ามะม่วง

13. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายเกี่ยวกับการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสงได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับการปรับตัวของใบโกสนเพื่อรับแสงได้ถูกต้อง

1) ใบโกสนในที่ร่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าในที่แจ้ง เพราะอุณหภูมิต่ำทำให้ลดการสูญเสียน้ำ

2) ใบโกสนในที่ร่มมีพื้นที่ใบมากกว่าใบโกสนในที่แจ้ง เพราะความเข้มแสงน้อยจึงเพิ่มพื้นใบรับแสง

3) ใบโกสนในที่ร่มมีพื้นที่ใบน้อยกว่าใบโกสนในที่แจ้ง เพราะความเข้มแสงน้อยการเติบโตของใบจึงต่ำ

4) ใบโกสนในที่ร่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าในที่แจ้ง เพราะความเข้มแสงน้อยปฏิกิริยาแสงจึงลดลง

การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต

14. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตของพืชได้ (ความรู้ความจำ)

คำถาม: ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตของพืชดอกได้ถูกต้อง

1) สปอโรไฟต์จะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสร้างสปอร์

2) แกมีโตไฟต์จะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์

3) ไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสร้างเรณู

4) ภายในออวุลจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากนั้นแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสร้างเซลล์ไข่

15. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและประเภทของดอกได้ (ความรู้ความจำ)

คำถาม: ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับประเภทของดอกได้ถูกต้อง

1) ดอกชบาเป็นดอกสมบูรณ์จึงจัดเป็นดอกสมบูรณ์เพศหรือไม่ก็ได้

2) ดอกเฟื่องฟ้าจัดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ จึงจัดเป็นดอกสมบูรณ์ด้วยเช่นกัน

3) ดอกมะละกอบางชนิดเป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศจึงจัดเป็นดอกไม่สมบูรณ์

4) ดอกฟักทองเป็นดอกที่ไม่สามารถปฏิสนธิในดอกเดียวกันได้เพราะเป็นดอกเดี่ยว

16. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: นำความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและประเภทของดอกที่นำไปสู่การเกิดผลและเมล็ดไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (การนำไปใช้)

คำถาม: มาลีชอบกินผลมะละกอ แต่แพ้ละอองเรณู มาลีควรเลือกปลูกต้นที่มีลักษณะอย่างไรเพื่อหลีกเลี่ยงละอองเรณูได้มากที่สุด

1) เลือกต้นที่มีผลและมีดอกที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2 ลักษณะ

2) เลือกต้นที่ผลทุกผลมีเมล็ดและเป็นเมล็ดที่สามารถเพาะต่อได้

3) เลือกต้นที่มีเมล็ดหมันทุกเมล็ดและทุกมีดอกลักษณะเหมือนกัน

4) เลือกต้นที่ไม่เกิดผลขึ้นเลยและดอกทุกดอกมีลักษณะเหมือนกัน

17. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: ระบุลำดับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ (ความรู้ความจำ)

คำถาม: ข้อใดเรียงลำดับการสร้างสเปิร์มของพืชดอกได้ถูกต้อง

1) เมกะสปอร์ – ไมโครสปอร์ – แกมีโทไฟต์ – สเปิร์ม

2) เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์ – ไมโครสปอร์ – ละอองเรณู – สเปิร์ม

3) ไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์ – ไมโครสปอร์ – ละอองเรณู – สเปิร์ม

4) ไมโครสปอร์ – เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์ – แกมีโทไฟต์ – ละอองเรณู

18. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ข้อใดอธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอก

1) ออวุล 8 อัน เมื่อปฏิสนธิกับสเปิร์มแล้วจะพัฒนาเป็นเมล็ด 1 เมล็ด

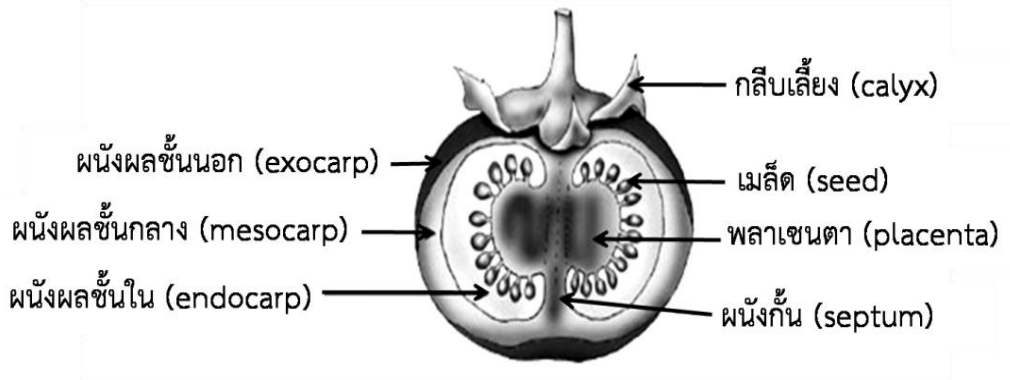
2) ไมโครสปอร์ 2 เซลล์ ปฏิสนธิกับเมกะสปอร์ 1 เซลล์ได้เป็นไซโกต 1 เซลล์

3) เซลล์สืบพันธุ์ในรังไข่ 1 รังไข่เมื่อปฏิสนธิกับสเปิร์ม 1 สเปิร์มจะได้เมล็ด 1 เมล็ด

4) เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์ 10 เซลล์ เมื่อแบ่งเซลล์และปฏิสนธิกับสเปิร์ม จะได้เป็นเมล็ด 10 เมล็ด

19. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายเกี่ยวกับการเกิดผลและเมล็ดได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: สังเกตรูปโครงสร้างผลต่อไปนี้



ที่มา: http://www.dnp.go.th/botany/BFC/image/Fruit/berry.jpg

จากรูปผล น่าจะเกิดจากดอกที่มีลักษณะอย่างไร

1) เกิดจากดอกเดี่ยวซึ่งมีรังไข่เดียวหลายออวุลทำให้ได้หลายเมล็ด

2) เกิดจากดอกเดี่ยวซึ่งมีหลายรังไข่เชื่อมติดกันทำให้ได้หลายเมล็ด

3) เกิดจากดอกหลายดอก แต่ละดอกมี 1 รังไข่ 1 ออวุลเชื่อมเป็นผลเดียวกัน

4) เกิดจากดอกหลายดอก แต่ละดอกมีหลายรังไข่ หลายออวุล เชื่อมเป็นผลเดียวกัน

20. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - การจัดจำแนก)

คำถาม: นายรักผลทำการจัดจำแนกผลชนิดต่าง ๆ ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ยอ ขนุน หม่อน สับปะรด	น้อยหน่า สตรอเบอรี่	ทุเรียน ส้ม ลำใย

จากการจำแนกผลดังกล่าว นายรักผลใช้เกณฑ์ใดจำแนก

1) ขนาดของผล และจำนวนดอกที่เจริญไปเป็นผล

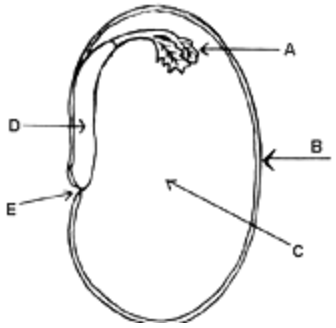
2) จำนวนดอกและจำนวนรังไข่ที่เจริญไปเป็นผลหนึ่งผล

3) จำนวนออวุล และจำนวนดอกที่เจริญไปเป็นผลหนึ่งผล

4) จำนวนออวุล จำนวนดอก และจำนวนรังไข่ที่เจริญไปเป็นผลหนึ่งผล

21. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของเมล็ดและการเกิดเมล็ดหลังการปฏิสนธิของพืชดอกได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: จากรูป แสดงโครงสร้างของ**เมล็ดถั่วเหลือง** ดังนี้



ที่มา : http://www.gridgit.com/postpic/2010/12/bean-seed-diagram_396680.jpg

จากรูป ส่วนใดของเมล็ดถั่วที่ทำหน้าที่ในการสะสมอาหารเพื่อเลี้ยงเอ็มบริโอ ส่วนดังกล่าวเรียกว่าอะไร และเกิดจากการปฏิสนธิระหว่างเซลล์ใด

1) C เรียกว่า ใบเลี้ยง เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับไข่

2) D เรียกว่า ใบเลี้ยง เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับไข่

3) C เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับโพลาร์นิวคลีไอ

4) D เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มกับโพลาร์นิวคลีไอ

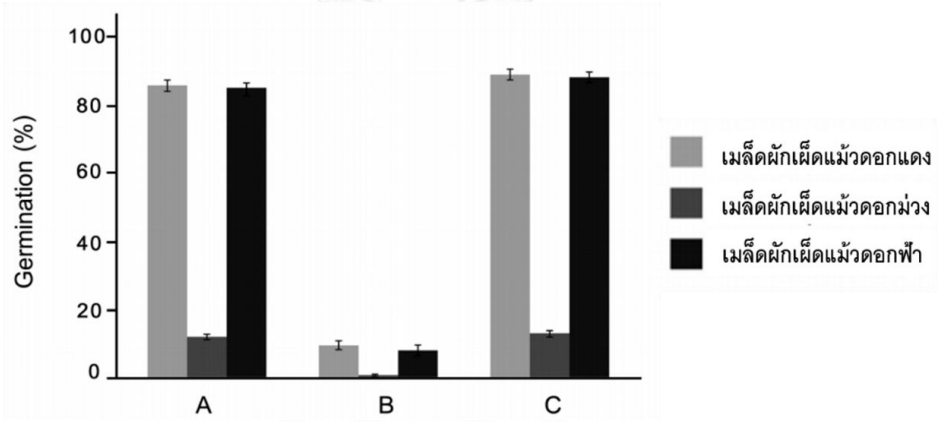
22. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลการงอกของเมล็ดได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล และการลงความเห็นข้อมูล)

