การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สุมาลี เมืองจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

THE DEVELOPING STUDENT'S ACHIEVEMENT IN PHOTOSYNTHESIS USING THE 5ES INQUIRY CYCLE FOR GRADE 11 STUDENTS

SUMALEE MUANGJUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย นางสาวสุมาลี เมืองจันทร์

คณะกรรมการสอบ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง	ประธานกรรมการ
ดร.ประเสริฐ ผางภูเขียว	กรรมการ
ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

……..……

(ดร.ประเสริฐ ผางภูเขียว)

…….….....	…….…....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์ การให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นในการศึกษาอย่างดียิ่งจาก ดร.ประเสริฐ ผางภูเขียว อาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยมาโดยตลอด จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แก้ว อุดมศิริชาคร ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยให้ถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง อาจารย์จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และ ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กรรมการสอบที่ช่วยเสนอแนะ แก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนโรงเรียนพนาศึกษา ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย และเป็นกำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินทุนในการศึกษาระดับปริญญาโท ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา และสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

คุณค่าอันพึงมีของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และญาติมิตรที่มีส่วนช่วยเหลือ และให้กำลังใจทุกคน

สุมาลี เมืองจันทร์
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	:	การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้วิจัย	:	สุมาลี เมืองจันทร์
ชื่อปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	:	วิทยาศาสตร์ศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ดร.ประเสริฐ ผางภูเขียว
คำสำคัญ	:	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การสังเคราะห์ด้วยแสง, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ, ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน 3) ศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น ที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Treagust (2002) โดยตอนที่ 1 เป็นคำตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ 2) ใบงาน และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความก้าวหน้าทางการเรียน และ t-test ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 83.76/80.89 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7409 ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน (<g>) คิดเป็นร้อยละ 74.09 จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูงทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 26.25) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.89) ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน (80.63±21.93) สูงกว่าก่อนเรียน (26.61±31.94) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) และนักเรียนทั้งหมดมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (4.01±0.65)

ABSTRACT

TITLE : THE DEVELOPING STUDENT'S ACHIEVEMENT IN PHOTOSYNTHESIS USING THE 5ES INQUIRY CYCLE FOR GRADE 11 STUDENTS
AUTHOR : SUMALEE MUANGJUN
DEGREE : MASTER DEGREE OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : PRASERT PANGPOOKIEW, Ph.D.
KEYWORDS : LEARNING ACHIVEMENT, PHOTOSYNTHESIS, 5ES LEARNING CYCLE, SCIENTIFIC CONCEPTUAL UNDERSTANDING

This research aimed to 1) study student's learning efficiency on photosynthesis using the 5E inquiry learning cycle, 2) compare pre and post learning achievement, 3) study scientific conceptual understanding, and 4) study the student's satisfaction on the learning method. The participants were 34 grade 11 students who were selected by the cluster random sampling technique. The research tools were comprised of the academic achievement and the scientific conceptual tests about photosynthesis which were modified from Treagust (2002). It consisted of 45 multiple choices items with 4 choices per item and 4 reasoning choices. Additional tools included work sheets and a questionnaire regarding the student's opinions on the learning method.

The statistics employed to analyze the data were percentage, mean, standard deviation, normalized gain, and t-test. The results showed that the efficiency (E1/E2) and effectiveness index (E.I.) of this activity were 83.76/80.89 and 0.7409, respectively. The students obtained 74.09% on learning progression (<g>), so they were categorized as high level progressive. In addition, the students were able to improve their academic achievement from the low level (26.25%) to the excellent level (80.89%), which was statistically significantly increasing ($p<.05$). The post-test conception score (80.63±21.93) was statistically significantly higher than the pre-test score (26.61±31.94) at the p-value of 0.05. Finally, the student's satisfaction towards the learning activity was at the high level (4.01±0.65)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	7
2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	13
2.3 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน	19
2.4 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์	20
2.5 ความพึงพอใจ	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 รูปแบบการวิจัย	36
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	37
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	37
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	51
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	53
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ภาพรวมการจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง 59

4.2 การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 63

4.3 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ 65

4.4 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน 67

4.5 กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM 69

4.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง 71

4.7 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ 73

4.8 อภิปรายผล 74

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 77

5.2 ข้อเสนอแนะ 78

เอกสารอ้างอิง **79**

ภาคผนวก

ก แผนผังความคิดการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ 89

ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ 91

ค แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 115

ง แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน 139

จ ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการเรียนรู้ 141

ฉ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 145

ประวัติผู้วิจัย **149**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) สาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตมาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.1	2
3.1	กิจกรรมหลักในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน	40
3.2	เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงมโนมติรายข้อ	52
4.1	ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้	60
4.2	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	61
4.3	ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติก่อนและหลังเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	62
4.4	ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง	73
ค.1	ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	116
จ.1	ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้	142
จ.2	ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่าง	142
จ.3	ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนและดัชนีประสิทธิผล กลุ่มตัวอย่าง	143
ฉ.1	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน กลุ่มตัวอย่าง	146
ฉ.2	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง	147

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้	39
3.2	กิจกรรมบทบาทสมมติ	41
3.3	กิจกรรมภาพพลิกการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	42
3.4	โครงสร้างของคลอโรพลาสต์	44
3.5	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	50
3.6	ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ	51
3.7	ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล	53
4.1	ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	60
4.2	คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	61
4.3	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	61
4.4	คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	63
4.5	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	64
4.6	ความเข้าใจมโนมติเรื่องการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	64
4.7	คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	65
4.8	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	66
4.9	ความเข้าใจมโนมติ เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ	66
4.10	คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	67
4.11	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	68
4.12	ความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และโฟโตเรสไพเรชัน	68
4.13	คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	69
4.14	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน	70
4.15	ความเข้าใจมโนมติเรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM	70
4.16	คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล	71
4.17	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	72
4.18	ความเข้าใจมโมติ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	72

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาบุคคล และสังคมให้มีความเจริญงอกงาม โดยอาศัยการถ่ายทอดความรู้ การฝึกอบรม การสืบสานทางวัฒนธรรม การสร้างสรรค์ทางวิชาการ การสร้างองค์ความรู้อันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อม สังคม การเรียนรู้ และปัจจัยบุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ได้กำหนดเป้าหมายไว้ว่าการจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรม และวัฒนธรรมในการดำรงชีวิตอย่างมีความสุข

วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับคนทุกคนทั้งในชีวิตประจำวัน และในการประกอบอาชีพ เนื่องจากวิทยาศาสตร์อยู่รอบตัวเราทั้งปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ตลอดจนการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ก้าวหน้าในปัจจุบันก็เป็นผลมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ทุกคนอยู่กับข้อมูลข่าวสารตลอดเวลา การเลือกรับ และเลือกใช้ข้อมูลอย่างถูกต้องเหมาะสม ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์พิจารณาอย่างสุขุมรอบคอบ จึงสามารถนำความรู้ที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ ได้อย่างคุ้มค่า และทันต่อเหตุการณ์ อีกทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต จำเป็นที่ทุกคนจะต้องเรียนรู้อยู่ตลอดเวลาเพื่อนำความรู้นั้นไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิต ดังนั้น เพื่อให้เยาวชนในชาติได้มีทักษะที่สำคัญในการค้นหาความรู้ และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้นั้นหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งเนื้อหา และกระบวนการฝึกทักษะเพื่อให้เยาวชนที่เป็นทรัพยากรมนุษย์ที่สำคัญของประเทศ (กรมวิชาการ, 2546) และในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศ มีการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในปัจจุบัน และอนาคตที่เป็นไปในลักษณะเร็ว และมีการแข่งขันสูง ทั้งการศึกษา อาชีพ เศรษฐกิจ ดังนั้น เราจึงควรเตรียมคนรุ่นใหม่ให้มีทักษะที่จำเป็นเพื่อดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เน้นการศึกษาตลอดชีวิต ด้วยวิธีการที่ยืดหยุด มีการกระตุ้น และ

สร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การศึกษาวิทยาศาสตร์นับเป็นปัจจัยที่มีความจำเป็นลำดับต้น ๆ ที่ควรได้รับการพัฒนา และจากการศึกษาพบว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพจะช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้ (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557)

โรงเรียนพนาศึกษา เป็นโรงเรียนประจำอำเภอ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ จัดอยู่ในประเภทโรงเรียนมัธยมขนาดกลางรูปแบบสหศึกษา ทำการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับช่วงชั้นที่ 3 และช่วงชั้นที่ 4 มีนักเรียนทั้งหมด 1,060 คน และบุคลากรทางการศึกษา 58 คน ปีการศึกษา 2561 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เปิดสอนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ มีนักเรียนทั้งสิ้น 158 คน เนื่องจากนักเรียนมีจำนวนมากทำให้กระบวนการจัดการเรียนรู้เป็นไปด้วยความยากลำบาก ส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนต่ำ รวมทั้งระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนของครูมีน้อย โรงเรียนมีกิจกรรมจำนวนมาก กิจกรรมการเรียนการสอนไม่น่าสนใจ และเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นเนื้อหาที่ยากแก่การเข้าใจ และมีความเข้าใจที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) สาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตมาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.1

ระดับ	คะแนนปี 2558			คะแนนปี 2559			คะแนนปี 2560		
	เต็ม	เฉลี่ย	SD	เต็ม	เฉลี่ย	SD	เต็ม	เฉลี่ย	SD
โรงเรียน	100.00	35.93	14.30	100.00	32.26	13.05	100.00	27.87	23.80
จังหวัด	100.00	33.89	14.00	100.00	34.31	13.47	100.00	27.35	24.17
สพม.	100.00	35.85	14.71	100.00	36.99	14.56	100.00	29.30	25.04
ประเทศ	100.00	35.69	14.80	100.00	36.75	14.68	100.00	29.11	25.28

ในกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานวิทยาศาสตร์ (พิชา ชัยจันดี, 2552) ในการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียน เข้าใจหลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ควรเน้นมโนมติที่สำคัญในวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนติทางวิทยาศาสตร์ก็จะทำให้นักเรียนสามารถจำแนกเรื่องราวต่าง ๆ ที่ซับซ้อนทางวิทยาศาสตร์ และยังช่วยพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลเป็นพื้นฐานสำหรับนักเรียนหาความรู้อื่น ๆ ต่อไปอีกด้วย (สุวดี แสนคำภูมี, 2544)

ในยุคของการปฏิรูปการศึกษาไทยในปัจจุบันมุ่งเน้นการจัดเนื้อหาสาระให้สอดคล้องกับความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน มุ่งฝึกทักษะ กระบวนการคิด และจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็นและเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การสอนโดยใช้กระบวนการ

สืบเสาะหาความรู้เป็นหนึ่งในวิธีการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว และได้รับการสนับสนุนให้ใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ทั้งในระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา (ธิติยา บงกชเพชร, 2553) การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry approach) ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรียนรู้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ คุ้นเคยต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในอนาคต เนื่องจากเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต อาจใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดแก้ คิดสืบสวนสอบสวน และได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาไปด้วยพร้อม ๆ กัน กระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดด้วยตนเอง รู้จักค้นคว้าหาเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาได้ โดยการนำเอาวิธีการต่าง ๆ ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ นอกจากนี้ยังเป็นการเรียนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบด้วยขั้นสร้างความสนใจ (engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) และขั้นประเมินผล (evaluation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไป ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ทั้งทฤษฎี และการลงมือปฏิบัติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานักเรียนทั้งความรู้และทักษะการสืบค้นข้อมูล รวมทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

1.2.1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

1.2.1.3 เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

1.2.1.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

1.2.2 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E มีประสิทธิภาพเท่ากับหรือมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และมีประสิทธิผลมากกว่า 0.5

1.2.2.2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2.2.3 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2.2.4 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ในระดับมาก ขึ้นไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.3.1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายการเรียนวิทย์-คณิต จำนวน 5 ห้องเรียน รวมจำนวน 158 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพนาศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 29

1.3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

1.3.2 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่วันที่ 20 ตุลาคม 2561 ถึง 30 พฤศจิกายน 2561 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 10 คาบ

1.3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นเนื้อหาในรายวิชา ชีววิทยา 3 รหัสวิชา ว 32243 เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้พัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ในรายวิชาชีววิทยา 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.4.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ให้สูงขึ้น

1.4.3 เป็นข้อมูลด้านความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสำหรับครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยาในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าในเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยามากขึ้น

1.4.4 นักเรียนเกิดความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ และเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาชีววิทยา

1.4.5 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจต่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (inquiry cycle) โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้น (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2553) ได้แก่

1.5.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)

1.5.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)

1.5.1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)

1.5.1.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration)

1.5.1.5 ขั้นประเมิน (evaluation)

1.5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ความจำ การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่วัดได้จากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

1.5.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คะแนนความคิดหรือความเข้าใจของผู้เรียนซึ่งเป็นคะแนนที่ได้จากการตอบแบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยของวรรณจรีย์ มังสิงห์ (2536) ซึ่งจัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามระดับความเข้าใจ ดังนี้

1.5.3.1 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)

1.5.3.2 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)

1.5.3.3 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS)

1.5.3.4 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC)

1.5.3.5 ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU)

1.5.4 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกความคิดเห็นต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการสอน ด้านการส่งเสริมความรู้ ประโยชน์ที่ ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง วัดได้จากการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน โดยแบบวัดความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 3 ด้าน รวมทั้งหมด 15 ข้อ ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอน ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.5 นักเรียน

นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายการเรียนวิทย์-คณิต ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพนาศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 29 ที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.5.6 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple choice diagnostic test) เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Treagust (2002) โดยตอนที่ 1 เป็นคำตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

2.4 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.5 ความพึงพอใจ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่นำมาใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E (inquiry cycle: 5Es) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E (inquiry cycle: 7E) และการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (predict-observe-explain: POE) ฯลฯ

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

2.1.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจะจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุ หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย ใคร่รู้อยากรู้อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาการศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูสามารถจัดกิจกรรมได้หลายแบบ เช่น สาธิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง เหตุการณ์ ให้ค้นคว้า อ่านเรื่อง อภิปราย พูดคุย สนทนา ใช้เกม ใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์ ปัญหาที่น่าสนใจที่น่าสงสัยแปลกใจ

2.1.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)

นักเรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล สนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2.1.1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)

นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุป และอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิง และหลักฐานชัดเจน

2.1.1.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration)

ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียน ชี้แจงหรือร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับความรู้เดิมนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบาย และขยายความรู้เพิ่มเติมมีความละเอียดมากขึ้น ยกสถานการณ์ตัวอย่าง อธิบายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบ และลึกซึ้งยิ่งขึ้นหรือสมบูรณ์ละเอียดขึ้น นำไปสู่ความรู้ใหม่หรือความรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่นหรือสถานการณ์อื่น ๆ หรือสร้างคำถามใหม่ และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

2.1.1.5 ขั้นประเมิน (evaluation)

ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการ และผลผลิต เพื่อเป็นการตรวจสอบความความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการ และผลงาน อภิปราย ประเมินปรับปรุง เพิ่มเติม และสรุป ถ้ายังมีปัญหาให้ศึกษาทบทวนใหม่อีกครั้ง อ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการและเกณฑ์ เปรียบเทียบผลกับสมมติฐาน เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

2.1.2 บทบาทของครูในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E จะประสบความสำเร็จ ในแต่ละขั้นตอนครูต้องแสดงบทบาทของตนเองดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
1. ขั้นสร้างความสนใจ	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้	- อธิบายความคิดรวบยอด - ให้คำจำกัดความและคำตอบ - สรุปประเด็นให้ - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บรรยาย
2. ขั้นสำรวจ และค้นหา	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกต และฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน - ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน - ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- เตรียมคำตอบไว้ให้ - บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
3. ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผล และอธิบายให้กระจ่าง - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความ และชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด	- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ - ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน - แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือความคิดรวบยอดหรือทักษะ
4. ขั้นขยายความรู้	- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลาย	- ให้คำตอบที่ชัดเจน - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ใช้เวลามากในการบรรยาย - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน - อธิบายวิธีการแก้ปัญหา

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
	- ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร (ที่จะนำกลวิธีจากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	
5. ขั้นประเมินผล	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิด หรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไรนักเรียนเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้น	- ทดสอบคำนิยามศัพท์ และข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่ - ทำให้คลุมเครือ - ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ

2.1.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558) แบ่งการสืบเสาะหาความรู้เป็น 4 ประเภทคือ

2.1.3.1 Structure Inquiry คือการสืบเสาะหาความรู้ประเภทนี้ผู้สอนมีบทบาทในระดับสูง โดยเป็นผู้แนะนำผู้เรียนในตลอดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง มีการให้ปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้แนวคิด และขั้นตอนในการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง โดยผู้เรียน

จะมีบทบาท ในการหาคำตอบ ซึ่งการสืบเสาะประเภท Structure inquiry นี้จะเหมาะกับห้องเรียนขนาดใหญ่ หรือผู้เรียนที่ยังมีประสบการณ์ในการสืบเสาะหาความรู้ในระดับเริ่มต้น

2.1.3.2 Guided Inquiry คือการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้สอนจะลดระดับบทบาทของการมีส่วนร่วมลง และผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนเพิ่มขึ้น กล่าวคือมีการกำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้ แต่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการ และดำเนินการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง

2.1.3.3 Collaborative Inquiry คือการสืบเสาะหาความรู้ที่ทั้งผู้สอน และผู้เรียนมีบทบาทร่วมกันในการ สืบเสาะความรู้ใหม่ในทุกขั้นตอน วิธีการนี้เหมาะสำหรับกลุ่มผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการสืบเสาะมากขึ้น

2.1.3.4 Open Inquiry คือ การสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนสร้างคำถามด้วยตนเอง ออกแบบวิธีการ และนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง โดยผู้สอนมีบทบาทในด้านการให้ คำปรึกษา และจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนในระดับสูง เช่น นักศึกษาปริญญาโทหรือเอก

2.1.4 ข้อดี และข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

พวงทอง มีมั่งคั่ง (2537) ได้สรุปข้อดี และข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

(1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

(2) นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด และฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองทำให้ความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

(3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

(4) นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนทัศน์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

(5) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

(1) ในการสอนแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการสอนมาก

(2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัย แปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย ถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

(3) ในกรณีที่มีนักเรียนกลุ่มอ่อน เนื้อหาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

(4) นักเรียนบางคนที่ยังขาดวุฒิภาวะอาจขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาด้วยตนเอง และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

(5) การใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือมิฉะนั้นต้องอาศัยความรู้ในวิชาหนึ่งวิชาใดโดยเฉพาะ โดยเกิดจากคุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพของสมองบุคคล เช่น พฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ผลสัมฤทธิ์จึงถือเป็นการตรวจสอบพฤติกรรมในด้านพุทธิพิสัย

2.2.2 ปัจจัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom (1976) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับระบบการเรียนการสอนในโรงเรียน และกล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังนี้

(1) พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive entry behaviors) หมายถึง ความสามารถทั้งหลายของผู้เรียนซึ่งประกอบด้วยความถนัด และพื้นฐานเดิมของผู้เรียน

(2) คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective entry characteristics) หมายถึง สภาพการณ์หรือแรงจูงใจที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ใหม่ ได้แก่ ความสนใจ ทัศนคติต่อเนื้อหาวิชาที่เรียนในโรงเรียน ระบบการเรียน ความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเอง และลักษณะบุคลิกภาพ

(3) คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of instruction) ได้แก่ การได้รับคำแนะนำ การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน การเสริมแรงจากครู การแก้ไขข้อผิดพลาด และรู้ผลว่าตนเองกระทำได้ถูกต้องหรือไม่

นอกจากนี้ Richey (1986) ได้สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าประกอบด้วยปัจจัย 4 ปัจจัย ดังนี้

(1) ผู้เรียน ประกอบด้วย ลักษณะทางประชากร คุณลักษณะด้านความสามารถ ทั้งทางด้านร่างกาย และความรู้ความคิด สมรรถภาพ และเจตคติ

(2) เนื้อหาวิชา ประกอบด้วย แบบของผลการเรียนรู้ (พุทธิพิสัย เจตพิสัย และทักษะพิสัย) ความสามารถทางสมอง ความสนใจ ความคงทนการถ่ายทอด และขอบเขตเนื้อหาวิชา

(3) สิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย คุณลักษณะเชิงทำเลที่ตั้ง และสภาพบรรยากาศ ได้แก่ บริบททางสังคมในด้านอิทธิพลจากภายนอก บรรยากาศภายในองค์กร วัสดุ และการจัดการ คุณลักษณะและการปฏิสัมพันธ์ของบุคลากรในองค์กร

(4) วิธีการสอน ประกอบด้วย ขอบเขตของเนื้อหา กลวิธีการสอน การเสนอเนื้อหา และการจัดลำดับเนื้อหา

สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย คุณลักษณะของตัวผู้เรียน คุณภาพการสอนของครู และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งคุณลักษณะของตัวผู้เรียนมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากที่สุด คุณภาพการสอนของครูและปัจจัยอื่น ๆ มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรองลงมาตามลำดับ

2.2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของนักเรียนในด้านพุทธพิสัยที่เป็นการวัด 2 องค์ประกอบ ตามจุดมุ่งหมาย และลักษณะของวิชาที่เรียน ดังนี้

2.2.3.1 การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถทางการปฏิบัติโดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงให้เห็นเป็นผลงานปรากฏออกมา สามารถทำการสังเกต และวัดได้ เช่น วิชาศิลปะ พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องวัดโดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ (Performance test) ซึ่งเป็นการประเมินผลพิจารณาที่วิธีปฏิบัติ (Procedure) และผลงานที่ปฏิบัติ

2.2.3.2 การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (Content) รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนสามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับช่วยให้ครูสามารถตัดสินผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะเป็นวิธีการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนที่เป็นอิสระได้มากกว่าวิธีอื่น ๆ เมื่อเทียบกับกระบวนการเรียนการสอนที่มีอยู่ (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2540)

2.2.4 ชนิดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) กล่าวว่า แบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมักจะเป็นคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษ และดินสอ (Paper and pencil test) กับให้นักเรียนปฏิบัติจริง (Performance test) แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือแบบทดสอบของครูที่สร้างขึ้น และแบบทดสอบมาตรฐาน ดังนี้

(1) แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของคำถามที่ครูเป็นคนสร้างขึ้น ซึ่งจะเป็นหัวข้อคำถามที่ถามเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนว่านักเรียนมีความรู้มากเพียงใด บกพร่องที่ส่วนใด เพื่อครูจะได้สอนซ่อมเสริมหรือดูความพร้อมที่จะเริ่มบทใหม่ตามการจัดการเรียนรู้ของครู

(2) แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนมีคุณภาพดีพอ จึงสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ และใช้วินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ระหว่างวิชาต่าง ๆ ในเด็กแต่ละคน ข้อสอบตามมาตรฐานนอกจากมีคุณภาพของแบบทดสอบสูงแล้วยังมีมาตรฐานในด้านวิธีการดำเนินการสอบ คือ ไม่ว่าโรงเรียนใดหรือส่วนราชการใดจะนำไปใช้ต้องดำเนินการสอบแบบเดียวกัน แบบทดสอบด้านมาตรฐานจะมีคู่ดำเนินการสอบถึงวิธีการสอบว่าทำอย่างไรจึงจะมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย

แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน มีวิธีการในการสร้างข้อคำถามคล้ายกัน คือเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาหรือพฤติกรรมที่ได้สอนนักเรียนไปแล้ว สำหรับพฤติกรรมที่ใช้วัดจะเป็นพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามวัดตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom (1976) ที่ได้รับการปรับปรุงโดย Anderson et al. (2001) ซึ่งวัดผลด้านสติปัญญาจากการวัดพฤติกรรม ได้แก่ การจำ (Remembering) การเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analysing) การประเมินค่า (Evaluating) และการสร้างสรรค์ (Creating)

สมนึก ภัททิยธนี (2544) กล่าวว่า แบบทดสอบที่ครูสร้างมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

(1) ข้อสอบแบบความเรียงหรืออัตนัย (Subjective or essay test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นแต่ละคน

(2) ข้อสอบกาถูก-ผิด (True-false test) ลักษณะทั่วไปถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก-ผิด คือข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

(3) ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์ และถูกต้อง

(4) ข้อสอบแบบตอบสั้น (Short answer test) ลักษณะทั่ว ไปข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนคำตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้น และกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

(5) ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในชุดอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนด

(6) ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) ลักษณะทั่วไปข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถามกับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก และตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน อาจเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมดแต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

Treagust (2002) กล่าวถึง แบบวัดแนวคิดวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้นหรือแบบทดสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple choice diagnostic test) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นวิชา เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ หรือวิทยาสาขาอื่น ๆ (Odom and Barrow, 1995; Tan et al., 2005; Treagust, 1988, 1995) โดยเป็นแบบวัดแนวคิดที่เน้นศึกษาความเข้าใจของผู้เรียน และกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยใช้วัดความเข้าใจมากกว่าความจำ (Chandrasegaran et al., 2007) โดยลักษณะแบบทดสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น จะประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นคำตอบที่เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบตัวเลือกสองลำดับ ที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Treagust (2002) โดยตอนที่ 1 เป็นคำตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ

2.2.5 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนในการสร้างที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (บุญศรี พรหมมาพันธุ์ และนวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม, 2545; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545)

2.2.5.1 ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ ประกอบด้วย

1) การกำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบ สิ่งสำคัญประการแรกที่ผู้สร้างข้อสอบจะต้องรู้ คือ อะไรคือจุดมุ่งหมายของการทดสอบ ทำไมจึงต้องมีการสอบ และจะนำผลการสอบไปใช้อย่างไร

2) การกำหนดเนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัด เนื้อหาที่ต้องการวัดได้จากจุดมุ่งหมายของการทดสอบ ผู้สร้างข้อสอบจะต้องวิเคราะห์จำแนกเนื้อหาที่ต้องการวัดให้ครอบคลุม

เนื้อหาทั้งหมด สำหรับพฤติกรรมที่ต้องการวัดนั้น อาจจำแนกตามทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่ง เช่น ตามแนวความคิดของ Anderson et al. (2001) ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์

3) กำหนดลักษณะหรือรูปแบบของแบบทดสอบ อาจเลือกแบบทดสอบประเภทความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัย แบบตอบสั้น และเลือกตอบหรือแบบทดสอบปรนัย ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการทดสอบ ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่วัด ลักษณะหรือคุณสมบัติผู้เข้าสอบ และจำนวนผู้เข้าสอบ เป็นต้น

4) การจัดทำตารางที่วิเคราะห์เนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัด เป็นการวางแผนผังการสร้างแบบทดสอบ ทำให้ผู้สร้างข้อสอบรู้ว่าในแต่ละเนื้อหาจะต้องสร้างข้อสอบในพฤติกรรมใดบ้าง พฤติกรรมละกี่ข้อ การจัดทำตำรางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแผนผังการออกข้อสอบ ควรมีคำหรือข้อความดังต่อไปนี้ ชื่อรายวิชาและชั้นเรียน ภาคเรียน และปีการศึกษาที่สอน วัน/เดือน/ปี ที่วิเคราะห์พฤติกรรม ชื่อผู้วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ชื่อผู้สร้างข้อสอบ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในเนื้อหาวิชา ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเรื่องหรือรายละเอียดเนื้อหาวิชาจะสร้างข้อสอบ

5) การกำหนดส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอน ได้แก่ ความยาวของแบบทดสอบหรือจำนวนข้อของข้อสอบ และคะแนน ระยะเวลาที่ให้ทำแบบทดสอบ วิธีการดำเนินการสอบ วิธีการตรวจให้คะแนน เป็นต้น

2.2.5.2 ขั้นตอนที่ 2 การลงมือสร้างแบบทดสอบ ประกอบด้วย

1) ลักษณะหรือประเภทของข้อสอบที่เหมือนกัน ควรจัดให้อยู่ตอนเดียวกันเป็นหมวดหมู่ซึ่งจะช่วยให้ง่ายในการตรวจให้คะแนน

2) ไม่ใช้คำหรือข้อความชี้คำตอบ

3) ควรให้เนื้อหาบังคับคำตอบ ไม่ใช่ใช้แบบของคำหรือข้อความ

4) ควรเขียนข้อสอบด้วยภาษาที่ง่าย ตรงไปตรงมา ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

5) ควรหลีกเลี่ยงวัฒนธรรมท้องถิ่น

6) ไม่ควรให้ข้อสอบข้อใดข้อหนึ่งไปแนะคำตอบอีกข้อหนึ่ง

7) ไม่ควรลอกข้อความโดยตรงจากหนังสือมาสร้างเป็นข้อสอบ

8) ความยากของข้อสอบควรอยู่ที่ระดับปานกลาง และเรียงข้อสอบโดยเรียงจากง่ายไปยาก จะยั่วยุให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการทำข้อสอบ