คำถาม: จากกราฟด้านล่าง แสดงผลการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยแสงที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดผัก 3 ชนิด ได้แก่ เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกแดง เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกม่วง และเมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกฟ้า โดยมีชุดการทดลองดังนี้

A คือชุดการทดลองที่เมล็ดได้รับแสงตลอดทั้งวันเป็นเวลา 10 วัน

B คือชุดการทดลองที่เมล็ดไม่ได้รับแสงตลอดทั้งวันเป็นเวลา 10 วัน

C คือชุดการทดลองที่เมล็ดได้รับแสง 10 ชั่วโมง และไม่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงสลับกันเป็นเวลา 5 วัน



ที่มา:

http://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=13%20Ongkarn.pdf&id=1131&keeptrack=9

ข้อใดตีความหมายข้อมูลผลการทดลองได้ถูกต้อง

1) เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกแดงและดอกฟ้าสามารถงอกได้ดีเมื่อได้รับแสง แต่เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกม่วงจะงอกได้ไม่ดีเมื่อได้รับแสง

2) เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกแดง ดอกฟ้า และดอกม่วง จะงอกได้ดีเมื่อได้รับแสง และจะงอกไม่ดีเมื่อไม่ได้รับแสง

3) เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกม่วงจะงอกได้ดีมากกว่าเมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกแดงและดอกฟ้าหากได้รับแสงเป็นระยะเวลานานขึ้นมากกว่า 10 วัน

4) เมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกม่วงจะงอกได้ดีที่สุดหากได้รับน้ำในปริมาณที่สูงกว่าเมล็ดผักเผ็ดแม้วดอกแดงและดอกฟ้า

23. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** นำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การพักตัวของเมล็ด และกลไกป้องกันการพักตัวของเมล็ดไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (การนำไปใช้)

คำถาม: นายดอยปุยต้องการเพาะเมล็ดแอปเปิ้ล การปฏิบัติในข้อใดที่จะทำให้เมล็ดแอปเปิ้ลงอกดีขึ้น

1) นำเมล็ดไปแช่ในน้ำอุ่นแล้วทิ้งไว้หนึ่งวัน
2) นำเมล็ดไปใส่สำลีเปียกแล้วไว้ในที่อุณหภูมิสูง
3) เอาเมล็ดไปใส่สำลีเปียกแล้วไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ
4) นำเมล็ดไปเก็บไว้ในภาชนะบรรจุกรดแอบไซซิก

24. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** นำความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์พืชไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (การนำไปใช้)

คำถาม: หากต้องการขยายพันธุ์กล้วยให้ได้ปริมาณมาก ๆ และลักษณะเหมือนต้นเดิมทุกประการ จะมีวิธีการขยายพันธุ์อย่างไร

1) ผ่าส่วนที่เป็นลำต้นใต้ดินหรือหน่อออกมา แล้วนำไปเพาะบนแปลงที่เตรียมไว้
2) ตัดส่วนที่เป็นช่อดอกหรือปลีกล้วยออกมา แล้วนำไปเพาะบนแปลงที่เตรียมไว้
3) ตัดส่วนที่เป็นรากของกล้วยมาใส่ในอาหารสังเคราะห์ จากนั้นรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ
4) นำละอองเรณูจากเกสรเพศผู้มาผสมกับเกสรเพศเมียในดอกเดียวกัน แล้วนำเมล็ดมาเพาะ

25. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** อธิบายข้อดีข้อเสียของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกได้ (ความเข้าใจ)

คำถาม: ข้อใดอธิบายข้อดีและข้อเสียของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกได้ถูกต้อง

	ข้อดี	ข้อเสีย
1)	ได้ต้นพืชที่มีความหลากหลายเป็นอย่างมาก	อาจนำไปสู่การสูญพันธุ์ได้
2)	*ได้ต้นพืชตามลักษณะที่ต้องการจำนวนมาก*	*ทำให้มีความหลากหลายลดน้อยลง*
3)	ทำให้ได้สายพันธุ์ที่ทนทานต่อสารเคมี	ทำให้พืชที่ได้อยู่ในสิ่งแวดล้อมธรรมชาติได้ยากขึ้น
4)	ทำให้ได้ต้นพืชจำนวนมากในระยะเวลาสั้น ๆ	ทำให้พืชไม่สามารถเติบโตในสิ่งแวดล้อมเดิมได้

26. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: ระบุวิธีการวัดการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสม และบอกข้อจำกัดของวิธีการวัดการเจริญเติบโตของพืชได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การออกแบบการทดลอง)

คำถาม: หากต้องการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของต้นตำลึง 3 ต้นทั้งหมด 3 ครั้ง จะมีวิธีวัดอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด

1) วัดส่วนสูงของแต่ละต้นเป็นจำนวน 3 ครั้ง

2) นับจำนวนใบของแต่ละต้นเป็นจำนวน 3 ครั้ง

3) นำแต่ละต้นไปวัดด้วยน้ำหนักแห้งเป็นจำนวน 3 ครั้ง

4) วัดขนาดของเส้นรอบวงลำต้นแต่ละต้นเป็นจำนวน 3 ครั้ง

27. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล และการลงความเห็นข้อมูล)

คำถาม: จากการทดลอง

รูปผลของอัตราส่วนของออกซินและไซโทไคนินที่แตกต่างกันที่มีต่อการเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของแคลลัส

ที่มา: https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTdxPGtRZ9nRH_nFQRmeWhoNoVuiWumvnAWGeGnmRaqmmKWJW_Z2A

จากรูป ข้อใดสามารถสรุปผลการทดลองได้ดีที่สุด

1) ไซโทไคนินทำงานตรงข้ามกับออกซินและยับยั้งกัน

2) ออกซินจะมีผลกระตุ้นการเจริญของปลายรากเท่านั้น

3) ไซโทไคนินยับยั้งการเกิดราก ออกซินยับยั้งการเกิดปลายยอด

4) สัดส่วนของไซโทไคนินที่มากกว่าออกซินจะกระตุ้นการเกิดปลายยอด

28. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: นำความรู้เกี่ยวกับฮอร์โมนมาใช้ในชีวิตประจำวันในแต่ละสถานการณ์ได้ (การนำไปใช้)

คำถาม: ข้อใดสามารถนำความรู้เกี่ยวกับฮอร์โมนพืชไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง

1) นำน้ำมะพร้าวไปเป็นส่วนผสมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

2) นำแก๊สเอทิลีนไปฉีดใส่พวงองุ่นเพื่อให้มีผลขนาดใหญ่ขึ้น

3) ตัดปลายยอดออกเป็นประจำเพื่อให้ลำต้นมีความสูงเพิ่มเร็วขึ้น

4) นำกรดแอบไซซิกไปใส่เมล็ดพืชเพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ด

29. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** ระบุประเภทของการเคลื่อนไหวในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในแต่ละตัวอย่างได้ (ความรู้ความจำ)

คำถาม: ข้อใดสามารถระบุประเภทของการเคลื่อนไหวในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ถูกต้อง

1) การเบนตามแสงของยอดพืชจัดเป็นแนสติกมูฟเมนต์

2) การตอบสนองต่อการสัมผัสของตำลึงจัดเป็นแนสติกมูฟเมนต์

3) การงอกของหลอดเรณูบนยอดเกสรเพศเมียจัดเป็นทรอปิกมูฟเมนต์

4) การเกิดแรงดันเต่งที่ทำให้เกิดการบานของดอกบัวจัดเป็นทรอปิกมูฟเมนต์

30. **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม:** สรุปการทดลองการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อมได้ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์-การตีความหมายข้อมูล-การลงข้อสรุป)

คำถาม: เมื่อทำการทดลองกับพืชสกุล Arabidopsis เกี่ยวกับการหุบบานของแผ่นใบ โดยดูการตอบสนองของแผ่นใบต่อแสงและแรงโน้มถ่วง ซึ่งได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

หมายเหตุ: ⟶ คือทิศทางของใบที่ตอบสนองแต่แสง, - → คือทิศทางของใบที่ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงในที่มืด

ที่มา: ดัดแปลงจาก http://pcp.oxfordjournals.org/content/47/2/217.full.pdf+html

ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องที่สุด

1) ใบมีการเคลื่อนไหวแบบทรอปิกเมื่อตอบสนองแต่แสง และเคลื่อนไหวแบบแนสติกเมื่อตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง

2) ใบมีการเคลื่อนไหวแบบแนสติกเมื่อตอบสนองแต่แสง และเคลื่อนไหวแบบทรอปิกเมื่อตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง

3) ใบมีการเคลื่อนไหวแบบแนสติกเมื่อตอบสนองต่อแสง และเมื่อตอบสนองแต่แรงโน้มถ่วง

4) ใบมีการเคลื่อนไหวแบบทรอปิกเมื่อตอบสนองต่อแสง และเมื่อตอบสนองแต่แรงโน้มถ่วง

ภาคผนวก ค
เครื่องมือในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาแบบโต้แย้งและประเมิน

2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาแบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้รายคาบแบบโต้แย้งและประเมิน

รายวิชา ว30243 ชีววิทยาเพิ่มเติม **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช **เวลา 2 คาบ**

เรื่อง ปฏิกิริยาแสง

ผู้สอน นายณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ

.....

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว ๘. ๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

1. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาแสง พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์และเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP และ NADPH ที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยอาศัยสารสีดูกลืนพลังงานแสง และส่งต่อพลังงานแสงไปยังศูนย์กลางปฏิกิริยาแสง ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออก จากนั้นจึงมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ทั้งแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) อธิบายการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2) อธิบายการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยาแสงได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

3) ทดลองและอภิปรายการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชใบไม้สีเขียวในช่วงคลื่นแสงต่าง ๆ ได้ (ด้านทักษะพิสัย)

4) ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และข้อยืนยันได้ (ด้านทักษะพิสัย)

5) มีระเบียบวินัยในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

ปฏิกิริยาแสง พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์และเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP และ NADPH ที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยอาศัยสารสีเป็นตัวดูดกลืนพลังงานแสงดังกล่าว

สารสีในปฏิกิริยาแสง มี 3 ประเภทหลัก ได้แก่

1) คลอโรฟิลล์ เป็นสารสีเขียว

2) แคโรทีนอยด์ ได้แก่ แคโรทีน (สารสีส้มหรือแดง) และแซนโทฟิล (สารสีเหลืองหรือสีน้ำตาล)

3) ไฟโคบิลิน ได้แก่ ไฟโคอิริทริน (สารสีแดงแกมน้ำตาล) และไฟโคไซยานิน (สารสีเขียวแกมน้ำเงิน)

สารสีเหล่านี้อยู่รวมกันเป็นกลุ่มฝังตัวอยู่ในกลุ่มโปรตีนบนเยื่อไทลาคอยด์ ทำหน้าที่รับพลังงานแล้วส่งต่อไปตามลำดับจนในที่สุดให้คลอโรฟิลล์เอโมเลกุลพิเศษ ที่เป็นศูนย์กลางปฏิกิริยา (reaction center) ของระบบแสง กลุ่มสารสีที่ทำหน้าที่รับและส่งพลังงานแสงเหล่านี้ เรียกว่า แอนเทนนา (antenna)

แอนเทนนาจะอยู่รวมกับกลุ่มโปรตีน ซึ่งมีโปรตีนที่เป็น ตัวรับอิเล็กตรอนรวมอยู่ด้วย รวมกันเรียกว่า ระบบแสง (photosystem) ซึ่งพืชชั้นสูงมีระบบแสง 2 ชนิดคือ ระบบแสง I (ศูนย์กลางปฏิกิริยารับพลังงานแสงขั้นต่ำที่สุดที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร) และระบบแสง II (ที่สุดที่ความยาวคลื่น 680 นาโนเมตร)

เมื่อสารสีมีการดูดกลืนพลังงานแสงแล้ว จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงแล้วมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร อิเล็กตรอนจากระบบแสง II จะส่งไปยังพลาสโตควิโนน แล้วส่งต่อไปไซโทโครมคอมเพล็กซ์ และส่งไปยังระบบแสง I ทำให้ระบบแสงหนึ่งปล่อยอิเล็กตรอนส่งไปยังตัวรับอิเล็กตรอนหลายชนิด แล้วส่งไปยังเฟอริดอกซิน ซึ่งจะส่งอิเล็กตรอนไปสู่ $NADP^+$ ทำให้กลายเป็น NADPH ระบบแสง II เมื่อสูญเสียอิเล็กตรอนจะนำอิเล็กตรอนของน้ำเข้ามาแทน ทำให้น้ำเกิดการแตกตัวกลายเป็น H^+ และ O_2

2) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร ศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงในระบบแสง I ถูกกระตุ้นทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกแล้วส่งต่ออิเล็กตรอนไปสู่เฟอริดอกซิน จากนั้นส่งต่อไปยังไซโทโซมคอมเพล็กซ์ และส่งต่อให้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ จากนั้นก็จะถูกส่งมายังคลอโรฟิลล์เอที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสงของระบบแสง I ซึ่งจะสร้าง ATP แต่ไม่เกิด NADPH และออกซิเจน

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นการบอกเป็นนัย (cue) (20 นาที)

1) นักเรียนสังเกตภาพใบไม้สีเขียวและช่วงคลื่นแสงขาวที่ถูกแบ่งเป็นช่วงคลื่นต่าง ๆ แล้วร่วมกันตอบคำถามว่า นักเรียนคิดว่า พืชน่าจะดูดกลืนพลังงานแสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงคลื่นใดบ้าง

2) นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นโดยที่ครูจะยังไม่เฉลย

ขั้นการปฏิบัติ (do) (45 นาที)

1) นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์บนสไลด์นำเสนอ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และร่วมกันอภิปรายว่า โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ประกอบด้วยส่วนใดบ้าง *(โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในมีของเหลว เรียกว่า สโตรมา (stroma) ซึ่งมีเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีไทลาคอยด์ (thylakoid) ซึ่งเป็นเยื่อที่มีส่วนที่พับเหมือนเป็นถุงทักซ้อนเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่า กรานุม (granum) และเยื่อส่วนที่ไม่ทับซ้อนกันอยู่ระหว่างกรานุมเรียกว่า สโตรมาลาเมลลา (stroma lamella) ภายในไทลาคอยด์มีลักษณะคล้ายถุงมีช่องเรียกว่า ลูเมน (lumen) ซึ่งมีของเหลวที่ประกอบด้วยเอนไซม์ต่าง ๆ อยู่ภายใน)*

2) นักเรียนตอบคำถามครูว่า สารที่สำคัญที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์คือสารใด *(สารสีหรือรงควัตถุ)*

3) นักเรียนตอบคำถามครูต่อว่า รงควัตถุดังกล่าวอยู่ในบริเวณใดของคลอโรพลาสต์ *(เยื่อหุ้มไทลาคอยด์)* จากนั้นตอบคำถามต่อว่า เพราะฉะนั้นปฏิกิริยาในการรับพลังงานแสงจะเกิดบริเวณใด *(เยื่อหุ้มไทลาคอยด์เช่นเดียวกัน)*

4) ครูแสดงตารางสารสีในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แล้วตั้งคำถาม ดังนี้

- สารสีชนิดใดที่พบได้ทั้งในพืช สาหร่าย ไซยาโนแบคทีเรีย และแบคทีเรียสีเขียว *(แคโรทีนอยด์)*
- สารสีชนิดใดที่พบเฉพาะในพืช และสาหร่ายสีเขียว *(คลอโรฟิลล์เอ)*
- หากพืชขาดคลอโรฟิลล์เอ พืชจะสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ *(ไม่ได้ เพราะคลอโรฟิลล์เอ เป็นศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสง ทำหน้าที่รับพลังงานแสงจากสารสีอื่น ๆ และเป็นแหล่งให้อิเล็กตรอนกับเป็นตัวรับอิเล็กตรอน)*

5) นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการทดลองของอาร์นอน โดยครูแสดงภาพการทดลองของอาร์นอน จากนั้นนักเรียนสรุปว่า อาร์นอนค้นพบกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงประกอบด้วยปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วครูตั้งคำถามต่อว่า นักเรียนคิดว่ากระบวนการย่อยดังกล่าวเกิดขึ้นบริเวณใดของคลอโรพลาสต์ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และร่วมกันตอบคำถามและอภิปราย

6) นักเรียนสังเกตภาพตำแหน่งของการเกิดปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปฏิกิริยาแสงเกิดขึ้นบริเวณเยื่อไทลาคอยด์ ขณะที่การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นบริเวณสโตรมา

7) นักเรียนสังเกตภาพกลุ่มรงควัตถุที่อยู่ติดกันในเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งจะรับพลังงานแสงและส่งต่อพลังงานให้แก่กันจนไปถึงศูนย์กลางปฏิกิริยา ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ ซึ่งกลุ่มของรงควัตถุเหล่านี้เรียกว่า แอนเทนนา กลุ่มของสารสีจะจับอยู่กับกลุ่มโปรตีน ซึ่งเรียกว่าเป็นระบบแสง ประกอบด้วย ระบบแสง I (ดูดกลืนช่วงคลื่นแสงที่มีความยาวอย่างน้อย 700 นาโนเมตร และระบบแสง II ดูดกลืนช่วงคลื่นแสงที่มีความยาวอย่างน้อย 680 นาโนเมตร

8) นักเรียนตอบคำถามที่นำเข้าสู่กิจกรรมการปฏิบัติการทดลองว่า นักเรียนคิดว่า ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ อย่างไร

9) นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 5 คน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับแบบบันทึกบันทึกกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ กลุ่มละ 1 ชุด

10) นักเรียนศึกษาแบบบันทึกกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ โดยศึกษาวัตถุประสงค์การทดลอง วัสดุอุปกรณ์การทดลอง และขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

11) นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามลำดับขั้นปฏิบัติการทดลอง แล้วส่งตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมาเขียนผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

12) นักเรียนรับแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ แล้วดำเนินกิจกรรมโดยตอบคำถามตามลำดับขั้น 9 ขั้นตามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน จากนั้นให้นักเรียนจับกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสนทนาภายในกลุ่ม

14) นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมตามลำดับขั้นคำถาม 9 คำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน

15) นักเรียนตอบคำถามครูว่า จากการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น เพียงแต่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแต่ละช่วงคลื่นแสงแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากรงควัตถุสีอื่นที่ไม่ใช่สีเขียวจะมีการดูดกลืนพลังงานแสงแล้วส่งพลังงานให้แก่กันไปสู่รงควัตถุสีเขียวซึ่งเป็นคลอโรฟิลล์เอ

16) นักเรียนตอบคำถามครูว่า นักเรียนคิดว่า สารสีหรือรงควัตถุสามารถส่งต่อพลังงานให้แก่กันได้อย่างไร *(เกิดการถ่ายทอดโดยการเปลี่ยนระดับชั้นอิเล็กตรอน เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจะ*