9) คำสั่งข้อสอบควรกะทัดรัด ชัดเจนและสมบูรณ์

ในขั้นนี้เป็นการเขียนข้อสอบตามเนื้อหาพฤติกรรม และรูปแบบของแบบทดสอบที่กำหนดไว้ โดยจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับร่าง

2.2.5.3 ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้

เมื่อสร้างแบบทดสอบแล้วจึงนำแบบทดสอบไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งคุณภาพของแบบทดสอบอาจพิจารณาทั้งคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ ได้แก่ ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก และหาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ ได้แก่ ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น การตรวจสอบสามารถทำได้ทั้งตรวจสอบเอง และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ การตรวจสอบเองเป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถาม-คำตอบ หลักการสร้างข้อสอบที่ดี สำหรับการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญจะเป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพื่อดูว่าข้อคำถามแต่ละข้อสัมพันธ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัดหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหา และเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่กำหนดหรือไม่

จากการศึกษาพอสรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอน 3 ขั้น คือ ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ ขั้นตอนที่ 2 การลงมือสร้างข้อสอบ ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้

2.2.6 การสร้างแบบแบบทดสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น

การสร้างแบบแบบทดสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น ตามแนวคิดของ Treagust (2002) มีขั้นตอนดังนี้

2.2.6.1 กำหนดจุดมุ่งหมาย ขอบเขตเนื้อหาที่จะใช้สร้างแบบทดสอบแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น

2.2.6.2 สำรวจแนวคิดหรือความเข้าใจมโนมติทางเลือกของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่อง หรือเนื้อหาที่จะนำมาใช้สร้างแบบทดสอบ

2.2.6.3 สร้างแบบทดสอบ แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบว่า ในตอนที่ 1 ส่วนที่เป็นคำตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก กับตอนที่ 2 ส่วนที่เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก มีความเหมาะสมสอดคล้องเป็นไปตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

2.2.7 ประโยชน์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุริยัน แสงแก้ว (2535) กล่าวถึงประโยชน์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 5 ประการ ดังนี้

(1) เพื่อดูระดับพัฒนาการ

(2) เพื่อประโยชน์ในการแนะแนวนักเรียน

(3) เพื่อประโยชน์ในด้านการวางแผนสร้างหลักสูตร

(4) เพื่อใช้ในการสอบคัดเลือกและเพื่อเลื่อนชั้น

(5) เพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการสอนของครูในโรงเรียนเดียวกันหรือเปรียบเทียบระหว่างโรงเรียน

จากการศึกษาพอสรุปได้ว่า ประโยชน์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อดูระดับพัฒนาการ เป็นประโยชน์ในการแนะแนวนักเรียน ใช้ในการแผนสร้างหลักสูตร ใช้ในการสอบคัดเลือก และเพื่อเลื่อนชั้นให้กับนักเรียน เพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการสอนของครูในโรงเรียนเดียวกันหรือเปรียบเทียบระหว่างโรงเรียน

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

2.3.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวถึง ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ คือการหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้นตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing” คือ การทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อหรือชุดการสอนตามลำดับขั้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงานให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

2.3.2.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้การตั้งเกณฑ์ ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้

เนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2.3.2.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

2.3.2.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ กระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2 = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจโดยพิจารณาพิสัยการเรียนที่จำแนกเป็นวิทยพิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษพิสัย (Skill Domain) ในขอบข่ายวิทยพิสัย (เดิมเรียกว่า พุทธิพิสัย**) เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้สูงสุดแล้วลดต่ำลงมาคือ 90/90 85/85 80/80 ส่วนเนื้อหาสาระที่เป็นจิตพิสัย จะต้องใช้เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา ไม่สามารถทำให้ถึงเกณฑ์ระดับสูงได้ในห้องเรียน หรือในขณะที่เรียน จึงอนุโลมให้ตั้งไว้ต่ำลง นั่นคือ 80/80 75/75 แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้ หากตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใด ก็มักได้ผลเท่านั้น

2.4 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.4.1 มโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.4.1.1 ความหมายมโนมติ

มโนมติ (Concept) ในภาษาอังกฤษซึ่งมีการแปลเป็นภาษาไทยได้หลายคำ และมีการใช้แตกต่างกันไป เช่น ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ มโนภาพ สังกัป และแนวความคิดโดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “มโนมติ” ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของมโนมติไว้ต่าง ๆ ดังนี้

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2550) ได้กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคล ที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เพื่อให้คำจำกัดความของเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้น หรืออธิบายคุณลักษณะของสิ่งนั้น (พิชา ชัยจันดี, 2552) นอกจากนี้อาจกล่าวได้ว่า มโนมติ คือ ความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวของบุคคลจะตีความ และสรุปความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือใช้อธิบายปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งอันเป็นผลเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ตรงจากสิ่งนั้นหรือปรากฏการณ์นั้นโดยใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสาร (ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์, 2553; ณัฐริกา ฉายสถิตย์, 2555) แล้วนำมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของผู้เรียน โดยใช้คุณสมบัติ ความคล้ายคลึงและความสัมพันธ์เกิดเป็นความเข้าใจเฉพาะบุคคล (อัจฉรีรัตน์ ศิริ, 2558)

2.4.1.2 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conception) ได้มีผู้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

พิชา ชัยจันดี (2552) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ ผลของการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ และสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผลเป็นข้อสรุป และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน (ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์, 2553) โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล

(เสาวนีย์ สังฆะขี, 2554) หรืออาจกล่าวได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้หรือข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการคิด การแปลความหมายของมนุษย์เกี่ยวกับใดสิ่งหนึ่ง หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกต หรือทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง (ณัฐริกา ฉายสถิตย์, 2555) โดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริง มีหลักการ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป และสามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ (ปพิชญา ปากเมย และมัทนา ศิริพรรณ, 2556) โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิม ทำให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ถ้าความรู้เดิมที่ได้รับมาและความรู้ที่ได้รับใหม่มีความถูกต้องก็จะทำให้เกิดมโนมติที่ถูกต้อง แต่หากความรู้ส่วนใดส่วนหนึ่งที่ได้รับมาไม่ถูกต้องก็จะทำให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหรือผิดได้ (นวลอนงค์ แก้ววงษ์, 2558)

จากความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้หรือข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการรู้ในระดับรูปธรรม และนามธรรมที่ได้จากการสังเกต ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากข้อเท็จจริงแล้วนำมาประมวลได้ข้อสรุป และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้เพื่อให้คำจำกัดความของเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้น หรืออธิบายคุณลักษณะของสิ่งนั้นซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน แต่หากความรู้ส่วนใดส่วนหนึ่งที่ได้รับมาไม่ถูกต้องก็จะทำให้เกิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนหรือผิดได้

2.4.2 ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

Mungsing (1993) จัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

(1) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

(2) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

(3) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบ ให้ 1 คะแนน

(4) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

(5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำเกณฑ์วัดระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 4 กลุ่ม ตามระดับความเข้าใจ ซึ่งปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Mungsing (1993) ดังนี้

(1) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

(2) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

(3) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบ ให้ 1 คะแนน

(4) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

2.4.3 แบบทดสอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ชนิดแบบทดสอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นวิชา เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ หรือวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ เช่น

2.4.3.1 แบบทดสอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น ประกอบด้วยตอนที่ 1 ส่วนที่เป็นคำตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก กับตอนที่ 2 ส่วนที่เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก (สุพิชญา กมลรัตน์, 2557) เกณฑ์การให้คะแนนเป็นดังนี้

1) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2.4.3.2 แบบทดสอบแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น ประกอบด้วยตอนที่ 1 ส่วนที่เป็นคำตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก กับตอนที่ 2 ส่วนที่เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะให้เขียนอธิบาย (วรรณจรีย์ มังสิงห์, 2536) เกณฑ์การให้คะแนนเป็นดังนี้

1) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบ ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2.4.3.3 แบบวัดตัวแทนความคิด เป็นแบบวัดตัวแทนความคิดเพื่อวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อีกรูปแบบหนึ่ง ลักษณะแบบวัดจะเป็นคำถามหรือสถานการณ์ แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบด้วยการวาดภาพ (Sacit Kose, 2008) โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ระดับความเข้าใจจากการวาดภาพ โดยใช้วิธีของ Kose (2008) แบ่งออกเป็น 5ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 (No Drawing) ไม่มีการวาดภาพ หรือนักเรียนเขียนตอบว่าไม่ทราบ

ระดับที่ 2 (Non-Representational Drawings) ไม่แสดงมโนมติ คือ แสดงแผนภาพแบบรวมง่าย ๆ ไม่ระบุรายละเอียด หรือการเขียนสูตรที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

ระดับที่ 3 (Drawings with Misconceptions) การวาดภาพแสดงมโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ การวาดภาพไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ระดับที่ 4 (Partial Drawings) การวาดภาพที่มีมโนมติที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน คือ มีการวาดภาพที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนหรือวาดไม่ครบองค์ประกอบ

ระดับที่ 5 (Comprehensive Representation Drawings) การวาดภาพที่มีมโนมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.4.3.4 แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เป็นแบบวัดแบบจำลองความคิดเพื่อวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อีกรูปแบบหนึ่ง ลักษณะแบบวัดจะเป็นคำถามหรือสถานการณ์ แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบด้วยการวาดภาพและเขียนคำอธิบายประกอบ (Chi and Roscoe, 2002) โดยใช้เกณฑ์ของ Chi and Roscoe (2002) ในการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิด ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง (Correct Mental Models: CMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2) แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Correct Mental Models: ICMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) แบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete Flawed Mental Models: CFMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบ

4) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed Mental Models: FMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5) แบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent Mental Model: IMM) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม หรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล

6) ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด (No Response: NR) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม และไม่วาดภาพ

2.5 ความพึงพอใจ

2.5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ราชบัณฑิตยสถาน (2542) ได้ให้ความหมายคำว่า “พึง” คำช่วยกริยาอื่น หมายความว่า ควร เช่น พึงใจ หมายความว่า พอใจ ชอบใจ และคำว่า “พอ” หมายความว่า เท่าที่ต้องการ เติมความ

ต้องการ ถูกชอบ เมื่อนำคำสองคำมาผสมผสานกัน คือ “พึงพอใจ” จึงหมายถึง ชอบใจถูกใจตามที่ต้องการ ความพึงพอใจโดยทั่วไปตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Satisfaction”

ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกชอบไม่ชอบ อาจดำรงอยู่ได้นานพอสมควร อาจมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลว่ามีความคาดหมายกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดีจะมีความพึงพอใจมาก แต่ในทางตรงกันข้ามอาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตั้งใจไว้ว่าจะมีมาก หรือน้อย

2.5.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ

Barnard (1968) กล่าวว่า บุคคลจะมีความพึงพอใจต่อการทำงานหรือทำกิจกรรมนั้นขึ้นอยู่กับการกระตุ้นของสิ่งจูงใจ 8 ประการ ได้แก่

(1) สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุได้แก่เงินทอง สิ่งของ เครื่องมือ เครื่องใช้

(2) สิ่งจูงใจที่เป็นโอกาสของบุคคล ได้แก่ ชื่อเสียง เกียรติยศ อำนาจพิเศษ ตำแหน่ง

(3) สิ่งจูงใจที่เป็นสภาพ ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับการทำงาน

(4) สิ่งจูงใจที่เป็นอุดมคติ ได้แก่ ความพึงพอใจของบุคคลที่ได้แสดงฝีมือ ความรู้สึกที่ได้ทำงานอย่างเต็มที่

(5) สิ่งจูงใจที่เป็นความดึงดูดใจทางสังคม ได้แก่ ความสัมพันธ์ฉันมิตรในหมู่เพื่อนร่วมงาน การยกย่องนับถือซึ่งกันและกัน

(6) สิ่งจูงใจที่เป็นสภาพการทำงาน ได้แก่ การปรับปรุงวิถีการทำงานให้สอดคล้องกับความรู้ความสามารถและให้สอดคล้องกับทัศนคติของแต่ละบุคคล

(7) สิ่งจูงใจที่เอื้อโอกาสให้มีส่วนร่วมในการทำงาน ได้แก่ การมีโอกาสแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในงานทุกชนิดที่หน่วยงานจัดขึ้น

(8) สิ่งจูงใจที่เป็นสภาพการอยู่ร่วมกัน ได้แก่ ความพอใจของบุคคลที่ได้อยู่ร่วมกัน การรู้จักกันอย่างกว้างขวาง ความสนิทสนมกลมเกลียว ความร่วมมือในการทำงาน

นอกจากนี้ วัลยา บุตรดี (2531) ได้กล่าวถึงสิ่งจูงใจที่เป็นเครื่องมือกระตุ้นเพื่อให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงานดังนี้

(1) สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุ (Material inducement) สิ่งเหล่านี้ ได้แก่ สภาวะทางกายที่มีให้แก่ผู้ปฏิบัติงานเงินทองสิ่งของ และสิ่งจูงใจที่ไม่ใช่วัตถุ (Personal non-material opportunities) เช่น อำนาจ เกียรติภูมิ การได้สิทธิพิเศษมากกว่าคนอื่น

(2) สภาพทางกายที่พึงปรารถนา (Desirable physical condition) หมายถึง การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความสุขในการทำงาน เช่น สิ่งอำนวยความสะดวกในสำนักงาน ความพร้อมของเครื่องมือ

(3) ผลประโยชน์ทางอุดมคติ (Ideal benefactions) หมายถึง การสนองความต้องการด้านความภูมิใจที่ได้แสดงฝีมือ การแสดงความภักดีต่อองค์กรของตน

(4) ความดึงดูดใจทางสังคม (Associational attractiveness) หมายถึง การมีความสัมพันธ์ของบุคคลในหน่วยงาน การอยู่ร่วมกัน ความมั่นคงของสังคมจะเป็นหลักประกันในการทำงาน

(5) การปรับทัศนคติและสภาพของงานให้เหมาะกับบุคคล (Adaptation of condition to habitual method and attitudes) คือการปรับปรุงตำแหน่งให้เหมาะสมให้สอดคล้องกันระหว่างงานกับคน

(6) โอกาสในการมีส่วนร่วมในการทำงาน (Opportunity of enlarged participation) คือเปิดโอกาสให้บุคคลมีส่วนร่วมในการทำงาน จะทำให้เขาเป็นผู้มีความสำคัญในหน่วยงาน ทำให้บุคคลมีกำลังใจในการทำงานมากขึ้น

2.5.3 การวัดความพึงพอใจ

ปริญญา จเรรัชต์ (2546) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี ดังนี้

(1) การใช้แบบสอบถาม โดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็นซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การบริการ การบริหารและเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นต้น

(2) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่งซึ่งต้องอาศัยเทคนิค และวิธีการที่ดีที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้

(3) การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดกิริยาท่าทาง วิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2550) ได้อธิบายความหมายของเครื่องมือวัดพฤติกรรมแบบมาตรประมาณค่าว่ามาตรประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดคุณลักษณะนิสัยหรือลักษณะจิตวิทยา เช่น ความคิดเห็น ค่านิยม ความสนใจ การปรับตัว เป็นต้น

(1) รูปแบบของมาตรประมาณค่า มีหลายรูปแบบ ดังนี้

(1.1) มาตรประมาณค่าแบบบรรยาย (Descriptive rating scales) เป็นการใช้ข้อความบอกระดับที่ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกตอบ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้หลักการวัด และประเมินผลการศึกษามีประโยชน์ต่อครู ( ) เห็นด้วยอย่างยิ่ง ( ) เห็นด้วย ( ) ไม่แน่ใจ ( ) ไม่เห็นด้วย ( ) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

(1.2) มาตรประมาณค่าแบบตัวเลข (Numerical rating scales) เป็นการใช้ตัวเลขบอกระดับที่ผู้ตอบพิจารณาเลือกตอบ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้หลักการวัดและการประเมินผลการศึกษามีประโยชน์ต่อครู 5, 4, 3, 2, 1 (5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 หมายถึงเห็นด้วย 3 หมายถึงไม่แน่ใจ 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง)

(1.3) มาตรประมาณค่าแบบเส้นหรือกราฟ (Graphic rating scales) เป็นการใช้เส้นตรงแบ่งเขตช่องบอกระดับการเลือกตอบ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้หลักการวัด และการประเมินผลการศึกษามีประโยชน์ต่อครูเห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

(1.4) มาตรประมาณค่าแบบใช้สัญลักษณ์ (Symbolic rating scales) เป็นการใช้สัญลักษณ์บอกระดับที่ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกตอบ สัญลักษณ์ที่ใช้อาจเป็นตัวอักษรหรือเป็นรูปภาพ

(1.5) การจัดอันดับ (Ranking) เป็นการใช้ตัวเลขแสดงการเรียงลำดับความสำคัญหรือให้จัดเรียงใหม่ ตัวอย่างเช่น สิ่งที่สำคัญที่สุดในชีวิต ได้แก่

(1.5.1) ภรรยา/สามี

(1.5.2) ตัวเอง

(1.5.3) บิดาและมารดา

(1.5.4) บุตร

(1.5.5) ญาติ

(1.5.6) เพื่อน

รูปแบบมาตรประมาณค่านี้หากกำหนดเป็นความรู้สึก ความคิดเห็น เจตคติ หรือพฤติกรรมในเชิงสนับสนุนหรือไม่สนับสนุนข้อความนั้น กำหนดคำตอบเป็น 5 ระดับ เป็นการประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert rating scale) หากกำหนดคำคุณศัพท์ที่มีความหมายตรงกันข้ามโดยมีค่า หรือตัวเลขแสดงระดับพฤติกรรมตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงสูงสุด เป็นการประมาณค่าของออสกูด หรือวิธีหาความแตกต่างของความหมาย (Sematic differential scale)

(2) การสร้างมาตรประมาณค่า มีแนวปฏิบัติ ดังนี้

(2.1) กำหนดลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด หรือตรวจสอบ

(2.2) กำหนดพฤติกรรมที่จะบ่งชี้ หรือแสดงคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด

(2.3) เลือกรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า

(2.4) เขียนข้อความที่แสดงพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด

(2.5) ตรวจสอบข้อความที่เขียนว่าชัดเจนหรือไม่ ซ้ำซ้อนกับรายการอื่นหรือไม่แล้วจัดเรียงข้อความตามลำดับการกระทำหรือพฤติกรรม

(2.6) นำไปทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข

(3) ข้อดีของมาตราประมาณค่า

(3.1) ใช้ประเมินคุณลักษณะหรือใช้ประกอบการสังเกตพฤติกรรมได้อย่างละเอียด

(3.2) ผลการประเมินสามารถนำไปปรับปรุงพฤติกรรม หรือคุณลักษณะวัดได้

(4) ข้อจำกัดของมาตรประมาณค่า

(4.1) ข้อคำถามต้องชัดเจนมิฉะนั้นจะทำให้สื่อความหมายไม่ตรงกัน

(4.2) การพิจารณาตัดสินใจบางครั้งทำได้ยาก

การวัดความพึงพอใจสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert rating scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การแปลค่าความหมายคะแนนแบบวัด ดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

2.5.4 ความพึงพอใจในการเรียนรู้

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2545) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการเรียนรู้ หมายถึงความรู้สึกยินดี เจตคติที่ดีของบุคคลที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตนทำให้เกิดความรู้สึกดีในสิ่งนั้น ๆ ซึ่งความพึงพอใจในการเรียนรู้เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จของการเรียนรู้ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับการตอบสนองต่อแรงจูงใจหรือความต้องการของแต่ละบุคคล

การศึกษาเป็นกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปในทางที่พึงประสงค์ การจูงใจภายในจึงเป็นลักษณะการจูงใจที่ดีและมีอิทธิพลที่สุดต่อกระบวนการเรียนรู้ ดังนั้น จึงควรส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจภายในขึ้น โดยใช้การจูงใจภายนอกยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เช่น ใช้หลักการให้รางวัลและลงโทษ การชมเชยและการตำหนิ การแข่งขันและการร่วมมือต่าง ๆ แต่ในความเป็นจริงการจัดการศึกษาโดยทั่วไปมักพบว่าการสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจภายในขึ้นนั้น กระทำได้ยากมาก เพราะเหตุนี้ในการจัดการศึกษาจึงพบเสมอว่าส่วนใหญ่จะสร้างแรงจูงใจภายนอกก่อน เพื่อก่อให้เกิดแรงจูงใจภายในขึ้นภายหลัง และในการสร้างแรงจูงใจ ไม่ว่าจะเป็นแรงจูงใจภายในหรือภายนอกจะต้องทำอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องตลอดเวลา จึงจะบังเกิดผลดี ทั้งนี้เพราะเมื่อร่างกายเกิดความต้องการ จะทำให้เกิดแรงขับหรือแรงจูงใจที่เป็นตัวกระตุ้น หรือผลักดันให้ร่างกายแสดงพฤติกรรม เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการ พฤติกรรมที่กระทำจึงมีทิศทางหรือจุดมุ่งหมาย เมื่อร่างกายได้สิ่งที่ต้องการแล้วก็จะเกิดความพึงพอใจ แรงขับก็จะลดลง (ประภา ตุลานนท์, 2540)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุธารพิงค์ โนนศรีชัย (2550) ศึกษาการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ผลการวิเคราะห์วิชาชีววิทยามีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 76.19 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยภาพรวมเห็นด้วยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.02)

พิชา ชัยจันดี (2552) ศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อน และหลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson and Hewson (2003) มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยที่คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ในมโนมติหลักที่ศึกษา 6 มโนมติหลัก ได้แก่ 1) การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2) คลอโรพลาสต์และรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 3) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 4) โฟโตเรสไพเรชัน 5) ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3, C_4 และ CAM และ 6) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง พบว่าก่อนเรียนนั้นนักเรียนมีความเข้าใจมโนติก่อนเรียน (Pre-conception) ตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจจนถึงความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ แต่หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson and Hewson (2003) พบว่า นักเรียนมีมโนมติหลังเรียนที่เป็นลักษณะความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากขึ้น และจำนวนผู้เรียนมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง และพบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนเป็นรายบุคคล หลังจากใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson and Hewson (2003) พบว่า จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 32 คน มีนักเรียนจำนวน 21 คน ที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ จากความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น

จิตติมา ดมหอม (2553) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียน เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์หลังเรียน

ของนักเรียนไปเป็นแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาในระดับสูงที่สุด

นภัสวรรณ ลำดวน (2553) สร้างชุดทดลองด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการเลี้ยวเบนของแสง พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธาภพ 82.30/81.20 มีคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.36 คะแนน มีความก้าวหน้า เท่ากับ 0.71 อยู่ในระดับ high grain

บุญเมฆ จาดพันธ์อินทร์ (2553) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเอกลักษณ์ และภูมิปัญญาไทยของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์ (2553) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียน เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson and Hewson (2003) พบว่า ก่อนการเรียนนั้นนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียน (Pre-conception) ตั้งแต่ระดับความไม เข้าใจไปจนถึงความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ แต่หลังจากที่นักเรียนได เรียนรู จากการจัดการเรียนรูโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson and Hewson (2003) พบว่า นักเรียนมีมโนมติหลังเรียนที่เป็นลักษณะความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง

สุกัญญา แก้วนิ่ม (2553) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจและประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แผนจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.82/81.03 และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

รอฮานิง เจ๊ะดอเลาะ (2554) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนนักเรียนให้ความสนใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างดี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

กันต์กนิษฐ์ โพธิจักร (2555) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.01) แผนจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.05/81.89 มีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 75 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูง และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์ (2555) ศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติเรื่องการรักษาดุลยภาพของเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ปรากฏว่าผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC) จนถึงความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (CU) แต่หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากขึ้น มีนักเรียนจำนวน 1 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 45 คนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด และนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.01$)

สวาสดิ์ ลาพันธ์ (2555) ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.41/84.00 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.01$)

อังคณา ปัทมพงศา (2555) พัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาแนวคิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกแนวคิด มีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์เท่ากับ 69.00% และมีคะแนนพัฒนาการสัมพันธ์เท่ากับ 60.49% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พัฒนาการระดับสูง ส่วนการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้ทุกด้านที่ศึกษาโดยมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์เท่ากับ 68.27% และมีคะแนนพัฒนาการสัมพันธ์เท่ากับ 33.09% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับกลาง

นาเดีย คาเร็ง (2556) ศึกษาผลของการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระศรีนครินทร์นครศรีธรรมราช ผลการศึกษาพบว่า 1) ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์แสง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.29/82.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีคะแนนหลังสอบสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มากที่สุด โดยสรุปชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นนวัตกรรมอย่างหนึ่งที่สามารถทำให้ผู้เรียน

วิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด

มัทนา ศิริพรรณ (2556) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงและการลำเลียงของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ พบว่า หลังการได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากขึ้น จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง เมื่อพิจารณาในแต่ละมโนมติ พบว่า มโนมติ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช มีจำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติตามเกณฑ์มากที่สุด โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติจากระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเป็นระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

วรพจน์ โพธิ์พันธ์ไม้ (2556) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีเปลี่ยนแปลงมโนมติร่วมกับการใช้ผังมโนมติที่มีต่อ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา จากการสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนก่อนเรียนโดยใช้วิธีเปลี่ยนแปลงมโนมติร่วมกับการใช้ผังมโนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า (1) มโนมติเกี่ยวกับสมการการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นมโนมติเดียวที่นักเรียน ร้อยละ 24 มีความเข้าใจระดับถูกต้องสมบูรณ์ และ (2) มโนมติที่นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 มีความเข้าใจระดับคลาดเคลื่อน ได้แก่ คลอโรพลาสต์ ปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โฟโตเรสไพเรชัน และอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และ 2) หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีเปลี่ยนแปลงมโนมติร่วมกับการใช้ผังมโนมติ พบว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ทั้ง 7 มโนมติของนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงจากระดับคลาดเคลื่อนเป็นระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วนเป็นระดับถูกต้องสมบูรณ์

สุพิชญา กมลรัตน์ (2557) ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอกโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนมติ โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของพืชดอก เป็นแบบตัวเลือกสองลำดับขั้น ที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Treagust et al. (2002) ประกอบด้วยตอนที่ 1 เป็นคำตอบแบบปรนัย 2 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจจนถึงความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ ในมโนมติหลักที่ศึกษาทั้ง 8 มโนมติ แต่หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียน

มีมโนมติหลังเรียนในระดับที่สมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติตามเกณฑ์เกินร้อยละ 50 ขึ้นไป มีจำนวน 25 คนจากจำนวนนักเรียน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 และผลการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์พบว่าจำนวนข้อที่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติตามเกณฑ์เกินร้อยละ 50 ขึ้นไป มีจำนวน 17 ข้อ จากทั้งหมด 20 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 85

ปิตุพงษ์ ท่าค้อ (2558) ศึกษาพัฒนามโนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง สามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนได้ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 5.09) ที่เป็นเช่นนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและเป็นลำดับขั้นตอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด พิจารณา ไตร่ตรอง คิดหาเหตุผลในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล และฝึกใช้ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจนได้ข้อสรุป สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ที่ศึกษาเพิ่มเติม หรือนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

วรวุฒิ ศรีโพธิ์ (2558) พัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ผลการวิจัย พบว่า 1) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 84.34/80.04 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมด้านการคิดวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 84.34/62.00 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรมมีค่าเท่ากับ 0.5824 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) และมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และด้านการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับกลาง (<*g*>= 0.68 และ 0.48 ตามลำดับ) และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

สุดารัตน์ อะหลีแอ (2558) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ในแต่ละองค์ประกอบ โดยความพึงพอใจต่อบทบาทผู้สอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 บทบาทผู้เรียนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ประโยชน์ที่ได้รับค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 สื่อ แหล่งเรียนรู้ และระยะเวลาค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 3.94 กิจกรรมการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 การวัดและประเมินผลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ซึ่งทุกองค์ประกอบผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

อาลาวีย๊ะ สะอะ (2559) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.80) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในด้านกิจกรรมการเรียนเป็นอันดับที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 อันดับที่ 2 คือ ประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74 และอันดับที่ 3 คือ ด้านกระบวนการและขั้นตอนการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มากในทุกองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้และเรียนรู้ด้วยตนเอง

จามจุรี ซำบุญมี (2560) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเปลี่ยนแปลงมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดกิจกรรมร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ทำให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (30.96 ± 1.49) สูงกว่าก่อนเรียน (13.96 ± 1.64) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ทั้งนี้ชุดกิจกรรมนี้มีค่าประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 84.38/81.07 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ (80/80) คะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน (31.78 ± 4.97) สูงกว่าก่อนเรียน (11.96 ± 3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) และระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่านักเรียนมีมโนมติหลังเรียนที่เป็นลักษณะความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง

บุษยา แสงทอง (2560) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 85.48/83.35 ค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ (E.I) เท่ากับ 0.7670 ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน (<g>) คิดเป็นร้อยละ 76.70 จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 29.41) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 83.56) ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน (83.54±23.62) สูงกว่าก่อนเรียน (29.60±34.53) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม พบว่านักเรียนมีความ