ถูกกระตุ้นทำให้อยู่ในระดับขั้นสูงขึ้น ซึ่งไม่เสถียร อิเล็กตรอนจึงปล่อยพลังงานไปสู่อะตอมของคลอโรฟิลล์อื่นเพื่อให้อิเล็กตรอนกลับเข้ามาอยู่ในระดับขั้นอิเล็กตรอนที่มีความเสถียร)

17) นักเรียนสังเกตภาพปฏิกิริยาแสงซึ่งเกิดขึ้นบริเวณเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งจะต้องอาศัยระบบแสง I และระบบแสง II พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์และเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP และ NADPH ที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยพืชมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร

18) นักเรียนสังเกตภาพการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร และแบบไม่เป็นวัฏจักร จากนั้นตอบคำถามว่า สิ่งใดเป็นตัวให้อิเล็กตรอนกลับคืนสู่ศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงในทั้งแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร *(แบบเป็นวัฏจักร กลุ่มโปรตีนที่ขนส่งอิเล็กตรอนเป็นตัวนำอิเล็กตรอนกลับมายังระบบแสง I ขณะที่แบบไม่เป็นวัฏจักร น้ำจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่ระบบแสง II ทำให้น้ำแตกตัวกลายเป็น H^+ และ O_2)*

ขั้นการทบทวน (review) (35 นาที)

1) นักเรียนร่วมกันอภิปรายแบบบันทึกกิจกรรมโดยอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแต่ละข้อคำถาม โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของตนเองในแต่ละข้อคำถาม ซึ่งจะมีลำดับการอภิปรายทีละข้อ เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างของคำตอบในแต่ละคำถามระหว่างกลุ่ม

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และประเมินข้อกล่าวอ้างและข้อสนับสนุนข้อโต้แย้งโดยแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียนทั้งห้อง ซึ่งครูจะต้องช่วยในการสรุปภาพรวมของการโต้แย้งโดยรวมเมื่อดูจากข้อสรุปของนักเรียนทุกกลุ่ม

3) นักเรียนร่วมกันสรุปว่า พืชที่มีใบไม้สีเขียว สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น แต่อาจมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละช่วงคลื่นแตกต่างกัน

4) นักเรียนร่วมสรุปเพิ่มเติมอีกว่า พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงคลื่นสีแสงที่ตรงกับสีใบที่ตามองเห็นได้เช่นเดียวกัน

5) นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยาแสง

5. สื่อการเรียนรู้

1) สไลด์นำเสนอเรื่อง ปฏิกิริยาแสง

2) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3 เรื่อง ปฏิกิริยาแสง หน้า 83 – 87

6. การวัดผลและประเมินผล

1) วิธีวัดผล

1.1) วัดว่านักเรียนสามารถอธิบายการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 1) จากแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยาแสง ข้อ 1

1.2) วัดว่านักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยาแสงได้หรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 2) จากแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยาแสง ข้อ 2

1.3) วัดว่านักเรียนสามารถทดลองและอภิปรายการดูดกลืนแสงของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 3) จากการบันทึกผลการทดลองบนกระดาษฟลิปชาร์ตหน้าชั้นเรียน และการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน แล้วใช้แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

1.4) วัดว่านักเรียนสามารถให้เหตุเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยระบุข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และเหตุผลได้หรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 4) จากการตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน

1.5) วัดว่านักเรียนมีระเบียบวินัยในการปฏิบัตกิจกรรมหรือไม่โดยการสังเกตว่านักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 5)

2) เกณฑ์การประเมิน

2.1) ตอบคำถามในแบบฝึกหัดข้อที่ 1 ได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 คะแนนจากคะแนนเต็ม 3คะแนน

2.2) ตอบคำถามใบแบบฝึกหัดข้อที่ 2 ได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 คะแนนจากคะแนนเต็ม 3คะแนน

2.3) ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างน้อย 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน และเก็บข้อมูลผลการทดลองได้อย่างน้อย 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน

2.4) บันทึกคำตอบลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมินได้ข้อ 1 ข้อ 2 และข้อ 5 ข้อละไม่ต่ำกว่า 2 คะแนนในตารางรูบริกส์การโต้แย้งและการประเมิน

2.5) นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ภายในเวลาที่กำหนด

3) เครื่องมือ

3.1) แบบฝึกหัด เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

3.2) แบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน

ตารางรูบริกส์เกณฑ์การให้คะแนนในแบบฝึกหัด

ข้อที่	0	1	2	3
1.	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบผิดทั้งหมด	ตอบถูกว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	ตอบถูกว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสง และให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน	ตอบถูกว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสง และให้เหตุผลถูกต้องทุกส่วน
2.	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบผิดทั้งหมด	ตอบถูกส่วนเดียวเท่านั้น ได้แก่ ตอบถูกว่าส่งผลต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบใด หรือส่งผลอย่างไร หรือเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้นอย่างใดอย่างหนึ่ง	ตอบถูกส่วนใหญ่ คือ ตอบถูกสองคำถามย่อย แต่ตอบผิดอีกหนึ่งคำถามย่อย	ตอบถูกทั้งหมดทั้งสามคำถามย่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางคะแนนรูบริกส์การโต้แย้งและการประเมิน

ประเด็นในข้อคำถาม	**0 ขาดแคลน**	**1 ต้องปรับปรุง**	**2 กระบวนการดีนำไปสู่การปรับปรุง**	**3 ดีมากตามมาตรฐาน**	**คะแนน**
1 ข้อกล่าวอ้าง (claim)	นักเรียนไม่ตอบ	นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างผิดทั้งหมด	นักเรียนตอบถูกส่วนหนึ่งของข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง	
2 หลักฐาน (Evidence)	นักเรียนไม่ตอบ	นักเรียนระบุหลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนระบุบางหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนระบุหลักฐานส่วนใหญ่ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	
5 ข้อยืนยันหรือการเชื่อมโยงของเหตุผล (warrant)	นักเรียนไม่ตอบ	นักเรียนตอบผิดในการอธิบายการให้เหตุผลเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนตอบประเภทการให้เหตุผลบางประการที่เชื่อมเยื่องหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนอธิบายการให้เหตุผลเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง (เช่น ความคิดส่วนบุคคล ทฤษฎี หรือประเภทของตรรกะ)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ..... 2. ชื่อ.....

3. ชื่อ.....4. ชื่อ.....

รายการที่ประเมิน	คะแนน			
	4 ปฏิบัติได้ทั้งหมด	3 ปฏิบัติได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป	2 ปฏิบัติได้ร้อยละ 50 - 79	1 ปฏิบัติได้ต่ำกว่าร้อยละ 50
การปฏิบัติตามขั้นตอนครบถ้วน				
การเก็บข้อมูลครบถ้วน				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาว่าใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1. สารละลาย sodium bicarbonate 1 %
2. หลอดฉีดยา (20-65 mL)-ไม่มีเข็ม
3. ใบไม้สีเขียว
4. ที่เจาะรู (hole punch)
5. บีกเกอร์ใหญ่ 1 อัน
6. บีกเกอร์เล็ก 2 อัน
7. แหล่งกำเนิดแสง
8. กระดาษซับ (paper towels)
9. แผ่นกรองแสงที่มีสีเขียว แดง และม่วง
10. หลอดทดลอง 4 หลอด

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

1. ใช้ที่เจาะรูเจาะใบไม้เป็นแผ่นวงกลม 20 แผ่น

ที่มารูปภาพ: http://media.collegeboard.com/digitalServices/pdf/ap/bio-manual/Bio_Lab5-Photosynthesis.pdf

2. นำใบไม้แผ่นวงกลมใส่ในหลอดฉีดยา จากนั้นดูดสารละลาย sodium bicarbonate 1 % เข้าหลอดฉีดยา แผ่นใบจะลอยอยู่ในน้ำ

3. หงายหลอดฉีดยาให้ปลายหลอดฉีดยาตั้งขึ้นแล้วฉีดไล่อากาศจนระดับสารละลายอยู่ถึงปลายหลอด

4. ใช้นิ้วชี้มือซ้ายปิดที่ปลายหลอด จากนั้นกดที่ฉีดอย่างระมัดระวัง **หยุด**ก่อนที่สารละลายจะล้นออก

5. ปล่อยนิ้วและที่ฉีด แผ่นใบบางแผ่นจะจมลง จับด้านข้างของหลอดแล้วเขย่าเบา ๆ ให้ฟองบริเวณขอบแผ่นใบหลุดออก

ที่มารูปภาพ: http://media.collegeboard.com/digitalServices/pdf/ap/bio-manual/Bio_Lab5-Photosynthesis.pdf

6. ทำข้อ 4 และ 5 ซ้ำ จนกว่าแผ่นใบจะจมทุกแผ่น อย่าทำมากเกินไป!! ไม่ต้องทำซ้ำหากจมหมดแล้ว

7. นำที่กดฉีดออกจากหลอดแล้วเทสารละลายที่มีแผ่นใบอยู่ลงในบีกเกอร์ขนาดเล็ก ใช้ที่คีบคีบแผ่นใบกลมวางบนกระดาษซับ แล้วคีบแผ่นใบกลมใส่หลอดทดลอง หลอดละ 5 แผ่น เป็นจำนวน 4 หลอด เติมสารละลายในบีกเกอร์ทั้งสองอันให้เท่ากัน

8. เตรียมแผ่นกรองแสงสีต่าง ๆ กับแหล่งกำเนิดแสง ได้แก่ แสงสีเขียว สีแดง สีม่วง นำหลอดทดลองที่มีแผ่นใบมาให้ได้รับแสง 3 หลอด ซึ่งจะได้รับแสงสีต่างกัน อีกหลอดหนึ่งจะอยู่ในที่มืด จับเวลาและบันทึกจำนวนใบที่ลอยขึ้นทุกนาที จากนั้นบันทึกคำตอบลงในตารางบันทึกผลในแบบบันทึกกิจกรรม

เวลา (นาที)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ได้รับแสงสีเขียว)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ได้รับแสงสีแดง)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ได้รับแสงสีม่วง)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ในที่มืด)
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

แบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมิน : ประเด็นศึกษา.....