เข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียนในระดับที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและมีความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ในระดับที่คลาดเคลื่อนลดลง และนักเรียนทั้งหมดมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (4.22±0.49)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบการวิจัย

3.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

งานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบก่อนและหลัง (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$O_1 \text{ ----------X---------- } O_2 \qquad (3.1)$$

เมื่อ	O_1	คือ	การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
	O_2	คือ	การทดสอบหลังเรียน (Posttest)
	X	คือ	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

3.1.2 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

งานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว มีการทดสอบหลัง (One shot case study) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$X\text{----------}\ O_2 \qquad (3.2)$$

เมื่อ O_2 คือ การประเมินความพึงพอใจ

X คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายการเรียนวิทย์-คณิต จำนวน 5 ห้องเรียน รวมจำนวน 158 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพนาศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 29

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 ชนิดของเครื่องมือวิจัย

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน รวมเวลา 10 คาบ

3.3.1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น จำนวน 45 ข้อ

3.3.1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 3 ด้าน รวมจำนวน 15 ข้อ

3.3.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย

3.3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้ (ภาพที่ 3.1)

1) ศึกษาหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และจากหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพนาศึกษา สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

2) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียน แนวทางการวัดผลและประเมินผล

3) ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี วิธีการ และเทคนิคการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4) สร้างแผนผังความคิดสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน เพื่อเรียงลำดับและกำหนดขอบข่ายของการจัดกิจกรรม จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ปรับปรุงแก้ไขตามที่ได้รับข้อเสนอแนะ (ภาคผนวก ก)

5) นำแผนผังความคิดที่สร้างขึ้นไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเรียงลำดับและกำหนดขอบข่ายการจัดกิจกรรม โดยใช้กระบวนการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E จำนวน 5 แผน โดยแต่ละแผนมีองค์ประกอบดังนี้

5.1) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

5.2) สาระสำคัญ

5.3) จุดประสงค์การเรียนรู้

5.4) สาระการเรียนรู้

5.5) คำถามสำคัญ

5.6) กิจกรรมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.6.1) ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)

5.6.2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)

5.6.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)

5.6.4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration)

5.6.5) ขั้นประเมิน (evaluation)

5.7) การวัด และประเมินผลการเรียนรู้

5.8) สื่อการเรียนรู้

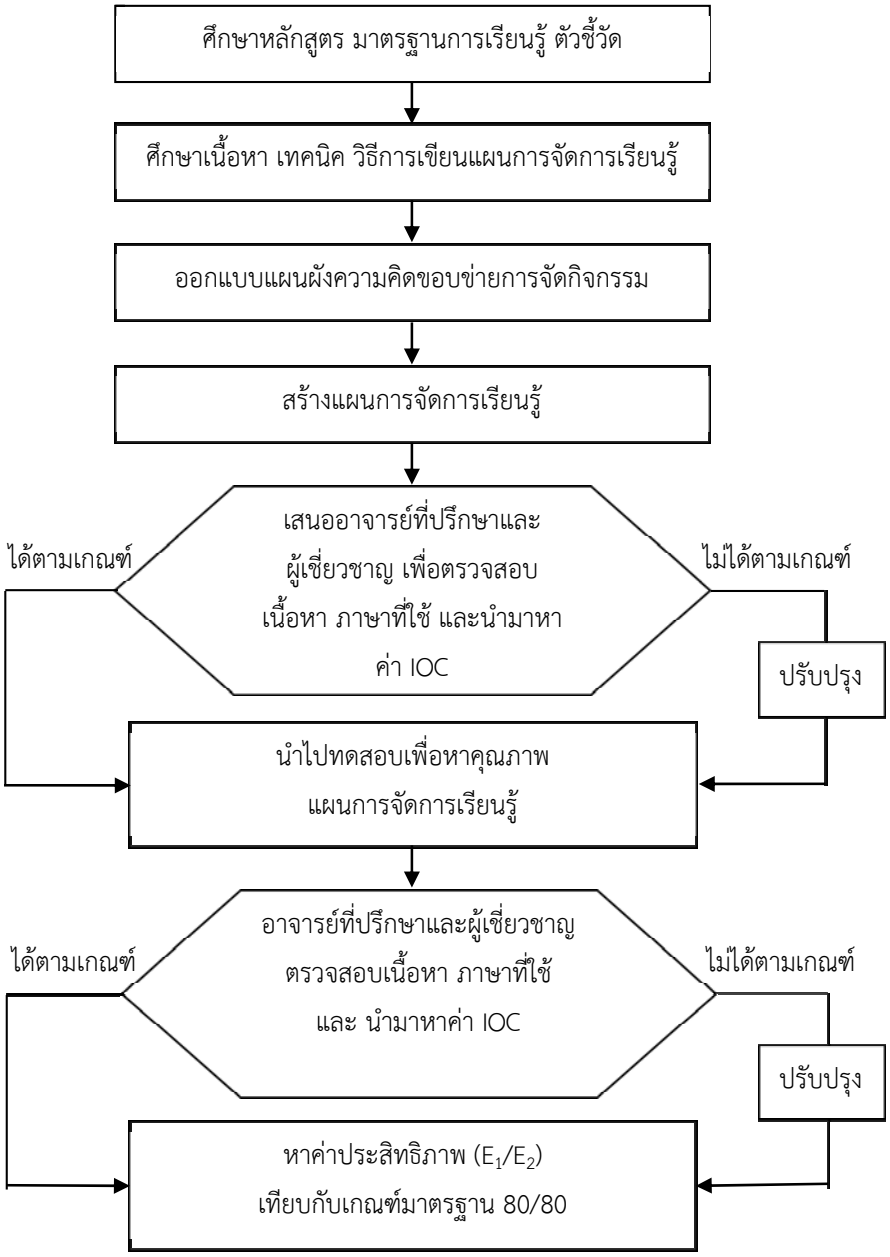
5.9) เกณฑ์การวัดผล และประเมินผล

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบ แนะนำเพื่อการแก้ไขปรับปรุงให้แผนการจัดการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์ (index of item objective congruence: IOC) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้ +1 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญคิดว่าสอดคล้อง 0 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง และ -1 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญคิดว่าไม่สอดคล้อง จากนั้นนำคะแนนที่ได้ มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถาม หากค่าที่คำนวณได้มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีกิจกรรมการเรียนรู้ตรงตามจุดประสงค์

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพนาศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยกิจกรรมหลักที่สำคัญ ดังตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมหลักในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

แผนที่ / เรื่อง / จำนวนคาบ	กิจกรรมหลัก
1. การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (2 คาบ)	- กิจกรรมบทบาทสมมุตินักวิทยาศาสตร์ - อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ - กิจกรรมทำภาพพลิก
2. โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ (2 คาบ)	- กิจกรรมการแยกชนิดของสารสีหรือรงควัตถุสังเคราะห์ด้วยแสงโดยวิธีกระดาษโครมาโตกราฟ - กิจกรรมศึกษาโครงสร้างของคลอโรพลาสต์เพื่อสร้างโมเดล - อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ
3. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน (3 คาบ)	- กิจกรรมการดูดแก๊ส CO_2 โดยพืชเมื่อได้รับแสง - ทำกิจกรรมการตรึงแก๊ส CO_2 - อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ
4. กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM (2 คาบ)	- กิจกรรมโครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4 - อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ
5. ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (1 คาบ)	- ตอบคำถาม สังเกต และอภิปรายปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ วิธีดำเนินกิจกรรมประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

กิจกรรมการค้นคว้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (100 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

(1) ครูใช้คำถาม ถามนักเรียน

(1.1) นักเรียนสามารถเจริญเติบโตได้อย่างไร (การรับประทานอาหาร)

(1.2) คนเราสามรถสร้างอาหารเองได้ไหม (ไม่ได้)

(1.3) พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างไร (การสร้างอาหาร)

(1.4) พืชสามารถสร้างอาหารได้เองหรือไม่ ถ้าสร้างได้จะใช้กระบวนการใด (พืชสามารถสร้างอาหารได้เองโดยใช้ไกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง)

(2) ครูให้นักเรียนเขียนคำถามเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลงบนกระดาษ และครูนำมาเขียนบนกระดานดังนี้

(2.1) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ อะไร

(2.2) สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอะไรบ้าง

(2.3) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีความสำคัญอย่างไร

(3) ครูกล่าวว่า “นักวิทยาศาสตร์ในอดีตก็มีความสงสัยเช่นเดียวกันกับนักเรียน จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างเป็นระบบ ซึ่งในวันนี้นักเรียนก็จะได้ศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (50 นาที)

(1) แบ่งนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 6 คน

(2) ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องนักวิทยาศาสตร์กับการสังเคราะห์ด้วยแสง และชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรม

(3) จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรม จากใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องนักวิทยาศาสตร์กับการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ครูแจกให้ โดยมีขั้นตอนการทำกิจกรรมดังนี้

(3.1) ให้สมาชิกในกลุ่มช่วยกันค้นคว้าเกี่ยวกับประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยสรุปเป็นตารางลงในใบกิจกรรม

(3.2) แต่ละกลุ่มจะได้รับมอบหมายจากครูผู้สอนให้รับบทเป็นนักวิทยาศาสตร์ในอดีต โดยในแต่ละกลุ่มจะแสดงเป็นนักวิทยาศาสตร์ 2 คน

(3.3) ครูแจกหมวกที่มีรูปนักวิทยาศาสตร์ให้ในแต่ละกลุ่มที่รับบทบาท

(3.4) แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอเกี่ยวกับวิธีการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่กลุ่มของตนเองได้รับมอบหมายและตอบคำถามจากการการทำกิจกรรม

ภาพที่ 3.2 กิจกรรมบทบาทสมมติ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (10 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) จากการทดลองของแวน เฮลมองท์ นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่าน้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 5 ปอนด์ มาเป็น 169 ปอนด์ 3 ออนซ์นั้นมาจากไหน

(1.2) จากการทดลองของพริสต์ลีย์สรุปว่าแก๊สที่ทำให้เทียนไขดับเป็นแก๊สที่ทำให้หนูตายและแก๊สที่ทำให้หนูตายเป็นแก๊สที่ทำให้เทียนไขดับ นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปของพริสต์ลีย์หรือไม่เพราะอะไร

(1.3) นักเรียนจะสรุปการทดลองของฮูซได้ว่าอย่างไร

(2) ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงขั้นตอนและการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลาย จนหาข้อสรุปได้ว่า กระบวนการสร้างสารอินทรีย์ของพืชโดยใช้แสงนั้นเป็นกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นมาได้แก่ คาร์โบไฮเดรต

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (20 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) จากการทดลองของนีล เป็นไปได้หรือไม่ที่จะกล่าวว่าแก๊สออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมาจากน้ำ

(1.2) การทดลองของรูเบนและคาเมนสนับสนุนสมติฐานของนีลหรือไม่ ย่างไร

(1.3) ถ้าไม่มีตัวรับอิเล็กตรอน น้ำจะแตกตัวได้แก๊สออกซิเจนหรือไม่

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (10 นาที)

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำภาพพลิกโดยครูแจกแผ่นประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะต้องจัดเรียงประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงให้เรียบร้อย

(2) ทดสอบเรื่อง การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ภาพที่ 3.3 กิจกรรมภาพพลิกการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

กิจกรรมโครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ (100 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

(1) ครูนำใบพืชที่มีสีต่าง ๆ มาให้นักเรียนสังเกตและครูใช้คำถาม ถามนักเรียน

(1.1) นักเรียนรู้จักสารสีอะไรบ้างในใบพืช (คลอโรฟิลล์หรือสารสีเขียว)

(1.2) คลอโรฟิลล์อยู่ที่ส่วนใดของใบพืช (คลอโรพลาสต์)

(1.3) ในใบพืช 1 ใบ มีเพียงแค่คลอโรฟิลล์ชนิดเดียวหรือไม่ (ไม่)

(2) ครูตั้งคำถามกับนักเรียนเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบดังต่อไปนี้

(2.1) สารสีในใบพืชมีสีอะไรบ้าง แต่ละสารสีสามารถนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีได้ทุกสารสีหรือไม่

(2.2) สารสีมาการดูดกลืนแสงอย่างไร และสารสีต่าง ๆ ดูดกลืนแสงได้เหมือนกันหรือไม่

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (50 นาที)

(1) แบ่งนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 6 คน

(2) ครูแจกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การแยกชนิดของสารสีหรือรงควัตถุสังเคราะห์ด้วยแสงโดยวิธีกระดาษ โครมาโตกราฟ

(3) จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรม จากใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การแยกชนิดของสารสีหรือรงควัตถุสังเคราะห์ด้วยแสงโดยวิธีกระดาษโครมาโตกราฟ

(4) นักเรียนร่วมทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องโครงสร้างของคลอโรพลาสต์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (10 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) ใบไม้แต่ละชนิดมีสารสีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

(1.2) คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ ดูดกลืนพลังงานแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นเท่าใด

(1.3) การที่สารสีของพืชดูดแสงในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างไร

(1.4) นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าสารสีต่างๆนั้นดูดกลืนแสงสีใดบ้าง

(1.5) คลอโรพลาสต์มีโครงสร้างอย่างไร และเกี่ยวข้องอย่างไรกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

(2) ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ และเครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาการดูดกลืนการดูดกลืนคลื่นแสงของสารสีต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (20 นาที)

(1) ครูเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันโดยถามนักเรียนว่า “น้ำใบย่านางที่ใส่ในแกงหน่อไม้ เป็นคลอโรฟิลล์ใช่หรือไม่ และนักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเราจึงสามารถใช้น้ำในการสกัดคลอโรฟิลล์จากใบย่างนางได้”นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันค้นหาคำตอบ

(2) ครูถามคำถามต่อไปนี้

(2.1) สารสีอยู่ที่ส่วนใดของคลอโรพลาสต์ และดูดกลืนคลื่นแสงอย่างไร

(2.2) ระบบแสง 1 และระบบแสง 2 ประกอบด้วยอะไรบ้าง

(2.3) ในเยื่อไทลาคอยด์จะประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

(2.4) การสังเคราะห์ด้วยแสงในปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นที่ส่วนใดของคลอโรพลาสต์

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (10 นาที)

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำแบบจำลองคลอโรพลาสต์โดยใช้ขันน้ำที่มีขนาดแตกต่างกันเล็กน้อย จำนวน 2 ใบ เพื่อใช้แทนเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ ซึ่งคลอโรพลาสต์มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น และใช้ สก๊อตช์ไบรต์ แทนเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องระบุส่วนประกอบต่าง ๆ ของคลอโรพลาสต์

(2) ทดสอบ เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

ภาพที่ 3.4 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์

กิจกรรมกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน (150 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

(1) ครูให้นักเรียนดูคลิปวีดิโอ โลกในเรือนกระจก และข่าวเกี่ยวกับการรณรงค์ลดปัญหาภาวะโลกร้อน เช่น การลดการใช้ถุงพลาสติก การลดการปล่อย CO_2 และการปลูกต้นไม้ เป็นต้น

(2) ครูใช้คำถาม ถามนักเรียน เพื่อเชื่อมโยงกับเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ดังนี้

(2.1) นักเรียนคิดว่าแก๊สที่เป็นสาเหตุของปัญหาโลกร้อนที่สำคัญคือแก๊สอะไร (แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์)

(2.2) การลดปัญหาโลกร้อนนักเรียนสามารถทำได้อย่างไรบ้าง (การลดการใช้ถุงพลาสติก การลดการปล่อย CO_2 และการปลูกต้นไม้)

(3) ครูกล่าวว่า “1 ในวิธีที่จำช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนคือการปลูกต้นไม้ นักเรียนคิดว่าการปลูกต้นไม้จะนำมาช่วยในการลดโลกร้อนได้อย่างไร และนักเรียนจะได้ศึกษาจากกิจกรรมดังต่อไปนี้”

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (50 นาที)

(1) แบ่งนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 6 คน

(2) ครูแจกใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การศึกษาการดูดแก๊ส CO_2 โดยพืชเมื่อได้รับแสง

(3) จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรม จากใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การศึกษาการดูดแก๊ส CO_2 โดยพืชเมื่อได้รับแสง

(4) ระหว่างที่รอผลการทดลองครูผู้สอนแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับสมบัติของแสงและสมบัติของสารสีต่าง ๆ และโครงสร้างของคลอโรพลาสต์

(5) อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของสารสีในระบบของ antenna

(6) นักเรียนศึกษาการตรึง CO_2 หรือวัฏจักรคัลวิน โดยใช้แผนภาพวัฏจักรคัลวินประกอบกับการใช้ฝาขวดน้ำแทนจำนวนคาร์บอนของสารในวัฏจักรแต่ละขั้นในวัฏจักรคัลวิน

(7) นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 5 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และโฟโตเรส-ไพเรชัน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (40 นาที)

(1) ครูและนักเรียนสรุปภาพรวมของการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

(1.1) พืชสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีได้อย่างไร

(1.2) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ใด

(1.3) กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ใดเป็นหลัก

(1.4) สารพลังงานสูงที่ได้จากปฏิกิริยาแสง คือ

(1.5) ปฏิกิริยาการตรึง CO_2 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใดของคลอโรพลาสต์

(1.6) สารอินทรีย์ตัวแรกที่ถูกสร้างขึ้นในวัฏจักรคัลวินคือ

(1.7) ในวัฏจักรคัลวินมีการใช้พลังงานจากสารพลังงานสูงที่ได้จากปฏกิริยาแสงในขั้นตอใด

(1.8) การเกิดโฟโตเรสไพเรชันเริ่มต้นที่ใด ด้วยปฏิกิริยาใด

(1.9) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดโฟโตเรสไพเรชันคือ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (30 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) นักเรียนคิดว่า ATP และ NADPH สามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่

(1.2) พืชสามารถนำ PAGL ไปใช้เป็นแหล่งพลังงานอย่างไร

(1.3) กระบวนการโฟโตเรสไพเรชันมีผลดีหรือผลเสียต่อพืชอย่างไร

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (20 นาที)

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดภาพโดยมีองค์กระกอบต่อไปนี้ในภาพของนักเรียน พร้อมชี้ส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เยื่อไทลาคอยด์, antenna, photosystem I, photosystem II, P680, P700, cytochrome b_6f complex, ATP synthase

(2) ทดสอบ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน

กิจกรรมกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และพืช CAM (100 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

(1) ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรคัลวิน

(2) ครูใช้คำถามต่อไปนี้ถามนักเรียน

(2.1) พืช C_4 มีโครงสร้างที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนหรือแตกต่างจากพืช C_3 หรือไม่อย่างไร (แตกต่างกัน คือลักษณะของเซลล์บันเดิลชีทในพืช C_4 จะมีคลอโรพลาสต์ ส่วนพืช C_3 ในเซลล์บันเดิลชีทจะไม่มีคลอโรพลาสต์)

(3) ครูนำภาพของพืชที่อยู่ในทะเลทราย ให้นักเรียนสังเกตลักษณะของพืชดังกล่าว เช่น ใบ ลำต้นอวบน้ำ การเปลี่ยนใบเป็นหนาม และถามนักเรียนว่า “พืช C_4 และ CAM จะมีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (50 นาที)

(1) แบ่งนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 6 คน

(2) ครูนำภาพตัดตามขวางของใบพืช C_3 และ C_4 มาให้นักเรียนศึกษาเพื่อดูความแตกต่างของโครงสร้างภายในใบพืช

(3) ครูแจกใบกิจกรรมที่ 6 เรื่องโครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4 จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมดังกล่าว

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (10 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) การที่พืช C_4 มีความสามารถในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง มีผลต่อพืชอย่างไน

(1.2) พืช CAM ตรึงคาร์บอนรูปใดในเวลากลางคืน

(1.3) ในพืช CAM เอนไซม์ที่ทำงานในการตรึงคาร์บอนในเวลากลางคืน คือ เอนไซม์ชนิดใด

(1.4) ในพืช CAM เอนไซม์ที่ทำงานในการตรึงคาร์บอนในเวลากลางวัน คือ เอนไซม์ชนิดใด

(2) ครูและนักเรียนอภิปราย และเปรียบเทียบกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM จนหาข้อสรุปได้ว่า จำนวนครั้งในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจำนวน 2 ครั้งเท่ากัน แต่แตกต่างกันที่เวลาที่เกิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยสาร PEP พืช C_4 จะเกิดกลางวัน พืช CAM จะเกิดกลางคืน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (20 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) ที่ mesophyll cell ของพืช C_4 มีวัฏจักรคัลวินหรือไม่

(1.2) ที่ mesophyll cell ของพืช C_4 มี photorespiration หรือไม่

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (10 นาที)

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย และสรุปเรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(2) ทดสอบเรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

กิจกรรมปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (50 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

(1) ครูใช้คำถาม ถามนักเรียน

(1.1) ในการปลูกพืชจนเจริญเติบโตนักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่พืชต้องใช้ในการสร้างอาหารเพื่อเจริญเติบโต (แสง, แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ, อุณหภูมิเป็นต้น)

(1.2) ถ้านักเรียนปลูกพืชชนิดเดียวกันในกระถางแต่นำไปวางกลางแจ้ง และนำไปวางในร่มนักเรียนคิดว่าจะเป็นอย่างไร (แตกต่างกัน เช่นพืชที่อยู่ในที่ร่มจะลำต้นที่เล็กและยาวกว่าพืชที่อยู่กลางแจ้ง)

(1.3) สภาพแวดล้อมมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่อย่างไร (มีผล)

(2) ครูนำภาพหญ้าที่ไม่ได้รับแสง และหญ้าปกติมาให้นักเรียนสังเกตและอภิปราย

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (20 นาที)

(1) แบ่งนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 6 คน

(2) ครูแจกใบกิจกรรมที่ 7 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

(3) จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรมและค้นหาคำตอบจากคำถามในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (10 นาที)

(1) ครู และนักเรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (10 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) นักเรียนสามารถนำแนวคิดเรื่องปัจจัยจำกัดมาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างไร

(1.2) นักเรียนจะนำเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้มาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันอย่างไร

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (10 นาที)

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

(2) ทดสอบเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

3.3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น จำนวน 45 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้ (ภาพที่ 3.2)

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสาร ตำราต่าง ๆ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น (ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Treagust (2002))

2) ศึกษาวิธีสร้างและเขียนแบบทดสอบประเภทเลือกตอบจากเอกสาร และตำรา

3) กำหนดโครงสร้างรายวิชา มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

4) กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามแนวคิดของ บลูม (Bloom) และสร้างตารางโครงสร้างแบบทดสอบ (test blue print)

5) สร้างคำถามตามโครงสร้างแบบทดสอบ แบบตัวเลือกสองลำดับขั้น จำนวน 55 ข้อ ต้องการใช้จริง 45 ข้อ

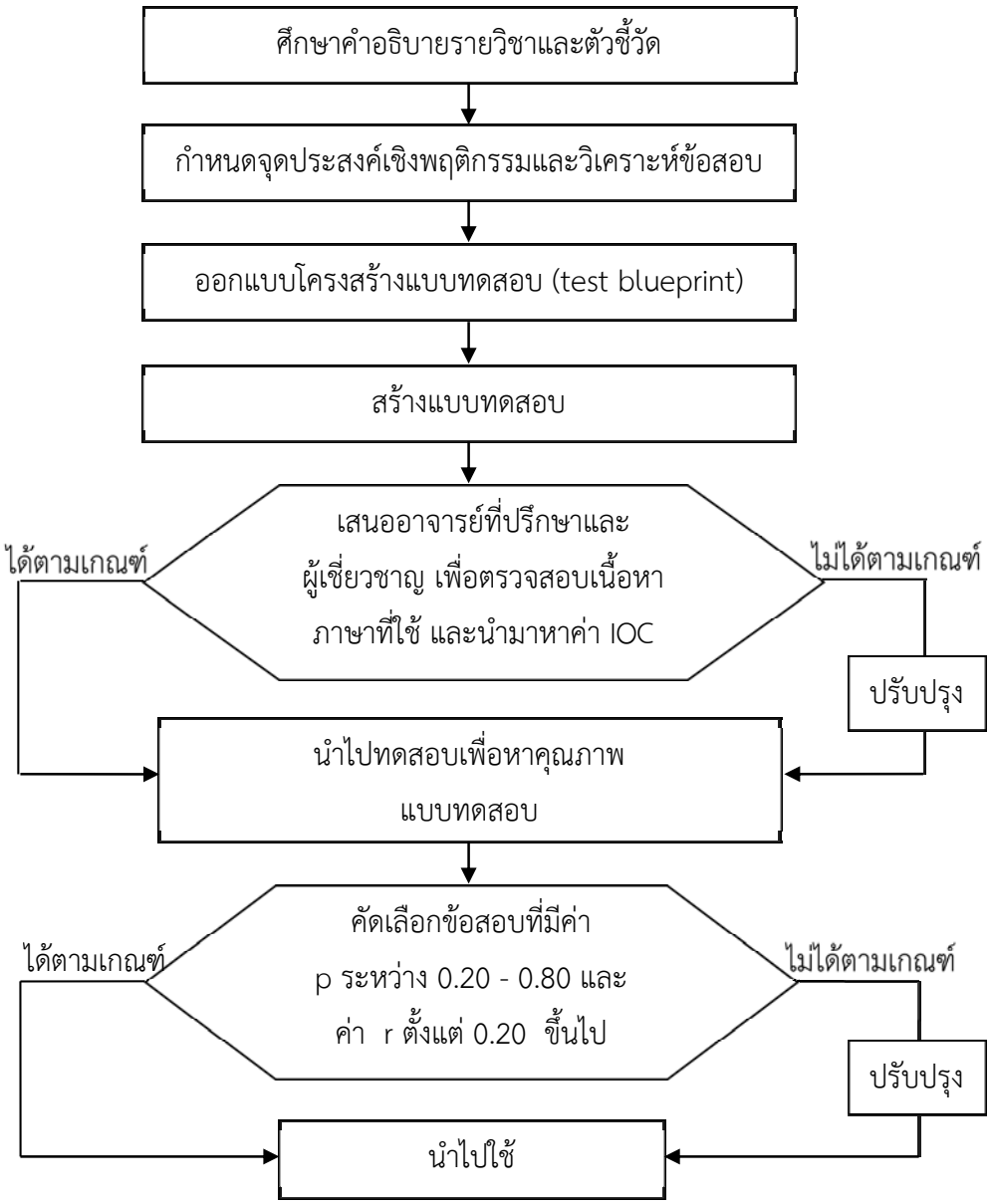
6) นำแบบทดสอบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา และพิจารณาให้ข้อเสนอแนะว่าคำถามตรงตามจุดประสงค์หรือไม่

7) ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความครอบคลุมเนื้อหาวิชา ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับเกณฑ์การพิจารณาว่าแบบทดสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับเกณฑ์การพิจารณาหรือไม่ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกแบบทดสอบข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.5 หรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะให้เรียบร้อย

8) นำแบบทดสอบ 45 ข้อ ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว นำมาตรวจให้คะแนน

9) วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบเป็นรายข้อโดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ทั้งนี้พบว่าข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.73 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32-0.65 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.92

10) จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงแบบตัวเลือกสองลำดับขั้นฉบับจริง จำนวน 45 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้ (ภาพที่ 3.6)

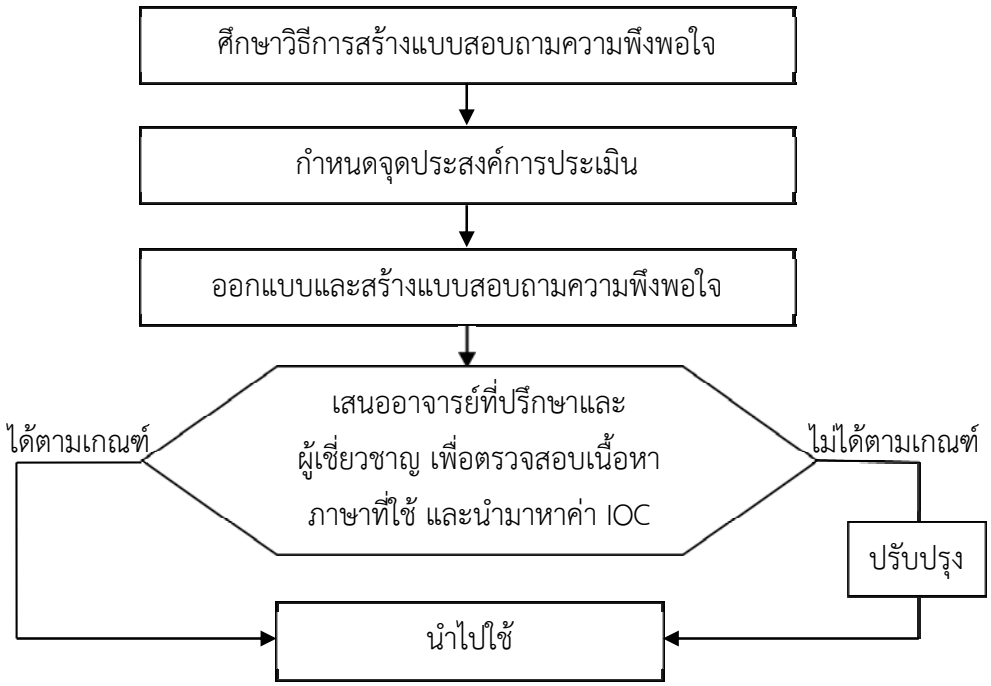
1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจจากหนังสือต่าง ๆ เช่น การวิจัยเบื้องต้น การวัดผลและประเมินผลการศึกษา

2) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ท (Likert) ประกอบด้วย 3 ด้าน รวมทั้งหมด 15 ข้อ ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอน ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

3) เสนอแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และนำเสนอผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะที่ต้องการประเมิน

4) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความพึงพอใจข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องไม่ผ่านเกณฑ์ตามข้อเสนอแนะ จนได้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.5 หรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาอีกครั้ง

5) จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ประกอบด้วย 3 ด้าน รวมจำนวน 15 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีการดำเนินการดังนี้ (ภาพที่ 3.7)

3.4.1 ทดสอบก่อนเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 45 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เป็นเวลา 90 นาที

3.4.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้ จำนวน 5 แผน พร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนในแผนการจัดการเรียนรู้

3.4.3 ทดสอบหลังเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 45 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เป็นเวลา 90 นาที โดยเป็นข้อสอบชุดเดิม

3.4.4 นักเรียนประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

3.4.5 ตรวจให้คะแนนและบันทึกคะแนน

3.4.6 นำรูปแบบของคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงมาจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อทำการให้คะแนน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน แบ่งคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ซึ่งปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Mungsing (1993) (ตารางที่ 3.2) ดังนี้

3.4.6.1 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (complete understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิดให้ 3 คะแนน

3.4.6.2 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3.4.6.3 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (partial understanding with specific alternative conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบ ให้ 1 คะแนน

3.4.6.4 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อน (alternative conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

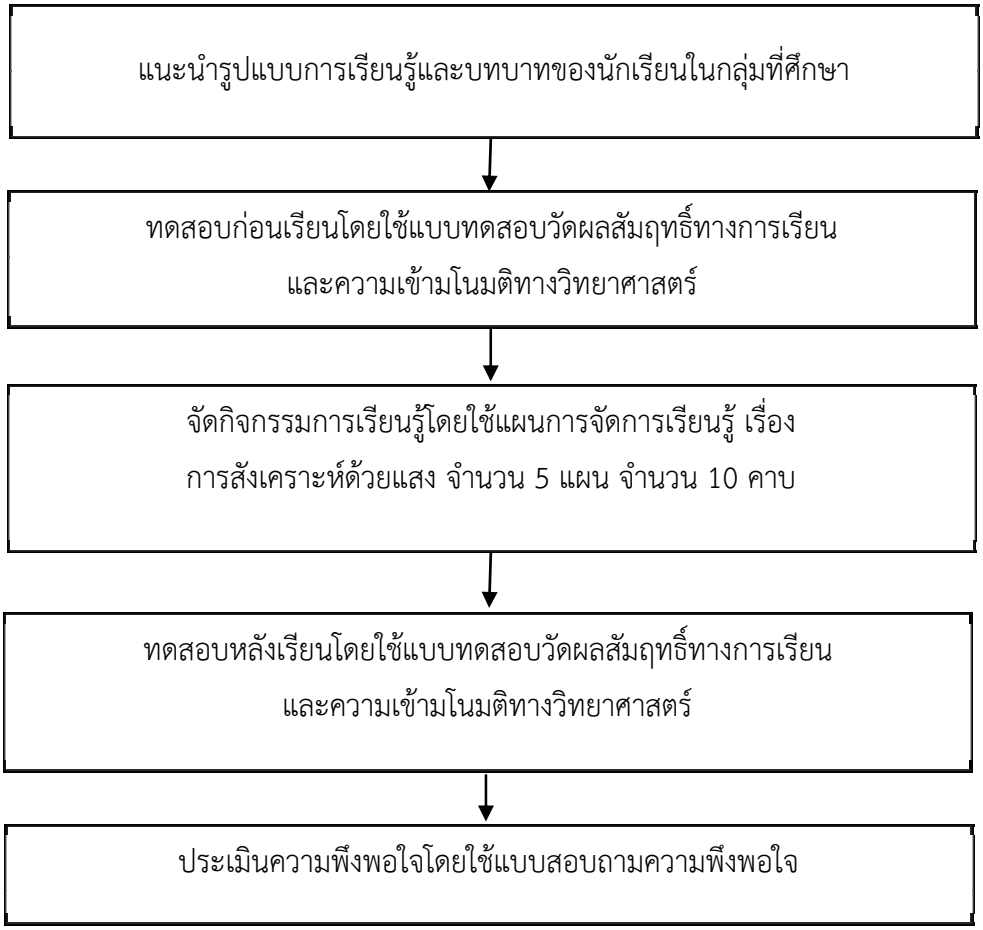
ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงมโนมติรายข้อ

ระดับความเข้าใจ	**NU หรือ AC**	**PS**	**PU**	**CU**
คะแนน	0	1	2	3

3.4.7 นำคะแนนที่ได้ มาหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

3.4.8 นำคะแนนจากการทำกิจกรรมในขณะดำเนินกิจกรรมในแต่ละแผน และคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนจากแบบทดสอบทุกฉบับ มาหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

3.4.9 นำคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจมาหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นรายข้อ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ต่อไป



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.5.1 หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทำกิจกรรม คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 45 ข้อ ที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Mungsing (1993)

3.5.2 หาค่าประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้รายแผนจากคะแนนที่นักเรียนทำกิจกรรมในระหว่างเรียน และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

3.5.3 หาค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้รายแผนจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน

3.5.4 นำค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันโดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (dependent-samples t-test analysis) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพิจารณาทั้งแบบรายชั้น และรายเนื้อหา

3.5.5 นำคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain: $\langle g \rangle$) ทั้งแบบรายชั้น รายคน และรายเนื้อหาและแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามความก้าวหน้าทางการเรียน (Hake, 1998) ดังนี้

กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับสูง (high gain) $\langle g \rangle \geq 0.7$

กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับปานกลาง (medium gain) $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำ (low gain) $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

3.5.6 นำค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เพื่อวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน ร้อยละ

3.5.7 นำคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นรายข้อ และภาพรวมทั้งหมด

สำหรับระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จะนำค่าเฉลี่ยไปเทียบเกณฑ์การแปลผลดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.51 – 5.00	มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.51 – 3.50	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อย

1.00 – 1.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดความความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N} \tag{3.1}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

ΣR แทน ผลรวมคะแนนคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.6.1.2 ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X}{N}}{A} \times 100 \tag{3.2}$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

ΣX แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

N แทน จำนวนนักเรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma F}{N}}{B} \times 100 \tag{3.3}$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ΣF แทน คะแนนรวมของคะแนนสอบหลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

3.6.1.3 ค่าความยากของแบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$p = \frac{R}{n} \tag{3.4}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากของแบบทดสอบ

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

n แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

3.6.1.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$r = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}} \tag{3.5}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

R_U แทน จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

R_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

3.6.1.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ ใช้วิธีวิเคราะห์แบบอิงกลุ่ม จากสูตร KR-20 (Kuder-Richardson-20)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s_t^{\,2}}\right] \tag{3.6}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูก

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

3.6.2 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.6.2.1 ค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \tag{3.7}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่ม

N แทน จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

3.6.2.2 ค่าร้อยละ

$$\% = \frac{f}{N} \times 100 \tag{3.8}$$

เมื่อ % แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.6.2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 \quad (\sum X)^2}{N(N-1)}} \tag{3.9}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบน

X แทน คะแนนแต่ละคน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

$(\sum X^2)$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียน

3.6.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์สมมติฐาน

3.6.3.1 การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}} \qquad (3.10)$$

$$df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤตเพื่อทราบผลความมีนัยสำคัญ

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังเรียนและก่อนเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังเรียนกับก่อนเรียน

N แทน จำนวนนักเรียน

3.6.3.2 ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้

$$\text{E.I} = \frac{\text{\% ของผลรวมของคะแนนหลังเรียน} - \text{\% ของผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}{\mathbf{100} - \text{\% ของผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}} \qquad (3.11)$$

3.6.3.3 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน

$$< g > = \frac{P_2 - P_1}{100 - P_1} \qquad (3.12)$$

เมื่อ <g> แทน ค่าความก้าวหน้า

P_1 แทน ค่าร้อยละของคะแนนสอบก่อนเรียน

P_2 แทน ค่าร้อยละของคะแนนสอบหลังเรียน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

งานวิจัยเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลเรียงตามลำดับ ดังนี้

4.1 ภาพรวมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

4.2 เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

4.3 เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

4.4 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และโฟโตเรสไพเรชัน

4.5 เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

4.6 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

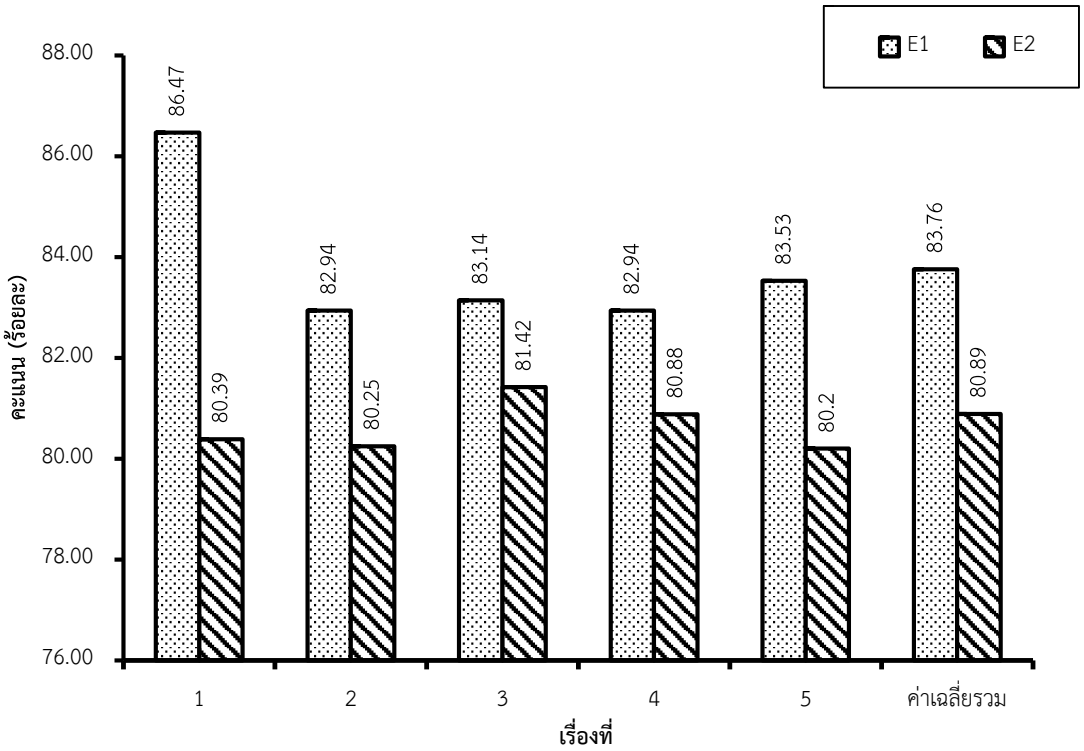
4.7 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

4.8 อภิปรายผล

4.1 ภาพรวมการจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

4.1.1 ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 83.76/80.89 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ภาพที่ 4.1) เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (high gain) โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<*g*>) เท่ากับ 0.7409 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 74.09 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 10 และ 24 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2) จากข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนนี้สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7409 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5) ดังตารางที่ 4.1



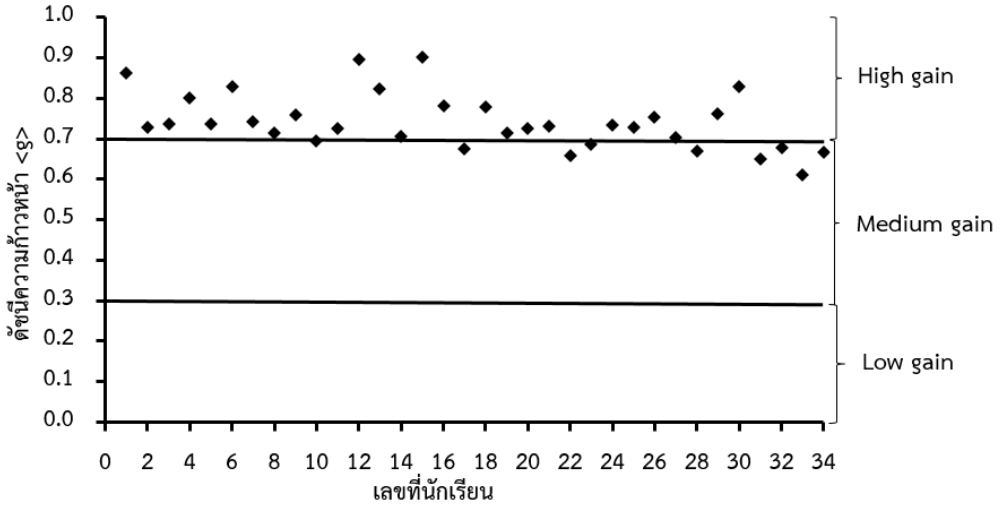
ภาพที่ 4.1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ตารางที่ 4.1 ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้

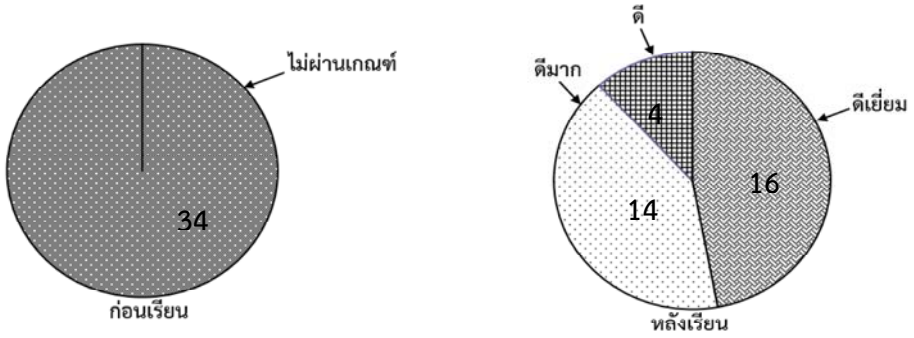
การทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	ร้อยละ	E.I.
ก่อนเรียน	135	35.44	26.25	0.7409
หลังเรียน	135	109.21	80.89	

4.1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.44 คิดเป็นร้อยละ 26.25 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนทั้งหมด 34 คน มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้ และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 109.21 คิดเป็นร้อยละ 80.89 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 16 คน ระดับดีมาก 14 คน และระดับดี 4 คน (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.2 คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล



ภาพที่ 4.3 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าคะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียน (ร้อยละ 80.89) มีค่ามากกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียน (ร้อยละ 26.25) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ดังตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีเยี่ยมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05)

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	34	35.44	9.45	33	45.72*	0.0000
หลังเรียน	34	109.21	7.31			

* p<.05

4.1.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากผลการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วยมโนมติหลัก จำนวน 5 มโนมติ พบว่ามโนมติ 1) การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2) ความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ และโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ 3) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน 4) กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และพืช ซีเอเอ็ม (CAM) 5) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 26.61±31.94 หลังเรียนภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 80.63±21.93 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) (ตารางที่ 4.3) ดังนั้นร้อยละของนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เท่ากับ 80.7

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติก่อนและหลังเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

มโนมติหลัก	ก่อนเรียน	หลังเรียน	แปรผล
1. การค้นคว้า ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	23.04±33.15	80.39±22.43	หลังเรียน >ก่อนเรียน
2. ความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ และโครงสร้างของคลอโรพลาสต์	25.07±35.26	80.25±21.26	หลังเรียน >ก่อนเรียน
3. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน	24.97±26.76	81.42±20.29	หลังเรียน >ก่อนเรียน
4. กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และพืช ซีเอเอ็ม (CAM)	28.04±26.34	80.88±25.88	หลังเรียน >ก่อนเรียน
5. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง	31.96±38.21	80.20±19.83	หลังเรียน >ก่อนเรียน
เฉลี่ย	26.61±31.94	80.63±21.93	หลังเรียน >ก่อนเรียน

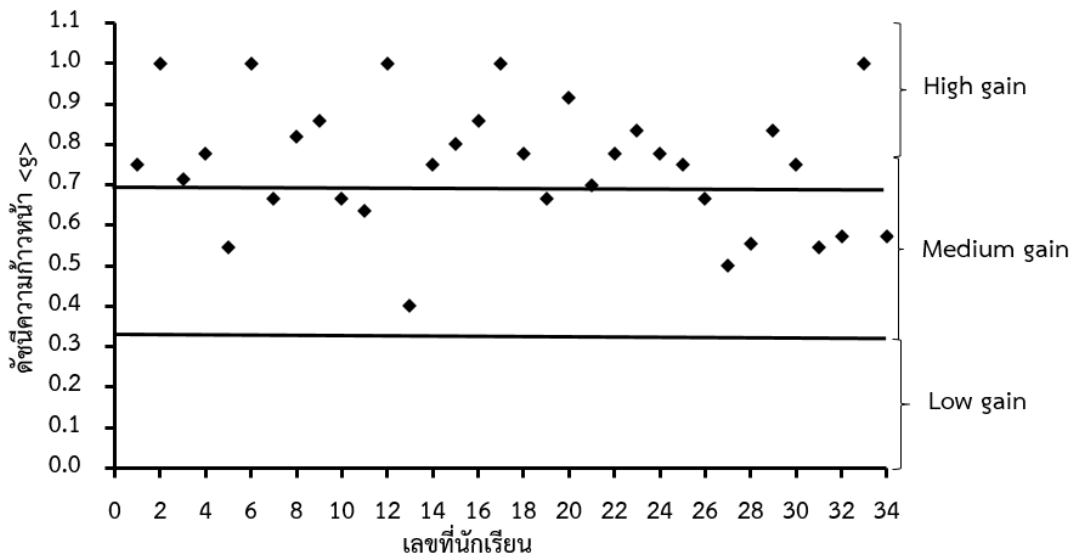
4.2 การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

4.2.1 ประสิทธิภาพ และดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

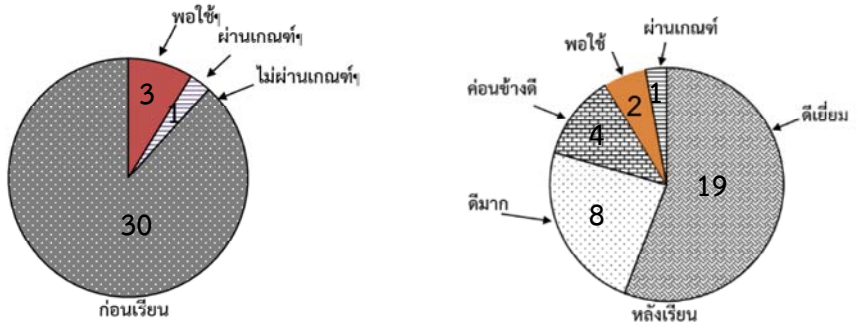
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 86.47/80.39 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (High gain) โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<g>) เท่ากับ 0.7452 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 74.52 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 13 และ 21 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4) จากข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนนี้สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7452 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5)

4.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนเรื่องการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.76 คิดเป็นร้อยละ 23.04 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนทั้งหมด 30 คน มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.65 คิดเป็นร้อยละ 80.39 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 19 คน ระดับดีมาก 8 คน ค่อนข้างดี 4 พอใช้ 2 และผ่านเกณฑ์ 1 คน (ภาพที่ 4.5)



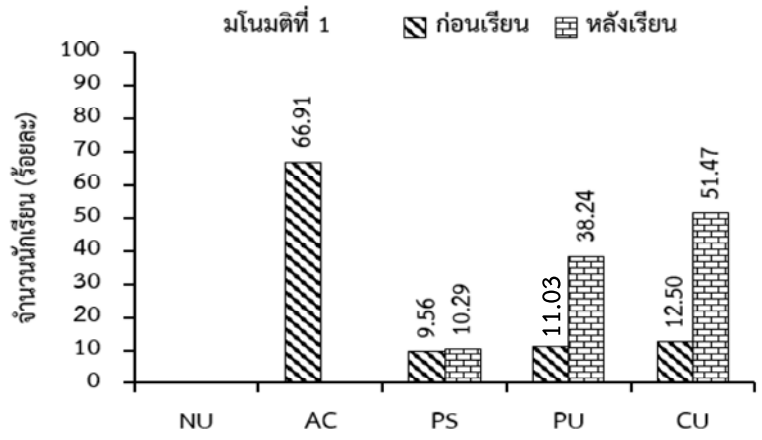
ภาพที่ 4.4 คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล



ภาพที่ 4.5 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.2.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนเรื่องการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) โดยเฉลี่ยร้อยละ 66.91 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) โดยเฉลี่ยร้อยละ 9.56 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 11.03 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 12.50 หลังจากจัดการเรียนรู้โดย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับสมบูรณ์มากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 51.47 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉลี่ยร้อยละ 38.24 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉลี่ยร้อยละ 10.29 (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ความเข้าใจมโนมติเรื่องการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

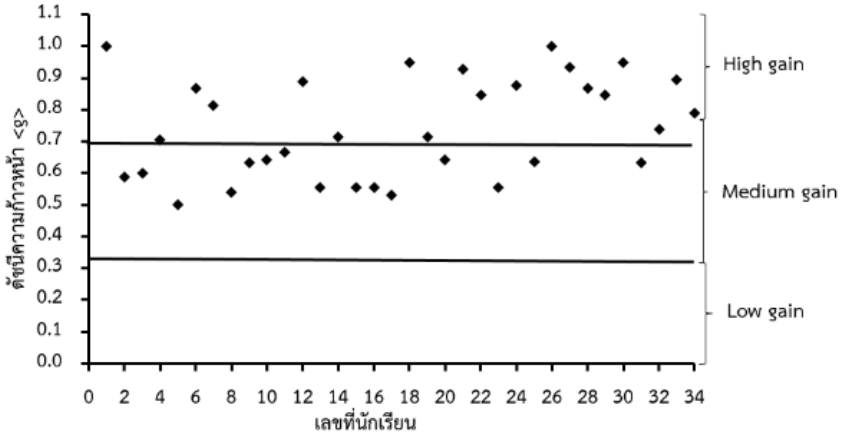
4.3 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

4.3.1 ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

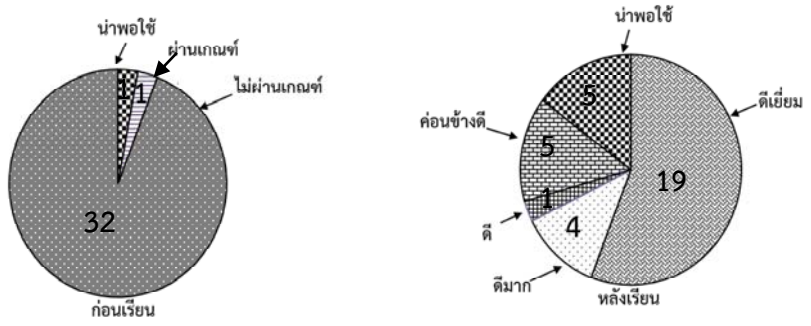
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 82.94/80.25 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (High gain) โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<*g*>) เท่ากับ 0.7364 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 73.64 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 15 และ 19 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.7) จากข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนนี้สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7364 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5)

4.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.26 คิดเป็นร้อยละ 25.07 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนทั้งหมด 32 คน มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้ และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.85 คิดเป็นร้อยละ 80.25 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 19 คน ระดับดีมาก 4 คน ระดับดี 1 คน ค่อนข้างดี 5 และน่าพอใช้ 5 (ภาพที่ 4.8)



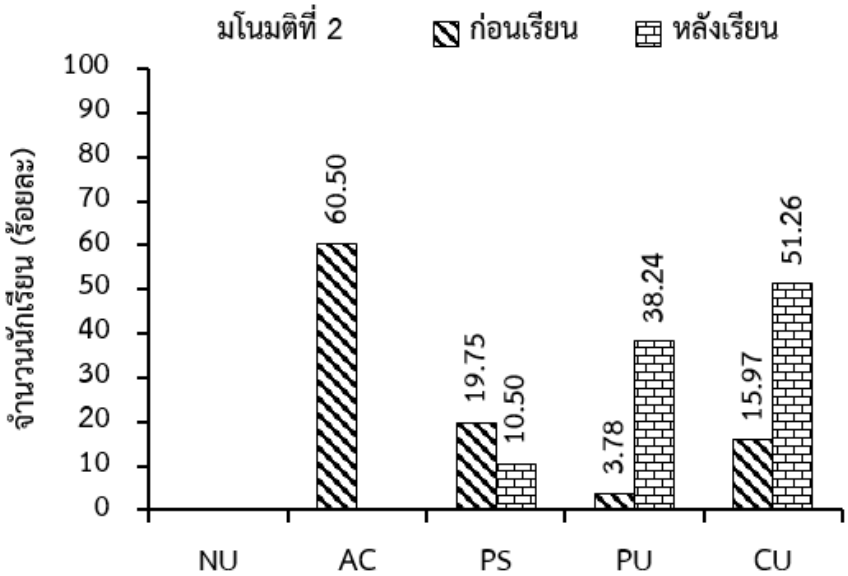
ภาพที่ 4.7 คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล



ภาพที่ 4.8 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.3.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียน เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) โดยเฉลี่ยร้อยละ 60.50 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) โดยเฉลี่ยร้อยละ 19.75 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 3.78 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 15.97 หลังจากจัดการเรียนรู้โดย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับสมบูรณ์มากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 51.26 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉลี่ยร้อยละ 38.24 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉลี่ยร้อยละ 10.50 (ภาพที่ 4.9)



ภาพที่ 4.9 ความเข้าใจมโนมติ เรื่อง โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ

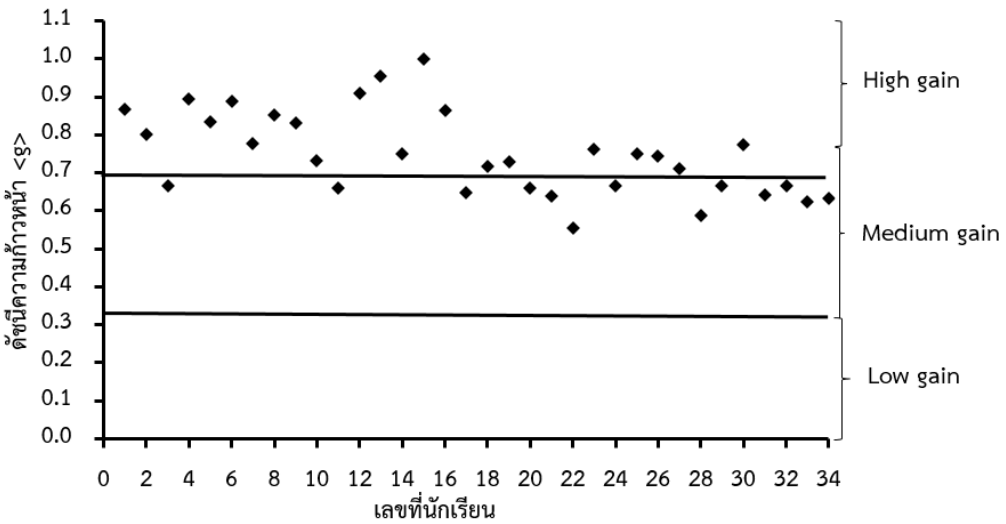
4.4 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน

4.4.1 ประสิทธิภาพ และดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน

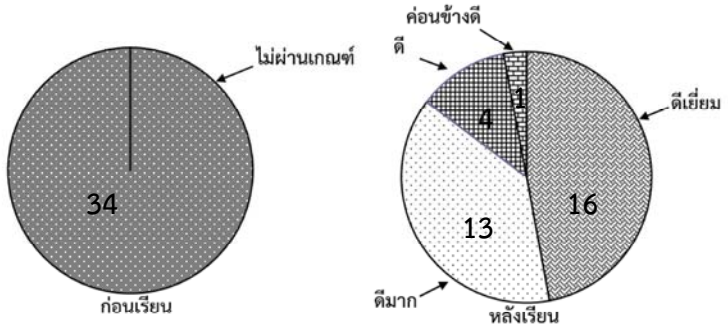
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 83.14/81.42 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (High gain) โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<g>) เท่ากับ 0.7526 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 75.26 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 13 และ 21 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.10) จากข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนนี้สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7526 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5)