<table>
<tr><td colspan="4">(1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คืออะไร มีข้อจำกัด (qualifier) หรือไม่ (ถ้ามีขีดเส้นใต้คำด้วย).....</td></tr>
<tr><td>(2) หลักฐาน (evidence) ที่นำเสนอคืออะไร
.....
.....
.....
.....
.....</td><td>(3) ประเภทของหลักฐาน (ข้อมูลข้อเท็จจริง ความคิดเห็น หรือทฤษฎี)
.....
.....
.....
.....
.....</td><td>(5) เหตุผลรับรอง (ข้อสนับสนุน) ที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างคืออะไร
.....
.....
.....
.....
.....</td><td>(6) ระบุลักษณะของการให้เหตุผล (ความคิดส่วนบุคคล, ทฤษฎี, หรือประเภทของตรรกะเช่น การเปรียบเปรย ความสัมพันธ์ สาเหตุและผลลัพธ์ หรือการสร้างหลักการทั่วไป)
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
<tr><td colspan="2">(4) ประเมินคุณลักษณะของหลักฐานว่าไม่เพียงพอ ปานกลาง หรือดี อธิบายรายละเอียด
.....
.....
.....
.....
.....</td><td colspan="2">(7) ประเมินคุณลักษณะความเหมาะสมของการให้เหตุผลว่าไม่เหมาะสม ปานกลาง หรือดี อธิบายการประเมินของนักเรียน
.....
.....
.....
.....
.....</td></tr>
<tr><td colspan="4">(8) ความกังวลของนักเรียนเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างคืออะไร (ข้อโต้แย้ง, ข้อคัดค้าน, คำถาม.....</td></tr>
<tr><td colspan="4">(9) ยอมรับ ปฏิเสธ หรือยังไม่ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง อธิบายเกี่ยวกับการตัดสินใจของนักเรียน.....</td></tr>
</table>

150

แนวคำตอบ ประเด็นศึกษา *ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่*

<table>
<tr><td colspan="4">(1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คืออะไร มีข้อจำกัด (qualifier) หรือไม่ (ถ้ามีขีดเส้นใต้คำด้วย) ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่</td></tr>
<tr><td>(2) หลักฐาน (evidence) ที่ถูกนำเสนอคืออะไร

ใบไม้สีต่าง ๆ เกิดการลอยตัวในสารละลายไบคาร์บอเนตเมื่อได้รับแสงสีแดง สีเขียว และสีม่วง</td><td>(3) ประเภทของหลักฐาน (ข้อมูล ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น หรือทฤษฎี)

ข้อมูล</td><td>(5) เหตุผลรับรอง (ข้อสนับสนุน) ที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างคืออะไร

เกิดแก๊สจากการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้ใบไม้ลอยขึ้น ใบไม้แต่ละชนิด มีรงควัตถุต่าง ๆ แต่มีในปริมาณที่แตกต่างกัน</td><td>(6) ประเภทของการให้เหตุผล (ความคิดส่วนบุคคล, ทฤษฎี, การเปรียบเปรย ความสัมพันธ์สาเหตุและผลลัพธ์ หรือการสร้างหลักการทั่วไป)
สาเหตุและผลลัพธ์

หลักการ</td></tr>
<tr><td colspan="2">(4) ประเมินคุณลักษณะของหลักฐานว่าไม่เพียงพอ ปานกลาง หรือ ดี พร้อมอธิบายการประเมินของนักเรียน
ความน่าเชื่อถือ ..... ดี – มีการทดลองพิสูจน์
ความถูกต้อง ..... ดี – มีการควบคุมตัวแปรชัดเจน
ความเป็นกลาง ..... ดี – ไม่มีความคิดส่วนตัว
ความแม่นระเบียบวิธี ..... ดี – ตามขั้นตอนของการทดลอง</td><td colspan="2">(7) ประเมินคุณลักษณะความเหมาะสมของการให้เหตุผลว่าไม่เหมาะสม ปานกลาง หรือดี อธิบายการประเมินของนักเรียน
ประเภทของตรรกะ – ดี เพราะใช้ตรรกะในการอธิบายสาเหตุและผลลัพธ์</td></tr>
<tr><td colspan="4">(8) ความกังวลของนักเรียนเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างคืออะไร (ข้อโต้แย้ง, ข้อคัดค้าน, คำถาม) อาจมีข้อผิดพลาดใน การควบคุมตัวแปร</td></tr>
<tr><td colspan="4">(9) ยอมรับ ปฏิเสธ หรือยังไม่ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง อธิบายเกี่ยวกับการตัดสินใจของนักเรียนยอมรับเกี่ยวกับข้ออ้าง เนื่องจากเป็นสาเหตุและผลลัพธ์</td></tr>
</table>

151

แบบฝึกหัด เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1) จงอธิบายว่า เพราะเหตุใดใบไม้สีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ (3 คะแนน)

.....

.....

.....

2) จงอธิบายว่า หากพืชได้รับน้ำน้อย

2.1) จะส่งผลต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบใด

.....

2.2) ส่งผลอย่างไร

.....

2.3) เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (4 คะแนน)

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1) จงอธิบายว่า เพราะเหตุใดใบไม้สีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ (3 คะแนน)

เพราะใบไม้มีรงควัตถุหลายชนิด ซึ่งไม่มีเพียงแค่รงควัตถุสีเขียวเท่านั้น ซึ่งรงควัตถุชนิดชนิดต่าง ๆ จะดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงที่แตกต่างกันแล้วส่งพลังงานแสงให้แก่ศูนย์กลางปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อพืชได้รับแสงในช่วงคลื่นแสงต่าง ๆ จึงเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

2) จงอธิบายว่า หากพืชได้รับน้ำน้อย

2.1) จะส่งผลต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบใด

ส่งผลต่อต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรในปฏิกิริยาแสง

2.2) ส่งผลอย่างไร

ทำให้การสร้าง NADPH ATP และ O2 ลดลง

2.3) เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (4 คะแนน)

เพราะน้ำเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่ระบบ

แหล่งอ้างอิง

http://emp.byui.edu/wellerg/Photosynthesis%20Lab/Instructions/Photosynthesis%20Lab%20Instructions%2003.html

http://media.collegeboard.com/digitalServices/pdf/ap/bio-manual/Bio_Lab5-Photosynthesis.pdf

แผนการจัดการเรียนรู้รายคาบแบบทั่วไป

รายวิชา ว30243 ชีววิทยาเพิ่มเติม **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช **เวลา 2 คาบ**

เรื่อง ปฏิกิริยาแสง

ผู้สอน นายณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ

.....

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว ๘. ๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

1. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาแสง พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์และเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP และ NADPH ที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยอาศัยสารสีดูกลืนพลังงานแสง และส่งต่อพลังงานแสงไปยังศูนย์กลางปฏิกิริยาแสง ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออก จากนั้นจึงมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ทั้งแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) อธิบายการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2) อธิบายการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยาแสงได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

3) ทดลองและอภิปรายการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชใบไม้สีเขียวในช่วงคลื่นแสงต่าง ๆ ได้ (ด้านทักษะพิสัย)

4) มีระเบียบวินัยในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

ปฏิกิริยาแสง พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์และเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP และ NADPH ที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยอาศัยสารสีเป็นตัวดูดกลืนพลังงานแสงดังกล่าว

สารสีในปฏิกิริยาแสง มี 3 ประเภทหลัก ได้แก่

1) คลอโรฟิลล์ เป็นสารสีเขียว

2) แคโรทีนอยด์ ได้แก่ แคโรทีน (สารสีส้มหรือแดง) และแซนโทฟิล (สารสีเหลืองหรือสีน้ำตาล)

3) ไฟโคบิลิน ได้แก่ ไฟโคอิริทริน (สารสีแดงแกมน้ำตาล) และไฟโคไซยานิน (สารสีเขียวแกมน้ำเงิน)

สารสีเหล่านี้อยู่รวมกันเป็นกลุ่มฝังตัวอยู่ในกลุ่มโปรตีนบนเยื่อไทลาคอยด์ ทำหน้าที่รับพลังงานแล้วส่งต่อไปตามลำดับจนในที่สุดให้คลอโรฟิลล์เอโมเลกุลพิเศษ ที่เป็นศูนย์กลางปฏิกิริยา (reaction center) ของระบบแสง กลุ่มสารสีที่ทำหน้าที่รับและส่งพลังงานแสงเหล่านี้ เรียกว่า แอนเทนนา (antenna)

แอนเทนนาจะอยู่รวมกับกลุ่มโปรตีน ซึ่งมีโปรตีนที่เป็น ตัวรับอิเล็กตรอนรวมอยู่ด้วย รวมกันเรียกว่า ระบบแสง (photosystem) ซึ่งพืชชั้นสูงมีระบบแสง 2 ชนิดคือ ระบบแสง I (ศูนย์กลางปฏิกิริยารับพลังงานแสงขั้นต่ำที่สุดที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร) และระบบแสง II (ที่สุดที่ความยาวคลื่น 680 นาโนเมตร)

เมื่อสารสีมีการดูดกลืนพลังงานแสงแล้ว จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงแล้วมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร อิเล็กตรอนจากระบบแสง II จะส่งไปยังพลาสโตควิโนน แล้วส่งต่อไปไซโทโครมคอมเพล็กซ์ และส่งไปยังระบบแสง I ทำให้ระบบแสงหนึ่งปล่อยอิเล็กตรอนส่งไปยังตัวรับอิเล็กตรอนหลายชนิด แล้วส่งไปยังเฟอริดอกซิน ซึ่งจะส่งอิเล็กตรอนไปสู่ $NADP^+$ ทำให้กลายเป็น NADPH ระบบแสง II เมื่อสูญเสียอิเล็กตรอนจะนำอิเล็กตรอนของน้ำเข้ามาแทน ทำให้น้ำเกิดการแตกตัวกลายเป็น H^+ และ O_2

2) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร ศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงในระบบแสง I ถูกกระตุ้นทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกแล้วส่งต่ออิเล็กตรอนไปสู่เฟอริดอกซิน จากนั้นส่งต่อไปยังไซโทโซมคอมเพล็กซ์ และส่งต่อให้ตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ จากนั้นก็จะถูกส่งมายังคลอโรฟิลล์เอที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสงของระบบแสง I ซึ่งจะสร้าง ATP แต่ไม่เกิด NADPH และออกซิเจน

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ (20 นาที)

1) นักเรียนสังเกตภาพใบไม้สีเขียวและช่วงคลื่นแสงขาวที่ถูกแบ่งเป็นช่วงคลื่นต่าง ๆ แล้วร่วมกันตอบคำถามว่า นักเรียนคิดว่า พืชน่าจะดูดกลืนพลังงานแสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงคลื่นใดบ้าง

2) นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นโดยที่ครูจะยังไม่เฉลย

ขั้นกิจกรรม (45 นาที)

1) นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์บนสไลด์นำเสนอ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และร่วมกันอภิปรายว่า โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ประกอบด้วยส่วนใดบ้าง *(โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในมีของเหลว เรียกว่า สโตรมา (stroma) ซึ่งมีเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีไทลาคอยด์ (thylakoid) ซึ่งเป็นเยื่อที่มีส่วนที่พับเหมือนเป็นถุงทักซ้อนเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่า กรานุม (granum) และเยื่อส่วนที่ไม่ทับซ้อนกันอยู่ระหว่างกรานุมเรียกว่า สโตรมาลาเมลลา (stroma lamella) ภายในไทลาคอยด์มีลักษณะคล้ายถุงมีช่องเรียกว่า ลูเมน (lumen) ซึ่งมีของเหลวที่ประกอบด้วยเอนไซม์ต่าง ๆ อยู่ภายใน)*

2) นักเรียนตอบคำถามครูว่า สารที่สำคัญที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์คือสารใด *(สารสีหรือรงควัตถุ)*

3) นักเรียนตอบคำถามครูต่อว่า รงควัตถุดังกล่าวอยู่ในบริเวณใดของคลอโรพลาสต์ *(เยื่อหุ้มไทลาคอยด์)* จากนั้นตอบคำถามต่อว่า เพราะฉะนั้นปฏิกิริยาในการรับพลังงานแสงจะเกิดบริเวณใด *(เยื่อหุ้มไทลาคอยด์เช่นเดียวกัน)*

4) ครูแสดงตารางสารสีในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แล้วตั้งคำถาม ดังนี้

- สารสีชนิดใดที่พบได้ทั้งในพืช สาหร่าย ไซยาโนแบคทีเรีย และแบคทีเรียสีเขียว *(แคโรทีนอยด์)*
- สารสีชนิดใดที่พบเฉพาะในพืช และสาหร่ายสีเขียว *(คลอโรฟิลล์เอ)*
- หากพืชขาดคลอโรฟิลล์เอ พืชจะสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ *(ไม่ได้ เพราะคลอโรฟิลล์เอ เป็นศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสง ทำหน้าที่รับพลังงานแสงจากสารสีอื่น ๆ และเป็นแหล่งให้อิเล็กตรอนกับเป็นตัวรับอิเล็กตรอน)*

5) นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการทดลองของอาร์นอน โดยครูแสดงภาพการทดลองของอาร์นอน จากนั้นนักเรียนสรุปว่า อาร์นอนค้นพบกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงประกอบด้วยปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วครูตั้งคำถามต่อว่า นักเรียนคิดว่ากระบวนการย่อยดังกล่าวเกิดขึ้นบริเวณใดของคลอโรพลาสต์ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และร่วมกันตอบคำถามและอภิปราย

6) นักเรียนสังเกตภาพตำแหน่งของการเกิดปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปฏิกิริยาแสงเกิดขึ้นบริเวณเยื่อไทลาคอยด์ ขณะที่การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นบริเวณสโตรมา

7) นักเรียนสังเกตภาพกลุ่มรงควัตถุที่อยู่ติดกันในเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งจะรับพลังงานแสงและส่งต่อพลังงานให้แก่กันจนไปถึงศูนย์กลางปฏิกิริยา ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ ซึ่งกลุ่มของรงควัตถุเหล่านี้

เรียกว่า แอนเทนนา กลุ่มของสารสีจะจับอยู่กับกลุ่มโปรตีน ซึ่งเรียกว่าเป็นระบบแสง ประกอบด้วย ระบบแสง I (ดูดกลืนช่วงคลื่นแสงที่มีความยาวอย่างน้อย 700 นาโนเมตร และระบบแสง II ดูดกลืนช่วงคลื่นแสงที่มีความยาวอย่างน้อย 680 นาโนเมตร

8) นักเรียนตอบคำถามที่นำเข้าสู่กิจกรรมการปฏิบัติการทดลองว่า นักเรียนคิดว่า ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ อย่างไร

9) นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 5 คน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับแบบบันทึกบันทึกกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ กลุ่มละ 1 ชุด

10) นักเรียนศึกษาแบบบันทึกกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่ โดยศึกษาวัตถุประสงค์การทดลอง วัสดุอุปกรณ์การทดลอง และขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

11) นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามลำดับขั้นปฏิบัติการทดลอง แล้วส่งตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมาเขียนผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

12) นักเรียนตอบคำถามครูว่า จากการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น เพียงแต่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแต่ละช่วงคลื่นแสงแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากรงควัตถุสีอื่นที่ไม่ใช่สีเขียวจะมีการดูดกลืนพลังงานแสงแล้วส่งพลังงานให้แก่กันไปสู่รงควัตถุสีเขียวซึ่งเป็นคลอโรฟิลล์เอ

13) นักเรียนตอบคำถามครูว่า นักเรียนคิดว่า สารสีหรือรงควัตถุสามารถส่งต่อพลังงานให้แก่กันได้อย่างไร *(เกิดการถ่ายทอดโดยการเปลี่ยนระดับชั้นอิเล็กตรอน เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจะถูกกระตุ้นทำให้อยู่ในระดับขั้นสูงขึ้น ซึ่งไม่เสถียร อิเล็กตรอนจึงปล่อยพลังงานไปสู่อะตอมของคลอโรฟิลล์อื่นเพื่อให้อิเล็กตรอนกลับเข้ามาอยู่ในระดับขั้นอิเล็กตรอนที่มีความเสถียร)*

14) นักเรียนตอบคำถามว่า หากพืชขาดคลอโรฟิลล์เอ จะสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ *(ไม่ได้)*

15) นักเรียนสังเกตภาพปฏิกิริยาแสงซึ่งเกิดขึ้นบริเวณเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งจะต้องอาศัยระบบแสง I และระบบแสง II พืชดูดกลืนแสงไว้ในคลอโรพลาสต์และเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของ ATP และ NADPH ที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยพืชมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร

16) นักเรียนสังเกตภาพการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร และแบบไม่เป็นวัฏจักร จากนั้นตั้งคำถามว่า สิ่งใดเป็นตัวให้อิเล็กตรอนกลับคืนสู่ศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงในทั้งแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร *(แบบเป็นวัฏจักร กลุ่มโปรตีนที่ขนส่งอิเล็กตรอนเป็นตัวนำอิเล็กตรอนกลับมายัง*

ระบบแสง I ขณะที่แบบไม่เป็นวัฏจักร น้ำจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่ระบบแสง II ทำให้น้ำแตกตัวกลายเป็น H^+ และ O_2)

ขั้นสรุป (35 นาที)

1) นักเรียนร่วมกันสรุปว่า พืชที่มีใบไม้สีเขียว สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น แต่อาจมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละช่วงคลื่นแตกต่างกัน

2) นักเรียนร่วมสรุปเพิ่มเติมอีกว่า พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงคลื่นสีแสงที่ตรงกับสีใบที่ตามองเห็นได้เช่นเดียวกัน

3) นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยาแสง

5. สื่อการเรียนรู้

1) สไลด์นำเสนอเรื่อง ปฏิกิริยาแสง

2) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3 เรื่อง ปฏิกิริยาแสง หน้า 83 – 87

6. การวัดผลและประเมินผล

1) วิธีวัดผล

1.1) วัดว่านักเรียนสามารถอธิบายการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 1) จากแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยาแสง ข้อ 1

1.2) วัดว่านักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยาแสงได้หรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 2) จากแบบฝึกหัด เรื่อง ปฏิกิริยาแสง ข้อ 2

1.3) ประเมินว่านักเรียนสามารถทดลองและอภิปรายการดูดกลืนแสงของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 3) จากการบันทึกผลการทดลองบนกระดาษฟลิปชาร์ต หน้าชั้นเรียน และการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน แล้วใช้แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