4.4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน

จากการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.21 คิดเป็นร้อยละ 24.92 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนทั้งหมด 34 คน มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้ และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.41 คิดเป็นร้อยละ 81.42 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 16 คน ระดับดีมาก 13 คน ระดับดี 4 คน และค่อนข้างดี 1 (ภาพที่ 4.11)



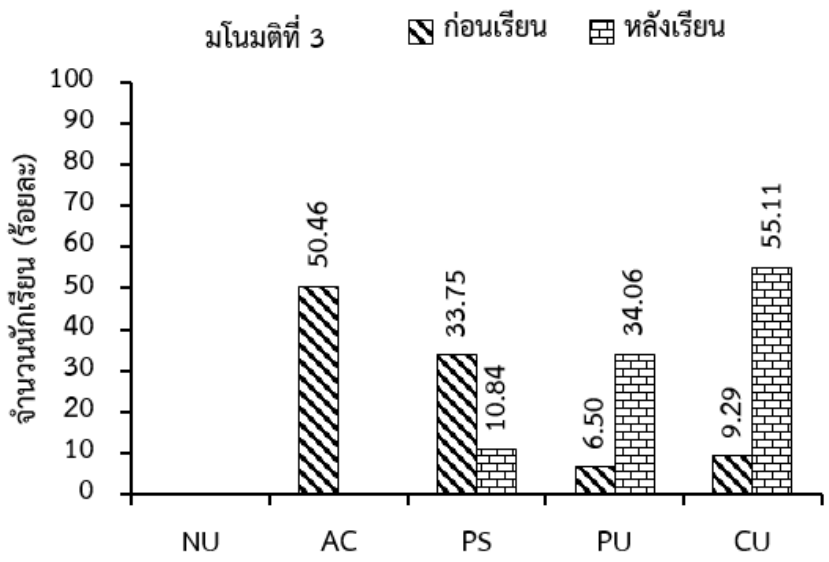
ภาพที่ 4.10 คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล



ภาพที่ 4.11 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.4.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน

พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) โดยเฉลี่ยร้อยละ 50.46 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) โดยเฉลี่ยร้อยละ 33.75 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 6.50 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 9.29 หลังจากจัดการเรียนรู้โดย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับสมบูรณ์มากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 55.11 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉลี่ยร้อยละ 34.06 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉลี่ยร้อยละ 10.84 (ภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.12 ความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และโฟโตเรสไพเรชัน

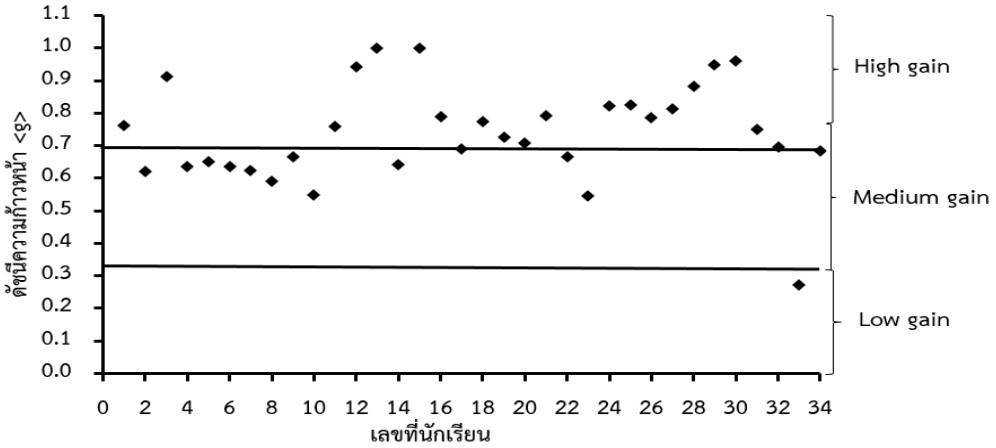
4.5 กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

4.5.1 ประสิทธิภาพ และดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

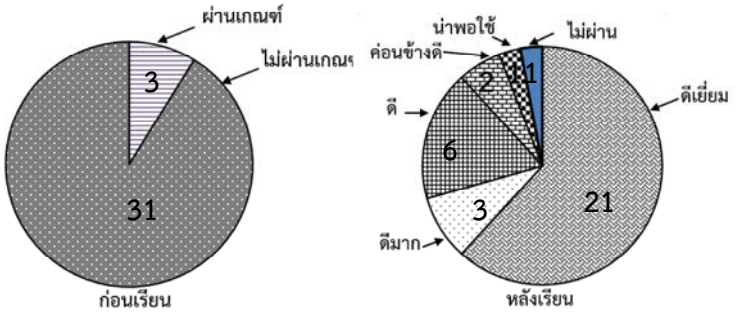
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 82.94/80.88 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (High gain) โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<g>) เท่ากับ 0.7343 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 73.43 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 1 คน 14 คน และ 19 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13) จากข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนนี้สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7343 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5)

4.5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนเรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

จากการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.41 คิดเป็นร้อยละ 28.04 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนทั้งหมด 31 คน มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้ และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.26 คิดเป็นร้อยละ 80.88 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 21 คน ระดับดีมาก 3 คน ระดับดี 6 คน ค่อนข้างดี 2 น่าพอใช้ 1 และไม่ผ่าน 1 (ภาพที่ 4.14)



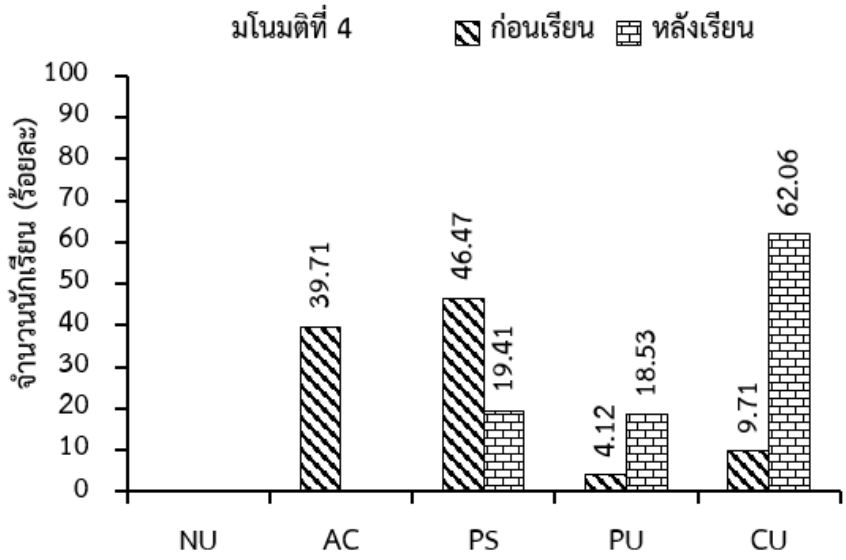
ภาพที่ 4.13 คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล



ภาพที่ 4.14 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน

4.5.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนเรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) โดยเฉลี่ยร้อยละ 39.71 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) โดยเฉลี่ยร้อยละ 46.47 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 4.12 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 9.71 หลังจากจัดการเรียนรู้โดย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับสมบูรณ์มากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 62.06 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉลี่ยร้อยละ 18.53 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉลี่ยร้อยละ 19.41 (ภาพที่ 4.15)



ภาพที่ 4.15 ความเข้าใจมโนมติเรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

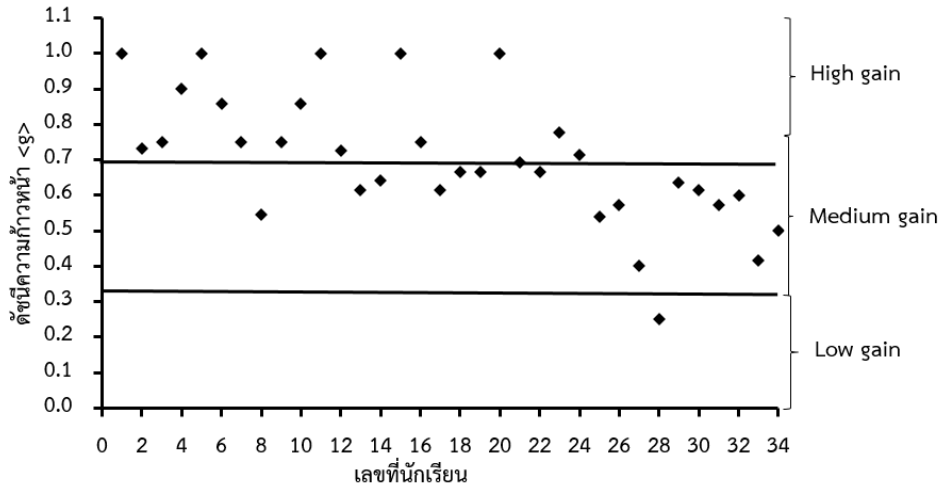
4.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

4.6.1 ประสิทธิภาพ และดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

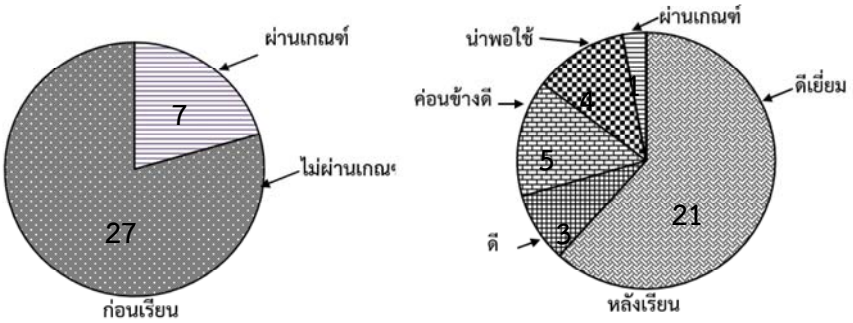
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 83.53/80.20 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น พบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (High gain) โดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<*g*>) เท่ากับ 0.7089 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 70.89 ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวน 1 คน 17 คน และ 16 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.16) จากข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนนี้สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7089 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5)

4.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 คิดเป็นร้อยละ 31.96 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนทั้งหมด 27 คน มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้ และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.03 คิดเป็นร้อยละ 80.20 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 21 คน ระดับดี 3 คน ค่อนข้างดี 5 น่าพอใช้ 4 และผ่านเกณฑ์ 1 (ภาพที่ 4.17)



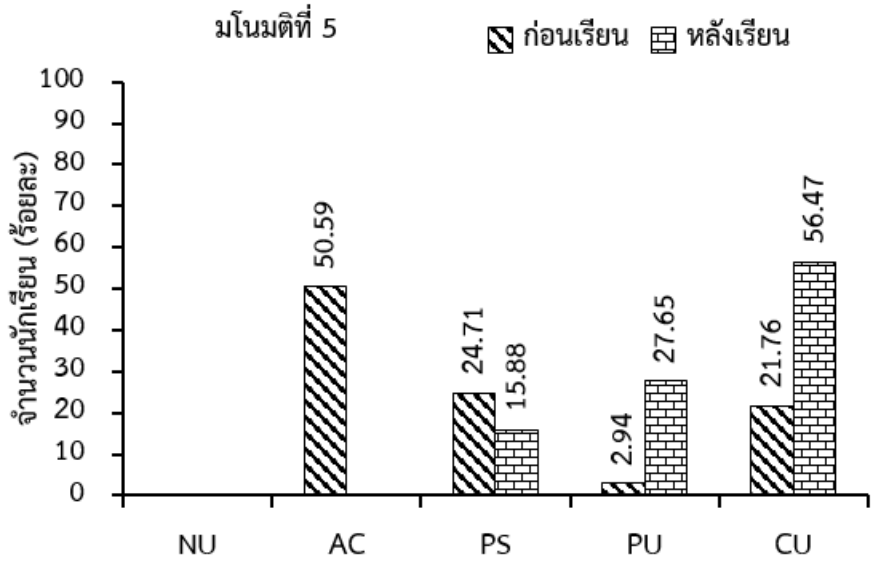
ภาพที่ 4.16 คะแนนดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล



ภาพที่ 4.17 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4.6.3 ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีมโนมติอยู่ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) โดยเฉลี่ยร้อยละ 50.59 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) โดยเฉลี่ยร้อยละ 24.71 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 2.94 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) โดยเฉลี่ยร้อยละ 21.76 หลังจากจัดการเรียนรู้โดย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติในระดับสมบูรณ์มากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 56.47 ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉลี่ยร้อยละ 27.65 และความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉลี่ยร้อยละ 15.88 (ภาพที่ 4.18)



ภาพที่ 4.18 ความเข้าใจมโมติ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

4.7 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่านักเรียนทั้งชั้นมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.01±0.65 (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านผลเป็นดังนี้

ด้านการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (3.99±0.73) หัวข้อที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับมากคือ การจัดกิจกรรมเหมาะสมและน่าสนใจ (4.21±0.54)

ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (4.05±0.60) หัวข้อที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับมาก คือการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม (4.41±0.70)

ด้านประโยชน์ที่ได้รับ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (3.99±0.64) หัวข้อที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับมาก คือช่วยให้นักเรียนจำเนื้อหาได้ง่ายขึ้น (4.18±0.63)

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		$\bar{x}$	SD	แปลผล
ด้านการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอน				
1	การจัดกิจกรรมเหมาะสมและน่าสนใจ	4.21	0.54	มาก
2	การจัดกิจกรรมหลากหลายแปลกใหม่และน่าสนใจ	4.03	0.72	มาก
3	ในการจัดกิจกรรมมีเวลาเพียงพอทำให้เกิดการเรียนรู้	3.79	0.69	มาก
4	สื่อการสอนมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน	4.09	0.83	มาก
5	สื่อการสอนมีความน่าสนใจกระตุ้นการเรียนรู้	3.82	0.87	มาก
เฉลี่ย		**3.99**	**0.73**	**มาก**
ด้านส่งเสริมการเรียนรู้				
1	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง	3.91	0.57	มาก
2	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้	4.09	0.67	มาก
3	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม	4.41	0.70	มาก

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		$\overline{X}$	SD	แปลผล
4	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น	4.14	0.56	มาก
5	การจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับความสามารถ	3.65	0.60	มาก
6	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์	4.12	0.48	มาก
เฉลี่ย		**4.05**	**0.60**	**มาก**
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ				
1	ช่วยให้นักเรียนจดจำเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	4.18	0.63	มาก
2	ช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน	3.97	0.67	มาก
3	ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิด การสสร้างความรู้ด้วยตนเองได้	3.79	0.54	มาก
4	สามารถนำไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้	4.03	0.72	มาก
เฉลี่ย		**3.99**	**0.64**	**มาก**

4.8 อภิปรายผล

4.8.1 ภาพรวมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 83.76/80.89 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้น จัดอยู่ในระดับสูงโดยมีค่าดัชนีความก้าวหน้า (<*g*>) เท่ากับ 0.7409 ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7409 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับวรวุฒิ ศรีโพธิ์ (2557) ศึกษาประสิทธิภาพ และดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้พบว่า มีค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 0.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และยังสอดคล้องกับนภัสวรรณ ลำดวน (2553) สร้างชุดทดลองด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการเลี้ยวเบนของแสง พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.30/81.20 เช่นเดียวกับสวาสดิ์ ลาพันธ์ (2555) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้

โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.41/84.00 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.01) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 แผน มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย เน้นการปฏิบัติและค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้สื่อที่แปลกใหม่ ช่วยดึงดูดความสนใจ ทำให้นักเรียนได้เข้าใจเนื้อหาของวิชาชีววิทยาที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 109.21±7.31 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 35.44±9.45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการจัดการเรียนรู้นี้เอื้อให้ ผู้เรียนได้ฝึกออกแบบการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล และยังเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสอดคล้องกับงานวิจัยของบุษยา แสงทอง (2560) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 55.15±4.00 สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 19.41±6.48 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) และสอดคล้องกับรอฮานิง เจ๊ะดอเลาะ (2554) ที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนนักเรียนให้ความสนใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างดี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

ผลการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 26.61±31.94 หลังเรียนภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 80.62±21.93 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน และหลังเรียนพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติซึ่งสอดคล้องกับจามจุรี ซำบุญมี (2560) ซึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์หลังเรียน (31.78 ± 4.97) สูงกว่าก่อนเรียน (11.96 ± 3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) และระดับความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่านักเรียนมีมโนมติหลังเรียนที่เป็นลักษณะความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง และยังสอดคล้องกับปิตุพงษ์ ท่าค้อ (2558) ศึกษาพัฒนามโนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง สามารถพัฒนามโนมติ

เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนได้ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 5.09) ที่เป็นเช่นนี้เพราะการจัดการเรียนรู้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และเป็นลำดับขั้นตอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด พิจารณา ไตร่ตรอง คิดหาเหตุผลในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล และฝึกใช้ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจนได้ข้อสรุป

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่านักเรียนทั้งชั้นมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.01±0.65 ซึ่งสอดคล้องกับ สุกัญญา แก้วนิ่ม (2553) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจ และประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แผนจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.82/81.03 และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เช่นเดียวกับ กันต์กนิษฐ์ โพธิจักร (2555) ซึ่งพบว่าพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.01$) แผนจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.05/81.89 มีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 75 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูง และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัย เรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพนาศึกษา จังหวัดอำนาจเจริญ สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 ภาพรวมการจัดการเรียนรู้ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีลักษณะการจัดการเรียนรู้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้มีค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.76/80.89 และค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7409 ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็น ร้อยละ 74.09 จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง ทำให้นักเรียนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 26.25) ไปสู่ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.89) นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยภาพรวม เท่ากับ 26.61±31.94 และ 80.63±21.93 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

5.1.2 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.01±0.65

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.2.1.1 กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมที่หลากหลาย และใช้เวลาค่อนข้างมาก เช่น การทำโมเดล การทำปฏิบัติการ ครูผู้สอนจึงควรควบคุมเวลาหรืออาจเพิ่มเวลาในการทำกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มากขึ้น

5.2.1.2 ควรศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาชีววิทยา ในหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 หลังจากที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว 15 วัน ควรทำการทดสอบความคงทนของความรู้ โดยใช้ข้อสอบชุดเดิม เพื่อยืนยันว่านักเรียนเกิดความจำ และเกิดความเข้าใจในระยะยาวหรือไม่

5.2.2.2 ควรมีการสัมภาษณ์เพิ่มเติมในประเด็นที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อย และมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่คลาดเคลื่อน

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. **แนวการจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะดี เก่ง มีสุข**. กรุงเทพมหานคร: กองวิจัยทางการศึกษา, 2542.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. **การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ, 2546.

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. **5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential features of inquiry)**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558. (อัดสำเนา).

กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์. **การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การรักษาดุลยภาพของเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

กันต์กนิษฐ์ โพธิจักร. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปร่วมกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

จามจุรี ซำบุญมี. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการเปลี่ยนแปลงมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดกิจกรรมร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2560.

จิตติมา ดมหอม. **ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียน เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน”, **วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย**. 5(1): 7-20; มกราคม–มิถุนายน, 2556.

ณัฐริกา ฉายสถิตย์. **การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจ เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธิติยา บงกชเพชร. “วิธีการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 12(1): 173-177; มกราคม-เมษายน, 2553.

นภัสวรรณ ลำดวน. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยชุดทดลอง เรื่อง การเลี้ยวเบนของแสง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

นาเดีย คาเร็ง. **ผลของการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรรมราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 2556.

นวลอนงค์ แก้ววงษ์. **การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายด้วยการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

บุญเมฆ จาดพันธ์อินทร์. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เอกลักษณ์และภูมิปัญญาไทยของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพสูงปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554.

บุญชม ศรีสะอาด. **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุรีริยาสาส์น, 2545.

บุญศรี พรหมมาพันธุ์ และนวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม. **แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในประมวลสาระชุดการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษาหน่วยที่ 5**. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545.

บุษยา แสงทอง. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2560.

ปพิชญา ปากเมย. **การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict–Observe–Explain (POE)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ประภา ตุลานนท์. **ความพึงพอใจต่อสภาพการเรียนการสอนของนักศึกษาทางไกลสายสามัญระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2540.

ปริญญา จเรรัชต์. **ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลเมืองในกลุ่มภาคกลาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

ปิตุพงษ์ ท่าค้อ. **การพัฒนามโนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2558.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ, 2545.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์, 2550.

พิชา ชัยจันดี. **ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. **พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.), 2545.

_____. **ชุดกิจกรรมเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูระดับมัธยมศึกษา**. คณะครุศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553. (อัดสำเนา)

พวงทอง มีมั่งคั่ง. **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาศึกษา, 2537.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. **การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง หน้าที่ยีน โดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

มัทนา ศิริพรรณ. **การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง และการลำเลียงของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (CONSTRUCTIVIST LEARNING MODEL: CLM)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. **การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ราชบัณฑิตยสถาน. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542**. กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์, 2542.

รอฮานิง เจ๊ะดอเลาะ. **ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในสังคมพหุวัฒนธรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น, 2538.

วรพจน์ โพธิ์พันธ์ไม้. **ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีเปลี่ยนแปลงมโนมติร่วมกับการใช้ผังมโนมติที่มีต่อมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2556.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. **เอกสารประกอบการสอนวิชาพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์: ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536. (อัดสำเนา).

วรวุฒิ ศรีโพธิ์. **การพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

วัลยา บุตรดี. **การกระตุ้นเพื่อให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน**. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.พ., 2531.

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์. **ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **การจัดการการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546.

สวาสดิ์ ลาพันธ์. **ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 2555.

สายใจ ศรีนาค. (2017). “พืช C3 C4 และ CAM”, **การสังเคราะห์ด้วยแสง**. https://sites.google.com/site/photo612017/bth-thi-13-kar-sangkheraah-dwy-saeng/klki-krabwnkar-sangkheraah-dwy-saeng/phuch-c3-c4-laea-cam. September, 2018.

สุกัญญา แก้วนิ่ม. **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 2553.

สุดารัตน์ อะหลีแอ. **ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2558.

สุธารพิงค์ โนนศรีชัย. **การคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21”, **วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 42(188): 10-13; พฤษภาคม-มิถุนายน, 2557.

สุพิชญา กมลรัตน์. **การส่งเสริมความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของพืชดอกโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแผนผังมโนมติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2557.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุริยัน แสงแก้ว. **การศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการรู้แจ้งกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเวลาที่ใช้ในการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2535.

สุวดี แสนคำภูมี. **ผลการสอนเพื่อแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ โดยใช้เอกสารอ่านประกอบซึ่งสร้างตามทฤษฎีเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์ และคณะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2544.

สมนึก ภัททิยธนี. **การวัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์, 2554.

เสาวนีย์ สังฆะขี. **ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอนของ Hewson and Hewson (2003)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

อังคณา ปัทมพงศา. **การพัฒนาแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.

อัจฉรีรัตน์ ศิริ. **การสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารโคเวเลนต์และไอออนิกโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะเคมี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

อาลาวีย๊ะ สะอะ. **ผลการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2559.

Anderson, L.W. et al. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives (Complete edition)**. New York: Longman, 2001.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Bloom, B.S. **Human Characteristic and School Learning**. New York: McGraw –Hill, 1976.

Chandrasegaran, A.L., David, F., Treagust, and Mauro Mocerino. "The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation", **Chemistry Education Research and Practice**. 8(3): 293-307; June, 2007.

Easy Biology Class. (2018). "Differences between Mesophyll and Bundle Sheath Cells and Chloroplasts in C4 Plants", **Easy Biology Class.** https://www.easybiologyclass.com/difference-between-mesophyll-and-bundle-sheath-cells-and-chloroplasts-in-c4-plants/. September, 2018.

Kose S. "Diagnosing student misconception: Using drawings as a research Method", **World Appl. Sciences Journal**. 3(2): 283-293; January, 2008.

Odom, L. and Barrow, L. H. "Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction", **Journal of Research in ScienceTeaching**. 32(1): 45–61; January, 1995.

Mungsing, W. **Students' alternative conceptions about genetics and the use of teaching strategies for conceptual change**. Doctor's Thesis: University of Alberta, 1993.

Tan, K.C.D. et al. "The Ionization energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionization energy", **Chemistry Education Research and Practice**. 6(4): 180-197; September, 2005.

Treagust and et al. "Teaching Science effectively With Analogies: An Approach for Preservice & Inservice Teacher Education", **Journal of Science Teacher Education**. 9(2): 85-101; March, 1998.

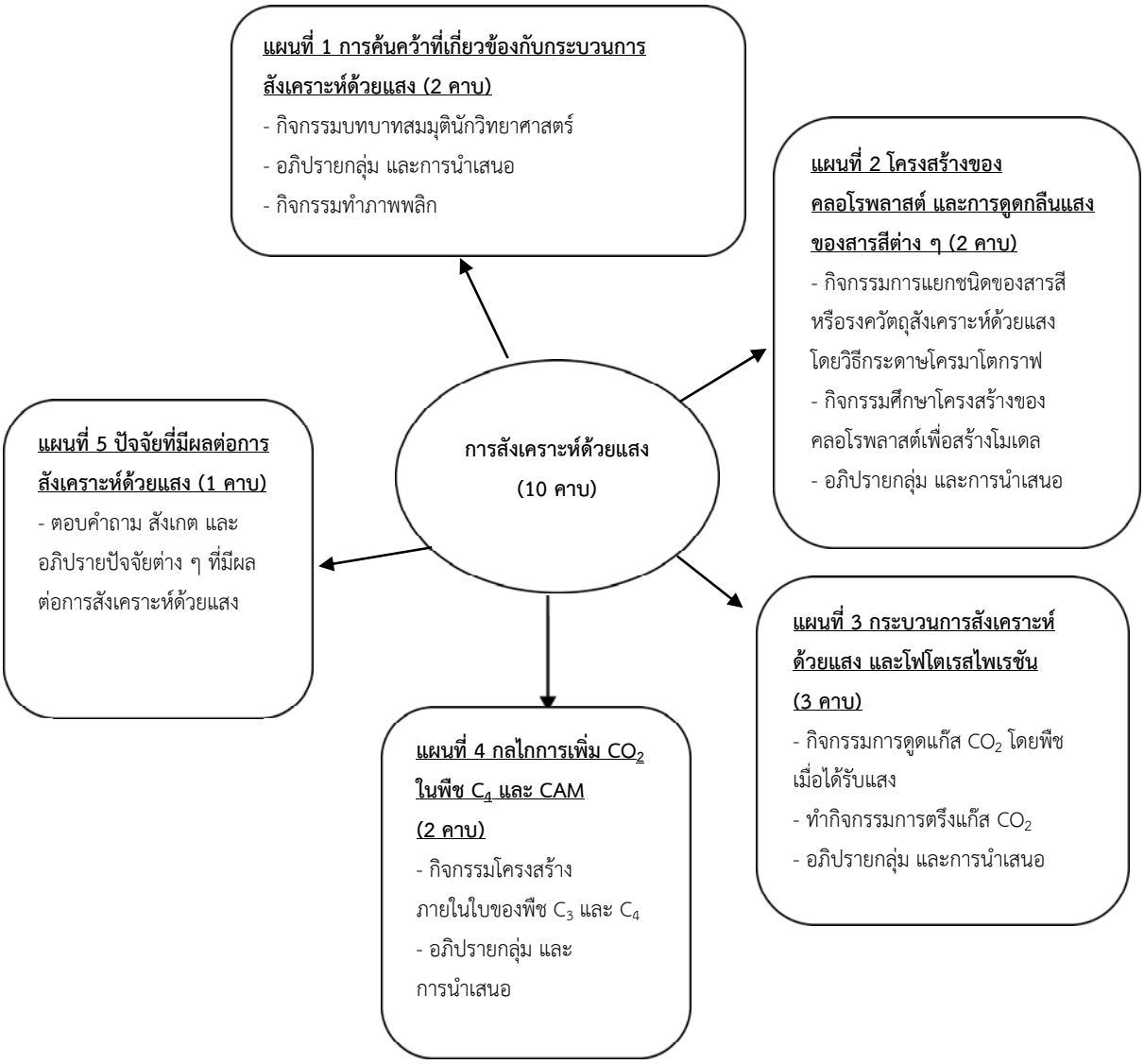
เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Treagust, D. F. “Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching learning and retention”, in **UniServe Science Assessment Symposium Proceedings**. P. 1-9. Australia: Curtin University of Teachnology, 2002.