1.4) ประเมินว่านักเรียนมีระเบียบวินัยในการปฏิบัติกิจกรรมหรือไม่โดยการสังเกตว่านักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ (จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 4)

2) เกณฑ์การประเมิน

2.1) ตอบคำถามในแบบฝึกหัดข้อที่ 1 ได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 คะแนนจากคะแนนเต็ม 3คะแนน

2.2) ตอบคำถามใบแบบฝึกหัดข้อที่ 2 ได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 คะแนนจากคะแนนเต็ม 3คะแนน

2.3) ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างน้อย 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน และเก็บข้อมูลผลการทดลองได้อย่างน้อย 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน

2.4) นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ภายในเวลาที่กำหนด

3) เครื่องมือ

3.1) แบบฝึกหัด เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

3.2) แบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและการประเมิน

ตารางรูบริกส์เกณฑ์การให้คะแนนในแบบฝึกหัด

ข้อที่	0	1	2	3
1.	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบผิดทั้งหมด	ตอบถูกว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	ตอบถูกว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสง และให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน	ตอบถูกว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสง และให้เหตุผลถูกต้องทุกส่วน
2.	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบผิดทั้งหมด	ตอบถูกส่วนเดียวเท่านั้น ได้แก่ ตอบถูกว่าส่งผลต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบใด หรือส่งผลอย่างไร หรือเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้นอย่างใดอย่างหนึ่ง	ตอบถูกส่วนใหญ่ คือ ตอบถูกสองคำถามย่อย แต่ตอบผิดอีกหนึ่งคำถามย่อย	ตอบถูกทั้งหมดทั้งสามคำถามย่อย

แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ..... 2. ชื่อ.....

3. ชื่อ..... 4. ชื่อ.....

รายการที่ประเมิน	คะแนน			
	4 ปฏิบัติได้ทั้งหมด	3 ปฏิบัติได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป	2 ปฏิบัติได้ร้อยละ 50 - 79	1 ปฏิบัติได้ต่ำกว่าร้อยละ 50
การปฏิบัติตามขั้นตอนครบถ้วน				
การเก็บข้อมูลครบถ้วน				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง ใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาว่าใบไม้สีเขียวมีการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1. สารละลาย sodium bicarbonate 1 %
2. หลอดฉีดยา (20-65 mL)-ไม่มีเข็ม
3. ใบไม้สีเขียว
4. ที่เจาะรู (hole punch)
5. บีกเกอร์ใหญ่ 1 อัน
6. บีกเกอร์เล็ก 2 อัน
7. แหล่งกำเนิดแสง
8. กระดาษซับ (paper towels)
9. แผ่นกรองแสงที่มีสีเขียว แดง และม่วง
10. หลอดทดลอง 4 หลอด

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

1. ใช้ที่เจาะรูเจาะใบไม้เป็นแผ่นวงกลม 20 แผ่น

ที่มารูปภาพ: http://media.collegeboard.com/digitalServices/pdf/ap/bio-manual/Bio_Lab5-Photosynthesis.pdf

2. นำใบไม้แผ่นวงกลมใส่ในหลอดฉีดยา จากนั้นดูดสารละลาย sodium bicarbonate 1 % เข้าหลอดฉีดยา แผ่นใบจะลอยอยู่ในน้ำ

3. หงายหลอดฉีดยาให้ปลายหลอดฉีดยาตั้งขึ้นแล้วฉีดไล่อากาศจนระดับสารละลายอยู่ถึงปลายหลอด

4. ใช้นิ้วชี้มือซ้ายปิดที่ปลายหลอด จากนั้นกดที่ฉีดอย่างระมัดระวัง **หยุด**ก่อนที่สารละลายจะล้นออก

5. ปล่อยนิ้วและที่ฉีด แผ่นใบบางแผ่นจะจมลง จับด้านข้างของหลอดแล้วเขย่าเบา ๆ ให้ฟองบริเวณขอบแผ่นใบหลุดออก

ที่มารูปภาพ: http://media.collegeboard.com/digitalServices/pdf/ap/bio-manual/Bio_Lab5-Photosynthesis.pdf

6. ทำข้อ 4 และ 5 ซ้ำ จนกว่าแผ่นใบจะจมทุกแผ่น อย่าทำมากเกินไป!! ไม่ต้องทำซ้ำหากจมหมดแล้ว

7. นำที่กดฉีดออกจากหลอดแล้วเทสารละลายที่มีแผ่นใบอยู่ลงในบีกเกอร์ขนาดเล็ก ใช้ที่คีบคีบแผ่นใบกลมวางบนกระดาษซับ แล้วคีบแผ่นใบกลมใส่หลอดทดลอง หลอดละ 5 แผ่น เป็นจำนวน 4 หลอด เติมสารละลายในบีกเกอร์ทั้งสองอันให้เท่ากัน

8. เตรียมแผ่นกรองแสงสีต่าง ๆ กับแหล่งกำเนิดแสง ได้แก่ แสงสีเขียว สีแดง สีม่วง นำหลอดทดลองที่มีแผ่นใบมาให้ได้รับแสง 3 หลอด ซึ่งจะได้รับแสงสีต่างกัน อีกหลอดหนึ่งจะอยู่ในที่มืด จับเวลาและบันทึกจำนวนใบที่ลอยขึ้นทุกนาที จากนั้นบันทึกคำตอบลงในตารางบันทึกผลในแบบบันทึกกิจกรรม

เวลา (นาที)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ได้รับแสงสีเขียว)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ได้รับแสงสีแดง)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ได้รับแสงสีม่วง)	จำนวนแผ่นใบที่ลอย (ในที่มืด)
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

แบบฝึกหัด เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1) จงอธิบายว่า เพราะเหตุใดใบไม้สีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ (3 คะแนน)

.....

.....

.....

2) จงอธิบายว่า หากพืชได้รับน้ำน้อย

2.1) จะส่งผลต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบใด

.....

2.2) ส่งผลอย่างไร

.....

2.3) เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (4 คะแนน)

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1) จงอธิบายว่า เพราะเหตุใดใบไม้สีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ (3 คะแนน)

เพราะใบไม้มีรงควัตถุหลายชนิด ซึ่งไม่มีเพียงแค่รงควัตถุสีเขียวเท่านั้น ซึ่งรงควัตถุชนิดชนิดต่าง ๆ จะดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงที่แตกต่างกันแล้วส่งพลังงานแสงให้แก่ศูนย์กลางปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อพืชได้รับแสงในช่วงคลื่นแสงต่าง ๆ จึงเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

2) จงอธิบายว่า หากพืชได้รับน้ำน้อย

2.1) จะส่งผลต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบใด

ส่งผลต่อต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรในปฏิกิริยาแสง

2.2) ส่งผลอย่างไร

ทำให้การสร้าง NADPH ATP และ O2 ลดลง

2.3) เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (4 คะแนน)

เพราะน้ำเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่ระบบ

แหล่งอ้างอิง

http://emp.byui.edu/wellerg/Photosynthesis%20Lab/Instructions/Photosynthesis%20Lab%20Instructions%2003.html

http://media.collegeboard.com/digitalServices/pdf/ap/bio-manual/Bio_Lab5-Photosynthesis.pdf

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. คุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นค่าที่พิจารณาได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ได้ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 14

1.2 คุณภาพของข้อสอบรายข้อ สามารถพิจารณาได้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก และเกณฑ์การแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่	พฤติกรรมบ่งชี้	ข้อสอบที่	IOC	ความหมาย
1	1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	1	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. ทำนายผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	2	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2	1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	3	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. ทำนายผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	5	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. ทำนายผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	6	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4	1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	7	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. ทำนายผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	8	1	วัดได้สอดคล้อง
5	1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	9	1	วัดได้สอดคล้อง

สถานการณ์ที่	พฤติกรรมบ่งชี้	ข้อสอบที่	IOC	ความหมาย
	2. ทำนายผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	10	1	วัดได้สอดคล้อง
6	1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	11	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. ทำนายผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎีหรือสมมติฐานได้	12	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 15 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยาก	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	สรุป
1,2	0.23	ค่อนข้างยาก	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
3,4	0.20	ค่อนข้างยาก	0.50	ดีมาก	นำไปใช้ได้
5,6	0.20	ค่อนข้างยาก	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
7,8	0.27	ค่อนข้างยาก	0.50	ดีมาก	นำไปใช้ได้
9,10	0.20	ค่อนข้างยาก	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
11,12	0.20	ค่อนข้างยาก	0.50	ดีมาก	นำไปใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ประกอบด้วย

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เป็นค่าที่พิจารณาได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ได้ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 16

1.2 คุณภาพของข้อสอบรายข้อ สามารถพิจารณาได้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ดังตารางที่ 17 และเกณฑ์การแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก ดังตารางที่ 18 และ 19

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

รายการประเมิน	พฤติกรรมบ่งชี้	ข้อสอบที่	IOC	ความหมาย
1. ความรู้ความจำ	บอกเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดโฟโตเรสไพเรชันได้	8	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับวัฏจักรชีวิตของพืชได้	14	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและประเภทของดอกได้	15	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุลำดับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้	17	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุประเภทของการเคลื่อนไหวในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในแต่ละตัวอย่างได้	29	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2. ความเข้าใจ	อธิบายขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้	3	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้	4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยอาศัยวัฏจักรคัลวินได้	6	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	เปรียบเทียบการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ได้	9	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสงได้	13	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกได้	18	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับการเกิดผลและเมล็ดได้	19	1.00	วัดได้สอดคล้อง

รายการประเมิน	พฤติกรรมบ่งชี้	ข้อสอบที่	IOC	ความหมาย
	อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของเมล็ดและการเกิดเมล็ดหลังการปฏิสนธิของพืชดอกได้	21	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายข้อดีข้อเสียของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกได้	25	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	แปลความหมายข้อมูลผลการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงได้	1	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	วิเคราะห์ สรุปประเด็นสำคัญ และแปลความหมายข้อมูลผลการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้	2	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	อภิปรายผลการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้	7	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	อภิปรายผลการทดลองการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ได้	10	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	ตั้งสมมติฐานการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงได้	12	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	บอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของผลได้	20	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลการงอกของเมล็ดได้	22	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุวิธีการวัดการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสม และบอกข้อจำกัดของวิธีการวัดการเจริญเติบโตของพืชได้	26	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของการควบคุมการ	27	1.00	วัดได้สอดคล้อง

รายการประเมิน	พฤติกรรมบ่งชี้	ข้อสอบที่	IOC	ความหมาย
	เจริญเติบโตของพืชที่มีต่อส่วนต่าง ๆ ของพืชได้			
	สรุปการทดลองการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อมได้	30	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4. การนำไปใช้	นำความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	5	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงไปใช้ได้	11	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและประเภทของดอกที่นำไปสู่การเกิดผลและเมล็ดไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	16	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การพักตัวของเมล็ดและกลไกป้องกันการพักตัวของเมล็ดไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	23	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์พืชไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	24	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับฮอร์โมนมาใช้ในชีวิตประจำวันในแต่ละสถานการณ์ได้	28	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 17 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ข้อที่	ค่าความยาก	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	สรุป
1	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
2	0.20	ค่อนข้างยาก	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
3	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
4	0.27	ค่อนข้างยาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
5	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
6	0.60	ปานกลาง	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
7	0.80	ง่ายมาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
8	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
9	0.43	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
10	0.53	ปานกลาง	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
11	0.80	ง่ายมาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
12	0.33	ค่อนข้างยาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
13	0.27	ค่อนข้างยาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
14	0.80	ง่ายมาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
15	0.53	ปานกลาง	0.50	ดีมาก	นำไปใช้ได้
16	0.80	ง่ายมาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
17	0.33	ค่อนข้างยาก	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
18	0.57	ปานกลาง	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
19	0.80	ง่ายมาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
20	0.33	ค่อนข้างยาก	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
21	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	นำไปใช้ได้
22	0.23	ค่อนข้างยาก	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
23	0.80	ง่ายมาก	0.30	ดีพอสมควร	นำไปใช้ได้
24	0.50	ปานกลาง	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ค่าความยาก	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	สรุป
25	0.57	ปานกลาง	0.20	พอใช้ได้	นำไปใช้ได้
26	0.80	ง่ายมาก	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
27	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.70	ดีมาก	นำไปใช้ได้
28	0.33	ค่อนข้างยาก	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
29	0.60	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้
30	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 18 เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก (โชติกา ภาษีผล, 2554)

ช่วงค่าความยาก	ความหมายระดับความยาก	คุณภาพข้อสอบ
0.80 – 1.00	ง่ายมาก	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่
0.60 – 0.79	ค่อนข้างง่าย	พอใช้ได้
0.40 – 0.59	ปานกลาง	ดีมาก
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก	พอใช้ได้
0.00 – 0.19	ยากมาก	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่

หมายเหตุ: ในทางปฏิบัติ ค่าความยากที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80 ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาว่า ข้อที่มีค่าความยาก 0.80 เป็นข้อที่นำไปใช้ได้

ตารางที่ 19 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (โชติกา ภาษีผล, 2554)

ค่าอำนาจจำแนก	
ช่วงค่าอำนาจจำแนก	**ความหมายของคุณภาพข้อสอบ**
0.40 – 1.00	ดีมาก
0.30 – 0.39	ดีพอสมควร
0.20 – 0.29	พอใช้ได้
-1.00 – 0.19	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

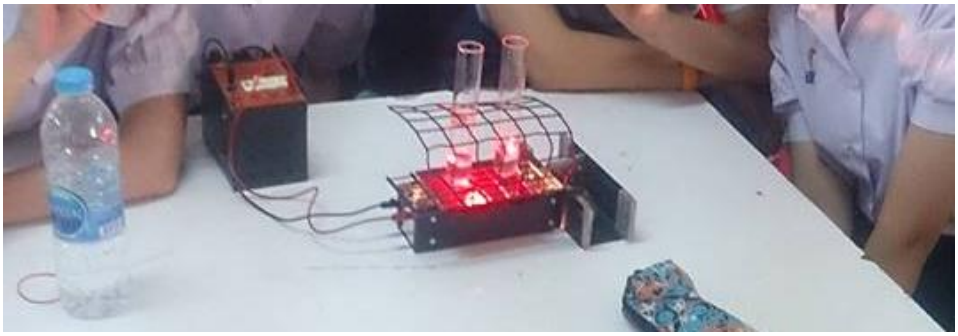
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมิน

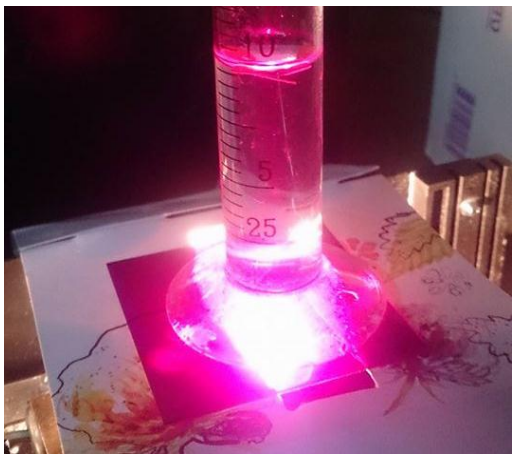
ขั้นปฏิบัติ

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติการทดลองโดยจับเวลาและสังเกตจำนวนใบที่ลอยขึ้นในหลอดทดลองเมื่อได้รับแสงสีเขียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติการทดลองโดยจับเวลาและสังเกตจำนวนใบที่ลอยขึ้นในหลอดทดลองเมื่อได้รับแสงสีแดง



ตัวอย่างการทดลองการให้แสงสีม่วงแก่ใบไม้ที่อยู่ภายในหลอดทดลองซึ่งมีสารละลายไบคาร์บอเนตอยู่

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินเกี่ยวกับประเด็นศึกษาเรื่อง ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

ตัวอย่างการตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมการโต้แย้งและประเมินในประเด็นศึกษา เรื่อง ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

ใบ graphic organizer : ประเด็นศึกษา ใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็นหรือไม่

ชื่อ-นามสกุล ปิยธิญา สัทธนิตรัยวงศ์ ชั้น ม.5/5 เลขที่ 20

(1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คืออะไร มีข้อจำกัด (qualifier) หรือไม่ (ถ้ามีให้ขีดเส้นใต้) ใบไม้สีเขียวอาจจะสังเคราะห์ได้ทุกช่วงคลื่นแสง

(2) หลักฐาน (evidence) ที่ถูกนำเสนอคืออะไร

ผลการทดลอง

ชนิด	หลอดที่ 1 ฉายแสง		
	แสงแดง	แสงเขียว	แสงม่วง
เขียว	๓	๑๑	๑๑

(3) ประเภทของหลักฐาน (ข้อมูล ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น หรือทฤษฎี)

ข้อมูล

(5) เหตุผลรับรอง (ข้อสนับสนุน) ที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างคืออะไร

การให้เกิด $gas\ O_2$ ขึ้นในช่วงเวลาที่มากที่สุดหมายถึงการทดลองชุดในหลอดที่ฉายแสงแดงและแสงม่วงมีการให้เกิด $gas\ O_2$ มากที่สุดในช่วงเวลาที่เท่ากันแสดงว่าใบไม้สีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทั้งแสงแดงและแสงม่วง

(6) ระบุประเภทของการให้เหตุผล (ระบุว่าเป็นความคิดส่วนบุคคล, ทฤษฎี, หรือประเภทของตรรกะอันได้แก่ การเปรียบเปรย ความสัมพันธ์ สาเหตุและผลลัพธ์ หรือการสร้างหลักการทั่วไป)

สาเหตุและผลลัพธ์

(4) ประเมินคุณลักษณะของหลักฐานว่าไม่เพียงพอ ปานกลาง หรือดี พร้อมอธิบายการประเมินของนักเรียน

ความน่าเชื่อถือ ปานกลาง เพราะการทดลองแบบบุคคลอาจมีความคลาดเคลื่อน

ความถูกต้อง ปานกลาง เพราะการมีการผิดพลาดในขั้นตอนการทดลองได้

ความเป็นกลาง ดี เพราะเป็นการสังเกตผลการทดลองด้วยตนเอง

ความเป็นระเบียบวิธี ดี เพราะมีการเปรียบเทียบในการทำการทดลอง

(7) ประเมินคุณลักษณะความเหมาะสมของการให้เหตุผลว่าไม่เหมาะสม ปานกลาง หรือดี อธิบายการประเมินของนักเรียน

ปานกลาง เพราะเป็นการทดลองที่ทำด้วยตัวเอง

(8) ความกังวลของนักเรียนเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างคืออะไร (ข้อโต้แย้ง, ข้อคัดค้าน, คำถาม) การทดลองมีตัวแปรอื่นมากที่ไม่ได้ควบคุมการทดลองอีกหรือไม่

(9) ยอมรับ ปฏิเสธ หรือยังไม่ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง อธิบายเกี่ยวกับการตัดสินใจของนักเรียน

ยอมรับ เพราะเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้วยตนเอง ∴ จึงตัดสินใจยอมรับได้

176

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ เกิดวันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 โดยเป็นนักเรียนทุนในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ประเภท premium จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University