Wu H. and Hsieh, C. “Developing sixth grades’ inquiry skills to construct explanations in inquiry-basedlearning environments”, **International Journal of Science Education**. 28(11): 1289-1313; Febuary, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แผนผังความคิดการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้


แผนที่ 1 การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (2 คาบ)
- กิจกรรมบทบาทสมมุตินักวิทยาศาสตร์
- อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ
- กิจกรรมทำภาพพลิก
แผนที่ 2 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ (2 คาบ)
- กิจกรรมการแยกชนิดของสารสีหรือรงควัตถุสังเคราะห์ด้วยแสงโดยวิธีกระดาษโครมาโตกราฟ
- กิจกรรมศึกษาโครงสร้างของคลอโรพลาสต์เพื่อสร้างโมเดล
- อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ
การสังเคราะห์ด้วยแสง (10 คาบ)
แผนที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (1 คาบ)
- ตอบคำถาม สังเกต และอภิปรายปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง
แผนที่ 3 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และโฟโตเรสไพเรชัน (3 คาบ)
- กิจกรรมการดูดแก๊ส CO_2 โดยพืชเมื่อได้รับแสง
- ทำกิจกรรมการตรึงแก๊ส CO_2
- อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ
แผนที่ 4 กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM (2 คาบ)
- กิจกรรมโครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4
- อภิปรายกลุ่ม และการนำเสนอ

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา
รหัส ว 32242 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 1/2561
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง
เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และพืช CAM
เวลา 2 คาบ

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิต ของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ผลการเรียนรู้

อภิปรายและเปรียบเทียบกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และพืช CAM

2. สาระสำคัญ

พืช C_4 ตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ 2 ครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นที่เซลล์มีโซฟิลล์ โดย PEP และเอนไซม์ PEP carboxylase ได้สารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม คือ OAA ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้สารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม คือ กรดมาลิก ซึ่งจะถูกลำเลียงไปจนถึงเซลล์บันเดิลชีท และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในคลอโรพลาสต์เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป

พืช CAM มีกลไกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์คล้ายพืช C_4 แต่มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ทั้ง 2 ครั้งในเซลล์เดียวกัน โดยเซลล์มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ครั้งแรกในเวลากลางคืน และปล่อยออกมาในเวลากลางวันเพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป

3. วัตถุประสงค์การเรียนรู้

(1) ด้านความรู้

(1.1) ระบุตำแหน่งการตำแหน่งการตรึง CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(1.2) ระบุสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดจาการตรึง CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(1.3) วิเคราะห์กลไกการตรึง CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(1.4) เปรียบเทียบกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(2) ด้านทักษะกระบวนการ

(2.1) สืบค้นข้อมูลกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM จากแหล่งเรียนรู้ในอินเตอร์เน็ตได้

(2.2) ศึกษาโครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4

(3) ด้านเจตคติ

(3.1) มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม

4. สาระการเรียนรู้

กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4

กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 เริ่มขึ้นใน mesophyll cell ดังนี้

(1) คาร์บอนไดออกไซด์ละลายในไซโทพลาสซึม และแตกตัวเป็น HCO_3^- (hydrogencarbonate ion) ซึ่งคาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของ HCO_3^- นี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับ phosphoenolpyruvate (PEP) โดยมีเอนไซม์ PEP carboxylase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็น oxaloacetate (OAA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม

(2) จากนั้น เมื่อ OAA รับอิเล็กตรอนจาก NADPH เปลี่ยนเป็น malate หรือ aspartate ซึ่งจะเคลื่อนย้ายจาก mesophyll cell เข้าสู่ bundle sheath cell โดยการแพร่ผ่านทางพลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata)

(3) เมื่อ malate หรือ aspartate เข้าสู่ bundle sheath cell จะสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอม จากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่วัฏจักคัลวินต่อไป ซึ่งกระบวนการเช่นนี้ทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน bundle sheath cell สูงกว่าความเข้มข้นปกติเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ใน mesophyll cell ที่มีอยู่ต่ำ นับเป็นกลไกการเพิ่มความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4

(4) Pyruvate ที่เกิดขึ้นจะถูกลำเลียงกลับไปที่ mesophyll cell เพื่อนำไปสร้างกลับเป็น PEP โดยอาศัยพลังงานจาก ATP

เนื่องจากสารประกอบตัวแรกจากกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชสร้างขึ้นนี้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 4 อะตอม จึงเรียกพืชที่มีกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ว่า พืช C_4 วัฏจักรในส่วนนี้ เรียกว่า C_4 cycle หรือ Hatch Slack Pathway ซึ่งเรียกตามชื่อของ M.D.Hatch และ C.R.Slack ที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้ค้นพบวัฏจักรนี้โดยติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของคาร์บอนในใบอ้อย ในปี ค.ศ. 1966

กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM

กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM คล้ายกับพืช C_4 คือ มีวัฏจักรคาร์บอนที่นอกเหนือไปจากวัฏจักรคัลวินในการทำหน้าที่เพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ต่างกัน

ที่ในพืช C_4 มีการตรึงคาร์บอน 2 ครั้ง คือใน mesophyll cell และ bundle sheath cell ในรูปของ HCO_3^- และคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ส่วนในพืช CAM เกิดกระบวนการตรึงคาร์บอน 2 ครั้งในเวลาที่ต่างกัน คือตรึงคาร์บอนในรูปของ HCO_3^- ในเวลากลางคืน และตรึงคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักคัลวินในเวลากลางวัน อีกทั้งพืช CAM ไม่มีโครงสร้างแบบ Kranz anatomy อย่างในพืช C_4

ในพืช C_4 มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของ HCO_3^- ด้วย phosphoenolpyruvate ใน mesophyll cell และมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งในวัฏจักรคัลวินที่ bundle sheath cell ในขณะที่ปฏิกิริยาในทำนองเดียวกันก็พบในพืช CAM แต่เกิดการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ทั้งสองครั้งใน mesophyll cell เดียวกัน เพียงแต่ต่างเวลา คือ มีการตรึง HCO_3^- ด้วย phosphoenolpyruvate ในเวลากลางคืน และมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งในวัฏจักรคัลวินในเวลากลางวัน พืช CAM เปิดปากใบในเวลากลางคืนเพื่อตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำในไซโทพลาสซึมจะได้คาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของ HCO_3^- แล้วจึงเข้าทำปฏิกิริยากับ phosphoenolpyruvate (PEP) โดยอาศัยเอนไซม์ PEP carboxylase ได้เป็น oxaloacetate (OAA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม จากนั้น OAA จะถูกเปลี่ยนเป็น malate และเก็บเป็นกรดมาลิก (malic acid) ไว้ใน vacuole ของ mesophyll cell ทำให้เซลล์มีสภาพเป็นกรดในเวลากลางคืน

ต่อมาในเวลากลางวัน ปากใบปิด เมื่อมีแสงก็จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารสำหรับพืช ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักคือ ปฏิกิริยาแสง และปฏิกิริยาคาร์บอน ซึ่งคือวัฏจักรคัลวิน ในกระบวนการนี้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสร้างน้ำตาลโดยอาศัยพลังงานที่ได้รับจากปฏิกิริยาแสง เมื่อปากใบปิดขณะที่มีแสง วัฏจักรคัลวินดำเนินไปได้โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการสลายของกรดมาลิกใน vacuole ซึ่งเก็บไว้จากการตรึงคาร์บอนในรูปของ HCO_3^- ในเวลากลางคืน กรดมาลิกจะถูกลำเลียงออกจาก vacuole และสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และ pyruvate ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 3 อะตอม จากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าสู่วัฏจักรคัลวิน ส่วน pyruvate จะถูกนำไปสร้างเป็นแป้งและสลายไปเป็น PEP ต่อไป

การปรับตัวของพืช CAM ในการเปิดปากใบตอนกลางคืน และตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน ทำให้พืช CAM สูญเสียน้ำในรูปของการคายน้ำน้อยกว่าพืชกลุ่มอื่น กลไกเช่นนี้ทำให้พืช CAM มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าพืช C_3 และพืช C_4 การเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิถีของ CAM นี้ เป็นวิวัฒนาการหนึ่งที่พืชมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่มีน้ำน้อยในธรรมชาติ เพื่อให้พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่มีน้ำจำกัด

5. คำถามสำคัญ

(5.1) พืช C_4 และ CAM มีโครงสร้างที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

(5.2) สารตัวแรกที่ได้จากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 และ CAM คือสารใด

(5.3) ลักษณะสำคัญของพืช CAM เป็นอย่างไร

(5.4) การตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ในพืช C_4 และ CAM เกิดขึ้นที่ใดบ้าง ในแต่ละตำแหน่งมีกลไกเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

(1) ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรคัลวิน

(2) ครูใช้คำถามต่อไปนี้ถามนักเรียน

(2.1) พืช C_4 มีโครงสร้างที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนหรือแตกต่างจากพืช C_3 หรือไม่อย่างไร (แตกต่างกัน คือลักษณะของเซลล์บันเดิลชีทในพืช C_4 จะมีคลอโรพลาสต์ ส่วนพืช C_3 ในเซลล์บันเดิลชีทจะไม่มีคลอโรพลาสต์)

(3) ครูนำภาพของพืชที่อยู่ในทะเลทราย ให้นักเรียนสังเกตลักษณะของพืชดังกล่าว เช่น ใบ ลำต้นอวบน้ำ การเปลี่ยนใบเป็นหนาม และถามนักเรียนว่า “พืช C_4 และ CAM จะมีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)(50 นาที)

(1) แบ่งนักเรียนเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 6 คน

(2) ครูนำภาพตัดตามขวางของใบพืช C_3 และ C_4 มาให้นักเรียนศึกษาเพื่อดูความแตกต่างของโครงสร้างภายในใบพืช

(3) ครูแจกใบกิจกรรมที่ 6 เรื่องโครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4 จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมดังกล่าว

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (10 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) การที่พืช C_4 มีความสามารถในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้งมีผลต่อพืชอย่างไร

(1.2) พืช CAM ตรึงคาร์บอนรูปใดในเวลากลางคืน

(1.3) ในพืช CAM เอนไซม์ที่ทำงานในการตรึงคาร์บอนในเวลากลางคืนคือเอนไซม์ชนิดใด

(1.4) ในพืช CAM เอนไซม์ที่ทำงานในการตรึงคาร์บอนในเวลากลางวันคือเอนไซม์ชนิดใด

(2) ครูและนักเรียนอภิปรายและเปรียบเทียบกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM จนหาข้อสรุปได้ว่า จำนวนครั้งในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจำนวน 2 ครั้งเท่ากัน แต่แตกต่างกันที่เวลาที่เกิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยสาร PEP พืช C_4 จะเกิดกลางวัน พืช CAM จะเกิดกลางคืน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (20 นาที)

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) ที่ mesophyll cell ของพืช C_4 มีวัฏจักรคัลวิน หรือไม่

(1.2) ที่ mesophyll cell ของพืช C_4 มี photorespiration หรือไม่

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) (10 นาที)

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุป เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(2) ทดสอบ เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

7. การวัด และการประเมินผลการเรียนรู้

หลักฐานการเรียนรู้ วิธีการและเครื่องมือ

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผล
1) ด้านความรู้ - ระบุตำแหน่งการตำแหน่งการตรึง CO_2 ในพืช C_4 และ CAM - ระบุสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการตรึง CO_2 ในพืช C_4 และ CAM - วิเคราะห์กลไกการตรึง CO_2 ในพืช C_4 และ CAM - เปรียบเทียบกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 6 โครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4	1) ใบกิจกรรมที่ 6 โครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4	นักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
	- ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM	2) แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่องกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM	นักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
2) ด้านทักษะกระบวนการ - สืบค้นข้อมูลกลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM จากแหล่งเรียนรู้ในอินเตอร์เน็ตได้ - ศึกษาโครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4	- สังเกตพฤติกรรมการนำเสนอข้อมูล - สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการนำเสนอข้อมูล - แบบประเมินทักษะการทดลอง	นักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์ประเมินในระดับดีขึ้นไป
3) ด้านเจตคติ - มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วม	นักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์ประเมินในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วม แบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับ ดังนี้

คะแนน 4	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
คะแนน 3	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ดี
คะแนน 2	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	พอใช้
คะแนน 1	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมการนำเสนอข้อมูล แบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับ ดังนี้

คะแนน 4	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
คะแนน 3	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ดี
คะแนน 2	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	พอใช้
คะแนน 1	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

3. แบบประเมินทักษะการทดลอง

คะแนน 4	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
คะแนน 3	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ดี
คะแนน 2	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	พอใช้
คะแนน 1	อยู่ในเกณฑ์	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

4. ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (แบบบันทึกคะแนนหลังเรียน) แบ่งคะแนนเป็น 2 ระดับ ดังนี้

คะแนนร้อยละ 80-100	มีผลสัมฤทธิ์	ผ่านเกณฑ์
คะแนนร้อยละ 0-79	มีผลสัมฤทธิ์	ไม่ผ่านเกณฑ์

8. สื่อการเรียนรู้

(1) หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ของ สสวท. เล่ม 3

(2) ใบความรู้ เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

(3) ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง โครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4

(4) แบบทดสอบ เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

9. ความคิดเห็น (ผู้บริหาร/ผู้ที่ได้รับมอบหมาย)

ได้ทำการตรวจแผนการเรียนรู้แล้วมีความเห็นดังนี้

1. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่

☐ ดีมาก ☐ ดี

☐ พอใช้ ☐ ต้องปรับปรุง

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้นำเอากระบวนการเรียนรู้

☐ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้ในการสอนได้อย่างเหมาะสม

☐ ที่ยังไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ควรปรับปรุงพัฒนาผู้เรียนต่อไป

3. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่

☐ นำไปใช้สอนได้

☐ ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป

4. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ.....

ความเห็น/ข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวทัศนพร ศรีชลาชัย)

ตำแหน่งครู วิทยะฐานะชำนาญการพิเศษ

ความเห็น/ข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

.....

ลงชื่อ.....

(นายสมยศ นิลฉวี)

รองผู้อำนวยการโรงเรียนพนาศึกษา

ความเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียน

.....

ลงชื่อ.....

(นายประเสริฐ ครองยุติ)

ผู้อำนวยการโรงเรียนพนาศึกษา

10. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....ปีการศึกษา.....จำนวน.....คน มีพฤติกรรมในการเรียนและผลการเรียนรู้เรื่อง.....ดังนี้

1. ด้านความรู้ (K)

   1.1 ผลการเรียนรู้ระหว่างเรียน

   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

   1.2 ผลการเรียนรู้หลังเรียน

   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)

   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพดีมาก จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพดี จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพพอใช้ จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพปรับปรุง จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพดีมาก จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพดี จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพพอใช้ จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....
   - ➢ นักเรียนผ่านเกณฑ์ในระดับคุณภาพปรับปรุง จำนวน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวสุมาลี เมืองจันทร์)

ครู โรงเรียนพนาศึกษา

แบบสังเกตพฤติกรรมการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> ให้ทำเครื่องหมาย ✓ตรงกับพฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มที่ได้ปฏิบัติ ตามรายการประเมินต่อไปนี้

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม																	
		นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์				นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน				นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยภาษาของตนเองเข้าใจง่าย				นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยความมั่นใจสื่อความหมายชัดเจน ไม่สับสน				รวมความถี่	ระดับคุณภาพ
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1		
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			

1. เกณฑ์การประเมิน ค่าเฉลี่ย

4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้ 1 หมายถึง ปรับปรุง

2. ผลการประเมินได้ระดับคะแนนไม่ต่ำกว่า ระดับ 3 ถือว่าผ่าน

ประเมินโดย ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวสุมาลี เมืองจันทร์)

แบบประเมินทักษะการทดลอง

<u>คำชี้แจง</u> ให้ทำเครื่องหมาย ✓ตรงกับพฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มที่ได้ปฏิบัติ ตามรายการประเมินต่อไปนี้

กลุ่มที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม													
		การใช้อุปกรณ์ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องตามหลักปฏิบัติ				การจัดกระทำข้อมูลเป็นระบบและการนำเสนอได้ถูกต้อง				การตอบคำถามท้ายการทดลอง ถูกต้อง ชัดเจน				รวมความถี่	ระดับคุณภาพ
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1		
1															
2															
3															
4															
5															
6															

1. เกณฑ์การประเมิน ค่าเฉลี่ย

4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้ 1 หมายถึง ปรับปรุง

2. ผลการประเมินได้ระดับคะแนนไม่ต่ำกว่า ระดับ 3 ถือว่าผ่าน

ประเมินโดย ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวสุมาลี เมืองจันทร์)

แบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วม

<u>คำชี้แจง</u> ให้ทำเครื่องหมาย✓ตรงกับพฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มที่ได้ปฏิบัติ ตามรายการประเมินต่อไปนี้

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกตพฤติกรรม																	
		การวางแผน				การมีส่วนร่วม				ความรับผิดชอบ				ระยะเวลาในการทำงาน				รวมความถี่	ระดับคุณภาพ
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1		
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			

1. เกณฑ์การประเมิน ค่าเฉลี่ย

4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้ 1 หมายถึง ปรับปรุง

2. ผลการประเมินได้ระดับคะแนนไม่ต่ำกว่า ระดับ 3 ถือว่าผ่าน

ประเมินโดย ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวสุมาลี เมืองจันทร์)

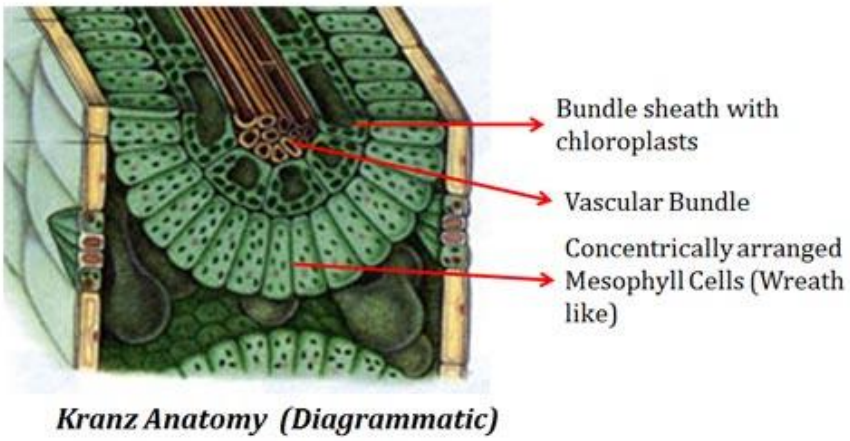
ใบความรู้ที่ 4
เรื่อง กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM

กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4

ในการสร้างอาหารของพืชทุกชนิดด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ ปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักรคัลวิน แต่มีพืชบางชนิดที่มีกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่นอกเหนือไปจากวัฏจักรคัลวิน พืชเหล่านี้ ได้แก่ พืช C_4 เช่น ข้าวโพด (*Zea mays* L.) อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) พืชหลายชนิดในวงศ์หญ้า (Poaceae) พืชหลายชนิดในวงศ์ Amaranthaceae เช่น บานไม่รู้โรย (*Gomphrena globosa* L.) ผักขม (*Amaranthus vilidus* L.) เป็นต้น และพืช CAM เช่น กระบองเพชร ว่านหางจระเข้ สับปะรด และกล้วยไม้ เป็นต้น

โครงสร้างทางกายวิภาคของใบพืช C_4

พืช C_4 มีลักษณะโครงสร้างภายในใบที่แตกต่างไปจากพืช C_3 โครงสร้างภายในใบพืช C_4 ประกอบด้วย epidermal cell, mesophyll cell และ bundle sheath cell ที่มีคลอโรพลาสต์ ซึ่ง bundle sheath cell เป็นเซลล์ที่อยู่ล้อมรอบมัดท่อลำเลียงน้ำ (vascular bundle) โครงสร้างแบบนี้ เรียกว่า Kranz anatomy (รูปที่ 1) กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 พบทั้งใน bundle sheath cell และใน mesophyll cell ในขณะที่พืช C_3 บางชนิด อาจจะพบโครงสร้างของ bundle sheath cell แต่จะไม่พบคลอโรพลาสต์ภายในเซลล์เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง อย่างไรก็ดี มีรายงานว่าพบคลอโรพลาสต์ใน bundle sheath cell ของข้าวซึ่งเป็นพืช C_3 เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน



รูปที่ 1 โครงสร้างแบบ Kranz anatomy

ที่มา: easy biology class (2018)

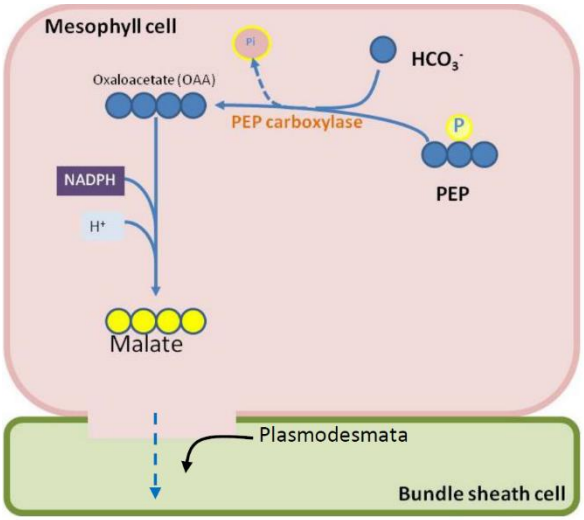
กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4

กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 เริ่มขึ้นใน mesophyll cell ดังนี้

(1) คาร์บอนไดออกไซด์ละลายในไซโทพลาสซึม และแตกตัวเป็น HCO_3^- (hydrogencarbonate ion) ซึ่งคาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของ HCO_3^- นี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับ phosphoenolpyruvate (PEP) โดยมีเอนไซม์ PEP carboxylase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็น oxaloacetate (OAA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม (รูปที่ 2)

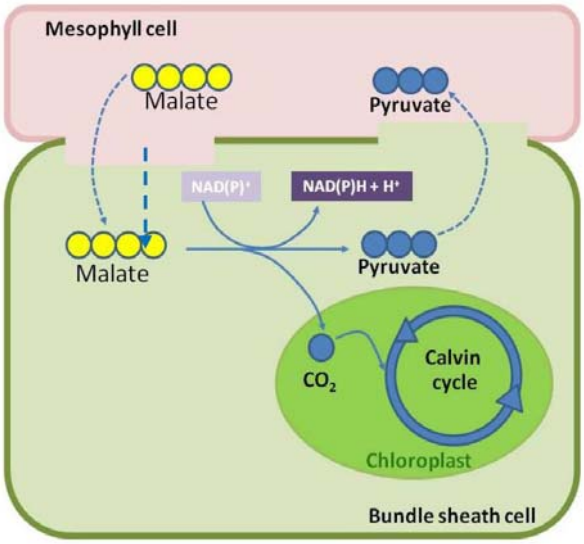
(2) จากนั้น เมื่อ OAA รับอิเล็กตรอนจาก NADPH เปลี่ยนเป็น malate หรือ aspartate ซึ่งจะเคลื่อนย้ายจาก mesophyll cell เข้าสู่ bundle sheath cell โดยการแพร่ผ่านทางพลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata)

(3) เมื่อ malate หรือ aspartate เข้าสู่ bundle sheath cell จะสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอม จากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่วัฏจักคัลวินต่อไป ซึ่งกระบวนการเช่นนี้ทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน bundle sheath cell สูงกว่าความเข้มข้นปกติเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ใน mesophyll cell ที่มีอยู่ต่ำ นับเป็นกลไกการเพิ่มความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 (รูปที่ 3)



รูปที่ 2 การตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ในรูป HCO_3^- ที่ ไซโทพลาสซึมของ mesophyll cell โดย phosphoenolpyruvate (PEP) และมี PEP carboxylase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็น oxaloacetate (OAA) ซึ่งจะถูก reduced เป็น malate ก่อนลำเลียงผ่าน plasmodesmata ไปยัง bundle sheath cell

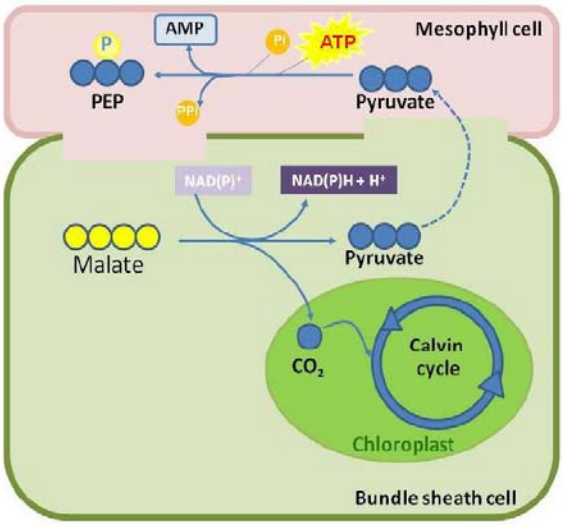
ที่มา: ศุภจิตรา ชัชวาลย์ (2554)



รูปที่ 3 เมื่อ malate ลำเลียงเข้าสู่ bundle sheath cell จะสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และ pyruvate ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกนำไปใช้ในวัฏจักรคัลวินเพื่อสร้างน้ำตาล ในขณะที่ pyruvate จะถูกลำเลียงกลับไปยัง mesophyll cell ผ่านทาง plasmodesmata

ที่มา: ศุภจิตรา ชัชวาลย์ (2554)

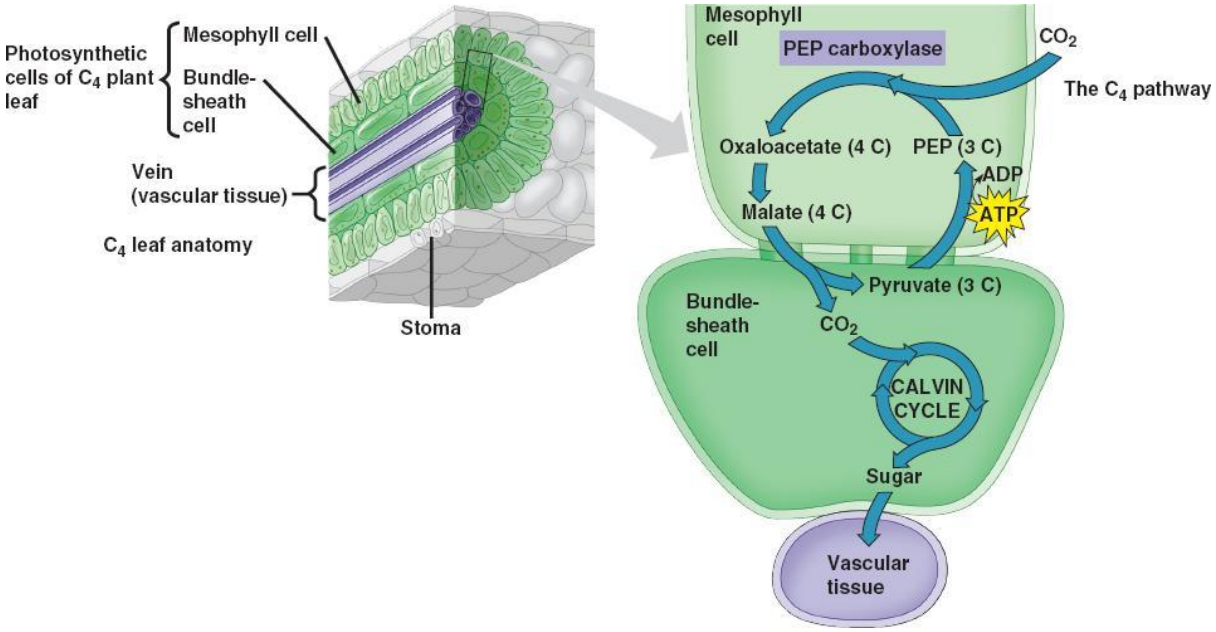
(4) Pyruvate ที่เกิดขึ้นจะถูกลำเลียงกลับไปที่ mesophyll cell เพื่อนำไปสร้างกลับเป็น PEP โดยอาศัยพลังงานจาก ATP ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Pyruvate ถูกเปลี่ยนกลับเป็น PEP อีกครั้งใน mesophyll cell โดยอาศัยพลังงานจาก ATP

ที่มา: ศุภจิตรา ชัชวาลย์ (2554)

เนื่องจากสารประกอบตัวแรกจากกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชสร้างขึ้นนี้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 4 อะตอม จึงเรียกพืชที่มีกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ว่า พืช C_4 วัฏจักรในส่วนนี้ เรียกว่า C_4 cycle หรือ Hatch Slack Pathway ซึ่งเรียกตามชื่อของ M. D. Hatch และ C. R. Slack ที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้ค้นพบวัฏจักรนี้โดยติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของคาร์บอนในใบอ้อย ในปี ค.ศ.1966



รูปที่ 5 กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4

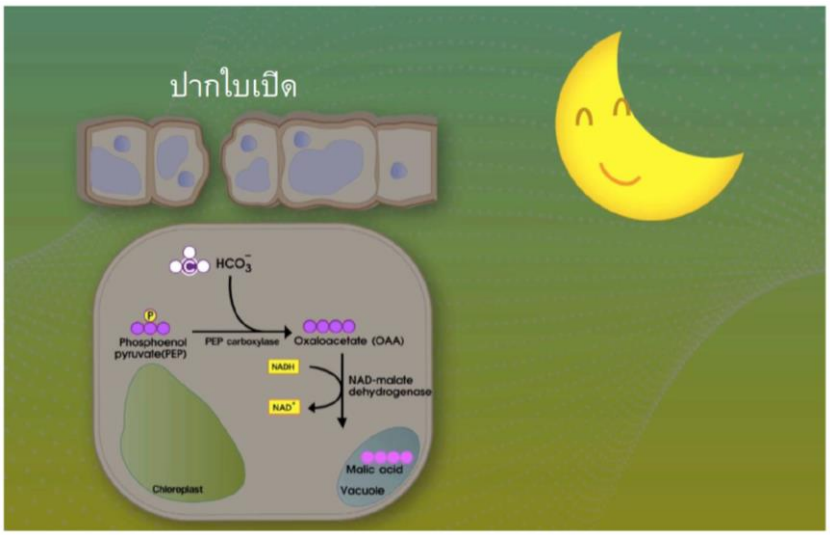
ที่มา: http://bio1151b.nicerweb.net/Locked/media/ch10/c4.html

กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM

กระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM คล้ายกับพืช C_4 คือ มีวัฏจักรคาร์บอนที่นอกเหนือไปจากวัฏจักรคัลวินในการทำหน้าที่เพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ต่างกันที่ในพืช C_4 มีการตรึงคาร์บอน 2 ครั้ง คือใน mesophyll cell และ bundle sheath cell ในรูปของ HCO_3^- และคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ส่วนในพืช CAM เกิดกระบวนการตรึงคาร์บอน 2 ครั้งในเวลาที่ต่างกัน คือตรึงคาร์บอนในรูปของ HCO_3^- ในเวลากลางคืน และตรึงคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักคัลวินในเวลากลางวัน อีกทั้งพืช CAM ไม่มีโครงสร้างแบบ Kranz anatomy อย่างในพืช C_4

ในพืช C_4 มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของ HCO_3^- ด้วย phosphoenolpyruvate ใน mesophyll cell และมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งในวัฏจักรคัลวินที่ bundle sheath cell ในขณะที่ปฏิกิริยาในทำนองเดียวกันก็พบในพืช CAM แต่เกิดการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ทั้งสอง

ครั้งใน mesophyll cell เดียวกัน เพียงแต่ต่างเวลา คือ มีการตรึง HCO_3^- ด้วย phosphoenolpyruvate ในเวลากลางคืน และมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งในวัฏจักรคัลวินในเวลากลางวัน พืช CAM เปิดปากใบในเวลากลางคืนเพื่อตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำในไซโทพลาสซึมจะได้คาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของ HCO_3^- แล้วจึงเข้าทำปฏิกิริยากับ phosphoenolpyruvate (PEP) โดยอาศัยเอนไซม์ PEP carboxylase ได้เป็น oxaloacetate (OAA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม จากนั้น OAA จะถูกเปลี่ยนเป็น malate และเก็บเป็นกรดมาลิก (malic acid) ไว้ใน vacuole ของ mesophyll cell ทำให้เซลล์มีสภาพเป็นกรดในเวลากลางคืน (รูปที่ 6)

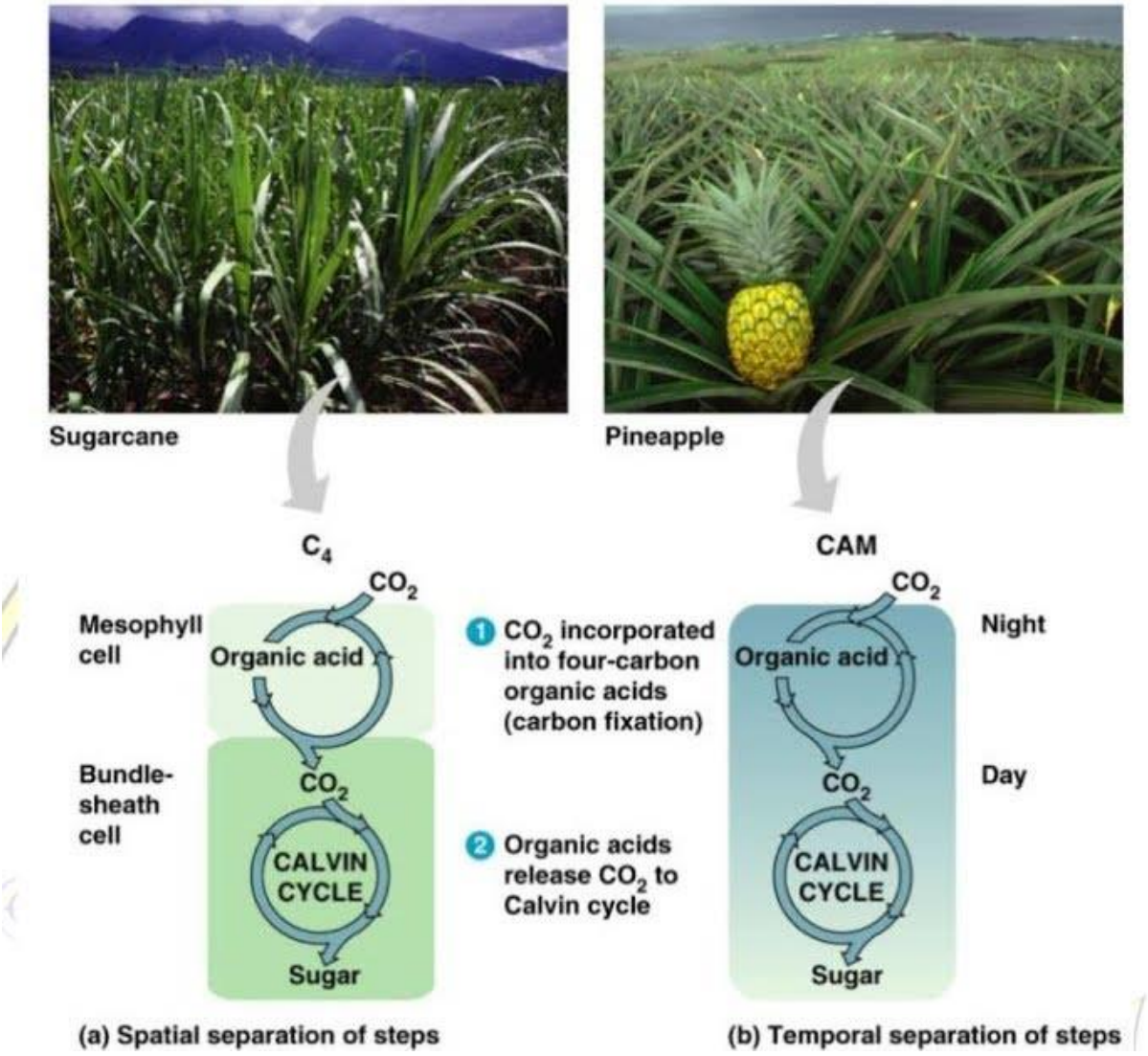


รูปที่ 6 ในเวลากลางคืน พืช CAM เปิดปากใบ มีการตรึงคาร์บอนด้วย phosphoenolpyruvate (PEP) โดยเอนไซม์ PEP carboxylase และเก็บสารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอมในรูปของกรดมาลิก (malic acid) ไว้ใน vacuole
ที่มา: ศุภจิตรา ชัชวาลย์ (2554)

ต่อมาในเวลากลางวัน ปากใบปิด เมื่อมีแสงก็จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารสำหรับพืช ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักคือ ปฏิกิริยาแสง และปฏิกิริยาคาร์บอน ซึ่งคือวัฏจักรคัลวิน ในกระบวนการนี้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสร้างน้ำตาลโดยอาศัยพลังงานที่ได้รับจากปฏิกิริยาแสง เมื่อปากใบปิดขณะที่มีแสง วัฏจักรคัลวินดำเนินไปได้โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการสลายของกรดมาลิกใน vacuole ซึ่งเก็บไว้จากการตรึงคาร์บอนในรูปของ HCO_3^- ในเวลากลางคืน กรดมาลิกจะถูกลำเลียงออกจาก vacuole และสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และ pyruvate ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน

3 อะตอม จากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าสู่วัฏจักรคัลวิน ส่วน pyruvate จะถูกนำไปสร้างเป็นแป้งและสลายไปเป็น PEP ต่อไป

การปรับตัวของพืช CAM ในการเปิดปากใบตอนกลางคืน และตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน ทำให้พืช CAM สูญเสียน้ำในรูปของการคายน้ำน้อยกว่าพืชกลุ่มอื่น กลไกเช่นนี้ทำให้พืช CAM มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าพืช C_3 และพืช C_4 การเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิถีของ CAM นี้ เป็นวิวัฒนาการหนึ่งที่พืชมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่มีน้ำน้อยในธรรมชาติ เพื่อให้พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่มีน้ำจำกัด



รูปที่ 7 เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และ CAM

ที่มา: สายใจ ศรีนาค (2017)

ใบกิจกรรมที่ 6
โครงสร้างภายในใบของพืช C_3 และ C_4

พืชแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามวิธีการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คือ C_3 C_4 และ CAM พืชเกือบทั้งหมดเป็นพืช C_3 CO_2 ที่แพร่จากบรรยากาศเข้าสู่คลอโรพลาสต์ของเซลล์มีโซฟิลล์ จะถูกตรึงทันทีโดยเอนไซม์ Rubisco ของวัฏจักรคัลวิน เพื่อสร้างน้ำตาล

พืช C_4 เป็นพืชที่มีการปรับตัวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรึง CO_2 ภายใต้สภาวะของอากาศที่ร้อนและแห้งแล้ง โดยสร้าง C_4 pathway เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ภายในคลอโรพลาสต์ของเซลล์หุ้มมัดท่อลำเลียง หรือเซลล์บันเดิลชีท (bundle sheath cell) ที่มาการตรึง CO_2 โดยเอนไซม์ Rubisco แก๊ส CO_2 ที่แพร่เข้าสู่ใบของพืช C_4 จะเข้าสู่เซลล์มีโซฟิลล์แล้วถูกตรึงให้อยู่ในรูปของกรด C_4 โดยกิจกรรมของเอนไซม์ PEP carboxylase กรด C_4 จะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์มีโซฟิลล์ เข้าสู่เซลล์บันเดิลชีท จากนั้นกรด C 4 เกิดปฏิกิริยา decarboxylation ปลดปล่อยแก๊ส CO_2 ออกมาซึ่งจะถูกตรึงให้เป็นน้ำตาลโดยกิจกรรมของเอนไซม์ Rubisco ในคลอโรพลาสต์ของเซลลีบันเดิลชีท

นอกจากจะมีลักษณะทางชีวเคมีแตกต่างกัน ใบพืช C_3, C_4 ยังมีโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันอีกด้วย โดยโครงสร้างภายในของใบพืช C_4 โดยเฉพาะพืชพวกหญ้า จะมีลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์แบบเฉพาะตัวที่เรียกว่า Kranz Anatomy คือ มีเซลล์บันเดิลชีทขนาดใหญ่ และมีออร์แกเนลล์จำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีคลอโรพลาสต์ขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน ส่วนเซลล์บันเดิลชีทของใบพืช C_3 จะมีออร์แกเนลล์เพียงเล็กน้อยและไม่มีคลอโรพลาสต์

วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของใบพืชพวกหญ้าที่เป็นพืช C_3 และ C_4

วิธีปฏิบัติ

(1) ตัด free-hand section ตามขวางของใบพืชที่กำหนดให้

(1.1) พืช C_3 ได้แก่ข้าว

(1.2) พืช C_4 ได้แก่ อ้อย

(2) ศึกษา cross-section ของใบทั้ง 2 ประเภทภายใต้กล้องจุลทรรศน์และวาดภาพลายเส้นแสดงโครงสร้างภายในใบของใบพร้อมลงรายการชื่อชั้นเซลล์ต่าง ๆ ให้ชัดเจน

(3) หยดสารละลาย ไอโอดีน ลงบนตัวอย่าง ตรวจสอบบริเวณที่มีแป้งสะสมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

ภาพลายเส้นแสดงโครงสร้างภายในของใบพืช C_3
ภาพลายเส้นแสดงโครงสร้างภายในของใบพืช C_4

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ในปัจจุบันโลกประสบปัญหาภาวะโลกร้อนนักเรียนคิดว่าพืชในข้อใดจะมีผลกระทบมากที่สุด

.....

2. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ในพืช C_4 และ CAM เกิดขึ้นที่บริเวณใดบ้าง

3. โครงสร้างพิเศษของใบพืช C4 เรียกว่า

.....

4. สารตัวแรกที่ได้จากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 และ CAM คือ

.....

5. เพราะเหตุใดพืช CAM จึงค่อนข้างเจริยเติบโตช้ากว่าพืชอื่น

.....

6. พืช C_4 และ CAM มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

7. จงยกตัวอย่างพืช C_3, C_4 และ

CAM.....

.....

.....

8. จงเปรียบเทียบลักษณะของพืช C_3 และ C_4

ข้อเปรียบเทียบ	**พืช C_3**	**พืช C_4**
1. บันเดิลชีท		
2. คลอโรพลาสต์ที่บันเดิลชีท		
3. จำนวนครั้งของการตรึงสารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอน		
4. สารที่ใช้ตรึง CO_2		
5. สารตัวแรกที่เกิดจากการตรึงสารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอน		
6. การเกิดโฟโตเรสไพเรชัน		

9. จงเปรียบเทียบลักษณะของพืช C_3, C_4 และ CAM

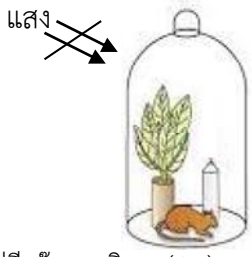
ข้อเปรียบเทียบ	**พืช C_3**	**พืช C_4**	**พืช CAM**
1. จำนวนครั้งของการตรึงสารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอน			
2. เวลาที่เกิดการตรึงสารประกอบอนินทรีย์ของคาร์บอนโดยสาร PEP			
3. การเกิดวัฏจักรคัลวิน			
4. สารที่ใช้ตรึง CO_2			
5. แหล่งสร้าง G3P หรือ PGAL			

ภาคผนวก ค
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
1) ทดลองปลูกต้นกุหลาบ หนัก 5 กิโลกรัมในถังใบใหญ่ที่บรรจุดินซึ่งทำให้แห้งสนิท หนัก 200 กิโลกรัม แล้วปิดฝาถัง ระหว่างทำการทดลองได้รดน้ำต้นกุหลาบที่ปลูกไว้ทุก ๆ วันด้วยน้ำฝนเป็นระยะเวลา 5 ปี ต้นกุหลาบเจริญเติบโตขึ้นมาก เมื่อนำต้นกุหลาบที่ไม่มีดินติดอยู่ที่รากไปชั่งน้ำหนัก ปรากฏว่าต้นกุหลาบหนัก 169 กิโลกรัม และเมื่อนำดินในถังไปทำให้แห้ง แล้วน้ำไปชั่งน้ำหนัก นักเรียนคิดว่าน้ำหนักของดินจะเป็นอย่างไร ก. น้ำหนักของดินเพิ่มขึ้น (AC) ข. น้ำหนักของดินเท่าเดิม (AC) <u>ค. น้ำหนักของดินลดลงเล็กน้อย (CU)</u> ง. น้ำหนักของดินลดลงมาก (AC) **เหตุผลที่ตอบ** 1. การรดน้ำทำให้น้ำหนักของดินเพิ่มขึ้น (PS) 2. ในการเจริญเติบโตของพืช ไม่จำเป็นต้องใช้แร่ธาตุในดิน (PS) <u>3. พืชใช้แร่ธาตุบางส่วนในการเจริญเติบโตทำให้น้ำหนักของดินลดลงเพียงเล็กน้อย (CU)</u> 4. พืชมีการเจริญเติบโตขึ้นมาก เพราะใช้แร่ธาตุที่มีอยู่ในดินในปริมาณมากจึงทำให้น้ำหนักของดิน ลดลงมาก (AC)	1.00	0.52	0.2	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
2) จากภาพ นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น  ก. หนูตาย เพราะไม่มีแก๊สออกซิเจน (CU) ข. หนูไม่ตาย เพราะพืชให้แก๊สออกซิเจน (AC) ค. หนูตาย เพราะไม่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (AC) ง. หนูไม่ตาย เพราะไม่ได้รับแสง (AC) **เหตุผลที่ตอบ** 1. หนูสามารถมีชีวิตอยู่ได้แม้ไม่ได้รับแสงเนื่องจากพืชใช้แร่ธาตุและน้ำที่สะสมอยู่ในดินนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสง (PS) 2. พืชสามารถสร้างแก๊สออกซิเจนให้กับหนูใช้ในการหายใจได้แม้จะไม่ได้รับแสง (PS) 3. พืชสามารถสร้างแก๊สออกซิเจนให้กับหนูใช้ในการหายใจ (PU) 4. พืชสามารถสร้างแก๊สออกซิเจนให้กับหนูใช้ในการหายใจ (CU)	1.00	0.52	0.47	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
3) ถ้านักเรียนนำสาหร่ายไปเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ ใส่น้ำที่มีออกซิเจนติดฉลากรังสีชนิด^{18}O และใส่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีออกซิเจนปกติชนิด ^{16}O เมื่อให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงออกซิเจนที่เกิดขึ้นจะเป็นชนิดใด ก. ออกซิเจนปกติชนิด ^{16}O ข. ออกซิเจนติดฉลากรังสีชนิด ^{16}O <u>ค. ออกซิเจนติดฉลากรังสีชนิด ^{18}O</u> ง. ออกซิเจนปกติชนิด^{16}O และออกซิเจนติดฉลากรังสีชนิด ^{18}O **เหตุผลที่ตอบ** 1. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกตัวเป็นแก๊สออกซิเจนที่มีออกซิเจนปกติชนิด ^{16}O <u>2. สาหร่ายเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำได้เป็นแก๊สออกซิเจน</u> 3. การแตกตัวของน้ำทำให้เกิดแก๊สออกซิเจนติดฉลากรังสีชนิด ^{18}O ไปรวมกับ ^{16}O เกิดเป็นออกซิเจน 4. คาร์บอนไดออกไซด์แตกตัวเป็นออกซิเจนติดฉลากรังสีชนิด ^{16}O	1.00	0.42	0.27	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
4) จากการทดลองเลี้ยงแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงโดยไม่ใช้น้ำแต่ใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จะได้คาร์โบไฮเดรต น้ำ และสารใด <u>ก. ซัลเฟอร์</u> ข. คาร์บอนไดออกไซด์ ค. ออกซิเจน ง. ไฮโดรเจน **เหตุผลที่ตอบ** <u>1. การสังเคราะห์ด้วยแสงในแบคทีเรียมีการแตกตัวของไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้เป็นซัลเฟอร์</u> 2. การสังเคราะห์ด้วยแสงในแบคทีเรียมีการแตกตัวของไฮโดรเจนซัลไฟด์แต่ไม่เกิดซัลเฟอร์ได้แก๊สออกซิเหมือนในสิ่งมีชีวิตทั่วไป 3. การสังเคราะห์ด้วยแสงในแบคทีเรียเกิดขึ้นเช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์ด้วยแสงทั่วไป 4. การสังเคราะห์ด้วยแสงในแบคทีเรียจะได้แก๊สออกซิเจนเนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	1.00	0.65	0.20	ใช้ได้

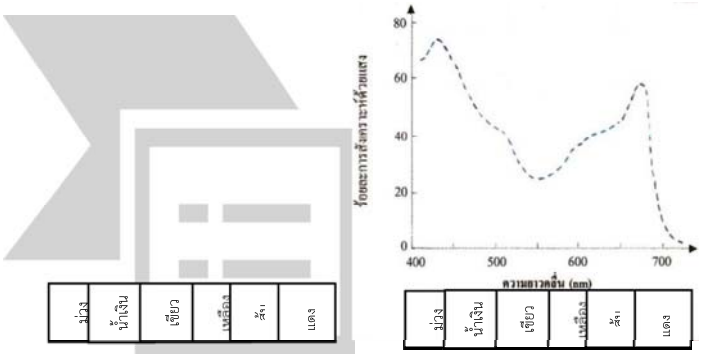
ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
5) อากาศที่ใช้ในการลุกไหม้ และใช้หายใจเป็นอากาศชนิดเดียวกัน เรียก “อากาศดี”อากาศที่หนูหายใจออกมาและอากาศที่ทำให้เทียนไขดับเรียก“อากาศเสีย”นักเรียนคิดว่าอากาศเสียและอาการดีนี้คืออะไร ก. อากาศเสียคือ O_2 อากาศดี คือ CO_2 <u>ข. อากาศเสียคือ CO_2 อากาศดี คือ O_2</u> ค. อากาศเสียคือ CH_4 อากาศดี คือ CO_2 ง. อากาศเสียคือ H_2S อากาศดี คือ CO_2 **เหตุผลที่ตอบ** 1. พืชนำ CO_2 ไปสร้างเป็นน้ำตาลจึงเป็นอากาศดีและ O_2 เป็นอากาศเสีย 2. หนูปล่อยอากาศเสียออกมาในรูปของ CH_4 และนำ CO_2 ไปใช้ในการสังเคราะห์แสง <u>3. หนูใช้ O_2 ในการหายใจ และปล่อย CO_2 เพื่อให้พืชนำไปใช้สังเคราะห์แสง</u> 4. H_2S ทำให้เทียนไขดับ และพบในการหายใจออกของหนู	1.00	0.65	0.27	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
6) นักเรียนมองเห็นใบพืชมีสีเขียวได้เพราะอะไร ก. คลอโรฟิลล์ไม่ดูดกลืนคลื่นแสงสีเขียว ข. คลอโรฟิลล์ดูดคลื่นแสงสีน้ำเงิน และสีเหลือง ค. คลอโรฟิลล์ดูดคลื่นแสงสีเขียว ง. คลอโรฟิลล์ดูดคลื่นแสงสีแดง และสีเขียว **เหตุผลที่ตอบ** 1. คลอโรฟิลล์ดูดคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน และสีเหลืองจึงมองเห็นเป็นสีเขียว 2. คลอโรพลาสมีความสามารถดูดคลื่นแสงสีเขียวไว้จึงมองเห็นพืชเป็นสีเขียว 3. คลอโรฟิลล์ดูดคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดง และน้ำเงิน และสะท้อนคลื่นแสงสีเขียวออกมา 4. คลอโรฟิลล์ดูดแสงในช่วงความยาวคลื่นสีแดง และสีเขียวมาก	1.00	0.52	0.33	ใช้ได้
7) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ ก. stroma ข. grana ค. matrix ง. thylakoid membrane **เหตุผลที่ตอบ** 1. ของเหลวภายในออร์แกเนลล์ที่เป็นแหล่งสร้างพลังงานพบเฉพาะในพืช 2. ของเหลวภายในไมโทคอนเดรีย 3. เป็นเยื่อที่ประกอบด้วย phospholipid และกลุ่มโปรตีน 4. Thylakoid membrane จะพับซ้อนกันเป็นชั้น	1.00	0.48	0.20	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
8) จากภาพพืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมากเมื่อพืชได้รับคลื่นแสงสีอะไรบ้าง  ก. คลื่นแสงสีเขียว ข. คลื่นแสงสีน้ำเงิน ค. คลื่นแสงสีแดง <u>ง. คลื่นแสงสีแดง และน้ำเงิน</u> **เหตุผลที่ตอบ** 1. คลื่นแสงสีเขียวเป็นคลื่นแสงที่สารสีดูดกลืนได้ดีที่สุด <u>2. คลื่นแสงสีแดง และสีน้ำเงิน</u>เป็นคลื่นแสงที่สารสีดูดกลืนได้ดีที่สุด 3. คลื่นแสงสีน้ำเงินดูดกลืนคลื่นแสงได้น้อยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อย 4. คลื่นแสงสีแดงเป็นคลื่นแสงเดียวที่เหมาะสมกับการการสังเคราะห์แสงที่สุด	1.00	0.42	0.27	ใช้ได้

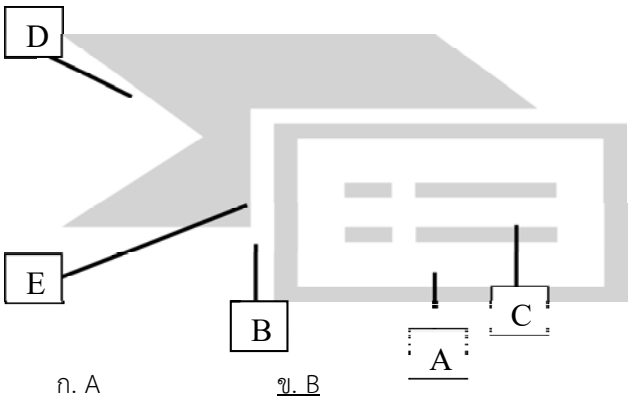
ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
9) คลอโรฟิลล์อยู่โครงสร้างใดของคลอโรพลาสต์ ก. outer membrane ข. inner membrane ค. thylakoid membrane ง. stroma **เหตุผลที่ตอบ** 1. สารสีที่เกี่ยวของกับการสังเคราะห์ด้วยแสงฝังอยู่ใน thylakoid membrane และ stroma 2. สารสีที่เกี่ยวของกับการสังเคราะห์ด้วยแสงจะอยู่ใน thylakoid membrane 3. สารสีที่เกี่ยวของกับการสังเคราะห์ด้วยแสงจะอยู่ใน Inner membrane 4. สารสีที่เกี่ยวของกับการสังเคราะห์ด้วยแสงจะอยู่ใน outer membrane	1.00	0.55	0.73	ใช้ได้
10) จากภาพบริเวณใดไม่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 **เหตุผลที่ตอบ** 1. เยื่อหุ้มชั้นนอก ไม่มีคลอโรฟิลล์ 2. เยื่อหุ้มที่ยื่นเข้าไปข้างในแสงไม่สามารถส่องถึงได้ 3. ของเหลวภายในคลอโรพลาสต์ไม่มีคลอโรฟิลล์ 4. ช่องว่างที่มีการสะสมโปรตอนจำนวนมาก	1.00	0.52	0.33	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
11) จากข้อ 10 คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ จะอยู่ที่บริเวณใด ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 **เหตุผลที่ตอบ** 1. คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ สามารถละลายในสโตรมาได้ 2. คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ จะกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนต่าง ๆ ของคลอโรพลาสต์ 3. คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ จะอยู่ใน เยื่อไทลาคอยด์ 4. คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ จะฝังตัวอยู่ชั้นนอกสุด ของคลอโรพลาสต์	1.00	0.48	0.20	ใช้ได้
12) จากข้อ 10 ปฏิกิริยาแสงเกิดขึ้นที่หมายเลขใด ก. 2 ข. 3 ค. 4 ง. 5 **เหตุผลที่ตอบ** 1. มีคลอโรฟิลล์และสารสีอื่น ๆ 2. เยื่อหุ้มที่ยื่นเข้าไปข้างในเป็นที่อยู่ของสารสีเกิดการสร้างน้ำตาล 3. ของเหลวภายในคลอโรพลาสต์ 4. ช่องว่างที่มีการสะสมโปรตอนจำนวนมาก	1.00	0.48	0.20	ใช้ได้
13) จากข้อ 10 บริเวณ 1 เกี่ยวข้องในขั้นตอนการสร้าง ATP ดังนั้น บริเวณ 1 คือข้อใด ก. stroma ข. thylakoid lumen ค. grana ง. lamella **เหตุผลที่ตอบ** 1. การสังเคราะห์ ATP เกิดขึ้นภายใน stroma 2. โปรตอนสะสมภายใน thylakoid lumen เกิดการสร้าง ATP 3. การสร้าง ATP เกิดขึ้นใน lamella 4. การสร้าง ATP เกิดขึ้นบริเวณ grana	1.00	0.32	0.27	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
14) จากภาพบริเวณใดเกิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์  ก. A ข. B ค. C ง. E **เหตุผลที่ตอบ** 1. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในบริเวณ ของเหลวของเซลล์ และคลอโรพลาสต์ 2. บริเวณเยื่อไทลาคอยด์จะมีคลอโรฟิลล์อยู่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง 3. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดกับส่วนที่อยู่นอกสุด 4. บริเวณสโตรมามีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการตรึง CO_2	1.00	0.52	0.20	ใช้ได้
15) จากข้อ 14 ตำแหน่งใดจะเกิดปฏิกิริยาแสง ก. A ข. B ค. C ง. E **เหตุผลที่ตอบ** 1. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดในบริเวณ ไซโทพลาสซึมของเซลล์ 2. เยื่อไทลาคอยด์มีคลอโรฟิลล์อยู่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง 3. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดกับส่วนที่อยู่นอกสุด 4. บริเวณสโตรมาจะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	1.00	0.55	0.4	ใช้ได้

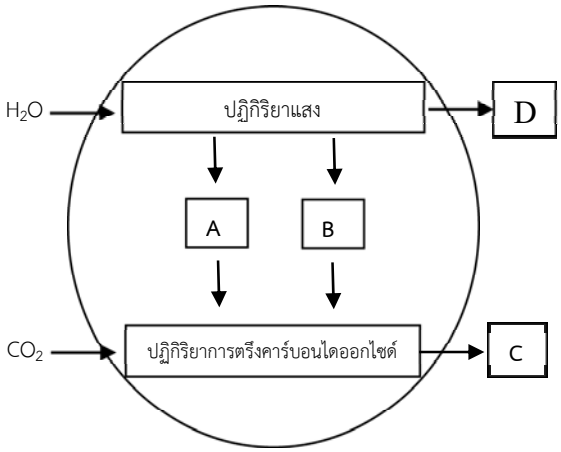
ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
16) เมื่อเกิดปฏิกิริยาแสง thylakoid lumen มีการสะสมของสารใด ก. H_2O ข. H^+ ค. CO_2 ง. e^- **เหตุผลที่ตอบ** 1. CO_2 เป็นวัตถุดับในการสังเคราะห์ด้วยแสงสะสมใน lumen 2. H_2O จะประกอบอยู่ภายในของเหลวภายในคลอโรพลาสต์ 3. ได้รับพลังงานแสงอิเล็กตรอนจะเกิดการถ่ายทอด 4. น้ำเกิดการแตกตัวภายใน thylakoid lumen	1.00	0.52	0.73	ใช้ได้
17) O_2 ที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์แสงมาจากข้อใด ก. การตรึง CO_2 ข. การสร้างน้ำตาล ค. การแตกตัวของน้ำ ง. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน **เหตุผลที่ตอบ** 1. การตรึง CO_2 เพื่อสร้างน้ำตาลจะมีการสร้าง O_2 ด้วย 2. การสร้างน้ำตาลจะใช้ NADPH ซึ่งจะทำให้เกิด O_2 แล ATP 3. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักรจะทำให้เกิด O_2 4. น้ำแตกตัวปล่อย H^+ และ O	1.00	0.45	0.20	ใช้ได้
18) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรเกิดข้อใด ก. ATP ข. NADPH + H^+ ค. ATP และ NADPH + H^+ ง. $NADP^+$, O_2 **เหตุผลที่ตอบ** 1. $NADP^+$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายของปฏิกิริยา 2. $NADP^+$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนเกิดเป็น NADPH+ H^+ และยังมีการสร้าง ATP 3. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรเกิด ATP เพียงอย่างเดียว 4. $NADP^+$ เป็นตัวให้อิเล็กตรอน และเกิด O_2	1.00	0.45	0.53	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
19) ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรจะสร้างสารใด ก. ATP ข. NADPH+ H^+ ค. O_2 ง. CO_2 **เหตุผลที่ตอบ** 1. เกิดการสร้าง ATP จากการถ่ายทอดอิเล็กตรอน 2. $NADP^+$ เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจะกลายเป็น NADPH+ H^+ 3. $NADP^+$ เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจะกลายเป็น NADPH+ H^+ และไม่เกิดการแตกตัวของน้ำ 4. CO_2 นำมาใช้ในขั้นตอนนี้เพื่อสร้างน้ำตาล	1.00	0.45	0.53	ใช้ได้
20) ข้อใดต่อไปนี้ไม่เกี่ยวข้องในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร ก. ATP ข. NADPH + H^+ ค. ไซโทโครมคอมเพล็กซ์ ง. คลอโรฟิลล์ **เหตุผลที่ตอบ** 1. ศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อไทลาคอยด์ที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปสร้าง $NADP^+$ และ ATP 2. $NADP^+$ ไม่ได้รับอิเล็กตรอนจึงไม่เกิด NADPH + H^+ 3. คลอโรฟิล์เป็นรงควัตถุที่ใช้ในการดูดกลืนคลื่นแสง 4. กลุ่มของโปรตีนที่มีตัวรับอิเล็กตรอนและส่งอิเล็กตรอนทำให้เกิด O_2	1.00	0.65	0.33	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
21) จากภาพอักษร D คือข้อใด  ก. น้ำตาล ข. แก๊สออกซิเจน ค. ATP ง. NADPH + H^+ **เหตุผลที่ตอบ** 1. สารพลังงานสูงที่สร้างขึ้นในกระบวนการหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. สิ่งที่ได้จากปฏิกิริยาแสงและนำมาใช้ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 3. ผลที่ได้จากกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 4. ผลที่ได้จากการการแตกตัวของน้ำ	1.00	0.55	0.73	ใช้ได้
22) จากข้อ 21 อักษร C คืออะไร ก. น้ำตาล ข. น้ำ ค. ATP ง. NADPH + H^+ **เหตุผลที่ตอบ** 1. สารสารที่พืชสร้างจากการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยอยู่ในขั้นปฏิกิริยาแสง 2. สารพลังงานสูงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนในวัฏจักรคัลวิน 3. ผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงคือน้ำตาล 4. ผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงในขั้นที่ต้องการแสง	1.00	0.52	0.73	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
23) ATP ที่ได้จากปฏิกิริยาแสงถูกนำไปใช้ในขั้นตอนใดของกระบวนการตรึง CO_2 ก. carboxylation ข. reduction ค. regeneration <u>ง. reduction และ regeneration</u> **เหตุผลที่ตอบ** 1. ขั้นตอน carboxylation มีการใช้ CO_2 และอาศัยพลังงานจาก ATP 2. ในขั้นตอน reduction มีการใช้ ATP เพียงอย่างเดียว 3. <u>ATP และ NADPH + H^+ จะถูกใช้ในขั้นตอน reduction และ regeneration</u> 4. ATP จะถูกใช้เฉพาะในขั้นตอน regeneration เท่านั้น	1.00	0.52	0.47	ใช้ได้
24) ข้อใดต่อไปนี้กล่าว<u>ไม่ถูกต้อง</u>เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ก. กระบวนการแตกตัวของน้ำเกิดในปฏิกิริยาแสง ข. น้ำเป็นตัวให้อิเล็กตรอนกับระบบแสง 2 <u>ค. ผลิตภัณฑ์จากการตรึง CO_2 คือ NAD^+ และ ATP</u> ง. สารที่มีความเสถียรตัวแรกของการตรึง CO_2ในพืช C3 คือ PGA **เหตุผลที่ตอบ** 1. การแตกตัวของน้ำเกิดในปฏิกิริยาแสง 2. RuBP ทำปฏิกิริยากับ CO_2 ได้สารสเถียรตัวแรกเป็น PGA 3. น้ำจะให้อิเล็กตรอนกับระบบแสง 2 ที่สูญเสียอิเล็กตรอนไป <u>4. การตรึง CO_2 จะได้ NADP+ และ ADP กลับไปให้ปฏิกิริยาแสง</u>	1.00	0.45	0.53	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
25) ในช่วงที่ไม่มี CO_2 ปริมาณน้ำตาลที่พืชสร้างขึ้นจะเป็นอย่างไร ก. ลดลง ข. ไม่ลดลง ค. เท่าเดิม ง. อาจลด/ไม่ลดขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น **เหตุผลที่ตอบ** 1. ไม่มีการสร้างกลูโคสเนื่องจากขาด PGA 2. ไม่มีการสร้างกลูโคสเนื่องจากไม่มีการตรึง CO_2 3. กลูโคสถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ 4. กลูโคสถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจและเปลี่ยนเป็นแป้ง	1.00	0.55	0.73	ใช้ได้
26) ข้อใดเกิดขึ้นในปฏิกิริยาแสง ก. มีการใช้ CO_2 ข. มี O_2 เกิดขึ้น ค. ไม่มีการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี ง. ไม่เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน **เหตุผลที่ตอบ** 1. การแตกตัวของน้ำทำให้เกิด O_2 2. การตรึง CO_2 ทำให้ได้น้ำตาล 3. ปฏิกิริยาแสงจะได้ ATP และไม่เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน 4. พลังงานแสงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในโมเลกุลของน้ำตาล	1.00	0.45	0.20	ใช้ได้
27) โฟโตเรสไพเรชัน เกิดในพืชชนิดใด ก. อ้อย ข. ข้าวโพด ค. บานไม่รู้โรย ง. ชบา **เหตุผลที่ตอบ** 1. พืช C_4 สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ภายใน เซลล์บันเดิลชีท 2. พืช C_4 สามารถปรับตัวเกิด โฟโตเรสไพเรชัน มากกว่า 3. พืช C_3 มีอัตราการเกิด โฟโตเรสไพเรชัน มากกว่า 4. การตรึง CO_2 ครั้งเดียวและเซลล์บันเดิลชีทมีคลอโรพลาสต์	1.00	0.52	0.33	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
28) O_2 + RuBP $\xrightarrow{\text{Rubisco}}$ PGA + PG เรียกกระบวนการนี้ว่าอะไร ก. Carboxylation ข. Respiration ค. Photorespirataion ง. Calvin cycle **เหตุผลที่ตอบ** 1. เมื่อพืชขาด CO_2 RuBP จะเข้าจับกับ O_2 เกิดเป็น PGA และ PG 2. ในวัฏจักรคัลวินจะมีการทำงานของ Rubisco เกิดเป็นสาร PGA ที่สเถียรตัวแรก 3. พืชนำออกซิเจนมาใช้สลายสารอาหารและหายใจ 4. เป็นการตรึง O_2 ของพืชโดยใช้ Rubisco และปลดปล่อย O_2	1.00	0.52	0.33	ใช้ได้
29) ในการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส 1 โมเลกุลจะต้องใช้ PGAL 4 โมเลกุล โดย PGAL 1 โมเลกุล จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 3 โมเลกุล ดังนั้นถ้าจะสร้างน้ำตาล ซูโครส 2 โมเลกุลจะใช้ CO_2 กี่โมเลกุล ก. 6 โมเลกุล ข. 12 โมเลกุล ค. 24 โมเลกุล ค. 32 โมเลกุล **เหตุผลที่ตอบ** 1. ซูโครสมีจำนวนคาร์บอน 12 อะตอม จึงใช้ CO_2 12 โมเลกุล 2. ซูโครสเป็นน้ำตาลที่มี 12 คาร์บอนจึงใช้ CO_2 ในการสร้างแค่ 12 โมเลกุล 3. ซูโครส 1 โมเลกุล ใช้ CO_2 12 โมเลกุล ถ้าซูโครส 2 โมเลกุลจะต้องใช้ CO_2 24 โมเลกุล 4. ซูโครส 2 โมเลกุลจะต้องใช้ CO_2 32 โมเลกุล	1.00	0.45	0.53	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
30) ข้อใดคือปฏิกิริยาในขั้นตอน carboxylation ก. ใช้ ATP และ NADPH เพื่อตรึง CO_2 ข. ใช้ ATP เพื่อตรึง CO_2 ค. ใช้ RuBP เพื่อตรึง CO_2 ง. ใช้ NADPH เพื่อตรึง CO_2 **เหตุผลที่ตอบ** 1. ATP เป็นสารพลังงานสูงที่ไม่เสถียร 2. ATP และ NADPH ถูกนำมาใช้ในการตึง CO_2 ในขั้น carboxylation 3. RuBP ทำปฏิกิริยากับ CO_2 ได้ PGA 2 โมเลกุล 4. NADPH เป็นตัวให้อิเล็กตรอน ในขั้นตอน carboxylation และ Reduction 3. พืช C_3 มีอัตราการเกิด โฟโตเรสไพเรชัน มากกว่า 4. การตรึง CO_2 ครั้งเดียว และเซลล์บันเดิลชีทมีคลอโรพลาสต์	1.00	0.55	0.73	ใช้ได้
31) น้ำตาลชนิดแรกที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงคืออะไร ก. PGA ข. PGAL ค. RuBP ง. ซูโครส **เหตุผลที่ตอบ** 1. พืชลำเลียงน้ำตาลซูโครสไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช 2. PGA เป็นสารตัวแรกที่ได้จากการตรึง CO_2 3. RuBP รวมตัวกับ CO_2 ได้น้ำตาลตัวแรกเป็น PGAL แต่ไม่เสถียร 4. PGA จะถูกเปลี่ยนเป็น PGAL และลำเลียงออกมา	1.00	0.45	0.20	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
32) ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับการตรึง CO_2 ก. สร้าง ATP ข. สร้าง NADH + H^+ ค. มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน <u>ง. สร้างน้ำตาล</u> **เหตุผลที่ตอบ** <u>1. CO_2 จะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล</u> 2. มีการสร้าง ATP 3. ในการตรึง CO_2 จะอาศัย NADH ในการให้อิเล็กตรอน 4. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำให้เกิดการสร้าง ATP และ NADPH เกิดขึ้นในขั้นตอนวัฏจักรคัลวิน	1.00	0.52	0.40	ใช้ได้
33) ในปัจจุบันโลกประสบปัญหาภาวะโลกร้อนนักเรียนคิดว่าพืชในข้อใดจะมีผลกระทบมากที่สุด ก. ผักโขม ข. บานไม่รู้โรย <u>ค. มะม่วง</u> ง. ข้าวโพด **เหตุผลที่ตอบ** 1. ข้าวโพดเป็นพืช C_3 ที่ทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดี <u>2. พืช C_3 เจริญเติบโตดีขึ้น แต่มีผลกระทบน้อยต่อพืช C_4</u> 3. บานไม่รู้โรย เป็นพืช C_4 ที่เปิดปากใบน้อยจึงมีผลต่อการรับ CO_2 4. พืช C_4 ยิ่งมี CO_2 มากยิ่งสังเคราะห์ด้วยแสงมาก	1.00	0.58	0.53	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
34) กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ในพืช C_4 เกิดขึ้นที่บริเวณใด ก. เซลล์บันเดิลชีท ข. เซลล์มีโซฟิลล์ ค. แพลิเซดมีโซฟิลล์ ง. สปันจีมีโซฟิลล์ **เหตุผลที่ตอบ** 1. เซลล์มีโซฟิลล์มีคลอโรพลาสต์อยู่เยอะจึงเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ได้ง่าย 2. malate จะเข้าสู่ เซลล์บันเดิลชีทและสลายเป็น CO_2 3. เซลลีบันเดิลชีทในพืช C_4 จะมีคลอโรฟิลล์อยู่ แต่ไม่พบการตรึง CO_2 4. สปันจีมีโซฟิลล์พบคลอโรพลาสต์น้อย	1.00	0.58	0.20	ใช้ได้
35) การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_4 และ CAM ต่างกันที่ ก. สารตัวแรกที่ได้ ข. เวลา ค. ปริมาณ O_2 ง. ปริมาณ CO_2 **เหตุผลที่ตอบ** 1. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นที่เซลล์เดียวกัน 2. พืช CAM อยู่ในสภาวะที่แห้งแล้งกว่าพืช C_4 จึงตรึง CO_2 ได้มากกว่า 3. พืช CAM เปิดปากใบน้อยกว่าพืช C_4 จึงได้ O_2 น้อยกว่า 4. พืช C_4 ตรึง CO_2 2 ครั้งในเวลากลางวัน พืช CAM ตรึงในเวลากลางวันและกลางคืน	1.00	0.58	0.20	ใช้ได้
36) โครงสร้างใบของพืช C_3 และ C_4 แตกต่างกันที่ใด ก. ไซเล็ม ข. โฟลเอ็ม ค. เซลล์มีโซฟิลล์ ง. บันเดิลชีท **เหตุผลที่ตอบ** 1. เซลล์ที่อยู่ล้อมรอบท่อลำเลียงน้ำจะมีคลอโรพลาสต์ 2. พืช C_4 จะอยู่ในที่ร้อนและแล้งจึงมีไซเล็ม มากกว่า 3. พืช C_3 จะมีการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่า โฟลเอ็ม เจริญดีกว่า 4. C_4 มีความสามารถในการตรึง CO_2 มากกว่าพืช C_3 แม้จะมีโครงสร้างใบที่เหมือนกัน	1.00	0.48	0.20	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
37) สารตัวแรกที่ได้จากการตรึง CO_2 ของพืช C_4 และ CAM คือสารใด ก. malate ข. Oxaloacetate (OAA) ค. Phosphoglycerate (PGA) ง. Phosphoenol Pyruvate (PEP) **เหตุผลที่ตอบ** 1. เป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอมในพืช C_4 บางชนิดเป็นตัวนำคาร์บอนเข้าสู่ bundle sheath cell 2. เป็นสารที่เสถียรตัวแรกที่ได้จากการตรึง CO_2 ของ ข้าวสาลี และถั่ว 3. เป็นสารที่ได้จากการตรึง CO_2 ของ อ้อย ข้าวฟ่าง 4. ช่วยเร่งปฏิกิริยาในการตรึง CO_2 และยังเป็นสารผลิตภัณฑ์อีกด้วย	1.00	0.58	0.20	ใช้ได้
38) ข้อใดเป็นพืช CAM ก. ข้าวโพด ข. มะละกอ ค. บานไม่รู้โรย ง. ว่านหางจระเข้ **เหตุผลที่ตอบ** 1. เป็นกลุ่มที่ใบมีการสะสมกรดในตอนกลางคืน ต้นพืชเจริญช้า ใบอวบน้ำ 2. กลุ่มพืชที่มีอยู่เป็นส่วนใหญ่ตรึง CO_2 ได้เป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม 3. กลุ่มพืชที่ทนความแห้งแล้งได้ดี สามารถอยู่ในที่ร้อน ๆ ได้ และเจริญเติบโตเร็ว 4. มีโครงสร้างในใบที่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2	1.00	0.55	0.73	ใช้ได้
39) ต้นกระบองเพชรสะสมคาร์บอนไว้ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงตอนกลางวันที่ใด ก. ไซโทพลาสซึม ข. คลอโรพลาสต์ ค. ไมโทคอนเดรีย ง. แวคิวโอล **เหตุผลที่ตอบ** 1. ออร์แกเนลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง 2. เป็นแหล่งพลังงานของเซลล์ 3. แวคิวโอลเป็นถุงบรรจุสารภายในเซลล์ 4. ถุงบรรจุสารเก็บสะสมอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง	1.00	0.48	0.20	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
40) พืช CAM ใช้เอนไซม์ใดในการตรึง CO_2 ในเวลากลางวัน ก. PEP carboxylase ข. Rubisco ค. Pyruvate carboxylase ง. ก และ ข ถูก **เหตุผลที่ตอบ** 1. เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์เข้ากับ PEP ใน mesophyll cell 2. เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการตรึง CO_2 กับ RuBP 3. พืช CAM จะมีการตรึง CO_2 2 ครั้ง จึงใช้ทั้ง PEP carboxylase ทั้ง 2 ครั้ง 4. Pyruvate carboxylase เป็นเอนไซม์ช่วยเสริมการตรึง CO_2 ในเวลากลางวันของพืช CAM	1.00	0.48	0.20	ใช้ได้
41) พืชในข้อใดต่อไปนี้ปากใบเปิดในตอนกลางคืน ก. กุหลาบ ข. กระบองเพชร ค. มะเขือ ง. ข้าวฟ่าง **เหตุผลที่ตอบ** 1. ทนความแห้งแล้ง มีการตรึง CO_2 ตอนกลางวัน 2. กุหลาบจะลดการสูญเสียน้ำโดยจะเปิดปากใบตอนกลางคืน 3. พืชที่เจริญในที่แห้งแล้ง น้ำน้อย 4. พืชที่มีเป็นส่วนใหญ่	1.00	0.52	0.27	ใช้ได้
42) ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ก. แสงและความเข้มแสง ข. คาร์บอนไดออกไซด์ ค. ปริมาณแป้ง ง. อายุใบ **เหตุผลที่ตอบ** 1. น้ำตาลที่สร้างขึ้นเมื่อมีมากจะสมไว้เป็นแป้งเพื่อเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืชไม่ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสง 2. ใบพืชแต่ละอายุของใบสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้แตกต่างกัน 3. แสง และความเข้มแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสง 4. เมื่อพืชต้องการพลังงานจะมีการสลายแป้งการสังเคราะห์แสงจะเกิดน้อยลง	1.00	0.48	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
43) ในปัจจุบันโลกประสบปัญหากับสภาวะโลกร้อน มีปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศสูงขึ้น นักเรียนคิดว่าในอนาคตจะส่งผลต่อพืชใด ก. พืช C_3 ข. พืช C_4 ค. พืช CAM ง. พืชทุกชนิดเท่า ๆ กัน **เหตุผลที่ตอบ** 1. พืช C_4 เจริญเติบโตดีขึ้น แต่สงผลน้อยมากต่อพืช C_3 2. พืช C_3 เจริญเติบโตดีขึ้น แต่สงผลน้อยมากต่อพืช C_4 3. พืชทุกชนิดมีอัตราการสังเคราะห์แสงเท่า ๆ กัน 4. ส่งผลต่อพืช CAM และ C_3 น้อย แต่ส่งผลต่อพืช C_4 มากที่สุด	1.00	0.48	0.67	ใช้ได้
44) ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง จุดอิ่มตัวของแสง ก. พืชชอบแดด > พืชชอบร่ม ข. พืชชอบแดด < พืชชอบร่ม ค. พืชชอบแดด = พืชชอบร่ม ง. ไม่เกี่ยวกับพืชชอบแดดหรือชอบร่มขึ้ยอยู่กับชนิดของพืช **เหตุผลที่ตอบ** 1. พืชชอบร่มมีจุดอิ่มตัวแสงสูง ทนแดดได้น้อย 2. พืชชอบแดดจะมีจุดอิ่มตัวของแสงสูง และทนแดดได้ดี 3. พืชชอบร่มและพืชชอบแดดมีจุดอิ่มตัวแสงเท่า ๆ กัน 4. พืชชอบแดดจะมีจุดอิ่มตัวของแสงสูง และทนแดดได้ไม่ค่อยดีนัก	1.00	0.40	0.20	ใช้ได้

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
45) ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. เมื่ออุณหภูมิสูงมาก ๆ จะทำให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงทำงานได้ดียิ่งขึ้น ข. อายุของใบไม้ไม่มีผลต่ออัตราการการสังเคราะห์แสง ค. อ้อยซึ่งเป็นพืช C_4 จุดอิ่มตัวของ CO_2 ต่ำกว่าข้าว ง. ในสภาวะโลกร้อนที่มี CO_2 ในบรรยากาศมากพืช C_4 น่าจะอยู่รอดมากกว่าพืช C_3 **เหตุผลที่ตอบ** 1. อ้อยมีความสามารถตรึง CO_2 ได้สูงกว่า C_3 เฉพาะในช่วงที่มี CO_2 ต่ำ ๆ เท่านั้น 2. โลกร้อนมี CO_2 ในบรรยากาศมากจะมีผลกระทบพืช C_3 คือสังเคราะห์แสงได้น้อยลง 3. ใบไม้อ่อนและแก่เกินไปไม่สามารถนำมาสังเคราะห์แสงได้ 4. อุณหภูมิสูงจะทำให้เอนไซม์เสียสภาพ	1.00	0.48	0.67	ใช้ได้

ภาคผนวก ง
แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนการสอน รายวิชาชีววิทยา 3 ว 32243 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) โรงเรียนพนาศึกษา อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ

คำชี้แจง: แบบประเมินประกอบด้วย 2 ตอน โดยให้นักเรียนกรอกแบบประเมินตามความเป็น

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้กรอกแบบประเมิน

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ตอนที่ 2 ทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน โดยมีระดับคะแนนการประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง มาก ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง น้อย ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
ด้านการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอน		5	4	3	2	1
1	การจัดกิจกรรมเหมาะสมและน่าสนใจ					
2	การจัดกิจกรรมหลากหลายแปลกใหม่และน่าสนใจ					
3	ในการจัดกิจกรรมมีเวลาเพียงพอทำให้เกิดการเรียนรู้					
4	สื่อการสอนมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน					
5	สื่อการสอนมีความน่าสนใจกระตุ้นการเรียนรู้					
ด้านส่งเสริมการเรียนรู้						
1	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง					
2	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้					
3	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม					
4	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น					
5	การจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับความสามารถ					
6	การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์					
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ						
1	ช่วยให้นักเรียนจดจำเนื้อหาได้ง่ายขึ้น					
2	ช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน					
3	ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิด การสสร้างความรู้ด้วยตนเองได้					
4	สามารถนำไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้					

ภาคผนวก จ

ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ จ.1 ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เรื่อง	E_1	E_2
1	การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	86.47	80.39
2	โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และการดูดกลืนแสงของสารสีต่างๆ	82.94	80.25
3	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน	83.14	81.42
4	กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM	82.94	80.88
5	ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	83.53	80.2
เฉลี่ย		**83.76**	**80.89**

ตารางที่ จ.2 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่าง

แผนที่	เรื่อง	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนสอบหลังเรียน		
		คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ
1	การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	10	8.65	86.47	12	9.65	80.39
2	โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ และการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ	10	8.29	82.94	21	16.85	80.25
3	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตเรสไพเรชัน	15	12.47	83.14	57	46.41	81.42
4	กลไกการเพิ่ม CO_2 ในพืช C_4 และ CAM	10	8.29	82.94	30	24.26	80.88
5	ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	5	4.18	83.83	15	12.03	80.20
รวม		**50**	**41.88**	**83.76**	**135**	**109.21**	**80.89**

ตารางที่ จ.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนและดัชนีประสิทธิผล กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนคนที่	ผลรวมของคะแนน ก่อนเรียน (เต็ม 135 คะแนน)	ผลรวมของคะแนน หลังเรียน (เต็ม 135 คะแนน)	คะแนน ความก้าวหน้า
1	33	121	0.86
2	14	102	0.73
3	48	112	0.74
4	29	114	0.80
5	29	107	0.74
6	42	119	0.83
7	50	113	0.74
8	37	107	0.71
9	39	112	0.76
10	33	104	0.70
11	22	104	0.73
12	38	125	0.90
13	33	117	0.82
14	19	101	0.71
15	44	126	0.90
16	39	114	0.78
17	27	100	0.68
18	40	114	0.78
19	33	106	0.72
20	29	106	0.73
21	38	109	0.73
22	56	108	0.66
23	36	104	0.69
24	49	112	0.73
25	32	107	0.73
26	22	107	0.75

ตารางที่ จ.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนและดัชนีประสิทธิผล กลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน (เต็ม 135 คะแนน)	ผลรวมของคะแนนหลังเรียน (เต็ม 135 คะแนน)	คะแนนความก้าวหน้า
27	37	106	0.70
28	44	105	0.67
29	38	112	0.76
30	29	117	0.83
31	24	96	0.65
32	42	105	0.68
33	32	95	0.61
34	48	106	0.67
ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)			**0.7409**

ภาคผนวก ฉ
คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนคนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน					
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	รวม
1	0	6	12	9	6	33
2	7	4	2	1	0	14
3	5	11	18	7	7	48
4	3	4	9	8	5	29
5	1	7	9	7	5	29
6	6	6	21	8	1	42
7	3	5	21	14	7	50
8	1	8	16	8	4	37
9	5	2	10	15	7	39
10	3	7	12	10	1	33
11	1	0	16	5	0	22
12	5	3	13	13	4	38
13	7	3	12	9	2	33
14	4	7	5	2	1	19
15	7	3	14	15	5	44
16	5	3	13	11	7	39
17	0	4	20	1	2	27
18	3	2	18	8	9	40
19	0	7	9	8	9	33
20	0	7	10	6	6	29
21	2	7	21	6	2	38
22	3	8	21	15	9	56
23	0	3	19	8	6	36
24	3	13	12	13	8	49
25	0	10	13	7	2	32
26	0	9	10	2	1	22
27	0	6	12	14	5	37

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน กลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน					
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	รวม
28	3	6	11	13	11	44
29	0	8	15	11	4	38
30	4	2	17	4	2	29
31	1	2	18	2	1	24
32	5	2	18	7	10	42
33	2	2	17	8	3	32
34	5	2	19	11	11	48
เฉลี่ย	**2.76**	**5.26**	**14.21**	**8.41**	**4.79**	**35.44**

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนคนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน					
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	รวม
1	9	21	51	25	15	121
2	12	14	46	19	11	102
3	10	17	44	28	13	112
4	10	16	52	22	14	114
5	7	14	49	22	15	107
6	12	19	53	22	13	119
7	9	18	49	24	13	113
8	10	15	51	21	10	107
9	11	14	49	25	13	112
10	9	16	45	21	13	104
11	8	14	43	24	15	104
12	12	19	53	29	12	125
13	9	13	55	30	10	117
14	10	17	44	20	10	101

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน					
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	รวม
15	11	13	57	30	15	126
16	11	13	51	26	13	114
17	12	13	44	21	10	100
18	10	20	46	25	13	114
19	8	17	44	24	13	106
20	11	16	41	23	15	106
21	9	20	44	25	11	109
22	10	19	41	25	13	108
23	10	13	48	20	13	104
24	10	20	42	27	13	112
25	9	17	46	26	9	107
26	8	21	45	24	9	107
27	6	20	44	27	9	106
28	8	19	38	28	12	105
29	10	19	43	29	11	112
30	10	20	48	29	10	117
31	7	14	43	23	9	96
32	9	16	44	23	13	105
33	12	19	42	14	8	95
34	9	17	43	24	13	106
เฉลี่ย	**9.65**	**16.85**	**46.41**	**24.26**	**12.03**	**109.21**

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุมาลี เมืองจันทร์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2553 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
	พ.ศ. 2554 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2555 – 2559
	ครู โรงเรียนพนมดงรักวิทยา
	อำเภอพนมดงรัก จังหวัดสุรินทร์
	พ.ศ. 2560 – ปัจจุบัน
	ครู โรงเรียนพนาศึกษา
	อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนพนาศึกษา
	อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ
	sumalee_scb@hotmail.com